

발 간 등 록 번 호

11-1543000-004098-01

지능형 스마트팜 플랫폼 수출연구사업단

2022. 5. 22

주관연구기관 / 한국농어촌공사 농어촌연구원

협동연구기관 / (주)조인트리, (주)지엔지테크놀러지
(주)씨슬프라이머스, (주)이수화학
(주)플랜티팜, (주)로보게이트

농 립 축 산 식 품 부
농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “지능형 스마트팜 플랫폼 수출연구사업단”(개발기간 : 2017.10.18.~ 2021.12.31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2022. 5. 22

주관연구기관명 : 한국농어촌공사 농어촌연구원장

최 강 원

공동연구기관명 : (주)조인트리 김홍중

(주)세슬프라이머스 이관호

(주)이수화학 류승호

(주)플랜티팜 강대현

(주)로보게이트 이창우

(주)지엔지테크놀러지 조희남

주관기관책임자 : 한국농어촌공사 농어촌연구원

수출연구사업단장 김 영 화

공동연구책임자 : (주)조인트리 김기호

(주)세슬프라이머스 이관호

(주)이수화학 이경수

(주)플랜티팜 이공인


(주)로보게이트 이창우

(주)지엔지테크놀러지 조희남

국기연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

< 요약 문 >

사업명						총괄연구개발 식별번호	
내역사업명		수출전략기술개발사업		연구개발과제번호		617071-5	
기술 분류	국가과학기술 표준분류	원예작물 시설/재배	50%	농업 동력/에너지	30%	농업 시설	20%
	농림식품 과학기술분류	농업 생산 기계	50%	에너지/환경 제어설비	30%	S/W 솔루션	20%
총괄연구개발명							
연구개발과제명		지능형 스마트팜 플랫폼 수출연구사업단 Intelligent Smart Farm Platform Export Research Group					
전체 연구개발기간		2017. 10. 18 - 2021. 12. 31 (4년 3개월)					
총 연구개발비		총 3,078,500천원 (정부지원연구개발비: 2,245천원, 기관부담연구개발비 : 833,500원)					
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[✓] 기타		기술성속도		착수시점 기준(1,2) 종료시점 목표(7,8,9)	
연구개발과제 유형							
연구개발과제 특성							

연구개발 목표 및 내용	최종 목표	<p>□ 본 과제는 WEAF 기반의 한국형 스마트팜 K-Plant 수출모형 개발, i-FDSS 지능형 서비스 플랫폼 개발, 스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 사업화 운영을 통한 한국형 스마트팜 K-Plant 수출사업화를 목표로 하고 있음</p> <div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;"><스마트팜 수출연구사업단 연구 목표></p> </div> <p style="text-align: center;">* 1) WEaF : Water Energy Automation Fertilizer 2) i-FDSS : Intelligent - Farming Decision Support System</p> <ul style="list-style-type: none"> ○첫째, 포스멕 신소재 활용, 양액재이용, 에너지 기술을 융합한 한국형 경량철골 온실을 IoT 기반의 복합환경제어, 에너지, 양액시스템을 연계한 통합관제시스템으로 운영하는 스마트팜 수출 모형 개발 ○둘째, 머신러닝, AI 기술을 도입하여 “WEaF 기반 i-FDSS 서비스 플랫폼”을 개발하여 효율 제고를 통한 비용 절감이 가능한 지능형 서비스 시스템을 개발하여 수출 상품화 ○셋째, 한국형 스마트팜 수출을 위하여 글로벌 수출전략 수립 및 국가별 가공유통 프로세스 구축하여 중국, CIS,중동 등 수출 시장 개척
-------------------------	--------------	--

연구개발 목표 및 내용	전체 내용		<ul style="list-style-type: none"> □ 수출형 스마트팜 K-플랜트 설계 및 WEF 효율 개선 <ul style="list-style-type: none"> ○ K-플랜트 수출 모형 개발 및 설계 : 보급형, 지능형 (* K-플랜트 : 수출형 스마트팜 플랜트의 사업단 자체브랜드 명) ○ ICT기반 자율형 물순환 시스템 개발 ○ 지하수겸용 스마트팜 지열에너지시스템 개발 ○ K-플랜트 통합관제시스템 개발 □ i-FDSS 스마트팜 운영플랫폼 개발(* WEF-FDSS : 자원-재배관리) <ul style="list-style-type: none"> ○ i-FDSS 지능형 서비스 기술 개발 (재배관리) ○ i-FDSS 스마트팜 운영 플랫폼 개발 ○ 고수익작물 최적 생육프로파일 분석 및 DB 구축 □ 스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 사업화 운영 <ul style="list-style-type: none"> ○ 사업화 전략수립 및 사업화 운영 ○ 식물공장 글로벌 수출전략 수립 및 국가별 가공유통 프로세스 구축 ○ 로봇 이용 스마트팜 재배공정 자동화
	1단계	목표	스마트팜 K-플랜트 실증사업 및 수출 기반 구축
		내용	<ul style="list-style-type: none"> □ K-플랜트 내부구조 고도화 설계 및 검증 □ 스마트팜 K-플랜트 사업 추진 및 운영, □ 국가별 가공유통프로세스 및 식물공장 수출전략 수립
2단계	목표	스마트팜 K-플랜트 수출 및 기술 표준화 협력체계 구축	
	내용	<ul style="list-style-type: none"> □ 스마트팜 K-플랜트 기술 체계화 및 기술 표준화 <ul style="list-style-type: none"> ○ K-플랜트 설계 요소기술 개발 및 검증 ○ K-플랜트 및 공유형 체인화 모델 개발 및 수출 ○ WEF-FDSS 지능형 서비스 플랫폼 개발 □ K-플랜트 테스트 베스 설치 및 생산단지 운영 <ul style="list-style-type: none"> ○ 지능형 서비스 현장 실증 및 상품 개발 수출 ○ K-플랜트 테스트베드 기술 검증 및 제품 상용화 □ 스마트팜 기술 표준화 및 수출 사업화 확대 추진 <ul style="list-style-type: none"> ○ K-플랜트 기술 매뉴얼 작성 기술 체계화 ○ WEF-FDSS 지능형 서비스 플랫폼 상용화 ○ K-플랜트 수추을 위한 수출대상국 시업계획서 작성 	
연구개발성과	<p>1. 정성적 성과</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 한국형 스마트팜 K-Plant 권역별 수출 모형, 보급형 경량철골온실 표준모델, 스마트팜 에너지 관리시스템 (SF-EMS), K-Plant 통합관제시스템 등 스마트팜 설계 운영 요소기술을 체계화하여 K-Plant 설계운영 매뉴얼로 작성하여 사업화 기반 마련 □ WEaF 기반 i-FDSS 서비스 플랫폼을 개발하여 전국 11개 농장 테스트 베드를 운영하여 토마토, 딸기 등 고수익 작물 생육프로파일 데이터베이스 확보하고, 컨테이너형 스마트팜 식물공장 및 로봇 수확 자동화 장치 등 수출상품 개발하여 신시장 개척 □ 또한, 한국형 스마트팜의 중국, CIS, 러시아 수출 네트워크를 구축, 중국 이닝 JV 설립, 한국형 스마트팜 생산단지 5ha를 구축하여 파프리카, 토마토, 딸기를 생산하여 카자흐스탄, 러시아 시장에 판매하여 중국, CIS, 러시아 시장개척 거점 마련 □ 신시장 개척을 위하여 글로벌 수출 네트워크 9 개 국가, 16개 포인트 구축 		

연구개발성과	<p>2. 기술적 성과</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 한국형 스마트팜 K-Plant 수출 모형 개발 <ul style="list-style-type: none"> ○ 한국형 스마트팜 수출모형을 K-Plant로 정의하고 관련 요소기술을 선정하여 제시하고 글로벌 권역별 수출모델 5종 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 동남아시아, 동북아시아, 중동, CIS, 러시아 수출 모형 5종 제시 ○ 저비용 스마트팜 온실 설계 및 표준화 ○ 지하수 겸용 지열 에너지시스템 개발 ○ 스마트팜 에너지원 관리시스템 SF-EMS 개발 □ ICT 기반 K-Plant 통합관제 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> ○ 복합환경제어장비 + 양액재이용장비 +지열냉난방관리시스템(지오멤하이브리드) +스마트팜 에너지원 관리시스템(SF-EMS)를 연계한 K-Plant 통합관제시스템 개발 ○ 보급형 경량철골온실 표준모델로 K-Plant 통합관제시스템 운영하여 데이터 확보 □ K-플랜트 요소기술 검증을 위한 테스트 베드 구축 (국내 평택) <ul style="list-style-type: none"> ○ K-Plant 보급형 스마트팜 수출모형 테스트 베드 운영 데이터 확보 ○ K-Plant 수출 모형 보급형 경량철골온실에 KT 복합환경제어, 양액재이용장치, 지오멤하이브리드와 연계한 K-Plant 통합관제시스템 운영 데이터 확보 □ 한국형 스마트팜 K-Plant 기술 검증을 위하여 테스트 베드 구축 운영 <ul style="list-style-type: none"> ○ 중국 북경농업과학원 내 보급형 온실 구축, UAE KT 보급형 온실 등 □ 환경제어 시스템 및 아이센서 <ul style="list-style-type: none"> ○ 아이센서 1세대→2세대 기술 진화 기반 조성 ○ 작물 생육정보 수집의 다양성 및 데이터화 가속 ○ 영상모니터링 시스템의 정밀화 및 고도화 □ 실내형 수직농장(알파팜) 유통 경쟁력 확보 <ul style="list-style-type: none"> ○ 지능형 스마트팜 환경 내 생산된 업체소의 상품성 확보를 통한 유통 경쟁력 제고 □ 인-도어 딸기팜(아브뉴프랑 광고) 구축 <ul style="list-style-type: none"> ○ 국내외 인-도어 딸기팜 플랜트 레퍼런스 사이트 운영 ○ 재배관리 엔진 고도화 및 효과 검증의 주요한 역할 ○ 서비스 수출을 위한 기능 및 경쟁력 확보 □ 탄소 포집 컨테이너팜 구축 <ul style="list-style-type: none"> ○ 공공기관 운영 목표에 부합한 스마트팜 공급 사례 확보 ○ 스마트팜 제어환경과 CCU(탄소포집) 기술 결합을 통한 복합 관제 기능 확대 □ 이수화학과 중국 신장성 톈쑤사와 협력하여 한국형 스마트팜 수출단지 조성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 신장성 이닝시에 5ha 규모의 대규모 스마트팜 단지를 조성하여 생산 운영 중 ○ 신장성을 거점으로 하여 중국내는 물론이고 인근 국가에 스마트팜 수출 계획 ○ 신장성 유리온실단지에서 파프리카, 딸기, 토마토 등 생육데이터 확보 □ K-Plant 수출사업화를 위한 사업계획 수립 <ul style="list-style-type: none"> ○ 한국형 스마트팜 수출사업화를 위하여 쿠웨이트, 카타르, UAE 등 중동시장 미얀마, 인도네시아 등 동남아시아 시장, 카자흐스탄, 러시아 등 중점 수출국가를 대상으로 농업, 기상, 정책 등을 분석하여 사업계획서를 작성하여 수출 시장정보를 체계화 □ WEaF-FDSS 지능형 서비스 플랫폼 개발 상용화 <ul style="list-style-type: none"> ○ 컨테이너형 식물공장 상용화 운영(쌈솔프라이머스, 광고, 천안) ○ 전국 11개 농장 테스트 베드 운영 재배기술 확보 (토미토, 딸기 등) ○ 고수익 작물 생육프로파일 데이터베이스 구축 (9종) □ 로봇 이용 재배공정 자동화 장비 개발 (8종) <ul style="list-style-type: none"> ○ 자동파종로봇, 이식정식로봇, 육묘정식자동화, 수평재배자동화라인, 베드이송로봇, 특수그리퍼, 배드트레이자동세척, 수확포장선별라인 □ 다양한 시제품과 출시품 등 총 17점 개발하여 스마트팜 플랜트 산업화 기반 마련 <ul style="list-style-type: none"> ○ K-Plant 통합관제시스템, i-FDSS 서비스시스템, 지오멤하이브리드시스템, 이수화학 IFO 환경제어 시스템 등 K-Plant 요소 시스템 개발함 ○ K-Plant의 요소기술로 시제품 10종, 출시품 7종을 개발함
--------	--

3. 핵심 성과



□ 연구성과물

연구개발성과

연구성과물	요소기술
<p>K-Plant 수출모형</p>	<p>.포스멕 소재 성능 : 일반 철강대비 내구성 1.7배 (50년 이상) 강도 1.15~1.2, 내식성 5배</p> <p>.저코스트온실(PO 필름)</p> <p>.물순환이용 (빗물+양액재이용)</p> <p>.에너지이용(집중형) (지열, 신재생 등)</p>
<p>.K-Plant 통합관제시스템 개발</p>	<p>.WEF 통합관리</p> <p>.복합환경제어, 물, 에너지 통합관리</p> <p>.나노 센서 연계 모니터링</p>
<p>.지하수 겸용 지열이용 냉난방 기술 개발</p>	<p>.지하수 지열겸용으로 COP 효율 개선</p> <p>.지열 축열조 이용 하이브리드 난방 기술로 에너지 절감</p> <p>.K-온실 지열시스템 성능 : 평균 COP = 4.81</p> <p>대상기간 : 2021.8~10.(K-온실 가동 일 기준)</p> <p>총생산열량 : 33,054.4 kW</p> <p>총소비전력 : 6,870 kWh</p> <p>지열시스템 COP = 33,054.4/6,870=4.81</p>

연구개발성과	연구성과물	요소기술
	 <p>. WEF Nexus (물, 에너지, 식량연계) 기술기반 지능형 스마트팜 운영플랫폼 .컨테이너형 식물공장</p>	<p>.딥러닝 활용 고품질 생육 프로파일 및 최적 수확시기 분석 .플랜트 양액관리 천안시 농업기술센터 식물공장 예 생산량 30% 증가, 일반 온실대비 4%대 물과 양액 사용</p>
	<p>.스마트 팜 장비/기자재 정보 제공하는 에코솔루션 개발, .재배 생육프로파일 개발</p> 	<p>.스마트팜 기자재/규격 정보 체계화 .데이터 기반 재배지식 프로파일화</p>
	연구성과물	요소기술
	<p>.K-Plant 대상국 네트워크 구축</p>  <p>.K-Plant 수출 및 사업화 운영</p>	<p>.스마트팜 설계~시공~ 운영 등 전 영역 턴키 방식 프로젝트 수행 능력 .중국, 중앙아, 동남아 등 수출대상국가 네트워크 구축</p>
	<p>.보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립 및 식물공장, 가공공장 시설 수출</p> 	<p>.농산물의 안정생산 및 단위면적당 생산량 증대 .엽채류 연간 생산성 ; 노지대비 약 120배 (10*2*2*2*1.5= 120배) 10단기준 : 10배, 재식밀도 증대 2배 생육소요일수 감소 :1/2배, 연중재배가능 : 2배, 해충 및 기상이변 피해 저감, 고품질 가치 상승 : 1.5</p>
<p>.재배작물 자동화 시스템 개발</p> 	<p>.하이드로 포닉스 재배공정 자동화 .수확 공정 자동화 등</p>	

연구개발성과	3. 정량적 성과 < KPI 계획 대 실적 >												
	특허출원		특허 등록		산업저작권		시험 인증		기술료				
	12(23)건		11(10)건		1(2)건		1(1)건		30(3)백만원				
	기술실시		시제품		출시품		수출액		고용창출				
	3(2)건		6(14)건		7(8)건		793(148.7)억		35(61)명				
	매뉴얼 제작		해외 테스트베드 구축		해외 생산기지 구축		해외 마케팅 참여		신시장 개척				
	7(11)건		1(2)건		2(2)건		4(9)건		2(1)건				
	동향보고서		논문(BSCI)		정책활용		홍보전시						
5(5)건		10(1)건		3(4)건		6(41)건							
주) ()괄호는 실적													
4. 경제적 성과 □ 총 148.7억원의 수출실적을 올렸으나, 중국 생산단지의 경우 지속적인 판매수익이 예상되며, 주요 수출 실적은 다음과 같음 - K-Plant 스마트팜 온실 중국 수출 (이수화학) : 5ha, 122.3억 달성 - 국내 최초로 쿠웨이트에 한국형 식물공장 수출에 성공(플랜티팜) : 200평, 15억 - 컨테이너형 자동화 식물공장 일본 수출(플랜티팜) : 5대, 7.5억 달성													
5. 신시장 개척 노력 □ 신시장 개척을 위하여 글로벌 수출 네트워크 9 개 국가, 16개 포인트 구축													
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	○ 지능형 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 모듈 기능 강화로 제품화 진행 ○ 수출 맞춤형 UI 개발 및 노지작물용 복합관제 기능 추가로 수출 확대 ○ 환경 모니터링, 제어, 생육 분석 시스템 고도화를 통한 해외 경쟁력 확보 ○ 아이센서, 인공지능 수확 판단 및 수확 자동화 로봇 상용화 달성												
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	해당없음												
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화학물	신품종		
								생명 정보	생물 자원		정보	실물	
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설·장비명	규격(모델명)	수량	구입 연월일	구입가격(천원)	구입처(전화)	비고(설치장소)		ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)	스마트팜 플랜트		재배의사결정 지원시스템		통합관제 시스템		에코솔루션 HM-SaaS		자동화 식물공장				
영문핵심어 (5개 이내)	K-Plant		FDSS		Integrated control system		ECO solution HM-SaaS		Automated Plant Factory				

< Summary >

Project Name				General R&D identification number			
내역사업명		Export strategy technology development project		R&D project number		617071-5	
Technology Classification	National Science and Technology Standard Classification	Horticultural crop facilities/cultivation	50%	Agricultural Power/Energy	30%	Agricultural facility	20%
	Agriculture and forestry food science and technology classification	Agricultural production machinery	50%	Energy/Environment Control Facility	30%	S/W solution	20%
Overall R&D name							
R&D project name		Intelligent Smart Farm Platform Export Research Group					
Total R&D period		2017. 10. 18 - 2021. 12. 31(4 years 3 months)					
Total R&D expenses		Total KRW 3,078,500 (Government-supported R&D expenses: KRW 2,245,000, R&D expenses borne by institutions: KRW 833,500)					
R&D stage		Basic[] Application[] Development[<input checked="" type="checkbox"/>] Others		Technical maturity		Based on the starting point (1,2) End point goal (7, 8, 9)	
R&D project type		R&DB					
R&D project characteristics		Intelligent smart farm technology development, demonstration, export commercialization					

R&D goals and contents	End goal	<p>□ This project aims to commercialize Korean smart farm K-Plant export business through WEaF-based Korean smart farm K-Plant export model development, i-FDSS intelligent service platform development, smart farm plant export network establishment and commercialization operation.</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p><Smart Farm Export Research Group Research Goals> * 1) WEaF : Water Energy Automation Fertilizer 2) i-FDSS : Intelligent - Farming Decision Support System</p> <ul style="list-style-type: none"> ○First, development of a smart farm export model that operates a Korean-style lightweight steel greenhouse that combines the use of new PosMec materials, reuse of nutrient solution, and energy technology as an integrated control system linking IoT-based complex environmental control, energy, and nutrient solution systems ○Second, “WEaF-based i-FDSS service platform” by introducing machine learning and AI technologies Develop an intelligent service system that can reduce costs by improving efficiency and commercializing export products ○Third, for exporting Korean smart farms, establish global export strategies and establish processing and distribution processes for each country to develop export markets such as China, CIS, and the Middle East
------------------------	----------	--

R&D goals and contents	Full Content		<ul style="list-style-type: none"> □ Export smart farm K-plant design and WEF efficiency improvement <ul style="list-style-type: none"> ○ K-Plant export model development and design: entry-level, intelligent (* K-Plant: Export-type smart farm plant business group's own brand name) ○ ICT-based autonomous water circulation system development ○ Development of smart farm geothermal energy system with groundwater ○ K-Plant integrated control system development □ i-FDSS smart farm operation platform development (* WEF-FDSS: resource-cultivation management) <ul style="list-style-type: none"> ○ i-FDSS intelligent service technology development (cultivation management) ○ i-FDSS smart farm operation platform development ○ Analysis of optimal growth profile for high-yielding crops and establishment of DB □ Smart farm plant export network establishment and commercialization operation <ul style="list-style-type: none"> ○ Establishment of commercialization strategy and operation of commercialization ○ Establishment of global export strategy for plant factories and establishment of processing and distribution processes for each country ○ Robot-based smart farm cultivation process automation
	Stage 1	goal	Smart Farm K-Plant demonstration project and export foundation establishment
		Contents	<ul style="list-style-type: none"> □ K-Plant internal structure advancement design and verification □ Smart farm K-Plant business promotion and operation; □ Establishment of country-specific processing and distribution processes and export strategies for plant factories
	Stage 2	goal	Smart farm K-plant export and technology standardization cooperation system establishment
Contents		<ul style="list-style-type: none"> □ Smart Farm K-Plant technology systematization and technology standardization <ul style="list-style-type: none"> ○ K-plant design element technology development and verification ○ Development and export of K-Plant and shared chaining model ○ WEF-FDSS intelligent service platform development □ K-Plant test bath installation and production complex operation <ul style="list-style-type: none"> ○ Intelligent service field demonstration and product development and export ○ K-Plant test bed technology verification and product commercialization □ Promote smart farm technology standardization and export commercialization expansion <ul style="list-style-type: none"> ○ Systematization of K-Plant Technical Manual ○ Commercialization of WEF-FDSS intelligent service platform ○ Preparation of a pressure plan for export target countries for the pursuit of K-Plant 	
R&D Performance	<p>. 1. qualitative performance</p> <ul style="list-style-type: none"> □ Korean Smart Farm K-Plant K-Plant design by systematizing key technologies for smart farm design operation, such as export models for each region, standard model for low-end lightweight steel greenhouses, smart farm energy management system (SF-EMS), and K-Plant integrated control system Prepare the foundation for commercialization by writing it as an operation manual □ Developed a WEaF-based i-FDSS service platform and operated 11 farm test beds nationwide to secure a high-yielding crop growth profile database such as tomatoes and strawberries, and pioneered new markets by developing export products such as containerized smart farm plant factories and robot harvesting automation devices □ In addition, Korea-style smart farm export network to China, CIS, and Russia was established, China Inning JV was established, and Korea-style smart farm production complex 5ha was built to produce paprika, tomato, and strawberry and sell it to the Kazakhstan and Russian markets, and sell it to China, CIS, China, CIS, Establishing a base for pioneering the Russian market □ Establish a global export network of 9 countries and 16 points to develop new markets 		


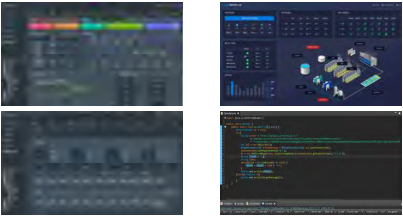
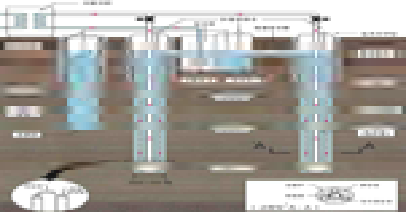
<p style="text-align: center;">Research and development performance</p>	<p>2. Technical performance</p> <ul style="list-style-type: none"> □ Korean smart farm K-Plant export model development <ul style="list-style-type: none"> ○ The Korean smart farm export model is defined as K-Plant, related element technologies are selected and presented, and 5 types of export models for each global region are presented. <ul style="list-style-type: none"> - Present 5 types of export models to Southeast Asia, Northeast Asia, Middle East, CIS, and Russia ○ Low-cost smart farm greenhouse design and standardization ○ Development of geothermal energy system for combined use of groundwater ○ Smart farm energy source management system SF-EMS development □ ICT-based K-Plant integrated control system development <ul style="list-style-type: none"> ○ Complex environment control equipment + nutrient solution reuse equipment + geothermal cooling and heating management system (Geo-Cell Hybrid) <ul style="list-style-type: none"> + Development of K-Plant integrated control system linked with smart farm energy source management system (SF-EMS) ○ Secure data by operating the K-Plant integrated control system as a standard model for a low-cost lightweight steel frame greenhouse □ Establishment of test bed for K-Plant element technology verification (Pyeongtaek, Korea) <ul style="list-style-type: none"> ○ Securing K-Plant entry-level smart farm export model test bed operation data ○ KT complex environmental control, nutrient solution reuse device, <ul style="list-style-type: none"> Securing K-Plant integrated control system operation data in connection with GeoCell Hybrid □ Build and operate a test bed to verify Korean smart farm K-Plant technology <ul style="list-style-type: none"> ○ Constructing a low-cost greenhouse in Beijing Academy of Agricultural Sciences, UAE KT, etc. □ Environmental control system and eye sensor <ul style="list-style-type: none"> ○ 1st generation → 2nd generation eye sensor technology evolution foundation ○ Acceleration of data collection and diversity of crop growth information ○ Refinement and advancement of the video monitoring system □ Securing competitiveness in distribution for indoor vertical farms (Alpha Farm) <ul style="list-style-type: none"> ○ Enhancing distribution competitiveness by securing the commerciality of leafy vegetables produced in the intelligent smart farm environment □ Established an in-door strawberry farm (Avenue Franc Gwanggyo) <ul style="list-style-type: none"> ○ Operation of domestic and foreign in-door strawberry farm plant reference sites ○ A major role in upgrading the cultivation management engine and verifying its effectiveness ○ Securing functions and competitiveness for service export □ Establishment of a carbon capture container farm <ul style="list-style-type: none"> ○ Securing smart farm supply cases that meet the goals of public institutions ○ Expansion of complex control functions by combining smart farm control environment and CCU (carbon capture) technology □ Create a Korean smart farm export complex in cooperation with Isu Chemical and Longkun Corporation in Xinjiang, China <ul style="list-style-type: none"> ○ A large-scale smart farm complex of 5 hectares has been built in Yining, Xinjiang, and is in production and operation. ○ Based in Xinjiang, plans to export smart farms to neighboring countries as well as within China. ○ Securing growth data such as paprika, strawberry, tomato, etc. in the Xinjiang Glass Greenhouse Complex □ Establishment of business plan for K-Plant export commercialization <ul style="list-style-type: none"> ○ For export commercialization of Korean smart farms, the Middle East market such as Kuwait, Qatar, the UAE, Southeast Asian markets such as Myanmar and Indonesia, and key export countries such as Kazakhstan and Russia systematize □ WEaF-FDSS intelligent service platform development and commercialization <ul style="list-style-type: none"> ○ Commercial operation of container-type plant factories (Seseul Primus, Gwanggyo, Cheonan) ○ Securing cultivation technology by operating test beds at 11 farms nationwide (Tomito, Strawberry, etc.) <ul style="list-style-type: none"> ○ Establishment of high-yield crop growth profile database (9 types) □ Development of automation equipment for cultivation process using robots (8 types) <ul style="list-style-type: none"> ○ Automatic sowing robot, transplantation planting robot, seedling planting automation, horizontal cultivation automation line, bed transfer robot, <ul style="list-style-type: none"> Special gripper, bed tray automatic cleaning, harvest packaging sorting line □ Develop a total of 17 points, including various prototypes and products, to lay the foundation for industrialization of smart farm plants <ul style="list-style-type: none"> ○ K-Plant Integrated Control System, i-FDSS Service System, Geo-Cell Hybrid System, Isu Chemical IFO Environmental Control <ul style="list-style-type: none"> Developed K-Plant element system such as system ○ 10 types of prototypes and 7 types of products for release were developed with K-Plant's element technology
---	---




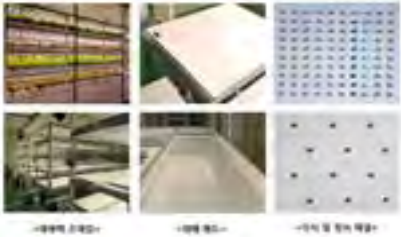
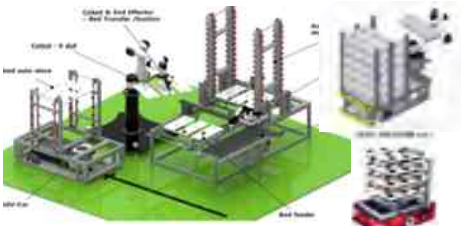
3. Key achievements



Research achievements

Research and development performance

Research achievements	element technology
<p>K-Plant export model</p> 	<p>.PosMAC performance: compared to general steel Durability 1.7 times (more than 50 years), Strength 1.15~1.2, corrosion resistance 5 times .Low cost greenhouse (PO film) .Use of water circulation (Rainwater + Nutrient Reuse) .Energy use (concentrated type) (Geothermal, Renewable, etc.)</p>
<p>.K-Plant integrated control system development</p> 	<p>.WEF integrated management .Complex environment control, water, energy Integrated management .Nano sensor linkage monitoring</p>
<p>.Development of cooling and southern technology using geothermal combined with groundwater</p> 	<p>.Improved COP efficiency by combining groundwater with geothermal heat .Hybrid heating technology using geothermal storage tank energy saving .K-Greenhouse Geothermal System Performance: Average COP = 4.81 Target period: 2021.8~10.(Based on K-Greenhouse operation date) Total heat output: 33,054.4 kW Total power consumption: 6,870 kWh Geothermal system COP = 33,054.4 / 6,870 = 4.81</p>

Research and development performance	Research achievements	Element technology
	 <p>. WEF Nexus (connected with water, energy, food) Technology-based intelligent smart farm operation platform Container type plant factory</p>	<p>.High quality using deep learning Growth Profile and Optimum Harvest time analysis .Plant nutrient solution management Cheonan Agricultural Technology Center Plant Factory Example 30% increase in production, 4% water and nutrient solution compared to general greenhouses</p>
	<p>.Smart farm equipment/equipment information Eco solution development, Cultivation growth profile development</p> 	<p>.Smart farm equipment/equipment information Eco solution development, . Cultivation growth profile development</p>
	Research achievements	Etechnology
	<p>.K-Plant target country network establishment</p>  <p>.Construction of domestic and overseas K-Plant demonstration complexes .K-Plant export and commercialization operation .Establishment of standard layout for low-end plant factories and export of plant and processing plant facilities</p> 	<p>.Ability to perform turnkey projects in all areas including smart farm design, construction, and operation .Establish a network of export destination countries such as China, Central Asia, and Southeast Asia</p> <p>.Air-conditioning control technology, .Light source (LED) application technology .Crop cultivation technology</p>
	<p>.Development of automated system for cultivated crops</p> 	<p>.Hydroponics cultivation process automation .Automation of harvesting process, etc.</p>

Research and development performance	3. Quantitative Outcomes < KPI Plan vs. Performance >												
	Patent submit			Patent registration			industrial copyright		exam certification		technology fee		
	12(23)			11(10)			1(2)		1(1)		30(3)one million won		
	technology implementation			prototype			Released product		export amount		job creation		
	3(2)			6(14)			7(8)		79.3(148.7) billion won		35(61)		
	Create a manual			Overseas test bed establishment			Establishment of overseas production base		Participation in overseas marketing		New market development		
	7(11)			1(2)			2(2)		4(9)		2(1)		
	trend report			Papers (Non-SCI)			Policy use		publicity exhibition				
5(5)			10(1)			3(4)		6(41)					
Note) () parentheses are the results													
4. Economic performance													
□ Exports totaled KRW 14.87 billion, but in the case of production complexes in China, continuous sales are expected, and the main export results are as follows.													
- K-Plant Smart Farm Greenhouse Export to China (Isu Chemical): 5ha, achieved 12.23 billion													
- Succeeded in exporting a Korean plant factory to Kuwait for the first time in Korea (Planty Farm): 200 pyeong, 1.5 billion won													
- Container-type automated plant factory export to Japan (Planty Farm): 5 units, achieved 750 million won													
5. Efforts to develop new markets													
□ Established a global export network of 9 countries and 16 points to develop new markets													
R&D results utilization plan and Benefit	○ Proceed to commercialization by strengthening intelligent smart farm environment monitoring and control module functions												
	○ Expand export by developing export-customized UI and adding complex control functions for field crops												
	○ Securing overseas competitiveness through the advancement of environmental monitoring, control, and growth analysis systems												
	○ Achieved commercialization of eye sensor, artificial intelligence harvest judgment and harvest automation robot												
Whether or not to disclose R&D results and reasons	Not applicable												
Not applicable No. of registrations and deposits of R&D achievements	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종		
								생명 정보	생물 자원		정보	실물	
Research facility/equipment comprehensive information system registration status	구입기관	연구시설·장비명		규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)		ZEUS 등록번호		
English key words (within 5)	K-Plant			FDSS		Integrated control system		`ECO solution HM-SaaS		Automated Plant Factory			

<목 차>

제1장 연구개발과제의 개요	1
1. 스마트팜 수출연구사업단 추진 배경	1
2. 연구의 필요성	2
3. 연구범위	3
제2장 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용	5
제1절. K-Plant 설계 및 해외 사업화	5
1. 최종목표	5
2. 목표 및 결과	5
3. 세부 연구 결과	8
3.1. 스마트팜 K-Plant 내부구조 고도화 설계	8
3.1.1. 한국형 스마트 팜 수출모형 K-Plant 개발	8
3.1.2. 경량철골온실 스마트팜 구상 및 설계	15
3.1.3. 스마트팜 물순환시스템 개념 확장	37
3.1.4. 수출국가별 스마트팜 단지 모형 구상	40
3.2. 수출대상국 K-플랜트 설계 검증	64
3.2.1. 수출형 경량철골온실 표준모형 개발	64
3.3. 스마트팜 순환형 물공급시스템 개발	108
3.4. 수출용 스마트팜 모형 K-Plant 테스트 베드 설계	117
3.5. 스마트팜 K-Plant 사업화 모델	123
3.6. 스마트팜 K-Plant 수출 모형 검증	162
3.6.1. K-Plant 권역별 냉난방 기술 분석	178
3.6.2. K-Plant 권역별 열원 설비 선정	195
3.6.3. 시뮬레이션을 이용한 온실의 에너지 성능 평가	201
3.6.4. K-Plant 검증을 위한 테스트 베드 운영	207
3.6.5. K-Plant 수출 모형 경제성 분석	215
3.6.6. K-Plant 프로젝트 사업계획 수립	235
3.7. 스마트팜 K-Plant 수출 모형 검증	263
3.8. K-Plant 프로젝트 사업계획 수립	367
3.8.1. 중동 K-Plant 모형 설계 및 사업계획 수립	367
3.8.2. 러시아 K-Plant 모형 설계 및 사업계획 수립	391

3.9. 한국형 스마트팜 K-Plant 사업화	413
3.10. 스마트팜 K-Plant 수출 모형 검증 및 사업화 방안	515
3.10.1. 스마트팜 K-Plant 수출 모형 검증	515
3.10.2. K-Plant 수출모형 요소기술 검증	516
3.10.3. 수출 대상국 K-Plant 시범사업 추진	557
3.10.4. 한국형 스마트팜 K-Plant 사업화	569
제2절. ICT 기반 자율형 물순환 시스템 개발	602
1. 최종 목표	602
2. 목표 및 결과	602
3. 세부 연구결과	602
3.1. 스마트팜 물의 종류	602
3.2. 물관리 모니터링 시스템 개발	604
3.3. 자료 확인 및 중복성 검토	607
3.4. ICT기반 근권부 측정 및 증발산량을 이용한 물관리 시스템 시작품 제작	609
3.5. 관제시스템과의 연동 API 개발	616
3.6. 시설용 증발산량 알고리즘 개발	620
제3절. K-Plant 통합관제시스템 개발	622
1. 최종목표	622
2. 목표 및 결과	622
3. 세부 연구결과	623
3.1. K-Plant 통합관제 프로그램 개발	623
3.2. K-Plant 통합관제 프로그램 개발(계속)	633
3.3. 스마트 팜 에코솔루션과 G-GAP 인증 개발	643
3.4. 테스트베드 기능검증	665
3.5. ICT 기반 통합관제 프로그램 개발	669
3.6. 스마트팜 에코솔루션과 G-GAP 인증앱 개발	688
제4절. 지하수겸용 스마트팜 지열에너지 시스템	709
1. 최종목표	709
2. 목표 및 결과	709
3. 세부 연구결과	710

3.1. 스마트팜 지열에너지시스템 개발	710
3.2. 시작품 모형제작	720
3.3. 해수열교환기 시스템 개발	731
3.4. 차압형 수량계 개발	742
3.5. 스마트팜 지열시스템 기술협력 업체 구성	746
3.6. 순환펌프형 구성요소 운영매뉴얼 작성	758
3.7. 스마트팜 해수열 시스템 기본 설계 계통도 작성	796
제5절. i-FDSS 지능형 서비스 개발	802
1. 최종목표	802
2. 목표 및 결과	802
3. 세부 연구결과	804
3.1. 머신러닝 시스템 개발	804
3.1.1. 빅데이터/머신러닝 기반 통합운영시스템 설계	805
3.1.2. 빅데이터 모듈설계	805
3.1.2. 머신러닝 모듈설계	812
3.1.3. i-FDSS 통합관제 시스템	815
3.2. FDSS Manager 개발 및 검증	817
3.2.1. FDSS Manager 개발 및 검증	817
3.2.2. FDSS Manager 확대 개발 및 검증	821
3.2.3. WEF Manager 현장실증을 통한 기능검증 및 효과산출	825
3.3. 테스트베드 구축	828
3.4. i-FDSS 지능형 서비스 실증 및 운영	836
3.4.1. WEF Manager 개발	836
3.4.2. WEF manager 현장 실증을 통한 기능 검증 및 효과 산출	840
3.5. I-FDS 지능형 서비스 수출 확대 및 기능 추가	915
3.6. 고수익 작물 최적 생육프로파일 연구	945
3.7. i-FDSS 지능형 서비스 글로벌 론칭	962
3.7.1. 지능형 서비스 글로벌 론칭	962
3.8. 고수익 작물 생육프로파일 데이터 분석	986
제6절. 스마트팜 에코솔루션과 G-GAP 인증 개발	1012
1. 최종목표	1012
2. 목표 및 결과	1012
3. 세부 연구결과	1013

3.1. 스마트 팜 에코솔루션 개발	1013
3.2. 재배지식 프로파일 개발	1016
3.3. Global GAP 인증 앱 개발	1018
제7절. 고수익 작물 최적 생육프로파일 연구	1023
1. 최종목표	1023
2. 목표 및 결과	1023
3. 세부 연구결과	1025
3.1. 국내 외 스마트팜 기술동향 분석 및 수요 조사	1025
3.2. 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 인벤토리 구성	1027
3.3. 지능형 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 플랫폼 설계	1028
3.4. 작물 생육 모니터링을 위한 작물별 생육프로파일 조사 및 DB 구축	1034
3.5. 스마트팜 환경 모니터링 및 제어를 위한 H/W (장비구조) 및 S/W (구성) DB 구축	1038
3.6. 스마트팜 환경 모니터링 및 제어를 위한 GUI 설계 및 구현	1045
3.7. 지능형 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 플랫폼 설계	1048
3.8. 우선 대상국 (중국, 러시아) 대상 지능형 스마트팜 GUI 설계 및 구현	1051
3.9. 지능형 스마트팜 환경 모니터링 및 제어를 위한 H/W, S/W, GUI의 시범 단지 실증	1054
제8절. 스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 사업화 운영	1056
1. 최종목표	1056
2. 목표 및 결과	1056
3. 세부 연구결과	1058
3.1. K-플랜트 지원사업 추진 대상국 선정 및 스마트팜 수출 채널 구축	1058
3.1.1. K-Plant의 중국 수출전략	1058
3.1.2. K-Plant의 러시아 수출전략	1074
3.1.3. 현지 생태계 분석 및 거버넌스 구축	1085
3.2. 플랜트 공유형 체인화 모델	1152
3.3. K-Plant 공유형 체인화 모델 운영 및 보완	1166
3.3.1. K-Plant 공유형 체인화 모델 운영	1166
3.4. 국내 검증된 스마트팜 기술의 해외시장 적용 및 지역별 특성에 따른 적정 운영/ 보완 방안 수립	1183
3.5. 발주사업 참여기반 조성 및 기술 중장기 확대 전략 수립	1190

제9절. 식물공장 글로벌 수출전략 수립 및 국가별 가공유통 프로세스 구축	1206
1. 최종목표	1206
2. 목표 및 결과	1206
3. 세부 연구결과	1208
3.1. 식물공장 글로벌 수출전략 수립 검토, 수출형 식물공장 및 가공공장 모델 사례 검토	1208
3.1.1. 식물공장 글로벌 수출전략 수립	1208
3.1.2. 수출형 식물공장 및 가공공장 모델 사례 설계 검토	1209
3.1.3. 성장환경 측정/제어 요구사항 분석에 의한 수출 최적형 시스템 설계 검토	1213
3.2. 가공 유통 프로세스 및 식물공장 수출전략 수립	1217
3.2.1. 규모별, 층고별 설치 모델 레이아웃 설계	1217
3.2.2. 대상 재배작물 생육연구, 수익성 검토 협의용 표준양식 작성	1219
3.2.3. 규모별, 층고별 최적의 설치 레이아웃 설계	1221
3.2.4. 이동식 재배장치 제어기술 개발	1228
3.3. 수출 대상국의 스마트팜 설치 계획 수립	1229
3.3.1. 대상국가 재배작물 선정 및 생육 연구	1229
3.3.2. 가공 유통 프로세스 검토 지원, 식물공장 설계	1231
3.3.3. 고품질 재배 기술력, 고부가가치 작물 재배 기술력 확보	1241
3.4. 식물공장, 가공공장 시설 수출 및 설치 운영, 보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립	1245
3.4.1. 식물공장, 가공공장 시설 수출 및 설치 운영	1245
3.4.2. 보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립(330m ² 형)	1249
3.4.3. 식물공장 엽채소 활용 샐러드 신제품 개발	1254
3.5. 식물공장 운영기술 매뉴얼화, 가공공장 규모 결정 사례 및 타당성 검토	1256
3.5.1. 식물공장 운영기술 매뉴얼(재배 및 운영) 작성	1256
3.5.2. 가공공장 규모 결정 사례 타당성 검토안 작성	1258
3.5.3. 식물공장 기본 구성 요소, 식물공장 제어 및 관리 요소 결정	1262
3.6. 수출모형 K-Plant 검정을 위한 테스트베드 운영	1266
3.6.1. 테스트베드 운영 계획	1266
제10절. 스마트팜 재배공정 자동화 시스템 개발	1279
1. 최종목표	1279
2. 목표 및 결과	1279
3. 세부 연구결과	1281
3.1. 스마트팜 재배공정 요구분석	1281

3.1.1. 스마트팜 재배공정 요구분석	1281
3.1.2. 스마트팜 재배공정 자동화 컨셉 설정 및 디자인	1289
3.1.3. 스마트팜 재배공정 자동화 시스템 디자인 및 모형 제작	1299
3.2. 수경재배 자동화 라인 상품화 개발	1308
3.2.1. 수경재배공정 자동화 라인 상세설계	1308
3.2.2. 수경재배 자동화 라인 효율 분석/개선	1317
3.2.3. 단위공정별 로봇 자동화 방안 도출	1323
3.2.4. 수경재배공정 자동화 라인 상품화 전략	1327
3.3. 식물공장 자동화 라인 상용화 개발 및 수출 전략 수립	1345
3.3.1. 식물공장 자동화라인 수출상품 확대 라인업	1345
3.3.2. 식물공장 자동화 상품화 효율분석/개선 /시제품 제작 개발	1351
3.3.3. 식물공장 자동화 라인 수출 상용화 개발 및 마케팅 전략 수립	1363
3.4. 식물공장 자동화 라인 상품화 개발 및 수출 전략 수립	1370
3.4.1. 식물공장 자동화 라인 수출상품화 개발	1370
3.4.2. 식물공장 자동화 라인 테스트 베드 적용	1391
3.4.3. 식물공장 자동화 라인 마케팅 전략	1411
제3장 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	1416
1) 연구수행 결과	1416
(1) 정성적 연구개발성과	1416
(2) 정량적 연구개발성과	1436
(3) 세부 정량적 연구개발성과	1437
2) 목표 달성 수준	1473
제4장 목표 미달 시 원인분석	1476
1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용	1476
2) 자체 보완활동	1476
3) 연구개발 과정의 성실성	1476
제5장 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도	1477
제6장 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	1482

< Table of Contents >

Chapter 1 Overview of Research and Development Tasks	1
1. Smart Farm Export Research Group Promotion Background	1
2. Research needs	2
3. Research scope	3
Chapter 2 Research and Development Project Implementation Process and Details	5
Section 1. K-Plant design and overseas commercialization	5
1. Goals	5
2. Goals and results	5
3. Detailed research results	8
3.1. Smart Farm K-Plant internal structure advancement design	8
3.1.1. Development of K-Plant, a Korean smart farm export model	8
3.1.2. Lightweight steel frame greenhouse smart farm concept and design	15
3.1.3. Smart Farm Water Circulation System Concept Expansion	37
3.1.4. Smart farm complex model design by exporting country	40
3.2. Export target country K-plant design verification	64
3.2.1. Development of export-type lightweight steel frame greenhouse standard model	64
3.3. Smart farm circulation type water supply system development	108
3.4. Smart farm model K-Plant test bed design for export	117
3.5. Smart Farm K-Plant Commercialization Model	123
3.6. Smart Farm K-Plant Export Model Verification	162
3.6.1. Smart Farm K-Plant Export Model Verification	178
3.6.2. Selection of heat source facilities for each K-Plant area	195
3.6.3. Energy Performance Evaluation of Greenhouses Using Simulation	201
3.6.4. Test bed operation for K-Plant verification	207
3.6.5. K-Plant Export Model Economic Analysis	215
3.6.6. Establishment of K-Plant project business plan	235
3.7. Smart Farm K-Plant Export Model Verification	263

3.8. Establishment of K-Plant project business plan	367
3.8.1. Middle East K-Plant model design and business plan establishment ..	367
3.8.2. Russian K-Plant model design and business plan establishment	391
3.9. Korean smart farm K-Plant commercialization	413
3.10. Smart Farm K-Plant Export Model Verification and Commercialization Plant	515
3.10.1. Smart Farm K-Plant Export Model Verification	515
3.10.2. Smart Farm K-Plant Export Model Verification	516
3.10.3. Promotion of K-Plant pilot project in export target countries	557
3.10.4. Korean smart farm K-Plant commercialization	569
Section 2. ICT-based autonomous water circulation system development	602
1. Goals	602
2. Goals and results	602
3. Detailed research results	602
3.1. Smart Farm Water Types	602
3.2. Development of water management monitoring system	604
3.3. Data verification and redundancy review	607
3.4. Production of prototype water management system using ICT-based root zone measurement and evapotranspiration	609
3.5. Development of interworking API with control system	616
3.6. Development of evapotranspiration algorithm for facilities	620
Section 3. Development of K-Plant integrated control system	622
1. Goal	622
2. Goals and results	622
3. Detailed research results	623
3.1. Development of K-Plant integrated control program	623
3.2. Development of K-Plant integrated control program	633
3.3. Smart farm eco-solution and G-GAP certification development	643
3.4. Test bed functional verification	665
3.5. ICT-based integrated control program development	669
3.6. Smart farm eco-solution and G-GAP authentication app development	688

Section 4. Smart farm geothermal energy system with groundwater	709
1. Goal	709
2. Goals and results	709
3. Detailed research results	710
3.1. Smart farm geothermal energy system development	710
3.2. Prototype model making	720
3.3. Seawater heat exchanger system development	731
3.4. Developed differential pressure water meter	742
3.5. Formation of smart farm geothermal system technology partner	746
3.6. Circulation pump type component operation manual written	758
3.7. Smart farm seawater heat system basic design schematic drawing	796
Section 5. i-FDSS intelligent service development	802
1. Goal	802
2. Goals and results	802
3. Detailed research results	804
3.1. Machine learning system development	804
3.1.1. Big data/machine learning-based integrated operating system design	805
3.1.2. Big data module design	805
3.1.2. Machine learning module design	812
3.1.3. i-FDSS integrated control system	815
3.2. FDSS Manager development and validation	817
3.2.1. FDSS Manager development and validation	817
3.2.2. Expansion development and verification of FDSS Manager	821
3.2.3. Function verification and effect calculation through WEF Manager field demonstration	825
3.3. Build a test bed	828
3.4. Demonstration and operation of i-FDSS intelligent service	836
3.4.1. WEF Manager development	836
3.4.2. Function verification and effect calculation through field demonstration of WEF manager	840
3.5. Expanded export of i-FDSS intelligent service and added function	915
3.6. Research on optimal growth profile for high-yielding crops	945
3.7. Global launch of i-FDSS intelligent service	962

3.7.1. Intelligent service global launch	962
3.8. Analysis of high-yield crop growth profile data	986
Section 6. Smart farm eco-solution and G-GAP certification development	1012
1. Goal	1012
2. Goals and results	1012
3. Detailed research results	1013
3.1. Smart farm eco-solution development	1013
3.2. Cultivation knowledge profile development	1016
3.3. Global GAP certified app development	1018
Section 7. Research on optimal growth profile for high-yielding crops ..	1023
1. Goal	1023
2. Goals and results	1023
3. Detailed research results	1025
3.1. Domestic and overseas smart farm technology trend analysis and demand survey	1025
3.2. Smart farm environment monitoring and control inventory configuration	1027
3.3. Intelligent smart farm environment monitoring and control platform design	1028
3.4. Investigation of growth profile for each crop and establishment of DB for crop growth monitoring	1034
3.5. H/W (equipment structure) and S/W (configuration) DB construction for smart farm environment monitoring and control	1038
3.6. GUI design and implementation for smart farm environment monitoring and control	1045
3.7. Intelligent smart farm environment monitoring and control platform design	1048
3.8. Design and implementation of intelligent smart farm GUI for priority target countries (China, Russia)	1051
3.9. Demonstration of H/W, S/W, GUI demonstration complex for intelligent smart farm environment monitoring and control	1054

Section 8. Smart farm plant export network establishment and commercialization operation	1056
1. Goal	1056
2. Goals and results	1056
3. Detailed research results	1058
3.1. Selection of target countries for K-Plant support project and establishment of smart farm export channels	1058
3.1.1. K-Plant의 중국 수출전략	1058
3.1.2. K-Plant's export strategy to Russia	1074
3.1.3. Local ecosystem analysis and governance establishment	1085
3.2. Plant Shared Chaining Model	1152
3.3. Operation and supplementation of K-Plant shared chaining model	1166
3.3.1. K-Plant shared chaining model operation	1166
3.4. Application of domestic proven smart farm technology to overseas markets and establishment of appropriate operation/supplementation plans according to regional characteristics	1183
3.5. Establishment of a foundation for participation in ordering projects and establishment of mid- to long-term expansion strategies for technology	1190
Section 9. Establishment of global export strategy for plant factories and establishment of processing and distribution processes for each country	1206
1. Goal	1206
2. Goals and results	1206
3. Detailed research results	1208
3.1. Review of establishment of global export strategy for plant factories, review of export-type plant factories and processing factory model cases	1208
3.1.1. Establishment of global export strategy for plant factories	1208
3.1.2. Export type plant factory and processing factory model case design review	1209
3.1.3. Export optimal system design review by analysis of growth environment	

measurement/control requirements	1213
3.2. Process distribution process and plant factory export strategy establishment	1217
3.2.1. Installation model layout design by size and floor height	1217
3.2.2. 대 Preparation of standard form for discussion on growth research of target cultivated crops and profitability review	1219
3.2.3. Optimal installation layout design by size and floor height	1221
3.2.4. Development of mobile cultivation device control technology	1228
3.3. Establishment of smart farm installation plan in export destination country	1229
3.3.1. Selection of cultivated crops in target countries and research on growth ..	1229
3.3.2. Processing and distribution process review support, plant factory design ..	1231
3.3.3. Securing high-quality cultivation technology and high-value-added crop cultivation technology	1241
3.4. Export and install and operate plant factories and processing factories, and establish standard layouts for entry-level plant factories	1245
3.4.1. Export and install and operate plant and processing plant facilities ..	1245
3.4.2. Establishment of standard layout for entry-level plant factory (330m ² type) ..	1249
3.4.3. Development of new salad products using leafy vegetables in plant factories	1254
3.5. Manualization of plant factory operation technology, examples of processing plant size determination and feasibility review	1256
3.5.1. Plant factory operation technology manual (cultivation and operation) preparation	1256
3.5.2. Preparation of a feasibility study plan for determining the size of a processing plant ..	1258
3.5.3. Determination of plant factory basic components, plant factory control and management elements	1262
3.6. Test bed operation for verification of export model K-Plant	1266
3.6.1. Test bed operation plan	1266

Section 10. Smart farm cultivation process automation system development ... 1279

1. Goal	1279
2. Goals and results	1279
3. Detailed research results	1281
3.1. Smart Farm Cultivation Process Requirement Analysis	1281
3.1.1. Smart Farm Cultivation Process Requirement Analysis	1281
3.1.2. Smart farm cultivation process automation concept setting and design ..	1289
3.1.3. Smart farm cultivation process automation system design and model production ..	1299
3.2. Development of commercialization of hydroponics automation line	1308

3.2.1. Detailed design of hydroponic process automation line	1308
3.2.2. Analysis/improvement of hydroponics automation line efficiency	1317
3.2.3. Deduction of robot automation plan for each unit process	1323
3.2.4. Strategy for commercialization of hydroponic process automation line.....	1327
3.3. Development of plant factory automation line commercialization and establishment of export strategy	1345
3.3.1. Plant Factory Automation Line Export Product Expansion Lineup	1345
3.3.2. Plant factory automation commercialization efficiency analysis/improvement/prototype production and development	1351
3.3.3. Plant factory automation line export commercialization development and marketing strategy establishment	1363
3.4. Plant factory automation line commercialization development and export strategy establishment	1370
3.4.1. Plant factory automation line export commercialization development	1370
3.4.2. Plant factory automation line test bed application	1391
3.4.3. Plant Factory Automation Line Marketing Strategy	1411
Chapter 3 Results of R&D tasks and degree of achievement of goals ·	1416
1) Research results	1416
(1) Qualitative R&D performance	1416
(2) Quantitative R&D performance	1436
(3) Detailed quantitative R&D performance	1437
2) level of achievement	1473
Chapter 4 Analyze the cause when the goal is not met	1476
1) In-house analysis of the cause (reason) of the target failure ·	1476
2) Self-reinforcing activities	1476
3) Integrity of R&D process	1476
Chapter 5 Degree of contribution to related fields of R&D performance ...	1477
Chapter 6 Management and utilization plan of R&D performance	1482

1. 스마트팜 수출연구사업단 추진 배경

- 국가 성장 전략으로 동시 다발적 FTA 추진
 - 2022년 4월 기준 58개국과 18건의 FTA가 체결되었으며, 여타 신흥국가와의 FTA도 지속적으로 추진, 미국, 유럽연합(EU), 아세안 등 세계3대 경제권과 모두 FTA 체결
 - 시장선점을 위한 국제적 경쟁이 심화되고 있는 상황에서 자유무역협정(FTA)을 통한 개방과 혁신은 선택이 아니라 필수적 국가 생존전략

- 글로벌 식품산업의 폭발적 성장과 식품산업의 패러다임 변화
 - 식품산업은 인구증가, 기후변화에 따른 식량안보로 21세기의 중요한 Blue Gold 산업으로 부상하고 있으며 연평균 6.5%씩 성장, 2025년에 8,650억 달러(약 978조원) 시장 형성 전망(GWI)

- 기술 융합을 통한 스마트팜 기술의 혁신과 Intelligence 化
 - ICT를 융합한 혁신적인 스마트팜 운영 기술이 발달함에 따라 센서 기술을 이용한 모니터링 기술, 제어기술 등을 활용한 복합환경제어시스템이 급속히 보급되고 있어 식품산업 구조재편이 가속화됨
 - ICT 분야의 통신 기술과 접목된 환경제어 시스템이 급속히 보급되고 있음
 - 똑똑한 지능적이라는 의미를 가진 "Smart"가 농업 분야에 접목되면서 기존 농업의 효율을 높여줄 것으로 전망
 - 식품의 안전성에 대한 소비자의 요구 증대에 따라 스마트 팜 (Smart Farm)에 대한 수요는 지속적으로 늘어날 것으로 예측됨

- ICT 융·복합 스마트팜 기술 개발의 가속화
 - 최근 ICT 융·복합형 스마트팜 기술의 도입으로 작물재배에 소요되는 노동력 감소와 안전한 먹거리 확보, 계절과일의 일상화 등 긍정적인 요소와 파프리카, 방울토마토, 딸기 등 농산물의 해외 수출 증가 등 다양한 성공 사례가 소개되고 있음
 - 스마트팜 운영실태 분석 및 발전방향 연구(2016, 한국농촌경제연구원)에 따르면, 스마트팜의 발전 추세는 다음과 같이 예상됨
 - 4차 산업혁명 시대의 도래에 따라 스마트팜 기술은 단순 원격제어 → 정확한 생육모델 제공과 수확예측 서비스로 발전(지능화)
 - 100세 수명 시대에 따른 새로운 직업군으로서 스마트 농부의 필요성 및 가능성 증가
 - 또한 글로벌 비즈니스 측면에서도 다음과 같은 중요한 변화가 일어나고 있음
 - 공유경제 시스템의 활성화 :주택, 교통 등 다양한 분야에 도입되어 자원 효율성 제고 및 수준 높은 체험기회 제공
 - 특정 장비 혹은 기술을 판매하는 것에서 플랫폼 비즈니스로 확대: 한화큐셀 등 태양광 패널 제조사들의 비즈니스 모델이 자사제품을 활용한 발전소 건설 및 운영, 발전소 매각 등의 플랫폼 비즈니스로 확대

2. 연구의 필요성

- 한국형 스마트팜 수출 모형 개발
 - 한국의 스마트팜은 선진 기술에 미치지 못하나 ICT, IoT, BigData, 마와 4차산업혁명 기술이 융합되어야 네덜란드 등 선진기술을 추격할수 있으며, 현재 전자, 통신, 컴퓨터 등 연관 분야 기술을 융합하여 새로운 기술을 융합하여 혁신적인 제품을 만들어야 글로벌 시장에서 선진국과 경쟁할 수 있다. 따라서, 현재의 시스템에 각종 혁신기술을 융합한 한국형 스마트팜 수출모형을 개발할 필요가 있음

- 스마트팜 재배기술의 지능화와 물, 에너지 및 가치사슬의 통합관제화
 - 학습된 작물 생육모델에 따라 재배환경을 정밀 제어하여 농사 초보자도 열심히만 하면 최고의 성과를 낼 수 있는 지능형 재배관리 시스템에 물, 에너지를 통합 관제하여 스마트팜 전체의 운영 및 관리의 효율성을 높이고, 구매, 판매 까지 전체를 통합적으로 관리하는 등 가치사슬 전체의 통합한 시스템 개발이 필요함

- 스마트팜 운영관리 서비스 플랫폼 개발
 - 스마트팜 장비 및 기술 시장은 스마트팜에서 재배하는 작물의 판매 수요가 늘어나야 활성화되는 종속적인 시장이므로 시설/장비, 재배, 유통 등 관련 가치사슬을 연결하고 통합 관리할 수 있는 스마트팜 운영관리 플랫폼 모델 개발 추진

- 공유형 스마트팜 비즈니스 모델 체계화
 - 스마트팜 온실의 기본 모델에 가공·저장 설비 및 판매·유통 등 가치 사슬을 융합하여 구성원이 자재 공동구매, 공동 판매, 공동 농장 운영 등 공유 경제의 개념을 활용한 공유형 스마트팜 비즈니스 모델 개발이 필요함

- 스마트팜 지능형 서비스 및 운영관리 플랫폼 수출
 - 스마트팜 지능형 서비스 플랫폼 모델을 개발하여 대상국가, 지역별로 수출하고 인터넷, 클라우드 서비스를 활용하여 효율적으로 원격으로 운영관리하는 시스템을 개발하여 이를 통해 수출을 확산하는 전략 수립



[그림 1-1] WEF 융합 기반 i-FDSS 스마트팜 플랫폼 개념도

3. 연구범위

가. 핵심과제별 연구범위

핵심과제	연구범위
○ 수출형 스마트팜 K-플랜트 설계 및 WEF 효율 개선	○ K-플랜트 설계 및 해외 사업화 ○ ICT 기반 자율형 물순환 시스템 개발 ○ 지하수 검용 스마트팜 지열에너지시스템
○ i-FDSS 스마트팜 운영 플랫폼 개발	○ i-FDSS 지능형 서비스 ○ 에코솔루션 HM-SaaS 개발 ○ 고수익작물 최적 생육프로파일 연구
○ 스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 사업화 운영	○ 사업화 전략수립 및 사업화 운영 ○ 식물공장 글로벌 수출전략 수립 및 국가별 가공유통 프로세스 구축 ○ 스마트팜 재배공정 자동화 시스템 개발

나. 핵심과제별 연구내용

연 차	과제구분	연구목표	주요 연구내용
1차 년도	제 1 핵심	• 수출형 스마트팜 K-Plant 및 WEF 장치 설계	• 스마트팜 K-Plant 내부구조 고도화 설계 • ICT기반 자율형 물순환 시스템 개발 • 스마트팜 지열에너지시스템 개발
	제 2 핵심	• i-FDSS 스마트팜 운영 플랫폼 개발	• i-FDSS 지능형 서비스 개발 (재배관리) • 에코솔루션 플랜트 패키지 개발 • 선진 경쟁사 생육프로파일 분석 및 DB 구축 • 딸기, 방울토마토 등 기본작물 프로파일 매칭
	제 3 핵심	• 수출 대상국의 스마트팜 수요 및 현황 분석	• K-Plant 지원사업 추진대상국 선정 • 스마트팜 수출 채널 구축 • 식물공장 글로벌 수출전략 수립 검토 • 수출형 식물공장 및 가공공장 모델 사례 검토 • 물공급 시스템 관련 해외 수요 및 현황 분석 • 시설재배용 물공급 통합 시스템 설계
2차 년도	제 1 핵심	• 수출형 스마트팜 플랜트 및 WEF 장치 실증	• 수출대상국 K-Plant 설계 검증 • ICT기반 자율형 물순환 시스템 실증 및 보완 • 지열에너지시스템 실증시험 및 보완
	제 2 핵심	• i-FDSS 스마트팜 플랫폼 실증 개발	• i-FDSS 지능형 서비스 현장실증 • 운영관리 패키지 추가 및 실증 • 고수익작물 생육프로파일 연구 (허브식물)
	제 3 핵심	• 수출 채널확보 및 체인화 전략 수립	• 해외 K-Plant 실증단지 구축 및 마케팅 • 스마트팜 재배공정 자동화시스템 설계 및 Prototype 제작 • 가공유통프로세스 및 식물공장 수출전략 수립

연 차	과제구분	연구목표	주요 연구내용
3차 년도	제 1 핵심	• K-Plant 및 WEF 장치 수출	<ul style="list-style-type: none"> • 스마트팜 K-Plant 수출 및 대상국가 확대 • WEF 기반장치 수출 및 대상국가 확대 • K-Plant 통합관제시스템 개발
	제 2 핵심	• i-FDSS 지능형 서비스 고도화	<ul style="list-style-type: none"> • 지능형 서비스 수출 및 기능추가 (식물공장) • 스마트팜 클라우드 운영기술 표준화 협력체제 참여 및 DB 구축 • 고수익작물 생육프로파일 연구 (허브식물)
3차 년도	제 3 핵심	• 수출 네트워크 구축 및 사업화 운영	<ul style="list-style-type: none"> • K-Plant 공유형 체인화 모델 수출 • 국가 별 가공 유통 프로세스 구축 지원 • 수출 대상국의 스마트팜 설치 계획 수립 • 스마트팜 재배공정 자동화 장비 제작 및 작업공정 검증
4차 년도	제 1 핵심	• K-Plant 및 WEF 장치 수출확대	<ul style="list-style-type: none"> • 스마트팜 K-Plant 수출국가 확대 • 스마트팜 K-Plant 교육 및 운영 매뉴얼 개발 • K-Plant 통합관제시스템 개발
	제 2 핵심	• i-FDSS 지능형 서비스 수출 확대	<ul style="list-style-type: none"> • 수출 추가국가 맞춤형 UI 개발 및 기능추가 • 에코솔루션 국가별 UI 개발 • 고수익작물 생육프로파일 연구 (약용작물)
	제 3 핵심	• 수출 대상국가별 사업규모 및 수출 채널 DB 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 식물공장, 가공공장 시설 수출 및 설치 운영 • 보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립 • K-Plant 공유형 체인화 모델 운영 및 보완 • 스마트팜 재배공정 자동화 장비 상용화
5차 년도	제 1 핵심	• K-Plant 및 WEF 장치 수출 확대	<ul style="list-style-type: none"> • 스마트팜 K-Plant 수출국가 확대 (계속) • K-Plant 교육 및 운영 매뉴얼 현지화 추가 • K-Plant 통합관제시스템 개발
	제 2 핵심	• i-FDSS 지능형 서비스 글로벌 론칭	<ul style="list-style-type: none"> • 글로벌향 자원-재배관리 복합관제 솔루션 론칭 • 고수익작물생육프로파일 연구 (약용작물)
	제 3 핵심	• 스마트팜 표준화 방안 수립	<ul style="list-style-type: none"> • 식물공장 운영기술 매뉴얼 화 (재배 및 운영) • 가공공장 규모 결정 사례 및 타당성 검토 • 스마트팜 수출 체인화 모델 확대 구축 • 스마트팜 재배공정 자동화 장비 수출전략 수립

제1절. K-Plant 설계 및 해외 사업화

1-1 세부

[농어촌연구원] K-Plant 설계 및 해외 사업화

1. 최종목표

구분 (연도)	세부과제명	구분	내용
1, 2차 년도	K-Plant 설계 및 해외 사업화	최종목표	WEAF 기반 수출형 스마트팜 플랜트 (K-Plant) 개발
		세부목표	○스마트팜 K-Plant 내부구조 고도화 설계 ○수출대상국 K-Plant 설계 검증 ○스마트팜 K-Plant 수출 및 대상국가 확대
3차 년도		최종목표	WEAF 기반 수출형 스마트팜 플랜트 (K-Plant) 개발
		세부목표	○스마트팜 K-Plant 내부구조 고도화 설계 ○수출대상국 K-Plant 설계 검증 ○스마트팜 K-Plant 수출 및 대상국가 확대
4차 년도		최종목표	○스마트팜 K-플랜트 수출국가 확대 ○스마트팜 지열시스템 운영매뉴얼 작성(국문)
		세부목표	○스마트팜 K-Plant 수출모형 검증 ○K-Plant 프로젝트 사업계획 수립 ○수출 대상국 K-Plant 시범사업 추진
5차 년도	최종목표	○스마트팜 K-플랜트 수출국가 확대 ○스마트팜 지열시스템 운영매뉴얼 작성(영문)	
	세부목표	○스마트팜 K-Plant 수출모형 검증 ○수출 대상국 K-Plant 시범사업 추진 ○스마트팜 지열시스템 설계 및 운영 매뉴얼 작성(영문)	

2. 목표 및 결과

구분 (연도)	세부 과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
1차 년도	스마트팜 K-Plant 설계 및 해외 사업화	○저비용 스마트팜 온실 설계	○경량철골 스마트팜 구상 및 설계	○지능형 스마트팜 K-Plant 정의 ○저비용 스마트팜 표준온실 설계 ○K-Plant용 보급형 표준온실 모형 개발
		○스마트팜 물순환 시스템 설계	○스마트팜 물공급시스템 기술분석 ○스마트팜 순환형 물공급 시스템 구상 및 설계	○프리바의 물공급 기술을 분석하여 기술 개발 방향 설정 ○스마트팜 순환형 물공급시스템의 개념, 적용 기술을 제시함
2차		○수출형	○내재해형 경량철골온실개발	○내재해형 온실구조 개선 설계

구분 (연도)	세부 과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
년도		경량철골온실 표준모형 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○저코스트형 경량철골온실 표준모형 개발 ○태양광부착형 경량철골온실 표준모형 개발 ○수출형 경량철골온실 관련 부재개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○유리온실 대비 가성비가 좋은 저비용 경량철골온실 표준모형 개발 ○태양광부착형 경량철골온실의 타당성 검토 수준 ○수출형 경량철골온실로 일체형 천창개폐장치를 개발함
		○스마트팜 순환형 물공급시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○K- Plant 스마트팜 순환형물 공급시스템 설계 ○K- Plant 고품질 자율물공급 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○K-Plant 스마트팜 순환형 물공급 시스템 설계방법 제시 ○K-Plant 고품질 자율물공급시스템 구상
		○K-플랜트 테스트 베드 설계	○K-플랜트 테스트 베드 설계	○K- Plant 테스트베드에 활용하기 위하여 300평 규모의 표준모형으로 설계도를 작성함
		○K-플랜트 수출프로젝트 제안서 작성	○필리핀, 쿠웨이트 제안서 작성	<ul style="list-style-type: none"> ○필리핀사업 설계 반영 완료 ○카자흐스탄, 쿠웨이트 제안서작성
3차년도		○스마트팜 K-Plant 수출 모형 검증	<ul style="list-style-type: none"> ○중동형 K-Plant 수출모형 검증 -온실시뮬레이션 기법 활용 검증 -생산성 및 효율성 평가 ○중양아시아형 K-Plant 수출모형 검증 -온실시뮬레이션 기법 활용 검증 -생산성 및 효율성 평가 	<ul style="list-style-type: none"> ○전 세계를 5개의 권역으로 구분하여 5가지 수출 모형을 구체화함 ○권역별 적용 가능 에너지 장비를 선정하여 제시함 ○수출모형의 검증을 위하여 시뮬레이션 기법으로 에너지 사용량 평가함 ○중동, 중앙아시아를 대상으로 모형에 대한 경제성 분석을 위하여 대상 작물, 모형 사업비, 수익을 고려하여 경제성 검토함 ○K-Plant 요소기술 검증을 위하여 스마트팜 Farm8에 테스트 베드를 설치함
		○K-Plant 프로젝트 사업계획 수립	○중동지역 K-Plant 프로젝트 계획 수립 - 쿠웨이트 대상 시범사업 추진 및 타당성 분석	○쿠웨이트, 카타르의 농업현황, 기상 및 작물, 시장, 정책을 조사하여 스마트팜 수출 사업화 전략을 수립함
4차 년도		○스마트팜 K-Plant 수출 모형 검증	<ul style="list-style-type: none"> ○K-Plant 수출 모형 매뉴얼 작성 -수출모형 설계, 운영기법 정립 -지열시스템 설계 및 운영 기법 정립 ○K-Plant 수출모형 요소기술 검증 -Farm8 테스트 베드 활용 검증 	<ul style="list-style-type: none"> ○K-Plant 수출모형을 설계하는데 필요한 요소 기술을 정리하여 매뉴얼로 작성함 ○지열시스템은 K-Plant 수출모형 설계운영 매뉴얼에 포함하고, 별책으로도 작성함 ○K-Plant 수출모형 에너지요구량을 산정하기 위하여 베트남과 러시아를 대상으로 시뮬레이션 기법으로 냉난방 기기별 에너지 요구량을 산정함 ○K-Plant 테스트 베드에 지열에너지 시스템을 설치를 완료한후 운영하고 있으며, 동시에 성능시험을 실시하고 있음
		○K-Plant 프로젝트 사업계획 수립	○중동 K-Plant 모형 설계 및 사업계획 수립	○쿠웨이트의 농업현황, 진출기업 모델 분석하여 사막에 적합한 사막형 스마트팜 모델과 사업화

구분 (연도)	세부 과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
			<ul style="list-style-type: none"> ○러시아형 K-Plant 모형 설계 및 사업계획 수립 	<ul style="list-style-type: none"> 모형을 제시함 ○러시아의 농업현황, 진출기업 모델 분석하여 극한 환경에 적합한 스마트팜 모델과 사업화 모델을 제시함
		<ul style="list-style-type: none"> ○한국형 스마트팜 K-Plant 사업화 	<ul style="list-style-type: none"> ○미얀마 K-Plant 시범사업 계획서 작성 ○미얀마 프로젝트 대상지 선정 및 MOU 추진 	<ul style="list-style-type: none"> ○미얀마를 대상으로 K-Plant 시범사업 추진을 위하여 KAIST GCC 와 MOU 체결 미얀마 중앙 및 양곤정부 방문 한국형 스마트팜 K-Plant 기술 소개 등을 추진 ○미얀마 중앙정부 요청에 의한“미얀마 스마트팜 R&D 센터 구축 사업” 추진을 위하여 수출연구사업단 K-Plant 수출 모델을 활용하여 “미얀마 K-Plant 시범사업을 기획함 ○한국형 스마트팜 사업화를 위하여 최첨단 스마트팜 재배 시스템과 식물공장, 아카데미센터를 통해 생산→가공→유통과 체험/관광, 교육시스템 톨을 통합한 6차산업단지 구축 방안을 제시함
5차 년도	스마트팜 K-Plant 설계 및 해외 사업화	<ul style="list-style-type: none"> ○스마트팜 K-Plant 수출 모형 검증 	<ul style="list-style-type: none"> ○K-Plant 수출모형 매뉴얼 작성 (영문) <ul style="list-style-type: none"> - 모형 설계, 운영 매뉴얼 - 지열시스템 설계 및 운영 포함 작성 ○K-Plant 수출모형 요소 기술 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 지열시스템 운영 효율 검증 	<ul style="list-style-type: none"> - K-Plant 수출 모형 매뉴얼 작성 (영문) <ul style="list-style-type: none"> • K-Plant 모형 설계, 운영 매뉴얼 작성 - K-Plant 수출모형 요소기술 검증 <ul style="list-style-type: none"> • K-Plant 요소기술 성능지표 개발 및 검증 • 지열시스템 운영 효율 검증
		<ul style="list-style-type: none"> ○수출 대상국 K-Plant 시범 사업 추진 	<ul style="list-style-type: none"> ○중동 K-Plant 프로젝트 계획 수립 ○동남아시아 K-Plant 시범사업 계획 수립 	<ul style="list-style-type: none"> - 중동 K-Plant 프로젝트 계획 수립 - 동남아시아 K-Plant 시범사업 계획 수립 - K-Plant 시범사업 경제성 분석 (코스트 절감효과 포함)
		<ul style="list-style-type: none"> ○한국형 스마트팜 K-Plant 사업화 	<ul style="list-style-type: none"> ○프로젝트 대상지 선정 및 MOU 추진 ○K-Plant 모델 사업화 계획 수립 	<ul style="list-style-type: none"> - K-Plant 모델 사업화 계획 수립 <ul style="list-style-type: none"> · K-Plant 사업화 자원 확보방안 모색 (해외 농업개발 협회, 수출입은행 등) · 코트라 협력사업 개발 · K-Plant 수출사업화 조직 계획 수립

3. 세부 연구 결과

3.1. 스마트팜 K-Plant 내부구조 고도화 설계

3.1.1. 한국형 스마트 팜 수출모형 K-Plant 개발

가. 개요

- 스마트팜 수출연구사업단의 수출 브랜드인 K-Plant 수출 모형 개발을 위하여 K-Plant의 개념 및 요소기술 범위, 세부기술 내용 등을 정리하여 제시함

나. 접근방법

- K-Plant 수출 모형의 대표온실 구조를 선정하기 위하여 유리온실, 경량철골온실, 비닐온실 등의 피복 형태, 구조 등을 비교하여 비교하여 가장 가성비가 좋은 포스맥 소재의 PO 필름 경량철골온실을 선정하고, 내부 구조 고도화 설계 기술을 반영하여 생산성, 효율성, 환경성 등을 개선한 한국형 스마트팜 수출모형을 K-Plant를 구상하여 제시함

다. 연구내용

□ K-Plant의 개념 정의

- K-Plant((K- Smart Farm Plant의 줄임말)는 기존 스마트팜 온실의 효율성, 생산성, 환경성의 한계를 극복하기 위해 내구성과 가성비가 좋은 WEAF 기반의 K-Plant 스마트팜과 WEAF 기반의 지능형 의사결정서비스 시스템(WEAF base i-FDSS)을 탑재한 스마트팜 수출모형을 의미함



[그림 2-1] K-Plant((K- Smart Farm Plant) 스마트팜 표준 모형

□ K-Plant의 요소기술 범위 설정

- K-Plant의 요소기술은 크게 WEAF 기반의 K-Plant 스마트팜과 WEAF 기반의 지능형 의사결정서비스시스템(WEAF base i-FDSS)으로 구분하여 정리함

1) WEAF 기반의 K-Plant 스마트팜

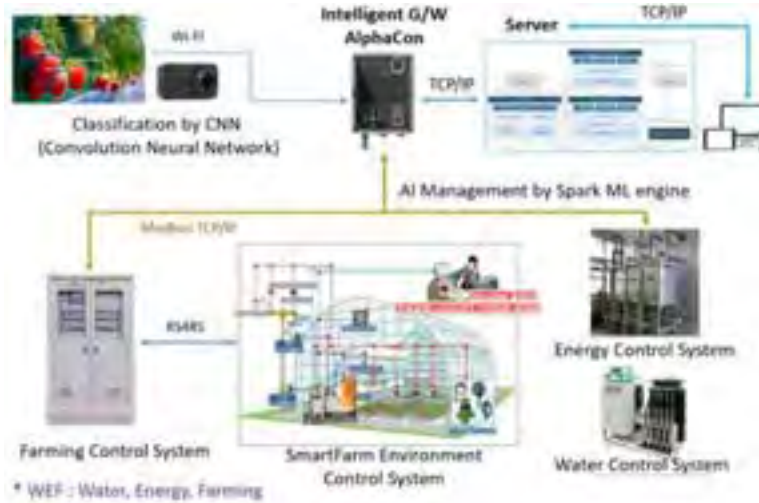
- WEAF 기반의 K-Plant 스마트팜은 “포스맥 소재 경량철골온실”에 WEAF(Water, Energy, Automation, Fertilizer & Farming) 자원이용 성능 효율성을 높여 설계된 유리온실대비 저비용의 가성비가 높은 “한국형 스마트팜 온실”을 말함
 - 포스맥 소재 경량철골온실 : 한국형 내재해형 온실 구조의 내구성, 내식성이 높은 포스맥 소재로 경량철골온실을 채택하여 일체형 천창개폐장치 개발로 환기성을 높이고, 행잉커터, 다단재배 설계로 재배공간 이용 효율성을 높여 유리온실 대비 가성비가 높게 설계한 수출용 표준 온실 구조를 말함
 - WEAF 기술 : 다중수원 물(Water) 공급 및 이용 기술 (순환형물이용시스템, 하수재이용, 빗물이용, ICT 기반 자율물관리, 양액재이용(fertilizer)), 권역별 적정 에너지(Energy) 선정 및 온실에너지 관리 기술 (권역별 냉난방설비 선정기준, 온실에너지관리시스템 (GH-EMS)), 온실 운영경비 절감 및 수익성 제고를 위한 스마트팜 재배공정 자동화 기술 (SFAT : Smart Farm Automation Technology), 고품질의 안전 농산물을 생산을 위한 친환경 재배기술 (EFT : Eco friendly Farming Technology) 등을 포함한 개념임

2) WEAF 기반의 지능형 의사결정서비스 시스템

- WEAF 기반의 지능형 의사결정서비스 시스템(WEAF base i-FDSS)은 K-Plant 스마트팜 온실에 최적 생육환경 및 고수익 운영서비스를 제공하기 위하여 ICT 기반의 WEAF base i-FDSS 시스템으로 복합환경시스템과 WEAF 운영시스템을 연계하여 머신러닝, AI 기술로 지능적으로 운영하는 수출용 스마트팜 의사결정 서비스 시스템을 말함
 - 요소기술로는 K-Plant 스마트팜 온실내의 작물 생육, 물, 에너지 자원을 효율적으로 관리하는 Sensor, IoT(Internet of Things) 기반의 복합환경제어시스템과 물, 에너지 자원을 머신러닝(Machine Learning), AI(Artificial Intelligence), 빅데이터(Big Data) 기반으로 지능적으로 관리하는 WEAF 기반의 지능형 의사결정서비스시스템(WEAF base i-FDSS) 기술 포함함
 - 단, WEAF base i-FDSS은 기존 복합환경제어시스템과 물, 에너지 자원 관리시스템 등을 장치간의 데이터 프로토콜 표준화를 통하여 사용할 수 있도록 개발 중임

[용어 정리]

(K-Plant : K- Smart Farm Plant), (WEAF : Water, Energy, Automation, Fertilizer & Farming) (SFA : Smart Farm Automation), (ICT: Information Communication Technology), (i-FDSS : Intelligent Farming Decision Support System), (GH-EMS : Greenhouse horticulture Energy management System), (IoT : Internet of Things), (머신러닝 : Machine Learning), (AI : Artificial Intelligence), (빅데이터 : Big Data), WEAF base i-FDSS



[그림 2-2] WEAF 기반의 지능형 의사결정서비스 시스템

- K-Plant 수출 모델은 한국형 스마트팜 온실(H/W)에 생육관리를 위한 ICT 기반의 지능적 운영관리 플랫폼(S/W)을 가공, 저장, 유통 시설, 교육 프로그램, 비즈니스 모델로 패키지화하여 수출하는 모델을 말함

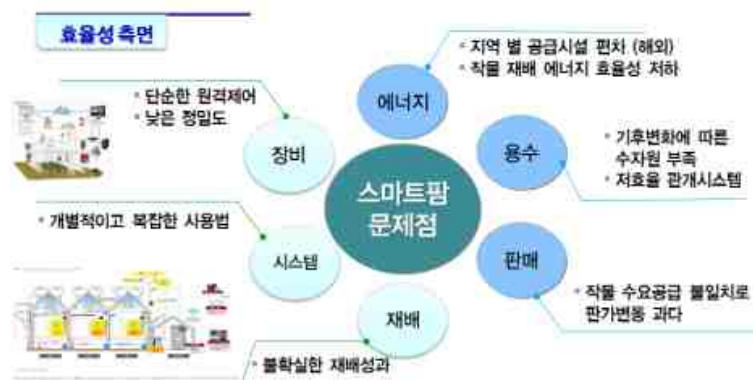


[그림 2-3] K-Plant 수출모델 개념도

3) 기존 스마트팜의 한계성 검토

- 대부분의 온실은 소규모 이고, 분산 설치되어 있고 집단화, 규모화가 안되어 있어 생산성, 효율성이 낮으며, 대규모 온실의 기술체계화가 안되어 있는 실정임
- 스마트팜을 구성하는 복합환경제어시스템의 경우도 모니터링과 제어 중심의 1세대 스마트팜이 보급되고 있고, 머신러닝, AI 기반의 2세대, 로봇 자동화 등의 3세대 스마트팜이 동시에 개발 중에 있으나, 표준화, 실용화가 미흡한 상황으로 아직은 정밀한 생육관리 기술에 한계가 있고 생산성이 네덜란드 온실을 따라가지 못하고 있는 실정임
- 온실 물공급 시스템의 경우도 기후변화로 인한 수자원 이용의 변화 및 한계성, 녹조현상 발생에 의한 수자원 이용의 곤란, 지하수 및 지표수의 수질오염 등으로 인하여 고품질의 물공급에 대한 요구가 많고, 집단화된 온실의 경우 대규모의 온실 물공급 시스템이 필요하나 기술적인 체계화가 미흡하여 고품질의 물공급 시스템 체계가 필요함
- 현재는 소규모의 농가온실이 대부분으로 개별 농가가 지하수를 주수원으로 하여 물을 사용하는 지하수

- 위주의 물사용으로 집단화된 온실의 집단화된 물공급 시스템이 체계화가 되어 있지 않은 실정임
- 대규모 온실단지의 경우 물을 상수도를 이용하는 경우는 경영비 부담이 크며, 일예로 화옹 간척지 유리온실의 경우 물을 상수도를 이용하고 있으며, 10ha 규모의 토마토 재배온실에서 매달 2,000만원의 물사용료를 지불하고 있어 연간 약 2억이 넘는 비용을 지불하고 있어 경영에 부담이 되고 있음
 - 대규모 온실단지의 경우 지하수 이용에 한계가 있으며, 지표수 등을 이용하는 1차 용수공급 시스템이 필요함. 따라서, 하천 등 수원에서 온실단지까지의 용수공급체계가 필요하며, 이때, 원수를 정수하여 고품질의 용수를 생산하여 공급하는 시설원예용 용수공급 시스템 구축이 필요함
 - 온실에 필요한 물을 확보하기 위해서는 지표수, 빗물, 지하수, 하수처리수, 기수, 해수 등 다양한 물을 확보하여 사용할 수 있는 기술이 필요하며, 이를 위해서는 저비용 고품질의 물을 생산할 수 있는 정수장치와 온실용 용수공급체계와 이를 효과적으로 운영관리 할 수 있는 ICT 기반의 물관리시스템이 필요함
 - 온실 내부에서 물공급은 드립관개 장치를 이용하고 있으나 영농자의 판단에 의하여 관수하는 방식과 센서를 이용하여 관수하나, 정확한 수요량을 공급하지 않기 때문에 공급효율이 낮음, 최근에 토양수분센서와 배드 중량으로 관수하는 기술이 개발되어 있으나, 시설원예의 작물의 증발산량을 정확하게 측정 혹은 예측하는 기술은 아직 개발되어 있지 않음. 따라서, 작물에 필요한 물 수요량을 정확하게 예측하는 기술이 개발되면 온실내의 물 공급 효율은 물론이고 1차 용수공급 체계의 공급량 및 설비비를 줄일수 있어 사업비 및 운영비를 경감 할 수 있음. 또한, 작물의 생육상태에 따라 적정 수요량을 공급하는 기술이 개발되면 물공급 효율과 생산성을 동시에 높일 수 있음
 - 온실 에너지 이용 효율 측면에서는 자연에너지 이용시스템이나, 지역자원을 이용한 복합열원냉난방장치, 열병합발전시스템, 발전소 폐열이용 등 다양한 열이용 방식을 활용 할 필요가 있으며, 대규모 온실단지의 경우 중앙 집중식의 냉난방 장치가 에너지 이용 효율을 높일 수 있는 장점이 있어 적용이 필요함, 무엇보다도 지역의 열원을 효율적으로 이용하는 에너지 기술이 가장 저비용의 효율적인 시스템이 필수 있음
 - 또한, 스마트팜 복합환경제어시스템은 온도, 습도, 일사량, 토양수분 등을 모니터링하여 온실 천장 개폐, 차광막 제어 등을 온도 등 설정치로 제어하고 있어 AI, Bigdata를 이용한 생육관리를 위한 지능적 온실환경관리 기술이 필요하며, 동시에 물 및 에너지 자원을 통합적으로 관리하는 통합적 운영관리 기술이 필요함
 - 네덜란드의 경우 고품질 용수를 공급하기 위한 EC, pH 등 시설원예, 수질기준이 제시되어 있고, 빗물이용 및 물이용 공급시스템 기술, 온실내 관수기술, 양액재이용 기술 등이 개발되어 있어 패키지로 수출하고 있으나, 국내 기술은 온실 및 복합환경제어시스템을 수출하는 수준으로 플랜트 형태의 수출은 이제 시작되고 있는 상태임



[그림 2-4] 기존 스마트팜의 한계성 분석

4) K-Plant의 요소기술 세부내용

- K-Plant의 요소기술인 시설원예 용수공급시스템 구축기술, 양액재이용시스템 기술, 원수 및 폐양액, 하수 정수처리 재이용 기술, 다중열원 냉난방 기술, 재배공정 자동화 기술, 친환경 재배 기술 등을 포함함

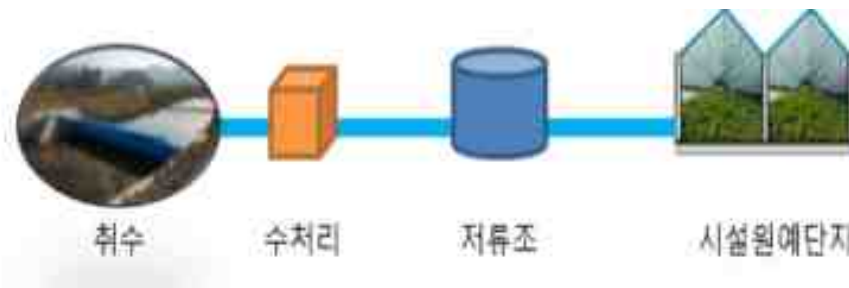
□ 시설원예 용수공급시스템 구축 기술

- 시설원예 용수공급시스템 구축 기술은 다양한 수자원을 확보하여 정수처리 공급하는 “다중수원 고품질 용수공급체계”와 “시설원예 물순환이용시스템”, “양액재이용시스템”과 이를 IoT 기반의 스마트물관리시스템으로 운영하는 하드웨어 설계기술과 운영기술을 포함한 개념임



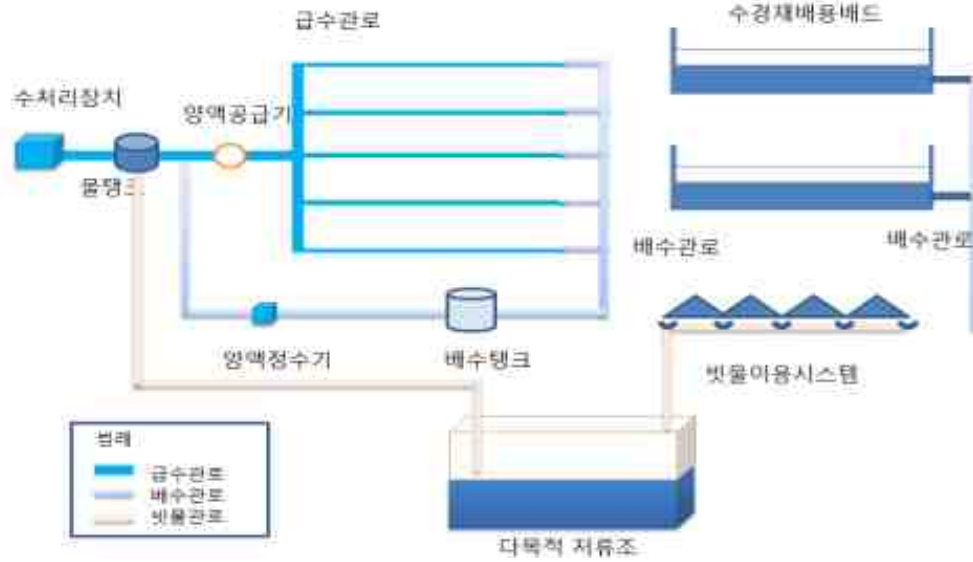
[그림 2-5] 시설원예용 다중수원 고품질 용수공급체계 개념도

- 다중수원 고품질용수공급체계는 농산물 생산에 필수적인 물은 지역의 다양한 수자원으로부터 고품질로 생산하여 공급하는 용수공급체계로서, 재배작물의 요구수질에 맞추어 물을 생산하는 맞춤형 수처리 장치가 장착된 용수공급체계를 의미하며, 용수공급체계는 취수펌프, 도수관로, 수처리장치, 송수관로, 급수장치로 구성됨



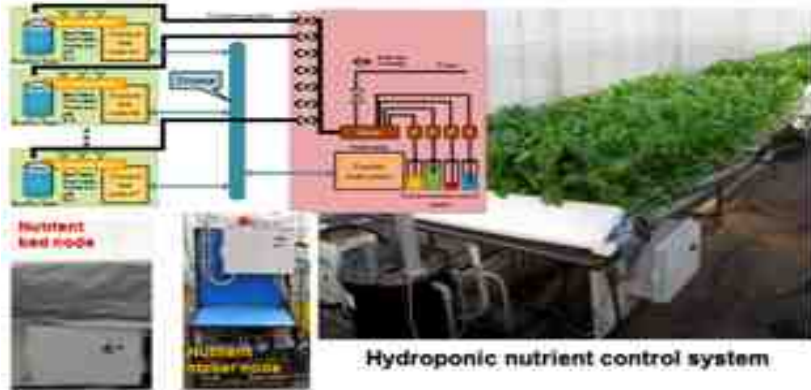
[그림 2-6] 다중수원 고품질 용수공급체계

- 시설원예 물순환이용시스템은 빗물집수배관, 빗물받이, 초기빗물배제장치, 집수배관, 저류조, 양액회수관, 양액회수배관, 회수탱크, 양액재이용장치로 구성된 보조용수인 빗물 확보와 양액을 재이용 할 수 있는 시스템으로 보조수원인 빗물 이용에 의한 원수공급량 저감, 양액의 재이용에 의한 양액사용량 절감 및 절수, 재이용에 의한 환경오염방지 등의 기능을 가진 순환형의 친환경 물이용시스템임



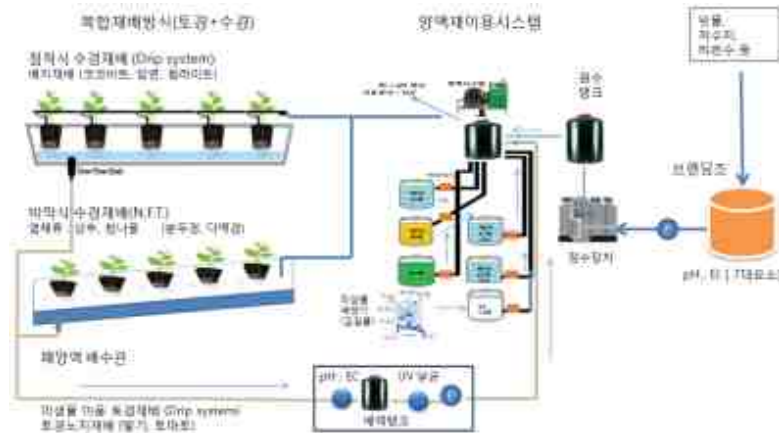
[그림 2-7] 온실물순환이용체계

- ICT 기반 자율 물관리시스템은 온실내 센서 데이터를 활용하여 실시간으로 증발산량을 산정하여 근권부 센서를 이용하여 용수공급량 및 공급 시종점을 제어할 수 있는 근권부 물관리시스템으로 수분장력센서, 베드, 수위계, 관수장치, 증발산량 산정기술이를 기반으로한 자동제어시스템으로 구성



[그림 2-8] ICT 기반 자율 물관리시스템 (예)

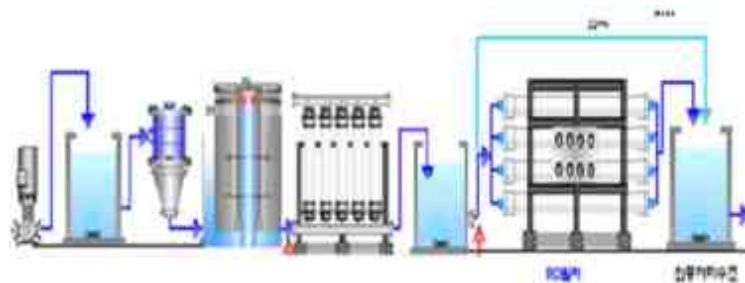
- 양액재이용시스템 기술
 - 양액재이용시스템은 수경재배 폐양액을 정수처리하여 재이용하는 시스템으로 폐양액, 회수배관, 폐양액 저장탱크, 수처리장치, 공급배관 등으로 구성됨



[그림 2-9] 양액재이용시스템

□ 원수 및 폐양액, 하수 정수처리 재이용 기술

- 중동 등 수자원이 풍부하지 않거나 수질에 문제가 있는 경우 기수, 해수, 하수 등 다양한 수자원을 활용할 수 밖에 없는 상황에서는 원수를 정수하여 사용해야하며, 온실 및 단지 내의 폐양액은 수처리 장치로 재처리하여 재이용하여 해야 하므로, 기수, 해수, 하수처리수 등을 정수하고 폐양액을 재처리하여 이용할 수 있는 다양한 형태의 수처리 장치, 설계 및 운영 기술이 필요함



[그림 2-10] 농업재이용 담수화시스템

□ 고효율 냉난방시스템 기술

- 온실 냉난방시스템은 지하수 및 지열, 태양열, 태양광, 바이오매스 등 다양한 열원을 활용하여 자연에너지 이용시스템, 다양한 열원으로 냉난방이 가능한 다중열원 히트펌프, LPG, LNG 이용 열병합발전시스템 등 다양한 고효율 냉난방 기술이 필요함



[그림 2-11] 다중열원 트라이젠시스

□ 고생산성의 재배공정 자동화 기술

- 시설원에 작업효율 개선, 생산성 향상 및 노동력 절감을 통한 수익성 제고를 위해서는 재배공정 자동화가 필요하며, 딸기 수확로봇(개당 5초, 뉴질랜드), 운반로봇(ARC Autonomous Tractor, Yudo의 운반로봇, 파종로봇), 엘름의 식물공장 자동화 로봇 등의 활용이 필요함



[그림 2-12] 농작업 운반수확자동화

□ 친환경 재배 기술

- 고품질의 안전한 농산물 생산을 위해 자연재배 기술과 친환경 재배 기술인 아쿠아포닉스, 미생물 재배방식 등 활용이 필요함



[그림 2-13] 시설원에 재배방식(좌: 미생물 재배, 우: 수경재배)

3.1.2. 경량철골온실 스마트팜 구상 및 설계

□ 개요

- 경량철골온실 스마트팜은 내구성, 내재해성을 고려하여 포스맥 소재의 온실에 WEAF 기술을 적용하여 효율성, 생산성, 환기성을 개선한 스마트팜 온실로 개발함

□ 스마트팜 온실 설계 가이드라인

- 스마트팜 온실 온실의 골조 및 부속자재는 고내식강으로 부식과 강도가 일반철강에 비해 강한 PosMAC 소재를 적용하여 설계함 (신소재 활용 한국형 온실 수출)
- 렉피니언식 천창개폐 방식을 적용하여 작물재배 시 온도, 습도, 환기 조절을 편리하게 하며, 농산물의 품질향상 및 병해충을 예방할 수 있도록 함
- 용수의 저장 및 이용의 편의성을 고려하여 지하 빗물저장탱크를 적용함
- 온실 4면에 방풍벽을 적용하고 측면은 난방을 위한 피복재를 2중으로 설치하여 보온력을 높여 난방에너지

비용을 절감할 수 있도록 함

- 피복재는 장기성 필름을 적용함으로써, 교체비용을 줄이고 내구성 및 보온효과를 높임
- 철골자재 가공은 용접부위 없이 볼트로 조립함으로써 유지보수가 용이함
- 자재 조립 및 시공은 매뉴얼을 정립하여 공기를 단축하고, 시공 용이성을 높임

□ 스마트팜 생산성, 효율성, 친환경성을 높인 온실 설계 고도화 기술

- 환기성을 극대화하기 위한 렉피니언식 천창개폐 기술
 - 천창 1개소에 구동모터 1대 사용(1ha 4구역 기준 : 32대)
 - 추후 베벨기어 및 유니버설 조인트 부품을 개발하여 사용시 구역별로 1대의 구동모터만 사용 가능 (4구역: 4대)
 - 모터비용 대등, 전선 및 설치비 절감, 고온기/강풍시 빠른 개폐작동 가능, 환경제어 적합/유리
- 단위면적당 생산성 향상 기술
 - 고정식 딸기베드를 상하이동식으로 설치시 고정식 5-6개소이나 이동식은 10개 베드를 설치 가능하므로 생산량이 80-100% 증가
 - 현재 축파이프가 베드 상부에 설치되어 상하이동식 재배방법을 시도하고 있음
 - 구동축이 상부에 있어 작물에 필요한 빛을 가리게 되고 상부 전체 하중이 많이 받게 되므로, 측면으로 구동축을 옮기면 일조량을 늘릴 수 있고 온실전체의 부하 하중도 낮출 수 있음
 - 와이어나 기타 예인줄을 측면으로 유인하기 위한 수평다중로라, 수직다단로라 개발
 - 이동식일 경우 야간에 베드를 위로 올려두면 따뜻한 공기는 위로 올라가므로 난방비 절감 효과를 기대할 수 있음



[그림 2-14] 고정식 딸기베드 재배 모습

- 에너지 절감을 위한 보온재 적용
 - 현재 경량철골온실은 알루미늄 스크린, 다겹 보온재를 혼용하여 쓰고 있음
 - 내구성 및 습조절 보온성이 우수한 다겹 또는 홑 보온재 적용
- 야간 환기방식 적용
 - 생장점은 낮보다 밤에 활발히 작용함 (야간에 식물 생장 활발)
 - 야간에 작물이 호흡하는 과정에서 배출되는 습기를 낮추는 방법은 난방온도를 높이거나 천창 환기창을 열어 주는 것이 좋음
 - 밤, 낮으로 환기와 통풍의 불량으로 공기 중의 습도가 높으면 각종 균의 온상이 되며, 역병과 기타 병균의 발생률이 높아짐
 - 스크린이 통풍이 되면서 일정 보온성을 지닌 제품으로 적용하는 것이 바람직함(한지의 개발 필요성)

- 재배작물 가온방법의 검토
 - 시설원예에서 난방은 온실 내 온도차를 없애는 것이 아니라 생장점 관리 및 성장 정도에 따라 연료비의 절감과 고품질의 안정적인 농산물을 생산할 수 있음
 - 고온기는 냉수를 이용한 국부냉방으로 여름철 고온기 작물생산이 가능할 것으로 판단됨
 - 현재 일부 딸기 재배 농가에서 고설배드에 전열선을 설치하는 국부 가온방식을 적용하는 경우가 많으며, 전열선 대신 연질관을 통해 냉·온수로 국부가온을 하는 경우도 있음
 - 딸기 배드에 연질관을 설치하여(좌우 모종이 심겨짐) 중간에 온수관을 시설하고 상부에 알루미늄시트로 방열함
 - 알루미늄시트로 모종사이 전체를 연질관으로 덮는 방법
 - 연질관을 알루미늄시트로 싸서 모종부분으로만 냉, 온기가 나오도록 하는 방법
 - 전열선에서 미세한 전자기파가 생장점에 영향이 미칠 것이므로 냉, 온수 방법이 적정할 것으로 사료됨
 - 냉, 온수 비닐팩의 개발 필요
- 물, 양액의 재사용과 활용
 - 폐양액 회수 시설의 개발(정수, 살균시설)
 - 중앙집중식 물공급과 우수의 활용
 - ICT를 활용한 양액 재활용

5) 보급형 스마트팜 온실 설계

- 설계방향
 - 스마트팜 온실 설계 가이드라인과 온실형태별 주요 특징 비교하여 가장 경제성이 있는 PO 필름 형태의 경량철골온실을 선정함
 - PO 필름 경량철골온실을 보급형온실 표준모형으로 제시하기 위하여 포스맥 소재의 경량철골온실 구조를 활용하여 0.1 ha, 1ha 규모로 온실을 설계하여 개략사업비를 산출함
- 보급형 스마트팜 온실 설계
 - 표준규격 설정 : 여기서 말하는 표준온실은 0.1ha(300평)과 1ha(3000평),을 기준으로 한 보급형 온실의 규격을 말하며 300평은 테스트 베드용, 1ha는 시범사업 용으로 활용하기 위하여 설정함
 - 시설계획 : 포스맥 소재 온실구조, 스파이럴 기초, PO 필름 피복재, 렉피니언식 천창개폐, 스크린, 냉난방설비, 양액설비, 환경제어장비, 전기설비, CO2 설비를 포함 설계
 - 효율성 개선 장치 : 환기성 극대화를 위한 렉피니언식 천창개폐장치, 단위 면적당 생산성을 개선하기 위하여 고정식 딸기 베드를 상하이동식으로 설치 (고정식 5~6개소, 상하이동식 10개소, 생산량 80~100% 증가), 고온기 냉수이용 국부 냉각 등 적용
- K- Plant 수출용 온실 형태 선정
 - 일반적으로 대형온실에서 적용하는 형태는 유리온실이지만, 과도한 초기투자비용이 단점이며, 비닐하우스는 국내 일반농가에서 많이 적용하는 방식으로 투자비용이 적은 반면, 정밀한 내부 환경관리가 어려워 고품질 작물 생산이 어려운 단점이 있어 K- Plant 수출용 온실은 유리온실과 비닐온실의 단점을 보완하기 위해 경량철골온실 형태를 선정함

[표 2-1] 온실 형태별로 주요특징 비교

구분	유리온실	경량철골온실	비닐하우스
외부 전경			
내부 전경			
골 조 재	각관 또는 H빔형철골	각관형 철골	철재파이프
피 복 재	투명 판유리	불소수지 필름, PO	PO, PE 등
광투과율	90~95%	90% 이상	80% 내외
설치비용	90~110만원/3.3㎡	70~80만원/3.3㎡	25~30만원/3.3㎡
주요특징	투광성, 내구성, 안전성 초기투자비용 과다	투광성, 안전성 피복재 교체비용 부담	설치용이, 비용 저렴 투광성 낮음

참고 :한국농수산대학 채소과정 발표자료.「온실구조환경 및 내재해형 규격시설」. 2015
 ※ 설치비용은 1ha를 기준으로 산정된 금액임

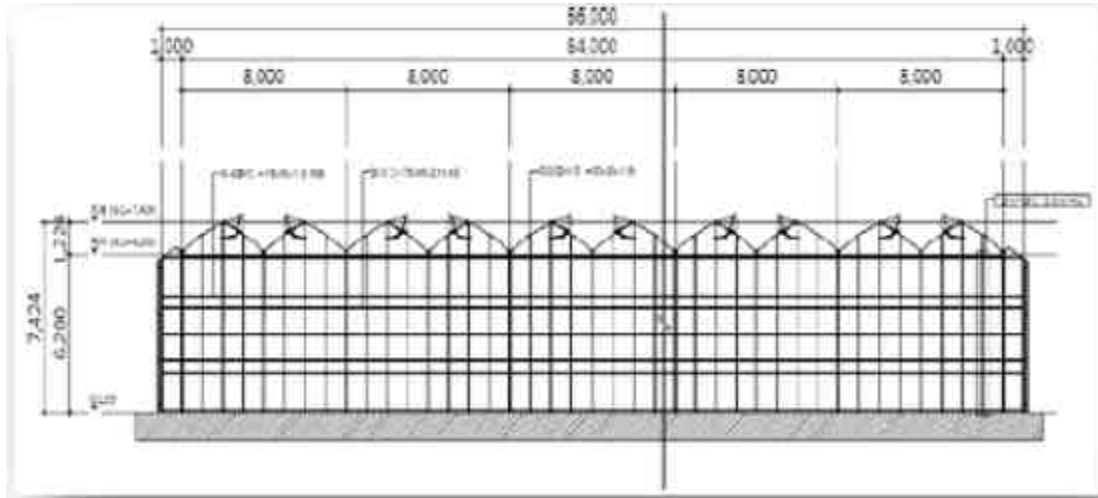
- 경량철골온실은 다양한 피복재를 적용할 수 있어 활용가능성이 높고, 최근 나오는 ETFE(불소수지)나 PMMA(아크릴복층판) 같은 피복재를 적용하면, 광투과율과 난방효과를 높일 수 있는 장점이 있음

□ 사업비 분석

- 포스맥 소재는 내구성, 내식성이 일반강재보다 뛰어난 강구조로 포스맥으로 설계할 경우 보급형 스마트팜 온실의 사업비는 양액기, 관수장치, 천창개폐장치, 차단막 등 기본시설을 포함하여 1ha당 15억, 평당 50만원으로 설치가 가능하고 300평의 경우는 약 5억이 필요한 것으로 분석됨.
- 금회 설계한 온실은 평당 50만원 수준으로 유리온실의 사업비 90~110만원/3.3㎡, 의 50% 수준이며, 불소수지 필름의 경량철골온실의 70~80만원/3.3㎡ 보다 저코스트로 개발하여 농가 보급형으로 개발함

□ 설계도 제작

- 상기의 표준 규격 설계도를 제작하여 [부록 1]에 제시함



[그림 2-15] 보급형 표준온실 설계도

□ 연구결과

- 한국형 스마트팜 수출모형을 K-Plant 모형으로 브랜드화하기 위하여 K-Plant 개념 정의 및 K-Plant 요소기술을 정리하여 제시함
- 경량철골온실 스마트팜 개발방향 및 설계가이드라인을 정리하고, 유리온실, 경량철골온실, 비닐온실 형태별로 주요 특징과 사업비를 고려하여 PO 필름 경량철골 온실을 선정하여 농가 보급형 스마트팜 온실로 제시함
- 보급형 스마트팜 온실 사업비는 평당 50만원으로 유리온실 사업비 90~110만원/3.3㎡, 의 50%, 불소수지 필름 경량철골온실의 사업비 70~80만원/3.3㎡ 보다 저코스트로 설계하여 제시함
- 보급형 스마트팜 표준설계 모델 중 300평은 테스트 베드용으로 활용하고 1ha의 온실의 시범사업용의 온실로 활용할 계획으로 설계함
- 이 모델을 해외에 적용할 경우 설하중, 풍하중 등을 고려하여 온실구조를 보강하여 수출 해야함

6) 스마트팜 물순환 시스템 구상 및 설계

(1) 개요

- 스마트팜 및 식물공장은 인공적인 환경에서 작물을 연중재배하고 있어 원수의 물공급량을 줄여 물 사용료 부담을 줄이고, 온실 자체로 빗물을 집수하여 저장이용하는 등 빗물 이용시스템, 수경재배 폐양액을 재이용하는 양액재이용장치 적용 등을 통하여 온실 자체의 순환형 물공급시스템 구축이 필요함
- 중동은 수자원이 부족하여 해수 담수, 지하수, 하수재이용수 등을 이용하고 있고, 중앙아시아도 지하수에 염분, pH 등의 수질에 문제가 있어 정수가 필요한 실정임
- 우리나라 온실의 물공급은 대부분 지하수를 수원으로 공급하고 있으나 철분, 망간 성분 검출 등 수질에 문제가 발생하고 있으며, 김해 창원 등 대규모 시설원예단지에서는 농가의 요청에 의하여 대규모 정수장을 건설하여 원예단지 전체에 맑은 물을 공급하는 사업이 진행되고 있음

(2) 접근방법

- 본 연구에서는 해외에도 사용이 가능한 고효율 스마트팜 순환형물공급시스템을 개발을 위하여 프리바의 물공급시스템과 일본의 JFE, 호주의 SUNDROP사의 물공급시스템을 분석하여 대단지의 첨단물공급시스템 구조를 분석하여 스마트팜 물공급시스템 구축에 필요한 기술요소를 분석하여 수출용 물공급시스템 구축에 활용하고자 함

(3) 연구내용

(가) 스마트팜 온실 냉난방 기술분석 및 구상

□ 개요

- 시설원예온실은 크게 건축(골조, 피복, 보온), 난방설비, 양액설비, 환경제어설비로 구성되며, 난방은 환경관리와 밀접한 관계를 가지며 온실운영비에 많은 비중을 차지하고 있어 매우 중요한 설비라 할 수 있으며, 시설원예 난방은 주로 유류 보일러(온풍기)에 의존하고 있음
- 에너지 절감기술은 고효율 난방기, 변온관리, 냉난방 공간 축소, 저비용 연료 등을 이용한 투입에너지를 줄이는 방법과 보온성능 향상, 열회수 기술 등을 이용하여 투입 에너지 손실을 줄이는 방법 등이 있다. 히트펌프는 공기열, 수열(지열, 지하수열, 발전폐열) 등이 이용되고 있음
- 시설원예 농업은 짧은 기간에 주목할 만큼 발전하였지만 높은 경영비, 시장개방 등 불리한 주변여건에 대응하여 국제 경쟁력을 확보하기 위해서 문제점을 진단하고 분석하여 대응책을 마련해야 할 필요가 있음
- 국내 온실에 적용된 난방 설비비들은 주로 소,중형 규모의 설비로 대규모에 적용하기 위해서는 신재생 에너지는 물론 일반 건물에 적용되는 열원설비를 참고하여, 시설농업에 적용할 수 있는 방안과 각 열원 설비에 대한 경제성 분석이 이루어져야 할 것임

□ 난방부하

- 시설원예는 생산비가 많이 소요되기 때문에 가급적 난방을 하지 않고 보온위주의 경영을 선호하였으나, 최근 경쟁력을 높이기 위해서 난방을 도입하고, 적정온도 관리에 따른 수량 증대, 품질향상에 의해 경영효과를 높이려는 노력이 이루어지고 있다. 그러므로 난방은 비용을 절감하면서 난방효율을 극대화하는 것에 관심을 기울여야 함
- 온실 난방계획시 우선 고려되어야 할 것은 재배지역과 재배작물의 온도환경이다. 난방부하 산정에 영향을 미치는 요인은 온실의 구조, 피복 및 보온 등과 토양전열 및 작물의 현열과 잠열 등이 있다. 난방 설계시 균일한 실내온도 분포, 난방설비에 의한 차광 최소화, 정확한 온도 조절 등을 고려해야 함

(1) 난방부하산정

○ 최대난방부하

$$Q_g = \{A_g (q_t + q_v) + A_s \cdot q_s\} \cdot f_w$$

여기서, Q_g : 최대난방부하 [kcal/h]

A_g : 온실의 피복면적 [m^2]

A_s : 온실의 바닥면적 [m^2]

q_t : 단위 피복면적당 관류열부하 [$kcal/m^2 \cdot h$]

q_v : 단위 피복면적당 환기전열부하 [$kcal/m^2 \cdot h$]

q_s : 단위 바닥면적당 지중전열부하 [$kcal/m^2 \cdot h$]
 f_w : 풍속에 따른 보정계수(일반지역 1.0, 강풍지역 1.1)

○ 관류열부하

$$q_t = h_t (T_s - T_a) (1 - f_r)$$

여기서, h_t : 열관류율 [$kcal/m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$]
 T_s : 난방설정온도 [$^\circ C$]
 T_a : 설계외기온 [$^\circ C$]
 f_r : 보온피복의 열절감율

○ 환기전열부하

$$q_v = h_v (T_s - T_a)$$

여기서, h_v : 환기전열계수 [$kcal/m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$]

○ 지중전열부하

$$q_s = h_s (T_s - T_g)$$

여기서, h_s : 지표면전열계수 * 0.244 [$kcal/m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$]
 T_g : 지중기온 [$^\circ C$]

(출처 : 농촌진흥청, 2009)

(2) 외기온 및 재배면적에 따른 난방부하

□ 온실사양

- 온실의 난방부하는 온실의 피복, 보온재, 온실의 높이에 따라 달라짐
- 난방부하를 구하기 위한 온실로는 피복은 비닐로 천정 1중, 측면은 2중으로 하였고, 동고는 8.1m, 측고는 6mm 그리고 보온율을 천정과 측면을 50%로 가정하였다. 표 33은 온실사양을 정리한 것임

[표 2-2] 온실 사양

피복재		보온율	동고	측고	비고
비닐	천정 1중 측면 2중	천정 50% 측면 50%	8.1m	6m	외지붕

- * 1ha : 8m × 12연동 (W96m × L104m)
- * 5ha : 8m × 26연동 (W208m × L240m)
- * 10ha, 8m × 52연동 (W416m × L240m)

□ 외기온 및 재배 면적에 따른 난방 부하

- 난방 부하는 동일한 온실 사양에 면적 1ha, 5ha, 10ha로 하였으며, 외기온 $-35^\circ C \sim -5^\circ C$ ($10^\circ C$ 간격), 온실내 설정온도는 10, 15, $20^\circ C$ 로 선정하여 계산하였다. 그 결과 표 34와 같으며, 표 35는 작물별 생육온도를 정리한 것이다.

[표 2-3] 외기온 & 온실설정온도에 따른 난방부하

외기 ℃	실내 ℃	1 ha	5ha	10ha	비 고
		kW	kW	kW	
-35.0	20.0	2,965	13,686	26,930	
	15.0	2,686	12,384	24,372	
	10.0	2,407	11,093	21,826	
-25.0	20.0	2,442	11,267	22,163	
	15.0	2,163	9,965	19,616	
	10.0	1,884	8,674	17,058	
-15.0	20.0	1,919	8,849	17,407	
	15.0	1,640	7,547	14,849	
	10.0	1,360	6,256	12,302	
-5.0	20.0	1,384	6,430	12,640	
	15.0	1,105	5,128	10,093	
	10.0	826	3,387	7,547	

[표 2-4] 작물별 생육온도

작물명	최저 한계 온도	야간 온도 설정	생육 적정 온도	최고 한계 온도	작물명	최저 한계 온도	야간 온도 설정	생육 적정 온도	최고 한계 온도
가지	13	16	22~30	35	시금치	5	8	15~20	25
감귤		23			시크라멘	7	10	18~20	30
거베라	7	13	16~20	30	심비디움	12	15	20~25	30
고무나무	10	13	25~30	40	썩갓	5	8	15~20	25
고추	13	16	20~30	35	아나나스	12	15	20~25	30
국화	7	15	18~20	30	아이리스	5	10	13~17	22
글라디올러스	10	13	25~30	35	야자류	12	15	25~30	40
금어초	4	10	15~20	25	오이	8	12	20~25	35
데이지	7	10	15~20	25	유스토마	12	15	20~25	30
동양란	10	13	20~25	40	장미	5	15	24~27	30
딸기	3	6	17~20	30	참외	8	11	25~30	35
망고		23			철쭉	4	8	15~25	35
멜론	15	18	20~30	35	카네이션	7	13	12~16	25
무	8	11	15~20	25	토마토	10	16	17~27	35
미나리	10	11	22~24	30	튜울립	8	10	15~20	30
배추	5	8	15~20	23	파프리카	15	18	22~25	35
백합	13	16	20~25	30	팬지	7	10	15~20	25
상추	5	8	15~20	25	페츨니아	7	10	20	30
샐러리	5	8	20~25	25	프리물라	7	10	15~20	25
선인장	10	13	25~30	40	프리지아	7	10	13~18	30
수박	10	13	25~30	35	호박	10	11	20~25	35
숙근안개초	7	10	15~18	20	호접란	15	23	25~28	30
스톡크	7	10	20~25	25					

□ 열원 설비별 특징

- 온실의 난방설계에는 대상 지역의 기후, 재배작물, 난방부하, 난방방식, 연료비용 등을 고려하여야 한다. 현대화 온실에서 주로 이용되고 있는 난방방식은 가스, 경유 및 등유 등을 열원으로 하는 온풍난방, 온수난방이 대부분이며, 자연에너지인 지하수 및 공기를 열원으로 하는 히트펌프 난방방식도 이용되고 있다. 최근에는 석유를 대신하는 열원 즉 태양에너지, 석탄, 축열물질, 산업폐기물 등을 열원으로 하는 난방장치 개발과 난방기의 배기열 회수 재이용, 난방 공간 최소화, 변온제어 기술 등 난방에너지를 절감 할 수 있는 방법 개발이 주류를 이루고 있음
- 특히 농업시설 수출시 난방을 위한 열원설비는 지역별(국가별 지역) 공급가능 연료의 종류에 따른 경제성 및 법적규제 조건 등을 검토 하여야 하며, 온실의 규모에 따른 운전효율과 유지보수를 위한 현지인력의 수급 및 기술 수준 등을 고려해야 함

(1) 보일러

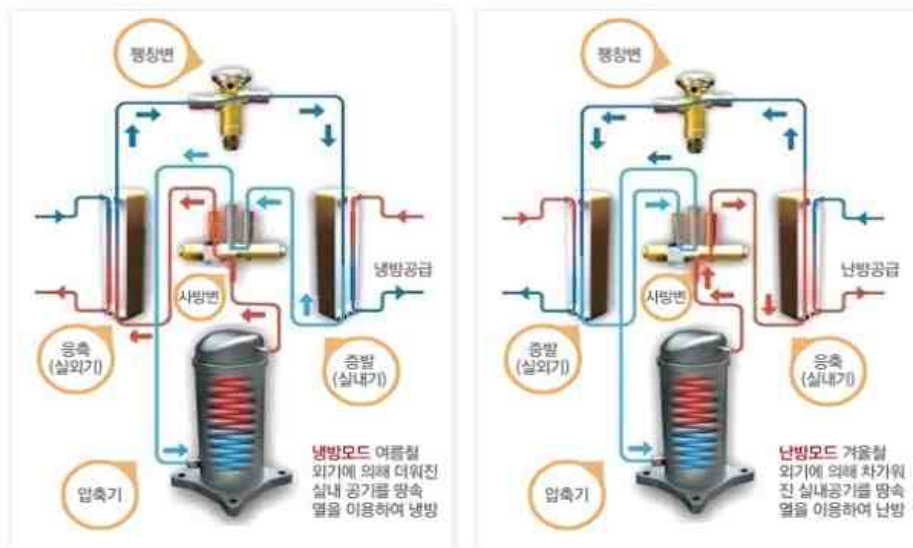
- 보일러는 강철로 만든 밀폐된 용기 안에서 물을 가열하여 온수 및 증기를 발생시키는 장치로 가장 일반적인 난방설비이다. 보일러 연료로는 가스(LNG, LPG), 경유, 등유, 벙커 C유 등이 사용됨

[표 2-5] 보일러의 종류

종 류	형 식
1 원통 보일러	가. 입형보일러 나. 노통보일러 다. 연관보일러 라. 노통연관보일러
2. 수관 보일러	가. 자연순환식 수관보일러 나. 강제순환식 수관보일러 다. 관류보일러
3. 주철제 보일러	주철제 조립보일러
4. 특수 보일러	가. 폐열 보일러 나. 특수연료 보일러 다. 특수열매 보일러 라. 기타(전기 보일러등)

(2) 히트펌프

- 히트펌프는 저온 에너지를 열원으로 이용하여 고온을 생산하는 기기로, 압축기, 응축기, 증발기, 팽창밸브로 구성된다. 열원에 따라 공기열원, 수열원 등으로 구분되며, 구동방식에 따라 전기구동방식, 가스엔진 구동방식이 있다. 히트펌프는 열원 및 부하측의 열교환 물질에 따라 물-물, 물-공기, 공기-물, 공기-공기로 구분됨



[그림 2-16] 히트펌프의 원리

□ 공기열원

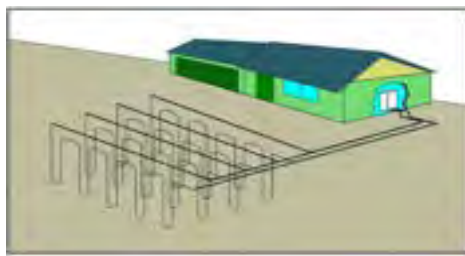
- 공기열원 히트펌프는 대기중의 저온을 열원으로 고온의 온수나 온풍을 생산하는 방식으로, 설치비용은 저렴하지만 대기(열원)의 온도가 열원의 온도가 낮아지면 히트펌프의 열량과 COP(Coefficient of Performance)도 낮아지는 단점이 있음
- 난방부하는 외기온도가 낮을수록 증가하지만, 공기열원 히트펌프의 경우 열량 및 성능계수가 감소하게 된다. 특히 외기온 5°C 이하에서는 열을 흡수하는 증발기에 착상이 시작되며, 이때 이를 제거하기 위해 제상운전을 수행함. 제상운전 중 난방 공급 중단.

□ 수열원

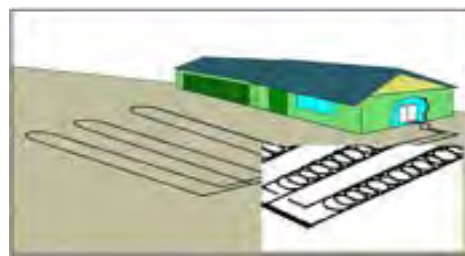
- 수열원 히트펌프의 열원으로는 폐수, 해수 또는 지하수 등이 있으며, 이 열원은 외기온도의 변화에 크게 영향을 받지 않는다. 이 중 폐수와 하수를 제외한 모두를 지열원으로 포함.

[표 2-6] 히트펌프 열원의 종류

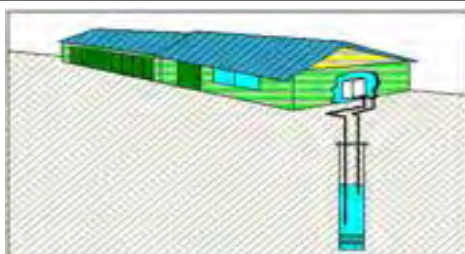
종류	개 요		특 징	온도범위(°C)
폐수	공장폐수, 발전소 온배수		<ul style="list-style-type: none"> • 우수한 열원 • 주거용 및 산업용에 적용 	>10
하수	하수처리장 방류수			
지하수	SCW	양수, 주입정이 동일	<ul style="list-style-type: none"> • 안정적인 열원 • 연중변화가 거의 없음 	5~15
	Two Well	양수, 주입정이 다름		
하천수	겨울철에도 하천 하부는 약 4°C이상 유지		<ul style="list-style-type: none"> • 매우 풍부한 열원, 중대형 히트펌프 이용 	0~10
강변여과수	강변에 층적층을 통해 양수		<ul style="list-style-type: none"> • 층적층 열교환 안정적 운전 	10~15
해수			<ul style="list-style-type: none"> • 중대형 히트펌프에 이용 • 심층수 (약 100m) 이용 냉방 	3~8
수직형	100~200m 보어홀에 PE 관 삽입		<ul style="list-style-type: none"> • 안정적인 열원 • 연중변화가 거의 없음 	0~5
수평형	열교환기 형태 : Straight, Slinky, Spiral		<ul style="list-style-type: none"> • 주거 및 상업용에 사용 • 안정적인 운전 (소규모) 	0~10



수직 밀폐형



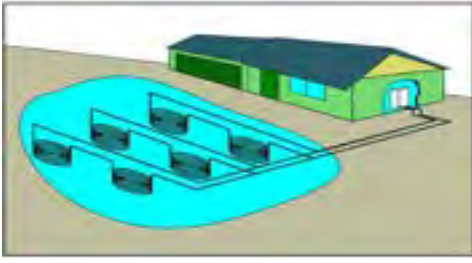
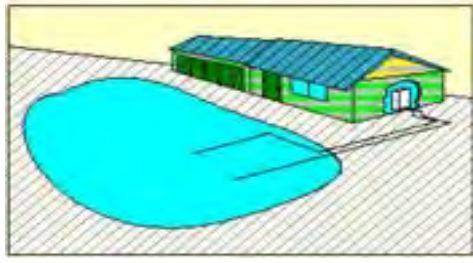
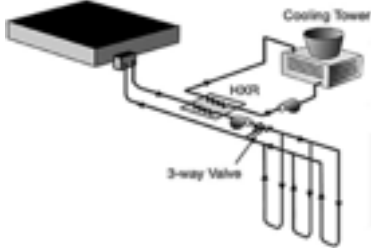
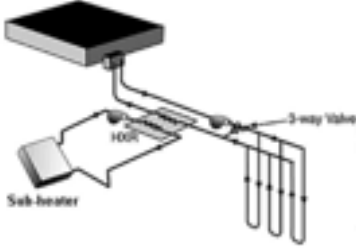
수평 밀폐형(Straight, Slinky)



SCW(Standing Column Well)



Two Well

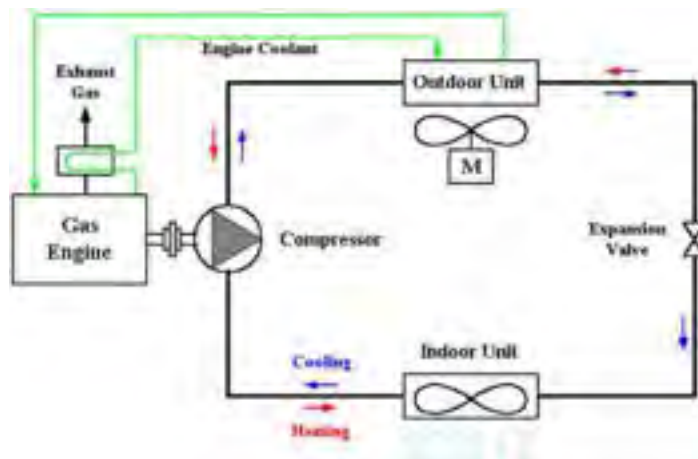
	
지표수(Surface Water, 밀폐)	지표수(Surface/Sea Water, 개방)
	
하이브리드 냉각탑	하이브리드 보일러

[그림 2-17] 지열원의 종류

- 지열원 히트펌프를 이용하는 기술 중 계간축열 시스템은 히트펌프에 이용할 지하수를 양수하는 양수정과 이용된 물을 주입하는 주입정으로 구성된다. 이 기술은 동절기 난방시 증발기에서 생성된 냉열을 지중에 축열(냉열)하여 하절기 냉방시 이용하고, 이때 응축기에서 생성된 온열을 지중에 축열(온열)하여 다시 동절기 난방시 이용하는 기술로 지중열교환기의 용량을 보다 적게 설치하고 더 양호한 온도의 열원을 사용할 수 있다는 장점이 있음

□ GHP(Gas Engine Heat Pump)

- GHP는 Gas Engine Heat Pump의 약자로 가스엔진 구동형 열펌프라고 불리워지는 신 개념의 냉·난방기이다. 전기 구동식 냉·난방기(EHP)와 그 작동 원리는 비슷하나 가스엔진으로 압축기를 구동하고, 히트펌프 사이클에 의한 냉·난방을 실행하는 시스템으로 동력원인 가스를 사용함에 따라 효율적인 냉·난방을 지원함



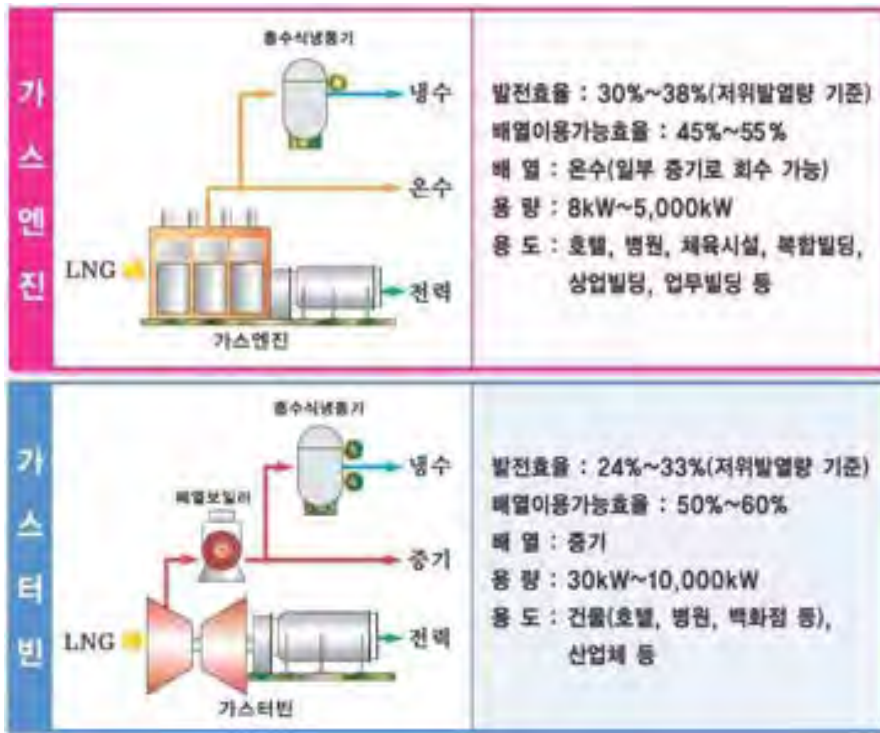
[그림 2-18] GHP의 원리

- GHP의 가장 큰 특징은 가스엔진에서 발생하는 연소배열(exhaust gas)과 엔진냉각수의 열을 회수하여 열효율과 난방능력을 높일 수 있다는 점이다. 즉, 가스연료에 의해 발생하는 에너지의 상당 부분(60~70%)이 배가스 및 엔진냉각수로 빠져나가므로 이를 이용하여 에너지의 이용효율을 증가시킬 수 있다. 이러한 폐열을 이용하는 방법에 따라 시스템 구성이 달라지고 열효율에도 큰 영향을 미친다. 대표적인 폐열 이용방식으로는 냉매직접 가열형, 공기에열 이용형, 폐열직접 이용형이 있음
- 냉매직접 가열형은 배기가스와 열교환을 거친 고온의 냉각수로 실외 열교환기(증발기)를 거쳐 나온 냉매를 직접 가열하여 압축기로 보내 난방효율을 높여주는 방식으로 냉방시에는 압축기에서 토출된 고온의 냉매를 냉각시켜줌으로서 실외 열교환기(응축기)에서의 응축능력을 높여 시스템의 성능을 향상시켜 준다. 공기에열 이용형은 난방시 배가스 열교환기를 통하여 냉각수의 온도를 높여 실외 열교환기(증발기)로 유입되는 공기를 가열시켜줌으로서 제상효과(defrost)와 더불어 시스템 성능을 높여준다. 냉방시에는 단순히 방열기로 사용하거나 별도의 설비를 부착하여 급탕에 이용하기도 한다. 폐열직접 이용형은 엔진의 폐열을 별도의 열교환기를 이용하여 응축기를 지나는 2차 작동유체와 열교환시킴으로서 난방이나 급탕에 이용한다. 냉매직접 가열형과 공기에열 이용방법은 에너지 이용효율을 증대시키는 효과 뿐만 아니라 난방능력을 향상시키는 효과를 준다. 이러한 GHP의 특징은 EHP와 비교할 때 매우 유리한 점이며 동일한 압축기를 사용할 경우 GHP의 난방능력이 더 커질 수 있는 이유가 됨
- GHP의 난방 COP는 1.2~1.3, 냉방 COP는 1.0~1.1 임

(3) 열병합 발전

□ 소형가스 열병합발전

- 열병합 시스템(Cogeneration System)이란 하나의 에너지원으로부터 전력과 열을 동시에 발생시키는 종합에너지 시스템(Total Energy System)으로 발전에 수반하여 발생하는 배열 또는 폐열을 회수 이용하여 1차 에너지에서 연속적으로 2종류 이상의 2차 에너지를 발생시키는 시스템이다. 소형 가스 열병합발전이란 에너지를 가스로 이용하는 열병합발전 시스템을 말하며, 규모에 대한 정확한 분류 기준은 존재하지 않으나, 일반적으로 소형이라 함은 가스엔진 또는 가스터빈을 이용한 설비로서 통상 10MW이하의 발전용량을 갖춘 설비를 의미함
- 가스 열병합발전시스템은 청정연료인 천연가스를 이용하므로 환경친화적이고 또한 폐열 회수이용이 용이하여 산업체뿐만 아니라 주거용 건축물 등의 전력 및 열 에너지원으로 주목받고 있으며, 자체 발전시설을 이용하여 일차적으로 전력을 생산한 후 배출되는 폐열을 이용하므로 기존의 에너지공급방식보다 30~40%의 에너지 절약효과를 거둘 수 있는 고효율 에너지 이용기술이다. 화력발전소의 발전효율은 약 40% 정도이고 송전 손실을 감안하면 전력이용효율은 약 35%정도이나, 가스 열병합발전 시스템 효율은 발전기 형식, 용량 등에 따라 차이는 있으나 발전효율이 25~40%, 발생하는 폐열(냉각 및 배기가스 열) 이용 효율이 40~60% 범위로 종합적인 에너지 이용효율은 75~90%에 이르고 있음



[그림 2-19] 가스엔진 및 가스 터빈 발전시스템의 개요

- 열병합 시스템의 효율은 입력과 출력의 비로 표시

$$\text{발전효율} = \text{발전전력}(B) / \text{소비연료}(A)$$

$$\text{열회수효율} = \text{회수열}(C) / \text{소비연료}(A)$$

$$\text{종합효율} = [\text{발전전력}(B) + \text{회수열}(C)] / \text{소비연료}(A)$$

$$\text{이용효율} = [\text{이용전력}(F) + \text{이용열}(G)] / \text{소비연료}(A)$$
- 열병합 발전의 용량은 온실에 필요한 전력량을 기준으로 산정해야 하며, 이때 회수열량의 부족분은 보일러 등 다른 열원으로 대체 하는 것이 경제적이다. 최근 온실에 인공광의 사용과 히트펌프의 이용이 증가하는 추세이다. 열병합 발전설비는 이와 같은 대규모의 수전 설비가 필요한 설비와의 접목이 필요함
- 소형 가스 열병합발전시스템의 장점
 - 전력과 열에너지를 동시에 생산하며, 냉각 및 배열 모두 효과적으로 이용함으로써 종합에너지 이용효율이 70~90%로 높음
 - 자체적으로 전력을 생산하므로 분산형 전원산업 구축으로 하절기 전력 Peak-Cut용으로 이용이 가능하여 안정된 전력수급에 기여하고, 원격지 전력송전에 의한 설비비 및 송전손실 비용을 줄일수 있음
 - 수용가의 계약전력 감소에 의한 전력요금 저감 및 전력회사에 역판매시 전력판매 수입이 가능함
 - 전력수급 대책의 하나로 민간의 열병합발전 참여에 의한 전력회사 자체의 신규 발전설비 소요를 감소시킬 수 있음
 - 청정연료인 도시가스를 이용하므로 질소산화물 및 이산화탄소 배출 억제로 환경공해를 줄일 수 있음
- 소형 가스 열병합발전시스템의 단점
 - 초기 투자비가 비교적 과대하게 소요되어 규모의 비경제성에 따른 사업 참여의 위험성이 있음
 - 열 및 전력수요의 비율이 적절치 않거나, 수요 변동의 불확실성이 클 경우 에너지 이용효율에 의한 이득이

투자비의 자본회수 소요를 초과 할 수 있음

(4) 흡수식 냉온수기

□ 개요

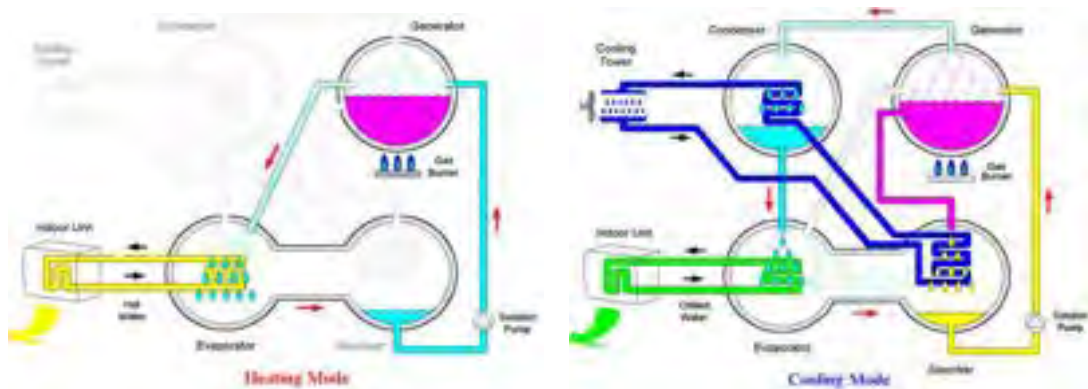
- 증기압축 사이클과 흡수식 사이클은 냉매를 저압부에서 고압부로 이송하는 방법에 차이가 있으며, 증기압축 사이클은 증발기에서 발생한 증기를 압축기를 사용하여 고압의 증기로 변환하는 것으로 압축기 구동을 위하여 일이 필요하므로 “일구동 사이클(work operated cycle)”이라고 불린다. 일반적으로 CFC, HCFC, HFC 계의 냉매를 사용함
- 이에 반해 흡수식 사이클은 흡수기와 발생기에서 냉매 증기가 흡수-재생- 증발하는 과정을 이용하여 냉매를 이송하며 발생기에서 냉매 증기 발생을 위해 열에너지를 이용하기에 “열구동 사이클(heat operated cycle)”이라 불린다. 물(H₂O)-리튬브로마이드(LiBr), 암모니아(NH₃)-물(H₂O) 냉매-흡수제로 사용함

[표 2-7] 흡수식과 압축식 비교

구분	흡수식 냉난방기	흡수식 냉동기	압축식 히트펌프
사용에너지	가스	증기, 중고온수	전기, 가스
냉매-흡수제	H ₂ O-LiBr / NH ₃ -H ₂ O		프레온가스
구성기기	증발기, 흡수기, 재생기, 응축기, 열교환기, 펌프		증발기, 응축기, 압축기, 팽창밸브 등
운전압력	대기압이상 : NH ₃ (냉매) + H ₂ O(흡수제) 진공 : H ₂ O-LiBr, 증발기 6~7mmHg		대기압 이상
용도	냉난방 겸용	냉 방	냉난방 겸용
진동소음	70dB 내외		85dB 내외
부분부하	양호		불량
냉각탑용량	압축식 1.4배		흡수식 보다 작음

□ 원리

- 증발기내에서 냉매가 증발하면서 주위의 열을 빼앗아 냉방하고, 응축기에서 냉매가 응축되면서 주위로 열을 방출하는 면에선 증기 압축식 냉동기와 유사함
- 증기 압축식은 압축기에 의해 증발기의 기상냉매를 흡입-압축하나, 흡수식에선 흡수기에서 흡수제(용매)에 의해 냉매가스를 흡입-용해한다. 냉매가스가 흡수제에 용해되는 비율이 온도/압력에 따라 다름을 이용하는 것으로 압축기로 냉매를 순환시키는 것이 아니라 흡수기에서 냉매증기를 용해-흡수하여, 재생기(발생기)에서 가열하여 냉매를 분리 처리함



[그림 2-20] 흡수식 냉온수기의 원리

□ 흡수식 냉동기의 종류

○ 사용열원에 의한 분류

- 직화식 : 가스, 오일 등을 연소 (냉온수 유닛)
- 스팀 : 최대 8kg/cm²G 까지 (1중, 2중 효용)
- 온수 : 저온수~고온수(1중, 2중 효용)

○ 재생 단계에 의한 분류

- 1중 효용 : 저온의 열원 사용 (저압 증기/ 중온수)
- 2중 효용 : 고온의 열원 사용 (고압증기 / 냉온수 유닛)
- 3중 효용 : 고온의 열원 사용 (냉온수 유닛 등)

○ 기타

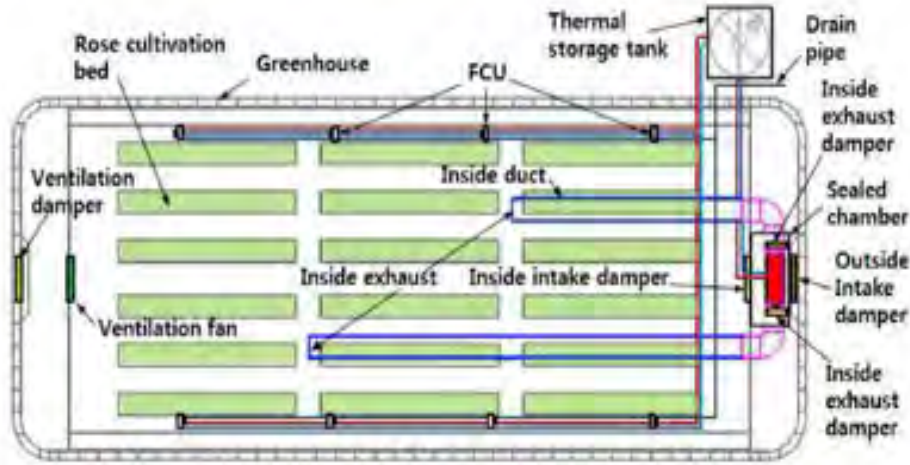
- 사용냉매에 따라 분류 (물-LiBr, NH₃-물)
- 공랭식/수냉식

□ 장단점

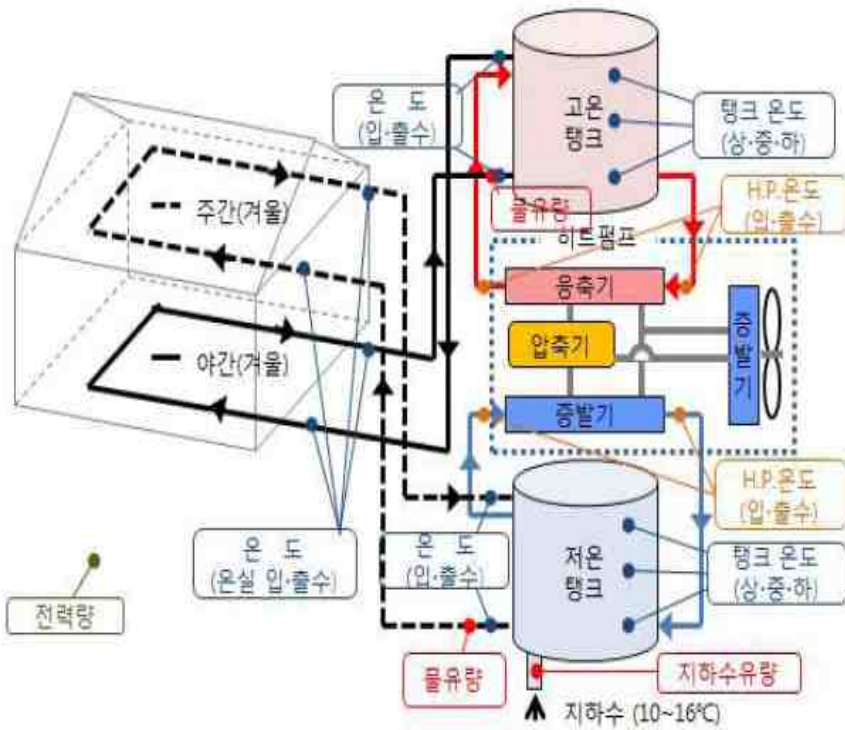
- 흡수식 냉동기는 가동 부분이 작은 펌프로만 이루어지므로 소음과 진동이 작음
- 형상 치수나 중량이 비교적 큼
- 열원으로 증기, 고온수가 구동 에너지이므로 열원 설비가 여유 있고, 수전 설비(전력량이 적다)를 감소시킬 수 있어 증기 압축식 냉방에 비해 유리한 설비임
- 고압 증기로 증기 터빈을 구동하여 원심식 냉동기를 운전하고 터빈의 배기를 흡수식 냉동기에 사용하는 조합방식이 대용량의 공기조화설비에 사용되고 있음
- 용액과 공급 증기제어로 용량 제어가 가능하며, 증기를 상시 사용하는 건축물에 적합함
- 부하가 변동하여도 안정적이며, 진공으로 운전되므로 고압가스취급법의 적용을 받지 않음
- 흡수식 냉동기는 냉매-물, 흡수액-리튬브롬 수용액을 사용하는 일이 많음

(5) 온실내 잉여열 회수 장치

- 온실은 난방을 필요로 하는 동절기에도 태양복사에 의해 온실 내부 온도가 작물의 생육온도 범위를 초과하여 환기를 수행하게 된다. 이때 외부로 배출되는 열(태양 잉여열)을 회수, 축열하여 야간 난방에 활용이 가능하다. 이때 저장되는 열은 저온으로 히트펌프를 이용한 난방 방법이 가장 일반적임
- 잉여열을 회수하는 방법으로 공기를 직접 순환하여 공기열원 히트펌프를 운전하는 방법과 내부에 냉난방용 팬코일 등으로 열을 회수하여 수열원 히트펌프를 운전하는 방법(그림 7), 그리고 냉난방용 팬코일로 열을 회수하여 지중 열교환기 축으로 보내 온도를 보상해 주는 방법 등이 있다. 공기를 직접 순환하여 회수하는 방식은 덕트의 그림자 등을 고려하여 덕트 매립을 고려해야 할 것이다. 또한 대규모 온실에서는 덕트 사이즈가 대형화 되지 때문에 주로 중소형 온실에 적합함



[그림 2-21] 공기를 순환시켜 잉여열을 회수하는 시스템(예) (권진경 외 4인)



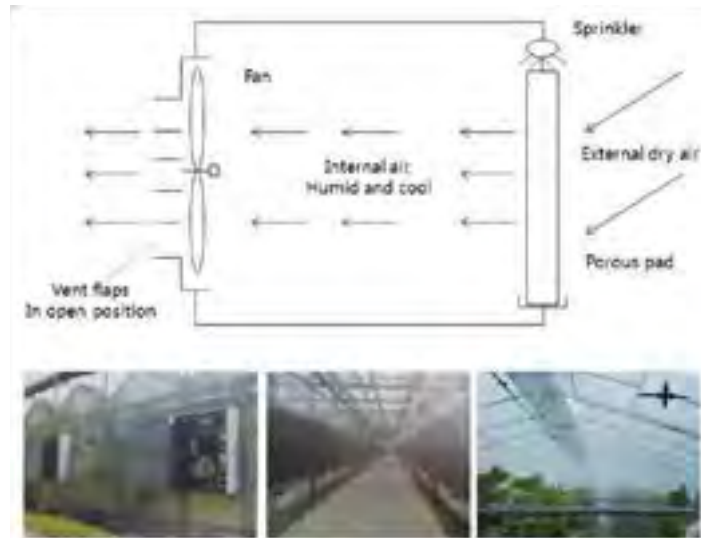
[그림 2-22] 팬코일에 의해 잉여열을 회수하는 시스템(예) (이중용 외, 2012)

(6) 냉방 설비

- 히트펌프 및 냉동기를 이용하여 주간 냉방을 할 경우 설치비용의 과다하게 소요되어 주로 야간냉방을 위주로 사용된다. 주간 냉방을 위해 지금까지 개발된 방법에는 기화냉각법이 있다. 기화냉각이란 덜 포화된 공기가 이보다 저온의 물과 접촉하면 물에 열을 주어 증발시킴과 동시에 공기 자체가 냉각되는 것을 말하는데, 이때 공기는 온도저하와 동시에 습도상승이 일어난다. 이러한 기화냉각법은 물과 공기를 혼합되어 기온을 습구온도 부근까지 낮출 수 있고, 건구온도와 습구온도와의 차가 클수록, 즉 공중습도가 낮을수록 그 효과가 크게 나타난다. 기화냉각에서 냉각효율을 구하는 식은 다음과 같음

$$\text{냉각효율(\%)} = \frac{\text{외기의건구온도} - \text{유입기온(실내)}}{\text{외기의건구온도} - \text{외기의습구온도}} \times 100(\%)$$

- 널리 사용되는 기화냉각법에는 패드앤드팬법과 세무냉방 방법이 있다. 특히, 여름철 세무 냉방과 공기 순환팬을 함께 가동할 때 기온을 최대 6~7°C 하강할 시킬 수 있음



[그림 2-23] 패드앤드팬법(좌)과 세무냉방법(우)

(7) 기타 열원 설비

□ 태양광

- 태양광 발전은 태양의 빛에너지를 변환시켜 전기를 생산하는 발전기술로 햇빛을 받으면 광전효과에 의해 전기를 발생하는 태양전지를 이용한 발전방식이며, 태양광 발전시스템은 태양전지(solar cell)로 구성된 모듈(module)과 축전지 및 전력변환장치로 구성

[표 2-8] 태양광의 장단점

단 점	장 점
전력생산량이 지역별 일사량에 의존	에너지원이 청정·무제한
에너지밀도가 낮아 큰 설치면적 필요	필요한 장소에서 필요량 발전가능
설치장소가 한정적, 시스템 비용이 고가	유지보수가 용이, 무인화 가능
초기투자비와 발전단가 높음	긴수명(20년 이상)



[그림 2-24] 태양광발전 시스템 구성도

□ 태양열

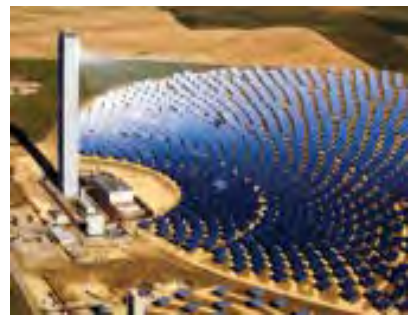
- 태양광선의 파동성질을 이용하는 태양에너지 광열학적 이용분야로 태양열의 흡수·저장·열변환 등을 통하여 건물의 난방 및 급탕 등에 활용하는 기술로 태양열 이용기술의 핵심은 태양열 집열기술, 축열기술, 시스템 제어기술, 시스템 설계기술 등이 있음
- 태양열 시스템은 열매체의 구동장치 유무에 따라서 자연형(passive) 시스템과 설비형(active) 시스템으로 구분되며, 전자는 온실, 트롬울과 같이 남측의 창문이나 벽면 등 주로 건물 구조물을 활용하여 태양열을 집열하는 장치이며, 후자는 집열기를 별도 설치해서 펌프와 같은 열매체 구동장치를 활용해서 태양열을 집열하는 시스템으로 후자를 흔히 태양열 시스템이라 함



PTC



CPC



Power Tower

[그림 2-25] 태양열 집열기의 종류

- 집열 또는 활용온도에 따른 분류는 일반적으로 저온용, 중온용, 고온용으로 분류하기도 하며, 각 온도별 적정 집열기, 축열방법 및 이용분야는 다음과 같음
- 태양열 기술에도 계간축열 기술이 활용된다. 하절기 집열기에서 흡수한 온열을 지중의 열교환기에 주입하고, 동절기 축열된 열을 난방에 직접 또는 히트펌프의 열원으로 이용함

[표 2-9] 태양열 시스템의 분류

분류	자연형	설비형		
	저온용	중온용	고온용	
활용 온도	60°C이하	100°C이하	300°C이하	300°C이상
집열부	자연형시스템 공기식집열기	평판형 집열기	*PTC형 집열기 *CPC형 집열기 진공관형 집열기	Dish형 집열기 Power Tower
축열부	Tromb Wall (자갈,현열)	저온축열 (현열,잠열)	중온축열 (잠열,화학)	고온축열 (화학)
이용 분야	건물공간난방	냉난방·급탕, 농수산 (건조,난방)	건물 및 농수산분야, 냉·난방, 담수화, 산업공정열, 열발전	산업공정열, 열발전, 광촉매폐수처리광화학,우주용, 신물질제조

* PTC(Parabolic Trough Solar Collector), CPC(Compound Parabolic Collector)

□ CO2 시비 및 축열 설비

(1) CO2 시비 설비

- 온실 내부의 탄산가스(CO2, 이산화탄소) 농도를 높여 식물 생장을 향상시키는 기술로 이를 탄산가스 시비기술 (CO2 enrichmen 혹은 CO2 fertilization)이라고 한다. 탄산가스는 광합성에서 필수적인 성분으로 식물은 탄산가스를 흡수함으로써 포도당을 생성하게 되므로, 탄산가스 농도를 증가시키면 광합성 속도를 증가시킬 수 있음

□ 액화탄산법

- CO2를 탱크로부터 직접 공급하는 방법으로 비교적 간이 장치로 탄산가스를 공급이 가능하여 소규모 하우스에 적합함
- 탄산가스 비용이 다소 비싼 단점이 있으며, 균일한 분포를 위해 온실내 공기를 교반시키는 팬을 반드시 설치하여야 함

□ 실내연소식

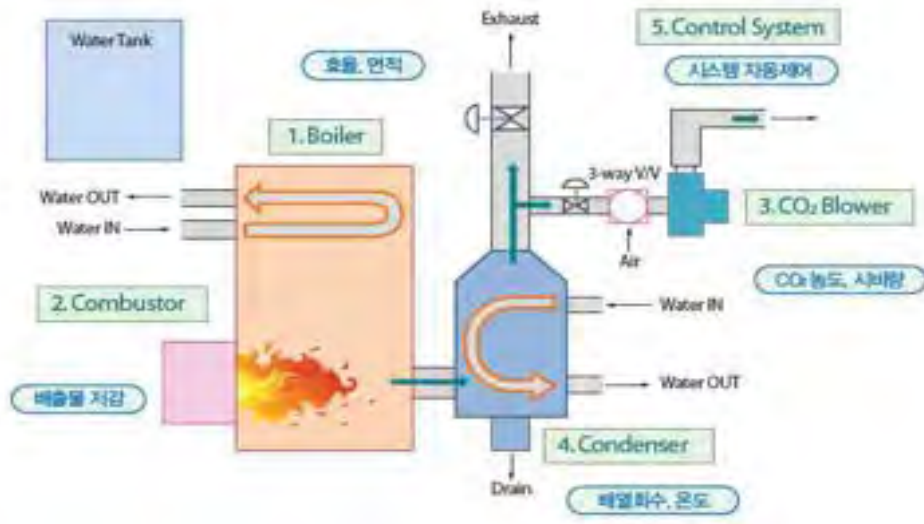
- 온실 내부에 설치된 연소기의 배가스를 이용하는 방법으로 연소과정에서 발생하는 질소산화물(NOx), 에틸렌(C2H4), 이산화황(SO2) 등 유해 배출물과 특히 야간 난방목적의 사용시 불완전 연소에 의한 일산화탄소(CO)의 피해에 주의해야 함

□ 가스 보일러 연소식

- 난방용 보일러를 연소시켜 배기가스의 온도를 낮추어 공급하는 방법으로 배출물 발생을 원천적으로 저감할 수 있고, CO2 시비와 난방(축열)을 동시에 함으로써 온실 경영비 저감이 가능함
- 이 설비는 위에서 설명한 열원설비 중 EHP(Electric Heat Pump)를 제외한 가스 연소 방식에 모두 적용할 수 있음

[표 2-10] CO2 시비 방법별 장단점

구분	장 점	단 점
액화탄산법	CO2 제어 용이 불순물 발생 없음	시비비용 고가 CO2 탱크, 기화기 설비
실내연소식	가격 저렴 장치 간단	불순물 발생(작물 영향) CO2 및 온도 구배 발생(온습도 조절 불가능)
가스 보일러식	CO2 시비/난방 겸용 (비용 저렴) 온/습도영향제거불순물저감	장치비 소요 (컨덴싱 유닛 & 축열 탱크 설비)

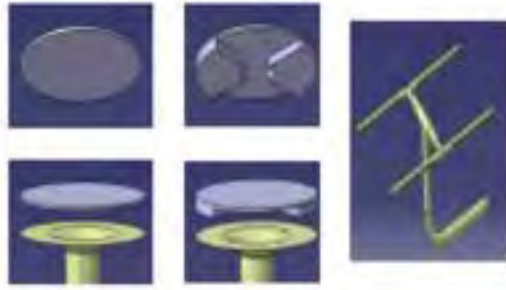


[그림 2-26] 가스 보일러 CO2 시비 계통

(2) 축열설비

□ 축열조

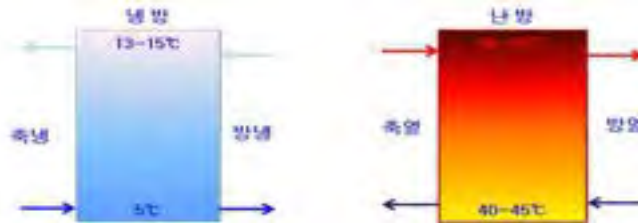
- 일반적으로 축열조는 열의 생산시간과 열의 소비 시간이 일치하지 않을 때, 또는 간헐적 생산되는 열을 저장하기 위해 설치된다. 축열조를 구비하면 고가의 장비용량을 감소시킬 수 있다. 냉난방을 위한 축열방식으로는 수축열 방식이 이용됨
- 축열조는 물의 비중에 의해 상부는 더운물, 하부는 찬물이 저장되어 있으며, 찬물과 더운물의 경계층은 물의 비중 차이에 의해 생성되는데 이를 성층화라 한다. 만약, 부하측에서 환수되는 찬물이 축열조 상부의 더운물과 섞이게 되어 온도가 강하하면 난방이 불가능하게 되므로, 더운물과 찬물이 섞이지 않도록 하는 것이 수축열 시스템의 핵심기술임
- 축열조내부에서 성층화를 이루기 위해서는 축열조내 유체의 유동을 최소화 하기위해 축열조내 상부 및 하부에 원형 또는 H형의 Diffuser가 설치한다. 또한 축열조로 유입되는 수온을 일정하게 유지하여야 한다. 축열조의 성층화를 위해서는 디퓨저 설계 기술과 자동제어 기술이 접목이 필요함



[그림 2-27] 원형 디퓨저 및 H형

□ 축열식 히트펌프 시스템

- 축열조는 생성된 냉수 온수를 저장하는 것 뿐 아니라 히트펌프에 이용될 열원수를 저장하는 것 또한 포함된다. 예를 들어 열원의 폐수가 간헐적으로 생산된다면 이를 저장하여 냉, 난방이 필요한 시간에 히트펌프의 운전할 수 있고, 부하측 축열조는 히트펌프의 용량을 보다 적게 설계하여 부하가 없는 시간에 냉온수를 생성, 저장할 수 있음



[그림 2-28] 냉방 및 난방모드에서의 축열조 내부 온도

□ CO2 시비를 위한 축열시스템

- 일반적으로 온실에서 난방이 필요한 시간과 CO2가 필요한 시간은 일치하지 않는다. 난방은 주로 야간에 수행되며, CO2 시비는 주간 일사량이 충분할 때 수행된다. 가스 보일러식 CO2 시비의 경우 주간 난방이 필요 없는 시간에 보일러가 운전되는데, 이때 생성되는 온수를 저장할 수 있는 축열조를 반드시 설치해야 함



[그림 2-29] CO2 시비를 위한 설비(컨덴싱 유닛 & CO2 공급기(좌), 축열탱크(우))

(3) 방열 설비

- 방열설비는 열원설비에서 생성된 열을 방열하는 것으로 튜브에 의한 방열과 F.C.U.(Fan Coil Units)에 의한 방열로 나눌 수 있다. F.C.U.는 냉난방이 모두 가능하지만 튜브는 냉방시 결로 발생이 발생되어 냉방에는 이용하지 않음

(4) 튜브 방열

□ 레일 튜브 (Rail Tube 또는 Tube Rail)

- 레일 튜브는 배드와 배드 사이에 방열관을 설치하여 방열에 사용함에 동시에 작업차의 이동 레일로 사용하며, 튜브 관경은 D40, D50 등이 사용되며, 난방부하량에 따라 튜브 관경을 결정함



[그림 2-30] 난방 튜브이 종류(Rail Tube & Grow Tube(좌), 거터 난방 Tube(우))

□ 그로우 튜브

- 그로우 튜브는 식물의 성장점 근처에 설치하는 것으로 성장점을 난방하여 생장을 촉진시켜 주고 난방 효과를 극대화 하는 난방 방식임

□ 거터 난방 튜브

- 거터 난방은 눈이 많이 오는 지역에서 온실 지붕에 눈이 쌓이거나 물받이가 어는 것을 방지하기 위해 설치하는 난방 튜브임

(5) FCU(Fan Coil Unit)

- 팬코일 유닛은 냉난방을 모두 수행할 수 있다. 부하 대응이 빠른 장점이 있는 반면, 유닛에서 나오는 냉풍이나 온풍이 작물에 직접 적으로 닿을 경우 건조병이나 흔들림에 의한 작물의 스트레스를 유발 할 수 있다. 그래서 유닛의 설치는 온풍과 냉풍이 작물에 직접 닿지 않는 상부라 베드 하부에 설치하는 것이 바람직함



[그림 2-31] FCU 설치 전경

(6) 근원 난방 튜브



[그림 2-32] 딸기 근원 난방

- 겨울철의 작물재배는 저온기에 이루어지므로 지상부나 지하부의 온도가 작물의 생육에 가장 큰 영향을 미치는 환경 요인이다. 특히, 근권온도(배지온도)는 뿌리의 생리작용에 관여하여 작물의 생육에 큰 영향을 미친다. 뿌리는 근권의 온도에 따라 근의 활력이 달라지며, 그에 따라 양분의 흡수능력에 차이가 생긴다. 높은 근권온도는 뿌리의 신장은 촉진하지만 뿌리의 갈변과 신장의 정지를 촉진한다. 또한 뿌리의 호흡속도가 높아져 광합성 속도를 저하시킨다. 작물의 생육에 알맞은 지온은 품종, 재배시기, 생육단계 및 재배방법에 따라 다르며, 지온이 지상부의 생육에 영향을 미치는 정도가 다르다. 최근 양액재배에서도 근권온도가 중요하여 가온시설을 하고 있는 추세이므로 재배에 적합한 배지의 근권 온도의 설정이 필요함 (이한철, 2009)

3.1.3. 스마트팜 물순환시스템 개념 확장

(1) 개요

- 온실의 물공급은 보통 단지내의 물공급을 의미하며 대부분 지하수를 사용하여 공급하나 최근에는 대규모 온실단지에 공급하는 경우가 늘어나고 있으며, 이 경우 하천 등 수원부에서 수처리 장치를 설치하여 정수한 후에 원예단지에 공급하고 있으나, 네덜란드 프리바의 물공급시스템도 원수를 정수처리하여 빗물과 함께 사용하고 양액은 재처리하여 사용하는 시스템으로 구성되어 있음

(2) 접근방법

- 본 연구에서는 온실에 물을 공급하는 시스템을 수원공에서 온실까지의 1차 공급체계와 온실단지내의 물이용 체계, 그리고 온실내의 물공급 체계로 구분하여 온실 물공급체계의 개념을 확장하여 수출용으로 개발하고자 함

(3) 연구내용

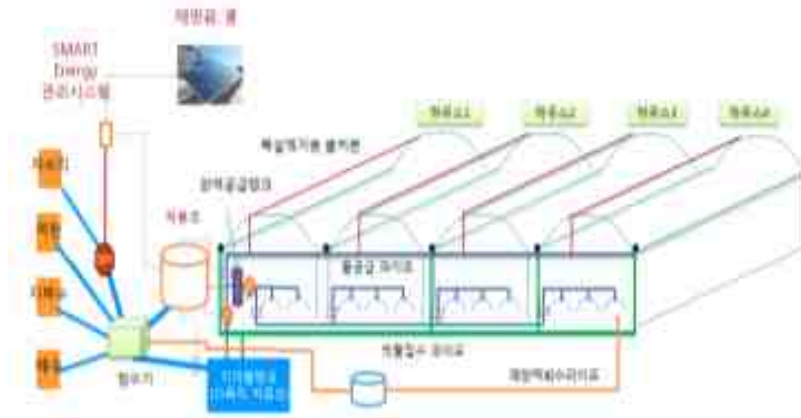
- 스마트팜 물공급 시스템 구상 및 설계

(가) 시스템 구상

- 스마트팜 물공급시스템은 온실단지내의 물을 순환시키는 물순환시스템의 구조가 필요하며, 물순환 시스템은 원수 공급량을 줄이기 위해 온실 혹은 온실단지내에 다목적 저류조와 빗물을 이용한 집수시설, 양액을 재이용하는 단일 온실 양액재이용장치와 단지내의 양액재이용시스템을 활용하여 사용된 폐양액을 순환하여

이용하는 순환형 물공급 시스템을 구상하여 제시함

- 스마트팜 물공급 체계는 하수, 지표수 등을 정수하여 이용하는 1차 용수공급 체계와 빗물 집수배관, 물탱크 및 지하 저류지 및 이를 공급하는 용수공급배관, 작물에 물을 공급하는 관수장치 및 양액을 공급하는 양액장치 및 이를 재이용하는 폐양액 회수 장치 등으로 구성하여 설계



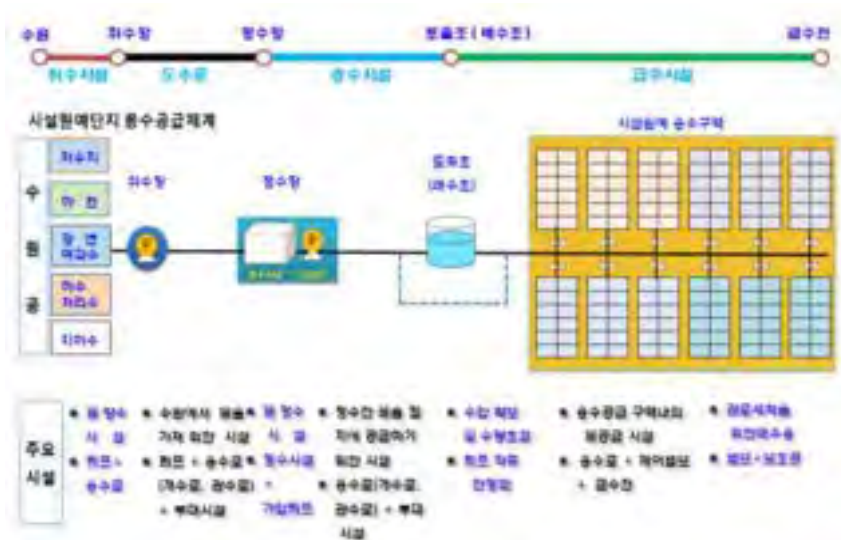
[그림 2-33] 다중수원 이용 스마트팜 순환형 물공급 시스템

(나) 스마트팜 용수공급체계 구성

- 스마트팜 용수공급체계는 수원공에서 온실까지의 1차 용수공급체계와 온실단지 혹은 온실내 물순환 시스템으로 구성됨

(다) 1차 용수공급 체계

- 수원공에서 온실까지의 1차 용수공급 체계는 수원공, 취수장, 정수시설, 물탱크 (저류지), 가압펌프, 송급수관로, 급수전 등으로 구성됨



[그림 2-34] 스마트팜 용수공급체계

(라) 스마트팜 물공급시스템 구성

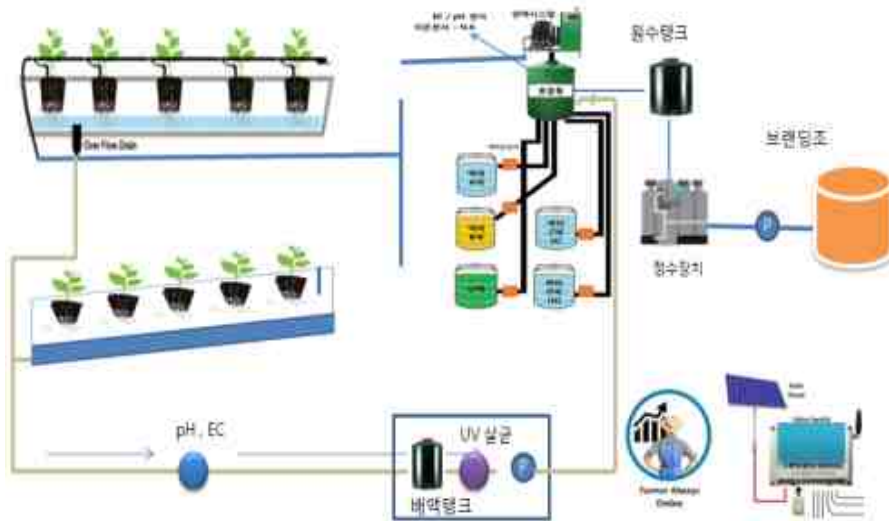
- 스마트팜 물공급시스템은 수원공에서 공급받은 1차 급수외에 온실지붕 빗물, 양액재이용수를 이용하기 위하여 지하 저수조, 폐양액 회수 배관, 양액재이용장치(단지의 경우 폐양액재이용시스템 별도 설치) 등을 조합한 물공급시스템 구조를 말함



[그림 2-35] 스마트팜 물이용 시스템 구성

(마) 친환경 양액재이용시스템 적용

- 필요성
 - 온실내의 폐양액이 처리되지 않고 버려지고 있어 환경오염의 원인이 되고 있어 온실의 양액 재이용시스템 적용이 필요함, 양액을 재이용 할 경우 원수공급량을 30%이상 줄일 수 있고, 양액 투입 비용을 절감할 수 있는 장점이 있음
 - 한편 미생물은 작물 생육을 촉진시키고 병충해를 예방하는 등 다양한 기능을 가지고 있어 이를 활용할 필요가 있음
 - 온실내에서 미생물 겸용 양액공급기술은 조사되지 않고 있어 친환경 재배를 위한 미생물 병용 양액재이용시스템을 적용이 필요함
- 미생물 겸용 양액재이용시스템 구성
 - 시스템 구성 : 원수를 정수하는 수처리장치와 온실내 양액공급수를 재이용하기 위한 회수배관 및 배액탱크, EC 및 pH 등 측정센서로 구성된 양액재이용시스템에 미생물 배양탱크 및 미생물 공급 장치를 설치한 미생물 겸용 양액공급시스템
 - 양액재이용체계 : 물탱크 → 정수장치 → 양액공급기 → 관수장치 → 폐양액 배수관로 → 폐양액 정수장치 → 폐양액 저장조 → 펌프 → 배액탱크
 - 적용조건 : 재배방식 : 수경재배, 관수기법 : 점적관개, NFT 방식
 - 미생물 공급 방법 : 미생물 병용 양액재이용시스템은 기존의 양액공급시스템에 미생물을 공급할 수 있는 기능을 추가하여 수위, 수질센서 기반으로 N, P, K와 미생물을 동시에 관리할 수 있도록 미생물 공급 기능 추가함, 이는 현재의 양액공급시스템을 활용 할 수 있음



[그림 2-36] 스마트팜 양액재이용시스템

(바) 차별화 기술

- UV, 플라즈마 살균 부착형 양액재이용장치과 별도로 미생물공급장치를 장착하여 공급

(사) 기대효과

- 양액처리수 재이용으로 공급수 절감 30%, 생산성 및 품질 향상 기대

(3) 연구결과

- 스마트팜 물공급시스템은 원수 공급량을 줄이기 위해 온실 혹은 온실단지내에 다목적 저류조와 빗물을 이용한 집수시설과 양액재이용시스템을 활용하여 사용된 폐양액을 순환하여 이용하는 온실단지에 적용이 가능한 순환형 물공급 시스템을 구상하여 제시함
- 환경 오염방지를 위하여 양액재이용시스템을 적용하고 미생물을 관수 할 수 있는 미생물 겸용 양액재이용시스템을 구성하여 제시함

3.1.4. 수출국가별 스마트팜 단지 모형 구상

가. 표준모형 설정을 위한 국가별 자원 분석

(1) 표준모형 구상

□ 개요

- 수출용 스마트팜 구축전략을 수립하기 위해서는 대상국에 대한 자료 분석이 필요하며, 이에 따른 재배작물 및 각각의 시스템 선정이 필요함

□ 표준모형 분석

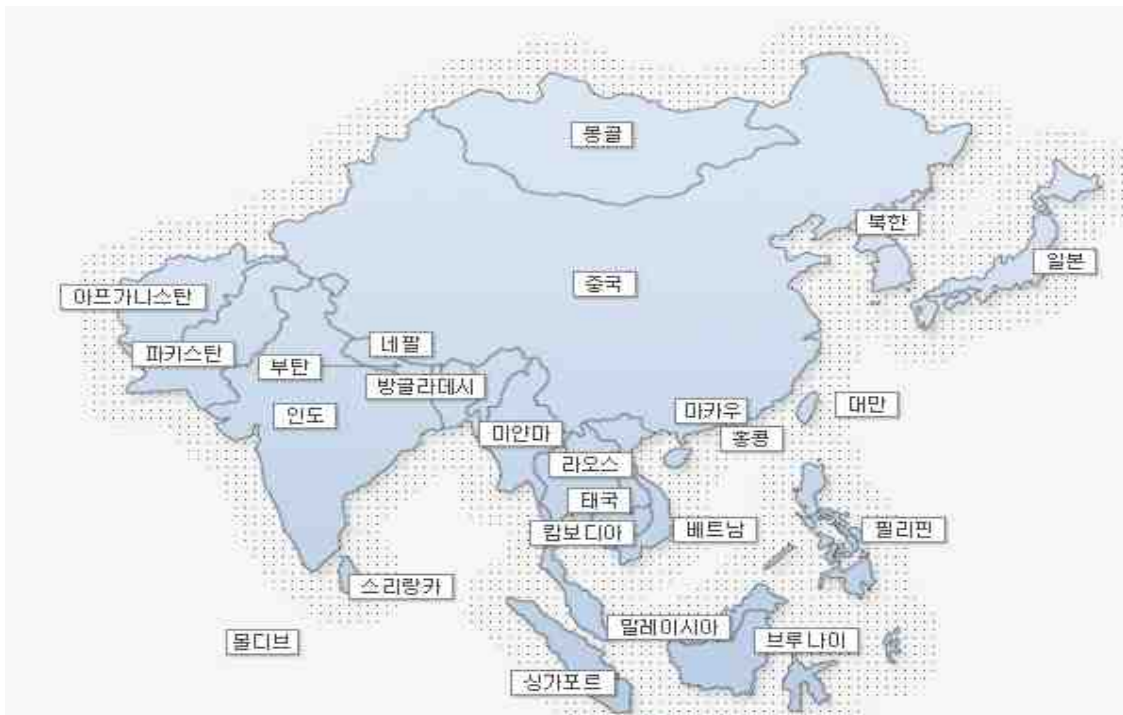
- 국가별 시설원에 대상 작물
 - 국가별 생산/소비량 및 인접 국가의 수출량을 토대로 분류

[표 2-11] 각 국가별 재배작물

권역	국가	재배작물
중앙아시아	중국, 몽골	엽채류, 토마토, 파프리카
동아시아	중국, 한국, 일본	엽채류, 토마토, 파프리카
동남아시아	베트남, 말레이시아, 인도네시아, 필리핀, 태국, 캄보디아	토마토, 파프리카, 딸기
러시아&CIS	러시아	토마토, 파프리카
	카자흐스탄, 우즈베키스탄, 우크라이나 외	토마토, 파프리카
중동	아랍에미리트 [UAE], 리비아, 알제리, 모로코외	토마토, 파프리카

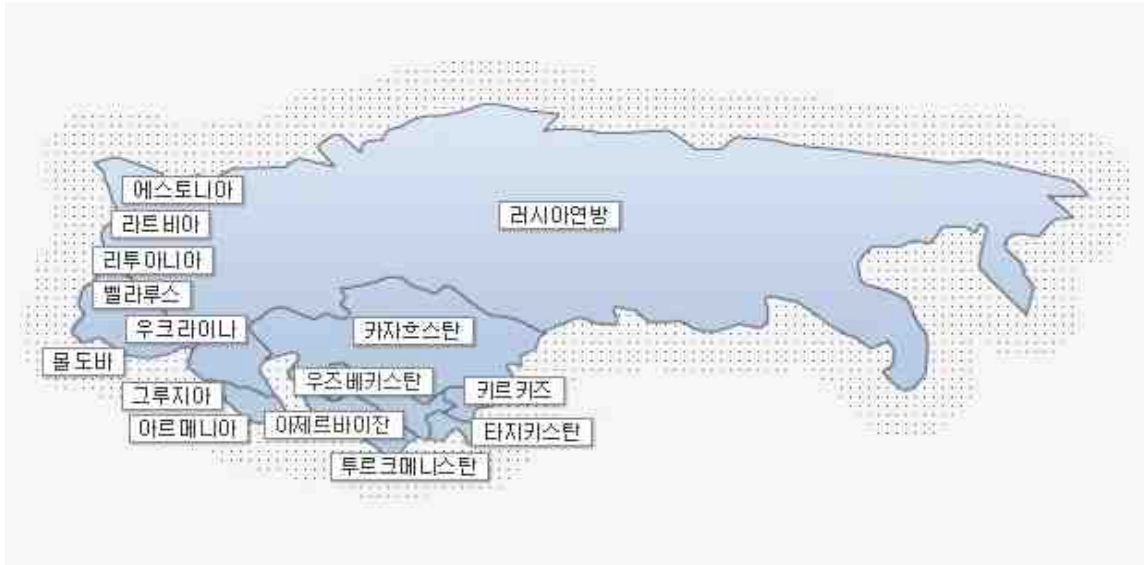
- 대륙별 국가 권역 분리
 - 대상국의 자원과 기후를 기준으로 분류

[표 2-12] 아시아 권역 국가별 특징



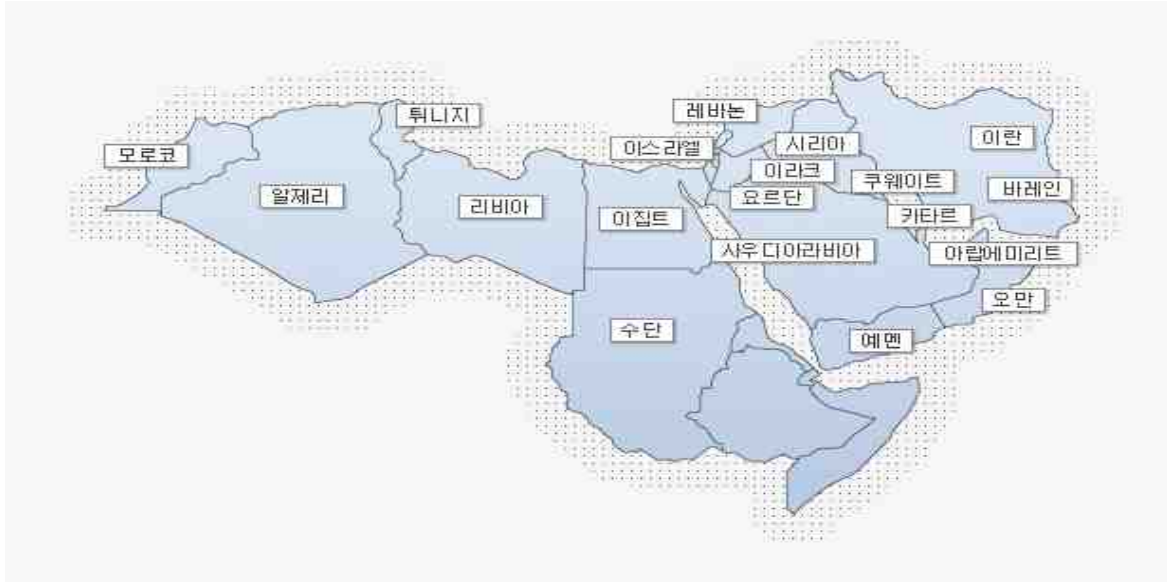
대륙별 국가 [아시아]		국가별 특징	비고
중앙아시아	중국, 몽골	혹한이 기간이 길며, 에너지 자원이 풍부함	
동아시아	중국, 한국, 일본	사계절이 뚜렷하여 작물 재배용이	
동남아시아	베트남, 말레이시아, 인도네시아, 필리핀, 태국, 캄보디아 외	1년 기후가 일정하며, 에너지 자원 활용이 가능함	

[표 2-13] 러시아&CIS 권역 국가별 특징



대륙별 국가 [러시아&CIS]		국가별 특징	비고
러시아		화석 연료 자원이 풍부	
CIS 국가	카자흐스탄 우즈베키스탄 우크라이나 외	화석 연료 자원이 풍부 특히 LNG 매장량이 많음	

[표 2-14] 중동 권역 국가별 특징



대륙별 국가 [중동]		국가별 특징	비고
아랍에미리트 [UAE] 리비아, 알제리, 모로코외		화석 연료 자원이 풍부	

- 표준모형 온실 형태 선정 결과
 - 각 대륙별 풍하중과 설하중을 기준으로 선정
 - 러시아&CIS 국가는 혹한의 지역으로 구조를 보강한 형태를 선정

[표 2-15] 온실구조 선정결과 (적합 ○ / 부적합 X)

권역 \ 형태	Venlo type	Wide-span type	경량철골 비닐온실	비고
중앙아시아	○	X	○	
동아시아	○	X	○	
동남아시아	X	X	○	
러시아&CIS	○	○	X	
중동	○	X	○	

나. 국가별 표준모형 온실 도출

(1) 표준모형 도출

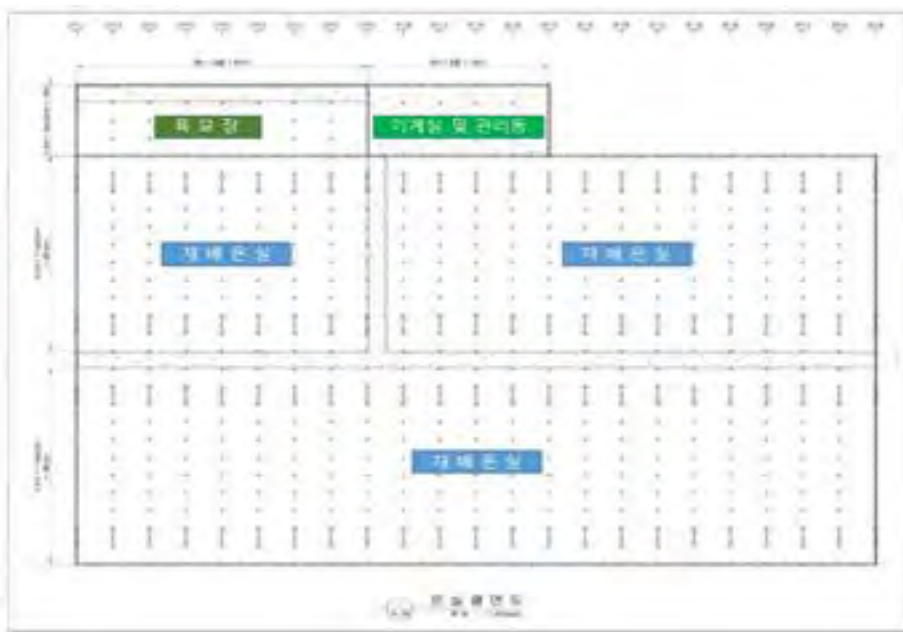
□ 개요

- 온실 수출모형을 도출하기 위하여 권역별 표준모형을 설정
- 국가별 적합한 모형을 제시하여 최적의 생산시설을 제안

□ 표준모형 설정

○ 조건

- 설치면적 : 1ha
- 재배작물 : 파프리카, 토마토, 엽채류, 화훼
- 기 후 : 강수량, 적설량, 온도, 풍속
- 주에너지 : 화석연료(석유/LNG), 재생에너지(태양/지열/풍력)
- 급수원 : 해수, 하천수, 지하수, 빗물(우수)



[그림 2-37] 1ha 기준 평면계획

○ 표준모형 도출 결과

- 온실형태 : Venlo Type, Wide-span Type, 경량철골 비닐온실
- 재배방식 : 순수수경재배(육묘장), 고품배지경재배(재배온실), 양액공급SYSTEM, 행인거터
- 냉·난방 방식 : 공기열히트펌프(전기/LNG) + 재생에너지(태양/지열/풍력)
- 급 수 원 : WEF SYSTEM을 이용한 급수장치
- 제어방식 : 복합환경(풍향/풍속/강우/온도/습도/광), 제어(PC/스마트폰/테블릿PC)

(2) 권역별 표준모형 분석

□ 아시아형

○ 조건

- 대상국가 : 중국
- 설치면적 : 1ha
- 기후조건 : 강수량, 적설량, 온도, 풍속
- 재배작물 : 파프리카, 토마토, 엽채류
- 주에너지 : 화석연료(석유/LNG), 재생에너지(태양/지열/풍력)
- 급 수 원 : 해수, 하천수, 지하수, 빗물(우수)재생

○ 표준모형 도출결과

- 온실형태 : Venol Type & 경량철골 비닐온실
- 재배방식 : 순수수경재배(육묘장), 고품배지경재배(재배온실), 양액공급SYSTEM, 행인거터
- 냉·난방 방식 : 공기열히트펌프 + 재생에너지(태양/지열)
- 급수방식 : WEF SYSTEM
- 제어방식 : 복합환경(풍향/풍속/강우/온도/습도/광), 제어(PC/스마트폰/테블릿PC)

□ 러시아&CIS형

○ 조건

- 대상국가 : 우즈베키스탄
- 설치면적 : 1ha
- 기후조건 : 강수량, 적설량, 온도, 풍속
- 재배작물 : 파프리카, 토마토, 엽채류, 화훼
- 주에너지 : 화석연료(석유/LNG), 재생에너지(태양/지열)
- 급 수 원 : 하천수, 지하수, 빗물(우수)재생

○ 표준모형 도출결과

- 온실형태 : Venol Type & Wide-span Type
- 재배방식 : 순수수경재배(육묘장), 고품배지경재배(재배온실), 양액공급SYSTEM, 행인거터
- 냉·난방 방식 : 공기열히트펌프 + 재생에너지(태양/지열)
- 급수방식 : WEF SYSTEM
- 제어방식 : 복합환경(풍향/풍속/강우/온도/습도/광), 제어(PC/스마트폰/테블릿PC)

□ 중동형

○ 조건

- 대상국가 : 아랍에미리트[UAE]
- 설치면적 : 1ha
- 기후조건 : 강수량, 적설량, 온도, 풍속
- 재배작물 : 파프리카, 토마토, 화훼
- 주에너지 : 화석연료(석유/LNG), 재생에너지(태양/지열/풍력)
- 급수원 : 해수, 빗물(우수)재생

○ 표준모형 도출결과

- 온실형태 : Venlo Type
- 재배방식 : 순수수경재배(육묘장), 고품배지경재배(재배온실), 양액공급SYSTEM, 행인거터
- 냉·난방 방식 : 공기열히트펌프 + 재생에너지(태양)
- 급수방식 : WEF SYSTEM
- 제어방식 : 복합환경(풍향/풍속/강우/온도/습도/광), 제어(PC/스마트폰/테블릿PC)

(3) 표준모형별 계약사업비 분석 (1ha 기준)

[표 2-16] 표준모형별 계약사업비 분석 (1ha 기준)

공정	시공비용		
	Venlo Type	Wide-span Type	경량철골 비닐온실
기초공사	225백만원	225백만원	225백만원
철골공사	405백만원	465백만원	425백만원
알루미늄공사	340백만원	391백만원	323백만원
피복마감공사	207백만원	227백만원	155백만원
천창개폐장치공사	175백만원	200백만원	175백만원
수평커튼장치공사	215백만원	215백만원	215백만원
냉·난방 설비공사	360백만원	360백만원	360백만원
관수 설비공사	225백만원	225백만원	225백만원
양액 설비공사	300백만원	300백만원	300백만원
전기 설비공사	180백만원	180백만원	180백만원
복합환경제어공사	210백만원	210백만원	210백만원
관리동공사	400백만원	400백만원	400백만원
부대공사	150백만원	150백만원	150백만원
합계	3,392백만원	3,548백만원	3,343백만원

다. K-Plant 단지 모형 구상

(1) 개요

- 제4차산업으로 인한 대한민국의 수출시장 다변화에 대한 확보와 수출농업 경쟁력 향상
- 수출 국가별 다양한 조건과 규격화된 모듈로 스마트팜 단지 조성을 제시
- IT 강국으로 스마트[복합환경] 제어 시스템 구축이 가능

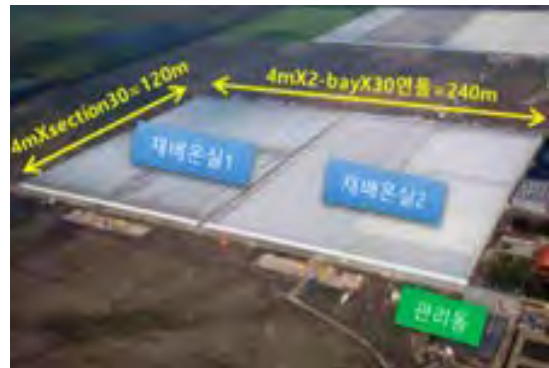
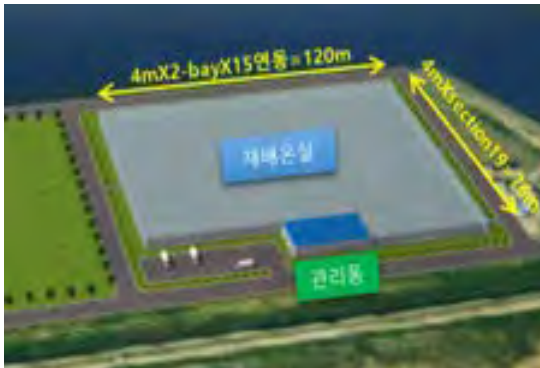
(2) K-Plant 단지 모형 - 20ha 기준

□ 조건

- 온실형태 : Venlo Type
- 피복마감 : 맑은 유리 5T
- 주에너지 : 전기, LNG, 재생에너지(태양열/지열/풍력)
- 급수원 : WEF SYSTEM (해수, 하천수, 지하수, 빗물(우수)재생) 급수장치

□ K-Plant 면적별 평면계획

- 1ha 평면계획 [면적 : 120m X 76m = 9,120㎡]
- 3ha 평면계획 [면적 : 240m X 120m = 28,800㎡]



[그림 2-38] 1ha 평면계획도(좌), 3ha 평면계획도(우)

- 5ha 평면계획 [면적 : 240m X 200m = 48,000㎡]
- 10ha 평면계획 [면적 : 184m X 160m X 3동 = 88,320㎡]



[그림 2-39] 5ha 평면계획도(좌), 10ha 평면계획도(우)

○ 20ha 평면계획



[그림 2-40] 20ha 평면계획도

□ 면적별 K-Plant 개략사업비

[표 2-17] 면적별 K-Plant 개략사업비

(단위: 백만원)

공종 \ 면적	1ha	3ha	5ha	10ha	20ha	비고(사업내용)
기반조성비	400	1,200	2,000	4,000	8,000	도로/전기/통신/급수
생산시설비	3,392	10,176	16,960	33,920	67,840	육묘온실/재배온실
유통시설비	360	1,080	1,800	3,600	7,200	저온저장고/선별장
에너지공급시설	800	2,400	4,000	8,000	16,000	에너지공급장치(전기/LNG/태양열/지열/풍력)
부대비용	520	1,560	2,600	5,200	10,400	설계/감리/기타경비
합계	5,472	16,416	27,360	54,720	109,440	

라. K-Plant용 컨테이너형 육묘기 개발

(1) 국내 육묘 현황

□ 국내 육묘 현황

- 우리나라의 육묘는 부분 소규모 개별자가 육묘에 의존하여 생산되다가 원예작물이 주산지를 형성하여 단지로 재배되면서 일부 공동 육묘가 이루어지기도 하였음. 1990년 들어서는 시설원예농작물이 고소득 작목으로 주목받게 되면서 육묘 수요가 증가하여 본격으로 상업인 생산 체계가 구축되었음.
- 특히, 육묘 이용은 안정 재배가 가능할 뿐만 아니라 시설 내 집약관리를 통한 입모율 향상으로 작물 생육의 균일성 유지는 물론, 관리의 효율성 등이 제고되어 수량성을 증가시킴.
 - 작물 재배기간이 후작물 종기와 겹치는 경우 육묘를 통해 이를 피할 수 있어 경작지 이용도를 향상시킬 수 있음.
- 또한, 육묘 이용으로 인해 종자의 발아율이 상승하고 종자 소요량도 감소하게 되는데, 전문 육묘업체가 생산한 육묘 사용으로 종자 발아율은 1980년 70% 내외에서 2005년 90% 이상으로 향상되었음. 종자

소요량도 1970년 포트당 3립에서 2000년 플러그 트레이 셀당 1.5립으로 감소하였음.

- 육묘 이용 장점으로 인해 시설원예농산물 생산농가의 상당부분은 육묘장의 묘를 사용하고 있음.
- 농가의 육묘 이용률이 증가하면서 1997년 20ha정도에 불과하던 육묘장 면적은 2009년 110ha, 2014년 195ha로 크게 증가 되었으며 향후 더욱 확대될 것으로 전망되고 있음.
- 이처럼 육묘는 농작물 생산의 단계로서 생산의 성패를 좌우할 만큼 중요할 뿐만 아니라 육묘산업은 육묘와 재배의 분업화·문화를 유도할 수 있는 원천산업이며, 발아, 육묘·활착, 생장조절, 병해충 관리 등 재배관련 모든 기술이 집성되는 정밀산업이기도 함.
- 육묘 사용을 통해 수확기를 앞당길 수 있으며, 수확기간도 그 만큼 연장되어 수량 증대 효과를 가져옴. 즉, 저온기 정식 시 품질 하 문제가 발생되나, 적온에서 관리하여 육묘 후 정식하면 안정 재배 가능함. 또한, 시설 내 집약관리를 통한 입모율 향상으로 작물 생육의 균일성 유지는 물론, 관리 효율성 등이 제고되어 수량성이 증하게 됨.

□ 육묘의 정의

- 육묘는 종자의 파종에서부터 정식에 이르기까지 일정기간 동안 정식하기에 가장 적합한 묘를 키워내는 작업과정임.
- 넓은 의미에서는 종자 선택, 상토준비, 육묘상 설치 등 모든 관련 자재의 선택도 육묘의 결정인 향을 미치므로 육묘과정에 포함될 수 있음.
 - 공정육묘는 육묘의 생력화, 효율화, 안정화 연중 계획생산을 목적으로 일괄 체계화 및 장치화한 묘 생산 시설에서 질이 균일하고 규격화된 묘를 연 계획으로 생산하는 것을 의미함.
- 육묘의 일반 정의 설정 과정 속에서 육묘의 범위는 이른바 종자로 묘를 키우는 벼와 채소, 과채 이외에 딸기나 과수, 화훼 일부 작목 등과 같이 영양체번식 작물을 포함해야 하는가에 한 이견이 존재하고 있음.
 - 국화는 묘가 아니라 영양체로 번식하기 때문에 이 자체가 육묘과정이 되어 종자인지, 육묘인지, 종묘인지의 구분이 애매함. 딸기의 경우도 종자의 개념은 어미 묘만을 포함하는 것이며, 이를 통해서 증식해 나가는 것은 육묘의 개념으로 구분할 수는 있으나 이 한 경계가 모호함

□ 국내 육묘 산업 현황

- 육묘는 1990년 농산물 시장개방이 가속화됨에 따라 국내 농업의 경쟁력 제고를 위한 방안의 하나로 1991년에 처음으로 정부사업이 추진되었음. 육묘는 정부의 시설화사업의 일환으로 유리온실, 자동화 비닐온실 등의 지원이 이루어지면서 육묘산업이 확장되었으며, 농가 고령화와 노동력 감 등으로 묘를 구입하는 농가가 점차 증가하고 있음.
- 육묘장 면적은 1997년 약 20ha에 불과하였으나, 2010년에는 159 ha, 2014년은 195ha이고 2019년에는 220ha, 2024년은 240ha로 예상함.
- 국내 육묘산업은 자가 육묘, 전문 육묘업체, 농협과 농업기술센터에서 운영하는 육묘장, 종자 회사에서 직영하는 육묘장 등으로 구분할 수 있는데, 농업 종사자의 고령화, 농업종사자의 감소, 경작지의 효율적 이용 등의 자가 육묘 비중이 점차 감소되고 있음.

(2) 작물별 육묘 관리

□ 공정 육묘

○ 육묘의 정의

- 육묘 : 종자의 파종에서부터 정식하기까지 일정기간 동안 정식하기에 가장 적합한 양질의 묘를 키워내는 작업과정
- 모종을 키워 본밭에 옮겨 심는 육묘 이식재배가 보편화됨에 따라 예전부터 모종을 기르는 일은

‘절반농사’라고 할 정도로 모종 기르기(육묘)의 중요성이 강조되어 왔음

○ 육묘의 목적

- 조기 수확 및 증수
- 화아분화 억제 및 추대방지
- 유소기(幼少期) 보호 및 관리비용 절감
- 경지 이용도 향상
- 본포 적응력 향상

○ 육묘기술의 발달

- 직파 → 이식 재배 → 포트 육묘 → 플러그 육묘



a) 직파



b) 이식재배



c) 포트 육묘



d) 플러그 육묘

[그림 2-41] 육묘기술의 발달

- 개별 육묘 → 공동육묘 → 공정육묘, 플러그 육묘



a) 개별육묘



b) 공동육묘



c) 공정육묘



d) 플러그 육묘

[그림 2-42] 육묘기술의 발달

(3) 엽채류 육묘

□ 상추

○ 육묘상의 설치

- 묘상설치는 일사량이 많고 배수가 잘 되는 곳, 관리가 편리하고 관수 및 전원 등의 설치가 쉬운 곳, 병해충의 발생이 적은 곳이 좋음
- 시설의 방향, 피복자재, 골격률(骨格率) 등을 고려하여 채광을 좋게 하고, 충분한 환기가 되도록 설치함

○ 파종방법과 정식시기

- 파종은 파종상자에 줄뿌림하여 육묘하는 방법과 128, 162, 200공 플러그 트레이에 파종하여 육묘하는 방법이 있음
- 플러그 육묘로 하는 경우 묘가 균일하게 자라며 본 밭에 심어도 몸살을 적게 하는 장점이 있음
- 본 잎이 3~5매가 되었을 때 본밭에 옮겨 심는데 본 밭의 상황에 따라 시기는 조절이 가능
- 육묘기간은 봄, 가을은 30일, 여름철은 25일, 겨울철은 35일 가량 소요

○ 육묘용 상토와 구비조건

- 육묘용 상토는 속성상토, 속성상토, 시판상토 등으로 크게 나누어 짐
- 상토의 비료성분은 균일하고 균형 있게 함유되어 있어야 하며, pH는 5.8~6.5 범위가 적당하고, EC는 상토의 종류나 분석 방법에 따라 적정 기준이 달라지는데 포화점토법을 이용하여 분석할 경우 1.0~2.0

dS/m 범위가 적정.

- 기상율은 15%이상, 유효수분은 20% 이상, 전공극 75% 이상인 것
- 상토는 병해충, 중금속, 잡초종자 등에 오염되지 않아야 하며, 비료가 첨가된 경우는 비효가 가급적 오래 지속되는 것이 좋음

○ 재배 작형

작형	육묘일수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
축성재배	20	■	■								■		
춘과	25	■			■	■							
춘과	25		■			■	■						
춘과	20			■				■					
고랭지	20				■			■	■				
고랭지	15~20						■	■		■	■		
추과	15~20								■				■
추과	20		■	■						■			

□ 결구 상추

○ 파종 및 육묘

- 결구상추의 파종 시기는 육묘기간 겨울철 50~60일, 봄 25~45일을 고려하여 결정한다.
- 파종량은 재배면적과 재식거리를 감안하여 결정하며 결구상추의 본포 정식거리는 30 x 30cm, 겨울재배나 반결구상추는 25 x 25cm가 적합하며 10a 당 9,000~16,000포기를 재식할 수 있다.
- 그러므로 재식주수의 1.5배를 파종하면 약 40~60ml가 소요되며 파종면적은 5~6.5㎡, 이식상 면적은 50~100㎡가 필요

○ 파종법

- 결구상추 종자는 미세하기 때문에 파종상에 6cm간격으로 골을 얇게 하여 주의 깊게 줄뿌림을 하고 얇게 복토 후 짚으로 덮은 후 충분한 관수를 한다.
- 파종 후 발아온도는 15~20°C를 유지하면 2~3일이면 싹이 트므로 이때 짚을 제거한다. 또한 플러그트레이를 이용하여 200공에서 25~30일 육묘하면 된다.



[그림 2-43] 구 상추 200공 플러그트레이 육묘

- 육묘관리
 - 육묘 하우스의 온도 :15~23℃ 유지관리.
 - 적정관수 관리
 - 발아 1주후 본엽 1매시 솟음질
- 재배 작형

작형	육묘일수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
봄재배	25~45	■	■			■	■						
고냉지재배	25~45					■	■	■	■				
가을재배	25~45							■	■	■	■		
겨울재배	50~60		■	■	■					■	■	■	

(4) 과채류 육묘

□ 가지

- 파종준비 및 파종
 - 가지는 입고병 피해가 심하므로 가급적 상토는 병균이나 해충이 없는 것을 이용하도록 하고 위험성이 있을 것 같으면 소독한 상토에 파종하도록 한다. 상토는 파종상에 먼저 넣어 23도 이상 되도록 하고 파종 당일 골을 만들어 줄뿌림을 할 수 있도록 파종상을 준비
 - 종자량은 300평당 40~60ml를 준비하여 파종 전에 벤레이트-티(수화제 1호) 또는 호마(수화제2호) 200배액에 30~40분간 소독한 후 깨끗한 물에 씻어 5일간 30도 정도에서 출아시켜 파종상자에 파종
- 파종 후 관리
 - 파종 후 토막 낸 짚이나 종이를 덮고 충분한 관수를 한 후 온상 내에 넣는다. 가지는 과채류 가운데에서도 발아가 늦은 작물이므로 발아온상내의 온도를 30~32도의 고온으로 유지하면 발아가 잘 되나 너무 고온이 되면 발아가 불균일하므로 온도관리에 주의한다.
 - 즉 가지종자는 발아 시 변온 처리하는 것이 발아율이 좋으므로 낮에는 30도 정도, 밤에는 20~23도 정도로 관리하면 발아가 촉진될 뿐만 아니라 발아가 균일하고 묘가 건실하다.
- 발아 후 관리
 - 발아할 무렵 파종상 내에 있는 짚이나 종이를 걷어내고 낮에는 햇빛이 잘 비치도록 함
 - 발아 후 온도관리는 낮에는 지온 26~28도, 기온 25~27도로 관리하고 밤에는 지온 19~20도, 기온 16~18도 정도 되게 관리한다.
 - 관수량은 점점 줄이고 건조하게 하여 웃자람 방지 및 밀식되어 있는 곳은 솟음 함
 - 발아상에서 온도가 급격히 떨어지면 입고병 피해가 심하므로 주의 필요함
- 재배작형

작형	육묘일수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
축성재배	60	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
반축성재배	90	■			■	■	■			■	■	■	■
조숙재배	90	■	■	■			■	■	■	■	■	■	■
노지재배	80	■	■	■	■	■		■	■	■	■		

□ 토마토

○ 육묘상의 설치

- 묘상 설치는 일사량이 많고 배수가 잘 되는 곳, 관리가 편리하고 물주기 및 전원 등의 설치가 쉬운 곳, 병충해의 발생이 적었던 곳이 좋다. 시설의 방향, 피복자재, 골격율(骨格率) 등을 고려하여 채광을 좋게 하고, 충분한 환기가 되도록 설치함

○ 상토의 종류 및 구비 조건

- 상토의 종류 : 속성상토, 속성상토, 시판상토 등으로 구분
- 구비조건
 - a. 배수성, 통기성, 보수성 등이 좋은 것을 선택
 - b. 비료성분은 균일하고 골고루 들어있을 것
 - c. 산도는 pH5.8~6.5 범위, 전기전도도는 포화점토법으로 분석시 2.0~4.0 dS/m 범위
 - d. 기상율은 15%이상, 유효수분은 20% 이상, 전공극 75% 이상, 물빠짐속도는 10분 이하, 육묘 후 일정 높이에서 떨어뜨릴 경우 붕괴율이 25% 이하가 되는 것이 좋음
 - e. 병해충, 중금속, 잡초종자 등에 오염되지 않아야 함

○ 파종 시기 및 육묘 기간

- 정식에 적당한 토마토 묘는 본엽이 7~9매 전개되고 제1화방의 꽃이 약 10% 정도 개화된 묘가 적당하다. 그러나 고온기나 초세가 약한 경우, 그리고 장기재배를 하고자 하는 억제 작형에서는 파종 후 30~40일이고 본잎 5~6매의 어린묘가 유리하다. 속성재배는 약 50~60일묘, 반 속성재배는 65~75일 묘가 적당하다. 너무 어린묘를 정식하면 활착은 잘 되지만 줄기가 굵어져 1화방 개화 및 착과가 늦다. 반대로 노화묘를 심으면 활착이 늦고 뿌리의 발달이 미약하여 착과되어도 비대가 불량하여 과실이 작게 된다. 또한 늦게 심어 과실이 작다고 1화방을 따주게 되면 착과가 더욱 늦어지므로 착과 후에 따 주더라도 꽃이 피어 있는 상태로 정식하는 것이 좋음

○ 파종 및 복토

- 파종은 파종상에 약 5cm간격으로 골을 치고 종자가 겹치지 않도록 줄뿌림을 한 후 고운 모래나 굵은 입자의 버미큘라이트 등으로 약 5mm 정도 덮어 둠
- 플러그 판을 이용할 경우에는 한 cell에 종자 1립씩 넣어 파종하고 복토를 함
- 파종 후에는 충분히 물을 주고 습도와 온도를 유지하기 위하여 신문지나 비닐로 덮어두고 온도를 28~30°C로 관리하면 3~4일 후에 발아
- 발아 즉시 신문지나 비닐을 벗겨주어 웃자라지 않도록 한다. 발아 후 7~10일이 지나면 본 잎이 나오기 시작하고 떡잎도 커지게 됨

○ 옮겨심기

- 파종상이나 작은 포트에 파종한 후 본 잎이 1~2매 전개한 후에 1회 정도 옮겨심기하면 묘상 관리비용을 상당히 절감할 수 있다. 옮겨 심은 후 3~4일 동안은 온도를 약간 높게 관리하여 뿌리의 활착을 도움

○ 햇빛관리

- 광포화점이 약 70 Klux 정도로 매우 높은 작물이므로 육묘상은 햇빛이 부족하지 않게 함

○ 재배작형

작형	육묘일수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
속성재배	50~60		■	■	■	■				■	■	■	
반속성재배	65~75		■		■	■	■					■	■
터널	65~75	■		■		■	■	■					
조속재배	65~75		■	■			■	■	■				
비가림	50~60				■	■		■	■	■			
억제	50~60						■	■	■	■	■	■	■

□ 파프리카

○ 파종

- 종자의 소독 여부를 확인하여 제3인산나트륨 10% 용액에 1시간 동안 침지한 후 아주심기 40~45일 전후에 파종하며, 토양과 격리된 곳에서 실시
- 파종 용토는 배수성과 보수성이 좋고 무병성인 상토나 피트모스, 코코넛, 버미큘라이트, 암면 플러그 판(20×27mm), 220공 혹은 240공 플러그 판에 입상 암면을 채워 사용
- 파종량은 m²당 2.0~3.2주(줄기 밀도: 6.6대)를 기준으로 환산하여 결정하며, 이때 종자의 미발아, 불량묘 발생, 병 감염묘 등에 대비하여 정식하고자 하는 주수보다 약 20~30% 더 파종함
- 파종상자나 베드에 파종할 경우는 줄 간격 5~6cm로, 암면 플러그 판(20×27mm), 220공 혹은 240공 플러그 판에 파종할 경우는 한 알씩 뿌린 후, 오염되지 않은 버미큘라이트(질석)로 복토를 하고, EC 0.6dS/m, pH 5.5, 수온 약 25°C인 배양액으로 충분히 관수함
- 파종 후에는 암면 플러그 내 온도를 25°C 내외로 유지하고 암면플러그가 마르지 않도록 습도 관리하며 파종 후 4~5일 지나 발아하기 시작하며 발아율이 30% 정도 되면 피복재를 벗겨 냄
- 발아 후 육묘상의 온도는 주간에는 25°C, 야간에는 23~24°C로 관리하며, 공중습도는 80%, 플러그 내 습도는 70%가 적당. 배양액은 EC 1.5~2.0dS/m, pH 5.5로 관리함

○ 이식

- 이식은 파종 후 16~18일(2주)이 지나 본엽이 2매 정도 전개될 때 실시
- 암면 블럭에 EC 1.5~2.0mS/cm, pH 5.5의 육묘용 양액을 충분히 흡수시킨 후, 묘의 생육상태를 감안하여 이식방법을 결정함
- 키가 큰 묘는 뒤집어 뿌리가 위를 향하도록 하는 U자형으로 이식하고, 키가 다소 작은 묘는 옆으로 눕어서 L자형으로 이식하는 것이 효과적임
- 이식 후 온도는 주간 25°C, 야간 22°C, 배지 내 온도 22°C 내외가 적당하며 습도는 80% 내외가 적당하며 이보다 낮으면 초기 생육이 부진함
- 양액 공급은 저면관수나 호스 등을 이용하는 것이 좋으며 두상 관수는 잎이 탈수 혹은 과습으로 인해 병이 발생할 우려가 있으므로 삼가고, 급액은 블럭의 무게를 측정한 후 무게에 따라 실시하는 것이 이상적임

○ 재배작형

작형	육묘일수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
거울작형	45	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
여름작형	45	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

□ 오이

○ 상토의 종류 및 구비 조건

- 유기질이 많고, 통기 배수가 양호한 상토가 좋다. 유기질이 풍부한 상토가 활착이 좋음
- 또한 좋은 상토는 병원균과 토양해충(선충)이 없는 무균상태이고, 배수와 보수성 양호한 것으로 토양 pH는 6.0~6.5의 약산성이 좋으며, 육묘 중에 필요한 비료분을 적당히 함유하고 있고(전기전도도 1.0mS/cm 이하) 유기질이 풍부한 것이 좋음
- 상토에 화학비료를 많이 넣으면 가스장애, 농도장애의 우려가 있으므로 가능하면 화학비료의 양을 줄이고 모자라는 양분은 액비로 보충하는 것이 좋음

○ 파종

- 파종 후 지온을 25~28°C로 관리하면 3~4일 후면(싹틔운 것은 1~2일) 발아한다. 발아하면 곧바로 차광한 신문지나 벚짚 등을 제거함
- 발아 후에는 낮 기온 25°C 내외, 야간 최저기온은 15~18°C, 최저 지온은 15~17°C가 되도록 관리한다. 밤에 온도가 너무 높으면 모종이 웃자라게 되므로 주의함
- 밤에 발아가 되면 배축(胚軸)이 웃자랄 염려가 있다. 그러므로 가능하면 오전 중에 발아하여 그 날 중으로 떡잎이 어느 정도 퍼져 녹색으로 변하게 하는 것이 좋음

○ 육묘 일수

- 적정 육묘일수는 억제 재배는 18~22일, 촉성재배는 25~28일, 반촉성 재배 및 조숙재배는 30~35일 정도가 알맞다. 접목재배를 하면 이보다 3~5일 길어짐
- 플러그 육묘를 할 때는 50공 트레이를 이용하여 기본육묘 일수보다 3~5일 짧게 하는 것이 보통이다. 육묘 기간이 너무 길면 모종이 노화되어 활착이 나쁘게 되고 품질 저하를 초래하며, 너무 짧으면 뿌리의 활력이 좋아 양수분 흡수가 많아 잎과 줄기가 웃자랄 염려가 있음

○ 옮겨심기

- 오이는 옮겨 심는 것을 좋아하지 않는 작물이나 모종의 충실도 및 생력화 등을 고려한다면 직경 10~12cm 정도 되는 비닐포트에 상토를 넣어 옮겨 심는데 본잎이 나오기 시작할 때가 좋다. 옮겨 심을 때 모의 뿌리가 끊어지지 않도록 뽑아 얇게 심도록 함

○ 온도 관리

- 밤 온도가 높으면 모종이 웃자라게 되므로 주의한다. 오이의 육묘에 알맞은 온도는 낮에는 20~28°C, 밤에는 17~20°C 내외이나 육묘시기에 따라 다소 다름

○ 물주기

- 육묘 초기에는 2~3일에 1회, 육묘 중기 이후에는 매일 1회씩 오전 중에 물을 주고 고온기에는 더 자주 관수함
- 가급적 물주기는 맑은 날 오전 중이 좋고, 물주는 양은 저녁 때 묘상의 상토 표면이 뽕양게 말라 있는 정도가 좋다. 관수에 사용하는 물은 병원균 등에 오염이 되었거나 수질이 낮은 것은 피하고 농업용수 관리기준에 적합한 것을 사용함

○ 광 환경 관리

- 겨울철에 육묘를 할 때는 햇빛이 부족하면 모종이 연약하고 웃자라 좋은 모종을 가꾸기가 어려우므로 가능한 햇빛을 많이 받도록 커튼, 보온 덮개 등을 일찍 열어준다. 그러나 한 여름철 육묘 시에는 30%정도 차광

○ 재배작형

작형	육묘일수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
촉성재배	60	Red	Red	Red	Red	White	White	White	White	White	Green	Yellow	Red
반촉성재배	90	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	White	White	White	Green
조숙재배	90	White	Green	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	White	White	White	White
시실억제	80	Red	Red	White	White	White	White	White	Green	Yellow	Red	Red	Red

마. 컨테이너형 육묘장 설계

(1) 육묘 환경 분석

□ 작물별 재배 주수 분석

- 작물의 재배 형태로는 노지, 비가림, 비닐온실, 유리온실 등이 있으며, 재배의 형태에 따라 작물을 재배하는 재식 밀도가 달라지는 것이 일반적임
- 본 보고서는 비닐온실 및 유리 온실에 적용하기 위하여 컨테이너형 육묘장을 설계하고, 재배 면적에 따른 육묘기의 형태 및 육묘 환경에 따른 시스템을 설계하는 것을 목적으로 함
- 재배 작물은 비닐온실, 유리온실 등에서 일반적으로 재배중인 작물을 선정하였고, 아래 표의 작물별 묘 소비량은 작물의 재식 거리 및 단위 면적당 필요한 묘의 수량을 농촌진흥청 작목 기술 정보를 참고하여 10a, 1ha, 10ha에 필요한 재식 주수를 산출함

[표 2-18] 대상 작물별 묘 소비량

구분	작물	재식거리	m ²	10a	1ha	10ha
엽채류	상추	20×20	16	16,000	160,000	1,600,000
	결구상추	30×30	9	9,000	90,000	900,000
과채류	가지	50×50	2	2,000	20,000	200,000
	토마토	100×30	4	4,000	40,000	400,000
	파프리카	100×30	3	3,300	33,000	330,000
	오이	100×30	3	3,000	30,000	300,000

□ 작물별 육묘 환경 분석

- 작물의 육묘 환경은 우량 묘를 생산하기 위하여 작물별 파종 및 육묘시 양액농도, 주야간 온도 관수량 등이 중요
- 대상작물인 엽채류와 과채류의 발아 및 육묘 조건은 아래 표와 같이 작물별로 상이함을 알 수 있음
- 일반적으로 엽채류의 경우 광 발아, 과채류의 경우 암 발아로 나뉨

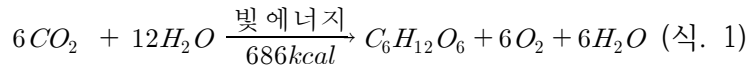
[표 2-19] 작물 별 환경 조건

구분		상추	결구상추	가지	토마토	파프리카	오이	
양액	발아	EC	0.6	0.6	0.6	0.0~0.1	0.6	0~0.1
		pH	6.5~7.0	6.0~6.5	6.4	5.8	5.5	6.0~6.5
	육묘	EC	1.5~2.0	1.5~2.0	2.0~3.0	2.0~3.0	2.8~3.0	1.6~2.0
		pH	6.5~7.0	6.0~6.5	6	5.8	5.5	6.0~6.5
온도	발아	주간	15~20	15~20	30~31	25	25	23~27
		야간	15~20	15~20	21~22	25	25	23~27
	육묘	주간	20~23	19~21	30~31	24	25	20~28
		야간	17~18	17~18	17~18	15	23~24	17~20
관수량	발아	주간	1.5~2.0	1.5~2.0	1.5~2.0	-	1.5~2.0	1.5~2.0
	육묘	주간	4.5~5.5	4.5~5.5	1.0~2.0	0.2~0.3	1.0~2.0	1.0~2.0

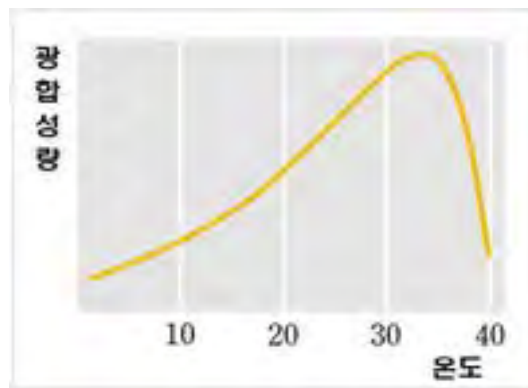
□ 육묘시 고려사항

○ 온도/습도

- 식물의 생육에 있어 외기 온도는 빛과 함께 광합성을 하는데 중요한 요소임



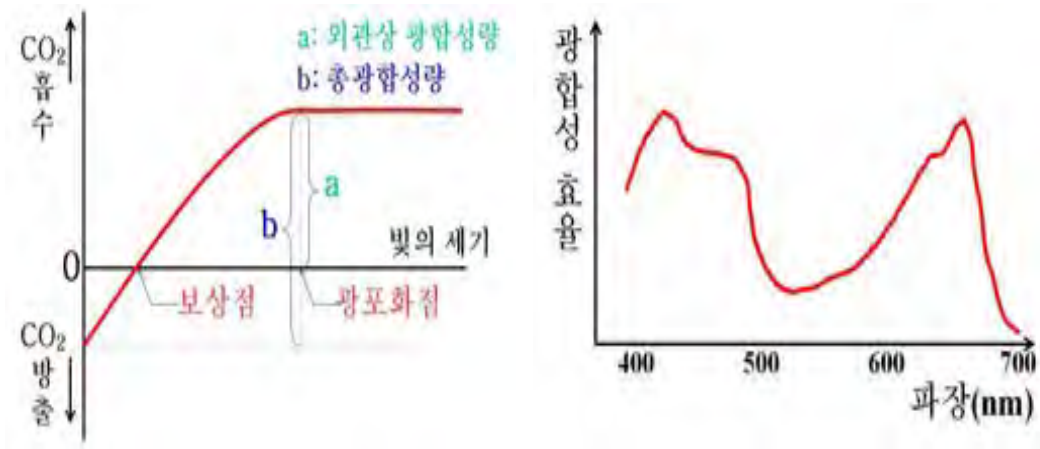
- 작물의 양육에 있어 온도는 발아, 생육에 중요한 요소이다. 작물의 성장 단계에 따라 적절한 온도를 작물에 제공함으로써 작물의 생육을 균일하게 할 수 있다. 작물 발아기 작물의 저온, 저온 장애를 받을 경우 묘의 품질이 저하되고, 이는 작물의 생산량에도 직접적으로 영향을 주는 중요한 요소임
- 온도가 낮거나 높을 경우 발아 장애를 일으키고, 생육간에도 온도의 영향을 받는데 지상부와 뿌리 부분의 온도에 따라 작물의 생육이 달라짐
- 일반적으로 온도가 올라감에 따라 광합성량이 증가하는 특성을 갖는다. 35도 이상에서는 광합성량이 현저히 감소하는 것으로 알려져 있음
- 따라서, 작물의 생육단계별로 적절한 온도의 유지가 필요함
- 식물이 광합성 작용을 할 때 대기의 습도에 따라 증산량이 달라진다. 일반적으로 고습(90%)일 경우에는 호흡량이 감소하여 광합성 효율이 저하되고, 고습에 의한 작물의 생리 장애를 유발할 수 있음
- 또한 건조할 경우에 역시 식물의 체내에 있는 습기가 외부로 유출되어 작물의 생육 장애를 일으키는 것으로 알려져 있음
- 따라서, 작물의 생육에 있어 적절한 습도의 유지하는 것이 작물의 성장에 중요한 요소임



[그림 2-44] 온도에 따른 광합성량

○ 빛

- 일반적으로 식물이 광합성에 사용하는 빛은 가시광선 대역(380~780nm)으로 작물 생육에 가장 큰 영향을 미침
- 식물의 광합성에서 엽록소가 반응하는 주요 파장으로는 적색, 청색광을 사용하고, 녹색광은 광 효율이 낮은 것으로 알려져 있음
- 광량이 증가함에 따라 광합성이 증가하나, 일정광량 이상에서는 더 이상 광합성량이 증가하지 않고 포화가 됨.
- 식물의 생육단계별 필요 광량이 상이하야, 적절한 광량을 식물체에 조사함으로써 광합성 효율 증대시킬 수 있으며, 식물의 생육단계에 따라 적당한 파장 및 광량을 조사로 작물 성장 효율을 증대



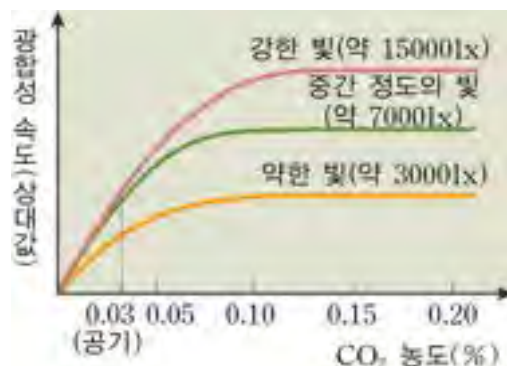
[그림 2-45] 광에 따른 광합성 효율(광량에 따른 광합성량(좌), 식물체 광흡수 스펙트럼(우))

○ 양분

- 식물의 생육단계에 따라 적당한 파장 및 광량을 조사함으로써 작물의 성장 효율을 증대시킬 수 있음
- 발아시에는 별도의 양분의 공급 없이 씨앗의 영양분을 이용하여 발아가 이루어짐
- 발아가 이루어진 이후 1~2엽이 발아하면 양분을 공급하여 묘의 생육을 촉진시켜 묘의 품질을 향상시켜야 함
- 식물의 성장에 필요한 영양소는 질소, 인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 철, 망간, 붕소, 아연, 규소 등이고 이중 다량 원소는 질소, 인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 황 등이고, 미량 원소는 철, 염소, 붕소, 망간, 아연, 구리, 몰리브덴 등이 있음
- 작물의 생육에 따라 적절한 양의 영양소를 공급하여 작물의 생육을 촉진시킬 수 있음
- 작물에 공급되는 양분의 결핍/과다에 따라 생리 장애를 유발함

○ 이산화탄소

- 이산화탄소 농도가 증가함에 따라 광합성량이 증가하는 것으로 알려져 있음
- 일반적으로 대기에는 300ppm 정도의 이산화탄소를 포함하고 있음
- 육묘시에는 별도의 이산화탄소의 공급 없이 작물을 키울 수 있는 것으로 알려져 있으나, 육묘기간이 상대적으로 긴 가지, 오이, 파프리카, 토마토의 경우에는 이산화탄소 시비를 통하여 묘의 품질을 향상시킬 수 있음



[그림 2-46] 이산화탄소 농도에 따른 광합성량

○ 재배 배드

- 묘 생육을 위한 공간으로 육묘에 필요한 광, 온도, 습도, 양분을 적절히 공급할 수 있도록 구성되어야 함

- 공간의 효율적인 활용을 위하여 환경조건을 만족하는 공간 활용 효율을 최대화 할 수 있도록 베드를 설치하여야 함
- 작물 간 온도/습도, 광량 등의 편차를 줄일 수 있는 구조로 제작되어야 함
- 양액이 작물에 충분히 공급되어 질 수 있도록 구성되어야 함
- 에너지를 효율적으로 사용할 수 있도록 하여야 함
- 환경 제어
 - 육묘기간 동안 작물의 생육환경을 자동으로 감지하고 상황에 맞는 온도, 습도, 양액공급, 이산화탄소 시비, 광량/광질 등의 제어를 위하여 필요함
 - 작물의 육묘 기간 주기에 맞는 적절한 환경을 설정하여 묘 생산 효율을 증대 시킬 수 있음

(2) 컨테이너형 육묘기 설계

□ 육묘용 컨테이너

- 육묘기를 구성하기 위하여 수출용 냉동 컨테이너를 사용하였음
- 컨테이너형 식물 공장의 경우 대부분 수출용 컨테이너를 사용하고 있는데, 수출형 컨테이너는 단열 처리가 되어 있지 않아 별도의 단열 처리가 필요하고 이에 따라 공간 활용도가 떨어지는 단점을 갖음
- 컨테이너 내부 온도를 유지하기 위하여 별도의 냉/난방 장치가 필요하여 설치 공간이 필요함.
- 냉동 컨테이너의 경우 단열처리가 되어 있는 구조물에 전용 냉/난방기가 설치되어 있어 단열 효율이 높을 뿐만 아니라 공간 활용도 우수함.
- 수출형 모델로 개발 시 컨테이너 단독으로 Shipping 가능하여, 운소비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라 컨테이너 사용 전원/전압이 다양하여 별도의 장치 없이 수출 대상국 어디서나 사용이 가능.
- 20ft 냉동 컨테이너의 경우 냉난방 전력이 최대 13Kw/hr로 저전력 운용이 가능하여 운영비용이 저렴함
- 40ft 냉동 컨테이너의 경우 냉난방 전력이 최대 22Kw/hr로 저전력 운용이 가능하여 운영비용이 저렴함.

[표 2-20] 냉동컨테이너 사양

구분		20ft	40ft
Size	외부 Size	6058X2438X2591	12,190X2438X2520
	내부 Size	5400X2200X2200	11,554X2,290X2,200
소비 전력	총 전력	13kw/hr	22kw/hr
	냉/난방	5.5kw/hr	7.5kw/hr
	LED조명	6kw/hr	12kw/hr
	양액	1kw/hr	2kw/hr
	자동제어	0.5kw/hr	0.5kw/hr
동작온도		-50°C ~ 60°C	
설정온도		-30°C ~ 30°C	
내부면적		11.88㎡	26.46㎡
내부용적		26㎡	58㎡

- 20ft, 40ft 컨테이너가 있어 시설 규모에 따라 선택이 용이하고, 표준화가 용이함
- 수출형 냉동 컨테이너는 $-30^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 까지 온도를 설정할 수 있으며, 설정 온도에 대한 내부 온도 편차는 최소 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 로 설정이 가능함



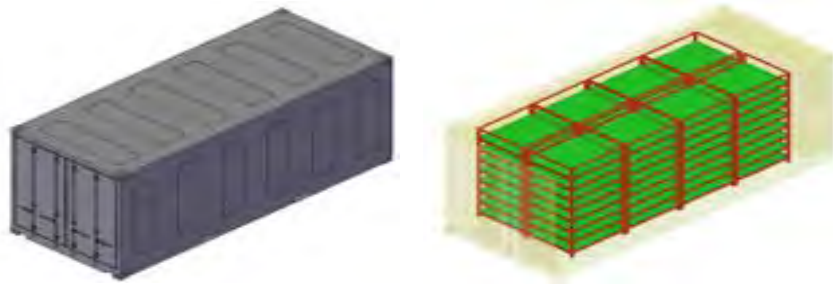
[그림 2-47] 컨테이너 종류(수출형 일반컨테이너(좌), 수출형 냉동컨테이너(우))

- 육묘용 컨테이너 육묘 주수
 - 엽채류인 상추, 결구 상추의 경우 재식 밀도가 높아 $1,300\text{주}/\text{m}^2$ 의 재식밀도로 육묘가 가능하고, 20ft 컨테이너에서 124,800주, 40ft는 249,600주의 묘를 생산할 수 있음
 - 엽채류의 경우 20ft 컨테이너를 이용할 경우 약 50a(1,500평)에 정식이 가능한 묘를 생산할 수 있으며, 1ha에 정식이 가능한 묘를 생산하기 위하여서는 40ft의 육묘기가 필요
 - 과채류의 육묘의 경우 이식이 필요한데 이식 전까지 육묘할 경우 144공의 암면 파종판을 사용하여 재식 밀도 $720\text{주}/\text{m}^2$ 를 생산할 수 있고, 이 경우 20ft에서는 23,040주의 묘를, 40ft에서는 46,060주의 묘를 생산할 수 있음
 - 과채류를 이식 후 정식까지 육묘할 경우 75X75mm 암면을 사용할 경우 $169\text{주}/\text{m}^2$ 로 20ft 컨테이너에서 5,400주, 40ft에서 10,800주의 묘를 생산할 수 있음
 - 과채류의 경우 이식 전까지 육묘할 경우 40ft 컨테이너에서 1ha에 정식이 가능한 묘를 생산할 수 있으며, 이식 이후 정식까지 묘를 생산할 경우 1ha에 정식이 가능한 묘를 생산하기 위하여서는 40ft 컨테이너 4~5대가 필요함

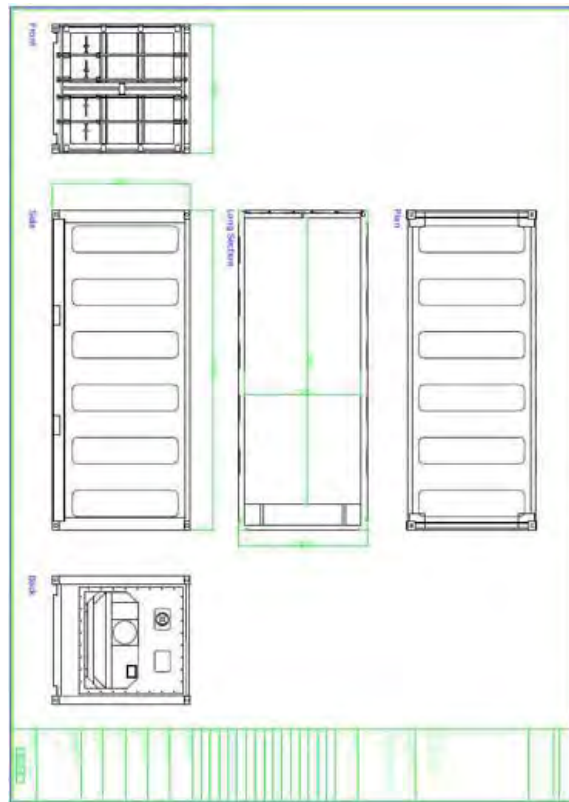
[표 2-21] 작물 별 육묘 주수

작물	육묘기간	사용포트	재배수량 (주/m ²)	재배단수	재배수량 (20FT/주)	재배수량 (40FT/주)
상추	15~20일	220구	1,300	10단	124,800	249,600
결구상추	15~20일	220구	1,300	10단	124,000	249,600
가지	55~60일	72구	400	4단	30,720	61,440
토마토	55~60일	72구	400	4단	30,720	61,440
파프리카	55~60일	72구	400	4단	30,720	61,440
오이	3개월	72구	400	4단	30,720	61,440

□ 육묘용 컨테이너 설계



[그림 2-48] 컨테이너 개념도(외관(좌), 육묘기 설치(우))

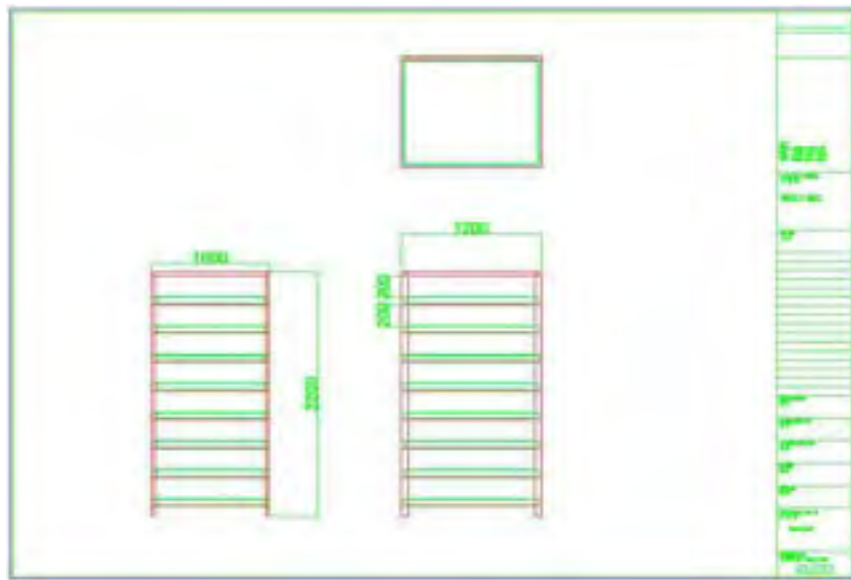


[그림 2-49] 20FT 냉동 컨테이너 도면

□ 육묘용 베드

- 육묘용 베드는 씨앗을 파종한 파종판을 적재하여 발아를 유도시키고 육묘기간동안 작물의 성장이 이루어지는 공간임
- 베드에는 육묘간 필요한 광을 제공하기 위한 LED 조명과 양분을 공급을 위한 양액 공급 장치가 설치되어 있도록 하였음
- 육묘용 베드는 가공의 용이성을 확보하고 작물별 단 높이 조절을 쉽게 하기 위하여 알루미늄 프로파일 30X60mm를 이용하여 제작하였음
- 씨앗이 파종된 파종판을 적재하고, 양액을 공급하는 베드는 스테인리스를 이용하여 제작하여 견고성을 확보하였으며, 양액의 산도에 영향을 받지 않도록 하였음
- 양액의 공급은 각 베드 하단에 설치된 양액탱크에서 양액공급 모터를 이용하여 상단에 양액을 공급하고

- 상단에 공급된 양액은 자연 낙하하여 아랫단으로 이동하여 양액을 공급하도록 하였음
- 작물의 성장에 필요한 LED 조명은 면 조명형태로 베드 하단부에 설치하고, 작물의 생육단계별로 광량을 달리하여 광을 공급할 수 있도록 하였음
- LED에 공급하는 전원은 DC 전원 사용하여 감전위험을 감소시켰으며 컨테이너 상단에 슬라이드 방식으로 설치하여, 베드 이동의 자율성을 확보하였으며, 공간을 효율적으로 사용하도록 하였다.
- 육묘 작물의 길이에 따라 베드를 추가하거나 제거하여 묘의 크기에 적응하여 베드를 운영할 수 있도록 하였음
- 베드 하단에 캐스터를 설치하여 컨테이너 내부에서 베드를 이동할 수 있도록 하여 육묘 종료시 작물의 이동이 용이하도록 하였음
- 또한, 엽채류와 같이 생육주기가 짧고 연속 생산을 하는 작물의 경우 육묘된 묘의 이동을 용이하도록 설계함



[그림 2-50] 육묘용 베드

- 양액 제어 공급
 - 양액탱크의 용량은 각 단에 공급되는 양액 총량의 1.5배 용량이 되도록 제작해야 함. 양액탱크의 용량이 작을 경우 작물 생육간 양액이 소비됨에 따라 양액공급모터 파손 우려가 있음
 - 각 베드에 공급되는 양액은 12~18L 정도이고 8단으로 베드를 설치할 경우 양액탱크의 용량은 250L정도의 양액탱크가 필요함
 - 또한, 육묘단계에서 양액의 공급은 우량묘 생산에 중요한 요소로 발아시와 육묘 생육시 양액의 농도를 달리해야 함
 - 일반적으로 발아시는 0~0.6mS/cm 정도의 양액을 공급하고, 육묘 단계에서는 2~4mS/cm 정도의 양액을 공급해야 함

[표 2-22] 작물 별 육묘간 양액 농도

구분		상추	결구상추	가지	토마토	파프리카	오이
발아	EC	0.6	0.6	0.6	0.0~0.1	0.6	0.0~0.6
	pH	6.5~7.0	6.0~6.5	6.4	5.8	5.5	6.0~6.5
육묘	EC	1.5~2.0	1.5~2.0	2.0~3.0	2.5~3.0	2.8~3.0	2.0~3.0
	pH	6.5~7.0	6.0~6.5	6	5.8	5.5	6.0~6.5

- 작물의 생육 상태에 따라 발아단계와 육묘 단계, 육묘 출하 단계의 양액 농도 및 양액 공급량을 제어하도록 하였음
- 양액의 EC와 pH는 각 베드에 설치된 센서를 통해 양액의 EC, pH를 측정하고, 양액탱크와 A액, B액, 산 등을 정밀 제어할 수 있도록 정량 펌프를 사용
- 온도 제어
 - 발아시 온도는 작물이 발아율을 결정하는 중요한 요소이다. 발아시 저온에 노출되면 휴면에 들어가고, 고온에 노출될 경우 씨앗이 썩는 현상이 발생한다.
 - 작물별 발아에 적합한 온도를 설정하면 발아율을 향상시킬 수 있음
 - 육묘시 저온에 노출되면 작물이 냉해를 입게 되고, 고온에 노출 될 경우 역시 생육 장애를 나타냄
 - 작물의 생육 단계별 주야간 온도를 설정하고 설정한 온도로 육묘기 제어

[표 2-23] 작물 별 육묘간 적합 온도

구분		상추	결구상추	가지	토마토	파프리카	오이
발아	주간	15~20	15~20	30~31	25	25	23~27
	야간	15~20	15~20	21~22	25	25	23~27
육묘	주간	20~23	19~21	30~31	24	25	20~28
	야간	17~18	17~18	17~18	15	23~24	17~20

- 이산화탄소 공급(필요시)
 - 발아/육묘시에는 대기의 이산화탄소를 이용해도 육묘에 별 지장이 없는 것으로 알려짐
 - 생육기간이 긴 가지, 토마토, 오이, 파프리카 등의 작물은 육묘 후반기에 500~800ppm 정도의 이산화탄소를 공급하여 묘의 품질을 향상시킬 수 있음
 - 이산화탄소 공급이 필요할 경우 컨테이너의 기류 순환 모터 부분에 이산화탄소를 공급하고, 제어기에 설치된 센서를 이용하여 이산화탄소를 공급할 수 있음
- LED 조명
 - 작물에 따라 발아시 광이 필요한 작물과 필요 없는 작물이 있음
 - 육묘기에는 일반적으로 생육기에 비해 적은 광이 필요
 - 광질(Red, Blue, White)의 비율에 따라 발아율, 육묘 상태가 많은 차이를 보이는 것으로 알려져 있음
 - 육묘 단계별 광량을 조절하여 육묘 초기에는 약광을 조사하고, 육묘 후반기에는 광을 충분히 조사하여 육묘 품질을 향상시킬 수 있도록 LED조명의 광량을 0~150umol/m²·s 까지 조절이 가능한 조명을 설치해야 함
 - 또한, 육묘시 광이 균일하게 작물에 조사될 수 있도록 조명이 설계해야 하며, 일반적인 조명의 경우 베드의

중앙과 가장자리 부분의 광량은 약 40% 정도 차이가 나타남

- 육묘기 내부는 습도가 높고, 엽면시비를 실시할 경우를 대비하여 방수기능을 갖는 조명을 사용함
- 작물별 광량 및 광질을 조절하여 육묘 품질을 향상시킬 수 있어, 육묘단계에서 작물별 광량, 광질에 대한 선행 연구가 필요

□ 환경 제어기

- 발아, 육묘기에 온도, 습도, 양액 조성, 이산화탄소 농도, 광량 등을 자동으로 제어할 수 있는 시스템 구비
- 현재 사용되고 있는 제어기는 PLC, u-Com 등을 이용함
- 환경제어를 위하여서는 환경 센서(온도, 습도, EC, pH, 광량센서)등을 이용하여 환경을 모니터링하고 설정 값과 비교하여 구동장치를 구동하는 방식으로 환경을 조절하여, 작물의 생육 조건을 제공함
- 또, IoT, ICT 기술이 도입되어 장치의 동작 여부, 환경 제어의 이상 유무를 사용자에게 통보하는 스마트팜 제어 시스템이 개발되고 있음

(3) 컨테이너형 육묘기 구축비용

- 육묘용 컨테이너 구축비용 산출
- 컨테이너형 육묘기를 구축하기 위하여 20ft 중고 컨테이너를 구입하는 것으로 하였고, 신품의 경우 25,000천원에서 30,000천원 정도로인데, 중고품이라 하여도 신품에 비하여 기능상 큰 차이가 없어 중고품을 사용함
- 육묘상 프레임은 60mm X 30mm 알루미늄 프로파일을 사용한다. 8단의 수반과 LED 조명의 하중을 견딜 수 있는 재질을 선정
- 컨테이너 내부에서 육묘상의 이동을 위하여 육묘상 하부에 케스터를 설치하고, 바닥에 레일을 설치
- 플러그의 거치 및 양액을 공급하기 위하여 스테인리스를 이용하여 수반을 제작한다. 양액은 일반적으로 약산성, 알칼리성 양액을 사용함으로 양액에 반응을 하지 않고, 견고한 재질을 선정
- 양액탱크는 각 육묘상에 양액을 공급하기 위하여 300L 규모로 제작하였다. 배관 및 배관 자재는 양액탱크의 양액을 수반에 공급하기 위하여 설치
- LED 조명과 전원공급기, 전기 재료는 육묘간 작물에 광합성에 필요한 광을 공급하기 위하여 설치한다. 육묘장 환경이 고습하고 경우에 따라 엽면시비를 할 경우를 대비하여 방수 성능을 구비한 제품을 사용
- LED 조명은 작물의 생육 단계별 광량을 제어할 수 있으며, 최대광량은 150umol/m²s 로 하였으며, 광질은 Red, Blue, White를 조합하여 제작하여야 한다. Red 와 Blue white는 별도로 광량을 조절할 수 있어야 됨
- 양액기는 작물에 필요한 양분을 조성하기 위하여 설치한다. 각 육묘상에 별도로 설치하여 재배 단계별 양액 조성을 달리하여 양분을 공급한다. 경우에 따라서는 통합 양액 공급 장치를 설치하여도 무방함
- 통합 환경 제어기는 육묘기의 동작을 제어하는 것을 목적으로 설치한다. 온도/습도, CO2 농도, 양액 조성 등을 모니터링하고, 제어하는 기능을 수행함
- 센서류는 육묘기 내부의 온도, 습도, EC, pH, CO2 등을 모니터링을 위하여 구성함
- Network 구성은 IoT, ICT 기능을 수행을 위하여 설치하고, 외부 원격 모니터링 및 제어 기능을 할 수 있으며, 육묘기 내부 영상을 모니터링 할 수 있음
- 아래 표는 컨테이너형 육묘기 제작에 필요한 순 재료비를 참고용으로 산출하였고, 육묘상의 구성(재배상의 단수), Network 구성, 모니터링, 제어항목에 따라 구축비용은 많은 차이를 나타냄.

[표 2-24] 20ft 컨테이너형 육묘기 구축 비용 (참고용)

구분	단가	수량	금액	비고
냉동 컨테이너	7,000	1	7,000	중고
프레임	594	8	4,752	
케스터	20	32	640	
레일	10	30	300	
수반	200	64	12,800	
양액탱크	300	8	2,400	300L
배관	5	36	180	
배관자재	10	50	500	
LED 조명	400	64	25,600	
전원 공급기	800	2	1,600	
전기재료	300	8	2,400	
환경제어	2000	1	2,000	
양액기	1500	8	12,000	
센서류	500	8	4,000	
Network 구성	2,000	1	2,000	
합계			78,172	순재료비

(4) 연구결과

- 작물의 생산에 있어 우수한 묘를 효과적으로 생산하는 것은 농가 소득 증대 및 노동력 절감을 위하여 매우 중요한 공정임
- 국내에서 많이 재배되고 있는 엽채류와 과채류에 대한 육묘환경을 조사하고 육묘를 할 수 있는 컨테이너형 육묘기 설계를 위한 요소기술 및 구성요소에 대하여 설명함
- 1ha에서 엽채류를 생산하기 위하여서는 40ft 컨테이너를 사용하여야 하고, 과채류의 생육 단계에 따라 필요한 컨테이너형 육묘장의 수량을 산출하였다. 이식 전 까지 육묘를 진행할 경우 1ha에 필요한 과채류를 생산하기 위해서는 40ft 1대가 필요하고, 이식이후 정식 전까지의 전 공정을 진행하기 위하여서는 4대의 컨테이너가 필요함
- 컨테이너를 효율적으로 운영하기 위한 육묘기를 20ft 컨테이너를 이용하여 설계하였다. 40ft의 경우 20ft 설계도를 기반으로 설계를 진행하면 무리없이 설계가 가능함
- 20ft 컨테이너를 제작하기 위한 재료비를 산출하였다. 순재료비 기준으로 80,000천원 정도 비용이 필요함을 확인하였는데, 이는 육묘장을 신축하는 비용보다 저렴함
- 컨테이너 육묘기를 효율적으로 운영하기 위해서는 작물별 작형을 적절히 선정하여 연중 가동율을 높힐 수 있는 방안을 모색하여야 한다. 단일품목을 생산할 경우 연중 가동율이 약 30% 정도임

3.2. 수출대상국 K-플랜트 설계 검증

3.2.1. 수출형 경량철골온실 표준모형 개발

(1) 개요

- 수출용 온실을 개발하기 위해 다양한 환경에서 사용이 가능한 포스맥 소재의 내재해형 경량철골온실을 기본으로 온실 구조 고도화를 위한 일체형 창호 개폐장치(부재)를 개발하여 저코스트형 경량철골온실에 부착하여 수출형 경량철골온실 표준모형 개발함

(2) 접근방법

- 수출형 경량철골온실 표준모형은 극한 환경에서도 견딜 수 있고 내구성이 좋은 포스맥 소재 내재해형 경량철골온실을 기준으로, 일체형 창호 개폐장치를 장착한 저코스트형 경량철골온실을 표준화하여 이를 K-Plant 표준모형으로 개발함
- 우리나라 농촌진흥청 (RDA)에서 개발보급하고 있는 내재해형 온실을 수출용으로 개발하기 위하여 수출대상 국가 및 국제 구조설계기준에 적합하도록 보완하고, 구조체(Structural Frame)의 자재 및 기초공법 등의 개선을 도모함

(3) 연구내용

□ 내재해형 경량철골온실 개발

(가) 개요

- 현행 온실의 효율성을 높이기 위하여 농진청에서 개발한 한국형 내재해형 온실을 기본으로 한 포스맥 소재 경량철골온실에 일체형 천창환기시스템을 장착한 온실로 개량


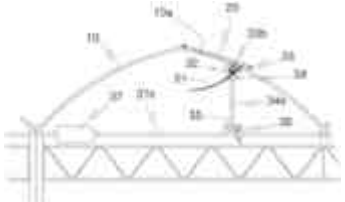
(나) 접근방법


- K-Plant 경량철골온실 표준모형은 한국형의 내재해형 온실을 포스맥 소재로 제작하여, 온실 천창 개폐구조를 일체형 창호개폐장치로 개폐가 가능한 온실로서 다연동 다창을 온실전체 1대 모터로 신속하게 개폐할 수 있어 온실의 재배환경을 온실 구조로 개선함

(다) 연구내용

- K-Plant 경량철골온실 표준모형 개발

[표 2-25] K-Plant 경량철골온실 표준모형

구분	세부내용	특징
온실구조	 <p style="text-align: center;">K-Plant 경량철골온실 표준모형</p>	<p>포스맥 소재 온실 내구성 50년 이상</p> <p>일반 강재 대비 . 강도 1.15~1.2 . 내식성 5배 . 내구성 1.7배</p>
일체형 창호 개폐장치		<p>환기성을 좋게 하여 농산물의 당도, 맛, 품질에 중요한 역할, 각종 균, 병해충 예방에 좋음</p>

구분	세부내용	특징
조립식		조립식 형태로 매뉴얼대로 시공하면 되므로 시공성이 향상되어 시공비 절감 가능
차별화 내용	온실의 천창환기시스템 구조 개량 한 개의 모터로 다연동 다창을 동시에 개폐 할 수 있게 환기시스템의 구조를 일체화	온실 전체를 1대의 모터로 신속하게 개폐

○ K-Plant 경량철골온실의 특징

- 포스맥 소재 경량철골온실은 조립식 구조물로 비전문가도 시공이 간편 시공이 가능한 조립식 구조로 온실 천창개폐를 모터 1~2대로 동시에 신속하게 개폐할 수 있음

○ 개선효과

- K-Plant 경량철골온실 표준모형은 포스맥 소재 경량철골 온실로 생산성은 일반 비닐 온실보다 높고, 유리온실에 비해서는 90% 정도이나, 설치비용은 유리온실 대비 50~60%로 가성비가 좋음

(라) 연구결과

- 한국형 내재해형 경량철골온실을 포스맥 소재의 일체형 창호개폐장치로 차별화한 내구성과 환경성을 개선한 K-Plant 경량철골온실을 개발함

□ 수출용 내재해형 온실 개발

(가) 개요

- 외국에 설치되고 있는 비닐하우스는 국제협력사업 (ODA)이나 민간의 해외농업 진출사업 등의 일환으로 추진되고 있으며 이들의 대부분은 국제 설계기준보다는 국내 구조설계기준을 바탕으로 설계되어 사업주관기관 나름으로 시공되고 있음
- 이에 우리나라 농촌진흥청 (RDA)에서 개발보급하고 있는 내재해형 온실을 수출용으로 개발하기 위하여 수출대상 국가 및 국제 구조설계기준에 적합하도록 보완하고, 구조체(Structural Frame)의 자재 및 기초공법 등의 개선을 도모함

(나) 접근방법

- 수출용 비닐하우스의 개발을 위해 국제농업협력사업의 일환으로 시행중인 필리핀 MIC 지구 농촌개발사업 (A Rural Development Project for MIC Zone in the Philippines)의 토마토 재배용 비닐하우스를 대상으로 함
- 필리핀은 아열대지역이므로 적설하중은 없으나 우리나라보다 태풍이 강력하므로 풍하중에 대한 안전성이 강화되어야 하며, 특히 필리핀의 풍속에 대한 평가시간은 3초 가스트 풍속을 기준으로 하고 있어서 국내의 10분 평균풍속기준과 차이가 있음
- 필리핀 MIC 지구 토마토 비닐하우스는 농촌진흥청의 내재해형 토마토 비닐하우스를 기본형으로 하여 풍속 $V(3초) = 250 \text{ km/h} = 69.4 \text{ m/s}$ 에 견디도록 하며, 구조체의 재료는 비닐하우스 구조용 형강 (SPVHS400 등)을 재질이 우수한 포스맥 형강 (PosMAC400)으로, 철근콘크리트 원통형기초를 강제 스파이럴 기초로

변경함으로써 구조안전성과 시공성을 강화하였음

(다) 연구내용

1) 국내외 온실 설계기준 및 표준도 현황

a) 국내 설계기준

- 원예시설의 구조안전기준 작성 (1995, 농어촌진흥공사): 비닐하우스 및 철골유리온실
- 온실 구조설계기준 및 해설 (1999, 농림부): 강구조 고정식 온실
- 원예특작시설 내재해형 기준 지정고시 (2007~2014, 6차, 농림축산식품부): 비닐하우스 온실
- 온실 구조설계기준 (안) (2015, 농촌진흥청)
- 한국형 유리온실 2형 10종 모델 (1994, 농촌진흥청)
- 표준형 유리온실 3형 5종 모델 (1997, 농어촌진흥공사)
- 농가보급형 자동화하우스 5종 모델 (1995, 2001~2003, 농촌진흥청): 현재 폐규격 시설
- 농가지도형 단동 13종 모델 (1998~2003, 농촌진흥청): 현재 폐규격 시설
- 원예특작시설 내재해형 규격 설계도·시방서 (2013~2014, 농림축산식품부): 35종 (연동 5종, 단동 19종, 광폭 8종, 과수 3종)

2) 국외현황 (국제 표준)

a) 미국 구조설계기준 및 매뉴얼

- 구조기준 (Standard for Design Loads in Greenhouse Structures), 미국온실협회 (National Greenhouse Manufacturers Association), 1968, 1975, 1994, 1996~
 - 미국 규격 협회 (ANSI)에 구조기준을 제출하여 ANSI A 58.1 에 채택
- 구조설계매뉴얼 (NGMA Structural Manual), NGMA, 2004: IBC (국제건축코드)와 ASCE 7에 따름

b) 네덜란드 구조설계기준

- 온실구조기준 (Greenhouse Structural Requirements), NEN 3859, 1978~
- 원예용시설안전구조기준, 일본시설원예협회 (JGHA), 1997, 2016 (개정)

c) 유럽 표준화 위원회 (CEN) 표준규격

- 온실 설계 및 시공기준 (Greenhouse: Design and Construction): EN 13031-1, 1997, 2017

2) 수출용 내재해형 온실 개발방향

a) 기본방향

- 수출용 내재해형 온실은 농촌진흥청 국립원예특작과학원에서 2007년부터 2014년까지 개발보급하고 있는 내재해형 비닐하우스를 수출대상 국가 및 국제적 구조설계기준에 적합하도록 보완하고, 구조체의 자재와 기초공법 등을 개선하여 한국형 온실의 국제적 신뢰도를 높인다.
- 온실은 재배작물별로 다양하므로 금번 개발에서는 세계적으로 널리 재배되고 있는 토마토를 대상으로 하였으며 이에 따라 내재해형 연동아치 비닐하우스 (1-2W형)를 개량한다.

b) 적용기준

- 온실 국제 구조설계기준: 일본 (JGHA), 미국 (NGMA), 유럽 (CEN), 국제 표준화기구 (ISO)

- 온실 구조체 자재: 비닐하우스용 아연도 강판 (SPVHS, KS D 3760, 신 강재 (PosMAC))
- 온실 기둥 기초: 강재 스파이럴 파일

3) 필리핀 대상 내재해형 온실 개발

a) MIC 사업 활용 개발

- 필리핀 MIC 사업은 ODA 사업의 일환으로 필리핀 미사미스 오리엔탈 도 (Province) 클라베리아군 (Municipality) 아포스카호이먼 (Barangay)의 농촌개발 (Multi Industrial Cluster)을 위해 토마토 재배용 그린하우스를 설치하는 사업임

b) 필리핀 온실 설계

- 온실 구조설계기준 (안) (RDA, 2015) 적용

[표 2-26] 한국과 필리핀의 그린하우스 설계기준의 차이점

구 분	필리핀, 미국, 호주	한국, 일본, 유럽, ISO	산출근거
풍속 평가시간 (ref. time)	3 초	10분	
온실 설계풍속	250 km/h (필리핀)	보통 30~40 m/s (한국)	PAES 415
다른 평가시간 환산계수	$v(3초) = (10분) / 1.46$		ISO 4354
설계풍속 환산 (3초-10분)	$V(3초) = 250 \text{ km/s} = 69.4 \text{ m/s}$, $V(10분) = 69.4 / 1.46 = 47.6 \text{ m/s}$		

○ 온실 자재의 차별화

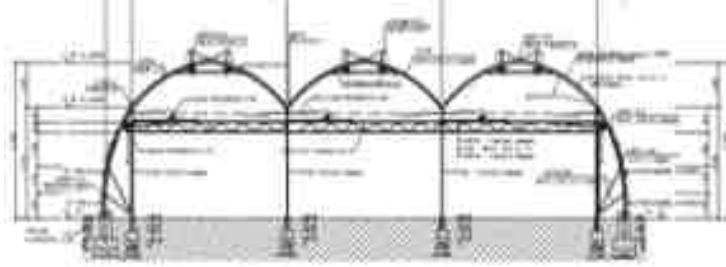
- 구조체 (Structural Frame): 내식성이 우수한 포스맥 형강 (PosMAC400) 사용, 용접부재 제외
- 기초: CONC 블록 → 강재 스파이럴 파일 (신속시공과 연약지반에 강함)

4) 연구결과

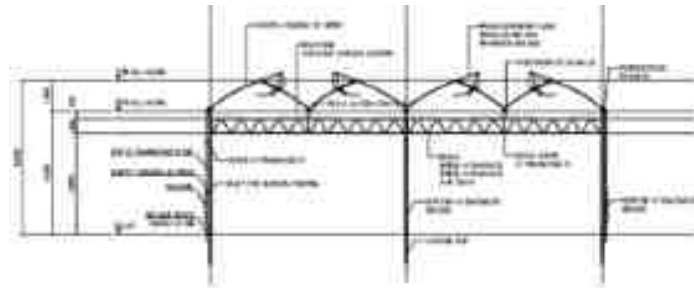
- 필리핀 설계기준의 적용하여 구조안전성을 확보하고, 자재의 품질과 시공성을 높여 수출용 내재형 온실을 개발함

[표 2-27] 필리핀 MIC 사업의 그린하우스 설계내역

구 분	농촌진흥청 (좌)	필리핀 (우)	
설계하중	풍속 40 m/s, 적설심 55 cm	풍속 50 m/s	
온실 크기	측고 4.5 m, 동고 6.5 m, 폭 7 m	측고 4.5 m, 동고 5.5 m, 폭 8 m	
부재	단면치수(mm)	단면치수(mm)	재료
-서까래	∅ 59.9*2.3 t	□ 30*30*1.5 t	포스맥
-트러스	□ 50*30*2.3 t	□ 75*50*2.3 t	아연도금
-내외기둥	□ 75*75*2.3 t	□ 125*75*2.3/3.2 t	아연도금
기초	콘크리트 원통형 (D=600)	강재 스파이럴 파일 (∅=100)	



[그림 2-51] RDA 12-연동- I형 비닐하우스



[그림 2-52] 필리핀 MIC 사업 토마토 비닐하우스

□ 수출형 경량철골온실 관련 부재 개발

(가) 개요

- 내재해형 경량철골온실은 한국형 내재해형 온실을 기반으로 포스맥 소재로 차별화 된 온실로서 풍하중, 설하중 등 하중조건이 다른 지역에 대하여 온실 구조를 보강하여 내해에 안전한 구조로 수출하는 모형을

(나) 접근방법

- 본 연구에서는 필리핀을 대상으로 구조 계산을 다시하여 한국형 온실구조를 보강하여 수출하는 모형을 만들기 위하여 필리핀의 태풍조건을 반영한 온실을 설계한 내용으로 한국형 온실을 보강함

(다) 연구내용

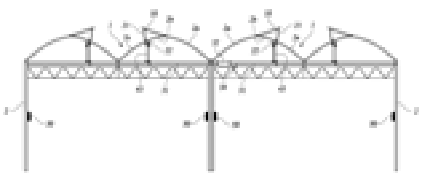
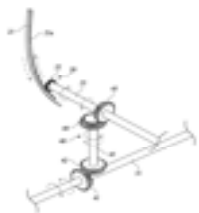
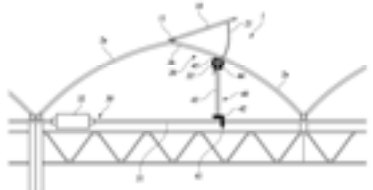
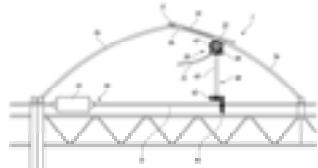
□ 일체형 창호 개폐장치 개발

(가) 개발 배경

- 기존의 온실의 천창환기 시스템은 각각의 환기창을 개폐하도록 설치되어 있어 각 개폐장치들을 구동시키기 위해서는 따로 모터 등의 구동수단을 설치하여야 하므로 시설비가 많이 소요되고, 장치를 구동시키는 데 많은 전기를 필요로 하는 단점이 있음

(나) 개발 내용

- 온실의 천창환기 시스템에 관한 것으로 상세하게는 1개의 모터로 다연동 다창을 동시에 개폐할 수 있게 하여 환기 시스템의 구조를 단순화함
- 공시에 개폐가 가능하게 되어 온실 내 고온의 발생억제와 환기를 좋게하여 병균이 발생을 억제하고, 고품질의 농산물을 생산할 수 있게 한 일체형 천창환기시스템 임
- 일체형 창호 개폐 환기시스템

천창환기시스템을 구비한 온실 정면도	창측동력전달부 확대도
	
	

○ 천창개폐 기능 비교

구분	일반 기술	개선 기술
기능	여러대의 모터로 베벨기어 작동	
베벨기어(1ha)	30 ~ 36대	60~72개 (2배 소요)
모터	수대로 분리	1대로 작동 가능
개폐 신속성	여러대의 모터를 사용하므로 천창 개폐에 시간차 발생	1대로 동시에 개폐 가능하여 신속하게 개폐가 가능함
시공비	동일	동일
환가성	개별개폐로 내부환기에 편차 발생	동시에 신속하게 개폐하므로 환기성 좋아짐

(다) 차별성

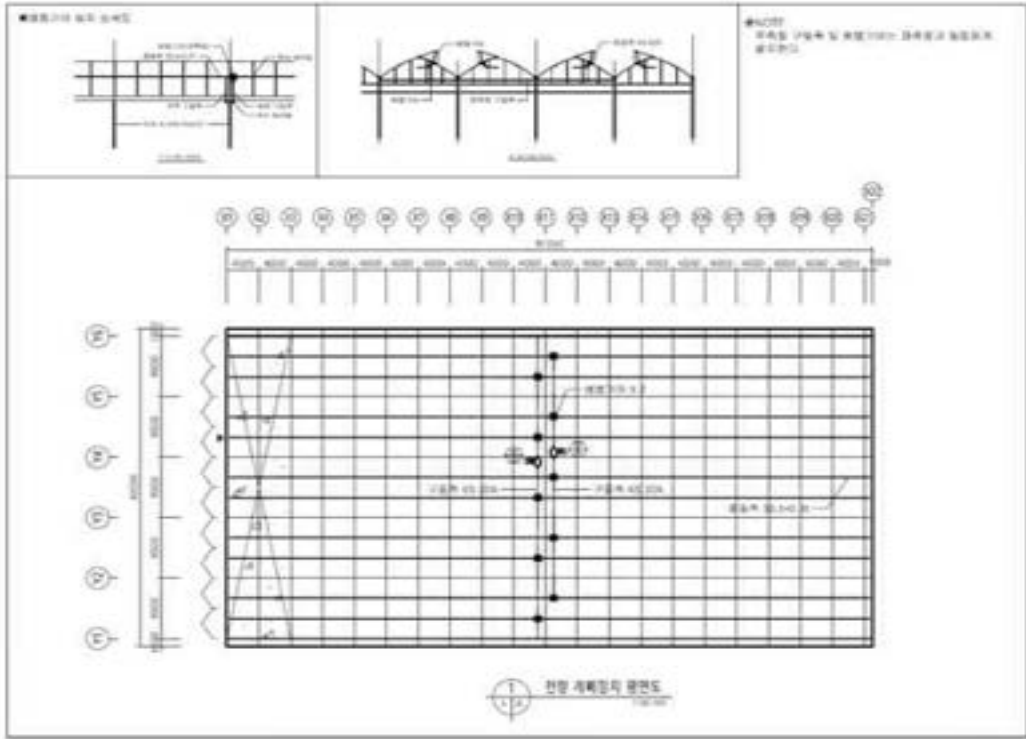
- 천창개폐정치를 1개의 모터로 다연동 다창을 동시에 개폐 할 수 있게 환기시스템 구조를 일체화하여 개폐 신속하게 하여 작물 생육에 필요한 환기성을 향상 시킴

(라) 개선효과

- 온실 내 고온 발생억제와 환기를 좋게 함
- 모터 한 대로 동시 개폐하므로 신속하게 개폐
- 천창환기시스템 동시 개폐로 온실내 환경 균일성 확보

(마) 연구결과

- 온실의 환기를 위해 설치되는 복수개의 환기창을 동시에 개폐가능하게 제어함으로써 장치를 단순화하여 시설비를 절감함과 아울러 장치의 설치 공간을 줄이면서도 보다 효과적으로 온실을 환기시킬 수 있도록 된 온실용 환기장치를 개발함
- 연구성과물 : 일체형천창환기시스템 구조설계도



□ 태양광부착형 경량철골온실 표준모형 개발

(가) 개요

- 전기 생산이 제한되거나, 전력망의 문제로 인해 전력 품질이 좋지 않은 지역, 또는 사막, 섬, 산간오지 같이 전원을 독립형으로 구축할 필요가 있는 지역 위치한 온실은 보조전원으로 태양광을 이용할 필요가 있음
- 온실에 공급되는 주 전원은 디젤엔진이나 기타 발전 방식으로 운용하고, 태양광은 에너지 절감 차원에서 보조 전력 생산원으로 이용하는 것이 필요함

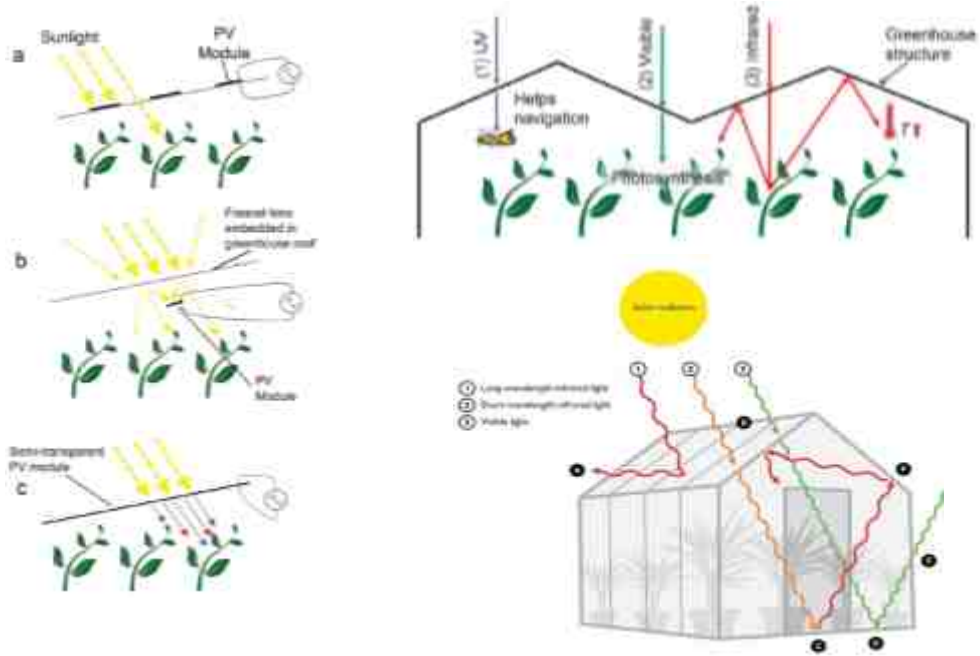
(나) 접근방법

- 본 연구에서는 사막이나 극한지역 뿐만 아니라 전기 생산이 제한되거나 전력망에 문제가 있는 지역의 스마트팜의 보조 전원공급원으로 이용할 수 있는 방법을 모색하기 위하여 수출용 경량철골온실에 태양광을 부착하는 방안을 검토하기 위하여, 국내외 태양광 부착 온실 사례, 논문 특허 등과 같은 문헌 조사 및 분석을 실시함

(다) 연구내용

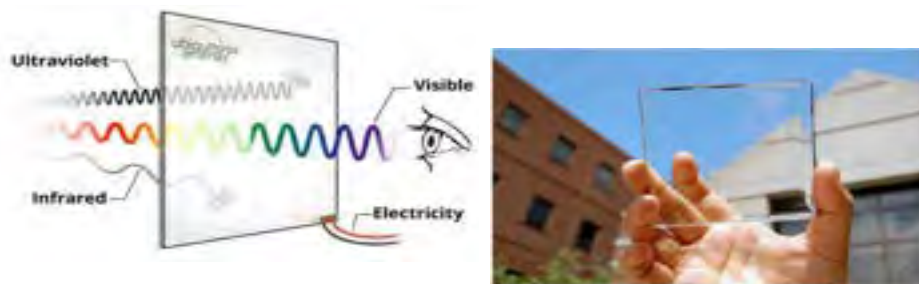
1) 태양광 부착형 온실 분석

- 온실에 태양광을 부착하는 방법은 태양전지(불투과, 반투과)의 종류와 부착위치에 따라서 다양한 형태가 있음
- (a) 부분적 태양광 부착형, (b) 온실 내부 태양광 위치형, (c) 반투과 태양광 부착형, 빛이 온실 내에 들어 올 때 빛의 산란 (오른쪽 위), 파장별 빛이 온실 내에 들어 올 때 빛의 유동 (오른쪽 아래)



2) 반투과 태양전지

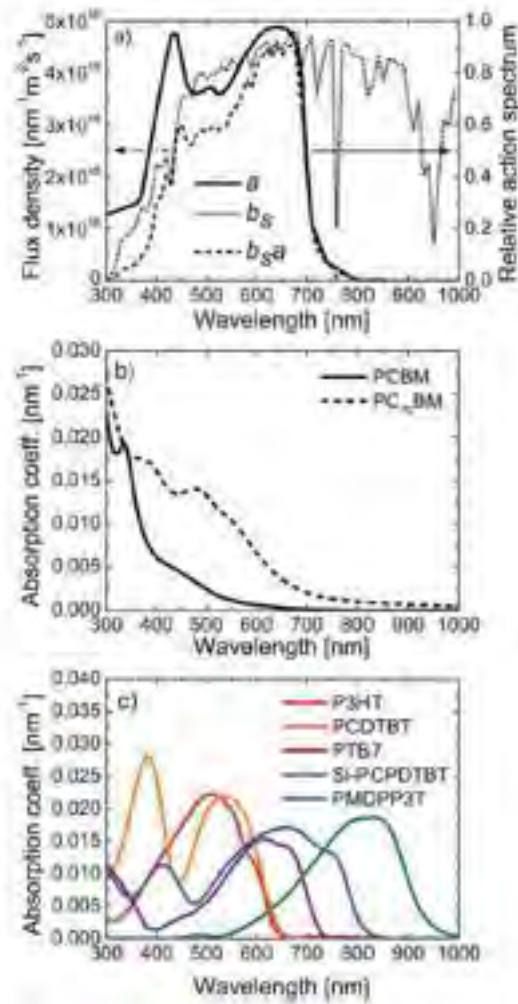
- 다음 그림 은 태양광 부착 온실의 다양한 형태와 빛이 온실 내에 투과되거나 산란되는 것에 대한 그림임
- 태양광 부착형 온실은 식물이 필요한 빛의 양에 따라서, 크게 (i) 불투명한 결정질이나 박막 태양전지를 부분적으로 붙이형태, (ii) 비정질 실리콘이나 유기태양전지를 전체나 부분적으로 붙이는 형태로 구분됨
- 빛이 온실 내로 투과되어 들어오면, UV 광선은 광합성에 영향을 주지 않고, VIS 광선은 식물의 광합성에 이용되고, IR 광선은 주로 산란 됨
- 또한, 앞서 언급한 3가지 파장은 온실의 재질 (유리, 비닐 등)에 따라서 매우 달라짐



[그림 2-53] 빛이 반투과 태양전지를 투과할 때 모식도 (왼쪽), 반투과 태양전지 셀 이미지 (오른쪽)

3) 반투과 태양전지와 부분 설치된 불투과 태양전지

- 다음 그림은 빛이 반투과 태양전지를 투과할 때 모식도와 반투과 태양전지 셀 이미지임.
- 다음 그림에서 보는 것과 같이 반투과 태양전지는 가시광선 영역의 특정 파장을 투과시켜 빛의 광합성에 충분한 역할을 할 수 있어, 태양전지 발전도 일어나고, 식물도 성장 할 수 있음



[그림 2-54] 다양한 태양전지 물질에 따른 빛의 흡수 파장 분석들

- 다음 그림은 다양한 반투과 태양전지 물질에 따른 태양전지의 빛 흡수 파장을 분석한 결과임. 다양한 물질의 조합이나 식물이 광합성에 필요한 파장을 조절하여, 다양한 색을 갖는 반투과 태양전지를 디자인하고, 식물 또한 성장시킬 수 있음



[그림 2-55] 분석으로 Si 태양전지를 유리 온실위에 부착한 예시

- 위 그림은 부분적으로 불투명한 Si 태양전지를 붙인 유리 온실의 예임. 이 경우 발전 효율은 상당히 상승하나, 온실 내에 작물은 잘 성장하지 못하는 결과를 얻음

4) 해외 태양광 부착 온실 기술 현황

- 태양광 부착 온실은 국내보다 해외에서 먼저 진행하였으며, 모듈의 무게 때문에 비닐이나 경량구조 온실보다는 구조가 튼튼한 유리온실 구조에 설치하는 경우가 대부분임



[그림 2-56] Sardinia에 설치된 가장 큰 규모 태양전지가 부착된 온실 단지 (20h, 20MW)

- 위 그림은 Sardinia에 설치된 불투명 태양전기가 부분적으로 부착된 온실단지로, 20ha에 20MW 규모의 발전을 하고 있으며, 발전된 전기는 온실에서 사용하지 않고 판매하고 있음
- 그 이유는 온실에 필요한 열량은 대부분 보일러를 이용하여 유지하며, 전기를 열로 전환하는데 손실이 있어 경제성이 없는 이유 때문임


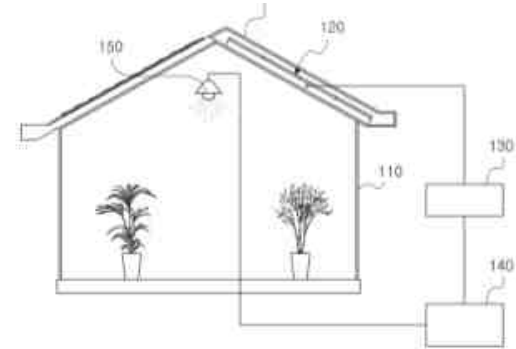
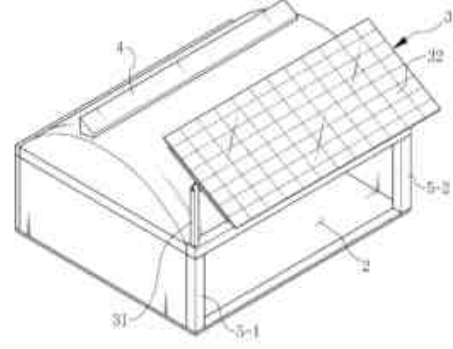


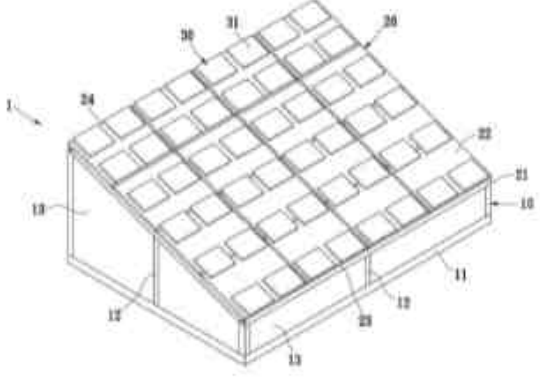
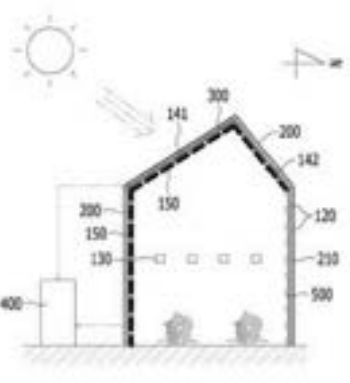
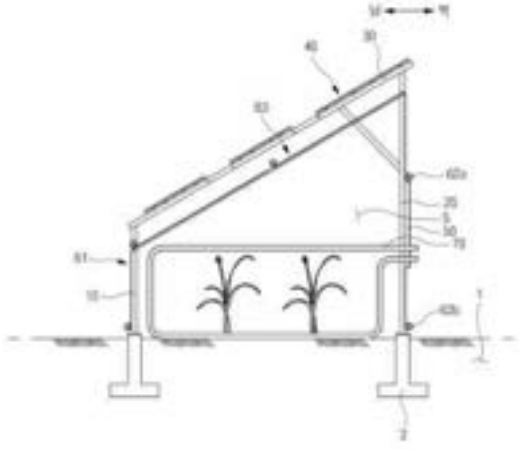
[그림 2-57] Soliculture에서 개발한 반투명 유기태양전지 부착형 온실 예

- 위 그림은 Soliculture사에서 개발한 유기 태양전지를 유리온실 위에 설치한 것으로 유기 태양전지는 붉은색 염료를 이용하여서 제조하였고, 변환효율은 5~7% 수준이며, 태양광 설치되지 않은 곳에 비하여 생산량은 80% 수준임

5) 국내 태양광 부착형 온실 기술 현황

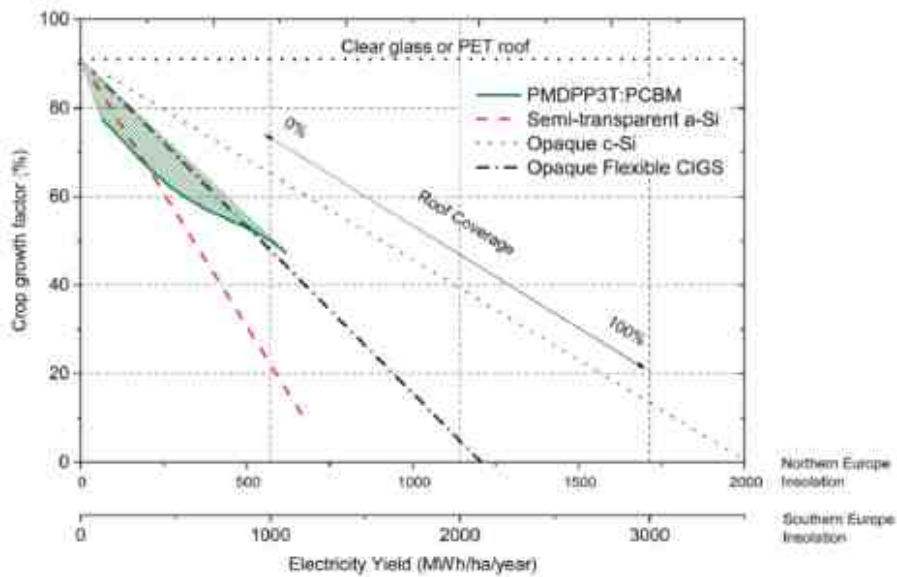
- 현재 국내에는 태양광 부착형 온실을 구현한곳은 없고, Testbed 형태로 소규모로 운영주이며, 모듈의 무게로 주로 유리온실 위에만 설치되어 있음
- 따라서, 국내 기술현황을 조사하기 위하여, 국내 등록된 특허조사를 아래와 같이 진행함

등록번호/ 출원정보/ 특허명	주요특허 내용
<p>10-1940739/ (주) 효성에너지/ 반투명한 태양전지를 이용한 온실</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ○ 반투명 태양전지를 부착된 온실, 지붕 및 측면에 태양전지 부착 ○ 반투명 태양전지는 염료감응형 태양전지 이용
<p>10-1338333/ 주식회사 이견창호/ 태양 전지 모듈을 구비한 유리 온실</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ○ 유리온실은 복층 유리 패널로 구성되고, 일면에 염료감응형 태양전지가 장착된 외벽으로 구성된 온실
<p>10-1291390/ 이은석/ 태양광 발전설비를 구비한 에너지 절감형 온실</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ○ 온실 측면에 태양광 모듈을 설치할 수 있는 구조를 구비한 온실 ○ 태양광 발전 공간에서 식물재배 불가능

등록번호/ 출원정보/ 특허명	주요특허 내용
<p>10-1153588/ 라이트온 그린테크놀러지스, 아이앤씨/ 태양에너지 온실</p>	 <p>○ 온실의 지붕위에 상호 간의 간격거리를 태양광의 조사각도 또는 온실 내부의 배치에 따라서 조절하여 태양광 발전과 식물재배가 동시에 가능한 온실</p>
<p>10-1945916/ 이도익/ 태양전지를 활용한 태양광 발전 온실</p>	 <p>○ 빛이 투과 가능한 유기태양전지를 온실의 지붕에, 유리온실 안쪽에 광확산 필름을 도포하여 식물의 재배 능력을 향상 시킨 온실</p>
<p>10-1094972/ 김선경/ 태양광모듈을 구비한 온실</p>	 <p>○ 온실의 지붕위에 상호 간의 간격거리를 태양광의 조사각도 또는 온실 내부의 배치에 따라서 조절하여 태양광 발전과 식물재배가 동시에 가능한 온실</p>

6) 태양광 부착형 온실의 경제성 검토

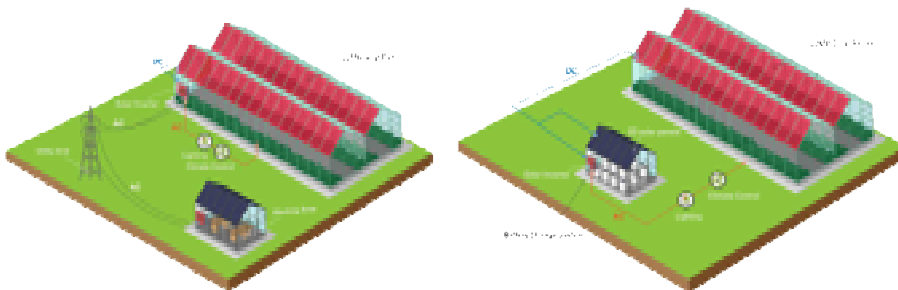
- 태양광 부착형 온실의 국내외 사례를 검토한 결과, 태양전지 모듈의 무게와 안전성을 고려하여, 주로 반투과 태양전지 (박막형, 발전 효율 5~7% 내외)과 유리온실 구조로 설치됨
- 경제성 확보를 위하여, 불투명한 태양전지 (결정형) 모듈을 이용하여 하나 (결정형 태양전지는 발전효율이 18~20%임), 무게를 감당하기 위한 구조의 보강이 반드시 필요하여서, 비닐온실 구조에는 적합하지 않고, 경제성 또한 없는 것으로 판단됨
- 다음 그림은 식물성장과 반투과 태양전지 부착면적의 상관관계임
- 부착면적이 적을수록 성장은 잘되고, 부착면적이 크면 성장이 잘되지 않으나, 이는 식물에 따라서 다르지만, 반투과 태양전지는 전반적으로 변환 효율이 낮아 전기 생산적인 측면에서 경제성이 없는 것으로 판단됨
- 일부, 음지식물처럼 광합성이 많이 필요 없는 식물의 경우, 불투명한 태양전지 (결정질) 모듈의 설치로 일부 경제성을 확보 할 수 있을 것으로 판단됨



[그림 2-58] 식물성장과 온실 위에 반투명 태양전지 부착 면적의 상관관계

7) 연구결과

- 태양광 부착형 온실이 적용 가능한 예시는 아래 그림과 같이 전력계통에 연계가 되지 않는 독립된 고립지나, 섬, 사막 등과 같은 경우 적용 가능할 것으로 판단되고, 온실 부착형 보다는 온실 옆 부지에 발전 효율이 높은 결정질 태양광 모듈을 설치하는 것이 더 효율적인 것으로 판단됨



[그림 2-59] 태양전지 부착형 온실의 전력 연계형 (왼쪽), 전력 독립형 (오른쪽)

□ 저코스트형 경량철골온실 표준모형 개발

(가) 개요

- 저코스트형 경량철골온실 표준모형은 수출형 K-Plant 온실 기본모형으로 코스트를 낮추기 위하여 PO 필름 피복재로 유리온실 수준의 생산성을 낼 수 있도록 설계된 수출용 온실모형임
- 저코스트 경량철골온실은 PO 필름 경량철골온실을 의미함 유리온실 대비 단가가 50~60% 수준이나 생산성은 유리온실의 80%~90% 수준임

(나) 접근방법

- 저코스트형 경량철골온실의 표준 모형은 유리온실보다는 가격이 저렴하고 가성비가 좋은 수출모형으로서 한국형 내재해형 온실에 물순환 기술, 양액재이용장치, 복합환경제어기 등을 장착하여 개발함

(다) 연구내용

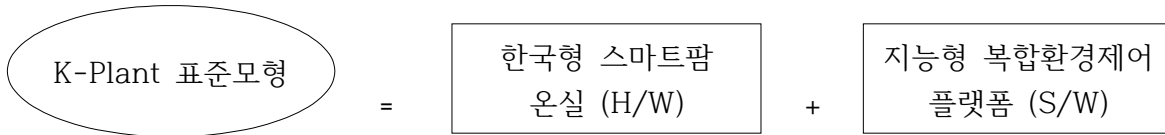
1) 한국형 스마트팜 수출 모형 K-Plant 개발

a) K-Plant 개요

- K-Plant 수출모형은 포스맥 소재의 내재해형 경량철골온실에 순환형 물공급기술, 고효율 에너지 공급시설을 구성하고, 이를 WEF 기반 복합환경제어장치로 관리하는 한국형의 스마트팜 수출 모형임

b) K-Plant 표준모형의 기술 범위

- K-Plant 표준모형에 적용하는 기술은 한국형 스마트팜 내재해형 경량철골온실과 작물 생육을 관리하는 지능형 복합환경제어 플랫폼 기술로 구성됨



○ WEF 기반 K-Plant 설계기술

- 포스맥 소재 경량철골온실에 차별화된 고효율의 WEF 기술을 적용한 온실
- 포스맥 소재 경량철골온실 : 강도 1.15, 내구성 1.7, 내식성 5배로 내재해성, 내구연한, 염분 등에 강한 포스맥 소재로 제작한 경량철골온실
- WEF 기술 : (W) 순환형물이용 + (E) 다중열원 히트펌프 + (F) 양액재이용
 - Water 기술 : 순환형물이용시스템
 - Energy 기술 : 다중열원 히트펌프 + 축열조 적용 기술
(기존 온실) 지열이용 히트펌프시스템(일반형)
(K-Plant 온실) 단일펌프형 지열히트펌프시스템
 - Fertilizer 기술 : 친환경 양액재이용 기술
(기존) 양액장치, 폐양액 버림
(K-Plant온실) 양액재이용 (UV, 플라즈마)

○ 지능형 복합환경제어 플랫폼 기술

- 지능형 복합환경제어 플랫폼은 WEF 기반 i-FDSS 복합환경제어시스템을 의미함
 - * i-FDSS란 Intelligent Farming Design Support System으로서 AI 기반 복합환경제어(Farming) + IoT기반 물관리시스템(Water) + 다중열원히트펌프시스템(Energy)을 API(Application Interface)로 연결한 지능형 스마트팜 운영관리

시스템을 말함

- (W) IoT 기반 물관리시스템 : ICT 자율형 물관리시스템(나래트랜드)
- (E) 에너지 공급시스템 : 단일펌프형 지열히트펌프시스템
- (F) 복합환경제어시스템
 - 일반형 복합환경제어 : 반딧불이, GIGA, 청오엔지니어링 청오팜 등
 - 지능형 복합환경제어 : WEF 기반 지능형 의사결정시스템 (i-FDSS)

2) K-Plant 수출모형 분류

○ 개발방향

- 저코스트형 경량철골온실 표준모형(이하 K-Plant 보급형 수출 모형)은 내재해형 경량철골온실을 기반으로 한 수출형 경량철골온실 표준모형으로서 “K-Plant 보급형 수출모형”과 “K-Plant 지능형 수출모형”으로 구분하여 개발함
- K-Plant 보급형 수출 모형”은 포스맥 소재 경량철골온실과 기존 물공급 기술과 에너지 기술을 기존 복합환경제어장비로 생육을 관리하는 모형임
- 차별화 기술은 포스맥 소재 경량철골온실과 순환형 물공급기술, 일체형펌프 지열히트펌프 기술이며, 2세대 스마트팜 복합환경제어시스템을 적용한 부분은 기존 기술에 해당함
- “K-Plant 지능형 수출모형”은 온실 순환형물공급기술과 고효율 에너지장치(일체형펌프 지열에너지시스템)를 연결한 WEF 기반 복합환경제어장비로 생육을 관리하는 모형임
- 차별화 기술은 순환형 물공급기술, 일체형펌프 지열히트펌프기술, WEF 기반 스마트팜 복합환경제어시스템이 차별됨

○ K-Plant 수출모형 분류 결과

- K-Plant 수출모형을 기존 장비를 이용하여 수출하는 보급형 스마트팜 모형과 개발 기술을 이용하여 수출하는 WEF 기반의 지능형 스마트팜 모형으로 분류함

[표 2-28] K-Plant 수출모형 분류결과

수출모형	수출 모형 설명
K-Plant 보급형 수출 모형 (K-Plant A형)	<ul style="list-style-type: none"> - 정의 : 한국형 내재해형 온실구조에 포스맥 소재와 기존장비 W-E-F 기술을 적용한 수출 모형 - 기술수준 : 적정기술 스마트팜, 1.5 세대 - 온실구조 : 한국형 온실 구조에 한국형 온실 구조에 포스맥 소재 적용 - Water : 양액재이용 기술 적용 - Energy : 현지맞춤형 고효율 에너지 기술 적용 - Farming : 기존 복합환경제어장비 적용
K-Plant 지능형 수출 모형 (K-Plant B형)	<ul style="list-style-type: none"> - (개념) 한국형 경량철골온실구조를 포스맥 소재에 금회개발 W-E-F 기술을 적용한 수출 모형 - 기술수준 : 지능형 스마트팜, 2세대 - 온실구조 : 한국형 내재해형 온실구조에 포스맥 소재 적용 - Water : 순환형물이용, 양액재이용, 근권부 관수 - Energy : 현지맞춤형 고효율 히트펌프 기술 적용 - Farming : 지능형 복합환경제어시스템 적용

3) 수출용 저코스트 경량철골온실 선정

a) 목표

- 경제적(저비용/고효율)이며 환기성이 좋고 자동제어 및 복합환경제어가 가능하며, 냉난방, 냉방, 물, 전기 등 에너지 절감형 온실을 구현하기 위하여 내구성, 환기성 및 생산성을 고려한 경량철골온실의 설계

b) 온실타입별 주요 특징

- 일반적으로 대형온실에서 적용하는 형태는 유리온실이며, 유리온실의 단점인 과도한 초기투자비용을 보완하기 위해 경량철골온실 형태를 국내외 업체들이 많이 제안하고 있음
- 이러한 경량철골온실에는 유리를 제외한 다양한 피복재를 적용할 수 있으므로 활용가능성이 높음. 또한 최근 나오는 ETFE(불소수지)나 PMMA(아크릴복층판) 같은 피복재를 적용하면, 광투과율과 난방효과를 높일 수 있음
- 비닐하우스는 국내 일반농가에서 많이 적용하고 있는 방식으로 투자비용이 적은 장점이 있으나, 정밀한 내부환경관리가 어려워 고품질의 작물을 생산하기 어려운 단점이 있음

[표 2-29] 온실타입별 주요특징

구분	유리온실	경량철골온실	비닐하우스
골 조 재	각관 또는 H빔형철골	각관형 철골	철재파이프
피 복 재	투명 판유리	불소수지 필름, PO	PO, PE 등
광투과율	90~95%	90% 이상	80% 내외
설치비용	90~110만원/3.3㎡	70~80만원/3.3㎡	25~30만원/3.3㎡
주요특징	투광성, 내구성, 안전성 초기투자비용 과다	투광성, 안전성 피복재 교체비용 부담	설치용이, 비용 저렴 투광성 낮음

참고 : 한국농수산대학 채소과정 발표자료, '온실구조환경 및 내재해형 규격시설', 2015

* 설치비용은 1ha를 기준으로 산정된 금액임

c) PO필름 경량철골온실 선정 사유

- 연중 온도편차가 30도 이상 되는 지역은 필름형태의 온실이 적합함
 - 세계의 기후와 적용 온실과의 관계
 - 네덜란드는 위도가 높은 곳에 있지만, 북부 지역은 북해의 난류와 편서풍의 영향을 받는 해양성 기후로 1년 내내 온화한 편임. 여름과 겨울의 기온차는 작지만, 날씨는 변하기 쉬움. 다음 그림과 같이 겨울 평균온도는 [1월:2.8도], [2월:3도], [12월:4도]로 최저기온과 최고기온의 편차가 20.7도 정도임.
 - 한국과 비교하여 온도가 추운편이 아니며, 한창 더워지기 시작하는 한여름 평균온도는 15~17도를 크게 벗어나지 않음.
 - 한국과 비교하면 초봄날씨 정도이며, 습하지 않고 건조한 편임.
 - 이러한 기후적 특성을 반영한 네덜란드의 벤로타입 온실은 보온과 환기보다는 최대광량을 확보하기에 최적화된 온실이라고 볼 수 있음
(참고 : <https://ko.climate-data.org>)
 - 다음 표는 우리나라를 비롯하여 주요국가의 30년간 연평균 기온을 나타냄
 - 유럽 주요국가들의 편차는 25도 전후이며, 우리나라와 중국은 35도 이상, 일본과 노르웨이는 28도 이상, 동남아시아 국가인 말레이시아와 베트남은 10도 초반으로 나타남
 - 지역별 연간 온도편차가 특색이 있음
- (※ 온실이 설치되는 지역이 도심지역이 아니며, 지역/연도별로 기온의 차이가 발생할 수 있음)

[표 2-30] 세계 주요국가의 기간별 최적기온과 최고기온

요소	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	편차1)
대한민국 서울(47108), 37°34'N 126° 58'E 85m, [1971년 ~ 2000년 평균값] ²⁾													
최저기온(°C)	-6.1	-4.1	1.1	7.3	12.6	17.8	21.8	22.1	16.7	9.8	2.9	-3.4	35.6
최고기온(°C)	1.6	4.1	10.2	17.6	22.8	26.9	28.8	29.5	25.6	19.7	11.5	4.2	
중국 베이징(54511), 39° 56'N 116° 17'E 55m, [1961년 ~ 1990년 평균값]													
최저기온(°C)	-9.4	-6.9	-0.6	7.2	13.2	18.2	21.6	20.4	14.2	7.3	-0.4	-6.9	40.2
최고기온(°C)	1.6	4	11.3	19.9	26.4	30.3	30.8	29.5	25.8	19	10.1	3.3	
일본 도쿄(47662), 35° 41'N 139° 46'E 36m, [1971년 ~ 2000년 평균값]													
최저기온(°C)	2.1	2.4	5.1	10.5	15.1	18.9	22.5	24.2	20.7	15	9.5	4.6	28.7
최고기온(°C)	9.8	10	12.9	18.4	22.7	25.2	29	30.8	26.8	21.6	16.7	12.3	
말레이시아 쿠알라룸푸르(48647), 3° 07'N 101° 33'E 22m, [1971년 ~ 2000년 평균값]													
최저기온(°C)	22.5	22.8	23.2	23.7	23.9	23.6	23.2	23.1	23.2	23.2	23.2	22.9	10.7
최고기온(°C)	32.1	32.9	33.2	33.1	32.9	32.7	32.3	32.3	32.1	32.1	31.6	31.5	
베트남 호치민(48900), 10° 49'N 106° 40'E 19m, [1906년 ~ 1990년 평균값]													
최저기온(°C)	21.1	22.5	24.4	25.8	25.2	24.6	24.3	24.3	24.4	23.9	22.8	21.4	13.5
최고기온(°C)	31.6	32.9	33.9	34.6	34	32.4	32	31.8	31.3	31.2	31	30.8	

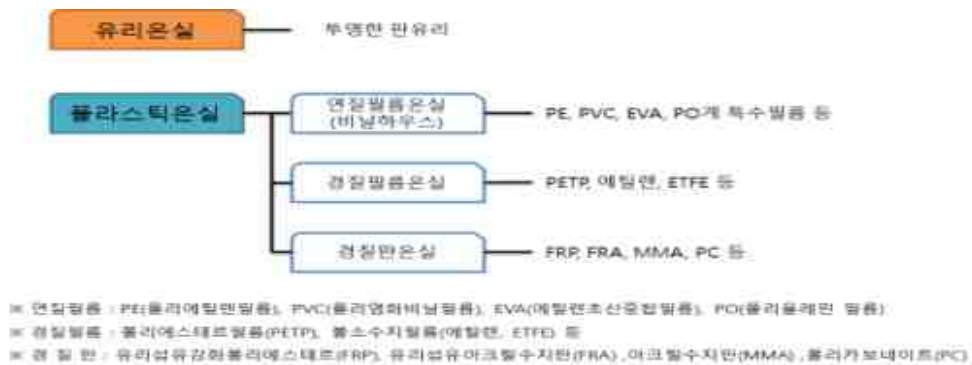
출처 : 기상청 세계기후자료 (http://www.kma.go.kr/weather/climate/average_world_monthly.jsp)

주1) 편차 : 최고기온 중 가장 높은값과 최저기온 중 가장 낮은값의 차

주2) 구분 : 국가-도시(코드)-측정위치-측정기간 순으로 구분됨

d) 피복재 선정

- 온실을 피복재별로 구분하면 크게 유리온실과 플라스틱온실로 구분할 수 있으며, 플라스틱온실은 피복재 타입에 따라 연질필름(비닐하우스), 경질필름, 경질판온실로 구분됨. 각 피복재별 주요 성능과 가격에 편차가 있음. 그러므로 온실의 목적에 맞는 피복재를 선정해야 하며, 주자재와 부속자재 및 시공하자 발생 가능성이 낮은 소재를 고려하여야 함



[그림 2-60] 온실 피복재별 구분

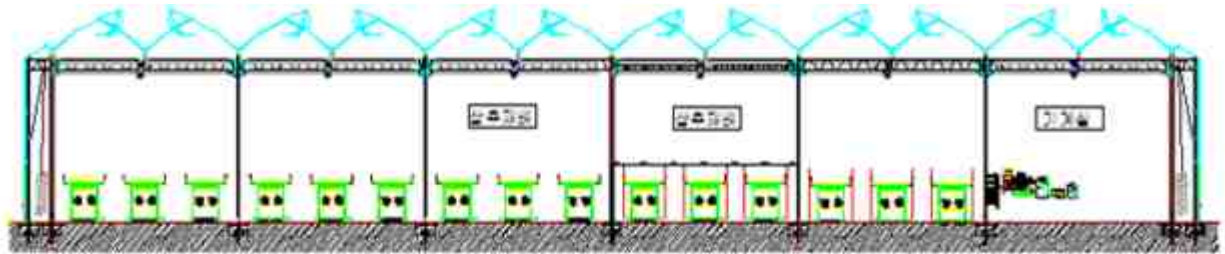
참고 : 한국농수산대학 채소과정 발표자료, '온실구조환경 및 내재해형 규격시설', 2015

e) 경량철골온실 적용기술 및 단가

○ K-Plant는 내구년수 50년 이상의 온실 구조로 계획하기 위하여 한국형 신소재인 포스맥을 채용함

[표 2-31] 경량철골온실 적용기술 및 단가비교

구분	경량철골온실			경량파이프 구조온실	적용기술
	유리온실	PO 필름온실	불소수지		
온실형태				-	일체형개폐장비
온실구조	포스맥소재의 한국형 내재해형 온실 (농림수산식품부 고시)			일반강재 온실	포스맥 소재 내재해형 온실
피복재	유리	PO 필름 적용			유리 및 PO 필름
내구성	반영구적(30년)	7~8년	반영구적	15년	
평당가격 (만원)	100	50~60	60~70	20~30만원	



[그림 2-61] 경량철골온실

□ K-Plant 시스템 시설 및 장비 구상

(가) K-Plant A형

○ 시스템 구성

- 포스맥 소재의 한국형 경량철골온실에 다운수원이용 순환형물이용시스템과 다중열원 히트펌프로 냉난방을 이용한 온실에 복합환경제어시스템으로 작물재배가 가능한 온실

○ 적용기술

- 한국형 스마트팜 온실에 포스맥 소재 및 일체형 창호 개폐장치 적용
- Water-Energy-Farming 기술을 적용
- 장비는 기존 장비 적용하여 설계

[표 2-32] K-Plant 보급형 스마트팜 시설 및 장비

구분		적용기술
K-Plant 수출모형 A형		
온실구조		포스맥 소재 내재해형 경량철골온실
시설 및 장비	Water	순환형 물이용시스템 및 관수장비
	Energy	패시브 시스템: 포그, 차광막, 보광등
	Fertilizer	양액재이용 장치 (기존 장비)
운영 시스템	Farming	복합환경제어장비
	Water	PLC 제어방식 및 관수제어 시스템
	Energy	복합환경제어 연계 활용
	Fertilizer	양액재이용 장치 운영시스템(스마트폰, 소프트웨어)

(나) K-Plant B형 시설 및 장비 구성

○ 시스템 구성

- 포스맥 소재의 한국형 스마트팜 온실에 순환형으로 물이용이 가능하고 다중열원 히트펌프로 냉난방이 가능한 온실구조와 지능형 복합환경제어시스템으로 구성

○ 기술 범위

- 한국형 스마트팜 온실에 포스맥 소재 및 일체형 창호 개폐장치 적용
- Water-Energy-Farming 기술을 적용하여 설계 (비교 설계)
- 지능형 시설 및 장비는 개발 기술 및 장비 적용

[표 2-33] K-Plant 지능형 스마트팜 시설 및 장비

구분		적용기술
K-Plant 수출모형 B형		
온실구조		포스맥 소재 내재해형 경량철골온실(일체형 창호개폐장치)
시설 및 장비	Water	순환형물이용시스템 빗물집수, 물공급장치, 물공급배관, 배수관, 지하 저류지, 정수장치
	Energy	패시브 시설 : 포그, 차광막, 보광등 액티브 시설 : 다중열원히트펌프 제어장치 (펌프일체형 지열냉난방시스템, 펌프1대로 수개의 관정이용가능)
	Fertilizer	양액재이용장치 (미생물 공급)
운영 시스템	Farming	지능형 복합환경제어시스템
	Water	ICT 기반 자율 물순환 시스템
	Energy	지열히트펌프 제어시스템(온실 에너지관리 시스템)
	Fertilizer	양액재이용시스템(미생물 포함)

(다) K-Plant 권역별 수출모형 개발

1) 권역별 수출모델의 필요성

- 한국형 스마트팜을 해외에 수출하기 위해서는 수출대상국 여건에 맞는 온실과 물 및 에너지 관리기술, 생육관리 기술이 필요함
- 한국형의 온실을 상대방의 기후, 물, 에너지 공급 등 제반 여건을 고려하지 않고 수출할 경우 온실의 생산성증대, 자원저감, 노동력저감 및 친환경 재배기술을 확보하는데 한계가 있으므로 그 나라의 여건에 맞는 온실을 개발하여 제공할 필요가 있음

2) 권역모델 개발 방향

- 개발목표 : 스마트팜 2세대 모델에 WEF 기술을 연계하여 생산이 높고 설치 및 운영 비용이 적게 드는 저비용의 수출모델이 필요함
- 성능목표 : 생산성 향상, 자원 저감, 노동력 저감, 친환경 재배



[그림 2-62] 스마트팜 세대 구분

- 핵심기술 : 복합환경제어, 고효율 냉난방장치, 양액재이용, 자동화 재배공정



[그림 2-63] WEF 기반 지능형 환경제어시스템 개발 방향

3) 권역별 모델개발을 위한 기후 분석

a) K-Plant 개요

- 경량철골온실 수출모형 개발을 위하여 동북아시아, 동남아시아, CIS&러시아, 중동 등 4개 권역에 대하여 기온(최고~최저) 온도편차, 일평균 최저기온, 일평균 최고기온, 강수량, 강우일수 등 기후분석 항목을 바탕으로 모형을 구상하였음

a) 권역별 기후조건 분석

- 스마트팜 열원설비는 외기에 따라 냉난방 비중과 에너지원에 따라 열원설비 구성이 달라지기 때문에 중앙아시아, 동남아시아, 중동, 동북아시아의 4개 권역에 대하여 기후 조건을 검토하였음

□ 중앙아시아

- 중앙아시아는 우즈베키스탄, 카자흐스탄, 키르기스스탄, 타지키스탄, 투르크메니스탄 5개국을 대상으로 분석하였으며, 온대성 사막 및 반사막 지역이 많은 지역으로서 독특한 대륙성 건조 및 반조건 기후를 띠며, 여름은 덥지만 청명하고 건조하며, 남쪽 지역의 겨울은 습도가 높고 비교적 따뜻하나 북쪽지역의 겨울은 춥고 된서리가 내리는 지역임
 - 강수량은 중앙아시아 대부분에 걸쳐 봄에 최대치에 달한다.

- 중앙아시아 국가는 가스 공급 인프라가 잘 발달되어 가스 요금이 저렴한 반면 전력 수급은 불안정한 상태임
 - 중앙아시아는 히트펌프식 보다는 가스를 열원으로 사용하는 가스 보일러, GHP, 열병합 설비가 적합할 것으로 판단됨
 - GHP는 소용량으로 소/중규모에 적합하며, 열병합 발전의 경우 온실에 필요한 전력량을 기준으로 장비를 선정하고 열부분의 부족분은 보일러 등으로 대체함이 적절함

[표 2-34] 중앙아시아 기후 분석

구분	국가	기후 여건 분석 결과
중앙아시아	우즈베키스탄	<ul style="list-style-type: none"> ○ 우즈베키스탄은 사막형 대륙성기후에 속하기 때문에 국토의 대부분이 연중 매우 건조하며 여름은 건조로서 열대공기의 영향으로 매우 뜨겁고 건조하며 비가 거의 내리지 않음 ○ 반면 겨울에는 우기로 비와 눈이 자주 내려 비교적 습도가 높으나 강수량은 적은 편이고 추운 기후임
	카자흐스탄	<ul style="list-style-type: none"> ○ 계절변화가 뚜렷한 대륙성기후로서, 겨울은 춥고 여름은 더우며, 특히 평원과 골짜기 지역에 그 특징이 심하게 나타남 ○ 연평균 강수량이 북부가 약 250mm, 남부 산악지대가 450mm에 이르지만 사막은 비가 훨씬 적게 내림. 스텝과 사막이 대부분의 지역에 걸쳐 있음
	키르기스스탄	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주변의 카자흐스탄이나 중국과 달리 국내에 사막은 존재하지 않고, 이 지역은 천혜의 기후를 가지고 있음 ○ 하계에 비가 적은 온대의 지중해성 기후에 해당함, 산지는 아한대 습윤기후이고, 특히 고지대 고산기후를 나타냄
	타지키스탄	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고산기후에 속하며 바다의 영향을 거의 받지 않는 대륙성 기후임 ○ 수도 듀산베의 경우 1월 평균 기온 -3°C, 7월의 평균기온은 25°C임. ○ 한여름에는 때때로 일 최고 기온이 40°C를 넘을 때도 있고, 겨울에는 -20°C의 혹한이 올 때도 있음
	투르크메니스탄	<ul style="list-style-type: none"> ○ 서쪽으로 카스피해와 동쪽으로 아무-다리야강에 접해있으며, 국토의 80% 물이 없는 사막지역임 ○ 사막 국가로서 비가 부족하고 모든 것을 시들게 하면서 내리쬐는 태양과 높은 기온이 특징임 ○ 여름에는 낮기온이 남동부의 카라쿰 사막은 섭씨 50°C까지 올라가고 섭씨 35°C이하로 내려가는 일이 거의 없다. ○ 반대로, 겨울에는 아프간과의 국경을 이루고 있는 산악지대인 쿠쉬카(Kushka)에서는 기온이 섭씨 영하 33°C까지 내려감 ○ 수도인 아쉬가바트(Ashgabat)에는 영하로 내려가는 날이 며칠 되지 않으며, 4월이면 태양의 열기로 불쾌할 정도임

□ 동남아시아

- 동남아시아는 미얀마, 라오스, 베트남, 말레이시아, 태국, 캄보디아, 브루나이, 필리핀, 싱가포르, 인도네시아, 동티모르 등의 국가로서, 대부분의 국가는 열대, 아열대, 온대기후 그리고 고온 다습한 지역으로 난방보다는 냉방이 더 큰 비중을 차지하며, 연중 강수량이 많고, 지하수가 풍부한 것으로 알려져 있어 공기열원 및 수열원 히트펌프를 적용하는 것이 경제적이며, 바다와 접해있는 지역은 해수를 이용하는 히트펌프시스템 검토가 필요함

□ 중동

- 중동 국가로는 이라크, 시리아, 오만, 이란, 쿠웨이트, 사우디아라비아, 레바논 등이며, 대부분 사막지대로 건조하고 무더운 기후이다. 또한 강수량이 적고, 태양강도가 강하여, 이 지역은 공기열 히트펌프 적용이 용이하고, 바다에 인접한 곳에서는 해수를 적용하는 것도 바람직하다. 또한, 산유국들이 밀접한 곳으로 가스 및 오일에 의한 보일러, 열병합 발전의 적용도 검토할 필요가 있음

□ 동북아시아

- 동북아시아는 한국을 비롯해 일본, 중국, 몽골 등이 포함된 곳으로 광범위한 기후를 나타내며, 일본남부 및 중국 남부의 경우 공기열 및 해수 이용 히트펌프의 적용이 필요하며, 한국, 중국 북부, 몽골의 경우 동절기 상당한 추위가 예상되므로 공기열 히트펌프 보다는 지열원 히트펌프 및 보일러의 적용이 필요함

[표 2-35] 중앙아시아 기후 분석

구분	국가	기후 여건 분석 결과
동 북 아 시 아	일본	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일본의 기후는 3가지로 세분할 수 있는데, 일본해측 기후는 니가타 등 호쿠리쿠 지방에서 볼 수 있는 기후로 여름에는 편현상의 영향으로 매우 더운 반면 겨울에는 쓰시마 난류의 영향을 직접적으로 받아 폭설이 잦고, 연 강수량이 2,000mm~3,000mm 수준으로 많음 ○ 중앙고지 기후는 나가노, 아마나시 등에서 볼 수 있는 기후로 고원지대 한복판이라 여름이 비교적 서늘함 - 겨울 강수량이 적고, 태평양 쪽보다는 눈이 많이 온다. 그리고 태평양측 기후는 도쿄 수도권과 오사카에서 볼 수 있는 기후로 여름에는 북태평양 기단의 영향으로 매우 덥고, 겨울에는 온난건조하고, 예외로 도호쿠지역은 오호츠크해 기단의 영향으로 여름이 서늘함 ○ 쿠로시오-쓰시마 난류의 영향이 지대하여 중국, 한국과 달리 가뭄은 없으나. 위도가 낮아 유럽과 달리 연교차는 큰 편인데다 습도까지 합쳐져서 여름 폭염 문제는 한국, 중국과 별 차이 없으며, ○ 전반적으로 온대기후가 많지만 홋카이도와 도호쿠 일부지역은 냉대기후에 속하며, 반대로 오키나와 현과 오가사와라 제도는 아열대기후와 열대기후에 걸쳐져 있음
	중국	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중국 국토의 대부분이 온대몬순권이나 지역이 광활하여 기후분포가 다양함 ○ 동북지방은 겨울이 길고 여름이 짧은 반면, 남부지방의 경우 여름이 길고 겨울이 짧으며 동부 연해지방은 사계절이 분명하고 온난다습하다. ○ 남부의 해남성은 연평균 기온 24°C의 아열대 기후인 반면, 북 부의 흑룡강성은 연평균기온 4°C의 냉대기후권에 속하는 등 큰 기후차를 보임 ○ 북서쪽의 칭해, 티벳, 신강 지역과 내몽고 지역은 고산기후 및 건조기후를 나타내고 있음
	몽골	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후는 몽골 전지역이 차이가 있지만 대체로 건조하고 연교차가 극단적으로 크며 겨울이 추운데, 서북쪽으로 갈수록 연교차가 커지고 남쪽으로 갈수록 건조해짐 ○ 몽골 서부 올랑검은 1월(-32.1°C)과 7월(18.9°C) 평균 기온의 차이가 51°C에 이르며, 동부 처이발상도 1월(-20.5°C)과 7월(19.8°C) 기온 차이가 40°C에 달함 ○ 강수량은 다르항(357mm)이나 므룽(207mm) 등 북부 지방이 사잉상드(111mm)나 달랑자드가드(126mm) 등 남부 지방보단 많은 편임 ○ 열대야는 없지만 일교차를 고려했을 경우 여름철 낮 최고기온은 한국과 비슷하거나 더 덥다. ○ 겨울엔 조드(Zud)라 하는 혹한이 찾아와 큰 피해를 준다. 최근 2010년에도 서북부 지역에서 50일 동안이나 기온이 -55°C 밑으로 떨어지는 등의 혹한이 지속되었다. 역대 최저 기온은 앞에 말한 옴스 지역에서 기록된 -58°C 임 ○ 수도인 울란바토르는 전 세계에서 가장 추운 수도로 모스크바 보다 더 추우며, 평균 최저 온도가 영하 27°C 정도임

4) 수출 대상국가 기후 분석

- 수출 대상국의 수출모형 도출을 위하여 전세계를 동북아시아, 동남아시아, CIS&러시아, 중동으로 1단계로 4개의 권역으로 구분하여 여건을 분석하였음
- 우선 중국 베이징, 베트남 하노이, 우즈베키스탄(타슈켄트), 카자흐스탄(알마티), 쿠웨이트 알루와이스를 대상으로 일평균최저, 최고기온, 월평균 강우량, 평균강우일수, 온도편차를 분석하였음

a) 동북아시아

- 중국 베이징 기후는 11~3월에는 -0.4~-6.9°C로 난방이 필요하며, 4~10월 19.0~30.3 °C로 한여름에는 냉방이 필요함
- 월평균 강우량은 6~9월에 71~182mm가 내려, 하기에 집중되어 있고 강우량이 충분하여 지하수 및 빗물이용 등이 가능함
- 월간 온도편차는 10.3°C로 그리크지 않으나, 연간 편차는 37°C로 큰 편으로 냉난방 장치가 필요함

[표 2-36] 중국 베이징

권역	중점수출 대상국	기온 (최고~최저)				온도 편차 °C
		일 평균 최저기온°C	일 평균 최고기온°C	월평균 강우량mm	평균 강우일수(일)	
동북아시아	중국 베이징	11~3월 -0.4~-6.9	4~10월 19.0~30.3	6~9월 71~182mm/월	연중 고르게 분포 6~9월 9~1일/월	10.3



출처 : 기상청 세계기후자료, 과거 30년간 자료

b) 동남아시아

- 베트남 하노이 기후는 일평균 최저기온이 1~12월에 13.7~26.1 °C, 일평균 최고기온이 1~12월에 19.3~32.9°C 온난하여 냉방이 필요한 지역임
- 월평균 강우량은 6~9월에 월평균 우기에 집중적으로 내리고 건기는 거의 내리지 않으며 71~182mm로 강우량이 충분하여 지하수 및 빗물이용 등이 가능함
- 월간 온도편차는 10 °C로 크지 않으며 연간 편차도 20°C로 크지 않아 연중 습한 기후로 토마토 등을 재배할 경우는 냉방이 필요함

[표 2-37] 베트남 하노이

권역	중점수출 대상국	기온 (최고~최저)				온도 편차 °C
		일 평균 최저기온°C	일 평균 최고기온°C	월평균 강우량mm	평균 강우일수(일)	
동남아시아	베트남 하노이	1~12월 13.7~26.1	1~12월 19.3~32.9	1~12월 71~182mm	건기: 11~4월 6.0~15일/월 우기: 5~10일/월 13.7~15.7일/월	10



c) CIS 우즈베키스탄

- 우즈베키스탄 타슈켄트 기후는 일평균 최저기온이 11~3월에 -3.1 ~ 4.2 °C, 일평균 최고기온이 4~9월에 21.8~35.7 °C로 겨울철 기온이 낮아 난방이 필요함
- 월평균 강우량은 6~9월에 2.0 ~ 7.1 mm로 비가 거의 내리지 않으나, 10~5월에는 32~63mm로 비가 많이 내림
- 월간 온도편차는 13.9 °C로 크지 않으며 연간 편차는 약 40°C로 변동이 커서 겨울철에는 난방이 필요함

[표 2-38] 우즈베키스탄 (타슈켄트)

권역	중점수출 대상국	기온 (최고~최저)				온도 편차 °C
		일 평균 최저기온°C	일 평균 최고기온°C	월평균 강우량mm	평균 강우일수(일)	
CIS	우즈베키스탄 (타슈켄트)	11~3월 -3.1~4.2	4~9월 21.8~35.7	6~9월 2.0~7.1mm 10~5월 32~63mm	6~10월 1.9~5.1일/월 10~5월 10.2~13.8일/월	13.9



d) CIS 카자흐스탄

- 카자흐스탄 알마티 기후는 일평균 최저기온이 11~3월에 -2.4 ~ 11.1 °C, 일평균 최고기온이 4~9월에 15.9~29.7 °C로 겨울철 기온이 낮아 난방이 필요함
- 월평균 강우량은 4~5월에 104.0~109.0 mm로 비가 많으며, 6~3월에는 27~59mm로 비가 적게 내림
- 월간 온도편차는 13.8 °C로 크지 않으나 연간 편차는 약 32°C로 변동이 커서 겨울철에는 난방이 필요함

[표 2-39] 카자흐스탄

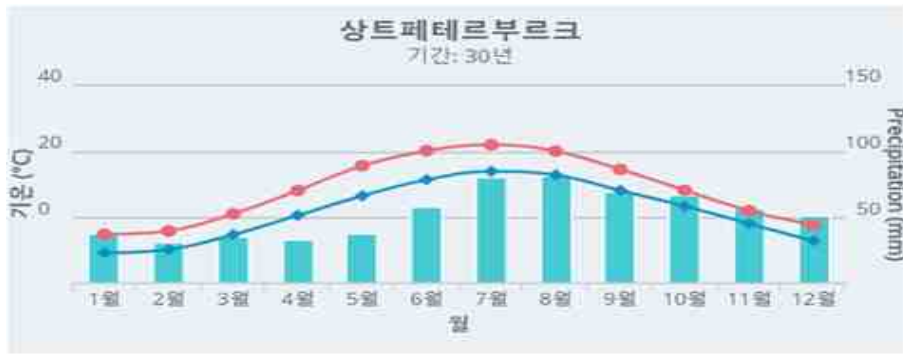
권역	중점수출 대상국	기온 (최고~최저)				온도 편차 °C
		일 평균 최저기온°C	일 평균 최고기온°C	월평균 강우량mm	평균 강우일수(일)	
CIS	카자흐스탄 (알마티)	11~3월	4~9월	4~5월	4~5월	13.8
		-2.4~11.1	15.9~29.7	104.0~109.0mm	20.0~20.4일/월	
				6~3월	5~10일/월	
				27~59mm	6.3~15.7일/월	



- e) 러시아 상트페테르부르크
- 러시아 상트페테르부르크 기후는 일평균 최저기온이 10~4월에 0.6 ~ 10.7 °C, 일평균 최고기온이 5~9월에 6.5 ~ 13.9°C로 겨울철 난방이 필요한 지역임
 - 월평균 강우량은 31 ~ 81 mm 연중 고르게 분포하고 있고, 평균 강우일수도 월 7~12일정도 비가 내려 수자원이 충분하여 지하수 및 빗물이용이 가능함
 - 월간 온도편차는 약 20 °C로 크지 않으며, 토마토 등을 재배할 경우는 난방이 필요함

[표 2-40] 러시아

권역	중점수출 대상국	기온 (최고~최저)				온도 편차 °C
		일 평균 최저기온°C	일 평균 최고기온°C	월평균 강수량mm	평 균 강우일수(일)	
러시아	러시아 상트페테르부르크	10~4월	5~9월	연중 고르게 분포 31~81mm	연중 고르게 분포 7~12일/월	-
		0.6~10.7	14.5~21.9			
		5~9월	10~4월			
		6.5~13.9	-5.1~8.1			



d) 쿠웨이트 알루와이스

- 쿠웨이트 알루와이스 기후는 일평균 최저기온이 1~3월에 15.1 ~ 18.1 °C, 일평균 최고기온이 4~12월에 15.3 ~ 18.1 °C로 연중 온난하여 냉방이 필요한 지역임
- 월평균 강수량은 5~10월은 거의 내리지 않으며 11 ~ 3월에는 12.2 ~ 20.2mm로 강수량이 충분하지 않아 수자원이 부족한 나라로 지하수 및 해수, 하수처리수 등을 적극 활용 해야함
- 월간 온도편차는 14.1°C로 크지 않으며 연간 편차도 약 12°C로 크지 않아 연중 온화한 기후로 토마토 등을 재배할 경우는 냉방이 필요함

[표 2-41] 중동

권역	중점수출 대상국	기온 (최고~최저)				온도 편차 °C
		일 평균 최저기온°C	일 평균 최고기온°C	월평균 강수량mm	평 균 강우일수(일)	
중 동	쿠웨이트 알루와이스	1~3월	4~12월	5~10월	5~10월	14.1
		15.3~18.1	15.3~18.1	0.0~0.2mm	0~0.1	
		4~12월	4~12월	11~3월	11~4월	
		21.7~30.7	22.9~37.0	12.2~20.2mm	0.8~2.7	



(4) 권역별 기후 종합

□ 권역별 기후분석 경과 종합

권역	중점수출 대상국	기온 (최고~최저)				온도 편차 °C
		일 평균 최저기온 °C	일 평균 최고기온 °C	월평균 강수량mm	평 균 강우일수(일)	
동 북 아시아	중 국 베이징	11~3월 -0.4~6.9	4~10월 19.0~30.3	6~9월 71~182mm/월	연중 고르게분포 6~9월 9~1일/월	10.3
동 남 아시아	베트남 하노이	1~12월 13.7~26.1	1~12월 19.3~32.9	1~12월 71~182mm	건기: 11~4월 6.0~15일/월 우기: 5~10일/월 13.7~15.7일/월	10
CIS & 러시아	우즈베키스탄	11~3월 -3.1~4.2	4~9월 21.8~35.7	6~9월 2.0~7.1mm 10~5월 32~63mm	6~10월 1.9~5.1일/월 5~10일/월 10.2~13.8일/월	13.9
	카자흐스탄 (알마티)	11~3월 -2.4~11.1	4~9월 15.9~29.7	4~5월 104.0~109.0mm 6~3월 27~59mm	4~5월 20.0~20.4일/월 5~10일/월 6.3~15.7일/월	13.8
	러시아 싱트페테르부르크	10~4월 0.6~10.7 5~9월 6.5~13.9	5~9월 14.5~21.9 10~4월 -5.1~8.1	연중 고르게 분포 31~81mm	연중 고르게 분포 7~12일/월	6.4
중 동	쿠웨이트 알루와이스	1~3월 15.3~18.1 4~12월 21.7~30.7	4~12월 15.3~18.1 4~12월 22.9~37.0	5~10월 0.0~0.2mm 11~3월 12.2~20.2mm	5~10월 0~0.1 11~4월 0.8~2.7	14.1

□ 열원 설비 선정

1) 열원설비의 선정에 필요한 분석 요소

[표 2-42] 열원설비 선정에 필요한 분석 요소

분석 요소	내 용
기후 조건	냉난방 부하
	공기열원 히트펌프 적용
지리적 조건	지하수, 하천수, 해수 적용
에너지원 공급 인프라 에너지원 단가	가스, 석유, 전기 적용
에너지 정책, 법적 규제	CO2 저감 정책, 법적 규제
인적 자원	유지보수를 위한 기술력

- 지역에 따른 열원설비 결정은 매우 신중해야 한다. 그 지역의 기후, 지리적 조건, 정부의 에너지 정책 및 에너지원의 가격, 그리고 현지의 인적 자원 등을 모두 고려해야 한다. 아무리 경제성이 좋은 열원설비라도 환경오염 및 관리 위험성 등의 이유로 정부의 정책에 부합되지 않는다면 적용할 수 없기 때문임

2) 지역별 기후

- 열원 설비 선정을 위해 기후 조건은 매우 중요하다. 외기에 따른 냉난방의 비중이 달라지고, 이에 따라 열원설비의 에너지원이 달라지기 때문이다. 먼저 4개 지역, 중앙아시아, 동남아시아, 중동, 동북아시아의 일반적인 기후는 아래와 같음

□ 중앙아시아

- 중앙아시아는 우즈베키스탄, 카자흐스탄, 키르기스스탄, 타지키스탄, 투르크메니스탄 5개국으로 온대성 사막 및 반사막 지역이 많으며, 독특한 대륙성 건조 및 반건조 기후를 띠는데, 여름은 덥지만 청명하고 건조하다. 남쪽 지역의 겨울은 습도가 높고 비교적 따뜻하며, 북쪽지역의 겨울은 춥고 된서리가 내린다. 강수량은 중앙아시아 대부분에 걸쳐 봄에 최대치에 달함
- 중앙아시아 국가는 가스 공급 인프라가 잘 발달되어 가스 요금이 저렴한 반면 전력 수급은 불안정한 상태이다. 이 지역은 히트펌프식 보다는 가스를 열원으로 사용하는 가스 보일러, GHP, 열병합 설비가 적합할 것으로 판단된다. GHP는 소용량으로 소/중규모에 적합하며, 열병합 발전의 경우 온실에 필요한 전력량을 기준으로 장비를 선정하고 열부분의 부족분은 보일러 등으로 대체함

1) 우즈베키스탄

- 우즈베키스탄은 사막형 대륙성기후에 속하기 때문에 국토의 대부분이 연중 매우 건조하며 여름은 건기로서 열대공기의 영향으로 매우 뜨겁고 건조하며 비가 거의 내리지 않는다. 반면 겨울에는 우기로 비와 눈이 자주 내려 비교적 습도가 높으나 강수량은 적은 편이고 굉장히 추움

2) 카자흐스탄

- 계절변화가 뚜렷한 대륙성기후로서, 겨울은 춥고 여름은 더우며, 특히 평원과 골짜기 지역에 그 특징이 심하게 나타난다. 연평균 강수량이 북부가 약 250mm, 남부 산악 지대가 450mm에 이르지만 사막은 비가 훨씬 적게 내린다. 스텝과 사막이 대부분의 지역에 걸쳐 있음

3) 키르기스스탄

- 주변의 카자흐스탄이나 중국과 달리 국내에 사막은 존재하지 않고, 이 지역은 천혜의 기후를 가지고 있다. 하계에 비가 적은 온대의 지중해성 기후에 해당한다. 산지는 아한대 습윤기후이고, 특히 고지대는 고산기후가 됨

4) 타지키스탄

- 고산기후에 속하며 바다의 영향을 거의 받지 않는 대륙성 기후이다. 수도 듀산베의 경우 1월 평균 기온 -3°C, 7월의 평균기온은 25°C이다. 한여름에는 때때로 일 최고 기온이 40°C를 넘을 때도 있고, 겨울에는 -20°C의 혹한이 올 때도 있음

5) 투르크메니스탄

- 서쪽으로 카스피해와 동쪽으로 아무-다리야강에 접해있으며, 국토의 80% 물이 없는 사막지역이다. 사막 국가로서 비가 부족하고 모든 것을 시들게 하면서 내리쬐는 태양과 높은 기온이 특징이다. 여름에는 낮기온이 남동부의 카라쿰 사막은 섭씨 50°C까지 올라가고 섭씨 35°C이하로 내려가는 일이 거의 없다. 이와 반대로 겨울에 아프간과의 국경을 이루고 있는 산악지대인 쿠쉬카(Kushka)에서는 기온이 섭씨 영하 33°C까지 내려간다. 수도인 아쉬가바트(Ashghabat)에는 영하로 내려가는 날이 며칠 되지 않으며, 4월이면 태양의 열기가 이미 불쾌할 정도임

□ 동남아시아

- 동남아시아는 미얀마, 라오스, 베트남, 말레이시아, 태국, 캄보디아, 브루나이, 필리핀, 싱가포르, 인도네시아, 동티모르 등의 국가이다. 대부분의 국가는 열대, 아열대, 온대기후 그리고 고온 다습한 지역으로 난방보다는 냉방이 더 큰 비중을 차지한다. 또한 연중 강수량이 많고, 지하수가 풍부한 것으로 알려져 있어 공기열원 및 수열원 히트펌프를 적용하는 것이 경제적인 것으로 판단된다. 또한 바다와 접해있는 지역에서는 해수를 이용하는 히트펌프 시스템 또한 검토되어야 할 것임

□ 중동(Middle East)

- 중동 국가로는 이라크, 시리아, 오만, 이란, 쿠웨이트, 사우디아라비아, 레바논 등 이다. 이들 나라는 대부분 사막지대로 건조하고 무더운 기후이다. 또한 강수량이 적고, 태양강도가 강하다. 이 지역에는 공기열 히트펌프 적용이 용이하고, 바다에 인접한 곳에서는 해수를 적용하는 것도 바람직하다. 또한 산유국들이 밀접한 곳으로 가스 및 오일에 의한 보일러, 열병합 발전의 적용도 검토 대상에 포함 되어야 할 것임

□ 동북아시아

- 동북아시아는 한국을 비롯해 일본, 중국, 몽골 등이 포함된 곳으로 광범위한 기후를 나타낸다. 일본남부 및 중국 남부의 경우 공기열 및 해수 이용 히트펌프의 적용이 용이할 것이며, 한국, 중국 북부, 몽골의 경우 동절기 상당한 추위가 예상되므로 공기열 히트펌프 보다는 지열원 히트펌프 및 보일러의 적용이 검토 되어야 할 것임

1) 일본

- 일본의 기후는 3가지로 세분할 수 있는데, 일본해측 기후는 니가타 등 호쿠리쿠 지방에서 볼 수 있는 기후로 여름에는 편현상의 영향으로 매우 더운 반면 겨울에는 쓰시마 난류의 영향을 직접적으로 받아 폭설이 잦다. 연 강수량이 2,000mm~3,000mm 수준으로 많다. 중앙고지 기후는 나가노, 야마나시 등에서 볼 수 있는 기후로 고원지대 한복판이라 여름이 비교적 서늘하다. 겨울 강수량이 낮고, 태평양 쪽보다는 눈이 많이 온다. 그리고 태평양측 기후는 도쿄 수도권과 오사카에서 볼 수 있는 기후로 여름에는 북태평양 기단의 영향으로 매우 덥고, 겨울에는 온난건조하다. 예외로 도호쿠지역은 오호츠크해 기단의 영향으로 여름이 서늘함
- 쿠로시오-쓰시마 난류의 영향이 지대하여 중국, 한국과 달리 가뭄은 없으나. 위도가 낮아 유럽과 달리 연교차는 큰 편인데다 습도까지 합쳐져서 여름 폭염 문제는 한국, 중국과 별 차이 없다. 일반적으로 온대기후가 많지만 홋카이도와 도호쿠 일부 지역은 냉대기후에 속하며, 반대로 오키나와 현과 오가사와라 제도는 아열대기후와 열대기후에 걸쳐져 있음

2) 중국

- 중국 국토의 대부분이 온대몬순권이나 지역이 광활하여 기후분포가 다양하다. 동북지방은 겨울이 길고 여름이 짧은 반면, 남부지방의 경우 여름이 길고 겨울이 짧으며 동부 연해지방은 사계절이 분명하고 온난다습하다. 남부의 해남성은 연평균 기온 24°C의 아열대 기후인 반면, 북 부의 흑룡강성은 연평균기온 4°C의 냉대기후권에 속하는 등 남북으로 큰 기후차를 보이고 있다. 북서쪽의 칭해, 티벳, 신강 지역과 내몽고 지역은 고산기후 및 건조기후를 나타내고 있음

3) 몽골

- 기후는 몽골 전 지역이 차이가 있지만 대체로 건조하고 연교차가 극단적으로 크며 겨울이 추운데, 서북쪽으로 갈수록 연교차가 커지고 남쪽으로 갈수록 건조해진다. 몽골 서부 올랑검은 1월(-32.1°C)과 7월(18.9°C) 평균 기온의 차이가 51°C에 이르며, 동부 처이발상도 1월(-20.5°C)과 7월(19.8°C) 기온 차이가 40°C에 달한다. 강수량은 다르항(357mm)이나 므릉(207mm) 등 북부 지방이 사잉샹드(111mm)나 달랑자드가드(126mm) 등 남부 지방보단 많은 편이다. 열대야는 없지만 일교차를 고려했을 경우 여름철 낮 최고기온은 한국과 비슷하거나 더 덥다. 겨울엔 조드(Zud)라 하는 혹한이 찾아와 큰 피해를 준다. 최근 2010년에도 서북부 지역에서 50일 동안이나 기온이 -55°C 밑으로 떨어지는 등의 혹한이 지속되었다. 역대 최저 기온은 앞에 말한 옴스 지역에서 기록된 -58°C라고 한다. 수도인 울란바토르는 전 세계에서 가장 추운 수도로 모스크바보다 더 추우며, 평균 최저 온도가 영하 27°C 정도임

□ 열원 설비별 특징 및 연료 소비량

- 열원설비별 특징과 적용 지역과 냉난방 부하 1,000Mcal/h의 온실에 대한 각 열원 설비별 에너지 소비량을 비교한 것이다. 히트펌프는 냉난방을 모두 수행할 수 있으나, CO2 시비를 위해 별도의 설비를 구축해야 한다. 보일러와 열병합 발전의 경우 냉방을 위해서는 흡수식 냉동기를 함께 설치하여야 냉방을 수행할 수 있다. 연소에 의해 배기 가스가 발생하는 경우 일부 설비를 보완하여 CO2 시비를 수행할 수 있다. 어느 설비가 더 경제적인가는 각 지역별 기후, 지리적 조건, 에너지 정책 및 에너지원별 단가 등을 적용하여 검토해야 함

[표 2-43] 열원 설비별 특징 및 적용 지역 비교

구 분	전기식 히트펌프		보일러	GHP	열병합	흡수식 냉온수기	비 고
	공기열	지열(수열원)					
에너지원	전 기	전기	가스 (경유)	가 스	가 스	가스 (경유)	
	공기, 지하수, 해수, 폐열 등	지하수, 하천수, 해수 등					
생산 에너지	냉 · 난방	냉 · 난방	난방	냉 · 난방	전기 + 난방	냉 · 난방	공간냉방 보다 근권냉방 효율적
CO2 시비	별도 설비	별도 설비	가능	가능	가능	가능	
COP/ 효율	난방 : 2.5~3.5 냉방 2.8~3.5	난방 3.5~4.0 냉방 4.0~4.5	90% 이상	난방 1.2~1.3 냉방 1.0~1.1	총 (전력+열) : 70~80%	난방 : 0.9 냉방 : 1~1.3	
장단점	난방수 60°C 이하		가장 보편적	최대용량 80RT (소규모)	전기 + 열	유지관리 어려움	
적용처	전력 양호	전력 양호	가장 저렴하고 간단한 설비	전력 불안정	전력 불안정 가스 가격 저렴	가스 가격 저렴	
	외기온 -5°C 이상	지하수 및 해수 풍부한 곳		소규모			
	동남 아시아 중동	동남아시아	모든 지역	중앙 아시아 중동	중앙 아시아 중동	중앙 아시아 중동	

* 보일러 및 열병합 설비의 경우 냉방 필요시 흡수식 냉동기와 결합

[표 2-44] 열원 설비별 에너지 소비량 (난방부하 1,000Mcal/h 기준)

구분	전기식 히트펌프		보일러 + 흡수식 냉동기	가스엔진 히트펌프	열병합 발전	흡수식 냉온수기	비 고	
	공기열	지열(수열)						
에너지원		전기	LPG	LPG	LPG	LPG		
난방부하	Mcal/h	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	기준	
냉방부하	RT	300	300	300	300	300		
순발열량	kcal/kg		11,060	11,060	11,060	11,060	LPG 발열량	
	kcal/kW	860	860					
효율/COP	난방	2.7	4.0	90%	1.25	50%	90%	
	냉방	3.5	4.5	1.2	1.1	1.2	1.2	
전력 생산량	kWh				581		발전효율 35%	
소비량	난방	kg/yr		96,444		171,429	95,238	8h/day, 4개월
		kWh/yr	413,437	279,070				
	냉방	kg/yr		48,214	52,597	48,214	48,214	8h/day, 3개월
		kWh/yr	287,043	223,256				
소비량 합계	kg/yr		143,452	121,169	219,643	143,452		
	kWh/yr	700,480	502,326					
시설비		630,000	1,260,000	200,000	550,000	1,566,488	170,000	
(단가)	천원	630 (/RT)	1,260 (/RT)	200 (/Mcal/h)	550 (/Mcal/h)	2,500 (/kW)	170 (/Mcal/h)	

* 에너지원에 대한 단가를 포함하여 투자회수 기간을 산출해야 함.

주) 보다 정확한 열원설비의 적용을 위해서는 향후 적용 지역의 기후, 자연환경, 에너지비용과 규제 조건에 대한 구체적인 조사가 필요함.

□ 권역별 K-Plant 물-에너지 공급시스템 구축 방안

1) 개요

- 권역별 K-Plant는 지역별로 가용한 물 자원 및 에너지 자원이 차이가 있으므로 이를 고려하여 구축할 필요가 있음

2) 중동지역

- 물 부족 현상으로 인해 하천오염을 위한 수처리 보다는 식수, 산업, 농업용수 공급에 대한 관심 부각으로 최근 담수화 설비 구축이 활발하게 진행됨
- 이와 더불어 농업용수의 재처리를 통한 재사용, 폐수 재활용 처리를 통한 물의 재사용을 제고 등을 추진
- 중동은 높은 일사량과 일조량을 지닌 사막 비중이 높아 태양광 및 태양열 발전의 우수한 효율성을 보이고 있으며, 모로코, 이란 등은 평균 풍속이 높고 풍량도 일정하여 풍력발전의 높은 경제성을 지님
- 이에 따라 전력 생산을 위한 막대한 원유와 천연가스를 보유하고 있음에도 불구하고 태양광, 풍력을 위주로 신재생에너지 발전을 확대하여 국가 총 발전의 50%까지 비중을 확대하는 한편 담수화 설비 등에 활용하는 방향의 정책을 추진 중
- 시설원예단지 구축에서 물의 공급은 지하수와 더불어 기 설립된 담수화 설비, 폐수 처리 설비 등과 연계하여 용수원을 확보하는 한편 수경재배방식으로 물의 사용을 최적화하고 온실 내 사용된 물의 처리를 통한 재사용이 적절하다고 판단됨. 에너지 공급은 풍부한 천연가스를 활용한 히트펌프를 기반으로 태양열, 해수열, 온실 배열 등을 연계하여 사용하는 것이 바람직하다고 판단됨

3) 동남아시아지역

- 동남아시아는 온화한 기후로 인해 타 지역대비 강수량이 높은 편이나 건기와 우기로 나뉘어, 우리나라 기준 겨울철(11월~4월)에는 상대적으로 강수량이 적은 수준
- 높은 강수량에도 불구하고 계절적으로 불균형한 강수량으로 인한 물 공급의 문제, 대다수 강의 오염으로 인한 식수 부족, 인구 증가와 도시화로 인한 물 수요 증가 등에 따라 강·호수·저수지의 수처리, 하수처리 등에 대한 투자가 높아지고 있음
- 동남아시아는 풍력, 지열, 태양에너지 등의 청정자원과 바이오매스 자원이 풍부하여 화석연료를 대체하기 위한 투자가 활발하게 진행되고 있음.
- 시설원예단지 구축에서 물의 공급은 지하수, 우물물을 기본으로 빗물 활용, 하천수 및 하수처리수 재사용을 통해 용수원을 확보하는 한편 수경재배방식으로 물의 사용을 최적화하고 온실 내 사용된 물의 처리를 통한 재사용이 적절하다고 판단됨. 에너지 공급은 풍부한 지열을 활용한 히트펌프를 기반으로 바이오매스, 태양열, 해수열 등을 연계하여 사용하는 것이 바람직하다고 판단됨

4) 중앙아시아지역

- 카자흐스탄, 키르기스스탄, 타지키스탄, 투르크메니스탄, 우즈베키스탄 등이 속하는 중앙아시아는 험준한 산맥, 높은 고개, 넓은 사막 등이 분포하고 있어 농경을 하기에는 바위가 많고 건조한 특성을 지님
- 특히 지구온난화로 인한 텐산산맥의 빙하가 빠르게 녹으면서 여름홍수와 산사태가 빈발하고 있어 연간 수자원의 균형적 공급에 악영향을 미치고 있음
- 우즈베키스탄과 투르크메니스탄은 막대한 천연가스 및 석유를 기반으로 한 화석연료, 카자흐스탄은 석탄화력발전, 타지키스탄과 키르기스스탄은 수력발전을 통한 전력생산에 중점을 두고 있으며, 향후 풍력, 태양열 등의 신재생에너지원을 활용한 발전량 증대에 투자를 확대하고 있음(지열 자원은 거의 전무)

- 특히, 카자흐스탄의 경우 타지키스탄에서 농업용수를 공급받아 왔으나 타지키스탄의 전력생산을 위한 수력발전이 증가하면서 용수 공급이 어려운 실정이며, 30m 이상 깊이의 우물인 보어홀에서 퍼 올린 물로 식수를 해결하는 수준임
- 시설원예단지 구축에서 물의 공급은 지하수를 기본으로 하천수 처리를 통해 용수원을 확보하는 한편 사용된 물의 처리를 통한 재사용이 적절하다고 판단됨. 에너지 공급은 가스 히트펌프를 기반으로 태양열, 바이오매스 등을 연계하여 사용하는 것이 바람직하다고 판단됨

[표 2-45] 권역별 물-에너지 자원 활용 K-Plant 구성 방안

구분		1차 관개용수원			용수 보조원		
자원	세부기술	중동	동남아시아	중앙아시아	중동	동남아시아	중앙아시아
물 자원	지하수 수처리	○	○	○			
	빗물 집수 및 수처리				△	○	
	하수처리수 수처리				○	△	
	치표수(하천수) 수처리				△	○	
	우물물 수처리				X	○	
	담수 수처리				○	X	
	온실 배출수 재사용				○	○	○
구분		기본 에너지원			에너지 보조원		
자원	세부기술	중동	동남아시아	중앙아시아	중동	동남아시아	중앙아시아
에너지 자원	복합열원(가스히트펌프 기반)	○		○			
	복합열원(지열히트펌프 기반)		○				
	태양열				○	○	△
	태양광				△	△	△
	지열				X	○	X
	해수열				○	△	X
	바이오매스				X	○	○
	온실 배열				○	○	△

□ 경량 철골온실 피복재 검토

1) 온실 피복재 특성 비교

- 수출모형에 적용할 온실 피복재는 유리온실 대비 제품수명은 짧으나, 광투과율은 유리온실 보다 양호한 특성을 가진 PO 필름을 선정함

구분	유리온실	경질판온실	경질필름온실	연질필름	
재질	투명유리	PC판	불소수지필름 (ETFE)	PO 필름	PE 필름
제품수명	반영구적 (통상20년)	7~10년	12~17년	7~8년	1~3년
내충격성	취약	유리대비 50배 (75~100)			
비중 kg/cm ³	2.5	1.2	1.75	0.97	0.92
광투과율	88.6	80	93.8	90	86~89
단열효과	미약	우수 (유리대비 2배)	미약	미약	
인장강도 cm ² /kg	300~800				
재배품목	많은 햇빛을 요하는 작물	오이, 고추 등 보온성 작물	많은 햇빛을 요하는 작물	많은 햇빛을 요하는 작물	

2) 내구년수 및 가격

○ 온실의 마감재로서 유리가 가장 경제적이며, 작물 적합성에도 제일 유리하나 가격이 비쌈

구분	유리(4mm)	불소수지 ETFE	PO 필름	PE 필름
수명	반영구적(30년)	10~15년	3~5년	1~2년
가격(1m ²)	15,000	12,000	3,900	475

3) 열원설비별 에너지 소비량 비교

○ 열원설비별 특징과 적용 지역과 냉난방 부하 1,000 Mcal/h의 온실에 대한 각 열원 설비별 에너지 소비량을 비교한 결과를 제시함

[표 2-46] 열원 설비별 에너지 소비량 (난방부하 1,000Mcal/h 기준)

구분		전기식 히트펌프		보일러 + 흡수식 냉동기	가스엔진 히트펌프	열병합 발전	흡수식 냉온수기	비 고	
		공기열	지열 (수열)						
에너지원		전기	전기	LPG	LPG	LPG	LPG		
난방부하	Mcal/h	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	기준	
냉방부하	RT	300	300	300	300	300	300		
순발열량	kcal/kg			11,060	11,060	11,060	11,060	LPG 발열량	
	kcal/kW	860	860						
효율/COP	난방	2.7	4.0	90%	1.25	50%	90%		
	냉방	3.5	4.5	1.2	1.1	1.2	1.2		
전력 생산량	kWh					581		발전효율 35%	
소 비 량	난방	kg/yr		96,444		171,429	95,238	8h/day, 4개월	
		kWh/yr	413,437	279,070					
	냉방	kg/yr			48,214	52,597	48,214	48,214	8h/day, 3개월
		kWh/yr	287,043	223,256					
소비량 합계	kg/yr			143,452	121,169	219,643	143,452		
	kWh/yr	700,480	502,326						
시설비		630,000	1,260,000	200,000	550,000	1,566,488	170,000		
(단가)	천원	630 (/RT)	1,260 (/RT)	200 (/Mcal/h)	550 (/Mcal/h)	2,500 (/kW)	170 (/Mcal/h)		

* 에너지원에 대한 단가를 포함하여 투자회수 기간을 산출해야 함.

주) 정확한 열원설비의 적용을 위해서는 향후 적용 지역의 기후, 자연환경, 에너지비용과 규제 조건에 대한 구체적인 조사가 필요함

□ 매트릭스 분석에 의한 수출모형 도출

1) 매트릭스 분석 방법

○ 온실 설계에 필요한 총 23개 기술을 검토항목/세부항목으로 설정하여 매트릭스 작성

○ 매트릭스 작성항목 기준 : 작물품종, 온실구조, 재배방식, 에너지, 물공급, 환경제어 등 5개 의 검토항목과 작물품종 4종, 온실구조 2종, 재배방식 5종, 에너지 5종, 물공급 3종, 환경제어 4종 등 23개의 세부 항목으로 구성하여 매트릭스를 작성하여 필요기술을 파악함

[표 2-47] 수출모형 분류를 위한 매트릭스 작성 결과

검토항목	세부항목	권역			
		동북아시아	동남아시아	러시아&CIS	중동
1. 작물품종	딸기	0	0	0	0
	토마토, 방울토마토	0	0	0	0
	파프리카	0		0	0
2. 온실구조	엽채류	0	0	0	0
	유리온실			0	0
	경량철골온실	0	0	0	0
3. 재배방식	행잉재배	0	0	0	0
	배드재배	0	0	0	0
	수경재배	0	0	0	0
	아쿠아포닉스	0	0	0	0
4. 에너지	미생물재배	0	0		
	신-재생에너지	0	0	0	0
	히트펌프	0		0	0
	지하수열(수막)	0	0		0
	전기	0	0	0	0
5. 물공급	화석연료			0	0
	양액재이용시스템	0	0	0	0
	수처리플랜트				0
6. 환경제어	근권부물관리시스템	0	0	0	0
	청오스마트팜(청오)	0	0	0	0
	반딧불이(나래트랜드)	0	0	0	0
	GiGA 스마트팜 (KT)	0	0	0	0

□ 권역별 적용기술 도출

○ 설정방법

- 매트릭스로부터 권역별로 검토항목, 세부항목을 재정리하여 수출모형 도출을 위한 온실구조 및 세부기술 분석하여 구성방향을 설정함

[표 2-48] 권역별 적용기술 도출

검토항목	동북아시아 (중국, 일본 등)	적용기술 도출
1.재배품종	토마토, 방울토마토, 엽채류	다중열원냉난방 양액재이용장치 복합환경제어장치
2.온실구조	내재해형 경량철골유리온실	
3.재배방식	배드재배, 수경재배	
4.에너지	신재생에너지, 다중열원 냉난방시스템	
5.물공급	양액재이용시스템	
6.환경제어	복합환경제어장비	

권역	동남아시아 (인도네시아, 베트남 등)	적용기술
1.재배품종	딸기, 엽채류	지하수 수막재배 양액재이용장치 복합환경제어장치
2.온실구조	내재해형 경량철골유리온실	
3.재배방식	행잉재배, 수경재배	
4.에너지	지하수열(수막)	
5.물공급	양액재이용시스템	
6.환경제어	복합환경제어장비	

권역	러시아 및 CIS (동유럽 등)	적용기술
1.재배품종	토마토, 방울토마토, 엽채류	지열히트펌프 열병합발전 천연가스열병합발전 양액재이용장치 복합환경제어장치
2.온실구조	내재해형 경량철골유리온실	
3.재배방식	배드재배/아쿠아포닉스	
4.에너지	천연가스 열병합발전, 가스히트펌프	
5.물공급	양액재이용, 근권부물관리	
6.환경제어	복합환경제어장비	

권역	중동 (쿠웨이트, UAE 등)	적용기술
1.재배품종	엽채류, 딸기, 토마토	복합열원히트펌프 양액재이용장치 복합환경제어장치 지하수, 하수재이용
2.온실구조	내재해형 경량철골유리온실	
3.재배방식	수경재배, 행잉재배	
4.에너지	신재생에너지, 지하수 히트펌프, 화석연료	
5.물공급	수처리장치, 하수재이용, 양액재이용 근권부물관리시스템	
6.환경제어	복합환경제어장비	

□ 권역별 수출모형 도출 결과

○ 수출모형은 매트릭스 분석과 권역별 적용기술 도출 결과를 바탕으로 다음과 같이 4개의 권역별 수출모형을 구성하였음

- 동북아시아형 (A형) : 다중열원(공기열, 지열, 해수)히트펌프, 구조보강온실
- 동남아시아형 (B형) : 지하수열이용 수막,구조보강온실
- 러시아 & CIS (C형) : 열병합발전시스템, 지하수열이용
- 중 동 형 (D형) : 재생에너지이용 경량철골온실

* 모형은 수요국가 여건에 따라 요소기술 재구성 적용

○ 권역별 적용가능 기술

권역	수출모형	작물	적용가능기술		
동북 아시아 (A형)	다중열원 히트펌프 이용 경량철골온실 모형	토마토 방울 토마토			
			베드재배	지열이용 냉난방	친환경양액재이용
동남 아시아 (B형)	지하수 이용 경량철골 온실모형	딸기 엽채류			
			행잉/수경재배	지하수이용 냉난방	친환경양액재이용
러시아 & CIS (C형)	열병합 발전이용 유리온실 모형	딸기 토마토 방울 토마토 엽채류			
			행잉/배드/수경	열병합발전이용난방	아쿠아포닉스물순환
중동 (D형)	재생 에너지 이용 경량철골 온실모형	엽채류 딸기			
			행잉/수경재배	재생에너지이용 냉방	친환경양액재이용

- 권역별 수출모형의 적용 가능시설 선정
 - 기후여건 등에 따른 온실 및 적용가능 주요 시설 선정

가) 동북 아시아권 수출모형 : 다중열원(공기열, 지열, 해수)히트펌프, 경량철골온실

구분	세부내용
검토 조건	<ul style="list-style-type: none"> - 대상국가 : 동북 아시아(중국, 몽골, 등) - 기후조건 : 강수량(폭우), 적설량(폭설), 풍속(태풍) 일사량 풍부, 온도편차 심함 - 재배작물 : 파프리카, 토마토, 딸기, 엽채류 - 주에너지 : 화석연료(석유/LNG), 재생에너지(태양/지열/풍력) - 급수원 : 하천수, 지하수, 빗물(우수)재생
적용 가능 시설	<ul style="list-style-type: none"> - 온실형태 : 경량철골온실(유리&비닐) 구조보강 - 재배방식 : 육묘장 : 컨테이너형 육묘장 (자동식, 수동식) 파프리카, 토마토 : 고품배지 수경재배 딸기 : 행인거터 수경재배 엽채류 : 순수수경재배 - 냉난방 방식 : 다중열원(공기열, 지열, 해수)히트펌프, 보일러 - 급수방식 : 순환형 물공급 SYSTEM - 복합환경제어 제어방식 : 1단계 : 연구진 보유 복합환경시스템 활용 2단계 : 지능형 스마트팜 통합환경시스템 개발
모형 도출	<p>◆ 동북아시아형</p> <p>여건 분석 > 출점국가 : 중국, 일본 > 수자원 : 여원에 집중호우 > 온도 : 연중 편차 심함</p> <p>적용 기술 > 온실 : 경량철골온실 > 물이용 : 순환형, 양액재이용 > 냉난방 : 지하수지열공급시스템 > 통합관제 : 2세대 복합환경제어시스템</p> <p>도출결과 동북아 특은 불자원을 효율적으로 이용하는 순환형 물이용 기술과 폐기물기술(포그, 차광막) 지하수열이용히트펌프시스템으로 냉난방하여 2세대 복합환경제어시스템으로 생육관리하는 스마트팜 모델 (냉난방 필요)</p> <p>순환형 물이용 시스템</p> <p>2세대 복합환경제어 시스템</p> <p>통합관제</p> <p>냉난방장치</p> <p>모니터링 & 제어장치</p> <p>양액재이용장치</p> <p>E</p> <p>냉난방장치 보일러시스템 자공막 복합열교환시스템</p>


2) 동남 아시아권 수출모형 : 수열원 및 공기열원 히트펌프, 구조보강 경량철골온실

구분	세부내용
검토조건	<ul style="list-style-type: none"> - 대상국가 : 동북 아시아(중국, 몽골, 등) - 기후조건 : 강수량(폭우), 적설량(폭설), 풍속(태풍) 일사량 풍부, 온도편차 심함 - 재배작물 : 파프리카, 토마토, 딸기, 엽채류 - 주에너지 : 화석연료(석유/LNG), 재생에너지(태양/지열/풍력) - 급수원 : 해수, 하천수, 지하수, 빗물(우수재생)
적용 가능 시설	<ul style="list-style-type: none"> - 온실형태 : 경량철골온실(비닐) - 재배방식 : 육묘장 : 컨테이너형 육묘장(자동식, 수동식) 파프리카, 토마토 : 고품배지 수경재배 딸기 : 행인거터 수경재배 엽채류 : 순수수경재배 - 냉난방 방식 : 수열원 및 공기열원 히트펌프 - 급수방식 : 순환형 물공급 SYSTEM, 양액재이용 SYSTEM - 복합환경제어 제어방식 : 1단계 : 연구진 보유 복합환경시스템 활용 2단계 : 지능형 스마트팜 통합환경시스템 개발
모형 도출	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>◆ 동북아시아형</p> <p>여건 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> > 중점국가 : 베트남 > 수자원 : 여름에 집중호우 > 온도 : 연중 편차 심함 </div> <div style="width: 30%;"> <p>적용 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> > 온실 : 경량철골온실 > 물이용 : 순환형, 양액재이용 > 냉난방 : 지하수지열검용시스템 > 통합관제 : 2세대 복합환경제어시스템 </div> <div style="width: 30%;"> <p>도출결과</p> <p>동남아 특은 물자원을 효율적으로 이용하는 순환형 물이용 기술과 재시브기술(포그, 차광막) 지하수열이용히트펌프시스템으로 냉방하여 2세대 복합환경제어시스템으로 생육관리하는 스마트팜 모델 (냉방 필요)</p> </div> </div>

3) 러시아&CIS권 수출모형 - 가스보일러, GHP(소용량), 열병합발전+보일러 이용 경량철골온실

구분	세부내용
검토 조건	<ul style="list-style-type: none"> - 대상국가 : 중앙아시아&러시아 - 기후조건 : 강수량, 적설량(폭설), 풍속 일사량 부족, 온도편차 심함 - 재배작물 : 파프리카, 토마토, 엽채류, 화훼 - 주에너지 : 화석연료(석유/LNG), 재생에너지(태양/지열) - 급수원 : 하천수(용설), 지하수, 하수재이용
적용 가능 시설	<ul style="list-style-type: none"> - 온실형태 : 경량철골온실(비닐, 유리) - 재배방식 : 육묘장 : 컨테이너형 육묘장(자동식, 수동식) 파프리카, 토마토, 화훼류 : 고품배지 수경재배 딸기 : 행인거터 수경재배 엽채류 : 순수수경재배 - 냉·난방 방식 : 가스보일러, GHP(소용량), 열병합발전+보일러 - 급수방식 : 순환형물공급 SYSTEM - 복합환경제어 제어방식 : 1단계 : 연구진 보유 복합환경시스템 활용 2단계 : 지능형 스마트팜 통합환경시스템 개발
모형 도출	<p>◆ CIS형&러시아형</p> <p>여건 분석 > 중점국가 : CIS&러시아 > 수자원 : 여름에 집중호우 > 온 도 : 연중 편차 심함</p> <p>적용 기술 > 온실 : 경량철골온실 > 물이용 : 순환형, 양액재이용 > 냉난방 : 복합열원 히트펌프(가스) > 통합환경제 : 2세대 복합환경제어시스템</p> <p>도출결과 CIS &러시아형은 물자원을 효율적으로 이용하는 순환형 물이용 기술과 폐사기술(모그, 차광막) 지하수열이용히트펌프시스템으로 냉난방하여 2세대 복합환경제어시스템으로 생육관리하는 스마트팜 모델 (난방 필요)</p>

4) 중동권 수출모형 - 공기열, 해수열 히트펌프, GAS 보일러, 열병합발전 경량철골 온실

구분	세부내용
검토 조건	<ul style="list-style-type: none"> - 대상국가 : 아랍에미리트[UAE] - 기후조건 : 강수량 부족, 적설량(무), 풍속 일사량 풍부, 온도편차 심함 - 재배작물 : 파프리카, 토마토, 화훼 - 주에너지 : 화석연료(석유/LNG), 재생에너지(태양/지열/풍력) - 급수원 : 해수, 지하수, 하수재이용
적용 가능 시설	<ul style="list-style-type: none"> - 온실형태 : 경량철골온실(비닐, 유리) - 재배방식 : 육묘장 : 컨테이너형 육묘장(자동식, 수동식) 파프리카, 토마토, 화훼류 : 고품배지 수경재배 딸기 : 행인거터 수경재배 엽채류 : 순수수경재배 - 냉난방 방식 : 공기열히트펌프 + 해수열히트펌프, GAS & Oil 보일러, 열병합발전 - 급수방식 : 순환형 물공급 SYSTEM - 복합환경제어 제어방식 : 1단계 : 연구진 보유 복합환경제어시스템 활용 2단계 : 지능형 스마트팜 통합환경제어시스템 개발
모형 도출	

□ 연구결과

- K-Plant 표준모형은 글로벌로 수출하는 모델로서 전 세계를 4개의 권역으로 분류하고 수출모형 작성을 위한 권역별 국가 데이터를 분석하여 기후여건(온도, 강우량), 적용가능 에너지 기술 분석하여 한국형 스마트팜 모형(이하 K-Plant)을 4종을 도출하였음

3.3. 스마트팜 순환형 물공급시스템 개발

(1) 개요

- 스마트팜 순환형물공급시스템을 설계하는데 필요한 순환형 물공급시스템 표준모형을 정립하고, 순환형 물공급시스템 배관설계 설계에 필요한 양액재배 용수량 산정방법과 시설원에 용수공급량 산정기준을 제시하여 배관설계를 고도화할 필요가 있음
- 그리고, 스마트팜 순환형물공급시 관수량 및 관수기간, 관수포인트를 잡기 위한 시설원에 내부의 작물 물 수요량을 산정량을 예측하는 기술을 개발할 필요가 있으며, 이는 현재 관수포인트를 중량이나, 센서로만으로 관수하는 부분을 고도화하는 기술로서 나래트랜드외 공동으로 개발 중임

(2) 접근방법

- 순환형 물공급시스템은 수자원의 효율적 이용을 위하여 빗물을 온실 지붕을 이용하여 집수하고, 이를 저류지에 저류한 후 사용하며, 폐양액은 재이용 구조는 단일 온실은 기존 양액재이용장치를 활용하며, 단지형의 경우 양액회수배관으로 폐양액탱크모에 모아서 정수장치로 재처리하는 구조로 구상함
- 순환형물공급시스템 운영을 위하여 ICT 기반 자율 물관리시스템을 개발하고 있으며, 이는 실시간 증발산량 산정기법을 개발하고 있음
- 실시간 증발산량 산정은 FAO 펜만-몬테이스식과 온실내부 측정데이터로 온실내 작물에 공급하기 이한 관수량, 관수기간, 관수포인트를 잡을 수 있도록 개발

(3) 연구내용

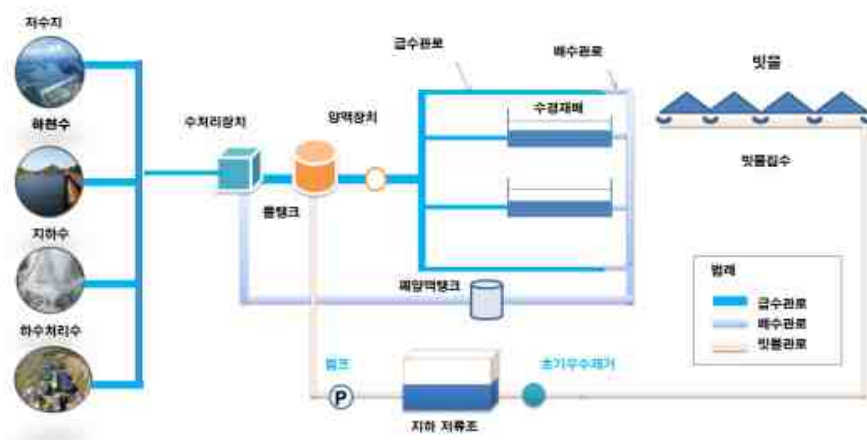
- 스마트팜 순환형물공급시스템 계획

가. 개요

- 순환형 물공급시스템은 빗물과 양액을 재이용할 수 있어 원수확보 비용과 양액투입량을 줄일 수 있어 수자원을 효과적으로 이용할 수 있는 시스템임

나. 스마트팜 순환형물공급체계 구성 : 용수공급시설 + 지하 저류조 + 양액재이용시설

- 용수공급시설 : 펌프 + 수처리 장치 + 물탱크 + 양액공급장치 + 급수관로 + 빗물집수 시설
- 지하저류조 ; 원수와 빗물을 저류하여 이용하고 냉난방을 위한 수열원으로 이용
- 양액재이용시설 : 양액장치 + 화수배관 + UV 장치 + 플라즈마 + 배액저장탱크



[그림 2-64] 스마트팜 순환형물공급시스템 개념도

다. 순환형 물공급시스템 설계방법

- 원수를 물탱크 후단에서 정수처리후 개별온실 양액기에 공급할 수 있도록 설치
- 빗물 집수를 위해 온실지붕 빗물을 집수하는 회수배관을 저류탱크에 연결하고 저류하고 반드시 초기 빗물배제장치는 설치
- 개별온실 애양액재이용은 양액재이용시스템을 섣리하면 되나, 온실단지의 양액재이용은 회수배관을 설치하여 중앙집중식으로 처리하는 방식이 경제적임

나. 실시간 공급량 산정을 위한 증발산량 산정기법 검토

- 검토 방향
 - 온실 내외 기상센서 데이터 활용하여 작물별 실시간 증발산량을 산정하여 작물에 필요한 수요량을 산정하여 근권부 토양수분센서 데이터를 활용하여, 관수포인트를 잡아 작물에 적정량의 물을 공급할 수 있는 물공급장치 개발을 위해서 FAO 증발산량 산정기법을 활용하여 나레트랜드에서 프로그램화 하고 있음
- FAO 증발산량 산정방법
 - 1990년, FAO는 국제관개배수위원회(ICID)와 세계기상기구(WTO)와 공동으로 증발산량 산정에 대한 새로운 기준을 제시하고 다양한 인자로 계산할 수 있는 Penman-Monteith 방법을 제시함
 - FAO Penman-Monteith방법은 초장(height) 0.12m, 표면저항 70m/s, 반사율 0.23, 풀초와 동일한 형태의 작물로 기준을 개발되었다. 이 방법은 FAO Penman 방법의 결점을 보완하여 실제에 가까운 값을 제공함
 - FAO Penman-Monteith 방법은 쉽게 측정할 수 있는 표준기상데이터를 사용하며, 계산과정은 기후데이터와 시간간격(time scale)에 따라 표준화 되어있음
- 증발산량 산정식 : Penman-Monteith법
 - FAO는 다양한 증발산량 산정식 중 Penman -Monteith식이 기후에 관계없이 계산정도가 가장 높은 것으로 발표하여, 우리나라에서는 노지 발작물 필요수량 산정에 Penman -Monteith 식을 사용하고 있음

$$ET_0 = \frac{0.408 \text{ TRIANGLE} (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)}$$

여기서,

ET₀ : 잠재증발산량(mm/day), R_n : 순일사량(mm/day), (e_a - e_d) :증기압차(mbar)

△: 수증기압 곡선, γ : 습도 상수, G : 토양으로 흡수되는 열유동량

① 수증기압곡선(△)

$$\Delta = \frac{4098 e_a}{(T + 237.3)^2}$$

여기서, e_a : 포화수증기압, T : 온도(°C)

$$e_a = 0.661 \exp\left(\frac{17.27T}{T+237.3}\right)$$

② 습도상수(γ)

$$\gamma = 0.00163 \frac{P}{\lambda}$$

여기서, P : 대기압(kPa), λ : 잠열(MJ/kg), $\lambda = 2.501 - (2.361 \times 10^{-3}) T$

③ 토양으로 흡수되는 열유동량(G)

- 열은 토양에 저장되기도 하고 방출되기도 한다. 일정 기간 동안의 토양에서의 열량을 추정하기 위하여 다음 식을 사용함

$$G = c_s d_s \left(\frac{T_n - T_{n-1}}{\Delta t} \right)$$

여기서, G : 토양으로 흡수되는 열유동량, T_n : n 일(월)의 온도(°C)

T_{n-1} : $n-1$ 일(월)의 온도(°C), Δt : 시간(일, 월),

c_s : 열용량(MJ/m³/°C), d_s : 예상토양깊이(m)

- 잠재증발산량 산정

- 계산과정

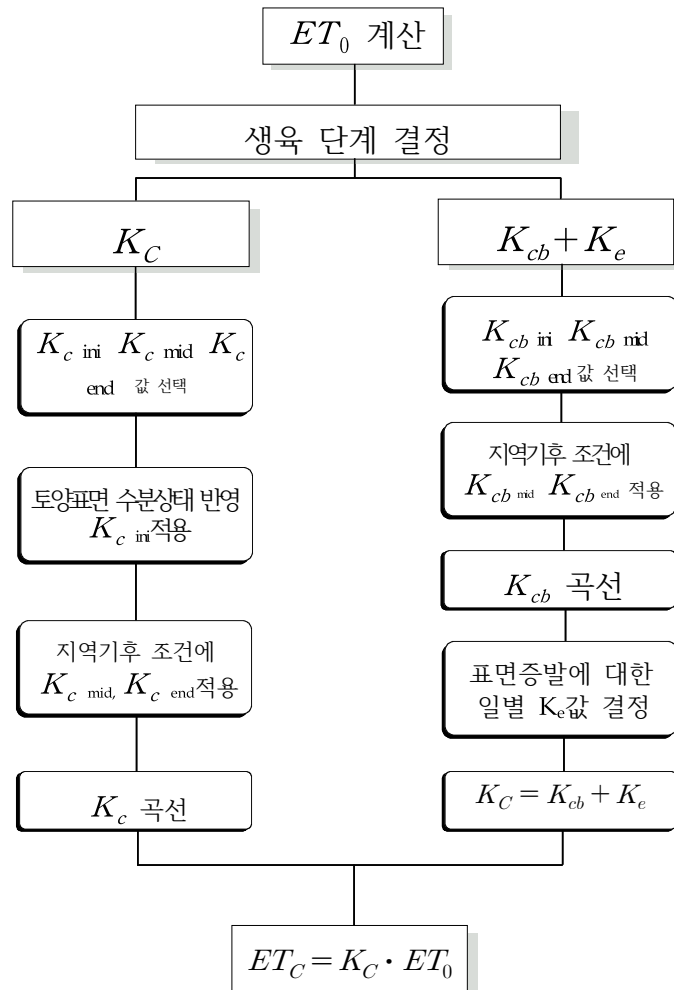
- 다음은 FAO에서 제시한 작물계수를 적용하여 증발산량을 계산하는 과정을 그림으로 나타낸 것임

- 작물계수

- FAO는 작물계수를 적용함에 있어 기존의 작물계수(Kc)와 Dual 작물계수(Kcb+Ke)로 구분하여 제시함

[표 2-49] 작물계수 비교

구분	작물계수(Kc)	Dual 작물계수(Kcb+Ke)
목적	- 관개 계획 및 설계 - 비관개기 관개계획(스프링클러)	- 실시간 관개계획 - 관개기 관개계획(스프링클러, 마이크로 관개)
간격	매일, 순별, 월별	매일
방법	계산기, 컴퓨터	컴퓨터



[그림 2-65] 잠재증발산량 계산과정

(1) 작물계수(Kc)

- 작물계수는 작물의 증산과 토양의 증발을 복합적으로 포함하고 있는 작물계수이며, 토양 증발은 강우나 관개에 의해 매일 변화하기 때문에 단일 작물계수는 단지 다중기간(간단일수별, 순별, 월별)의 작물 증발산량에 의해 표현되어짐

< 작물의 생육단계 >

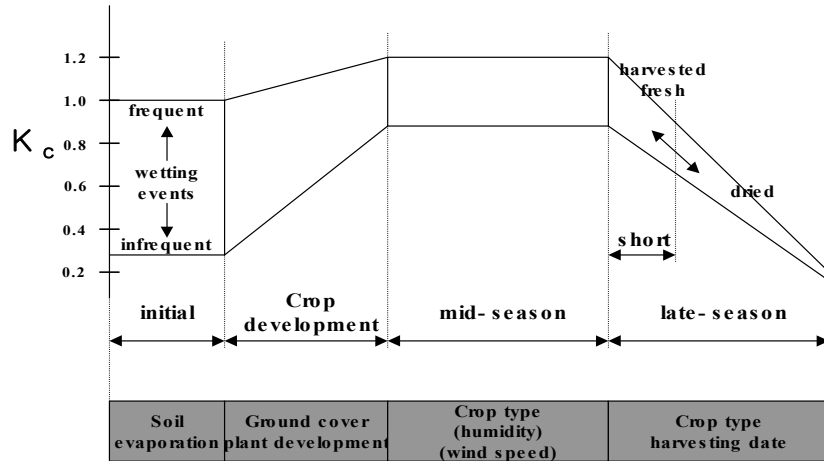
- FAO에서 제시한 작물별 생육단계로 유년기(initial), 영양생장기(crop development), 생식생장기(mid-season), 등숙기(late-season)로 구분함
- ① 유년기(initial) 단계
 - 유년기(initial) 단계는 파종시기부터 ground cover가 10%정도까지의 시기를 말하며 초기단계의 기간은 작물별, 파종시기별, 기후에 의해 결정되어지며, 초기단계 작물계수는 관개나 강우에 의한 토양표면이 축축할 때는 크며, 토양표면이 건조하면 작물계수는 작아짐
- ② 영양생장기(crop development) 단계
 - 작물의 영양생장기(crop development)는 ground cover가 10%일 때 부터 유효 full cover까지의 단계를 말함. 유효 cover란 식물의 잎이 주변의 잎과 섞이기 시작하는 시기, 토양의 전면이 그늘로 가려지는 시기로 정의되어짐

③ 생식생장기(mid-season) 단계

- 생식생장기(mid-season) 단계는 유효 full cover에서 부터 성숙기(maturity)가 시작될 때까지의 단계를 말하며, 성숙기(maturity)가 시작되는 때란 잎이 노랗게 되거나, 열매를 맺기 시작할 때, 잎이 떨어질 때로 일컬어지며, 일반적으로 생식생장기(mid-season) 단계는 기간이 길지만, 채소류의 경우 싱싱한 수확을 위해 기간이 짧아지기도 함. 이 시기 작물계수는 일반적으로 최대값에 도달함

④ 등숙기(late-season) 단계

- 등숙기(late-season) 단계는 성숙기(maturity)가 시작될때부터 수확까지의 시기를 말하며 이시기의 작물계수는 작물과 물관리의 영향을 받음



[그림 2-66] 작물의 생육단계

- 다음의 표는 FAO에서 제시한 작물계수로 생육단계로는 초기, 중기, 말기 단계로 구분하려 제시함
- 다음의 작물계수는 증산과 증발의 영향을 포함한 계수로써 전형적인 성장조건하에 표준작물에 대한 평균 습윤빈도를 재현하여 구한 값임. 생육단계별 작물계수는 3단계로 분리하였으며, 유년기(initial)와 영양생장기(crop development)의 단계를 하나로 묶어 초기단계(K_c ini)로 생식생장기(mid-season)을 중기단계(K_c mid)로 등숙기(late-season)를 말기단계(K_c end)로 구분하여 검토함

(2) Dual 작물계수 ($K_{cb}+K_e$)

- Dual 작물계수는 작물증산과 토양 증발을 서로 다르게 결정하는 방법이며 식물의 증발산에 의한 기본 작물계수(K_{cb})와 토양표면 증발계수(K_e)로 구분됨

$$K_c = K_{cb} + K_e$$

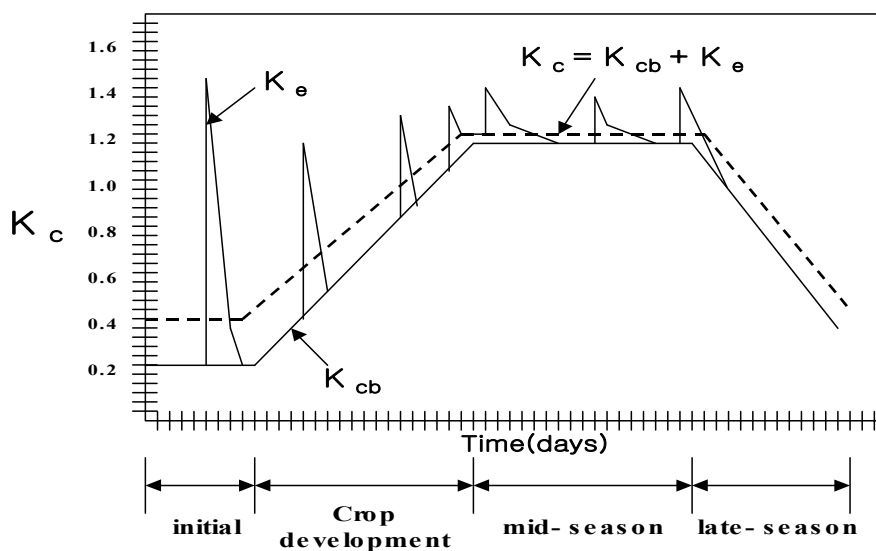
여기서, K_{cb} : 기본작물계수, K_e : 토양표면 증발계수

- 위 식에서 K_{cb} 는 증발산량과 잠재증발산량과의 비율로서 결정되어지며 K_e 의 경우, 토양 표면에서의 증발성분에 의해 결정되어지며, 토양표면 증발계수(K_e)는 관개나 강우가 있을 시는 커지며, 토양표면의

건조상태에 따라 적거나 0까지로 나타내어진다. 토양표면 증발계수의 경우 일별 변화량의 측정이 필요함

1) 작물의 생육단계

- 작물계수에서 설명한 생육단계와 같으며, 다음 (그림)에서는 전형적인 형태의 K_{cb} , K_e , K_c 의 곡선을 나타낸다. 그림에서의 K_{cb} 는 충분한 습윤토양과 건조 토양의 조건에 대한 최소의 K_c 로 표현할 수 있음. 그림에서 보여진 K_e 의 값은 강우나 관개기에 증가되어진 증발을 표현한 것으로 토양표면이 건조하면 증발 감소로 K_e 값에 영향을 주지 않음을 볼 수 있다. 다음 그림에서 볼 수 있듯이 Dual 작물계수는 기본작물계수(K_{cb})와 토양표면 증발계수(K_e)의 합으로서 다음 곡선으로 나타내어짐



[그림 2-67] Dual 작물계수와 생육단계

2) 기본 작물계수(K_{cb})

- 기본 작물계수(K_{cb})란 토양표면이 건조상태 일때의 작물 증발산량과 잠재증발산량의 비를 말한다. 즉,

$$K_{cb} = \frac{ET_C}{ET_0}$$

로 정의되어진다. 다음 표는 FAO에서 제시한 기본 작물계수(K_{cb})임

[표 2-50] FAO에서 제시한 기본작물계수

작물	K_{cb} ini	K_{cb} mid	K_{cb} end
배추	0.15	0.95	0.85
당근	0.15	0.95	0.85
마늘	0.15	0.90	0.60
양파 - dry		0.95	0.65
- green	0.15	0.90	0.90
- seed		1.05	0.70
무우	0.15	0.85	0.75
감자	0.15	1.10	0.65
양배추	0.15	0.95	0.85
감귤			

3) 토양표면 증발계수 (K_e)

- 토양표면 증발계수인 K_e 는 증발산량(ET_0)의 증발요소이며, 강우기나 관개기에 따라 토양표면이 습윤하면 토양표면 증발계수(K_e)는 최대가 된다. 반면, 토양표면이 건조하면 토양표면 증발계수(K_e)는 최소가 되며, 토양표면에 물기가 전혀 없으면 0 값으로 나타내어짐

다. 양액재배 용수량 산정방법

- 양액재배 용수량은 일반적으로 식물 1주당 2ℓ(보통 과채류 2ℓ, 화훼류 1~1.5ℓ) 또는 m²당 6ℓ의 용수가 필요하며, 재배면적 1ha에 일 약 59.4톤의 용수가 필요함
- 토마토는 ha당 33,000주를 식재, 오이는 ha당 21,000주 정도를 식재하고, 멜론은 ha당 24,000주를 재식한 것으로 계산함
- 다음에 작물 종류별 일일 필요용수량을 제시함

[표 2-51] 작물종류에 따른 계절별 일일 필요 용수량

작물종류	용수량(m ³ /ha·day)		비고
	고온기	저온기	
과채류 I: 오이, 파프리카, 가지	60~75	30~40	양액재배
과채류 II: 토마토, 멜론	50~60	25~35	양액재배
과채류 III: 딸기	30~40	15~20	양액재배
절화류: 장미, 카네이션, 국화	30~40	15~20	양액재배 관비재배
분화류: 미니장미, 칼랑코에, 관엽식물	20~30	10~15	양액, 관비

[표 2-52] 토마토 배지재배시 수확기 계절별 최적 일일급액량

시기	최적 일일급액량(L/주)	1ha당 일일급액량 (m ³)
생육초기, 겨울철 재배	1 이하	33이하
생육중기~왕성시기, 여름철 재배	2	66

[표 2-53] 오이 배지재배시 계절별 최적 일일급액량

시기	최적 일일급액량(L/주)	1ha당 일일급액량(m ³)
4~6월	1.8~2.4	38~50
7~8월	2.0~2.5	42~52
9~10월	1.8~2.2	38~46
11~3월	1.3~1.8	27~38

[표 2-54] 멜론 월별 일급액량 (양액재배, 서울시립대학교)

구분	단위	1월	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12월
주당 급액량	L	0.71	0.67	0.76	1.03	1.38	1.20	1.48	1.67	1.34	0.95	0.73	0.61
1ha당 급액량	m ³	17	16	18	25	33	29	36	40	32	23	18	15

라. 시설원에 용수공급량 산정기준

- 시설원에 용수공급량은 온실내 기상 데이터로 작물에 대한 증발산량을 산정한 후 관수장치의 관개효율(손실수량)을 고려하여 공급량 산정할 수 있음, 단, 작물 계수는 국제 기준을 우선 사용하고 추후 실측 데이터로 케리브레이션이 필요함

(가) 손실수량

- 손실수량은 온실내 관개장치의 적용효율과 송수손실을 고려한 관개효율에 의하여 산정
- 관개효율은 생산기반정비사업 계획설계기준, 관개편(농림부) 표준값 사용

(나) 관개수량의 결정

- 관개수량은 순관개수량과 관개효율을 고려하여 산정

$$\text{관개수량} = \frac{\text{순관개수량}}{\text{관개효율}}$$

- 관개수량은 스프링클러관개, 드립관개 등 살수기 수량으로서 말단 살포기 계획에 사용

(다) 단위용수량

- 단위용수량은 작물 증발산량과 관수장치의 관개효율을 나누어 산정하며 관수시설 규격결정시 사용

$$Q = 10 \times \frac{D}{E}$$

여기서 Q : 공급수량(mm/d), D : 증발산량(mm/d), E : 관개효율(%)

$$q = \frac{Q}{86400} \times \frac{24}{T}$$

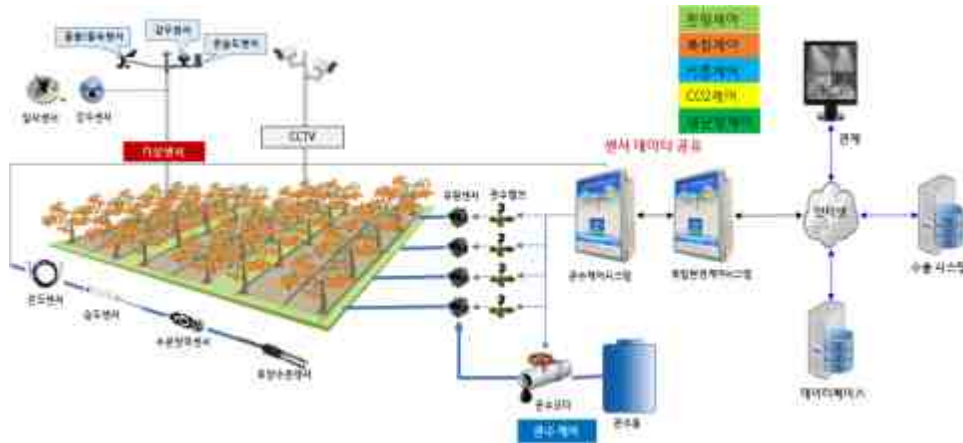
여기서 q : 단위용수량 (m³/s/ha), T : 관개시간(h)

(라) 설계 용수량

- 온실 전체에 필요한 계획 시설용수량은 다음과 같이 구함 : 설계용수량 = 단위용수량 × 관개면적
- 시설원에 용수공급량 산정시 해당작물에 대한 용수공급량을 산정하여 용수공급 시설계획에 활용

마. ICT 기반 자율 물관리 시스템 구축 계획 수립

- 기술개발 방안
 - 실시간 증발산량 산정 모듈 : 기상센서 + 증발산량 산정 프로그램
 - 실시간 데이터 : 온도, 습도, 수분장력, 일사량, 유량 등 온실내 측정 데이터
- 실시간 증발산량 산정 프로그램 작성
 - 온실내의 실시간 기상대 및 센서 데이터 활용하여 펜만-몬테이스식으로 작물의 증발산량을 산정하는 알고리즘을 활용하여 프로그램 작성
- ICT 기반 자율 물관리 시스템 개발 계획
 - 증발산량 알고리즘 및 프로그램을 나래트랜드에 제공하여 시스템으로 개발
 - 물공급 시기 판단은 근권부 센서와 실시간 증발산량 산정값을 기준으로 하여 관수 시작과 종료 시간을 공급량 기준으로 결정하는 하이브리드 기술 기반 자율 물관리시스템으로 개발
 - 순환형 물공급시스템 운영관리는 ICT기반 자율물관리시스템을 확장하여 개발
 - ICT기반 자율물관리시스템은 복합환경제어시스템과 연계하여 단계적 개발
- 실시간 증발산량 산정기술의 특징
 - 온실내 기상데이터, 토양수분장력 등 센서 데이터를 활용하여 실시간 증발산량을 과학적으로 산정하는 기술 개발



[그림 2-68] ICT 기반 자율 물관리 시스템 구성도

- 실시간 증발산량 산정기술개발 현황
 - 스마트팜 온실의 관수포인트 결정은 아직도 쉬운 일이 아니나, 최근, 복합 환경제어시스템의 등장으로 센서기반의 물공급이 가능하게 되어 수요예측 관수기술을 개발할 수 있는 여건이 되어 있음
 - 본 연구에서는 나래트랜드와 공동으로 ICT 기반 자율 물관리 시스템의 핵심모듈로 실시간 증발산량 산정기법 적용 적정관수량 산정기술을 개발 중에 있음

(4) 연구결과

- 스마트팜 순환형물공급시스템의 계획에 필요한 순환형 물공급 시스템을 설계하는 데 필요한 물공급 시스템 표준 모형과 순환형 물공급 시스템 배관설계를 위한 양액재배 용수량 산정방법과 시설원에 용수공급량 산정기준을 정리하여 제시함
- ICT 기반 자율물관리시스템에 적용하기 위한 수요량 산정기법으로 FAO의 펜만 몬테이스식과 온실내 실시간 센서 데이터를 이용하여 산정하는 실시간 증발산량 산정기법 및 프로그램을 제공하여 나래트랜드에서 소프트웨어로 개발 중으로 협업 성과에 해당함

3.4. 수출용 스마트팜 모형 K-Plant 테스트 베드 설계

(1) K-Plant 테스트 베드 운영 목적

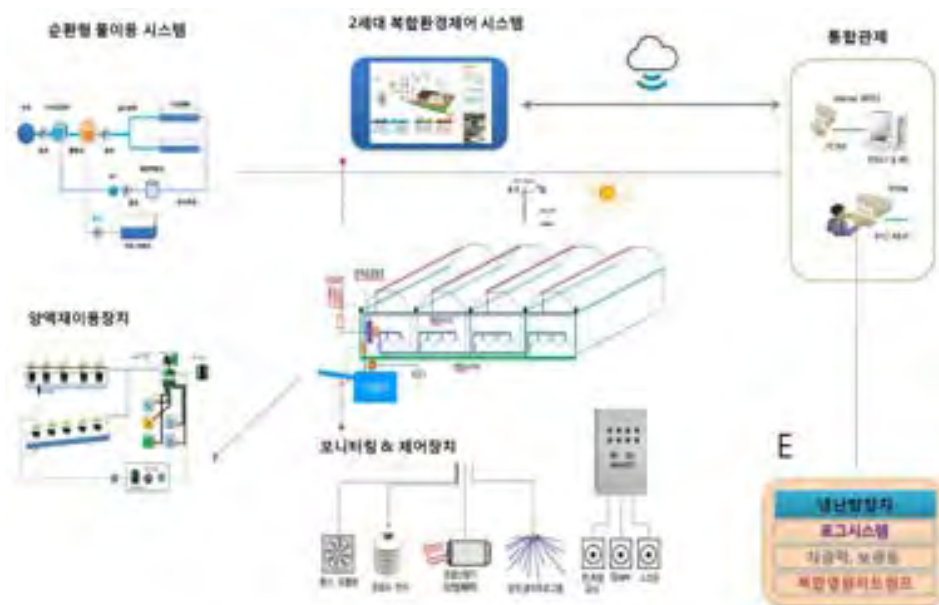
- K-PLANT에 포스백 소재 구조설계 기술 및 적용 요소기술을 통합한 지능적 생육 알고리즘의 작동성 및 개별 요소의 성능, 효율 검증 데이터 확보
- 해외 바이어 방한시 한국형 스마트팜 K-PLANT 시설물 홍보 및 교육훈련용으로 활용

(2) K-Plant 테스트 베드 구축 계획

- 성능목표 설정
 - 설정항목 : 생산성, 효율성, 환경성, 경제성
 - 생산성 : 공간이용 차별성
 - 효율성 : 물이용 효율성, 양액재이용율, 에너지이용률
 - 환경성 : 생육환경 변화 및
 - 경제성 : 재배작물 시나리오 설정 분석

□ K-Plant 테스트 베드 표준 모형

- 테스트 베드는 수출용 스마트팜 K-Plant 표준 모형으로 설치함



[그림 2-69] K-Plant 테스트 베드 설치 모형 개념도

□ K-Plant 테스트 베드 시설 계획

○ K-Plant 테스트 베드 모형



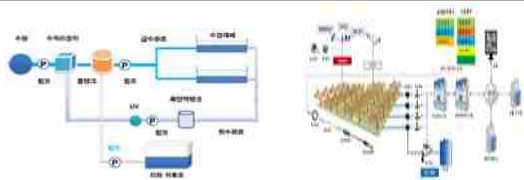
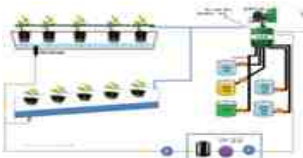
- K-Plant 테스트 베드 모형은 보급형 모형과 지능형 모형으로 운영
- 우선 보급형 모형을 운영하고 지능형 운영시스템 개발이 완료되면 지능형 모형을 구상하여 성능검증 실시

○ 테스트 베드 설치 모형 구성

단계	모형	시스템 구성 내역
1단계	보급형 모형	. K-Plant 스마트팜 보급형 모형은 포스맥 소재 경량철골온실과 보급형 복합환경제어시스템으로 구성
2단계	지능형 모형	. K-Plant 스마트팜 지능형 모형은 포스맥 소재 경량철골온실과 지능형 복합환경제어장비로 구성

□ K-Plant 테스트 베드 보급형 모형 기본 설계

○ K-Plant 보급형 모형 시스템 구성 내역

구분		세부내역
설계 조건	대상작물	토마토
	시설규모	300평
보급형 모델 시스템 구성		포스맥 소재 경량철골온실 표준형(육묘장)에 순환형물이용시스템, 양액재이용장치, 복합열원냉난방시스템 등과 복합환경제어장비 등을 연계한 기존 장비이용 보급형 수출 모형으로 구성
K-Plant 보급형 모형		
복합환경 제어장치		 <p>복합환경제어시스템</p>
순환형 물이용 시스템		
복합열원 에너지		공기열 히트펌프, 축열조, 포그, 차광막
친환경 양액 재이용 장치		 <p>양액재이용 시스템</p>
기타		기반시설

○ K-Plant 지능형 모형 시스템 구성 내역

구분		세부내역
설계 조건	대상작물	토마토
	시설규모	300평
시스템 구성		포스맥 소재 경량철골온실 표준형(육묘장)에 순환형물이용시스템, 양액재이용장치, 복합열원냉난방시스템 등과 지능형 복합환경제어시스템을 연계한 WEF 기반 지능형 수출모형으로 장비 구성
K-Plant 지능형 모 형		
복합환경 제어장치		<p>WEF 기반 복합환경제어시스템</p>
순환형 물이용 시스템		
복합열원 에너지		공기열, 지열히트펌프, 축열조, 포그, 차광막
친환경 양 액 재이용 장 치		<p>미생물 공급시스템 + 양액재이용 시스템</p>
기타		기반시설

(3) K-Plant 테스트 베드 적용 요소기술 적용 계획

[표 2-55] K-Plant 표준모형 테스트 베드 적용기술

구분		적용기술	특징
온실	온실 구조	. 포스맥소재 경량철골온실 표준형 - 포스맥 소재 경량철골온실 - 일체형 천창개폐장치 - 컨테이너형 육묘장 도입	. 육묘장 일체형을 연중생산 가능 . 내구성 내식성, 환경성 개선
	피복재	. PO 필름 (폴리올레핀 필름)	. 내구성 7~9년 가성비 좋음
	차광막	- 닥나무 한지사용으로 차광막, 수입 대체	. 향균, 원적외선, 습도 조절
	일체형 천창개폐	. 1-2 대의 모터로 동시 천창개폐	. 신속한 개폐, 재배환경 개선
	시공	. 조립식온실로 시공 기간 비용 단축	. 시공비 절감
재배작물		- 토마토	
물공급시설		- 관수 : 센서기반 급수 - 양액기 : 양액재이용장치	. 수요기반 물관리
냉난방시설		- 펌프일체형 지열냉난방시스템	. 1대의 펌프로 다수 관정 이용
WEF 기반 제어장치		- 복합환경제어시스템(반딧불이) - 수요기반 물공급시스템(나래) - 에너지 관리시스템 (기존 제품)	. 물, 에너지 통합 관리
WEF 기반 통합 환경 제어	보급형복합 환경제어	. 보급형은 기존 복합환경제어장치 활용 - 생육관리와 물, 에너지 개별 관리	. 기존 모형 이용 설계 수출
	지능형통합 환경제어	. 지능형 서비스 시스템 활용 물, 에너지 자원 통합 관리	. 지능형 관리로 생육, 물, 에너지 자원 통합관리
양액재이용		. 기존 양액재이용장치 활용	30% 절수

□ K-Plant 복합환경제어시스템 구축 계획

○ K- Plant 복합환경제어시스템은 보급형, 지능형 복합환경제어시스템으로 구축

- K- Plant 보급형 복합환경제어시스템은 기존 복합환경제어장비와 양액재이용장치, 복합열원냉난방장비를 개별적으로 운영하는 시스템으로 시스템 구성은 기존 복합환경제어시스템과 WEF 운영장비, 즉, ICT 기반 자율 물관리시스템, 양액재이용시스템, 복합열원냉난방장비를 개별 서비스 기술로 운영하는 시스템
- K- Plant 지능형 복합환경제어시스템은 기존 복합환경제어장비와 WEF 운영장비 즉, ICT 기반 자율 물관리시스템, 양액재이용시스템, 복합열원냉난방시스템을 연계하여 취득한 DB 데이터를 머신러닝, AI 기반으로 운영하는 지능형 복합환경제어시스템

○ K- Plant 복합환경제어시스템은 단계별로 적용하여 검증

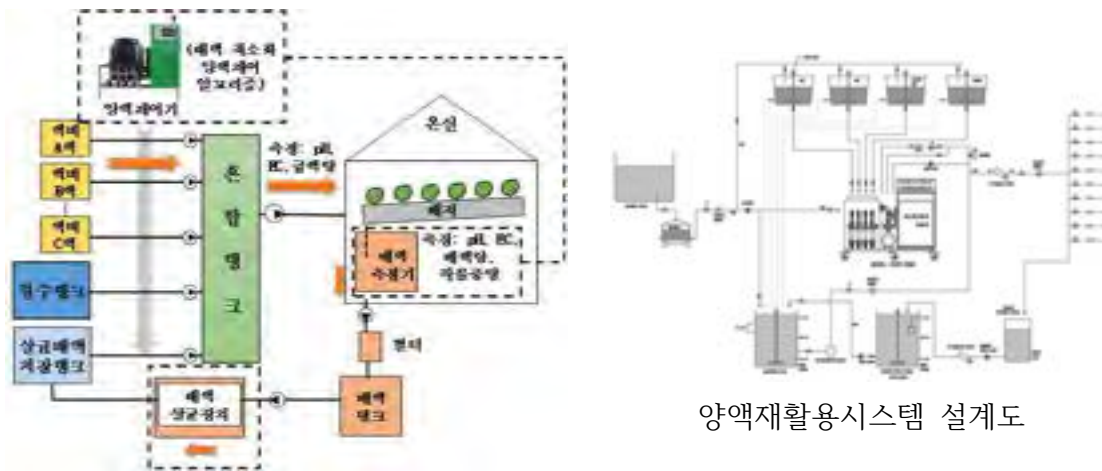
- 1단계로 K- Plant 보급형 복합환경제어시스템 구축
- 2단계로 머신러닝 AI 기반의 지능형 복합환경제어시스템 구성

○ K- Plant 복합환경제어시스템 구성

구분	시스템 구성	K- Plant 복합환경제어시스템 개념도
1단계 보급형 복합환경제어 시스템	2세대 복합환경제어장비로 재배작물 및 시설을 운영관리하는 보급형 운영관리시스템 < 운영시스템 구성 > 양액재이용시스템, 복합열원냉난방제어시스템	
2단계 지능형 복합환경 제어 시스템	2세대 WEF 기반 복합환경제어시스템으로 재배 작물 및 시설을 운영관리하는 지능형 운영관리 시스템 < 운영시스템 구성 > WEF 기반 지능형 i-FDSS 시스템으로 ICT 기반 자율물관리시스템, 양액재 이용시스템, 복합열원냉난방제어시스템임	

□ K-Plant 양액재이용 시스템 구축 계획

- 양액재이용 시스템은 순환식 자동 양액제어 시스템, UV / PLAZMA를 이용한 배액 살균, 배액 특성측정 / 배액 최소화 양액제어, 원격 모니터링 및 복합환경제어 시스템과 연동하여 구축



양액재활용시스템 설계도

[그림 2-70] 양액재활용시스템 (청오엔지니어링)

○ 양액재활용시스템 내역

구분	순환식 양액기 사양
공급펌프	· 입형 다단(SUS)펌프 (3HP, 5HP, 7HP 선택) / 신뢰할 수 있는 제품 채택으로 신속한 A/S망 이용 가능
액비혼입기	· 정밸브를 이용한 유입량 제어 (최대 8,000cc/분) · 기본: 액비A, 액비B, 산, NO3, K(예비 라인) · 증설: 최대 4개라인증설가능 (옵션)
제어입력부	· PLC 제어방식을 채택하여 국내 및 국외 제어프로그램과 연동제어 및 호환이 용이함 · 대형 컬러 10인치 LCD화면/터치스크린을 이용한 원 터치 입력 · 환경정보, 공급정보, 공급상태 및 공급데이터 상태 모니터링
제어 주요 기능	· 각 구역별, 시간대별, EC/pH 값을 설정 가능하여 작물 재배환경 최적화 · 예비 액비나 특성이 다른 액비를최대 4개까지 설정 가능함 · 시간표,일사량공급,지정시간, 함수율에의한 공급/비상시 급수를 위한 수동 일회공급기능 · 설정값 보호를 위한 비밀번호 기능/화면 보호를 위한 절전모드 기능 · 자동 압력 조절장치로 전구역정압공급 (릴리프 밸브) · 퇴수재활용 (배액상태, 회수, 살균 공급)
데이터 저장기능	· 간편한 이동식 디스크(USB)를 이용한 데이터 백업 기능 · 각종센서(EC/pH)값 및 공급유량, 시간 등 각종 스케줄에 의한 작물재배에 관한 데이터 저장

(4) K-Plant 테스트 베드 개략사업비

○ K-Plant 테스트 베드 적용기술

[표 2-56] K-Plant 테스트 베드 적용기술

구분	세부내역	사업비	
재배작물	- 토마토 (300평)	-	
온실구조	온 실 구 조	- 포스맥소재 경량철골온실 표준형태 - 육묘장 적용	50만/평 1.5억
	피복재	- PO (폴리올레핀 필름)	
	차 광 막	- 덕나무 한지사용으로 수입 대체	
	일 체 형 천창개폐	- 1-2 대의 모터로 동시 천창개폐	
	시 공	- 조립식온실로 시공 기간 단축	
물공급시설	- 정수형 용수공급시스템과 , 온실 빗물 집수배관 - 저류지 이용 물순환 시스템 활용 - ICT 기반 자율 물관리 시스템	미정	
냉난방시설	- 펌프일체형 지열냉난방시스템	미정	
WEF기반 복합환경 제어 시스템	보급형	- 복합환경제어시스템 활용 생육관리 물, 에너지 시설 개별 관리	2,000만원
	지능형	- 복합환경제어장치와 물, 에너지 장치를 지능형 서비스 시스템으로 통합 관리	3,000만원
양액재이용	- 양액재이용장치 활용 (미생물 공급 장치 활용)		
합계	-	2억	

○ K-Plant 테스트 베드 설계 구상도



3.5. 스마트팜 K-Plant 사업화 모델

(1) 퓨처팜 모델

(가) 개요

- 농어촌연구원이 수행하고 있는 “WEF 통합기반 공유형 FDSS 스마트팜 플랫폼 체인화 구축 수출연구사업단”에서는 새로운 형태의 스마트팜 플랫폼으로 퓨처팜을 정의함
- 퓨처팜은 지속가능한 스마트팜 운영과 발전을 담보하는 모델로 스마트팜에 관련된 자재장치, 플랜트/건설, 운영서비스, 체인화 유통까지 전 가치사슬을 플랫폼형태와 시켜 수출하는 방식인 스마트팜 플랜트 산업
 - 한국형 온실 시설에 필요한 기계, 장비 등 하드웨어와 실제 플랜트 설치 및 엔지니어링, 자원분배와 의사결정 시스템을 포함하는 운영 소프트웨어, 보온, 환경제어, 양액기, 관수 장치 등 관련된 장치 일체, 유지보수 및 운영관리 컨설팅, 농장 운영에 필요한 재료와 자원을 공유, 공동 공급하고 판매를 하나로 묶는 체인화 유통까지를 연결하는 개념
 - 가치사슬이 개별로 관리될 때 보다 위험부담이 적고, 개인 운영자 입장에서 부담이 적은 장점이 있음



[그림 2-71] 스마트팜 플랫폼과 비즈니스 모델 수출

- 정부의 8대 선도사업에 포함되는 전략 아이템의 하나로 혁신성장을 이끌어 가는 주요 분야
 - 8대 선도사업 : 초연결 지능화, 스마트공장, 스마트팜, 핀테크, 에너지신산업, 스마트 시티, 드론, 자율주행차
 - 정부는 혁신성장 전략회의, 규제혁신 토론회 등을 통해 현장의 애로사항을 파악하고 혁신성장 가동에 문제가 없도록 전력을 기하고 있음
 - 2017년 기준 시설원에 보급면적은 약 4010ha, 스마트 축산은 790호가 운영중. 2016년 대비 시설원에는 약 2배 이상, 스마트 축산도 2배 가까이 증가함
- 성공한 스마트팜 사례는 스마트팜 시설로 생산성을 높이고, 재배작물의 유통채널을 확보한 것이 성공요인으로 작용함
 - ㈜우듬지팜은 스마트팜 시설로 온도, 습도 등에 대한 원격제어 및 관리와 수확관리 등을 가능하게 하였음. 또한 재배작물을 직접 유통하여 대형마트에 공급함으로써 연 매출 약 120억원을 달성함
 - ㈜우듬지팜의 대표는 단순 기계 및 시설의 업그레이드 뿐 아니라 스마트팜 원리, 작물의 생리, 인력 관리, 매출 관리 등 다양한 분야의 지식을 가지고 있어야 하며, 이에 대한 교육이 필수적임을 강조



[그림 2-72] 우듬지팜의 온실 전경

- 시설원예에 적용된 스마트팜(스마트 온실)은 환경 센서, 영상장비, 시설물 제어 및 통합제어 장비, 최적 생육 환경 정보관리시스템 등으로 구성됨
 - 설치된 모든 기기들은 통신망으로 연결되어 정보를 공유하고 실시간으로 모니터링할 수 있도록 구성되어 있음
 - 환경센서는 온습도, CO2 수준, 토양수분, 양액정도 등 내부 환경과, 풍향/풍속, 강우, 일사량 등 외부 환경을 총체적으로 감지
 - 차광 커튼, 유동팬, 온수/난방수 조절, 모터제어 등 시설별 구동을 통합적으로 제어할 수 있는 시스템
 - 단순 자동화에 그치지 않고, 실시간 생장환경 모니터링 및 분석 등 최적 생육 환경 정보관리 시스템을 통해 지능적 관리를 추구함

(나) 스마트팜 플랫폼

- 그간 다수의 스마트팜 플랫폼이 연구, 적용되어 왔으나 자동화, 지능화 등 기술적인 면에만 집중된 한계를 지님

(다) 프랜차이즈 모델

□ 프랜차이즈 모델 개념

○ 프랜차이즈는 중세 프랑스에서 최초로 개발된 모델

- 다양한 종류의 제품에 왕의 이름을 넣을 수 있는 권한을 개별 업체에 부여하는 형태로 시작됨
- 산업화가 진행되면서 프랜차이즈 모델은 왕의 이름뿐 아니라 민간 경제 분야에서도 활성화되면서 재봉틀, 음식 등 다양한 분야로 확장되었음

□ 성공한 프랜차이즈 모델 분석

○ Singer Corporation은 재봉틀을 소매상에게 공급하고 소매상들은 특정 지역 내에서 면허를 가지고 판매하는 방식

- 면허를 가진 소매상들은 재봉틀을 만들어 팔 수 있는 재정지원도 받을 수 있었음
- 이와 같은 지원을 받는 동시에 재봉틀 사용법을 개별 고객에게 가르쳐야 하는 책임도 부여
- 이러한 모델을 바탕으로 고비용 탓에 확산되지 못하던 재봉틀 판매 네트워크를 확장하고, 이를 통해 전체 프랜차이즈 내 로열티 증가가 발생함
- Singer Corporation의 사례에서 다음과 같은 키워드를 발견할 수 있음
 - 프랜차이즈(가맹주), 1차 소매상, 최종 고객 등 3단계로 구성된 구조
 - 스마트팜 플랫폼 프랜차이즈, 지역별 1차 가맹점, 2~3차 가맹점, 최종 농작물 소비자로 변형시킬 수 있음
 - 고비용 탓에 확산되지 못하던 대상의 확산
 - 초기 설치 비용 과다로 소규모 농업인이 부담을 느껴 적용하지 못하는 스마트팜 분야에 적용이 적합함
 - 자체 생산 및 판매가 가능하게 함으로써 수익성을 보장하고 트리형 교육을 부담시킴
 - 스마트팜 플랫폼 프랜차이즈가 중앙에서 모든 것을 관리하지 않고, 일부 권한을 위임하고 관련 교육 및 새로운 프랜차이즈 확보까지 공동으로 추진함으로써 전체 네트워크의 수익 강화

○ 프랜차이즈의 대명사인 맥도널드는 전 세계 119개국에서 운영되고 있는데 정보, 장비, 가구 등의 표준화를 가장 중요시여기고 있음

- 프랜차이즈는 상표, 표준, 제품, 이미지, 노하우 등을 공유하는 플랫폼
- 사용하는 재료도 표준화시켜 대량의 재료를 구입함으로써 바게인 파워 획득
 - 프랜차이즈 모델에서 무엇보다 중요한 것은 시스템, 프로세스의 표준화

○ 전 세계적인 호텔 체인인 메리어트 인터내셔널은 전세계 광범위한 호텔을 관리하면서 필요한 정보, 건물, 자원을 지원하고 있음

- 가맹점으로부터 가맹지원 수수료를 받고, 영업 기간에는 로열티를 받는 구조. 또한 국내 마케팅을 위한 수수료와 국제 예약 시스템을 사용하는 수수료를 지급
 - 프랜차이즈 모델의 수익원은 기본적인 가입 수수료, 영업 활동에 따른 로열티, 공통 시스템/플랫폼 사용 수수료, 브랜드 홍보비용 등으로 구성

○ 프랜차이즈 모델의 기본 구성과 세부 사항 등을 검토했을 때 퓨처팜 모델의 특성과 부합하기 때문에 퓨처팜의 핵심 비즈니스 모델로 프랜차이즈를 채택

- 프랜차이즈 모델을 적용할 때 고려해야 하는 사항은 다음과 같으며, 본 사업모델은 모든 고려사항에 적합한 것으로 나타남

[표 2-57] [프랜차이즈 적용 체크리스트

no.	고려사항	해당 여부	비고
1	가맹주가 정한 규칙에 따라 프랜차이즈에 가입하도록 설득할 능력과 자원이 있는가?	여	- 농촌진흥청, 농어촌연구소 등 신뢰성 있는 인증기관 - 수출연구사업단이 추진
2	사업을 확장하는 동시에 위험을 최소화시킬 수 있는 방법이 있는가?	여	- 초기 진출은 정부지원사업 자금으로 추진 - 진출 지역 지방자치단체, 국가기관과 협력을 통해 유통망 확보 및 인증 확보 노력
3	보유한 비즈니스 모델을 지원하고 관련된 파트너들을 지원할 수 있는 표준화된 절차와 정보시스템을 보유하고 있는가?	여	- WEF-FDSS, HM-SaaS 등 정보시스템, 플랫폼
4	경쟁자가 모방하기 어려운 모델인가?	여	- AI 알고리즘을 활용한 예측 - 유통까지 연결이 되는 가치사슬 통합모델로 경쟁자가 모방하기 어려움
5	가맹점이 우리 프랜차이즈에 남아있을 수 있도록 하는 유인이 있는가?	여	- 유통까지 연결되어 가맹점의 지속가능한 수익창출을 지원

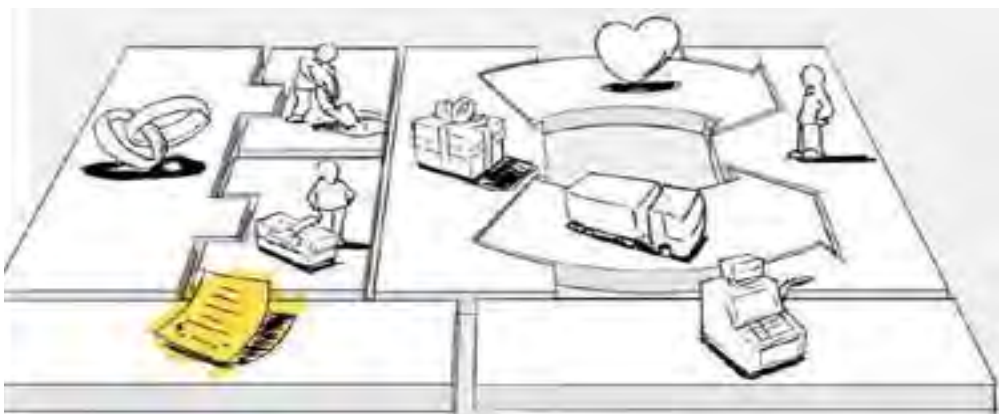
(2) 퓨처팜 비즈니스 모델

(가) 비즈니스 모델 도출

□ 비즈니스 모델 캔버스

○ 비즈니스 모델 분석틀은 알렉산더 오스왈드의 비즈니스 모델 캔버스에 기반

- 비즈니스 모델 캔버스(이하 “BMC”)는 최근 광범위하게 사용되고 되고 있는 모델로 9개의 블록으로 이루어져 있기 때문에 9 Block으로 통칭되기도 함
- BMC는 타 비즈니스 모델 분석틀 대비 기업 내외부 환경을 종합적으로 분석하는데 용이하며, 요소 간 관계를 나타냄으로써 전략으로의 연결성이 높음



[그림 2-73] Business Model Canvas(Business Model Generation, Osterwald(2010))

○ 비즈니스 모델 캔버스의 각 요소

- 고객 세그먼트 : 기업이 누구를 위해 가치를 창출하는 지를 살펴보는 블록. 각 고객 세그먼트에 대한 구체적인 설명과 고객 세그먼트가 처해있는 문제사항을 이해해야 작성할 수 있음

- 가치제안 : 고객에게 전달할 가치가 무엇인지, 다시 말해 고객이 가지고 있는 어떤 문제를 해결하고 있는지를 분석. 고객 세그먼트가 다양할 경우, 가치제안도 그에 따라 구분되어야 함. 고객 세그먼트와 가치제안은 서로 계속적으로 영향을 미치며 수정과 보완이 계속됨
- 채널 : 고객 세그먼트에게 제안된 가치를 어떻게 전달하고 소통할 것인지 그 수단에 대한 정의가 필요. 채널은 가치를 알리고 고객이 보유한 문제를 파악하기 위한 사전 조사, 홍보와 판매 이후 고객이 접수하는 피드백을 수령하기 위한 소통으로 구분되며, 일반적으로 기업이 직접 보유한 채널, 간접적으로 보유한 채널, 제휴 등을 통해 활용하는 채널 등으로 구분. 최근에는 온라인 채널과 오프라인 채널로 구분하기도 함
- 고객관계 : 특정 채널을 통해 고객에게 도달 했을 때 어떤 유형의 관계를 구축하고, 어떻게 유지할 것인지에 대한 블록. 전략적으로 고객과의 관계를 일회성으로 규정할 수도 있고, 중장기적으로 규정하고 지속적인 관리를 할 수도 있으며, 이는 수익원에도 영향을 미침. 일회성 관계는 판매 이후 부가적인 수익원이 없는 경우가 많고, 중장기적으로 관리할 때는 제품에 대한 수리, 추가제품 판매, 서비스 비용 청구 등 부가적인 수익원이 발생할 수 있음
- 수익원 : 판매, 서비스 제공, 관련 제품 추가 판매, 라이선싱 관리 등 다양한 수익원과 시장 점유율, 고객이 지불할 만한 가격을 도출하여 예상 수익액을 분석
- 핵심자원/활동/파트너 : 목표 고객 세그먼트에게 제안된 가치를 전달하고, 고객과의 관계를 유지하기 위해 필요한 핵심자원과 핵심활동 정의. 기업 내부가 아닌 외부에서 조달할 핵심요소와 조달자를 탐색하고 이들을 핵심파트너로 정의. 핵심 파트너와의 관계를 통해 시간, 비용 효율적으로 필요한 차별성과 경쟁력을 확보할 수 있음
- 비용분석 : 핵심자원, 활동, 파트너를 발굴하고 유지, 관리하는데 소요되는 모든 비용요소를 도출하고 실제 비용 산정

□ 기존 스마트팜 비즈니스 모델

○ 기 분석된 스마트팜의 비즈니스 모델은 다음 도표와 같음

- 가치제안
 - 퓨처팜 모델을 수립하기 이전 스마트팜 비즈니스의 핵심 가치는 자원의 분배와 실제 스마트팜 운영을 지능적으로 지원하는 WEF 기반 FDSS 스마트팜 플랫폼
 - 스마트팜을 수출하는 대상국 현지 상황(기후, 선호작물 등)에 맞는 맞춤형 재배 알고리즘 제공
 - 가치사슬을 통합한 플랫폼형, 공동 관리 체계와 노하우를 공유하는 프랜차이즈형 가치를 제공
- 고객 세그먼트 : B2G와 B2B의 2가지 고객 프로파일
 - B2G : 자국 내 농업 생산성 강화와 산업발전을 원하는 수혜국
 - B2B : 스마트팜을 운영하고자 하는 잠재 가맹점
- 채널 : 스마트팜 판매 이후 교육, 엔지니어 파견, 정기 보수, 온라인 지원 등 사후관리 서비스를 제공함으로써 장기관계 구축
- 고객관계
 - B2G : ODA, EDCF 등을 통한 국가 간 외교 수단 활용
 - B2B : 프랜차이즈 본부에서 지속적인 수익을 내면서 각 가맹점 대상 회원제 관리 서비스 제공
- 수익원 : 프랜차이즈 비(월간)
- 핵심자원 : FDSS를 가능하게 하는 AI 알고리즘과 전체 제어를 가능하게 하는 통합제어시스템. 플랫폼과 체인형 비즈니스
- 핵심활동 : B2G 고객 확보와 모델 실현을 위해 외교 채널을 활용해 초기 홍보 및 진행 협의 진행. 해당

수출국 특성을 분석해 맞춤형 작물 선택 및 레시피 분석. 스마트팜 설치와 이후 온오프라인 유지보수 서비스. 체인본부 관리 운영

- 핵심 파트너 : 국내 관련 부처, 수출대상국 정부와 공간, 서비스 실행을 위한 통신서비스 기업 및 관련 협회
- 기 분석된 모델이 가지는 한계와 문제점
 - 기존에 분석된 모델은 수출모델과 국내 모델이 혼재되어 있어 명확한 가치흐름을 판단하기 어려움
 - B2B, B2G 고객이 혼재되어 있어 명확한 가치흐름을 판단하기 어려움
 - 따라서 개념이 명확화 된 퓨처팜에 대해 국내용, 수출용과 B2G, B2B 등을 모두 분리시켜 분석할 필요가 있음
- 스마트팜 플랫폼 개념을 명확히 한 현재 비즈니스 모델 캔버스는 다음과 같이 다시 그려볼 수 있음

Key Partners 농림축산식품부 수출대상국 정부 대상국내 한국대사관 대상국내 통신서비스 기업 협회	Key Activities 외교 채널 활용 수출국 특성 분석 스마트팜 설치 및 온오프라인 MRO 체인본부 관리	Value Proposition WEF 기반 FDSS 스마트팜 수출국 특성에 맞는 맞춤형 재배 알고리즘	Customer Relationships B2G 국가간 외교 수단 B2B 체인본부를 통한 회원제 관리	Customer Segments B2G 농업생산성 증진을 희망하는 국가 B2B 재배효율성을 높이고자 하는 소규모 농장주
	Key Resources 기술 - AI 알고리즘 - 통합제어시스템 BM - 플랫폼 & 체인형	플랫폼 비즈니스 체인형 비즈니스	Channels 온라인 유지보수 정기 기술 교육 국내 엔지니어 정기 파견	
Cost Structure 스마트팜 설비비용 초기 인력파견비용 - #명 * #개월		Revenue Streams 체인 설립 및 유입 비용 초기 영업활동비 - #명 * #개월		

[그림 2-74] 기존 비즈니스 모델 캔버스

(나) 비즈니스 모델 재정립 및 구체화

a) 퓨처팜 개념과 추진방향에 맞는 새로운 비즈니스 모델 재정립 필요

○ 고객 세그먼트가 가지고 있는 문제와 이에 대한 가치제안 중심으로 분리

○ 퓨처팜이 스마트팜에 관련된 자재장치, 플랜트/건설, 운영서비스, 체인화 유통까지 전 가치사슬을 플랫폼형태화 시켜 수출하는 방식인 스마트팜 플랜트임을 고려해야 다음과 같이 주체 설정

- 퓨처팜 본부 : 수출사업단, 스마트팜 플랫폼의 핵심기술을 가지고 프랜차이즈 모델을 운영, 관리하는 본부
- 가맹점 : 개인 영농업자로 퓨처팜 본부의 모델을 받아 스마트팜을 실제 운영하는 개별 플레이어

b) 국내용 일반 모델(B2B)과 수출용 모델(B2G)

□ 국내용 일반 모델(B2B)

A. 고객 세그먼트

- 소규모 농업을 하고 있는 농업인
- 고객 세그먼트의 해결되지 않은 수요
 - 생산성을 높이기 위한 자동 생산기기 도입
 - 높은 초기 시설투자비
 - 어려운 조작방법 및 고장 등 이슈 발생 시 대처 어려움
 - 기후 및 환경 변화에 적시 대응
 - 농장 주변에 항시 대기해야 하는 불편함
 - 갑작스런 변화에 적시 대응을 하지 못해 입게 되는 농작물 피해
 - 규모의 경제에 다다르지 못해 소규모 농업에 필요한 자원 확보 어려움
 - 적은 양의 소작물로 적절한 유통망 확보와 가격 협상이 어려움
 - 스마트팜 설비 구입 시 손익분기에 이르기까지 장시간 소요

B. 가치제안

- 스마트팜 농업 가치사슬을 체계적으로 연결하여 통합 플랫폼으로 제공
 - 온실설비 설계 및 모듈화 건설
 - 지능형 의사지원 시스템, 원격 제어시스템, 통제 시스템 등 운영서비스 솔루션 제공
 - 농업 필요 기자재, 장치 공급
 - 필요 재료 공급 및 판매망 공동 활용
 - 운영 중 발생 이슈에 대한 컨설팅 및 종합 관리 서비스 제공(체인)
- 자본, 노동력이 부족한 소규모 영농업자가 스마트팜을 쉽고 편리하게 도입하고 운영할 수 있도록 지원
 - 이를 통한 생산성 제고 및 지속 가능한 수익성 확보

C. 채널

- 홍보채널
 - 농어촌연구원과 공사의 공인된 신뢰도에 기반한 온라인 공고
 - 신규 유입 농업인 대상
 - 지역 기반 홍보활동
 - 기존 농업인 대상
- 판매채널 : 본 모델은 실물을 보지 않아도 구매가 가능하여 온라인 공간을 활용할 수 있음. 동시에 새로운 개념이므로 온라인 시연과 오프라인 모델하우스를 동시에 활용하는 방안을 검토할 수 있음. 특히 모델하우스를 준비할 경우 홍보채널로써 활용 가능함
 - 온라인 : 웹사이트 내 기 구축된 스마트팜 정보와 최소 모듈 등 정보 게재. 360도 카메라 등으로 온라인 상 스마트팜 농장을 체험해볼 수 있는 시연 준비
 - 오프라인 : 개별 모듈별(원격제어, 온도 자동 조절, 출하 관리, 프랜차이즈 공유 플랫폼 등) 시연 준비
- 사후서비스 지원 채널
 - 판매 후 현장 교육, 가맹점 요청에 따라 엔지니어 추가 파견, 주기별 집합 교육 제공, 소프트웨어 업그레이드 제공, VIP 관리 서비스 등 다양한 사후서비스 지원

D. 고객관계

- 프랜차이즈형 모델로 고객과의 관계가 장기적이고 상호 소통이 계속됨
 - 프랜차이즈형 사업은 가맹주가 가맹점이 위험을 덜 부담하면서 사업을 빠르게 확장할 수 있도록 지원하는 형태. 가맹점은 검증된 모델을 사용하면서 가맹주와 타 가맹점으로부터 기존에 축적된 노하우를 전수받을 수 있다는 장점을 지님. 또한 가맹점 개별은 소규모 개인사업자지만, 프랜차이즈 전체의 규모의 경제 이점을 누릴 수 있다는 특별한 장점을 지님

E. 수익원

- 하드웨어 판매 혹은 소프트웨어 판매로 통해 발생하는 단발성으로 종료되는 일반적인 수익모델을 탈피하고 플랫폼 구축과 이후 서비스 비용까지 수익발생 지속
- 가맹관리비 : 교육, 컨설팅 비용 등 포함
 - 초기 개인 농장주의 상황, 농장지역 환경 등을 고려하여 적합한 퓨처팜 규모 및 모델 맞춤형 컨설팅
 - 퓨처팜 운영관리에 필요한 사용관리 방법 교육 제공
 - 필요 자재, 재료 제공
 - 주기적 소프트웨어 업데이트 지원
 - 퓨처팜 운영 중 문제 발생 시 엔지니어 파견 등 사후 관리 컨설팅 제공
- 퓨처팜 플랜트 건설 비용
 - 관련 통신시설, 센서, 기자재 등 퓨처팜 플랜트 일체 자재 확보 및 건설
 - 단위면적에 따라 다르게 발생
- 유통망 참여 수수료
 - 퓨처팜 본부에서 구성 및 운영하는 유통망에 개인 농장주가 참여할 때 판매수익 대비 일정 수수료

F. 핵심자원

- 퓨처팜의 핵심은 다음과 같음
 - 가치사슬 전체를 통합하는 공동체(프랜차이즈)
 - 지능형 의사결정과 자동 제어를 통한 생산성 증대
 - 구매 및 판매 공동체 대응

[표 2-58] 퓨처팜 핵심가치 평가

핵심가치	판단요소				비고
	유용성	희귀성	모방가능성 (낮음)	교체가능성 (지속성)	
가치사슬 통합	v	v	v		선두주자의 모델을 모방하기 어려움
지능형 의사결정과 자동제어	v		v	v	지속적인 데이터 확보로 학습 효과 증대 가능
구매/판매 공동체 대응	v	v		v	선두주자의 모델을 모방하기 어려우며, 규모의 경제가 작용

※ Fraunhofer IPT 기술기획평가방법론 차용

- 핵심자원 분석을 위해 관련 프로세스 및 관련 역량을 펼치면 다음과 같음
 - 실제 운용 시 일부 변화가 있을 수 있으나 기본적인 모델은 다음과 같이 분석됨

재료	센서 (온습도)	수신기	제어모듈	서버	컴퓨팅 유닛	계측모듈	환경정보	작업정보	생육정보
프로세스	센싱	데이터수집	데이터선별	연과관계 분석 및 예측	역사기반 제어	모니터링	데이터 가시화	시뮬레이션	수요분석
	최적자원 도움	환경조성	경작 관리	환경 변화 대응	수확	가공	저장	유통	정산
기술	감지기술	M2M통신기술	데이터 분석기술	데이터 저장기술	예측기술	제어기술			
	AI	Big data	자동 수확	관개	가공기술 (cutting, packaging)	보존기술			
제품	농산물	가공농산물	경작 데이터	판매 데이터	공동 구매 재료	...			
Research & Development	FDSS	네트워크 기술	경작 레시피	데이터 분석	프로세스 최적화				
Business processes & services	체인 모집 및 관리	교육	유지보수	SW 업데이트	프랜차이즈 간 협력	유통망 확보	자재/재료 공급		
Boundary conditions	8대 선도사업		통신규격						

[그림 2-75] 퓨처팜 역량 분석(B2B,Fraunhofer IPT 기술기획평가방법론 차용)

- 중 퓨처팜의 핵심가치와 연계된 핵심자원을 다음과 같이 도출함
 - AI, Big Data를 활용한 데이터 분석, 예측기술
 - 유통망 확보와 공동 자재, 재료 공급 시스템

G. 핵심활동

- F에서 분석한 핵심가치, 핵심자원에 기반하여 다음과 같은 핵심활동을 도출할 수 있음
 - AI, Big Data 분석에 대한 연구개발 활동
 - 체인 모집 및 관리에 수반되는 활동과 체인점 간 협력
- 연구개발 활동은 우수한 연구역량을 지닌 연구자원과 실제 테스트를 할 수 있는 기반시설 확보, 연구개발 자금 확보 등이 수반되어야 함
 - 특히 Big Data는 실제 테스트 결과가 누적되면서 성능과 정확성이 향상되기 때문에 실제 테스트 기반 확보가 필수적임
- 체인 모집 및 관리에 대한 활동은 초기 신뢰성이 확보된 주체의 홍보와 영업활동이 필요함

H. 핵심 파트너

- 핵심활동 중 하나인 체인 모집 및 관리에 신뢰성이 필수적인 요소기 때문에 사업단의 주축인 농어촌연구원과 한국농어촌공사는 필수불가결한 파트너
 - 프랜차이즈 모델 도입 후에도 제휴나 후원 등을 통해 지속적으로 공동 브랜드를 만들어 가야 함
- 퓨처팜 모델에 적합한 통신 인프라 구축에 협력할 통신사
 - 퓨처팜 적용 농가 규모와 전체 비용, 필요한 통신 품질에 적합한 근거리 통신망을 구축하고 기술, 제품을

지원할 수 있는 통신사

- 통신사는 사업단 일부로 편입될 수도 있으나, 초기 전체 비용 관리를 위해 파트너의 형태로 접근하는 것이 합리적일 것으로 판단됨. 사업이 안정화 된 이후 합작법인이나 사업단 내 조직으로 포함시키는 것을 고려할 수 있음

I. 비용구조

○ 인건비

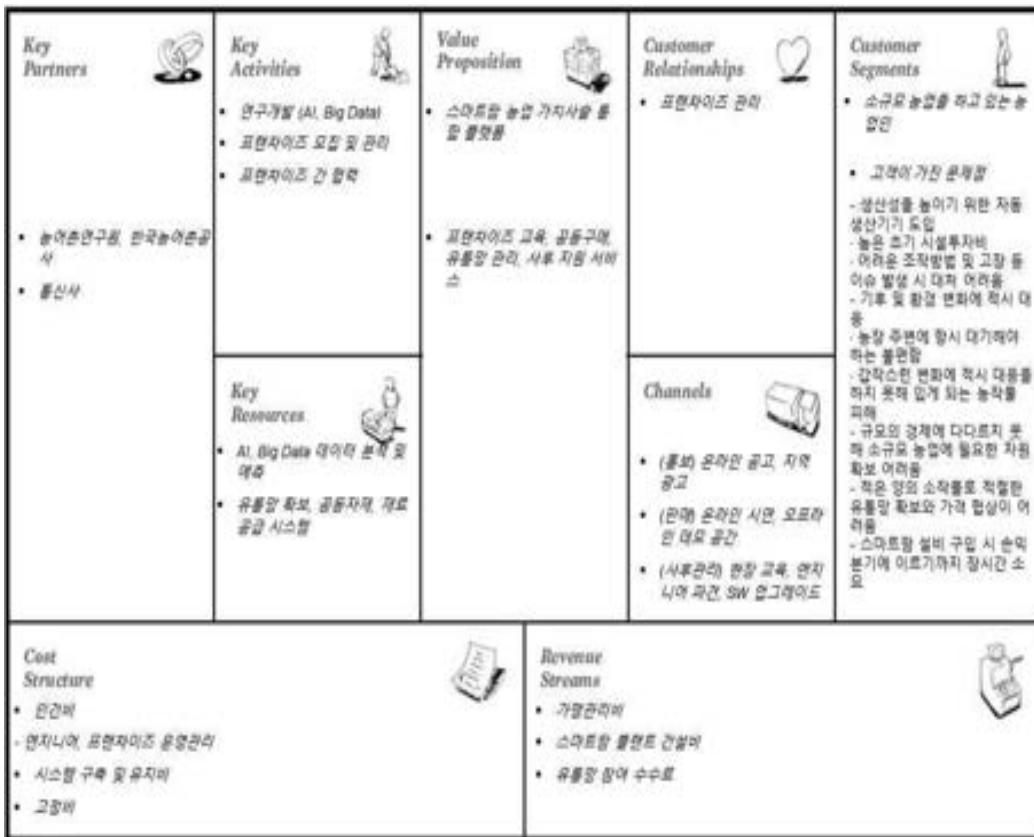
- AI, Big Data 인력에 대한 인건비
- 프랜차이즈 홍보, 유지, 지원에 필요한 인력 인건비
- 교육 및 사후 관리 엔지니어 인건비

○ 시스템 구축 및 유지비

- 서버 운영 및 네트워크 사용비
- 시스템 구축에 필요한 기자재 구입비

○ 기타 고정비

- 오프라인 홍보공간 임대 및 유지비
- 홍보 마케팅 비



[그림 2-76] 퓨처팜 비즈니스 모델(B2B)

□ 수출용 모델(B2G) - ODA형

A. 고객 세그먼트

- 농업 생산성 제고와 국가 산업 경쟁 발전동력이 필요한 개발도상국

- ODA와 EDCF를 연계한 진출 모델 수립 가능
- 고객 세그먼트의 해결되지 않은 수요
 - 국가 내 낮은 농업생산성
 - 높은 초기 시설투자비
 - 실제 시설, 장비를 운영할 숙련 인력 부족
 - 구동 인프라 부족
 - 기후, 환경 조건으로 인한 제한적인 재배 가능 작물
 - 부가가치가 높은 작물이나 건강을 위해 필요한 녹황채소 재배의 어려움
 - 단순 재배시설만 있어 생산 이후 부가가치 증대 어려움
 - 단순 생산 후 저가에 수출 및 판매하고, 가공된 제품을 비싼 가격에 수입해야 하는 어려움
 - 생산 이후 보관의 어려움
 - 생산 후 가격형성기를 기다리기 위해 필요한 저장시설 부족
 - 냉장, 냉동 설비 부족

B. 가치제안

- 중점협력대상국 현지 기후 및 선호도에 맞는 작물의 생산성과 부가가치를 증대시킬 수 있는 스마트팜 플랫폼 퓨처팜 구축 및 사후 관리
 - ODA 자금을 활용하여 초기 타당성 조사 및 후보지 분석(선호작물 포함)을 완료하고 이후 EDCF 자금을 활용해 실제 구축사업과 현지 교육훈련 사업까지 추진
 - 현지 농업생산성을 증대시키고 부가가치를 더할 수 있는 가공시설을 포함
 - 시설 및 작물재배 노하우에 대한 교육을 주기적으로 실시
 - 이후 소프트웨어 업그레이드 제공 및 엔지니어 현지 파견, 원격 지원 등 지속적으로 활용 가능한 시설이 되도록 전방위 지원
- EDCF 자금은 퓨처팜을 통해 발생하는 수익과 이를 통한 지역개발을 통해 상환하는 모델 기획
- ODA, EDCF 등 자금을 활용해 협력대상국의 재정부담 경감

C. 채널

- 홍보채널
 - 국가 레벨의 협력 논의가 필요하므로 한국농어촌공사와 농축산식품부가 주도적으로 퓨처팜 모델 홍보
 - 개발도상국 공무원 및 관계자 초청을 통해 한국형 스마트팜 및 퓨처팜 모형 제시
 - 이를 통해 협력대상국이 적극적으로 협력을 제안할 수 있도록 유도
- 판매채널
 - 국가 간 협력이 시작되면, 현지에 사업을 공동으로 수행하기 적합한 민간 파트너를 추천 받아 공동 추진
 - 현지 시설 구축 시 주도적인 역할을 수행해야 하므로 연구소 및 공공의 성격을 지닌 기관을 1차적으로 컨택하고 해당 기관이 민간 파트너 선별 및 컨소시엄 형태를 유지하도록 제안(공공, 민간 별 역할 구분은 협력대상국 현지 상황에 따라 조정)
- 사후 서비스 지원 채널
 - 사업단이 주도적으로 엔지니어 파견 및 교육 프로그램을 기획, 운영
 - 퓨처팜 건설지가 해외임을 고려하여 원격 지원 시스템과 AR/VR을 활용한 매뉴얼 작업 강화
 - 이후 현지 민간 파트너가 지역 허브 역할을 수행할 수 있도록 중점 교육

D. 고객관계

- ODA를 통해 형성된 공여국-협력대상국 관계
 - 구축된 시설 및 모델에 대해 협력대상국이 주도적으로 평가
 - 지속 가능한 모델이 되도록 공여국이 소프트웨어 지원
- 시설 구축 이후는 프랜차이즈 모델을 준용
 - 퓨처팜 본부가 지역 허브와 교류협력 하면서 해당 국가 내 모델 전파 도모

E. 수익원

- ODA 및 EDCF 사업자금
 - 협력채널 구축 및 초기 타당성 조사 등은 정부자금 활용
 - EDCF 사업자금으로 초기 시설 구축 추진
- 협력대상국 내 퓨처팜이 구동된 이후는 계속적으로 소프트웨어 업그레이드, 엔지니어 파견, 초청연수 등에 대한 비용 청구
 - 퓨처팜 부품, 장비에 대한 유지보수 수출도 추진

F. 핵심자원

- B2G형 퓨처팜의 핵심은 다음과 같음
 - ODA 국가정책 및 국가별 CPS와의 일치성
 - 협력대상국과의 긴밀한 협력체계
 - 지능형 의사결정과 자동 제어를 통한 생산성 증대

재료	센서 (온습도)	수신기	제어모듈	서버	컴퓨터 유닛	제어모듈	환경정보	작물정보	생육정보
Processes	협력대상국 탐색	조기 정보교류	협력 네트워크 구축	현지 파트너 탐색	현지조사	현지 적합 모델 발굴	ODA 기회/평가	컨소시엄 구축	분류 채널 확보
	생산	데이터수집	데이터선별	연관관계 분석 및 예측	역사기반 제어	모니터링	데이터 가시화	시뮬레이션	경장도출
	최적화물 도출	환경조성	현지적합 설계	래시피 개발	조달	구매	건축	유지보수 (파견)	유지보수 (원격)
기술	감지기술	M2M 통신기술	데이터 분석기술	데이터 저장기술	예측기술	제어기술			
	AI	Big data	AR/VR	원격제어	Interpretation	관계			
Products and components	래시피	Specification	농산품	기공농산품	메뉴얼	경작데이터			
Research & Development	FDSS	네트워크 기술	래시피 개발	메뉴얼 작업	데이터 분석	프로세스 최적화	분류 최적화	Analytics	현지정보 분석
Business processes & services	재인 모집 및 관리	교육	유지보수	SW 업데이트	프랜차이즈 간 협력	유통망 확보	자재/재료 공급		
Boundary conditions	8대 선도사업		통신규격		CPS		OECD DAC		

[그림 2-77] 퓨처팜 역량분석(B2G)

- 중 퓨처팜의 핵심가치와 연계된 핵심자원을 다음과 같이 도출함
 - 협력대상국 탐색 및 ODA 기획
 - 현지 최적작물 도출 및 현지적합 설계

G. 핵심활동

- 마찬가지로 핵심가치와 연계된 핵심활동을 다음과 같이 도출할 수 있음
 - 협력대상국 탐색, ODA 기획과 연계된 활동 일체
 - 현지 기후 및 환경분석을 통해 현지 최적작물을 도출하고 현지 적합 설계 활동

H. 핵심 파트너

- 협력대상국의 주관 부처 및 공공/민간 파트너
 - 특히 ODA에서는 협력대상국 부처, 실제 파트너와의 긴밀한 협력과 정보 공유가 가장 중요한 역할을 수행함
 - 공공/민간 파트너는 퓨처팜 구축 이후 해당 국가 내 실질적으로 퓨처팜이 구동하고 지속 가능하게 성장하도록 하는 주 플레이어임
 - 따라서 최적의 파트너 발굴, 정보채널 구축, 교육 및 소통 창구 운영 등이 원활히 작동되어야 함

I. 비용구조

- 인건비
 - AI, Big Data 인력에 대한 인건비
 - ODA 기획 및 타당성 조사 수행 인건비
 - 협력대상국과의 공동 기획, 설계에 필요한 인력 인건비
 - 교육 및 사후 관리 엔지니어 인건비
- 시스템 구축 및 유지비
 - 서버 운영 및 네트워크 사용비
 - 시스템 구축에 필요한 기자재 구입비
 - 물류 및 통관 관련 비용
- 기타 비용
 - 현지 출장비
 - 초청 교육 및 매뉴얼 제작비



[그림 2-78] 퓨처팜 비즈니스 모델(B2G)

(다) 비즈니스 전략

□ 해외 진출을 위한 사업단 보유 채널 활용

○ 인프라 : 해외사업처(기술), 국제협력처(해외농장), 해외주재사무소 등 수출인프라 보유

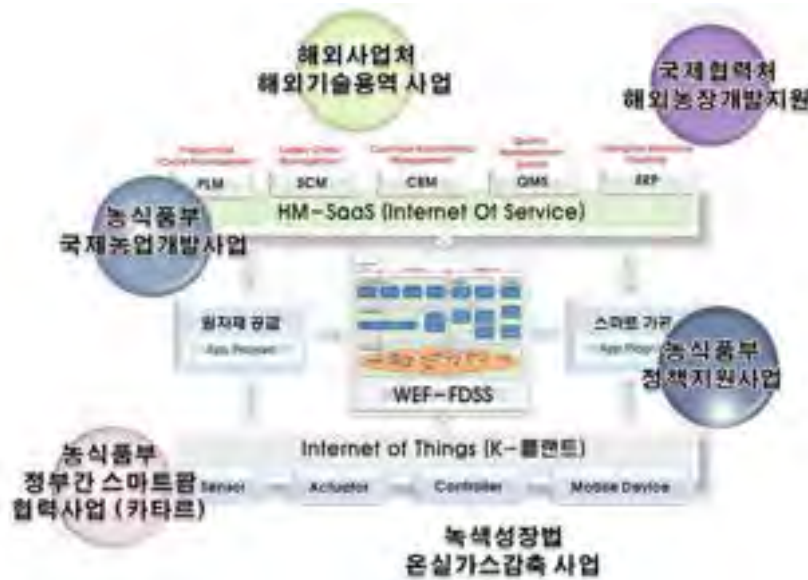
- 보유한 인프라를 실질적으로 활용하기 위한 액션플랜 수립 필요
- 사업단의 스마트팜 플랫폼 청사진과 적용예시 및 해당 국가별 CPS에 맞는 사업기획(안)을 가지고 보유 인프라들과 협의를 해야함
- 예를 들면, 인도네시아 고립섬 지역에 적용할 수 있는 스마트팜 플랫폼 모형(규격, 주요 작물 등)과 협력계획을 수립한 후 해외사업처, 국제협력처, 해외주재사무소 등과 세부 기획을 추진해야 함

○ 협력기관 : 수출입은행(대외경제협력기금, EDCF) 및 코이카(공적개발원조, ODA), 국제농업협력사업(국제협력처)

- 도출된 세부 기획(안)을 바탕으로 원조 형태(유상, 무상)에 따라 적합한 협력기관 컨택 필요
- ODA와 EDCF를 연계한 모델을 기획한다면 먼저 ODA 자금을 운용할 수 있는 농축산식품부와 협력 논의를 시작해야 함

○ 공사 해외협력사업을 통한 BO 발굴 (Business Opportunity)

- (농축산식품부) 농축산식품부에서 탄소 배출권 확보를 위해 사업단 내 주관연구기관에 협력사업 요청('16.3.)한 바 있음
- 특히 농축산식품부는 협력대상국가와 직접적으로 협력 아이템을 발굴, 기획할 수 있는 주체기 때문에, 사업단은 농축산식품부로부터 타 국가 부처와의 협력기회에 대한 정보를 조기 입수하여 맞춤형 세미나 운영, 현장방문 계획 제안 등 능동적인 역할 수행이 필요함
- (KOICA) 농림수산 분야 내 농장개발 및 건설지원 사업과 연계하여 스마트팜 수출 추진
- (KDB산업은행) 한국형 기후변화 대응사업 발굴 추진
- (GCF) 녹색기후기금은 2016년 10월 스마트팜이 포함된 한국형 기후변화 대응 사업모델을 제14차 GCF 이사회에서 승인하였음
- 스마트팜, 신재생에너지+ESS(에너지저장시스템), 친환경에너지타운을 주 모델로 고려함
- 개발도상국 농업의 기후 적응능력 향상을 위한 맞춤형 지원이 주로, 전력공급사업과 연계가 가능하여 사업 확장성이 높음



[그림 2-79] 보유 인프라 활용방안

□ 체인화 전략의 유효성

- 글로벌 식품기업들은 곡물유통시장에 참여하는 것 뿐 아니라 전후방 연관산업으로 사업을 다각화하고 있음
 - 대형 식품기업들은 보유한 글로벌 네트워크를 활용하여 농약, 종자, 식품가공 등 전후방 연관산업으로 사업을 다각화하는 추세
 - 일본 미쓰비시는 미국, 노르웨이 등에서 곡물과 수산물을 수입한 후, 미얀마, 인도네시아 등지에서 식품을 가공하여, 일본 내 편의점, 외식업체에 공급하는 비즈니스 수행



[그림 2-80] 미쓰비시 상사의 식량사업 글로벌 가치사슬

- 일본은 정부의 지원과 민간기업의 적극적인 활동으로 글로벌 가치사슬 통합에 나서고 있음
 - 마루베니사는 2011년 브라질 곡물엘리베이터 기업을, 2013년 미국 곡물회사를 인수하였음
 - 젠노(일본 농협 협의회)는 2014년 미국 곡물엘리베이터를 인수하였음
 - 양 사 모두 산지와 사료회사의 계열화를 추진
 - 일본 정부는 일본국제협력은행(JBIC)을 통해 민간에 용자를 지원하는 정책을 추진
- 중국도 관련 산업의 중요성을 인지하고 공기업이 해외 곡물기업을 인수하는 방식으로 해외농업에 투자하고 있음
 - 중량그룹은 2014년 아시아, 네덜란드 곡물회사 지분인수
 - 캄차이나(국영기업)는 스위스 농약·종자회사 인수
- 한국도 농업 가치사슬 전반으로 진출 기반을 확대할 필요가 있음
 - 그간 곡물중심의 해외농장개발에 집중했지만, 이제 농기자재 및 가공식품 등 농산업 전반 으로 기반을

확대해야 함

- 해외 농지확보를 통한 해외 공급기반 구축에 주력했던 현재까지의 관행에서 벗어나 첨단 기술과 축적된 운영경험을 바탕으로 농기자재, 가공 등 전후방 연관산업으로 동반진출 도모
 - 이를 통해 곡물 중심에서 식품원료, 가공식품 등 품목 다각화 달성
 - 기 진출되어 있는 해외진출기업과 농기자재 기업 간 협력 플랫폼 구축
 - 해외농업진출 관련단체 협의회를 구성, 해외진출기업과 농기자재 기업간 교류·협력을 위한 플랫폼 개발
 - 협의회 주관 진출기업·농기자재 기업간 비즈니스 포럼 개최, 기업간 교류전용 사이트 개설 등
 - 국가별 진출기업 협의체를 통한 민간 교류협력 활성화 추진
 - 진출기업이 많은 캄보디아, 인도네시아 등에 진출기업 협의체를 구성, 상호 기업간 정보교류 및 기술협력 체제 구축
 - 국가별로 해외농업 진출기업으로 구성된 협의체로, 현지 제도, 정책, 영농기술 등 정보를 교류하고, 공동 영농전문가 초청, 판로개척 등 활동
- 지역별 특성화 전략 제시
- (북방지역) 동북아 생산기지
 - 러시아 서남부 대규모 영농기업과 기술교류를 확대하고, 대형 농기계 제조사와 연계한 조작, 관리방법 교육과 애프터 서비스 지원 추진
 - 현지 적응성이 우수한 품종을 개발하고 등록하는 활동 추진
 - 해당 지역 생산 작물에 대한 동북아 유통 경로 개발
 - (동남아 지역) 농업기술전수 및 ODA 연계 진출
 - 국내 선진 영농·가공기술 및 농기자재를 활용하여 현지에 농업선진화를 선도하면서 진출
 - 현지 직접재배 또는 계약재배시 국내 우수 농기자재를 활용한 영농을 통해 농기자재 산업의 동반진출 연계
 - 이러한 과정에 ODA를 연계하여 초기 재정부담 경감 및 동남아 국가의 협력 의사 발굴

(2) ODA

- ODA 개요
- 정부 및 공공기관이 개발도상국 경제발전, 사회복지 증진을 목표로 제공하는 원조
 - 경제협력개발기구 개발원조위원회(OECD DAC)에서 개념을 정의하고 글로벌 목표 수립 및 공동체 역할을 수행하고 있음
 - 국제개발협력을 의미하며 선진국-개발도상국, 개발도상국 간 존재하는 개발 및 빈부격차를 줄이고 문제해결을 하는 것으로 자금, 기술협력 등 다양한 형태를 포함함
 - * OECD DAC(Organization for Economic Cooperation and Development, Development Assistance Committee) : 1961년 출범한 ODA 주요 공여국(제공자) 간 회의체. 회원국 간 협력, 정보공유, 정책조정 등 역할 수행
 - ODA의 주요 요건
 - 공여의 주체 : 중앙/지방정부, 산하 집행기관 등 공적기관에 의해 집행
 - 공여의 목적 : 개발도상국의 경제개발과 복지 증진(군사, 상업적 목적 제외)
 - 공여 대상 : OECD DAC의 협력대상국 혹은 ODA 적격 국제기구
 - 공여 조건 : 차관의 경우 증여율이 25% 이상이어야 함

[표 2-59] ODA 공여 대상국(DAC List) / 2018~2020

no.	최빈국 (Least Developed Countries)	기타 저소득국 (Other Low Income Countries) (1인당 GNI ≤USD 1,045)	중저소득국 (Lower Middle Income Countries) (1인당 GNI USD 1,046~4,125)	고중소득국 (Upper Middle Income Countries) (1인당 GNI USD 4,125~12,745)
1	아프가니스탄	북한	아르메니아	알바니아
2	앙골라	짐바브웨	볼리비아	알제리
3	방글라데시		카보베르데	앤티가바부다
4	베냉		카메룬	아르헨티나
5	부탄		콩고	아제르바이잔
6	부르키소파소		코트디부아르	벨라루스
7	브룬디		이집트	벨리즈
8	캄보디아		엘살바도르	보스니아헤르체고비나
9	중앙아프리카공화국		조지아	보츠와나
10	차드		가나	브라질
11	코모로스		과테말라	콜롬비아
12	콩고민주공화국		온두라스	쿡아일랜드
13	지부티		인도	코스타리카
14	에리트레아		인도네시아	쿠바
15	에티오피아		요르단	도미니카
16	감비아		케냐	도미니카 공화국
17	기니		코소보	에콰도르
18	기니비사우		키르기스스탄	적도기니
19	아이티		미크로네시아	피지
20	키리바시		몰도바	마케도니아
21	라오스		몽골	가봉
22	레소토		모로코	그라나다
23	라이베리아		니카리과	가이아나
24	마다가스카르		나이지리아	이란
25	말라위		파키스탄	이라크
26	말리		파푸아뉴기니	자메이카
27	모리타니아		필리핀	카자흐스탄
28	모잠비크		스리랑카	레바논
29	미얀마		스왓질랜드	리비아
30	네팔		시리아	말레이시아
31	니제르		타지키스탄	몰디브
32	르완다		토켈라우	마셜 군도
33	상투메프린시페		튀니시아	모리셔스
34	세네갈		우크라이나	멕시코
35	시에라리온		우즈베키스탄	몬테네그로
36	솔로몬 군도		베트남	몬트세라트
37	소말리아		서안과 가자지구	나미비아
38	남수단			나우루
39	수단			니우에
40	탄자니아			팔라우
41	동티모르			파나마
42	토고			페루
43	투발루			세인트헬레나

no.	최빈국 (Least Developed Countries)	기타 저소득국 (Other Low Income Countries) (1인당 GNI ≤USD 1,045)	중저소득국 (Lower Middle Income Countries) (1인당 GNI USD 1,046~4,125)	고중소득국 (Upper Middle Income Countries) (1인당 GNI USD 4,125~12,745)
44	우간다			세인트루시아
45	바누아투			세인트빈센트&그레나딘
46	예멘			사모아
47	잠비아			세르비아
48				남아프리카공화국
49				수리남
50				태국
51				통가
52				터키
53				투르크메니스탄
54				베네수엘라
55				월리스푸투나제도

* GNI 기준 2016년

○ ODA 지원형태

- 양자원조 : 공여국과 협력대상국이 일대일 관계로 진행되는 원조
- 무상원조(증여) : 협력대상국에 법적 채무를 동반하지 않는 현금, 현물, 기술을 이전하는 것
- 유상원조(양허성 차관) : 현지 민간자금대비 유리한 조건으로 법적 채무를 동반하는 현금, 현물 등을 이전하며, 협력대상국은 공여국에게 받은 ODA지원을 상환할 의무를 가짐
- 다자원조 : 협력대상국 경제, 사회개발, 환경, 빈곤, 여성개발 등 과제 해결에 동참하기 위해 UN 등 국제기구의 활동에 간접적으로 재정 기여하거나, ADB, AIIB 등 다자개발은행에 자본금을 출자하여 지원하는 방식

○ 한국의 ODA 기회



[그림 2-81] 국가 ODA 추진체계

(한국산업기술진흥원 설명자료)

- 한국 ODA 추진체계는 ‘국제개발협력기본법’에 따라 총괄·조정, 주관, 시행기관의 3단 구조로 구성
- 2018년 기준 총 ODA 규모는 3조 482억원(양자 2.4조원, 다자 0.66조원)
- 외교부 관할의 무상협력이 약 1조, 기획재정부의 유상협력이 약 1조원

- 그 외 산업통상자원부, 농림부, 교육부, 보건부 등 개별 부처가 0.4조원을 각 목적에 따라 사용하고 있음
- 이 외 '국제개발협력 선진화 방안', '국제개발협력 기본계획', '국가협력전략', '한국형 ODA 모델 추진방안' 등에 의거하여 GNI 대비 ODA 규모, 유무상 협력 비율, 선진화 방안 및 실행전략 등을 도출하고 있음

[표 2-60] ODA 수행절차

	사업발굴	사업요청서 접수	사전 타당성조사 및 사업승인	정부 간 협의	사업선정 및 집행	사업평가
무상원조	·무상원조 중기전략(3년 주기) 및 국별원조전략 등을 토대로 사업 발굴 협의(5~6월 각 부처별 수요 제출) ·사업 계획 및 발굴은 수원국과의 협의를 통해 연중 실시	·사업 발굴 단계를 통해 형성된 사업에 대해 수원국의 공식사업요청서 (Project Request Form) 접수	·수원국의 공식사업요청서를 검토하여 '사업형성조사 대상사업' 분류 ·타당성조사 대상으로 선정된 요청사업에 대해 조사단 파견 ·지원적정성 조사 실시 ·타당성 검토 완료 사업을 대상으로 사업의 경제적, 기술적, 재정적, 환경적, 사회적 측면 심사 실시 ·사업심사위원회 심사를 거쳐 사업예비선정	·양국 시행기관 간에 합의된 사업들을 정부차원에서 공식 확정하기 위한 양국 정부간 합의 실시 ·선정된 사업에 대해 수원국과 사업 세부내용 협의	·정부 간 합의 완료 후 사업집행계획 확정 ·제안요청서 작성 및 사업시행자 선정 등 사업 착수 ·사업집행단계 - 집행계획수립→사업시행자 선정 및 계약체결→사업집행 및 모니터링→사업종료	·계획수립, 집행 및 성과 평가 ·평가시기에 따라 중간평가, 종료평가, 사후평가로 구분 ·사후관리 지원계획 수립
유상원조	·지역별, 분야별 중기지원전략 수립 ·개도국 정부와의 정례 정책협의 실시(통상 연초) ·국제개발금융기구와 협조용자사업발굴	·기획재정부 장관이 수출입은행에 사업심사 의뢰 ·수원국이 OECD 수출신용협약상의 원조자금 지원적격국 여부 및 차관자금호수 위험 여부 파악 ·사업 타당성 조사, 사업 실시 계획서 검토(상업성 여부 확인)	·사업시행에 필요 사항을 심사 시 합의내용에 대해 확인하고, 심사보고서 제출 ·수출입은행은 심사단을 통해 현지조사를 통한 사업심사 ·기획재정부에 심사보고서 제출 ·수출입은행이 제출한 보고서를 기초로 외교부, 과기부, 산업부 등 주무부처와 협의를 통해 지원여부 결정	·외교부 장관은 기획재정부 장관으로부터 통지받은 지원방침을 수원국에 통보 ·정부 간 시행약정 체결 ·수출입은행장은 수원국 정부와 차관계약 체결	·수원국 사업실시기관은 차관계약에 따라 컨설턴트 선정 및 고용계약 체결, 입찰실시 및 낙찰자와 구매 계약 체결 ·차관계약, 고용계약, 구매계약 내용에 따른 자금지출 ·수원국 결과 보고서를 토대로 완공 확인	·예비완공확인서 발급 ·하차보수 기간(통상 1년) 동안 시운전, 정밀확인 등을 통해 공급된 용역에 문제가 없을 시, 최종완공확인서 발급 ·완공점검 및 사후평가

* ODA KOREA, EDCF 등 관련자료 재구성

- 제2차 국제개발협력 기본계획(2016~2020)은 우리나라 ODA의 기본정책을 다음과 같이 규정하고 있음



[그림 2-82] 제2차 국제개발협력 기본계획 개요(2017 ODA 백서)

○ 대외협력기금(Economic Development Cooperation Fund, EDCF) 개요

- EDCF는 개발도상국의 산업화, 경제발전을 지원하고 한국-개발도상국 간의 교류 증진을 위해 1987년 설립된 정책기금으로 ODA 중 유상원조를 전담하고 있음
- 2017년 말 기준으로 세계 54개 개발도상국 395개 개발사업에 대해 약 15.9조의 원조자금을 지원해왔음
- EDCF의 중요사항은 8개 부처 장관과 관련 전문가로 구성된 13인의 기금운용위원회에서 심의되고, 외교통상부는 대외창주로서 정부간 협정 체결, 지원요청 사업 접수 및 지원방침 통보 등을 담당
 - 기금운용위원회 : 기금운용위원회는 기금운용관리에 관한 중요사항(기본정책, 운용계획, 결산보고, 지원방침 등)을 심의하는 조직. 기획재정부 장관을 위원장으로 하고, 과기정통부, 외교부, 농축산식품부, 산업통상부, 국토부, 해수부 장관과, 국무조정실장, 경제수석비서관, 국가정보원 제1차장, 수출입은행장, KOICA 총재로 구성
 - 기획재정부 : 기금운용관리의 주체로서 연도별 기금운용계획 및 결산보고를 작성하고, 운용관리 기본정책 수립, 지원검토 대상사업 선정/추진 업무 주관과 각 관련 부처와의 사전협의 담당
 - 외교부 : 對 개도국 협력사업 추진의 대외창구로서 지원요청 사업을 접수하고 관련 정부간 협정을 체결하는 주체
 - 한국수출입은행 : 기금지원업무의 실무 담당으로 지원요청 사업 심사, 차관계약의 교섭 및 체결, 용자실행 및 관리를 담당



[그림 2-83] EDCF 운용조직(EDCF 웹사이트)

○ EDCF 차관 종류 및 금융조건

- 차관 종류 : 개발사업, 기자재, 프로그램, 민자사업(PPP), 민간협력, 기금전대(Two-Step) 차관
- 금융조건
 - 융자한도 : 총사업비 범위 내
 - 이자율 : 연 0.01%~2.5%(GNI에 따라 국가별 5개 그룹으로 구분)
 - 상환기간 : 최장 40년 이내
 - 거치기간 : 최장 15년 이내
 - 원금상환 : 연 2회 정기분할상환
 - 이자징수 : 매 6개월 후취
 - 담보 : 중앙정부의 지급보증

○ EDCF 지원 체계

- 대상 프로젝트 정의(발굴부터 선정까지) : 개발사업 발굴 및 조사와 선정(협력대상국)
- 준비 및 평가 : 한국정부의 심사의뢰로부터 차관심사
- 정부 승인 : 관련부처의 최종승인
- 정부 간 협약 체결 : 시행약정 또는 F/A
- 대출 승인 : 차관계약 체결(EDCF와 협력대상국)
- 대출 실행
- 사후 평가

○ EDCF는 원조공여를 위한 재원이 충분치 않기 때문에 소액으로 많은 국가를 지원하기 보다, 경험잠재력이 높은 국가를 선별하고 집중지원하는 방식을 선택하고 있음

- 지원대상국가는 2016년 기준 1인당 국민총소득이 연간 약 12,235달러 이하인 국가로 DAC의 분류중 고중소득국 분류보다 낮은 상한선을 가지고 있음
- 차관 형태로 집행되기 때문에, 상기 지원대상국가 중 경험잠재력이 미미하거나 원리금 상환능력이 취약한 국가는 제외
- 주요지원분야는 개발도상국 경제개발에 기여도가 높은 경제, 사회 인프라 부문에 집중



[그림 2-84] UN의 Sustainable Development Goal / * UN

- 지원요청사업 중 다음에 해당하는 사업을 우선 추진
 - 우선 지원분야 : 기후변화, 식량위기 등 글로벌 이슈 해결에 기여할 수 있는 사업. 교통, 수자원·위생, 에너지, 보건, 통신 등 경제·사회 인프라 건설 사업 집중 지원
 - 중점국가 : 중점지원국가에서 추진되는 경제 개발 계획 상 우선 순위 사업

[표 2-61] 중점지원국가와 중점협력 분야

지역	국가명	중점지원분야
아시아 (11개국)	네팔	물관리 및 보건위생 / 교육 / 지역개발 / 에너지
	라오스	물관리 및 보건위생 / 에너지 / 교육 / 지역개발
	몽골	교육 / 물관리 및 보건위생 / 공공행정 / 교통
	미얀마	공공행정 / 지역개발 / 교통 / 에너지
	방글라데시	교육 / 교통 / 물관리 및 보건위생 / 통신
	베트남	교통 / 교육 / 물관리 / 공공행정
	스리랑카	교육 / 교통 / 물관리 및 보건위생 / 지역개발
	인도네시아	교통 / 공공행정 / 환경보호 / 물관리
	캄보디아	교육 / 물관리 및 보건위생 / 지역개발 / 교통
	파키스탄	교통 / 에너지 / 물관리 및 보건 / 지역개발
	필리핀	지역개발 / 물관리 및 보건위생 / 교통 / 재해예방
아프리카 (7개국)	가나	지역개발 / 보건위생 / 교육 / 에너지
	르완다	교육 / 지역개발(농촌개발) / 통신(ICT)
	모잠비크	교통 / 에너지 / 물관리 및 보건위생 / 교육
	세네갈	지역개발 및 수산업 / 교육 / 물관리 및 보건위생 / 교통
	에티오피아	물관리 및 보건위생 / 지역개발 / 교통-에너지 / 교육
	우간다	지역개발 / 교육 / 보건위생
	탄자니아	물관리 및 보건위생 / 교통 / 교육 / 에너지
중남미 (4개국)	볼리비아	보건위생 / 지역개발 / 교통 / 에너지
	콜롬비아	교통 / 산업 / 지역개발 / 평화구축
	파라과이	물관리 및 보건위생 / 교통 / 지역개발 / 통신
	페루	보건위생 / 공공행정 / 환경보호 / 교통
중동-CIS (2개국)	아제르바이잔	통신 / 공공행정 / 물관리 / 지역개발
	우즈베키스탄	공공행정 / 교육 / 물관리 및 보건

- 협조용자사업 : ADB, MDBs(다자개발은행) 등 타 국제기구와 협조용자하는 사업
- 혼합신용 공여사업 : 수출입은행의 수출자금과 혼합하여 지원하는 사업으로 수출경쟁력을 제고하고 자금 가용성을 증대하는 사업
- 중소기업 추진사업 : 중소기업이 전문분야에서 원조관련 분야 사업을 추진하는 경우

○ EDCF의 Compact Loan

- EDCF 자금 중 보다 빠른 프로젝트 추진을 위해 5백만 달러 이하의 Compact Loan 사용가능
- Compact Loan은 수원 요청, 프로젝트 평가, 자금 승인, 조달 등 전체 과정을 보다 빨리 진행할 수 있도록 소규모로 짜여진 제도
- 본 제도의 조건은 다음과 같음
 - 융자한도 : 5백만 달러 이내에서 프로젝트 비용 최대 100%
 - 이율 : 이자율 없음
 - 상환기간 : 협력대상국 별 조건에 따름(통상 30년)
 - 조달방법 : 한국 중소기업 대상 경쟁입찰 혹은 제한입찰

□ ODA 추진전략

- 퓨처팜은 SDGs 중 빈곤퇴치, 깨끗한 물과 위생, 지속 가능한 생산과 소비에 기여할 수 있는 모델
 - 중점지원국가 대부분이 지역개발, 물관리 및 보건위생 등 지원분야를 가지고 있어 퓨처팜 추진에 적합한 분야라고 판단됨
- 퓨처팜의 특성을 고려하여 농축산부 혹은 산업통상자원부의 ODA 사업을 통해 타당성 분석과 현지 개발도상국 내 사업 파트너 탐색
- EDCF가 발주하는 사업 타당성 조사를 추진하고 개도국이 발주하는 공급자 선정에 참여해서 실제 프로젝트 추진
- 초창기 협력대상국 내 빠른 파일럿테스트를 위해 EDCF Compact Loan을 이용하는 것도 좋은 전략이 될 것

(2) 의료 및 노인복지주택 융합형 식물공장 비즈니스 모델

□ 연구의 목적

- 스마트 팜의 시용의 다양화와 산업간의 연계로 인한 수익창출과 모델화
- 의료 융합형 스마트 팜(식물공장)의 국제적 수요와 브랜드 가치 창출

□ 연구 필요성 및 범위

- 의료와 스마트 팜의 연계를 통한 스마트 팜 고부가 가치화 및 실용화
- 스마트 팜 보급을 위한 6차 산업 연계 확장 사례
- 의료형 스마트 팜을 이용한 도시농업 활용, 도시농업 문화 조성 및 일거리 창출

□ 연구내용

1) 병원과 식물공장 융합 사례

□ 국내외 병원과 식물공장 융합 사례

- 일본 : 사카키바라 병원 로비의 인공광 이용형 간이 식물공장을 이용하여 내원 및 입원 환자에게 잎채소를 공급하고 있으며 간호사와 환자, 직원들 간의 대화의 장소의 역할과 동시에 원예치료와 같은 통합 대체 의학의 일부로 사용 할 계획으로 만들어 졌음.



[그림 2-85] 일본 도쿄의 Sakakibara Memorial Hospital의 완전제어형 간이 식물공장

- 국내 : 대구광역시 수성구의 시지노인전문병원은 251병상의 노인전문병원으로 2015년 2월(2014년도 식물공장 산업생태계조성 지원사업)에 병원 1층에 휴게공간 조성과 함께 LED 및 에어컨디션을 이용한 완전제어형 식물공장을 53㎡ 규모로 조성하였으며, 하루 4kg가량의 채소를 생산하여 상추와 케일 등 채소를 환자 식단에 사용하고 있음



[그림 2-86] 국내 대구시지노인전문병원의 LED 이용형 완전제어형 간이 식물공장

- 국내 : 인천광역시 가톨릭관동대학교 국제성모병원의 인공광 이용형 완전제어 식물공장은 6차산업의 일환으로 농업의 1차 산업과의 연계하는 새로운 산업을 창출하고자 기획 되어, 환자의 일반식 및 치료식, 노인복지주택의 주거식을 위한 채소 생산시설로 국내 최초 치료를 위한 생산 시설과 의료연구중심의 천연물 소재 연구를 위한 식물공장으로 2014년 2월에 완공되었음



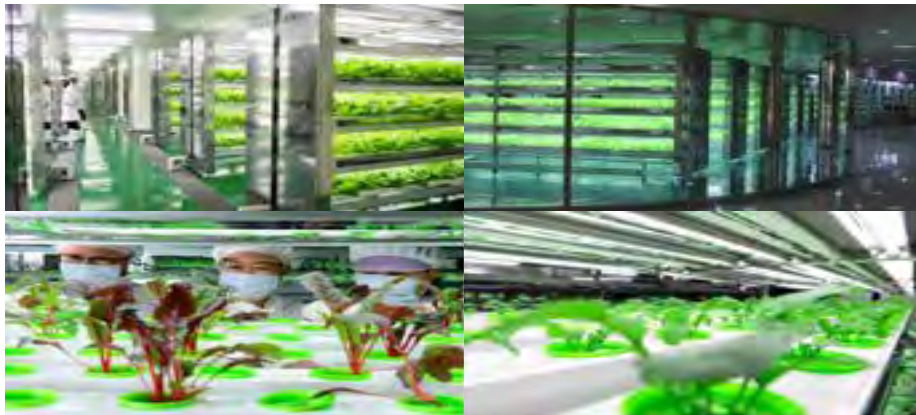
[그림 2-87] 가톨릭관동대학 국제성모병원의 의료 이용형 완전제어형 식물공장

- 인공광(형광등)이용형 시설로 독립 공조시설을 갖춘 총 면적 743㎡으로 엽채류를 수확 생산할 수 있는 약 1,000평형 규모 시설능가로 계산되며 한달 22,500주를 생산해놓는 구조임.
- 1일 생산량은 약 95~120kg을 수확하고 있으며, 이외 버섯 및 새싹을 생산하는 시설을 구축하고 있어 생산 채소 및 버섯 등은 원내 환자식을 위한 임상식단을 통하여 공급되고, 노인복지시설에는 만성질환 및 맞춤 치료 식단을 위하여 일일 약 25kg의 채소를 공급하고 있음.
- 부가 시설로는 농업관광과 의료관광산업을 연계한 메디컬테마파크의 일원으로 아동발달 치료를 위한

- 연구와 맞춤형 성장발달을 위하여 도심속 식물공장을 이용한 농업 체험 및 견학 프로그램을 연중 운영하며, 농업과 교육 서비스산업으로 식물공장을 이용한 도심 생태학습장을 동시 구동하고 있음.
- 또한 식물공장과 연계된 외식 및 식품산업의 일환으로는 식물공장의 생산 채소의 메뉴와 샐러드 바를 구비하여 전용 레스토랑과 신선 편이식을 구비한 카페를 운영하여 신선 채소와 건강 식단을 공급하여 서비스 및 외식업 수익 창출을 하고 있음.
- 국제성모병원의 식물공장은 도심형 식물공장으로 의료 연구중심의 천연물 신약을 위한 소재사업화와 접목하여, 농업생산시설과 의료산업과의 연계, 이로 인한 건강기능식품 개발 및 생산 등 가공산업과의 연계, 의료관광산업과 교육 및 서비스산업을 연계한 3, 4차 산업의 복합산업 공간으로 새로운 6차산업의 성공모듈이 제 형성되고 있음.

2) 환자식 생산을 위한 작부체계 제시

- 병원환자용 재배작물 제시
 - 재배시설의 사양은 환자식 및 입주객의 식단을 위하여 다품종 채소를 재배 할 수 있는 시설을 구비하는 것이 좋으나 다 작물 생산시 식단 이용 방식을 고려해야함



[그림 2-88] 가톨릭관동대학 국제성모병원의 의료 이용형 완전제어형 식물공장

- 병원의 입원 환자 중 소화 장애를 겪고 있거나 수술로 인한 유동식을 위한 채소의 종류가 다르며 소화 장애 환자의 경우 가열 식단을 기본으로하여 채심, 청경채, 공심채 등 익힐 수 있는 엽채소를 생산 함
 - 재배시설의 환경 제어는 인공광 이용시 광합성유효광량자를 기준으로 형광등 150~200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$), 광주기 14/10H, 습도 70 \pm 3%, 온도 21 \pm 1 $^{\circ}\text{C}$, CO₂ 700 \pm 50ppm으로 유지 함
 - 재배 공간은 발아 육묘실, 양액 공급실과 총 2개의 재배실을 구축하고 각 재배면적은 207 m^2 으로 51 m^2 x 4단 입체베드, 재식간격 15 \times 15cm으로 재배단별 약 240주를 재배하도록 구축 되며 정식과 수확을 반복하여 1,500 \pm 200plants \cdot week-1 새로 정식하고 평균 6,300 \pm 200plants \cdot week-1 재배 및 생육되는 시스템임.



[그림 2-89] 가톨릭관동대학 국제성모병원의 발아 육묘실

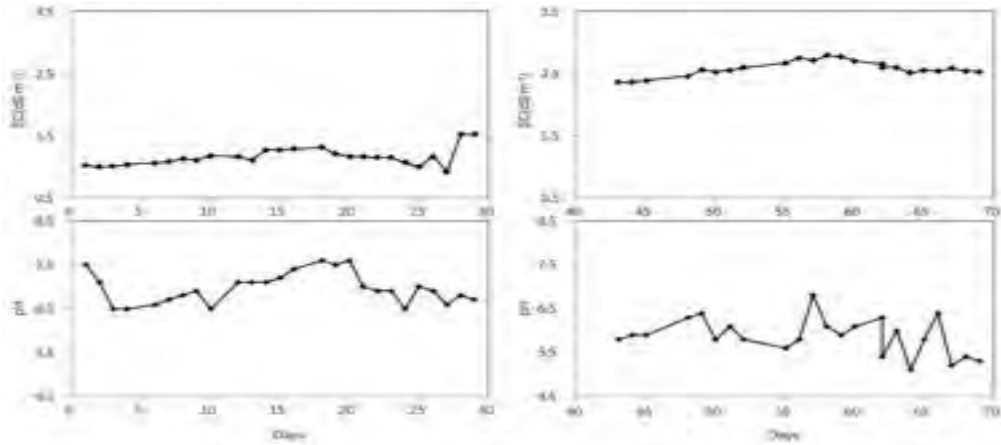
- 재배품종은 트레비소, 루꼴라, 적근대, 황근대, 청경채, 케일, 적양배추, 샐러리, 적경수채, 교나와 싹 및 샐러드용 상추를 재배함
 - 공급양액은 UOS(서울시립대) 엽채류 순환식 양액 조성(NO₃-N 11.6, NH₄-N 1.4, P 3, K 7.2, Ca 4, Mg 3, S 3 me·L⁻¹)을 기준으로 EC 1.8±0.2dS·m⁻¹, pH 5.5±2로 공급하였으며 공급횟수는 520mL·min⁻¹·m⁻²로 주간시간 90회, 야간 34회 공급 함
 - 수경재배 시스템은 공기의 흐름을 양호하게 하기위한 Gutter형 NFT로 배액의 전량을 재사용하는 순환식 수경재배 방식이며 양액의 추가 공급은 탱크의 일정수위 이하로 낮아지면 낮아진 수위만큼 새로운 양액을 충전하는 시스템임

- 다품종 엽채류 식물공장의 재순환양액의 EC변화는 공급 EC 1.8dS·m⁻¹ 설정이었으나, 초기 재순환양액의 EC는 1.5dS·m⁻¹ 이하로 낮아짐을 보였으며, 60일 이후 2.6dS·m⁻¹ 높아지는 경향을 보임. 이는 돌려따기 작물 혼합 재배시 생육기간 증가로 인한 재순환양액 내 NO₃-N 및 다량원소의 함량이 다소 높아짐에 의한 것으로 보이거나 공급 기준보다 낮은 함량으로 판단 됨. 지속순환으로 인하여 양액 내 철과 같은 미량원소의 함량이 결핍되지 않도록 양액내 미량원소의 함량을 증가시켜 줘야함.

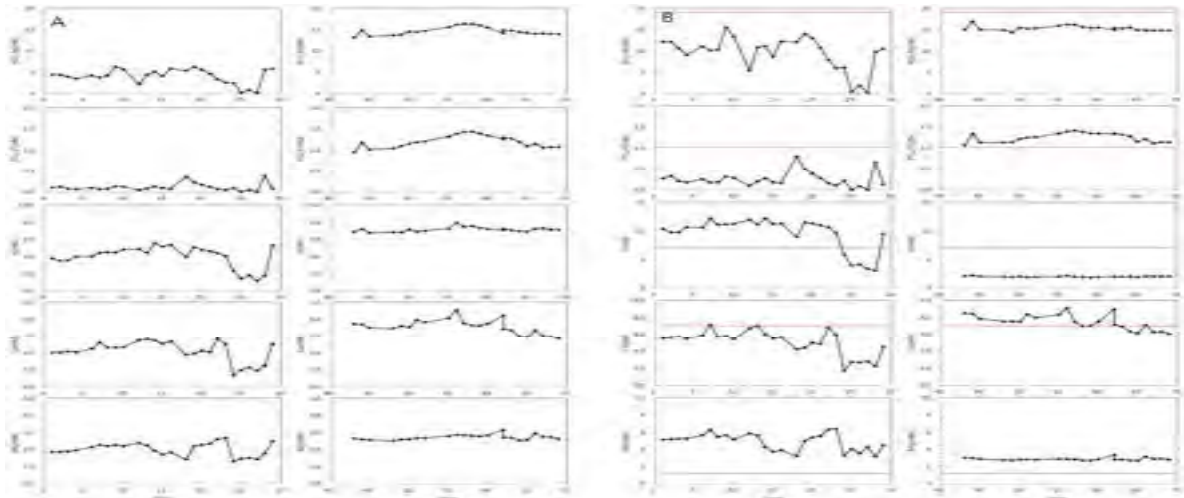
[표 2-62] 의료형 식물공장 내 순환식 수경재배를 이용한 엽채류 다품종 생산 시 양분 흡수 특성 및 생육 특성

Cultivar	Yield (kg·week ⁻¹)	Fresh weight (g·week ⁻¹)	No. of growing plant (plants·week ⁻¹)	Growing period (days)
Pak choi	16.3	37	1,859	35
Mizuna	6.7	27	679	41
Roket salad	2.8	8	520	64
Red mizuna	4.7	23	584	44
Red chicory	2.9	25	258	87
Red swiss chard	14.2	30	440	109
Kale	7.3	16	706	84
Red cabbage	1.0	12	253	71
Celery	3.7	29	268	92
Etc.	5.0	41	310	233
Sum	62,618		6,329.3	

- 재순환양액 내 다량원소의 함량은 순환 초기 K과 Mg의 함량이 기준수준보다 높았으며 K의3함량은 40일 이후 감소 됨을 보임. 그러나 K과 관련된 생리장해는 나타나지 않았으며, 순환식 수경재배시 순환양액의 작물의 평균 수분이용율은 약 $105 \pm 10 \text{ mL} \cdot \text{plant}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 였음.



[그림 2-90] 식물공장 재배실내 다품종 엽채류 재배시 순환양액의 EC 및 pH 변화



[그림 2-91] 식물공장 재배실내 다품종 엽채류 재배시 순환양액의 양분 변화
(A 양액내 무기이온함량, B 기준 변환 이온 함량)

- 청경채의 평균 생체중은 $40 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$ 였으며 최대 $60 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$ 이상을 수확하기도 하였고, 적근대 및 로사 이탈리아나 등의 기타 엽채류를 포함한 돌려따기 품종은 50일 이상 장기 수확이 가능하였고 다품종 엽채류의 주간 평균수확량은 $60 \pm 15 \text{ kg} \cdot \text{week}^{-1}$ 으로 이는 9품종 중 7품종이 돌려따기 수확하였음.



[그림 2-92] 식물공장 재배실내 다품종 엽채류 및 버섯

- 새싹 및 어린 잎채소는 재배는 신선 편이 식품으로 재배기간이 비교적 짧으면서 성채의 영양소를 모두 섭취할 수 있는 영양식품으로 자동식 대량 발아기를 이용하여 새싹 채소를 생산하여 고 영양 식단에 이용할 수 있음.
- 영양 구성별로 흥빛열무, 다채, 청경채, 적콜라비, 적양배추, 알파파, 브로콜리, 유채의 종자 세척 및 침지 1일 후 드럼형 수경재배기에 파종하여 발아를 유도함. 발아 온도 20°C로 암발아 2~3일 종피 완전 탈피 후 조광기를 이용한 명기를 1~2일 추가하여 엽록소 및 안토시아닌을 증진 시키면 파종 종자량의 5~8배의 새싹 채소를 생산 할 수 있음.

[표 2-63] 의료형 식물공장 내 순환식 수경재배를 이용한 엽채류 다품종 생산 시 월간 평균 재배 생산량

분류	채소명	월생산(kg)	주생산(kg)
상추	상추(샐러드 멀리립)	650	163
	코스상추(그레이스, 바타)	500	125
엽채소	곱슬겨자채	50	13
	브로콜리 및 케일(잎)	165	41
	루꼴라(로켓샐러드)	50	13
	적치커리(로사이탈리아, 트레비소)	150	38
	아마란스, 적근대, 비트잎		
	교나, 적경수채	100	25
	어린샐러리	50	13
	청경채(다홍채포함)	228	57
	꽃채심	36	9
허브	바질	50	13
버섯	노루궁뎅이 버섯	100	50



[그림 2-93] 식물공장 내 드럼형 새싹 재배기

3) 환경친화적 생산방식 제시

- 이산화탄소 소비량 및 공급 방법 검토
 - 이산화탄소는 일반적으로 시설이라 하는 온실재배 및 완전제어형 식물공장 재배는 온도, 습도와 함께 이산화탄소의 재배실 내 함량을 조절하여 작물의 성장을 조절 하는 요인 임.
 - 특히, 작물의 생산량은 광합성과 밀접한 관계가 있어 작물별 이산화탄소의 시비 함량과 생육 시기별 이산화탄소 함량이 중요한 요인 임.
 - 이산화탄소는 대기 중에는 300~500ppm의 농도로 분포 되어 있어 시설재배의 경우 환기로 인하여 이산화탄소의 함량을 자연 조절하기도 함. 그러나 대부분 밀폐 공간의 이산화탄소는 명기동안의 광합성으로 인한 소모로 시설 내 함량이 급격히 감소되어 별도의 이산화탄소 시비 시설을 구비하는 것이 보편 적임.
 - 이산화탄소의 별도 시용은 이산화탄소 발생기, 액화탄산가스, 보일러의 연소가스를 일반적으로 이용 함.
 - 일반적으로 이산화탄소 시용 함량은 제어기 내 이산화탄소 설정값과 측정값의 재배실 내 차이에 의한 환기 시스템의 개도를 통하여 자동으로 ON/OFF 되어 짐.
 - 이산화탄소의 요구량이 높아지는 시점은 하루 중 광도가 증가하는 명기로 이때에는 광도 증가에 따른 시설내 온도 또한 높아지게 되며 이는 환기 온도 이상에 도달하게 되며 환기구는 열리게 되고 시용된 이산화탄소는 환기로 인한 손실을 발생시킴
 - 이산화탄소의 시비 법은 대부분 시설내 전체 영역을 대상으로 하며 작물의 수식방향을 따라 설치한

파이프를 통해 이산화탄소를 공급하는 방법과 같이 국부적인 환경을 제어하는 방식이 사용되기도 함.

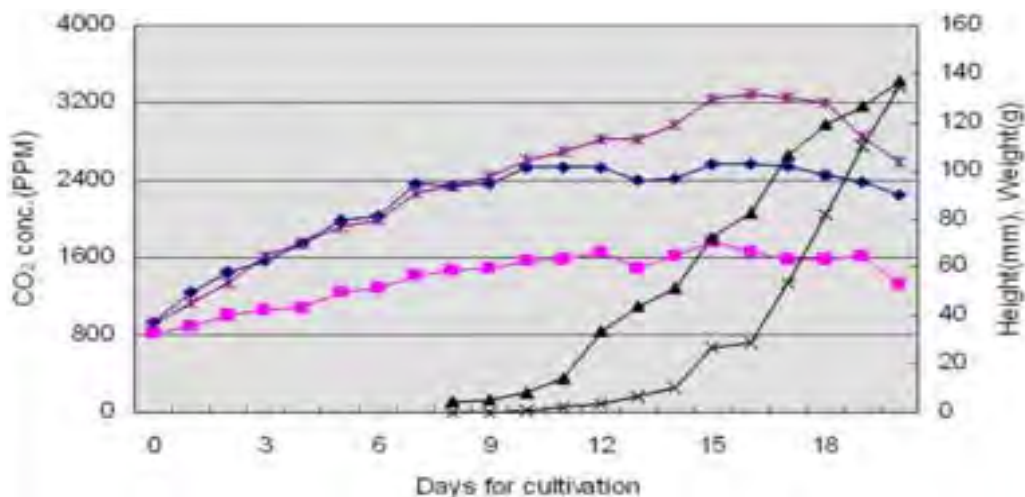


[그림 2-94] 시설원예의 액화탄산가스 시비

□ 작물에 의한 이산화탄소 생산 메카니즘

○ 버섯 재배 시설 내 환경에 따른 버섯 자실체 생육과 이산화탄소 생산

- 버섯은 호흡을 통해 이산화탄소를 배출하는 작물로 버섯재배 시 재배사 내 이산화탄소의 농도는 버섯의 생육에 많은 영향을 줌.
- 버섯 생육 시 발생하는 고농도의 이산화탄소는 버섯의 성숙 과정에 기형버섯의 주원인이 되며 버섯의 크기와 형태 발달에 나쁜 영향을 주는 요인으로 환기를 통해 재배사 내부의 이산화탄소를 배출하는 관리가 필수 임
- 버섯의 재배시 자실체의 발이가 시작되는 시점부터 급격하게 이산화탄소의 농가 증가되어 약 3,000ppm·m⁻² 이상의 이산화탄소가 발생하여 재배실내 이산화탄소의 함량을 2,000ppm 이하로 낮추기 위한 환기가 필요 함
- 때로는 환경적인 측면에서는 버섯재배 시 발생하는 고농도 이산화탄소가 대기로 방출되는 이에 대한 대책이 필요 함

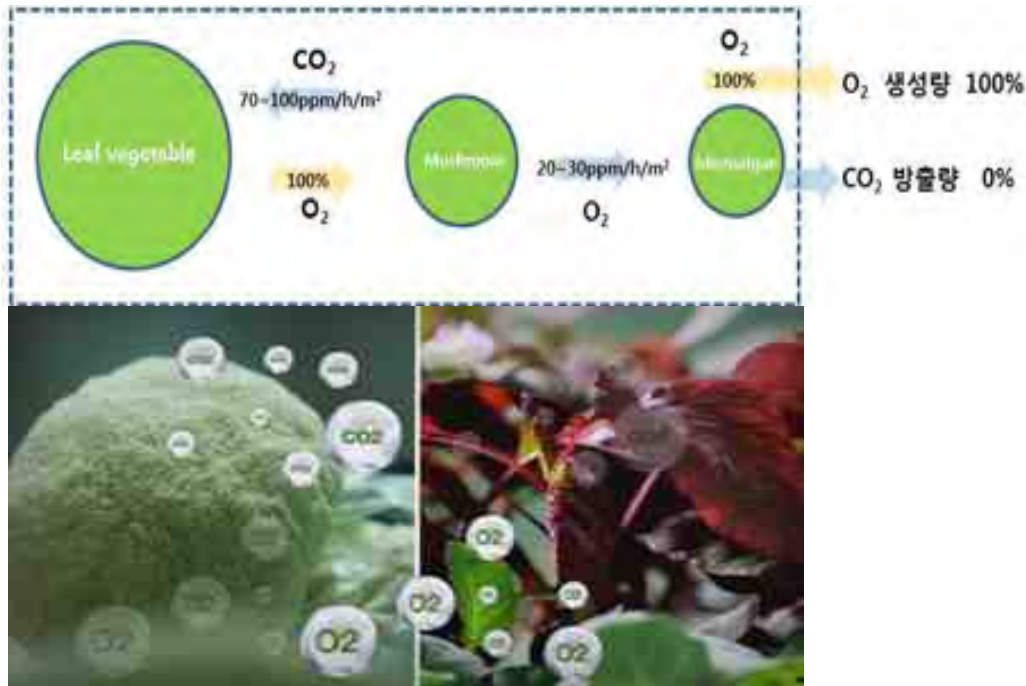


[그림 2-95] 7.9㎡ 3,000병 재배사 내 버섯 자실체 생육과 이산화탄소 함량 변화(Ryu, 2005)

□ 이산화탄소 생산 작물 및 활용 시스템 제시

- 작물별로 이산화탄소 농도에 따른 작물 생산량은 이산화탄소의 포화점이 존재하여 재배 작물에 따른 이산화탄소 시비량이 필요함

- 일반적으로 버섯 재배사의 환기는 강제 환기식 방법을 사용하며 이때 환기팬의 풍속에 의해 많은 환기는 오히려 건조로 인한 기형을 유발하기도 하여 적정 이산화탄소의 농도에 따른 환기 장치가 필요하며, 습도와 온도 관리도 함께 요구됨



[그림 2-96] 버섯 재배사와 엽채류 재배실과의 이산화탄소 및 환기 교류 모형

[표 2-64] 환기방법에 따른 느타리버섯의 형태적 특성 및 수량(장갑열, 2000)

환기방법	풍속(Fpm)	개체중 (g)	갓과 대의 각도 ()	수량 (g/box)	CO2 농도 (ppm)
주입식	0~1	15.3	146	155	1,850
	50이상	10.7	164	250	1,361
배기식	0~0.2	8.8	110	530	530
	0.2~0.5	8.9	114	601	590
관행	0.35	10.5	112	423	631

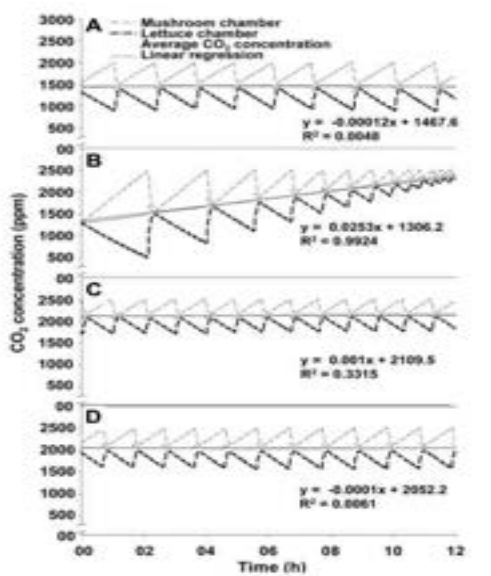
[표 2-65] 이산화탄소 농도에 따른 자실체 발생 특성(Ryu, 2005)

CO2 농도 (ppm)	Height (mm)	Diameter of stipe(mm)	Diameter of pileus(mm)	Weight(g)	Quality 1~9, 9(good)~1(bad)	No. of stipe/bottle
1,600	95.9	27.7	41.3	99.7	5.5±1.5	2.5
2,400	98.4	28.9	39.2	102.5	6.1±1.7	2.2
3,200	99.6	30.9	37.4	98.5	5.1±2.0	1.9

- 국제성모병원의 식물공장은 버섯 재배사와 엽채류 재배실과의 환기교류 시스템으로 버섯 재배사의 자실체 생육에 따른 고농도의 이산화탄소는 엽채류 재배실로 이산화탄소 시비시스템을 통하여 100% 공급되도록 구축되어 있으며, 반대로 버섯재배사의 고농도 이산화탄소에 따른 재배사의 환기량은 엽채류 재배실에서 발생하는 산소가 높은 공기를 유입하도록 설계 되어 있음.
- 환기의 정도에 따른 온도와 습도가 달라 질수 있어 온습도 설정과 기기 구동은 별도로 설계 되었으나 외부

공기를 통한 환기가 아닌 엽채류 재배실의 발생 공기의 환기이기 때문에 에너지 손실이 낮음.

- 버섯 재배와 엽채류 간의 이산화탄소 활용은 두 작물간의 재배량 비율에 따라 달라지며 새송이 버섯의 경우 자실체의 생육이 촉진되는 시기에 버섯 1병의 이산화탄소 발생 속도는 상추 정식 12일차의 생육기에 5.5개체 흡수속도에 대응하여 1 : 5.5 (버섯 : 상추 비율이) 정도 유지 되어야 함(Jung, 2014)
- 두 작물의 생육 작기에 따른 이산화탄소의 발생 및 소모량이 달라 재배 작기 선정에 따른 효율적인 이산화탄소 교류가 필요하며, 버섯 및 엽채류의 작기가 상시 재배 일 경우, 노루궁뎅이버섯은 배지 1개당 2,000ppm 이상의 이산화탄소가 발생하며 재배사내 600~900ppm의 수준을 유지하도록 하고, 이외 발생하는 나머지 이산화탄소는 광합성이 촉진을 위하여 엽채류 재배실의 내 이산화탄소 시비로 소모되는데 엽채류의 이산화탄소 시비는 800ppm 수준으로 유지하여 광합성 포화도를 유지하는 하며 이산화탄소 공급(버섯) 재배수와 이산화탄소 소모(엽채류) 비율은 약 10~15배 개체수로 계산되어 작물간 효율적인 이산화탄소 공급 시스템을 구축 할 수 있음.



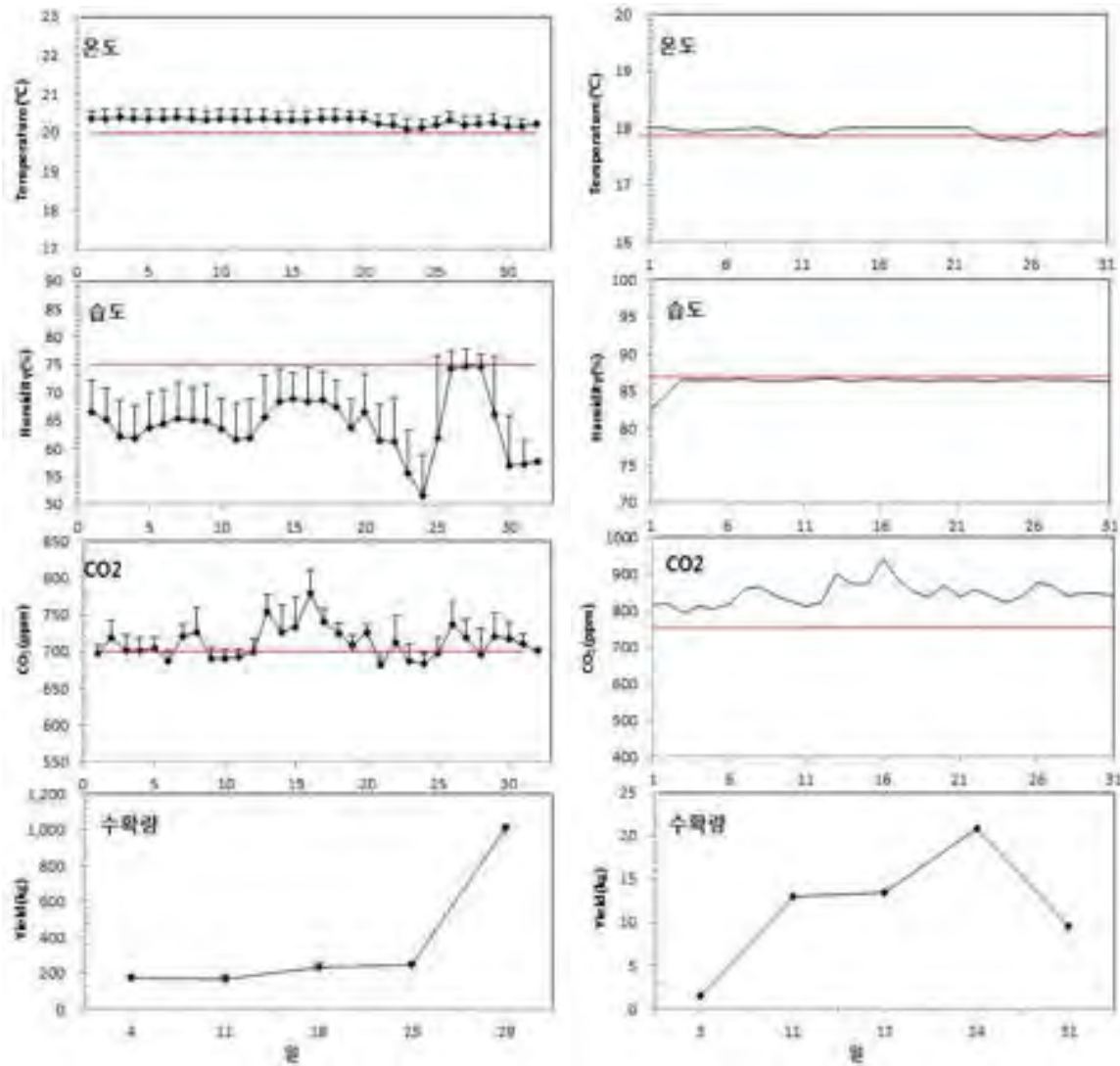
- A, 9일 + 정식 7일 후,
- B, 10일 + 정식 8일 후
- C, 12일 + 정식 10일 후
- D, 균류기 14일 후 + 상추 정식 12일 후)

[그림 2-97] 새송이 버섯과 상추의 혼합재배 시 이산화탄소 발생과 흡수의 변화(Jung, 2014)

[표 2-66] 이산화탄소와 온습도 변화에 따른 노루궁뎅이 자실체 발생 특성

Factors		Total yield (g/kg)	Volume (Dia. x Length) (cm³)	Growth period (days)	Marketable yield rate(%)
Temp.(°C)	range	17.0~21.0	-0.516**	-0.406*	0.147
	standard deviation	0.04~0.90	-0.286	-0.043	0.462*
RH(%)	average	63.9~89.1	0.500**	0.026	-0.101
	standard deviation	0.75~7.25	-0.721**	-0.343	-0.107
CO2(ppm)	average	600~900	0.344	-0.030	-0.141
	standard deviation	19.5~61.4	-0.073	-0.013	0.029

* * and ** represent statistical significance at p < 0.05 and p < 0.01 levels, respectively, by a Pearson's correlation coefficient test.



[그림 2-98] 버섯 재배의 CO2 및 공기교환에 따른 버섯 재배사(좌)와 엽채류(우) 재배의 환경 변화 및 생산량

4) 병원 융합 식물공장 설계

□ 환자용 재배 작물 및 병원식 설계 및 사례

- 암은 세계 주요 질병 중 하나로 매년 암의 발생률은 증가하고 있고 암을 치료하는 과정의 환자들은 식욕의 상실이나 식욕부진으로 삶의 질이 낮아지고 있음.
 - 항암의 화학치료 약제인 nitrogen mustard, streptozocine, cisplatin alc Dacarbazine은 환자들에게 구토를 유발하거나 극단적인 경우 조건화된 혐오감이 발생하기도 함(Mitchell, 1992).
 - 항암환자의 식욕부진은 육류 및 차에서의 미각 변화 등 단맛의 역치가 증가에 쓴맛에 대한 역치는 감소로 미각역치의 비정상 때문임(Choi, 1995)
- 항암 환자의 영양공급은 충분한 양의 항암제 투여를 가능하게 하고 항암 치료의 부작용을 최소화하기 위해 필수적임
- 이에 식물공장 채소를 의료용 환자식에 접목하여 식단의 다채로움으로 인한 식욕 훈련과 항암의 집중 치료에 따른 면역력이 낮아진 환자를 기준으로 환자정보에 따른 식단을 구성하고 항암식의 시기조절을 하기 위하여 병원의 임상영양사와 전문의 간의 식단을 구성하며 식물을 이용한 보조 치료로 5대 항암 phytochemicals의 식단을 구성 함

- 탄수화물 : 단백질 : 지방 = 20% : 50% : 30% + phytochemicals을 기본으로 셀레늄 + 비타민A (베타카로틴) + 이소루신, 루신 + 엽산
- 암환자의 신진대사는 일반인 보다 열량을 많이 필요로하여 열량섭취량은 하루 35kcal/kg을 충족 시켜야 하며 단백질은 하루 1.5g/kg 섭취 권장하고 있음(Choi, 1995, Cho, 2000). 항암 환자는 일반인의 식사의 탄수화물 비율(55~70%)을 20% 이하로 제한하고 낮아진 탄수화물의 열량을 단백질을 이용하여 채워 1일 총 1,800~2,000kcal로 조성 함



[그림 2-99] 국제성모병원의 위암 환자를 위한 식단치료



[그림 2-100] 국제성모병원의 위암 환자를 위한 식단치료

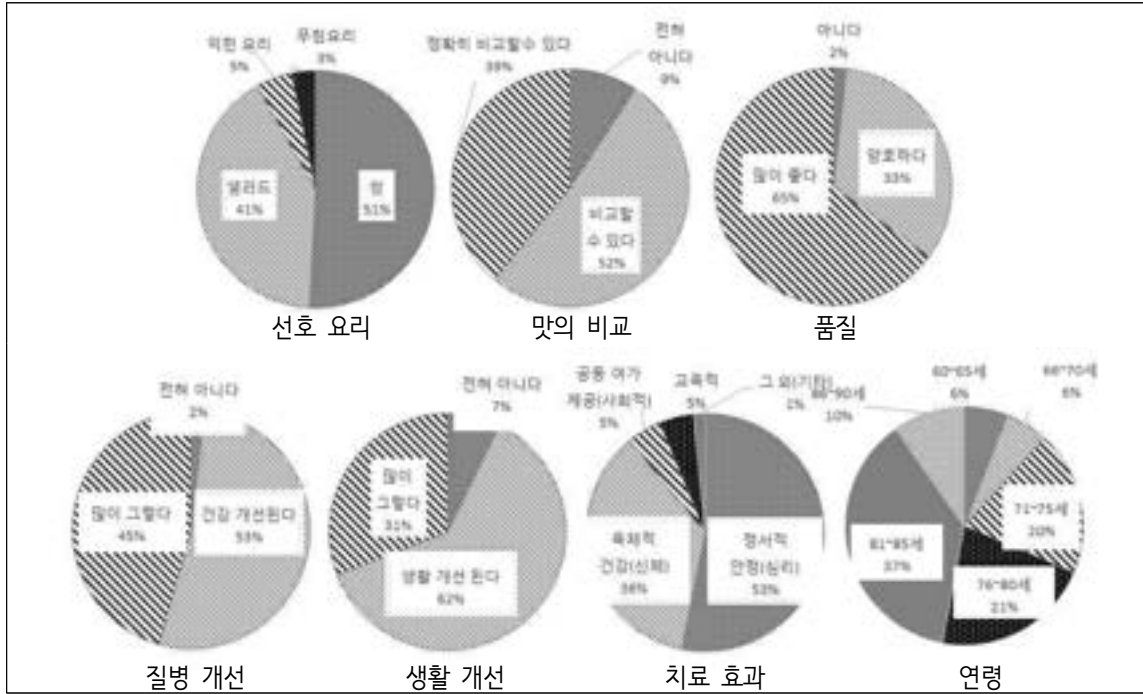
[표 2-67] 가톨릭관동대학교 국제성모병원의 항암 화학요법 치료 후 단백질 요구량이 1.5~2배 증가와 phytochemicals 섭취를 위한 의료형 식물공장 임상 영양 식단

	월	978kcal	화	815kcal	수	922kcal
주식	현미밥	315	흑임자죽	223	잡곡밥	365
국	시래기된장국	63	복어무국	79	어묵국	63
찬1	너비아니구이	348	오징어강회	93	쇠고기브로콜리볶음	89
찬2	가자미튀니에르	116	임연수부추양념구이	116	꽂치바질구이	115
찬3	레드와인두부구이	67	소고기 오디완자	184	가지제육불고기	250
김치	배추김치, 물김치	10	배추김치, 물김치	10	배추김치, 물김치	10
*샐러드	브로콜리잎 +아몬드	122	로메인 +새싹시저	110	노루궁뎅이버섯 +견과류	30
*녹즙	수경인삼		케일레몬		적양배추 포도	
	목	503kcal	금	859kcal	토	844kcal
주식	단호박죽	130	호밀닭가슴살샌드위치	393	현미밥	315
국	버섯맑은국	30	브로콜리스프	103	쇠고기미역국	67
찬1	황태간장구이	101	석화그라탕	90	더덕불고기	92
찬2	죽순쇠고기볶음	89	공심채돈육말이	154	계란찜	140
찬3	꼬막전	121	올리브마리네이드 생선살구이	67	양송이치즈구이	108
김치	배추김치, 물김치	10	무 피클, 물김치	27	배추김치, 물김치	10
샐러드	방울토마토 + 두묘	22	채심 꽃 + 아마란스	25	땅콩 + 샐러리	112
녹즙	녹차		비트 토마토		녹차	

* 샐러리, 녹즙의 사용 채소는 식물공장 채소로 구성 됨

□ 환자용 규모별 식물공장 규모 설계 및 사례

- 노인복지주택 및 의료 시설내 내원 환자를 통한 만족도 설문 조사 결과 의료시설 융합형 식물공장에 대한 인지도 조사에서 식물 재배 시설의 정도는 [알고 있음]이 48%이상이었으나, 국내 스마트 팜 및 식물공장의 의의와 일반채소(노지)와 스마트 팜 채소의 차이 관련한 인지는 [전혀 모른다]는 답변이 28%로 스마트 팜 및 식물공장의 인지도가 낮음을 볼 수 있었음
- 스마트 팜 및 식물공장의 재배 방식과 인증 농산물의 인증제도의 차이 또한 [모른다]는 답변이 10%이상으로 국내 스마트 팜 및 식물공장 생산물의 인증제도에 관한 소비자 인지도가 낮았음
- 환자 식 및 노인복지주택 내 식물공장 채소 식단 이용시 품질에 관하여는 양호하거나 그 이상 품질을 지닌다 라는 답변에 98%로 응답하였으며, 식물공장 생산 채소를 이용한 소비자들은 일반(노지) 채소와의 식미 또한 구별 가능하다고 응답하였음



[그림 2-101] 노인복지주택 및 의료(대학병원) 융합형 완전제어 식물공장 만족도 설문 조사

- 식물공장의 생산 채소의 이용은 주로 쌈채소와 샐러드를 식단으로 구성하는 것을 선호하였고, 식물공장 생산 채소의 재배 방법 및 영양 교육을 통하여 식물공장 생산채소를 더욱 홍보 하는 것이 필요하다고 응답하였음
- 노인복지주택 및 환자용 식단으로 식물공장 생산 채소는 주 3회 이상의 식단을 구성하는 것이 건강 및 질병 개선에 98%이상의 도움이 된다고 답변하였음
- 식물공장의 생산 채소를 주기적으로 이용하는 소비자들은 건강 및 질병 개선 도움을 넘어 식생활 또한 [개선된다]에 93%이상이 응답하였으며 의료 융합형 식물공장이 지니는 부가적 효과에는 식물공장 생산 채소의 직접적인 섭취로 인한 육체적(신체) 치료효과는 36%, 식물공장의 가시적인 효과인 정서적(심리)치료 효과에는 53%가 응답하였음. 또한 원내 및 주거 공간 안의 식물공장은 여가 개선 및 교육적 효과 또한 지닌다고 응답하였으며 이로 인하여 식물공장이 주는 시설 내 농촌 사회문화 또한 일부 집결 될 수 있음을 시사 하였음.

[표 2-68] 가톨릭관동대학교 노인복지주택의 요일별 식물공장 채소 식단

요일	샐러드1			샐러드2	
	월	채심(꽃)	트레비소	교나	멀티그린
화	루꼴라	적색비트	브로콜리	그린그레이스	바타플레쉬
수	비트	케일	물냉이	멀티그린	멀티레드
목	아마란스	로사	겨자채	그린그레이스	바타플레쉬
금	채심(꽃)	셀러리	황근대	멀티그린	멀티레드
토	갓	적색비트	경수채	그린그레이스	바타플레쉬

- 한국영양학회의 성인 일일 채소 권장량은 200~400g으로 채소 1식사에 2접시 이상을 권장하고 있어 식단 구성에 가장 단조로운 쌈 채소 및 샐러드를 이용으로 채소량 계산
 · 300 침상 × 200g/1인 = 60kg/일(상추 60plants-1·day-1)

- 주 2회 제공시 4,800개체의 480kg 상추 소요
- 식재된 재배면적 207㎡, 약 50평 규모의 재배실이 필요 함.
- 1,000 침상 × 200g/1인 = 200kg/일(상추 2,000plants-1·day-1)
- 주 2회 제공시 8,000개체의 800kg 상추 소요
- 식재된 재배면적 350㎡, 약 100평 규모의 재배실이 필요 함.



[그림 2-102] 가톨릭관동대학교 의료 융합형 완전제어 식물공장 엽채소(갓, 물냉이, 셀러리)

- 의료 및 노인복지주택의 융합형 식물공장의 연계 산업
 - 입지 및 시설 조건 : 농산물 인증 등급 및 친환경 에너지 순환형
 - 경제성 : 건축 기반 시설로 재배 시설만이 초기 투자비용으로 산정 됨, 또한 건물 내 재배 시설의 구축으로, 현 식물공장의 단독 재배시설 보다 환경 관리를 위한 에너지부하량 낮음.
 - 사업화 포인트 및 실행 가능성 : 안정적인 주 수요 + 부가가치 생산(농촌 문화)
 - 시설 내 주 수요 고객 확보(노인복지주택 및 의료환자) + 전용 외식(레스토랑)
 - + 관광문화콘텐츠 : 식물공장 도시농업 체험장(가든 아카데미)
 - + 홍보물(캐릭터, 캐릭터 용품, 홍보영상, 영농교본)



[그림 2-103] 식물공장 홍보 및 관광콘텐츠



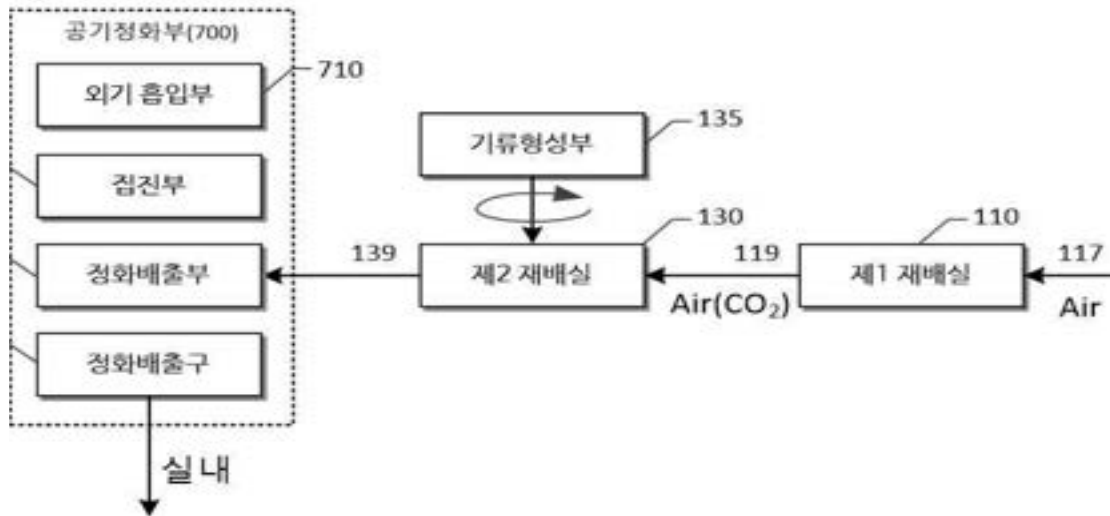
[그림 2-104] 노인복지주택 및 의료 융합형 식물공장 생산 채소의 소비 형태

- 완전제어형 식물공장을 구현한 주거 및 외식 산업용 간이 재배기
- 최근 먹거리의 추세가 변화하여 안심·안전 먹거리에 대한 요구도가 증가하였으며, 이러한 요구를 해소하고 가정에서 또는 소비지에서 직접 안전한 채소를 손쉽게 재배하고 이용하고자하는 소비자 실생활에 적용해야 할 필요성이 있음.

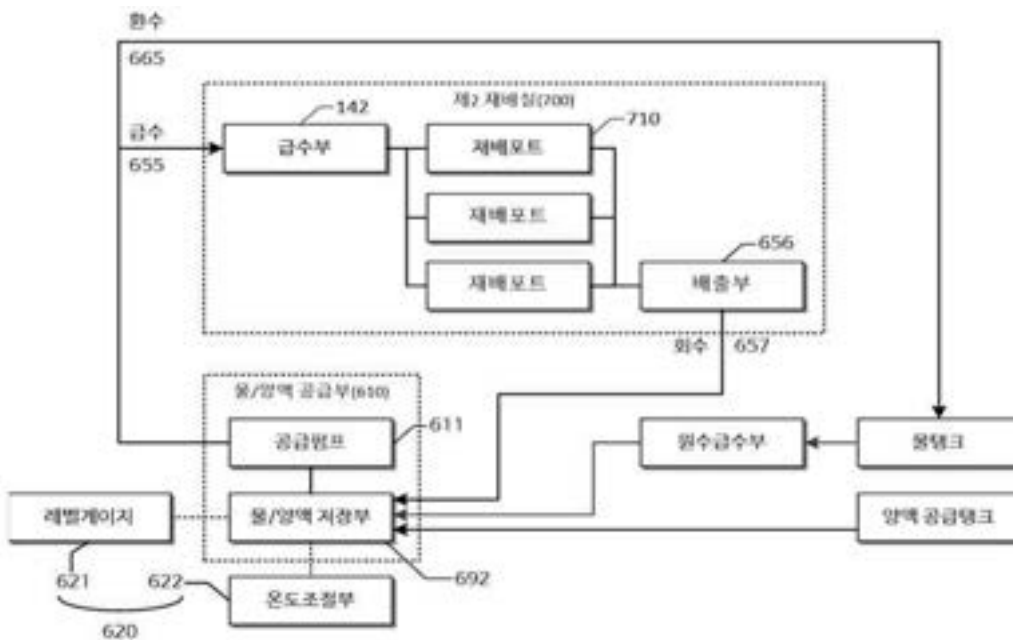


[그림 2-105] 시중 간이재배기 및 수경재배 농축 양액

- 주거 및 외식 산업용 엽채류 및 버섯 간이재배기는 LED를 이용하여 PPF 150 μ mol·m⁻¹·s⁻¹과 엽채류 3.8~4.0kg의 생산으로 성인 가족 4인 기준 150g 식사 시 약 23일에서 한달 공급량 기준으로 48개체를 정식할 수 있도록 설정하였으며, 이산화탄소의 공급 또한 버섯과 엽채류 이산화탄소 발생 및 흡수 비율에 따라 엽채류 10:1의 비율로 버섯 5개체 재배 설정하였음.
- 간이재배기의 지상부 환경 제어 부는 외부 공기가 필터를 통하여 버섯 재배공간으로 유입되고, 필터링된 공기와 버섯재배시 발생한 이산화탄소는 엽채류 재배공간으로 공급되며 이때 유입은 이산화탄소 센서에 의해 팬이 작동하는 시스템으로 설계되었음.
- 엽채류 재배실에서 발생된 산소와 신선 공기는 다시 공기정화부를 통하여 외부로 배출되어지며, 공기정화부는 엽채류 재배실의 신선 공기 외에도 공기청정기능을 갖추어 야간 또는 실내 외부 공기의 청정 유무에 따라 단독으로 구동되도록 설계



[그림 2-106] 공기정화기능을 구축한 버섯과 엽채류 가정 및 업소용 간이 재배기의 공기 순환도



[그림 2-107] 가정 및 업소용 간이 재배기의 자동 양액 공급 순환도

- 제어시스템의 구성은 지상부는 온도, 습도, 이산화탄소, 광주기 및 양액의 공급 간격을 조절하도록 구성하였으며 지상부의 환경과 양액의 온도, EC, pH 데이터를 계측하여 설정 값과 측정 값에 따른 제어를 구동하는 시스템이며 터치스크린으로 구동상황을 모니터링하면서 설정을 즉시 변경할 수 있도록 구성하였음.
- 재배 베드는 서랍형으로 구동하여 정식과 수확 작업 시 편이하게 설계하였음



[그림 2-108] 공기정화기능을 구축한 버섯과 엽채류 가정 및 업소용 간이 재배기



[그림 2-109] 공기정화기능을 구축한 간이재배기의 환경 제어, 터치형 모니터 및 서랍형 재배 베드

3.6. 스마트팜 K-Plant 수출 모형 검증

1) 개요

- 스마트팜 K-Plant 수출 모형을 개발하게 위하여 권역별 온도, 일사량 강우량 등 을 조사하여 권역별로 에너지 시설을 구성하여 적절한 냉난방 설비를 구상하여 수출모형을 설정함

2) 접근방법

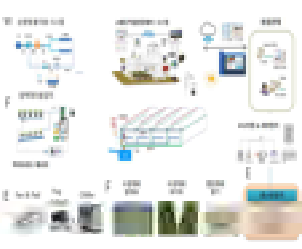
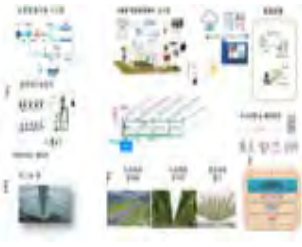


- K-Plant 수출 모형 검증을 위하여 권역별 K-Plant 수출모형을 해당 권역별 기후조건을 고려하여 에너지 설비를 선정하여 모형의 냉난방 설비를 제시함
- 중동형과 중앙아시아형의 K-Plant 수출 모형의 에너지 효율을 검증하기 위하여 정밀에너지 시뮬레이션 해석도구인 ESP-r을 사용하여 분석함
- K-Plant 수출 모형의 생산성 및 요소기술의 효율성을 분석하기 위하여 스마트팜 온실 테스트 베드를 계획하여 구축함
- K-Plant 권역별 수출모형의 수출타당성을 분석하기 위하여 모형별 개략 사업비를 산정하여 생산성, 운영비, 수익성을 고려하여 적정 수출모형을 검토함

3) 연구내용

가. K-Plant 권역별 수출모형 설정

- K-Plant 권역별 수출모형 설정결과

[표 2-69] 한국형 스마트팜 K-Plant 수출 모형 구성 내역(요약)

권역	수출 모형 시설구성	수출모형의 특징	수출모형 개념도	대상 국가
중동 사막형 온실	유리, 직조필름 피복 포스멕 소재 경량 철골온실구조에 다중차광막, 해수, 하수재이용, 포그, 유통팬, 근권냉방, 수경재배, 양액재이용, 복합환경제어시스템과 물, 냉방 에너지를 통합 관리하고, 외부 차광막을 둔 사막형 온실	다중차광막, 팬엔패드, 포그, 공조기(공랭식, 흡수식 냉동기), 근권냉각, 양액냉각 등 냉각기능을 향상시킨 무가온 냉각 온실		쿠웨이트, UAE, 이라크, 시리아, 오만, 레바논 등
동남아 아열 대형 온실	PO Film, 직조필름 피복 포스멕 소재 경량철골온실구조에, 다중차광막, 지하수이용, 포그, 유통팬, 근권냉방, 수경재배, 양액재이용, 복합환경제어시스템과 물, 냉방 에너지를 통합관리하는 제습장치 적용 아열대형 온실	다중 차광막, 지하수 이용 포그, 유통팬으로 냉방 에너지 사용을 최소화한 온실로 고온다습한 특징을 반영 제습장치 적용한 온실		미얀마, 베트남, 라오스, 말레, 이시아, 태국 등
CIS & 러시아 혹한용 온실	유리, PO Film, 2중 피복 포스멕 소재 경량철골온실구조에, 다중차광막, 지하수이용 수경재배, 양액재이용, 복합환경제어시스템과 물, 열병합장치 이용 난방에너지 통합관리하는 온실로 보광등 적용 혹한용 온실	가스보일러, 열병합발전 설비 적용하여 가스이용 난방을 강화한 온실로 열병합 발전은 전력량 기준으로 최소화하고 부족한 난방열은 가스보일러 등으로 보충하고 부족한 일사량을 보광등으로 보충한 혹한용 온실		카자흐스탄, 우즈베키스탄, 투르크메니스탄, 러시아내륙, 코카서스
동북아 복합형 온실	유리, PO Film, 피복 포스멕 소재 경량 철골온실구조에, 다중차광막, 지하수이용 수경재배, 양액재이용, 복합환경제어시스템과 물과 냉난방에너지를 통합 관리하는 복합형 온실	일본 남부 및 중국 남부는 공기열 및 수열 히트펌프 등으로 냉방을 강화하고 한국, 중국 북부, 몽골은 동절기 추위 대비하여 난방을 강화한 것이 특징으로 북부형(혹한용), 중부형, 남부형(아열대형)으로 구분		몽골, 중국, 일본
공통 시설	포스멕 소재 경량철골온실구조, 양액재이용, 복합환경제어, 차광막, 포그, 유통팬, 수경재배,			

- 권역별 K-Plant 모형 설정 기본원칙

- 포그, 차광막 등 패시브 시설 기본 이용하고 액티브 시설로 히트펌프, 축열조, 열병합발전으로 열원보강 시설 구성
- 중동 : 냉방에 공랭식 냉동기, 수열원 히트펌프, 가스 보일러, 흡수식 냉동기, 열병합 발전, 태양광 시스템

이용 가능

- 동남아 : 포그 및 차광막 기준으로 공기, 수열원 히트펌프 시스템 도입
- 러시아 및 중앙아시아 : 가스를 열원하는 가스보일러, 흡수식냉온수기, 열병합 발전 설비의 적용, 열병합 발전은 온실 전력량 기준으로 장비 선정하고 보일러 등으로 부족분 대체
- 동북아시아 : 한국, 일본, 중국, 몽골, 북한, 대만 등 광범위한 기후
 - 일본남부 및 중국 남부의 경우 공기열 및 해수열 히트펌프 적용
 - 한국, 중국 북부, 몽골은 동절기 강추위로 다중열원히트펌프 및 보일러 적용 필요

[표 2-70] 기후 및 자원을 고려한 권역별 냉난방 방식 선정 결과

	국 가	기 후	자원	검토결과	냉난방방식 선정결과	
중동	쿠웨이트, UAE, 카타르등	•사막지대, 건조하고 무더움, 일사량 강	화석 연료 풍부	냉방 비중 큼	냉방 : 공랭식 냉동기, 수열원 히트펌프, 가스보일러, 흡수식냉동기, 열병합발전, 태양광 이용 가능	
동남아	미얀마, 베트남 (라오스, 말레이시, 태국 등)	•열대,아열대,온대기후 •연중 강수량 많음	지하수 풍부	냉방 비중 큼	포그 및 차광막 선정하고 부족시 공기, 수열원 히트 펌프 시스템 적용	
CIS	카자흐스탄	•대륙성기후(건조) •겨울춥고, 여름더움	화석 연료 풍부	난방 비중 큼	가스보일러, 흡수식냉온수기, 열병합발전 설비적용 용이, 열병합 발전은 온실전력량 기준으로 장비선정하고 보일러 등으로 부족 대체	
	우즈베키스탄	•연중 온화, 건조				
	투르크메니스탄	•여름 덥고 건조, 겨울 춥고 건조				
러시아	내륙	•대륙성기후, 한랭	화석 연료 풍부	난방 비중 큼		
	코카서스	•해양성 기후 영향				
동북아	몽골	•건조하고 연교차 큼 •겨울 아주 추움		매우 다양한 기후 특정열원 설비선정 곤란 현지여건 조사필수		한국,일본,중국,몽골,북한, 대만 등 광범위한 기후 - 일본남부 및 중국 남부 경우 공기열 및 해수열 히트펌프 적용 - 한국, 중국 북부, 몽골은 동절기 강추위로 수(지)열원 히트펌프 및 보일러 적용 필요
	중국	동북			•고산기후, 건조 기후	
		남부			•온난	
		동부			•해양성 기후	
	일본	일본해측			•무더위, 폭설	
		중앙 고지대			•여름 서늘	
		태평양측			•온난건조, 여름서늘	
한국	•여름덥고, 비많고, 겨울 춥고 건조					

□ 권역별 K-Plant 수출모형 구성 내역

○ 전 세계를 5개의 권역으로 나누어 기후, 자원, 국내 기술을 고려하여 모형 구성

K- Plant 표준 모형		온실 냉난방 장치	
<p>WEF 센서 기반 복합환경제어장비로 온도도, CO2, 토양수분을 모니터링하고 관수, 양액, 천창, 측장, 차광막 등을 제어하여 작물생육에 적합한 환경을 조성 할 수 있는 스마트 온실</p>		<p>ASHP, WSHP, ABCH 는 독립적 냉난방이 가능하고 Boiler (난), Chiller(냉방)을 수행하며, CHP(발전+난방) + ABC(냉방) 수행함 1)</p>	
<p>[공통시설] 포스맥 온실, 관수, 양액재이용, 복합환경제어, 포그, 근권난방</p>		<p>[적용기술] ASHP, WSHP, CHP, ABCH ABC C/T</p>	
K - Plant 중등 모형		K- Plant CIS & 러시아 모형	
<p>냉방을 위하여 공랭식 냉동기, 흡수식 냉동기, 열병합 발전, 태양광 적용 상기방식은 대규모 온실에 적합하며 소규모는 펜엔패드, 포그 발식 활용</p>		<p>가스 공급 인프라가 잘 발달되어 있어 가스보일러, 흡수식 냉온수기, 열병합발전 설비 적용 열병합 발전은 대규모 온실에 적합하며 필요한 전력량을 기준으로 장비를 선정하고, 부족한 열부분은 보일러 등으로 보충</p>	
<p>공랭식 냉동기, 흡수식 냉동기, 열병합 발전, 태양광</p>		<p>가스보일러, 흡수식 냉온수기, 열병합발전</p>	
K- Plant 동남 아시아 모형		K- Plant 동북 아시아 모형	
<p>동남아는 강수량과 지하수 풍부하므로 공기열원 및 수열원 히트펌프를 적용하는 것이 경제적, 상기방식은 대규모 온실에 적합하며 소규모 온실은 펜엔패드, 포그 적용</p>		<p>일본남부 및 중국 남부는 공기열 및 해수열 히트펌프 적용하고, 한국, 중국 북부, 몽골은 동절기 추위가 예상되므로 수(지)열원 히트펌프 및 보일러 적용</p>	
<p>공기열원 및 수열원 히트펌프</p>		<p>공기열 및 해수열 히트펌프, 수(지)열원 히트펌프 및 보일러 적용</p>	
<p>용 어</p>	<p>1) ASHP : Air Source Heat Pump, WSHP : Water Source Heat Pump CHP : Combined Heat and Power Generation (Cogeneration) ABCH : Absorption Chiller-Heater, ABC : Absorption Chiller, C/T : Cooling Tower</p>		

나. K-Smart Farm Plant (약칭 K-Plant)

□ K-Plant 정의

- 한국형 스마트팜 온실(H/W)에 재배기술, 가공, 저장, 유통관련 시설과 ICT 기반의 지능적 운영관리 플랫폼(S/W)을 패키지화한 한국형 스마트팜 수출 모델 및 브랜드를 의미함

경량철골온실(H/W) + 지능형 플랫폼(S/W) + 비즈니스 모델(서비스)



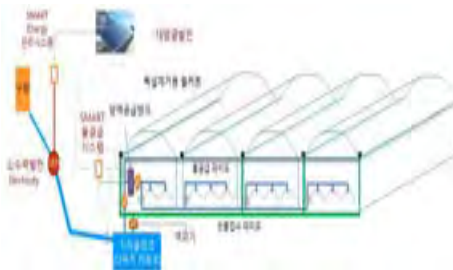


[그림 2-110] K-Plant 수출 모델

□ K-Farm 기술 범위

- 한국형 온실
 - 경량철골 Smart Farm, Water & Energy Saving, Automation, Fertilizer circulation technology
- 지능적 운영관리 플랫폼
 - 환경제어, AI기반 재배관리, 수요기반물관리, 양액재이용관리, 에너지관리, 에코솔루션
- 비즈니스 모델
 - 농가용 온실 및 기업형 온실, 공동운영(공동자재구매, 공동생산, 공동판매 등)과 수직계열화된 체인점, 스마트팜 교육, 창업컨설팅 등 포함


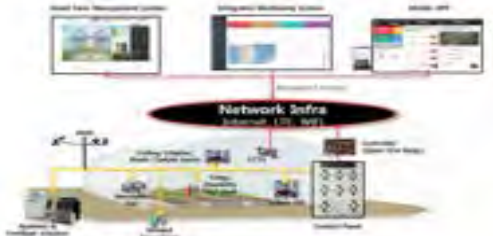
□ 한국형 스마트팜 K - Plant 시스템 구성

○ 한국형 스마트팜, 지능적 운영관리 플랫폼, 비즈니스 모델로 구성됨

K - 스마트팜	세부 시스템 내역
한국형 스마트팜 (H/W)	<p style="text-align: center;">< 온실구조 ></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 포스맥 소재의 경량철골온실 <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">[그림 2-111] K-스마트팜 플랜트 구성도 [그림 2-112] 표준 온실 설계도</p> <p style="text-align: center;">< 부대시설 ></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 물공급 : 수요기반 물공급제어, 양액재이용 ○ 에너지 : 지하수 겸용 지중열교환시스템, 수열히트펌프&축열조 ○ 자동화 : 작물재배공정 자동화, 수확자동화
지능적 운영관리 플랫폼 (S/W)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 환경제어, AI기반 재배관리, 순환형물관리&양액재이용관리, 에너지관리, 에코솔루션(자재, 설계도면 등) ○ GS1 기반 농산물 생산, 가공, 유통, 판매 이력 관리
비즈니스 모델 (BM)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기업형 스마트팜 단지 모델 <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">Smart farm Innovation center Glass type Greenhouse Complex(10ha)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">Smart farm remodeling Project Plastic green house complex model</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 농가형 스마트팜 모델 <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>

□ K-Plant 요소 기술 구성



- 포스멕 소재 온실과 IoT 기반 물/에너지, 재배 통합관리 기술

한국형 경량철골온실	ICT 기반 복합환경제어 기술
 <p>포스멕 소재 경량철골 온실</p>	 <p>복합환경제어시스템</p>

- 순환형 물공급 및 냉난방 기술

순환형 물공급 기술	냉난방 기술
 <p>다중수원, 정수처리, 양액재이용</p>	 <p>냉난방 장비 구성</p>

- 친환경 기술 (양액재이용 + 아쿠아포닉스)

양액재이용 기술	아쿠아포닉스 기술
 <p>양액재이용, 배액관리</p>	 <p>물고기 유기물로 식물을 재배</p>

- 재배 기술 (행잉재배, 고설재배)

행잉재배	배드재배
	

다. 한국형 스마트팜 K-Plant 권역별 수출 모델

- 권역구분 : 중동, 러시아, CIS, 동남아시아, 동북아시아 등 5개 권역
- 권역별 기후 자원 특성 분석

[표 2-71] 권역별 기후 자원 특성분석

권역	국 가	기 후	자 원	특 성	
중동	쿠웨이트, UAE (이라크, 시리아, 오만, 레바논, 이라크 등)	• 사막지대, 건조하고 무더움 • 일사량 강	• 수자원 부족 • 화석연료 풍부	• 염수 제거용 정수기 • 냉방 비중 큼	
동남아	미얀마, 베트남 (라오스 말레 이시아, 태국 등)	• 열대, 아열대, 온대 기후 • 연중 강수량 많음	• 지하수 풍부	• 냉방 비중 큼	
CIS	카자흐스탄	• 대륙성기후(건조) • 겨울 춥고, 여름 더움	• 지하수 충분하나 석회수 • 화석연료 풍부	• 석회수 정화용 정수기 • 냉방 필요성 커지고 있음	
	우즈베키스탄	• 연중 온화, 건조			
	투르크메니스탄	• 여름 덥고 건조, 겨울 춥고 건조			
러시아	내륙	• 대륙성기후 • 한랭, 일사량 부족	• 지하수 충분 • 화석연료 풍부	• 가스 이용 난방 중요 • 일사량 보안을 위한 보광등	
	코카서스	• 해양성 기후 영향			
동북아	몽골		• 건조하고 연교차 큼 • 겨울 아주 추움	• 수자원 부족	• 매우 다양한 기후 • 특정 열원설비 선정 곤란 • 현지 여건 조사 필수
	중국	동북	• 고산기후, 건조 기후		
		남부	• 온난		
		동부	• 해양성 기후		
	일본	일본해측	• 무더위, 폭설		
		중앙고지대	• 여름 서늘		
		태평양측	• 온난건조, 여름 서늘		
한국	• 여름 덥고, 비많고, 겨울춥고 건조				

□ 온실 모형 설정 조건

- 재배작물 : 온실(토마토, 파프리카, 딸기, 엽채류), 노지 등
- 한국형 스마트팜 기본 구조
 - 재배관리 플랫폼 : 복합환경제어시스템 (KT GIGA Smart Farm)
 - 1단계 기존 제품, 2단계 지능형 스마트팜
 - 온실구조 : 경량철골비닐온실(PO Film) 및 유리온실
 - 절수기술 : 물순환이용 (양액재이용 : 25~30%, 아쿠아포닉스 : 80~90%)
 - 에 너 지 : Pen & Ped, Fog, 다중열원히트펌프+히트펌프, 열병합발전
 - 친환경 재배기술 : 아쿠아포닉스 재배 기술, 미생물 이용 재배

- K-Plant 권역별 수출 모형
 - K-Plant 수출 모형 플랫폼
 - 중동, CIS, 러시아, 동남아시아, 동북아시아 등 5개 모형
 - 복합환경제어는 보급형과 지능형으로 구분 작성



[그림 2-113] K-Plant 수출 모형 플랫폼

- ① K-Farm 중동 수출모형
 - 중동형 온실(사막형) 요소 기술
 - 온실구조 차별성 : 외부 차단막, PO 필름, 정수시설, 흡수식 냉방
 - 수자원 이용 : 해수, 염지하수, 하수재이용을 위한 정수장비 도입
 - 에 너 지 : 패시브 기술과 액티브 기술 적용 하이브리드 시스템
 Passive : Pen & Pad, Fog, Active : Chiller + 근권난방



[그림 2-114] 중동형 스마트팜 모형

COOLING		Remark
Passive Cooling	Fan & Pad 	<ul style="list-style-type: none"> • 증발열을 이용한 냉방 • 30~50m 이상 적용 근권 • 외기온보다 2~4°C 하강
	Fog 	<ul style="list-style-type: none"> • 증발열을 이용한 냉방 • 세무냉방과 공기 순환팬 함께 가동 때 최대 2~3°C 하강
Active Cooling	Chiller 압축기 흡수식 	<ul style="list-style-type: none"> • 대규모 온실 주간 냉방 투자비 과다 • 가스이용 흡수식 냉동기 적용 • 야간 냉방 수행
	근권 냉방 	<ul style="list-style-type: none"> • 주간 근권 냉방 - Chiller에 생성한 냉수를 뿌리부분에 공급

[그림 2-115] 중등 에너지 장비

② K-Farm : CIS 수출모형

○ 중앙아시아형 요소 기술

- 수자원 이용 : 지하수 및 지표수 풍부

- 에 너 지 : Passive : Pen & Pad, Fog, Active : Chiller + 근권냉방



[그림 2-116] 중앙아시아형 스마트팜 모형



[그림 2-117] 중앙아시아 에너지 장비

③ K-Farm : 러시아 수출모형

○ 러시아형 요소 기술

- 수자원 이용 : 지하수 및 지표수 풍부

- 에너지 : Passive : Pen & Pad, Fog, 보일러, Active : ABCH + CHP



[그림 2-118] 러시아형 스마트팜 모형



[그림 2-119] 러시아 에너지 장비

④ K-Farm : 동남아시아 수출모형

○ 동남아시아형 요소 기술

- 수자원 이용 : 지하수 및 지표수 풍부
- 에너지 : Passive : Pen & Pad, Fog, 보일러, Active : ABCH + CHP



[그림 2-120] 동남아시아형 스마트팜 모형



[그림 2-121] 동남아시아 에너지 장비

⑤ K-Farm : 동북아시아 수출모형

○ 동북아시아형 온실 요소 기술

- 수자원 이용 : 지하수 및 지표수 풍부

- 에너 지 : Passive : Pen & Pad, Fog, 보일러, Active : ABCH + CHP



[그림 2-122] 동북아시아형 스마트팜 모형



[그림 2-123] 동북아시아 에너지 장비

□ K-Plant 수출 모형 온실 종류

○ 수출온실은 유리온실, 플라스틱온실(PO 필름), 농가용 비닐온실 등 3가지로 분류함

[표 2-72] 온실 유형

TYPE	구분	규격	사진
Type A	첨단유리온실	8×25연동×100M	
Type B	플라스틱온실	8×12.5연동×100M	
Type C	비닐온실	8×12.5연동×100M	

- 유형별 단가

[표 2-73] Type 별 단가

Type		단가(원/ha)		단가(원/m)	
		중등	CIS	중등	CIS
A	유리온실	1,953,572,000	2,430,760,000	197,331	245,531
B	플라스틱온실	1,697,172,000	1,679,960,000	171,432	169,693
C	비닐온실	921,150,000	1,077,219,000	93,045	108,810

○ Type A (첨단유리온실)

- 유리온실은 에너지 효율이 비교적 높으며 광투과율도 높으나, 단가가 높으나, 내구성이 좋아 경제성을 고려할 필요가 있음

[표 2-74] Type A (유리온실)

유형	단가(원/ha)	단가(m)	비고
Type A (1ha)	중등형 1,953,572,000	197,331	
	중앙 아시아형 2,430,760,000	245,531	



구분	내용	비고
온실 형태	플라스틱 온실	
규모	1ha	
축고	축고 6m	
피복재	직조필름(PO 필름)	
차광스크린	외부 차광스크린	
재배배드	행잉거터 재배	
도입시설	복합환경제어시스템 양액재이용시스템	
냉방설비	FAN&FAD, FOG, 제습기, 외부차광, 양액냉각, 칠러, 공조기, 축열조, 근권부 국소냉방 등	

중등 적용 가능 냉난방 장치



중앙아시아 적용 가능 냉난방 장치



○ Type B (플라스틱온실)

- 플라스틱온실은 유리온실에 비해 광투과율은 유리에 비하여 4~12%가 낮지만, 냉난방 효율측면에서 유리하며, 초기 투자비용이 낮아서, 가성비가 좋은 장점이 있는 PO 필름(5~7년 수명)이나 불소필름(20년 수명) 사용함
- 불소 수지필름은 유지보수의 측면에서 반영구적이며, 모래폭풍 등에 좋은 특성(점착성이 없음)을 가지고 있으나, 가격은 유리온실 수준임
- 냉방시설은 FAN&FAD, FOG, 제습기, 외부차광, 양액냉각, 칠러, 공조기, 축열조, 근권부 국소냉방 등을 사용
- 공동시설로서 양액재이용시스템, 복합환경제어시스템 등을 활용함

[표 2-75] Type B 플라스틱 온실

유형		단가(원/ha)	단가(m)	비고
Type B (1ha)	중동형	1,697,172,000	171,432	
	중앙 아시아형	1,679,960,000	169,693	



구분	내용	비고
온실 형태	플라스틱 온실	<p>> 여름철 폭염기 고온에 따른 대책 방법</p>
규모	1ha	
축고	축고 6m	
복재	직조필름(PO 필름)	
차광스크린	외부 차광스크린	
재배배드	행잉거더 재배	
도입시설	복합환경제어시스템 양액재이용시스템	
냉방설비	FAN&FAD, FOG, 제습기, 외부차광, 양액냉각, 칠러, 공조기, 축열조, 근권부 국소냉방 등	

○ Type C (비닐온실)

- 비가림 비닐온실은 현지 여건상, 냉난방 등의 가온 시설 및 양액시스템 등이 설치된 초기 투자비용이 낮은 엽채류 등의 품목에 특화하여 생산 품목변화에 유기적 대응이 가능한 형태의 온실임

[표 2-76] Type C 플라스틱 온실

유형		단가(원/ha)	단가(㎡)	비고
Type C (1ha)	중동형	921,150,000	93,045	
	중앙 아시아형	1,077,219,000	108,810	



구분	내용	비고
온실 형태	비닐온실	
규모	1ha	
측고	측고 6m	
피복재	직조필름(PO 필름)	
차광스크린	외부 차광스크린	
재배배드	행잉거터 재배	
도입시설	복합환경제어시스템 양액재이용시스템	
냉방설비	FAN&FAD, FOG, 제습기, 외부차광, 양액냉각, 칠러, 공조기, 축열조, 근권부 국소냉방 등	

3.6.1. K-Plant 권역별 냉난방 기술 분석

(1) 개요

- 시설원에 온실은 크게 건축(골조, 피복, 보온), 난방 설비, 양액설비, 환경제어로 구성됨. 난방은 환경관리와 밀접한 관계를 가지며, 온실운영비에 많은 비중을 차지하고 있어 매우 중요한 설비라 할 수 있음. 가장 일반적인 난방의 열원설비는 유류의 보일러(온풍기)임
- 냉난방에 있어 에너지 절감기술로는 고효율 냉난방기, 변온관리, 냉난방 공간축소, 저비용연료 사용등을 이용한 투입에너지를 줄이는 방법과 보온성능 향상, 열회수 기술 등을 이용한 에너지 손실을 줄이는 방법으로 구분할수 있음. 에너지 절감 기술 중 가장 대중적인 방법이 히트펌프 이용이며, 히트펌프로는 공기열, 수열(지열, 지하수열, 해수열, 발전폐열) 등이 농업에 이용되고 있음. 온실 냉방은 최근 들어 그 필요성이 대두되며 보급 및 적용에 노력
- 농업용 온실의 냉방이란 여름철에 작물을 고온으로부터 보호하고 광합성 활동을 보다 활성화하기 위해 온실 온도를 외기 수준이나 그 이하로 냉각하는 것을 의미함. 여름철 기온이 극히 높은 지방에서 온실의 열적 거동을 파악하여 냉방시스템의 성능을 높이는 것은 농업 분야의 생산성 향상을 위해 매우 중요한 사항이지만 온실의 냉방기술에는 기술 및 경제적인 여러 가지 문제점들을 해결해야만 함
- 한국의 시설원에는 짧은 기간에 주목할 만큼 발전하였지만 높은 경영비, 시장개방 등으로 불리한 주변

여건에 대응하여 국제경쟁력을 확보하기 위해서 시설원예의 문제점을 진단하고 분석을 통해서 대응책을 마련해야 함. 최근에 신선 농산물 수출이 점차 증가하고 시설농자재 해외진출 등 수출농업이 주목을 받고 있음

- 국내 온실에 적용된 냉난방 설비들은 주로 소, 중형 규모의 설비로 대규모에 적용하기 위해서는 신재생에너지의 이용은 물론 대규모의 일반 건축물에 적용되는 열원설비를 참고하여, 시설농업에 적용할 수 있는 방안과 각 열원 설비에 대한 경제성 분석이 이루어져야 함

(2) 권역별 국가의 기후 특성

□ 중동

- 중동 국가로는 쿠웨이트, UAE, 카타르, 이라크, 시리아, 오만, 이란, 사우디아라비아, 레바논 등이 있으며, 이들 나라는 대부분 사막지대로 매우 건조하고 무더운 기후이다. 또한 강수량이 적고, 태양강도가 강하다. 이 지역은 연중 최저기온이 7~8°C로 난방보다는 냉방 비중이 더 큼

□ 동남아

- 동남아시아는 미얀마, 베트남, 라오스, 말레이시아, 태국, 캄보디아, 필리핀, 인도네시아 등의 국가로 대부분의 열대, 아열대, 온대기후 그리고 고온 다습함. 또 대부분 지역은 계절풍의 영향을 받아 짧은 건기를 제외하고는 강수량이 많음. 연중 최저기온이 10°C이상으로 중동 권역과 마찬가지로 난방보다는 냉방이 더 큰 비중을 차지

□ CIS

- 중앙아시아는 우즈베키스탄, 카자흐스탄, 키르기스스탄, 타지키스탄, 투르크메니스탄 5개국으로 온대성 사막 및 반사막 지역이 많으며, 독특한 대륙성 건조 및 반조건 기후를 띠는데, 여름은 덥지만 청명하고 건조함. 남쪽 지역의 겨울은 습도가 높고 비교적 따뜻하며, 북쪽지역의 겨울은 춥고 된서리가 내림. 강수량은 중앙아시아 대부분에 걸쳐 봄에 최대치에 달함
 - KAZ : 카자흐스탄은 계절변화가 뚜렷한 대륙성기후로서, 겨울은 춥고 여름은 더우며, 특히 평원과 골짜기 지역에 그 특징이 심하게 나타냄. 연평균 강수량이 북부가 약 250mm, 남부 산악지대가 450mm에 이르지만 사막은 비가 훨씬 적게 내린다. 스텝과 사막이 대부분의 지역에 걸쳐 있음
 - UZB : 우즈베키스탄은 사막형 대륙성기후에 속하기 때문에 국토의 대부분이 연중 매우 건조하며 여름은 건기로서 열대공기의 영향으로 매우 뜨겁고 건조하며 비가 거의 내리지 않음. 반면 겨울에는 우기로 비와 눈이 자주 내려 비교적 습도가 높으나 강수량은 적음
 - TKM : 투르크메니스탄은 서쪽으로 카스피해와 동쪽으로 아무-다리야강에 접해있으며, 국토의 80%가 물이 없는 사막지역임. 사막 국가로서 비가 부족하고 강한 태양과 높은 기온이 특징. 여름에는 낮 기온이 남동부는 섭씨 50°C까지 올라가고 섭씨 35°C이하로 내려가는 일이 거의 없으며, 이와 반대로 겨울에 아프간과의 국경을 이루고 있는 산악지대는 기온이 섭씨 -33°C까지 내려감.

□ 러시아

- 러시아의 기후는 그 위치·면적·지형 등에 따라서 크게 달라진다. 광대한 영토의 대부분이 중위도 또는 고위도에 위치하고 한랭한 지역이 많을 뿐 아니라 해양의 영향도 많이 받고 있음. 러시아의 서부에는 산지가 없고 대서양의 난류, 멕시코 만류의 수증기와 열이 편서풍으로 옮겨져 내륙 깊이 도달하기 때문에 기후의 내륙성은 서쪽에서 동쪽으로 감에 따라 증대함에 따라 러시아의 기후는 위도에 의한 태양에너지의 일사량의

차이로 북쪽에서 남쪽으로 변화할 뿐 아니라, 서쪽에서 동쪽으로 변화함. 러시아는 동서로 길 뿐 아니라 남북의 폭도 극히 넓어 남북의 기온차도 현저하게 큼

□ 동북아

- 동북아시아는 한국을 비롯해 일본, 중국, 몽골, 북한, 대만 등이 포함된 곳으로 광범위한 기후를 나타냄
 - 몽골 : 기후는 몽골 전 지역이 차이가 있지만 대체로 건조하고 연교차가 극단적으로 크며 겨울이 추운데, 서북쪽으로 갈수록 연교차가 커지고 남쪽으로 갈수록 건조해짐. 몽골 서부 평균 기온의 차이가 51°C에 이르며, 동부는 40°C에 달함. 열대야는 없지만 일교차를 고려했을 경우 여름철 낮 최고기온은 한국과 비슷하거나 더 더움. 겨울엔 조드(Zud)라고 하는 혹한 음
 - 중국 : 중국 국토의 대부분이 온대몬순권이나 지역이 광활하여 기후분포가 다양하다. 동북지방은 겨울이 길고 여름이 짧은 반면, 남부지방의 경우 여름이 길고 겨울이 짧으며 동부 연해지방은 사계절이 분명하고 온난다습함. 남부는 연평균 기온 24°C의 아열대 기후인 반면, 북부는 연평균기온 4°C의 냉대 기후권에 속하는 등 남북으로 큰 기후차를 보이고 있으며, 북서쪽의 지역과 내몽고 지역은 고산기후 및 건조기후를 나타내고 있음.
 - 일본 : 일본의 기후는 3가지로 세분할 수 있는데, 일본해측 기후는 여름에는 편현상의 영향으로 매우 더운 반면 겨울에는 쓰시마 난류의 영향을 직접적으로 받아 폭설이 잦음. 연 강수량이 2,000mm~3,000mm 수준으로 많고 중앙고지 기후는 고원지대 한복판이라 여름이 비교적 서늘함. 겨울 강수량이 낮고, 태평양 쪽보다는 눈이 많이 오며, 태평양측 기후는 북태평양 기단의 영향으로 매우 덥고, 겨울에는 온난건조함. 쿠로시오·쓰시마 난류의 영향이 지대하여 중국, 한국과 달리 가뭄은 없으나 위도가 낮아 연교차는 큰 편인데다 습도까지 합쳐져서 여름 폭염 문제는 한국, 중국과 별 차이 없다. 일반적으로 온대기후가 많지만 지역에 따라 냉대기후, 아열대기후와 열대기후도 나타냄

(3) 난방부하

- 시설원예는 생산비가 많이 소요되기 때문에 가급적 난방을 하지 않고 보온위주의 경영을 선호하였으나, 최근 경쟁력을 높이기 위해서 난방을 도입하고, 적정온도 관리에 따른 수량 증대, 품질 향상에 의해 경영효과를 높이려는 노력이 이루어지고 있음 그러므로 난방은 비용을 절감하면서 난방효율을 극대화하는 것에 관심을 기울여야 함
- 온실의 난방 계획시 우선 고려되어야 할 것은 재배 지역과 재배 작물의 온도 환경이며, 난방부하 산정에 영향을 미치는 요인은 온실의 구조, 피복 및 보온 등과 토양전열 및 작물의 현열과 잠열 등이 있음 난방 설계시 균일한 실내온도 분포, 난방 및 보온 설비에 의한 차광 최소화, 정확한 온도 조절 등을 고려해야 함
- 온실의 난방 및 냉부 부하는 온실의 피복, 보온재, 온실의 높이에 따라 달라지며, 냉난방부하를 산정하기 위해 온실 피복은 비닐로 천정 1중, 측면은 2중으로 하였고, 동고는 8.1m, 측고는 6m 그리고 보온율은 천정과 측면 모두 50%로 가정함. 표 1은 1ha 온실의 사양임.

[표 2-77] 온실 사양

피복재		보온율	동고	측고	비고
비닐	천정 1중	천정 50%	8.1m	6m	외지붕
	측면 2중	측면 50%			

* 면적 : 1ha, 8m × 12연동 (W96m × L104m)

- 최대난방부하

$$Q_{gH} = \{A_w (q_t + q_v) + A_g \cdot q_s\} \cdot f_w$$

여기서,

Q_{gH} : 최대난방부하 [$kcal/h$]

A_w : 온실의 피복면적 [m^2]

A_g : 온실의 바닥면적 [m^2]

q_t : 단위 피복면적당 관류열부하 [$kcal/m^2 \cdot h$]

q_v : 단위 피복면적당 환기전열부하 [$kcal/m^2 \cdot h$]

q_s : 단위 바닥면적당 지중전열부하 [$kcal/m^2 \cdot h$]

f_w : 풍속에 따른 보정계수(일반지역 1.0, 강풍지역 1.1)

- 관류열부하

$$q_t = h_t (T_s - T_a) (1 - f_r)$$

여기서,

h_t : 열관류율 [$kcal/m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$]

T_s : 난방설정온도 [$^\circ C$]

T_a : 설계외기온 [$^\circ C$]

f_r : 보온피복의 열절감율

- 환기전열부하

$$q_v = h_v (T_s - T_a)$$

여기서,

h_v : 환기전열계수 [$kcal/m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$]

- 지중전열부하

$$q_s = h_s (T_s - T_g)$$

여기서,

h_s : 지표면전열계수 *0.244 [$kcal/m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$]

T_g : 지중기온 [$^\circ C$]

(출처 : 농촌진흥청, 2009)

- 아래는 외기온에 따른 야간 난방부하를 계산한 것으로 외기온별 해당하는 국가의 도시를 함께 포함하였으며, 온실 내부 설정온도는 파프리카 20°C, 토마토 16°C, 엽채류 12°C 그리고 딸기 8°C를 기준으로 -30에서 0°C까지 5°C 간격으로 각각 계산한 것임

[표 2-78] 권역 국가별 외기온 및 작물별 야간 난방부하 (1ha 기준)

외기 온도°C	국가 및 도시	작 물	실내온도	난방부하
			°C	kW
-30.0	MGL: 울란바토르, 알탄블라그 KAZ : 자르켄트, 춘자 등 일부 지역	파프리카	20.0	2,698
		토마토	16.0	2,477
		엽채류	12.0	2,256
		딸기	8.0	2,023
-25.0	CHN: 헤이허시	파프리카	20.0	2,442
		토마토	16.0	2,209
		엽채류	12.0	1,988
		딸기	8.0	1,767
-20.0	RUS: 모스크바 KAZ : 알마티, 오랄	파프리카	20.0	2,174
		토마토	16.0	1,953
		엽채류	12.0	1,733
		딸기	8.0	1,500
-15.0	KAZ : 쉴켄트, RUS: 볼고그라드, TKM: 다쇼구즈, KOR: 서울, CHN: 베이징, JPN: 사포르	파프리카	20.0	1,919
		토마토	16.0	1,802
		엽채류	12.0	1,360
		딸기	8.0	1,244
-10.0	UZB,TKM KOR: 광주, RUS: 마하치칼라, CHN: 시안	파프리카	20.0	1,593
		토마토	16.0	1,372
		엽채류	12.0	1,163
		딸기	8.0	942
-5.0	CHN: 상하이, JPN: 도쿄, TKM: 발카나바트	파프리카	20.0	1,337
		토마토	16.0	1,128
		엽채류	12.0	907
		딸기	8.0	698
0.0	RUS: 소치	파프리카	20.0	1,093
		토마토	16.0	872
		엽채류	12.0	663
		딸기	8.0	442

(4) 냉방부하

- 온실 냉방은 자연 환기나 차광막을 사용하는 수동적인 방법(Passive Cooling)과 강제 환기, 물의 증발, 지하수 또는 땅의 흡열, 히트펌프 등을 이용하는 적극적인 방법(Active Cooling)이 있으며, 표 3은 소극적 냉방 방식과 적극적 냉방 방식을 비교한 것이며, 그림 2-15는 냉방방식에 따른 냉각효과를 도식한 것임

[표 2-79] Passive Cooling과 Active Cooling 비교

Passive Cooling	Active Cooling
에너지소비가적거나 거의 없는 방식	에너지를 사용하는 방식
열이 이동차단, 자연냉각	냉각수 순환 및 냉동기 사용
환기, 차광 등	냉동기, 히트펌프 등 (국소냉방, 근권냉방)
외기온도 이하 냉방 불가	과다한 시설비용

COOLING		Remark
Passive Cooling	Fan & Pad 	<ul style="list-style-type: none"> • 증발열을 이용한 냉방 • 팬과 패드 사이의 거리 30~50m 이상 적용 곤란 • 외기온보다 2~4°C 하감
	Fog 	<ul style="list-style-type: none"> • 증발열을 이용한 냉방 • 새우냉방과 공기 순환팬 함께 가동 때 최대 2~3°C 하감
Active Cooling	Chiller 공냉식 수냉식 	<ul style="list-style-type: none"> • 대규모 온실 주간 냉방 투자비 과다 • 공냉식, 지하수 및 하천수 이용 수냉식 칠러 적용 • 야간 냉방 수행
	근권 냉방 	<ul style="list-style-type: none"> • 주간 근권 냉방 - Chiller에 생성한 냉수를 뿌리부분에 공급

[그림 2-124] 패시브쿨링과 액티브 쿨링의 비교

- 세계의 대부분 지역에서는 자연 환기만으로도 충분한 냉방효과를 얻을 수 있지만 여름철에 최대 기온이 33°C를 넘는 지역에서는 보다 적극적인 대책이 필요하며, 특히 중공과 동남아와 같이 최대 기온이 40°C를 넘는 경우에는 증발 냉방기술과 함께 냉방효율이 높고 경제적인 기술을 사용한 냉방대책이 필요
- 우리나라에서도 유리온실 등의 고급시설은 투자비 회수를 위해 연간 활용이 요구되고 있으나 여름철의 과도한 고온으로 연간재배가 어려운 실정이며, 여름철에는 기온이 작물 생육의 한계온도 이상으로 지속되는 날이 많기 때문에 고품질 농산물 생산이 어려우며 또한 생산물량의 급격한 감소 등이 발생하여 수출시장 유지에도 어려움이 발생하고 있음
- 온실 냉방을 위한 연구와 기술 개발은 여름철의 고온 피해가 높은 인도, 스페인, 남미, 중동 등지에서 주로 연구되고 있지만, 국내의 경우도 자연 또는 강제 환기나 차광 등의 냉방기술이 활용되고 있다. 그러나 이러한 수동적 방식의 냉방효과에는 한계가 있으므로 종합적인 경제성 분석을 통하여 증발 냉방 등의 적극적인 냉방방식도 검토해볼 필요가 있음
- 냉방부하 계산식은 는 아래와 같음

$$Q_{gC=A_g} \times [(h_t \times A_w / A_g + 3.1) \times (T_o - T_i) + R_s \times (1 - \eta) - 44.8]$$

여기서,

- Q_{gC} : 최대냉방부하 [$kcal/h$]
- A_w : 온실의 피복면적 [m^2]
- A_g : 온실의 바닥면적 [m^2]
- h_t : 열관류율 [$kcal/m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$]
- T_a : 단위 피복면적당 환기전열부하 [$kcal/m^2 \cdot h$]
- T_s : 단위 바닥면적당 지중전열부하 [$kcal/m^2 \cdot h$]
- R_s : 풍속에 따른 보정계수(일반지역 1.0, 강풍지역 1.1)
- η : 풍속에 따른 보정계수(일반지역 1.0, 강풍지역 1.1)

(5) 주간 냉방부하 (1ha 기준)

- 아래 표는 식 (2)을 이용하여 주간 냉방부하를 산정한 것이다. 여기서 일사량이 차이에도 냉방부하가 같게 산정된 것은 온실내 투과량을 1일 750J/cm²을 기준으로 차광율을 결정했기 때문임. 투과량 750J/cm²/day는 토마토의 1일 필요한 누적 일사량이다. 작물별 최소 1일 누적 일사량이 있으므로 주간 기온이 높다하여 차광율을 무작정 높게 할 수 없음

[표 2-80] 주간 냉방부하

냉방부하		일사량	차광율	외기온도	설정온도	비 고
kW	RT	W/m ²	%	°C	°C	
6,460	1312	1000	66%	45	30.0	<ul style="list-style-type: none"> • 외기온 및 일사량에 의해 결정 • 작물별 1일 필요 일사량에 따라 차광율 결정 • 근권냉방의 경우 약 100RT/1ha 필요
4,033	1147	900	62%			
3,454	982	800	58%			
6,460	1312	1000	66%	40		
4,033	1147	900	62%			
3,454	982	800	58%			
6,460	1312	1000	66%	35		
4,033	1147	900	62%			
3,454	982	800	58%			

* 차광율은 최소 일사량 750J/cm²/day 기준(토마토) 으로 산정
 * 작물에 따라 최소 일사량 확인 후 차광율 산정

(6) 야간 냉방부하

- 야간에는 일사량이 0이므로 외기온과 온실 내부 온도에 의해서만 결정된 부하량임. 주간냉방부하량의 용량으로 장비를 선정할 경우 경제적으로 매우 부담스러므로, 야간 냉방부하에 맞추어 장비용량을 선정하는 것이 보다 효율적일 수 있다. 표5는 야간의 냉방부하를 산정한 것임.

[표 2-81] 야간 냉방부하

냉방부하 (1ha)		외기온	설정온도	비 고
kW	RT	℃	℃	
1,218	346	35.0	20.0	• 외기온에 의해 결정
929	264	32.5	20.0	
639	182	30.0	20.0	
349	99	27.5	20.0	
59	17	25.0	20.0	

(7) 열원 설비별 특징

- 온실의 냉난방 열원 설비는 대상 지역의 기후, 재배작물, 냉난방부하, 냉난방방식, 연료비용 등을 고려해 결정하여야 함. 현대화 온실에서 주로 이용되고 있는 난방방식은 가스, 경유 및 등유 등의 화석연료를 사용하는 하는 온풍난방, 온수난방이 대부분이며, 자연에너지인 지하수 및 공기를 열원으로 하는 히트펌프 난방방식도 이용되고 있음. 최근에는 석유를 대신하는 열원 즉 태양에너지, 석탄, 축열물질, 산업폐기물 등을 열원으로 하는 난방장치의 개발과 난방기의 배기열 회수 재이용, 난방 공간 최소화, 변온제어 기술 등 난방에너지를 절감 할 수 있는 방법의 개발에 관한 연구가 주류를 이루고 있음
- 특히 농업시설의 수출시 난방을 위한 열원설비는 지역별(국가별 지역) 공급가능 연료의 종류에 따른 경제성 및 법적 규제 조건 등을 검토 하여야 하며, 온실의 규모에 따른 운전 효율과 유지 보수를 위한 현지 인력의 수급 및 기술수준 등도 고려대상이 되어야 함.

□ 보일러

- 보일러는 강철로 만든 밀폐된 용기 안에서 물을 가열하여 온수 및 증기를 발생 시키는 장치로 가장 일반적인 난방 설비이며, 보일러에 사용되는 연료로는 가스(LNG, LPG), 경유, 등유, 벙커-C유 등이 사용됨. 가장 일반적으로 사용되는 난방 방식으로는 온풍방식과 온수 방식이 있는데, 대규모 적용으로는 온수방식이 더 적합함

□ 히트펌프

- 히트펌프는 저온 에너지를 열원으로 이용하여 고온을 생산하는 기기로, 압축기, 응축기, 증발기, 팽창밸브로 구성됨. 열원에 따라 공기열원, 수열원 등으로 구분되며, 구동 방식에 따라 전기구동방식, 가스엔진 구동방식이 있으며, 히트펌프는 열원 및 부하측의 열교환 물질에 따라 물-물, 물-공기, 공기-물, 공기-공기로 분류됨
- 공기열원 히트펌프(ASHP : Air Source Heat PumP)
 - 공기열원 히트펌프는 대기중의 저온을 열원으로 고온의 온수나 온풍을 생산하는 방식으로, 설치비용은 수열원 히트펌프에 비해 저렴하지만 대기(열원)의 온도가 낮아지면 히트펌프의 열량과 성능계수(COP :Coefficient of Performance)도 낮아지는 단점이 있음. 특히 외기온 5℃ 이하에서는 열을 흡수하는 증발기에 착상이 시작되며, 이때 이를 제거하기 위해 제상운전을 수행하여야 하는데, 이때 난방운전은 중단됨



[그림 2-125] 히트펌프의 원리

○ 수열원 (WSHP : Water Source Heat Pump)

- 외기온도의 영향을 받는 공기열원의 단점을 보완할 수 수열원 히트펌프는 열원으로 폐수, 해수 또는 지하수 등이 있으며, 이 열원은 외기온도의 변화에 크게 영향을 받지 않으며, 이중 폐수와 하수를 제외한 모두를 지열원(GSHP : Ground Source Heat Pump)에 포함

[표 2-82] 수열원의 종류 및 이에 따른 온도 범위

종 류	개 요		특 징	온도범위 (°C)
폐 수	• 공장폐수, 발전소 온배수		• 우수한 열원 • 주거용 및 산업용에 적용	>10
하 수	• 하수처리장 방류수			
지 하 수	SCW	양수, 주입정이 동일	• 안정적인 열원 • 연중변화가 거의 없음	5~15
	Two Well	양수, 주입정이 다른 계간 축열 가능		
하 천 수	<ul style="list-style-type: none"> • 겨울철에도 하천 하부는 약 4°C이상 유지 • 대규모 : 직접이용 방식 		<ul style="list-style-type: none"> • 매우 풍부한 열원, 중대형 히트펌프에 이용 • 필터링 중요 	0~10
강변여과수	<ul style="list-style-type: none"> • 강변에 층적층을 통해 양수 • 계간 축열 가능 		• 층적층 열교환 안정적 운전	10~15
해 수	• 중대형 히트펌프에 이용		<ul style="list-style-type: none"> • 심층수(약 100m) 이용냉방 • 필터링 중요 	3~8
수 직 형	• 100~200m 보어홀에 PE 관 삽입		<ul style="list-style-type: none"> • 안정적인 열원 • 연중변화가 거의 없음 	0~5
수 평 형	• 열교환기 형태 : Straight, Slinky, Spiral		<ul style="list-style-type: none"> • 주거 및 상업용에 사용 • 안정적인 운전 (소규모) 	0~10

□ 흡수식 냉온수기

○ 개요

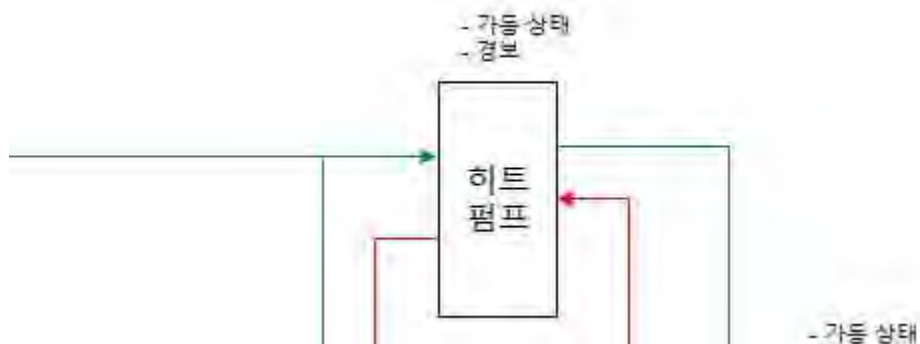
- 증기압축 사이클과 흡수식 사이클은 냉매를 저압부에서 고압부로 이송하는 방법에 있어 그 차이점을 두고 있으며, 증기압축 사이클은 증발기에서 발생한 증기를 압축기를 사용하여 고압의 증기로 변환하는 것으로 압축기 구동을 위하여 일이 필요하므로 “일구동 사이클(work operated cycle)”이라고 불린다. 일반적으로 CFC, HCFC, HFC 계의 냉매를 사용됨
- 이에 반해 흡수식 사이클은 흡수기와 발생기에서 냉매 증기가 흡수-재생- 증발하는 과정을 이용하여 냉매를 이송하며 발생기에서 냉매 증기 발생을 위해 열에너지를 이용하기에 “열구동 사이클(heat operated cycle)”이라 불림. 물(H₂O)-리튬브로마이드(LiBr), 암모니아(NH₃)-물(H₂O)을 냉매-흡수제로 사용

[표 2-83] 흡수식과 압축식 비교

구분	흡수식 냉난방기	흡수식 냉동기	압축식 히트펌프
사용에너지	가스/경유	증기, 중고온수	전기, 가스
냉매-흡수제	H ₂ O-LiBr / NH ₃ -H ₂ O		프레온가스
구성기기	증발기, 흡수기, 재생기, 응축기, 열교환기, 펌프		증발기, 응축기, 압축기, 팽창밸브 등
운전압력	대기압이상 : NH ₃ (냉매) + H ₂ O(흡수제) 진공 : H ₂ O-LiBr, 증발기 6~7mmHg		대기압 이상
용도	냉난방 겸용	냉 방	냉난방 겸용
진동소음	70dB 내외		85dB 내외
부분부하	양호		불량
냉각탑용량	압축식 1.4배		흡수식 보다 작음

○ 흡수식 냉온수의 원리

- 증발기내에서 냉매가 증발하면서 주위의 열을 빼앗아 냉방하고, 응축기에서 냉매가 응축되면서 주위로 열을 방출하는 면에선 증기 압축식 냉동기와 유사함. 증기 압축식은 압축기에 의해 증발기의 기상냉매를 흡입-압축하나, 흡수식에선 흡수기에서 흡수제(용매)에 의해 냉매가스를 흡입-용해한다. 냉매가스가 흡수제에 용해되는 비율이 온도/압력에 따라 다름을 이용하는 것으로 압축기로 냉매를 순환시키는 것이 아니라 흡수기에서 냉매증기를 용해-흡수하여, 재생기(발생기)에서 가열하여 냉매를 분리 처리함. 그림 2-17은 흡수식 냉온수기의 난방, 냉방 원리를 나타냄



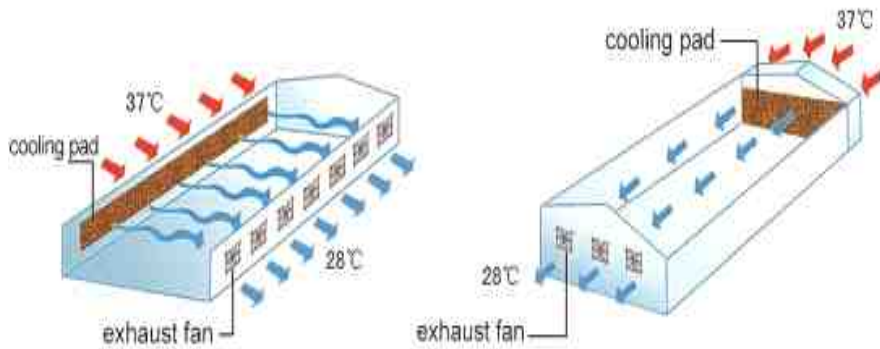
[그림 2-126] 흡수식 냉온수기의 원리

○ 흡수식 냉온수기의 장단점

- 흡수식 냉동기는 가동 부분이 작은 펌프로만 이루어지므로 소음과 진동이 작음
- 형상 치수나 중량이 비교적 큼
- 열원으로 증기, 고온수가 구동 에너지이므로 열원 설비가 여유 있고, 수전 설비(전력량이 적다)를 감소시킬 수 있어 증기 압축식 냉방에 비해 유리한 설비
- 고압 증기로 증기 터빈을 구동하여 원심식 냉동기를 운전하고 터빈의 배기를 흡수식 냉동기에 사용하는 조합방식이 대용량의 공기조화설비에 사용
- 용액과 공급 증기제어로 용량 제어가 가능하며, 증기를 상시 사용하는 건축물에 적합
- 부하가 변동하여도 안정적이며, 진공으로 운전되므로 고압가스취급법의 적용을 받지 않음

□ 기화냉각법

- 온실 냉방을 위한 연구와 기술 개발은 여름철의 고온 피해가 높은 인도, 스페인, 남미, 중동 등지에서 주로 연구되고 있지만, 국내의 경우도 자연 또는 강제 환기나 차광 등의 냉방기술이 활용되고 있으나 이러한 수동적 방식의 냉방효과에는 한계가 있으므로 종합적인 경제성 분석을 통하여 증발 냉방 등의 적극적인 냉방방식도 검토해 볼 필요가 있음
- 냉방 설비에서 히트펌프 및 냉동기를 이용하여 주간 냉방을 할 경우 설치비용과 운전비용이 과다하게 소요되어 주로 야간냉방을 위주로 사용됨. 주간 냉방을 위해 지금까지 개발된 방법에는 기화냉각법이 있으며 기화냉각이란 불포화 공기가 이보다 저온의 물과 접촉하면 물에 열을 주어 증발시킴과 동시에 공기 자체가 냉각되는 것을 말하는데, 이때 공기는 온도저하와 동시에 습도 상승이 일어남. 이러한 기화냉각법은 물과 공기를 혼합되어 기온을 습구온도 부근까지 낮출 수 있고, 건구온도와 습구온도와의 차가 클수록, 즉 공중습도가 낮을수록 그 효과가 크게 나타나며 외기 상대습도가 65% 이상인 경우 크게 효율이 감소

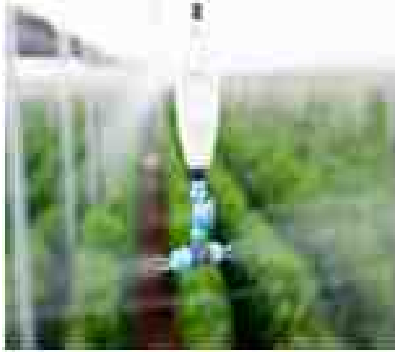


[그림 2-127] Fan & Pad 냉각법

- 기화냉각에서 냉각효율은 아래의 식과 같음

$$\text{냉각효율}(\%) = \frac{\text{외기의건구온도} - \text{유입기온(실내)}}{\text{외기의건구온도} - \text{외기의습구온도}} \times 100(\%)$$

- 널리 사용되는 기화냉각법에는 Fan & Pad법과 Fog(세무)냉방 방법이 있으며, Fan & Pad 법은 팬과 패드 사이의 거리가 50m 이상은 경우 냉방효과가 확연히 떨어지고, Fog 냉방법은 공기 순환팬을 함께 가동할 경우 온실 내부 온도를 최대 6~7°C 하강할 시킬 수 있음



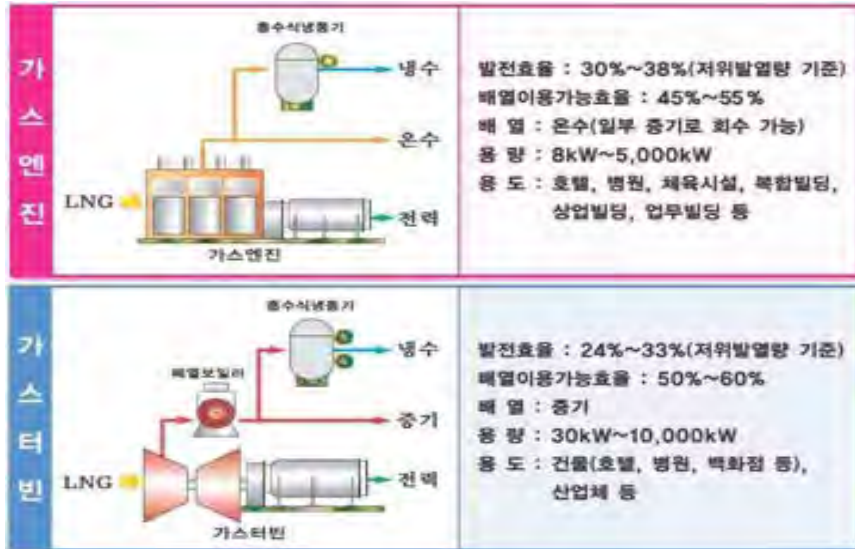
[그림 2-128] Fog 냉각법

[표 2-84] Fan & Pad 냉각법과 Fog 냉각법의 특성

Fan & Pad	Fog
<ul style="list-style-type: none"> • 이끼, 패드의 거조 등 패드 관리의 어려움 • 온도 불균일 및 공간 활용률 저하 • 바람에 의한 작물의 스트레스 	<ul style="list-style-type: none"> • 물방울에 의한 작물 스트레스 • 노즐의 내구성과 막힘 • 기상조건을 고려한 분무량 기준 없음
<ul style="list-style-type: none"> • Passive와 Active 의 중간 단계로 온실내 습도에 영향을 받으며, 운전비용 저렴 • 외부 상대습도 65% 이상인 경우 효과 감소 	

□ 소형 가스 열병합 발전

- 열병합 시스템(Cogeneration System)이란 하나의 에너지원으로부터 전력과 열을 동시에 발생시키는 종합에너지 시스템(Total Energy System)으로 발전에 수반하여 발생하는 배열 또는 폐열을 회수 이용하여 1차 에너지에서 연속적으로 2종류 이상의 2차 에너지를 발생시키는 시스템이임. 소형 가스 열병합발전이란 에너지를 가스로 이용하는 열병합발전 시스템을 말하며, 가스엔진 또는 가스터빈을 이용한 설비로서 통상 10MW이하의 발전용량을 갖춘 설비를 의미함
- 가스 열병합발전시스템은 청정연료인 천연가스를 이용하므로 환경 친화적이고 또한 폐열 회수이용이 용이하여 산업체뿐만 아니라 주거용 건축물 등의 전력 및 열 에너지원으로 주목받고 있음 자체 발전시설을 이용하여 일차적으로 전력을 생산한 후 배출되는 폐열을 이용하므로 기존의 에너지공급방식보다 30~40%의 에너지 절약효과를 거둘 수 있는 고효율 에너지 이용기술임. 화력발전소의 발전효율은 약 40% 정도이고 송전 손실을 감안하면 전력이용효율은 약 35%정도이나, 가스 열병합발전 시스템 효율은 발전기 형식, 용량 등에 따라 차이는 있으나 발전효율이 25~40%, 발생하는 폐열(냉각 및 배기가스 열) 이용 효율이 40~60% 범위로 종합적인 에너지 이용효율은 75~90%에 이르고 있음
- 열병합 발전의 용량은 온실에 필요한 전력량을 기준으로 산정해야 하며, 이때 회수열량의 부족분은 보일러 등 다른 열원으로 대체 하는 것이 경제적이다. 최근 온실에 인공광의 사용과 히트펌프의 이용이 증가하는 추세로 열병합 발전설비는 이와 같은 대규모의 수전 설비가 필요한 설비와의 접목이 필요



[그림 2-129] 가스엔진 및 가스 터빈 발전시스템의 개요

[표 2-85] 소형 열병합 발전의 장단점

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> - 전력과 열에너지를 동시에 생산, 냉각 및 배열 모두 이용, 종합에너지 이용효율 70 ~ 90% - 자체 전력 생산, 분산형 전원산업 구축으로 하절기 전력 Peak-Cut용으로 이용이 가능, 안정된 전력수급에 기여, 원격지 전력송전에 의한 설비비 및 송전손실 비용을 절감 - 수용가의 계약전력 감소, 전력요금 저감, 전력회사에 역판매시 전력판매 수입이 가능. - 전력수급 대책의 하나로 민간의 열병합발전 참여에 의한 전력회사 자체의 신규 발전설비 소요를 감소 - 청정연료인 도시가스를 이용, 질소산화물 및 이산화탄소 배출 억제로 환경공해를 저감 	<ul style="list-style-type: none"> - 초기 투자비가 비교적 과대, 규모의 비경제성에 따른 사업 참여의 위험성 - 열 및 전력수요의 비율이 적절치 않거나, 수요 변동의 불확실성이 클 경우 투자회수 기간 길어짐

□ CO2 시비 설비

- 온실 내부의 탄산가스(CO2, 이산화탄소) 농도를 높여 식물 생장을 향상시키는 기술로 이를 탄산가스 시비기술 (CO2 enrichment 혹은 CO2 fertilization)이라고 함. 탄산가스는 광합성에서 필수적인 성분으로 식물은 탄산가스를 흡수함으로써 포도당을 생성하는데, 탄산가스 농도를 증가시키면 광합성 속도를 증가시킬 수 있으며, 탄산가스 시용방법에는 시설내에 액체 또는 고체 탄산가스를 직접 주입하는 방법이 있고, 각종 탄산가스 발생기를 이용하여 프로판가스(LPG) 등 각종 연료를 연소시켜서 발생하는 배기가스 중에 포함된 탄산가스를 이용하는 방법이 있음.

[표 2-86] CO2 시비 방법별 장단점

	장 점	단 점
액화탄산법	<ul style="list-style-type: none"> • CO2 제어 간편 • 불순물 발생 없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 시비비용 고가 • CO2 탱크, 기화기 설비
실내 연소식	<ul style="list-style-type: none"> • 가격 저렴 • 장치 간단 	<ul style="list-style-type: none"> • 불순물 발생(작물 영향) • CO2 및 온도 구배 발생(온습도 조절 불가능)
가스 보일러 연소식	<ul style="list-style-type: none"> • CO2 시비/난방 겸용 (비용 저렴) • 온/습도 영향제거, 불순물저감 	<ul style="list-style-type: none"> • 장치 비용(컨덴싱 유닛 & 축열 탱크 설비)

○ 액화탄산법

- CO2를 탱크로부터 직접 공급하는 방법으로 비교적 간이 장치로 탄산가스를 공급이 가능하여 소규모 하우스에 적합하다. 탄산가스 비용이 다소 비싼 단점이 있으며, 균일한 분포를 위해 온실내 공기를 교반시키는 팬을 반드시 설치하여야 함

○ 실내연소식

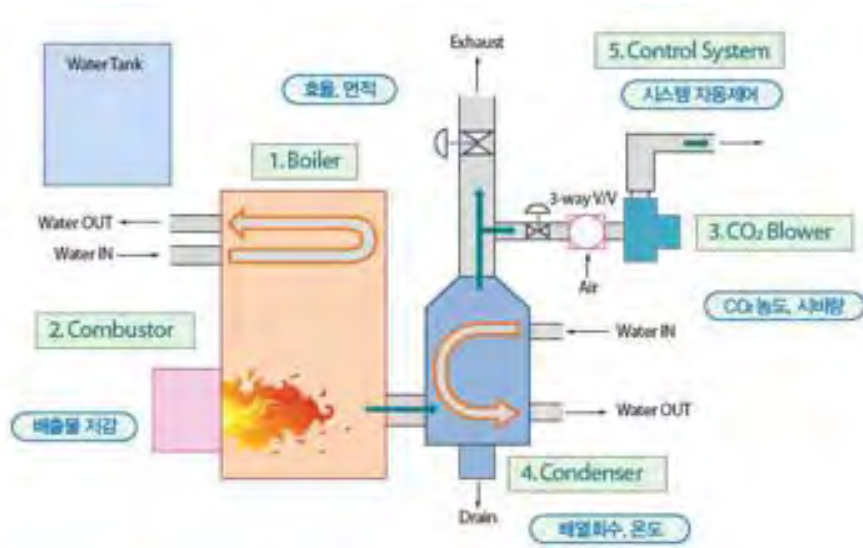
- 온실 내부에 설치된 연소기의 배가스를 이용하는 방법으로 연소과정에서 발생하는 질소산화물(NOx), 에틸렌(C2H4), 이산화황(SO2) 등 유해 배출물과 특히 야간 난방목적의 사용시 불완전 연소에 의한 일산화탄소(CO)의 피해에 주의해야 함



[그림 2-130] 액화탄산가스 시비기(좌)와 실내연소식 탄산시비기(우)

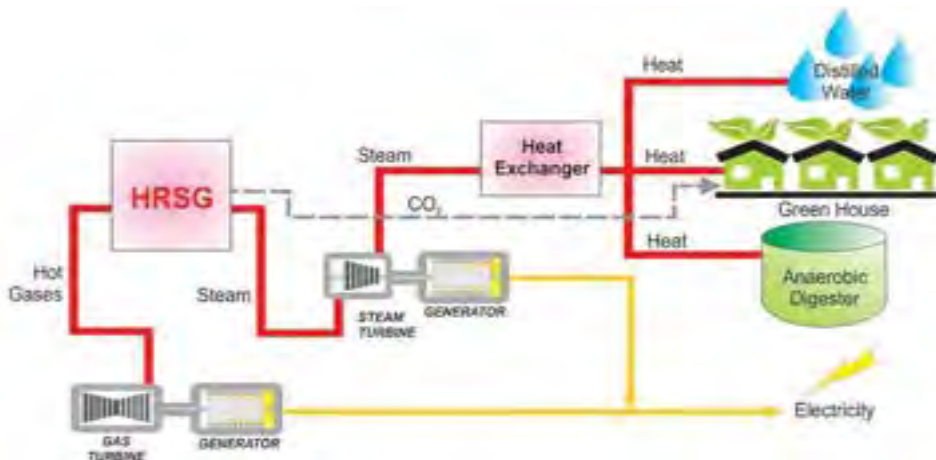
○ 가스 보일러 연소식

- 난방용 보일러를 연소시 발생하는 배기가스의 온도를 낮추어 공급하는 방법으로 배출물 발생을 원천적으로 저감할 수 있고, CO2 시비와 난방(축열)을 동시에 함으로써 온실 경영비 저감이 가능함. 경유 및 등유 보일러의 경우 SOx, NOx의 배출에 특히 주의해야 하며, 열원설비 중 EHP(Electric Heat Pump)를 제외한 가스 연소 방식의 열원설비는 이 시스템 적용이 가능함. 그림 2-22는 보일러 연소식의 계통도임



[그림 2-131] 가스 보일러 CO2 시비 계통

- 특히 열병합 발전과 GHP를 이용하면, 전기, 냉난방 및 CO2를 모두 얻을 수 있는 Tri-gen 방식이 국내에서 연구 중에 있으며, 그림 2-23은 발전, 난방, CO2 시비를 동시에 수행하는 Tri-gen 방식의 계통도임



[그림 2-132] Tri-Gen 시스템(전력, 냉난방, CO2)

○ CO2 시비를 위한 축열 시스템

- 일반적으로 온실에서 난방이 필요한 시간과 CO2가 필요한 시간은 일치하지 않는다. 난방은 주로 야간에 수행되며, CO2 시비는 주간 일사량이 충분할 때 수행됨. 가스 보일러식 CO2 시비의 경우 주간 난방이 필요 없는 시간에 보일러가 운전되는데, 이때 생성되는 온수를 저장할 수 있는 축열조를 반드시 설치해야 한다. 최근 온실내 인공광을 설치하는 경우가 늘고 있는데, 이로 인해 CO2 시비장치와 축열조의 설치가 확대 보급될 것으로 전망됨



컨텐츠 유닛 & CO2 공급기



축열탱크

[그림 2-133] CO2 시비를 위한 설비

○ CO2 시비를 위한 축열 시스템

- 일반적으로 온실에서 난방이 필요한 시간과 CO2가 필요한 시간은 일치하지 않으며, 난방은 주로 야간에 수행되며, CO2 시비는 주간 일사량이 충분할 때 수행된다. 가스 보일러식 CO2 시비의 경우 주간 난방이 필요 없는 시간에 보일러가 운전되는데, 이때 생성되는 온수를 저장할 수 있는 축열조를 반드시 설치해야 함. 최근 온실내 인공광을 설치하는 경우가 늘고 있는데, 이로 인해 CO2 시비장치와 축열조의 설치가 확대 보급될 것으로 전망됨

(8) 방열 설비

- CO2 시비를 위한 축열 시스템 방열설비는 열원설비에서 생성된 열을 방열하는 것으로 튜브에 의한 방열과 F.C.U. (Fan Coil Units)에 의한 방열로 나눌 수 있다. F.C.U.는 냉난방이 모두 가능하지만 튜브는 냉방시 결로가 발생되어 냉방에는 많이 이용되지 않음

□ 튜브 방열

○ 레일 튜브 (Rail Tube 또는 Tube Rail)

- 레일 튜브는 베드와 베드 사이에 방열관을 설치하여 방열에 사용함과 동시에 작업차의 이동 레일로 이용함. 튜브의 관경은 D40, D50 으로 설치되며, 난방 부하량에 방열을 계산하여 튜브의 관경을 결정함

○ 그로우 튜브

- 그로우 튜브는 식물의 성장점 근처에 난방배관을 설치하는 것으로 성장점을 난방하여 성장을 촉진시켜 주고 난방 효과를 극대화 할 수 있으며, 특히 온실온도가 조금 낮더라도 성장점 주변은 그로우 튜브에 의해 보다 높은 온도를 유지할 수 있어 난방비를 절감할 수 있음



Rail Tube & Grow Tube



거터 난방 Tube

[그림 2-134] 난방 튜브의 종류

○ 상부 및 측면 난방 튜브

- 상부 튜브는 온실 내부의 상부에 설치하는 방식으로 온실 전체의 온도 분포차를 줄이기 위해 설치한다. 측면 튜브는 동절기 외부의 찬공기에 의해 가장 영향을 많이 받는 온실 내부 외곽에 둘러가며 난방관을 설치하는 방법으로 비교적 온실 내부의 난방보다 측면난방을 주로하는 것은 외부로 인해 찬공기 유입이 많기 때문임. 또 거터 난방은 눈이 많이 오는 지역에서 온실 지붕에 눈이 쌓이거나 물받이가 어는 것을 방지하기 위해 설치하는 난방 튜브임

□ F.C.U.(Fan Coil Unit)

- 팬코일 유닛은 냉난방을 모두 수행할 수 있고 부하 대응이 빠른 장점이 있는 반면, 유닛에서 나오는 냉풍이나 온풍이 작물에 직접 적으로 닿을 경우 건조병이나 흘들림에 의한 작물의 스트레스를 유발할 수 있어 F.C.U의 설치는 온풍과 냉풍이 작물에 직접 닿지 않는 상부나 베드 하부에 설치하는 것이 바람직함



[그림 2-135] FCU (냉난방 가능)

□ 근원 냉난방 튜브

- 겨울철의 작물재배는 저온기에 이루어지므로 지상부나 지하부의 온도가 작물의 생육에 가장 큰 영향을 미치는 환경 요인임. 특히, 근권온도(배지온도)는 뿌리의 생리작용에 관여하여 작물의 생육에 큰 영향을 미친다. 뿌리는 근권의 온도에 따라 근의 활력이 달라지며, 그에 따라 양분의 흡수능력에 차이가 생긴다. 높은 근권온도는 뿌리의 신장은 촉진하지만 뿌리의 갈변과 신장의 정지를 촉진한다. 또한 뿌리의 호흡속도가 높아져 광합성 속도를 저하시킨다. 작물의 생육에 알맞은 지온은 품종, 재배시기, 생육단계 및 재배방법에 따라 다르며, 지온이 지상부의 생육에 영향을 미치는 정도가 다르다. 최근 양액재배에서도 근권온도가 중요하여 가온시설을 하고 있는 추세이므로 재배에 적합한 배지의 근권 온도의 설정이 필요함 (이한철, 2009)



[그림 2-136] 딸기 온실 근권난방

3.6.2. K-Plant 권역별 열원 설비 선정

(1) 열원설비 선정시 필요한 분석 요소

- 냉난방을 위한 열원설비의 결정은 매우 중요하기 때문에 매우 신중해야 한다. 그 지역의 기후, 지리적 여건, 정부의 에너지 정책 및 에너지원의 가격, 그리고 현지 인적 자원(기술수준) 등을 고려하여 결정해야 한다. 아무리 경제성이 좋은 열원설비라도 환경오염 및 관리 위험성 등의 이유로 정부의 정책에 부합되지 않는다면 적용할 수 없다. 또한 현지 인적자원의 기술력으로 유지관리를 할 수 없다면 이 또한 적용이 어려울 것임

[표 2-87] 열원설비 선정에 필요한 분석 요소

분석 요소	내 용	비 고
기후 조건	냉난방 부하	
	공기열원 히트펌프 적용	
지리적 조건	지하수, 하천수, 해수 적용	
에너지원 공급 인프라 에너지원 단가	가스, 석유, 전기 적용	
에너지 정책, 법적 규제	CO2 저감 정책 안전물관리 등의 법적 규제	
인적 자원	유지보수를 위한 기술력	

(2) 권역별 기후 및 에너지원 비교

- 위 표는 권역별 기후 및 자원 등을 비교한 것이다. 중동은 냉방에 공랭식 냉동기의 적용이 용이하고, 바다에 인접한 곳에서는 해수를 이용하는 것도 바람직하다. 또한 산유국들이 밀접한 곳으로 가스 및 오일에 의한 보일러, 흡수식 냉동기, 열병합 발전과 태양광의 적용도 검토 대상에 포함 되어야 할 것임
- 동남아는 연중 강수량이 많고, 지하수가 풍부한 것으로 알려져 있어 공기열원 및 수열원 히트펌프를 적용하는 것이 경제적인 것으로 판단된다. 또한 바다와 접해있는 지역에서는 해수를 이용하는 히트펌프 시스템 또한 검토되어야 할 것임
- 러시아 및 중앙아시아 국가는 가스 공급 인프라가 잘 발달되어 있고, 가스 요금이 저렴한 반면 전력 공급은 불안정한 상태이다. 이 지역은 전기식 히트펌프 보다는 가스를 열원으로 사용하는 가스보일러, 흡수식냉온수기, 열병합 발전 설비의 적용이 용이다. 대규모 온실에 적합한 열병합 발전의 경우 온실에 필요한 전력량을 기준으로 장비를 선정하고, 부족한 열부분은 보일러 등으로 대체함
- 동북아시아는 한국을 비롯해 일본, 중국, 몽골, 북한, 대만 등이 포함된 곳으로 광범위한 기후를 나타낸다. 일본남부 및 중국 남부의 경우 공기열 및 해수열 히트펌프의 적용이 용이할 것이며, 한국, 중국 북부, 몽골의 경우 동절기 상당한 추위가 예상되므로 공기열 히트펌프 보다는 수(지)열원 히트펌프 및 보일러의 적용이 검토 되어야 할 것임
- 냉방 설비는 설치비와 운전비가 가장 저렴한 Fan & Pad 방식과 Fog 방식은 기본적으로 포함되어 하며, 작물의 부가가치도에 따라 타 설비를 추가 병행 운영하여야 효과 및 비용적 측면에서 유리하다 할 수 있다. ASHP, WSHP 그리고 ABCH는 난방과 냉방을 모두 수행할 수 있는 것으로 난방이 불필요할 경우 냉방만 수행할 수 있는 장비를 구비할 수도 있다. 그리고 표 14는 외기온도 -15°C를 기준으로 작물별 냉방 및 난방에 소요되는 에너지소비량을 계상한 것이다. 운전비를 계산하기 위해서는 권역별 국가별 에너지 단가가 필요하며, 현지 적용시 현지의 에너지 단가 조사 후 표 15의 소비량에 곱하여 계산할 수 있음

[표 2-88] 권역별 기후 및 에너지원 비교

	국 가	기 후	자 원	비 고
중동	쿠웨이트, UAE, 카타르 (이라크, 시리아, 오만 등)	<ul style="list-style-type: none"> • 사막지대, 건조하고 무더움 • 일사량 강 	<ul style="list-style-type: none"> • 화석연료 풍부 	<ul style="list-style-type: none"> • 냉방 비중 큼
동남아	미얀마, 베트남 (라오스, 말레이시아, 태국 등)	<ul style="list-style-type: none"> • 열대, 아열대, 온대 기후 • 연중 강수량 많음 	<ul style="list-style-type: none"> • 지하수 풍부 	<ul style="list-style-type: none"> • 냉방 비중 큼
CIS	카자흐스탄	<ul style="list-style-type: none"> • 대륙성기후(건조) • 겨울 춥고, 여름 더움 	<ul style="list-style-type: none"> • 화석연료 풍부 	<ul style="list-style-type: none"> • 냉방 필요성이 커지고 있음
	우즈베키스탄	<ul style="list-style-type: none"> • 연중 온화, 건조 		
	투르크메니스탄	<ul style="list-style-type: none"> • 여름 덥고 건조, 겨울 춥고 건조 		
러시아	내륙	<ul style="list-style-type: none"> • 대륙성기후 • 한랭 	<ul style="list-style-type: none"> • 화석연료 풍부 	
	코카서스	<ul style="list-style-type: none"> • 해양성 기후 영향 		
동북아	몽골		<ul style="list-style-type: none"> • 건조하고 연교차 큼 • 겨울 아주 추움 	<ul style="list-style-type: none"> • 매우 다양한 기후 • 특정 열원설비 선정 곤란 • 현지 여건 조사 필수
	중국	동북	<ul style="list-style-type: none"> • 고산기후, 건조 기후 	
		남부	<ul style="list-style-type: none"> • 온난 	
		동부	<ul style="list-style-type: none"> • 해양성 기후 	
	일본	일본해측	<ul style="list-style-type: none"> • 무더위, 폭설 	
		중앙고지대	<ul style="list-style-type: none"> • 여름 서늘 	
		태평양측	<ul style="list-style-type: none"> • 온난건조, 여름 서늘 	
	한국	<ul style="list-style-type: none"> • 여름덥고, 비 많고, 겨울 춥고 건조 		

[표 2-89] 열원설비의 특성 비교

구분	Fan & Pad	Fog	ASHP	WSHP	Boiler	ABCH	CHP	비고
Cooling & Heating	Cooling	Cooling	Heating Cooling	Heating Cooling	Heating CO2	Heating Cooling CO2	발전 Heating CO2	
에너지원 (원리)	기화열	기화열	전기 공기열 이용	전기 수열원 이용	가스	가스	가스	
효율	난방	$\frac{(\text{외기건구온도} - \text{유입온도})}{(\text{외기건구온도} - \text{외기습구온도})} \times 100\%$		2.7~3.5	3.5~5.0	85~90%	90%	발전 30~35% 전체 50~55%
	냉방			2.5~3.0	4.0~5.0		1.1~1.2	
적용처	.모든 권역 적용 (가장 저렴) .건조지역 효과 큼 .동남아 우기 효과 감소		최저 외기온 -5°C 이상인곳	지하수, 해수 동남아, 중동	가스 러시아, CIS	가스 러시아, CIS	발전량 소비처 필요, 보광등 적용한 곳	
설치단가 (천원)	15/m ²	9/m ²	1,520/RT	1,900/RT	30/(Mcal/h)	170/RT	1500/kW	
. ASHP : Air Source Heat Pump . ABCH : Absorption Chiller-Heater . CHP : Combined Heat and Power Generation (Cogeneration)					. WSHP : Water Source Heat Pump . ABC : Absorption Chiller			

[표 2-90] 외기온 -15°C에서의 냉난방 부하에 따른 에너지 소비량 비교

구분	단위	ASHP				(G)WSHP				Boiler + Fog (Fan & Pad)				Absorption Chiller-Heater				Cogeneration System				비고				
에너지원 종류		전기				전기				LPG				LPG				LPG								
온실온도	°C	20	16	12	8	20	16	12	8	20	16	12	8	20	16	12	8									
난방부하	Mcal/h	1,650	1,550	1,170	1,070	1,650	1,550	1,170	1,070	1,650	1,550	1,170	1,070	1,650	1,550	1,170	1,070									
냉방부하	RT	550	510	390	350	550	510	390	350	550	510	390	350	550	510	390	350									
효율/ COP	난방	2.0 (X)				4.0				90%				90%												
	냉방	3.5				4.5								1.2												
순발열량	kcal/kg									11,060															LPG 발열량	
	kcal/kW	860																								
연소효율																		95%								
전 력 생산량	kW																	180	150	120	90	발전효율 35%				
에너지 소비량	난방	ton/yr									159	149	113	103	159	149	113	103	-29	-24	-19	-15	8h/day, 4개월			
		MWh/yr	933	876	661	605	460	433	327	299																
	냉방	ton/yr													90	83	63	57					8h/day, 3개월			
		MWh/yr	395	366	280	251	307	285	218	195																
	발전	ton/yr																	364	303	242	182				
	합계	kg/yr									159	149	113	103	249	232	176	160	364	303	242	182				
	MWh/yr	1,327	1,242	941	856	767	717	544	494									-1,555	-1,296	-1,037	-778					
운전비	난방	천원																								
	냉방	천원																								
	합계	천원																								
운전비 절 감	천원																					발전 전력요금				
시설비 (단가)	백만원	330	306	234	210	413	383	293	263	140	137	125	122	281	264	199	182	270	225	180	135					
	천원	600 /Mcal/h				750 /Mcal/h				30 /Mcal/h				냉방 90,000				170 /Mcal/h				1,500 / kW				

(3) 권역별 열원설비 선정

- 권역별 열원 선정에 있어서 기후 및 그 지역의 자원(에너지원)은 매우 중요한 인자이다. 냉방설비로는 기화냉각법(Fan & Pad 방식과 Fog 방식) 우선적으로 적용하여야 하며, 권역별 환경에 따라 공랭식, 수냉식 냉동기 및 흡수식 냉동기를 선택할 수 있다. 표 15는 권역별 냉방 및 난방의 열원설비를 우선순위로 선정한 것으로 권역별 냉난방 설비 선정시 참조의 자료로 활용할 수 있을 것임

[표 2-91] 권역별 열원설비 선정

구 분	Fan & Pad / Fog	Boiler	ABCH	ASHP (Chiller)	WSHP	CHP	비 고
중동	C1			C2	C3		• 해안가 해수열원 이용
동남아	C1			C2	C3		• 해안가 해수열원 이용 • 지하수, 우수 등 이용
CIS	C1	H1	C2 / H2	C3 / H3	C3 / H3	●	• 동절기 흐린날 많아 보광등 필요 → 보광등 적용시 CHP 적극 검토(매우 유리)
러시아	C1	H1	C2 / H2		C3 / H3	●	
동북아	C1	H1		C3 / H3	C2 / H2		• 외기온 -5°C이하 ASHP 적용 삼가

• C1, C2, C3 / H1, H2, H3 : 냉방 및 난방 적용 우선 순위

- 하기 표는 각 권역별 냉방 및 난방부하에 따른 에너지 소비량의 예를 든 것이다. 표 16, 17의 냉방설비 중 기화냉각방법은 다른 권역에서 냉방으로 모두 사용 가능한 것으로 지하수량이 풍부한 곳이면 적용이 가능하다. 표 18은 외기온도에 따른 냉난방 부하에 대하여 냉난방 열원설비의 효율, 에너지 소비량, 설치비 등을 나타낸 것으로, -25°C, -15°C지역은 WSHP를 적용이 적합하며, -5°C 이상의 지역에서는 ASHP를 적용하는 것이 보다 경제적임
- 러시아 등 안개 및 흐린 날이 많은 지역에서는 보광등을 필요로 함으로 보광등과 이에 사용되는 전력을 생산할 수 있는 CHP의 적용도 적극 검토되어야 한다. 보다 자세한 사항은 부록 B. 외기온별 냉난방 에너지 소비량 참조.

[표 2-92] 중동권역 냉방부하 및 냉방설비

구분	단 위	주간 냉 방		야 간 냉 방		비 고	
		F&P	Fog	ASHP	WSHP		
주간 냉방	주간외기온도	°C	40	40			
	주간온실온도	°C	34	34			
	주간냉방부하	kW	3,570	3,570	3,570	3,570	차광율 66%
	물소비량	kg/h	6,000	6,000			
시설비	(1ha)	백만원	150	90	2,485	3,416	
	(단가)	천원/m ²	15.0	9.0	696	957	
야간 냉방	야간외기온도	°C			30.0	30.0	
	야간온실온도	°C			20.0	20.0	
	야간냉방부하	kW			639	639	
	효 율				3.0	3.5	
에너지 소비량	에너지 소비량	kWh/yr			51,120	43,817	1일 8시간 3개월 기준
	시설비	(1ha)	백만원		444.7	611.5	
	(단가)	천원/kW			696	957	

* Fan&Pad : 대규모 적용공란, 기화냉각법은 지하수 또는 담수가 풍부한 지역에서 적용 가능

[표 2-93] 동남아 권역 냉방부하 및 냉방설비

구분	단 위	주간 냉방		야간냉방		비 고	
		F&P	Fog	ASHP	WSHP		
주간 냉방	주간 외기온도	℃	35	35			
	주간 온실온도	℃	30	30			
	주간 냉방부하	kW	3,454	3,454	3,454	3,454	차광율 66%
	물 소비량	kg/h	6,000	6,000			
	시설비	(1ha)	백만원	150	90	2,404	3,005
(단가)		천원/㎡	15.0	9.0	696	870	
야간 냉방	야간 외기온도	℃			27.5	27.5	
	야간 온실온도	℃			20.0	20.0	
	야간 냉방부하	kW			349	349	
	효율				3.0	3.5	
	에너지 소비량	kWh/yr			27,920	23,931	1일 8시간 3개월 기준
시설비	(1ha)	천원			242,904	303,630	
	(단가)	천원/kW			696	870	

* Fan&Pad : 대규모 적용공란, 기화냉각법은 지하수 또는 담수가 풍부한 지역에서 적용 가능

[표 2-94] CIS, 러시아와 동북아 권역에서 외기온에 따른 난방부하 및 냉난방설비

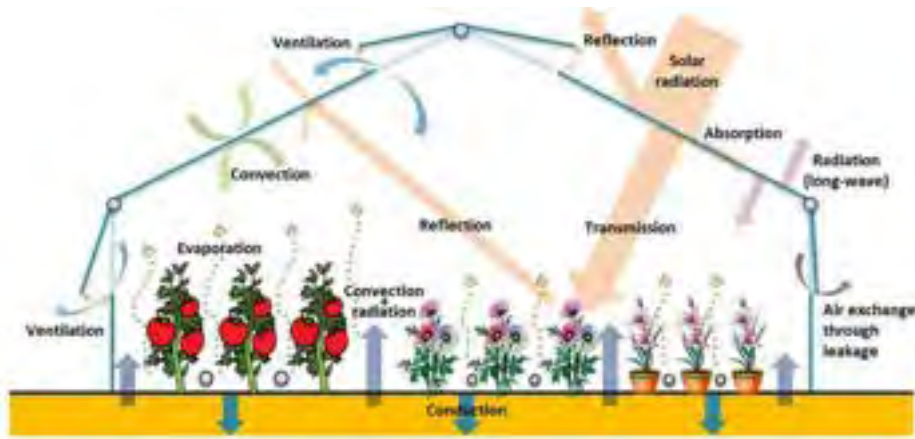
외기온 / 온실온도		단위	Boiler	ABCH	W(A)SHP	비고	
	에너지원		LPG	LPG	전 기		
-25 / 16	난방부하	MW		2,209			
	냉방부하	MW		2,209			
	효율	난방		90%	90%	4.0	
		냉방			1.2	4.5	
	에너지 소비량	난방	ton/yr	183	183		8h/day, 4개월
			MWh/yr			530	
		냉방	ton/yr		103		8h/day, 3개월
			MWh/yr			352	
	계	ton/yr	183	286			
		MWh/yr			882		
시설비	백만원	77	437	1,927			
(단가)	천원	35	198	872			
-15 / 16	난방부하	MW		1,802			
	냉방부하	MW		1,802			
	효율	난방		90%	90%	4.0	
		냉방			1.2	4.5	
	에너지 소비량	난방	ton/yr	149	149		8h/day, 4개월
			MWh/yr			433	
		냉방	ton/yr		83		8h/day, 3개월
			MWh/yr			285	
	계	ton/yr	149	232			

외기온 / 온실온도			단위	Boiler	ABCH	W(A)SHP	비고
			MWh/yr			717	
	시설비		백만원	63	356	1,572	
	(단가)		천원	35	198	872	
-5 / 16	난방부하		MW	1,128			
	냉방부하		MW	1,128			
	효율	난방		90%	90%	4.0	
		냉방			1.2	4.5	
	에너지 소비량	난방	ton/yr	94	94		8h/day, 4개월
			MWh/yr			433	
		냉방	ton/yr		52		8h/day, 3개월
			MWh/yr			179	
	계	ton/yr	94	146			
		MWh/yr			611		
시설비		백만원	39	223	984		
(단가)		천원	35	198	872		

3.6.3. 시뮬레이션을 이용한 온실의 에너지 성능 평가

(1) 에너지 성능평가 방법

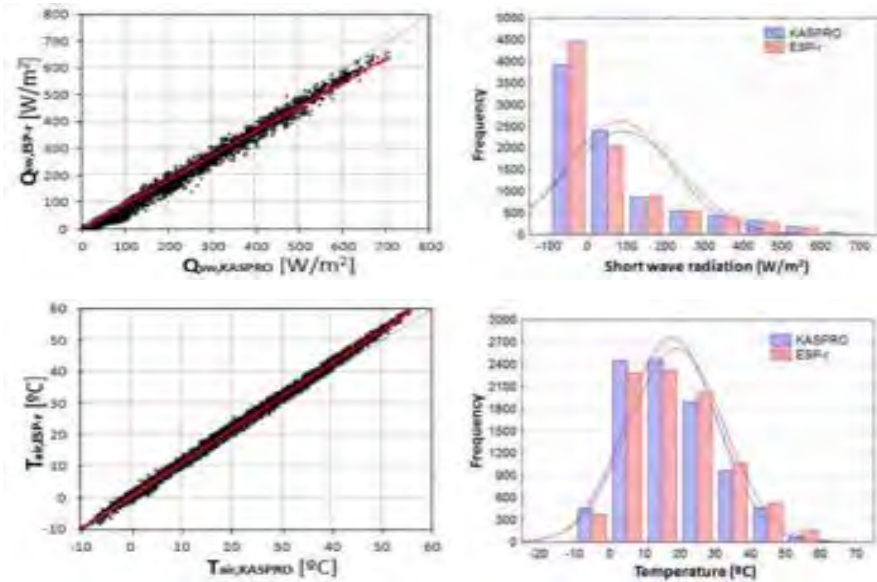
- 본 연구에서 중동지역 및 CIS 지역의 K-Plant 적용시 에너지 성능을 평가하기 위해 시뮬레이션을 이용한 방법을 사용하였음



[그림 2-137] 유리온실에서 발생하는 열의 이동 메커니즘

- 온실의 최대부하 및 연간 에너지 소요량을 정확히 산정하기 위해서 온실의 열이동 메커니즘을 정밀히 계산하고 실제 운영방법을 정확히 모사해야 함
- 따라서, 본 연구는 온실의 운영방법에 따른 열적거동을 정확히 예측하여, 최대부하 및 연간 에너지소요량을 정확히 산정할 수 있는 정밀에너지 시뮬레이션 해석도구인 ESP-r을 사용하였음
- ESP-r은 본래 유럽에서 건물 성능평가를 위해 개발된 통합 해석 프로그램으로 열평형방정식에 의한 유한체적법 기반의 정밀 해석도구임
- 본 연구에서 온실에너지 해석을 목적으로 사용한 ESP-r은 온실의 운영방법을 정밀하게 모사할 수 있도록 코드수정을 통해 개발되었음

- 개발된 ESP-r에 대한 온실해석 유효성을 입증하기 위해 미국냉동공조학회인 ASHRAE에서 제안한 inter-model comparison 방법에 의해 네덜란드 와게닝겐연구센터에서 개발한 정밀온실해석 도구인 KASPRO와 성능예측 비교평가를 수행하였음
- KASPRO는 1997년 처음 개발된 이후 다양한 현장데이터와의 유효성 검증을 통해 온실해석에 대한 결과의 유효성이 입증된 상태임
- 성능비교는 동일한 온실모델에 대해 온실내 공기온도 및 일사량 예측결과를 중심으로 수행되었음
- 연간 시간별 공기온도 및 일사량 예측 결과는 다음 그림 및 표에 나타난 바와 같으며, 온실온도의 오차는 RMSE 10.2%, 일사량의 오차는 RMSE 21.8%로 나타났음
- 따라서 온실에너지해석에 수용가능한 오차로 간주하고 온실해석용으로 개발된 ESP-r을 이용해 최대부하 및 연간 에너지소요량을 산정하였음



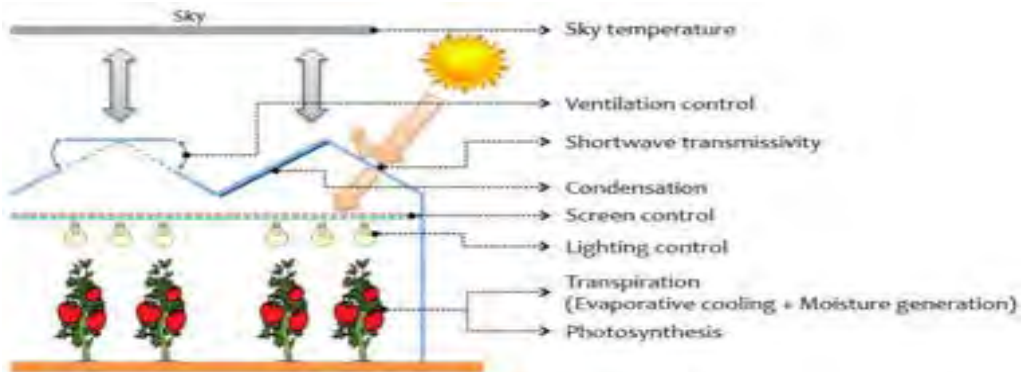
[그림 2-138] 온실내 공기온도 및 일사량 비교결과

[표 2-95] ESP-r과 KASPRO의 오차분석결과

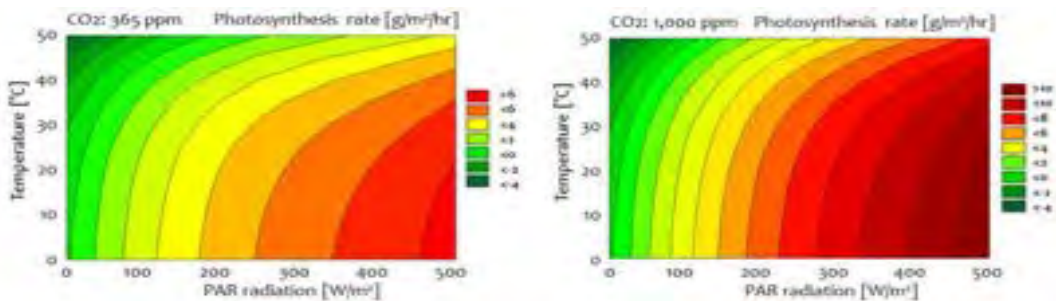
	MBE	RMSE(%)
온실 온도	1.4	10.2
온실 일사량	10.39	21.8

- 온실의 성능해석을 위해 개발된 ESP-r은 기존 건물에너지 해석도구와 비교해 온실운영방법별 다음과 같은 기능들을 적용해 정밀해석이 가능함
 - 천공온도 : 지붕면적이 큰 온실의 에너지성능은 천공복사온도에 따라 크게 달라짐. 따라서 운량을 고려해 천공복사온도를 보다 정확히 예측.
 - 환기제어 : 온실의 상황별 다양한 환기제어를 수행 가능(설정온도, 습도, 광포화점)
 - 단파투과율 : 벤로타입 유리온실의 투과율을 방위 및 태양고도별로 정확히 해석가능하도록 실측데이터 결과값을 적용하였음.
 - 결로 : 온실의 표면결로에 따라 달라지는 온실 수증기압(습도)을 계산
 - 스크린제어 : 다양한 옵션별(온도, 일사량, 광포화점) 온실제어 가능
 - 조명제어 : 보광등의 옵션별(스케줄, 광포화점) 제어 가능

- 증산작용 : 온실제어 및 에너지소비량 측면에서 매우 중요한 작물에서 발생하는 습기 계산
- 광합성량: PAR, CO₂ 농도, 온도에 따라 달라지는 작물의 광합성량을 계산할 수 있으며, 계산된 광합성량을 중심으로 작물생산량을 예측할 수 있음

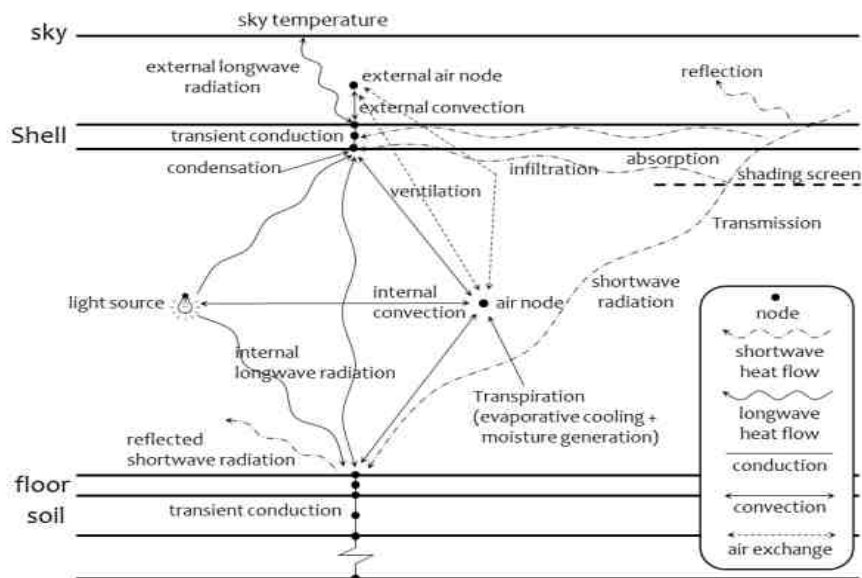


[그림 2-139] 온실해석을 위해 추가 개발된 ESP-r 의 기능



[그림 2-140] ESP-r에 추가된 광합성 모델

- 위와 같이 추가된 기능을 중심으로 개발된 ESP-r은 다음 그림과 같이 운영방법별 온실에서 발생하는 열이동의 메커니즘을 정확히 모사할 수 있음



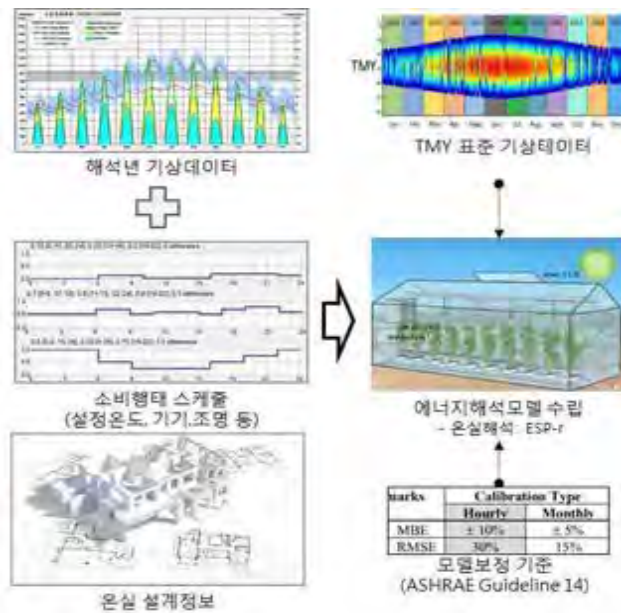
[그림 2-141] 온실용 ESP-r의 열이동 메커니즘 해석방법

- 시뮬레이션 모델을 이용한 에너지해석방법은 모델을 만드는 엔지니어의 이해도 및 전문성에 따라 달라짐. 또한 전문가 임에도 불구하고 사소한 실수로 해석결과가 크게 달라질 수 있음. 따라서 본 연구는 에너지해석모델의 신뢰성을 확보하기 위해 기존 운영되는 온실을 모사하는 에너지해석모델을 만든 후 이를 기준에 맞도록 보정하여 사용하였음
- 시뮬레이션 해석모델의 보정은 미국냉동공조학회의 ASHRAE guideline 14를 기준으로 수행되었음

[표 2-96] 시뮬레이션 해석모델의 다양한 보정기준

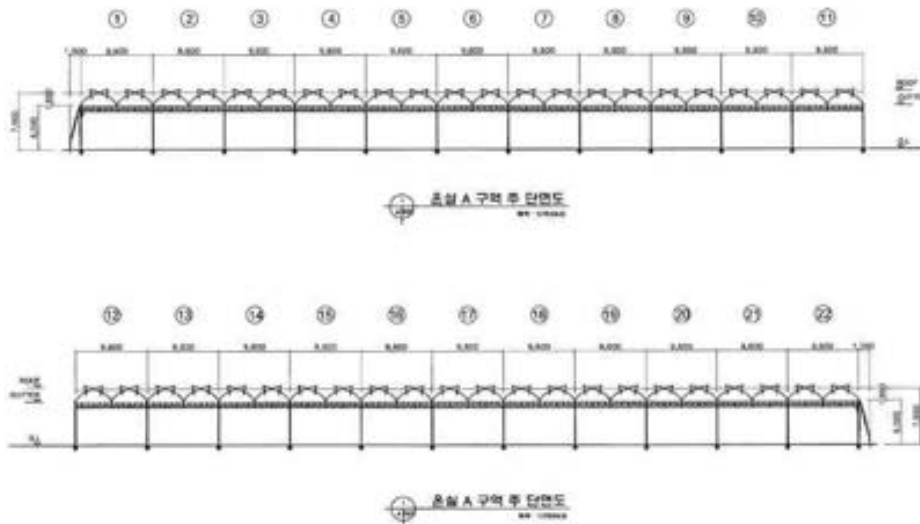
Calibration benchmarks		Calibration type	
		Hourly	Monthly
ASHRAE 14	MBE	±10%	±5%
	RMSE	30%	15%
IPMVP	MBE	-	±20%
	RMSE	10~20%	-
FEMP	MBE	±10%	±5%
	RMSE	30%	15%

- 시뮬레이션 해석모델의 보정 및 수립방법은 다음과 같음
 - 특정년에 대한 실제 온실의 구조체정보, 설치기기의 용량 및 운영방법, 실제 에너지소비량, 외부 기상데이터등 을 방문 및 인터뷰를 통해 수집
 - 수집된 데이터를 에너지시뮬레이션 입력값에 적합하도록 가공(기상데이터 등)
 - 가공된 데이터를 중심으로 에너지해석모델을 수립
 - 실제 에너지소비량과 시뮬레이션 예측치와의 오차비교를 통해 입력값 확인 및 보정
 - 예측 오차가 기준치(ASHRAE guideline 14)에 적합한지 확인 후 해석모델 수립 완료
- 위와 같은 절차로 수립된 온실 에너지해석모델에 대해 기상데이터와 당진 대호간척지에 건설될 온실의 구조체 정보 및 운영정보를 변경 입력하여 100ha 온실의 재배작물별 최대부하 및 연간 에너지소요량을 계산하였음



[그림 2-142] 온실 에너지해석모델 수립방법

- 위와 같은 절차로 실제 운영중인 선도농가 A(2ha)의 운영데이터를 제공받아 정확한 에너지해석모델을 수립하였음. 2017 9월 ~2018년 8월까지 약 1년간의 파프리카 온실에 대해 기상정보 및 운영방법, 실제 에너지소비량 등을 제공받아 에너지해석모델을 수립하였으며, 보정결과 해석모델의 RMSE가 73%, MBE가 56%로 나타났음.
- ASHRAE guideline 14의 월별 보정기준인 MBE $\pm 5\%$ 와 RMSE 15%는 매우 엄격한 기준이며, 이를 만족시키기 위해서 많은 시간과 노력이 필요함. 본 연구의 제안된 시간상 ASHRAE 기준을 만족시켜 과업을 수행하기 어려워 현 수준에서의 보정된 해석모델을 중심으로 과업을 수행하였음



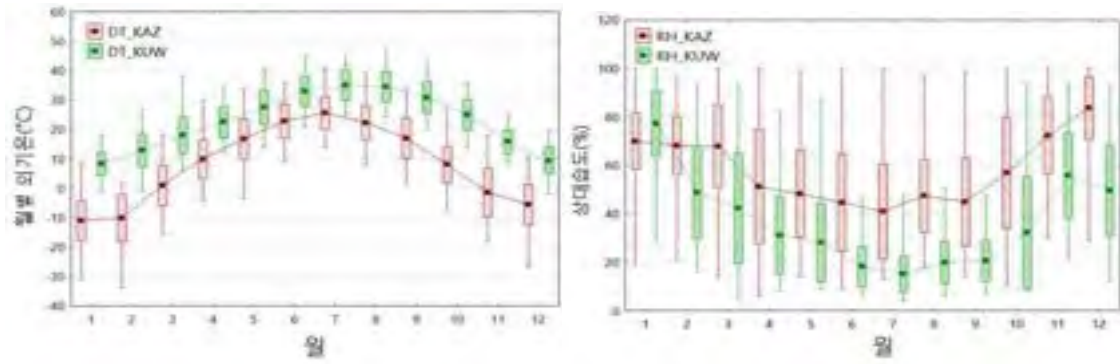
[그림 2-143] 해석대상 온실의 형상 및 구조체 정보



[그림 2-144] 시뮬레이션 해석모델 보정결과

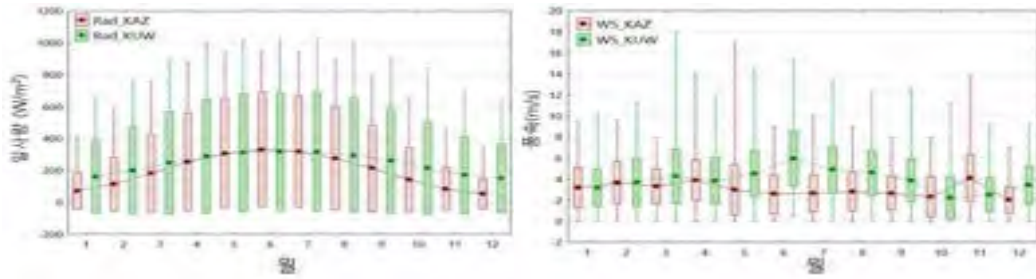
(2) 표준기상데이터 분석

- 본 연구는 중동의 쿠웨이트(쿠웨이트시티)와 CIS 지역의 카자흐스탄(알마티)을 중심으로 TMY 표준기상데이터(Climete.OneBuilding.Org)를 이용해 에너지소비량을 분석하였음
- TMY 기상데이터 분석결과 대륙성기후의 카자흐스탄은 사막형 기후의 쿠웨이트보다 월평균기온이 5°C(여름) ~ 10°C(겨울) 낮게 나타났으며, 밤낮의 온도차가 크게 나타났음. 반면, 상대습도는 카자흐스탄의 상대습도가 1월을 제외하고 쿠웨이트보다 20% 이상 높게 나타났음



[그림 2-145] 카자흐스탄(KAZ)과 쿠웨이트(KUW)의 월별 외기온(좌) 및 상대습도(우)

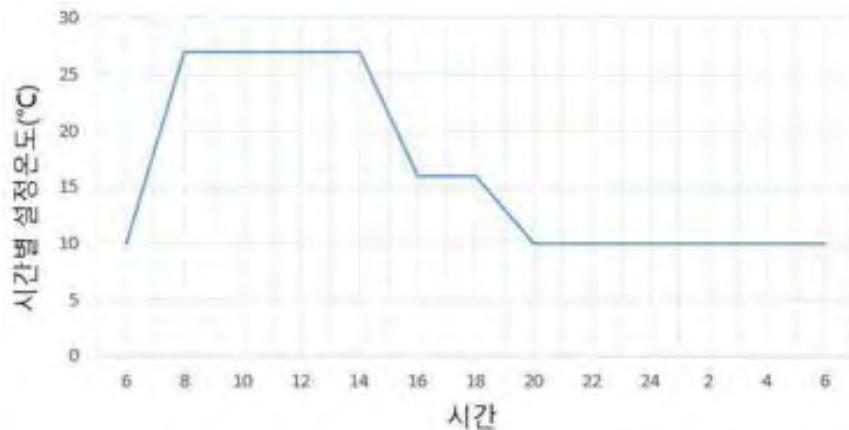
- 월별 평균 일사량은 카자흐스탄의 위도가 높음에도 불구하고 쿠웨이트와 비슷한 일사량 분포를 보였음. 겨울철 풍속의 분포는 비슷하나 여름철 쿠웨이트의 풍속이 더 높게 나타났음



[그림 2-146] 카자흐스탄(KAZ)과 쿠웨이트(KUW)의 월별 일사량(좌) 및 기류속도(우)

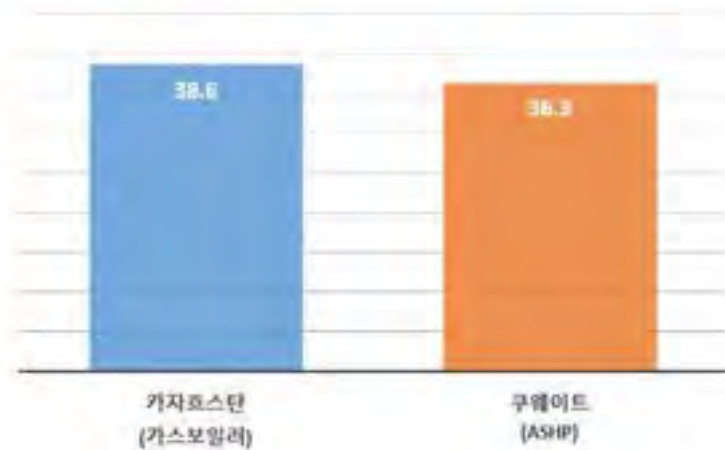
(3) 시뮬레이션 모델을 이용한 에너지소비량 평가 결과

- 보정된 에너지해석모델과 (2)의 TMY 데이터를 이용해 K=Plant의 에너지성능을 분석하였음. 시뮬레이션을 이용한 모델의 해석대상은 토마토를 선정하였으며, 토마토의 시간별 설정온도는 다음과 같음
- 시뮬레이션 시 차광막(50% 일사투과율)의 가동 조건은 실내온도가 외기온보다 높거나 유입되는 일사량이 $300\text{W}/\text{m}^2$ 이상일 경우 가동하는 것으로 가정하였음



[그림 2-147] 토마토온실의 시간별 설정온도

- 온실의 설정온도는 연간 동일한 것으로 가정하였으며, 환기창은 실내온도가 외기온보다 높거나 습도가 80%이상일 경우 가동하는 것으로 가정하였음
- 냉난방방식은 카자흐스탄은 여름철 냉방없이 겨울철 난방기로서 보일러($\eta=0.9$)를 사용하는 것으로 가정하였으며, 쿠웨이트는 공기열히트펌프(ASHP)를 사용하는 것을 가정하였음
- 시뮬레이션 결과 K-Plant 토마토온실의 카자흐스탄 적용시 최대 난방부하는 1.5Gcal/hr/ha로 나타났으며, 따라서 가스보일러 용량은 약 1.66Gcal/hr/ha로 나타났음. 연간에너지 소비량은 38.6Gcal/ha로 나타났음
- K-Plant 토마토온실의 쿠웨이트 적용 최대 냉방부하는 3.3Gcal/hr/ha로 나타났으며, ASHP(냉방COP=4, 난방COP=4.5)의 용량은 약 0.7Gcal/hr/ha로 나타났음. 냉난방을 고려한 연간에너지 소비량은 36.3Gcal/ha로 나타났음



[그림 2-148] 국가 및 냉난방기기별 K-Plant의 에너지소비량(Gcal/hr)

3.6.4. K-Plant 검증을 위한 테스트 베드 운영

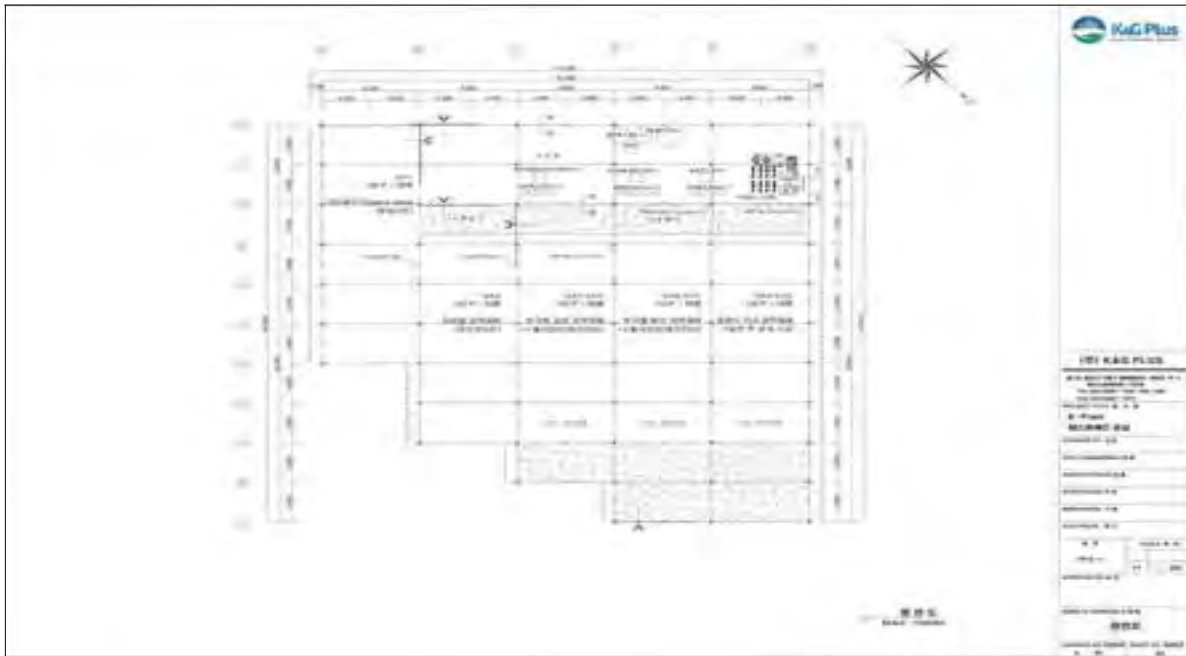
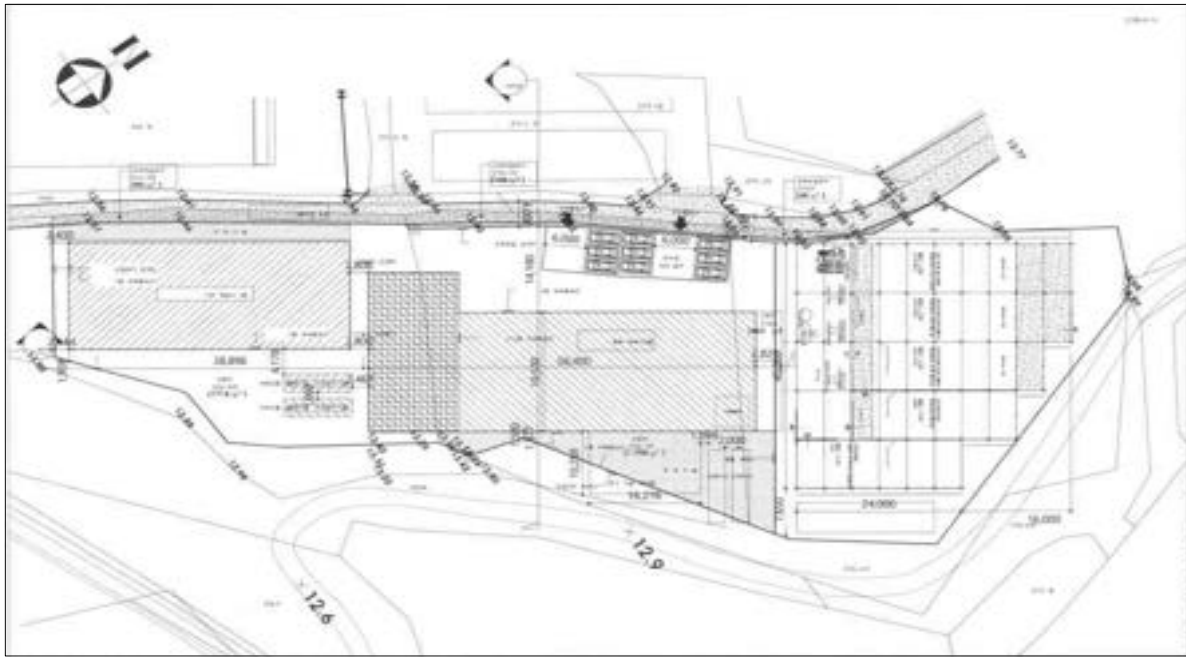
- K-Plant 테스트 베드의 필요성
 - 수출연구사업단에서 개발한 K-Plant 온실 모형 생산성 및 성능효율 분석
 - K-Plant 온실 모형의 물, 양액, 에너지 절감 효율, 생산성 분석
 - i-FDSS 서비스 프로그램 등 각 연구기관 요소기술 성능 검증
- K-Plant 테스트 베드 구축 계획
 - 위 치 : (주)Farm8(미래원), 평택시 진위면 하북리 276전
 - 면 적 : 418평, 1,376m²
 - 설치기간 : 2019.10.01. ~ 2020.01.15.
(설계) 2019.10.01 ~ 2019.11.19, (공사) 2019.11.20. ~ 2020.01.15.)
 - K-Plant 스마트팜 온실 모형 및 장비
 - K-Plant 스마트팜 온실 모형은 수출연구사업단에서 구상 제시
 - 포스코에서 아주강재를 통하여 포스맥 철강 지원(420평 MOU 근거)
 - 복합환경제어장치는 (주)KT, 양액재이용장치는 (주)청오엔지니어링에서 제공
 - i-FDSS 서비스 시스템은 (주)세슬프라이머스에서 제공
 - 펌프일체형지열시스템은 (주)지엔지테크놀러지에서 제공
 - 설치비용 : 연구진 제공 장비 이외의 부대장비, 설계 시공비용은 (주)Farm8에서 부담

- 운영관리 : (주)Farm8
- 참여기관(9개 기관) : 농어촌연구원, (주)Farm8, (주)아주강제, (주)청오엔지니어링, (주)조인트리, (주)지엔지테크놀러지, (주)씨슬프라이머스, (주)KT, (주)로보게이트

유형	K-Plant 모델 구성 내역
보급형 모델	포스맥 경량철골온실, 복합환경제어장비, i-FDSS 서비스 시스템 양액재이용시스템, 펌프일체형 지열시스템으로 구성
지능형 모델	보급형 모델 + WEF base i-FDSS 서비스 시스템 + ICT 기반 자율물관리시스템 + K-Plant 통합관제시스템

□ 참여기관별 적용기술/성능목표/역할

참여기관	적용기술	성능 목표	역할
농어촌연구원	K-Plant 모형 구상	물 30% 절감 에너지 10% 절감	모형제공, 시스템 통합 성능검증 종합
(주)Farm8 (구미래원)	자동화 육묘장 작물재배 기술	재배 및 운영 능력 보유	온실부지 무상 제공 온실 설계, 시공, 운영
(주)아주강제	포스맥 온실 강재	내구성, 내식성, 강도	포스맥 철강 및 기술지원 (470평)
(주)청오 엔지니어링	청오복합환경시스템 양액재이용장치 온실 개폐기	생산성 양액투입량절감	제공: 양액기, 온실 개폐기, 제어 반
(주)지엔지 테크놀러지	단일순환펌프형지열시스템 (지오썸하이브리드)	COP 성능 검증 에너지 절감 비용	시제품 제공
(주)씨슬 프라이머스	i-FDSS 서비스시스템	WEF 연계 기술 및 생산성 검증	시제품 제공
(주)KT	스마트팜 에코솔루션 글로벌 GAP인증업	국제기준 시스템	복합환경제어장비 시제품 제공
(주)로보게이트	재배공정자동화장치	노동력 절감 30%	시제품 제공
(주)조인트리 (나래트랜드)	K-Plant 통합관제시스템 ICT기반 물관리시스템	통합관제시스템 온실물공급자동화	시스템 개발 데이터 분석



□ K-Plant 테스트 베드 운영 계획

○ 온실 면적 : 418평, 1,376㎡

블록	작물	면적
1	토마토 (완숙, 방울)	175평(576㎡)
2	허브	58평(192㎡)
3	엽채류	58평(192㎡)
4	기계실 및 창고	127평(416㎡)
합계		418평(1,376㎡)

- 작물재배 : (주)Farm8 재배 인력 활용하여 재배
 - 작물재배는 (주)Farm8에서 전문인력 채용하여 배치
 - 재배수익은 (주)Farm8에서 시설물 운영비로 활용
- 요소기술 성능시험 : 수출연구사업단이 총괄하고 각 연구기관별로 실시
- 시설물 관리 : (주)Farm8에서 관리인원 배치

○ 구획 구분 : 총 3구획

① 1구획: 토마토 재배(양액재배, 배지경-암면, 1줄기 재배)

- 양액재배: 양액을 비순환식으로 관리하다가 전담 재배사가 재배 노하우 및 기술이 체득되면 순환식 양액재배 실시
- 고설베드 설치 후 재배(그림)
- 배지경 : 암면셀(육묘) - 암면큐브(이식) - 코코피트 슬라브(정식)
- 1줄기 유인 재배(그림)



[그림 2-149] 고설벤치를 활용한 토마토 1줄기 유인 재배

② 2구획: 샐러드 채소

- 순환식 양액재배
- 고설베드 설치 후 재배(그림)
- 순수수경 - NFT방식(베드 형태 - 거터; 그림)
- 순환식 양액재배 전용 양액공급기(제어기) 설치



[그림 2-150] 거터방식으로 재배 중인 상추

③ 3구획: 허브 및 특용 작물

- 분화재배(그림)
- 강망베드 이용

- 분화재배 - 고품비료(퇴비)사용 + 원수 두상관수
- 재배 중 필요 시 점적관수 시스템 설치(관비재배)



[그림 2-151] 강망베드를 활용한 분화재배

□ 재배 계획 : 구획별로 계획 수립

① 1구획(토마토 재배) 겨울 재배 실시

- 총 재배 기간(예정) : 2020년 7월 ~ 2021년 6월
- 육묘 기간 : 2020년 7월 ~ 동년 8월
 - 파종 ~ 파종 후 16일 : 육묘(육묘용 식물공장 활용), 암면셀 활용
 - 파종 후 17일 ~ 파종 후 30일 : 이식 후 재배(온실 활용), 암면큐브에 묘 이식
 - 육묘용 식물공장에서 테스트 후 가능할 경우 육묘와 이식 후 재배 전 과정을 이식 과정 없이 육묘용 식물공장에서 재배하도록 기술 확립 진행 예정
- 정식 : 파종 후 30~35일
 - 암면큐브에 이식 후 재배한 묘를 코코피트 슬라브에 정식
 - 육묘용 식물공장에서 육묘된 묘를 바로 정식할 수 있도록 기술 수립
- 첫 수확 : 2020년 10~11월로 예상
- 매주 수확 및 유인, 적엽 작업 실시
- 팜에이트에서 운영 중인 파프리카 온실 담당자를 재배 전문가로 활용
- 재배 환경 관리 및 양액 관리는 전담 재배사가 수행하고, 재배 전문가로부터 코칭을 받음
- (주)KT의 환경제어시스템 및 (주)청호엔지니어링의 양액재활용시스템 실증 테스트 실시
- 배지 내 양액 관리 시스템 실증 테스트 예정

② 2구획(샐러드 채소 재배)

- 재배 개시: 2020년 4월 예정
- 매주 파종, 정식, 수확 각 1회 실시 - 포기 수확 실시
 - 실재배면적에 따른 정식 주수 및 총 재배기간 파악 후 매주 파종량 설정
- 품종 : 첫 재배 시 다양한 품종 재배 후 적정 품목 선별 진행
- 육묘 : 육묘용 식물공장에서 실시(육묘기간 파종 ~ 파종 후 20일)
 - 적정 지지물 선발 필요(최초 우레탄 스펀지 활용 예정)
- 정식 후 재배 : 최대 60일
 - 포기당 150g 도달 시 수확; 품종별 재배 일수 확보 필요
- 친환경재배 실시; 필요시 작물보호제 살포

- 지열냉난방 시스템을 활용하여 한여름 냉방을 통한 샐러드채소 재배 가능성 파악
- 씨슬프라이머스의 환경제어시스템 실증 테스트 실시
- ㈜로보게이트의 재배공정자동화장치 실증 테스트 실시

③ 3구획(허브 및 특용작물 재배)

- 재배 개시: 2020년 4월
- 1회 파종 및 정식 실시 후 연속 수확 실시
 - 최대 재배 기간 확보
 - 추비 시기 확보
- 품종 : 팜에이트(주)에서 구매되어 사용되는 품목으로 선정
 - 소량 구매되는 품목 위주로 선정
- 육묘 : 육묘용 식물공장에서 실시(육묘기간 파종 ~ 파종 후 40일)
 - 공정육묘 트레이 및 상토 활용
 - 육묘 기간 동안에는 양액재배 실시
- 정식 후 재배 : 최대 1년
 - 1년 이후에는 분갈이 또는 식물체 갱신 실시
- 친환경재배 실시; 필요시 작물보호제 살포
- 지열냉난방 시스템을 활용하여 한여름 냉방을 통한 허브 및 특용작물 재배 가능성 파악

□ 참여 기관별 K-Plant 구축 내용

설치시설 및 공사 항목		사업단	Farm8	비고
구상 설계	K-Plant 기본구상	○		농어촌연구원
	K-Plant 설계 및 시방서	○		K&G Plus
기반 시설	지반 정지공사		○	
	기초공사		○	
온실 건축	골조강재(포스맥)	○		아주강재
	온실피복재(PO 필름)		○	
	물받이		○	
	골조공사		○	
일사 조절 시스템	2중 알루미늄 스크린 및 구동장치	○		청오엔지니어링
	스크린 및 구동장치 설치	○		청오엔지니어링
	보광등		○	
환기 시설	환기창 개폐 구동장치	○		청오엔지니어링
	환기창 개폐 및 구동장치 설치		○	
환경 관리 시스템	온실 통합관제 시스템	○		조인트리
	온실 통합관제 시스템 설치		○	
	복합환경제어 시스템	○		KT,씨슬
	복합환경제어시스템 설치	○		KT,씨슬
	WEF base i-FDSS 시스템	○		씨슬프라이머스
	서버,CCTV,센서	○		KT,씨슬,지앤지,조인트리

설치시설 및 공사 항목		사업단	Farm8	비고
관수 시설	스마트 자동관수 시스템	○		청오엔지니어링
	스마트 자동관수 시스템 설치	○		청오엔지니어링
	폐양액재이용시스템(플라즈마살균)	○		청오엔지니어링
	폐양액재이용 시스템 설치	○		청오엔지니어링
	정수장치(담수화시스템)		○	
	정수장치 설치		○	
냉난방 시스템	지열 냉난방기		○	지앤지테크놀러지
	지열 시스템 설치		○	지앤지테크놀러지
	실내기		○	
	실내기 설치		○	
	보조 보일러		○	
	보조 보일러 설치		○	
	방열기(Tube rail)		○	
	방열기 설치		○	
	지중열 교환기		○	지앤지테크놀러지
지중열 교환기 설치(천공)		○	지앤지테크놀러지	
재배 시설	수경(행잉, 베지, NFT)		○	
	수경(행잉, 베지, NFT) 설치		○	
자동화 시설	온실 자동화 시설	○		로보게이트
	온실 자동화 시설 설치	○		로보게이트
전기	전기시설 및 공사		○	
기타 시설 및 설치공사 일체			○	협력기관, Farm8

□ 테스트 베드 공사 현황

□ 10월 30일(-30D) : 기둥 기초 및 기둥보 구축	□ 11월 18일(-12D) : 기계실 및 수확통로 콘크리트 타설 완료
	
□ 12월 3일(+3D) : 구조재 반입 및 기둥 세우기 준비	□ 12월 5일(+5D) : 기둥 세우기 및 트러스 고정 준비
	

□ 12월 9일(+9D) : 기둥 세우기 및 트러스 고정 완료



□ 12월 11일(+11D) : 지붕 구조재 설치 중



□ 12월 16일(+16D) : 사이기둥, 가로대, 물받이 설치



□ 12월 27일(+27D) : 전면 비닐 피복 실시



□ 12월 30일(+30D) : 지붕 및 전.후명 피복, 양액공급기 설치



□ 1월 9일(+40D) : 내외부 피복, 수직.수평 커튼, 제어반 설치 완료. 허브온실 강망 벤치 설치



□ 테스트베드 온실 내부(기계실)



□ 테스트베드 온실 내부(토마토 재배실)



□ 테스트베드 온실 내부(토마토 재배실)	□ 테스트베드 온실 내부(허브 및 특용작물 재배실)
	

□ 1월 13일(+44D) : 온실 공사 완료



3.6.5. K-Plant 수출 모형 경제성 분석

가. 분석 전제조건

□ 분석적용 가격

- 본 사업은 한국형 스마트 팜 K-Plant 수출모형을 보급하는 사업으로서 분석에 필요한 농산물가격은 수출지역의 내수용은 현지가격을, 수출용은 국제가격을 적용하여야 하고 생산비와 사업비, 유지관리비도 현지가격을 적용하여야 하나, 현재 사업의 검토단계로 사업비도 국내사업비를 기준으로 산출되었기 때문에 위의 사항은 사업의 타당성조사(FS)단계에서 적용해야 할 것이며 본 분석에서는 1ha를 기준으로 재무분석을 하였음.
- 편익계측에 필요한 가격은 지역별 농축산물소득자료집(농촌진흥청)의 농산물가격과 생산비품목 가격을 불변가격으로 환산하고 농산물 가격은 농가판매가격 지수를, 생산비품목 가격은 농가구입가격 지수를 적용하여 산출된 5개년 평균가격 사용하였음.
- 비용계측에 필요한 공사비는 전액, 사업비용으로 산정하였고 유지관리비는 매년 소요되는 금액을 전액, 비용으로 산정하였음.

□ 사업 분석기간(Project Life)

- 농업부문투자사업의 사업 분석기간은 사업의 주된 시설물의 경제적내용년수를 기준으로 하는데 경제적 내용연수(Economic Life)는 유리온실, PET온실은 20년, 비닐온실은 10년(농촌진흥청, 농업과학기술 경제성분석기준자료집.2 018.10)을 사업 분석기간으로 하였음.

□ 할인율 (Discount Rate)

- 할인율은 사업에 있어서 투자에 수반되어 회임기간 중에 발생하는 비용과 편익을 현재가치로 환산하는 중요한 변수이므로 할인율은 자본의 기회비용(Opportunity Cost)으로부터 도출하는 것이 일반적인데 본 분석에서는 기획재정부의『예비타당성조사 수행 총괄지침(2017.9)』에 따른 4.5%를 기준수익율(Cut Of Rate)로 적용하였음

나. 비용 추정

□ 투자 사업비

- 한국형 스마트 팜 K-Plant 수출모형의 설비 사업비는 철골공사, 금속, 알미늄 및 피복, 천장개폐, 방충망시설, 보온/차광시설, 전기공사, 난방공사(온실내부), 재배시설, 양액시설, 환경제어, CO2공급, 부대시설, 기타사업비로 구성되어 있으며 수출지역 및 온실구조에 따라 사업비의 차이가 있음.
- 수출지역인 중동지역과 중앙아시아지역은 스마트팜 설치시에 설비비용에 대하여 정부보조가 있으므로 본 분석에서는 사업비 중에서 중동지역은 40%(쿠웨이트)의 정부보조를 제외한 금액을 사업비로 계상하였음.

[표 2-97] 중동지역 사업비

(단위: 천원, 1ha)

공정	유리온실	비닐온실(PET)	보급형 비닐온실
철골공사	245,000	245,000	147,050
금속, 알미늄 및 피복	420,000	350,000	40,125
보온/차광시설	170,412	170,412	39,533
난방공사/온실내부	258,120	258,120	43,020
재배시설	194,800	194,800	194,800
양액시설	17,000	17,000	17,000
환경제어	25,000	25,000	25,000
부대시설	198,940	198,940	198,940
기타	424,300	237,900	215,682
계	1,953,572 (1,172,143)	1,697,172 (1,018,303)	921,150 (552,690)

□ 유지관리비(O & M Cost)

- 유지관리비는 시설물의 원활한 기능유지를 위하여 투자되는 비용으로서 시설물 내용년수까지 발생되는데 본 사업의 유지관리비는 유리온실을 기준으로 유리온실 사업비의 0.5%(예비타당성조사, KDI)를 유지관리비로 산정하고 이와 같은 유지관리비는 사업완공년도 이후부터 적용하였음.

□ 기타비용

- 시설물 대체비용 : 본 사업으로 설치되는 시설물은 시설물의 내용년수까지 감가상각비가 유지관리비에 계상되지 않는 시설물로서 설치금액이 크거나 중요시설의 교체 시설물이 없으므로 본 분석에서는 고려하지 않았음.
- 시설물의 잔존가치 : 본 사업으로 설치되는 시설물은 내용년수 도달 시 교체되는 시설물의 잔존가치가 사업평가에 영향을 줄만큼 크지 않으므로 본 분석에서는 고려하지 않았음.

다. 수익 추정

- 본 사업을 시행함으로써 발생하는 수익은 작물별 생산량에 의한 농산물 판매수익에서 경영비를 제외한 소득으로 산정하였음.

□ 작부체계

- 본 사업의 작부체계는 ①현재 국내 하우스작물의 재배비율과 ②수출지역의 수요 및 작물 선호도 ③중동지역의 수출동향 ④향후 소비 및 수출전망 등을 고려하여 작부체계를 계획하였음.
- 작물별 식부면적은 파프리카 40%, 딸기 30%, 토마토 30%가 재배되는 것으로 작부체계를 계획하였는데 작부체계는 사업시행전 수출지역의 영농현황을 조사하여 수립하는 것이 바람직함

[표 2-98] 작부체계

작부체계			비 고
작 물	비율(%)	면적(ha)	
파프리카	40.0	0.4	
딸기	30.0	0.3	
토마토	30.0	0.3	
계	100.0	1.0	

□ 농산물 생산량 (국내 기준)

- 스마트팜에서 재배하는 농산물의 생산량은 기존의 시설하우스에서 재배하는 작물의 생산량보다 증산된다. 본 분석에서는 농촌진흥청 농축산물소득자료집의 평균 생산량을 기준으로 하여 여기에 스마트팜 선도농가의 사례(농림축산식품부. 스마트팜 선도농가 사례. 2017.11)의 작물별 생산증가율을 더하여 생산량으로 재산정하여 분석하였음.

[표 2-99] 작물별 생산량-1

(단위: kg)

작물 명	면적	ha당		총생산량		증가율(%)	
		유리온실 비닐온실	보급형 비닐온실	유리온실 비닐온실	보급형 비닐온실	유리온실 비닐온실	보급형 비닐온실
파프리카	0.4	143,180	139,755	57,272	55,902	8.7	6.1
딸기	0.3	46,412	42,831	13,924	12,849	31.3	24.4
토마토	0.3	168,080	151,888	50,424	45,566	42.7	33.2
계	1.0			121,620	114,317		

주 : 보급형 비닐온실의 생산량은 유리온실 생산량 증가율의 70%를 적용함.

□ 사업수익 추정

- 본 사업의 수익은 작물별 생산량에 따른 판매소득으로서 유리온실 및 비닐온실의 연간 사업수익은 138,845천원/ha, 보급형 비닐온실의 연간 사업수익은 120,187천원/ha이 발생하는 것으로 나타났음.

[표 2-100] 사업수익

(단위: 면적: ha, 금액: 천원)

작물 명	유리온실 및 비닐온실(PET)			보급형 비닐온실		
	식부면적	ha당소득	총 소득	식부면적	ha당소득	총 소득
파프리카	0.4	89,436	35,774	0.4	80,980	32,392
딸기	0.3	167,327	50,198	0.3	146,102	43,831
토마토	0.3	176,244	52,873	0.3	146,547	43,964
계	1.0		138,845			120,187

라. 투자수익율 분석

□ 투자수익율(FIRR) 및 편익·비용비율(B/C Ratio)

- 본 사업의 투자수익율은 중동지역의 유리온실, 비닐온실, 보급형 비닐온실을 대상으로 분석하였음.
- 지역별 수익/비용비율(B/C)을 살펴보면 중동지역의 경우 할인율이 4.5%(농업부문 예비타당성 기준 할인율. 기획재정부)시 유리온실은 1.45, 비닐온실은 1.67, 보급형 비닐온실은 1.66으로 모두 B/C가 1.0이상으로 분석되었음.

[표 2-101] 지역별 투자수익율

지역	구분	FIRR	B/C (할인율 4.5%)
중동지역	유리온실	9.5%	1.43
	비닐온실(PET)	11.7%	1.67
	보급형 비닐온실	16.7%	1.66

□ 현금유동표 (Cash Flow)

- 본 사업의 현금유동표는 첫째, 한국의 법인세법에서 규정하고 있는 1년만기 정기예금의 이자율 2.1%(법인세법 시행규칙 제6조. 2019.3.20)와 중동지역의 은행이자율 5.0%(카타르. 2018년)을 기준으로 분석하였음.
- 본 사업의 손익분기점을 살펴보면 중동지역의 유리온실은 11년차(2.1%), 13년차(5.0%), 비닐온실은 10년차(2.1%), 11년차(5.0%), 보급형 비닐온실은 7년차(2.1%), 7년차(5.0%)로 나타났음.
- 본 사업의 투자비회수 기점을 살펴보면 중동지역의 유리온실은 10년차(2.1%), 12년차(5.0%), 비닐온실은 9년차(2.1%), 10년차(5.0%), 보급형 비닐온실은 6년차(2.1%), 6년차(5.0%)로 나타났음.
- 또한 본 사업의 손익을 살펴보면 중동지역의 유리온실은 1,217백만원(2.1%), 943백만원(5.0%), 비닐온실은 1,420백만원(2.1%), 1,227백만원(5.0%), 보급형 비닐온실은 469백만원(2.1%), 410백만원(5.0%)이 발생할 것으로 분석되었음.

[표 2-102] 지역별 현금유동표

지역	구분	손익분기점		투자비회수		손익(천원)	
		이자율 (2.1%)	이자율 (5.0%)	이자율 (2.1%)	이자율 (5.0%)	이자율 (2.1%)	이자율 (5.0%)
중동지역	유리온실	11년차	13년차	10년차	12년차	1,216,763	942,611
	비닐온실(PET)	10	11	9	10	1,419,792	1,227,400
	보급형비닐온실	7	7	6	6	468,768	410,322

(1) 권역별 수출작물 선정 및 데이터 분석

□ 권역별 수출작물 선정

- 한국형 스마트팜 K-Plant 수출모형에서 재배될 작물은 권역별로 다양하게 검토될 수가 있으나 수출권역이 우선 중동과 중앙아시아로 검토되고 있기 때문에 본 연구에서는 다음과 같은 3가지 기준으로 재배작물을 검토하였음. 첫째, 현재 한국에서 재배되고 있는 시설작물 중 재배면적이 많은 작물을 검토하였는데 이와 같은 작물은 현재 스마트팜 K-Plant 수출모형의 적용이 가능하고 국내·외에서 생산량 및 가격등이 비교적 보전되고 있으며 시행착오가 적게 발생할 것이라는 이유로 검토를 하였음.
- 한국에서 재배되는 시설작물은 주로 채소류로 수박, 참외, 딸기, 오이, 호박, 토마토, 가지, 파프리카 등 과채류와 배추, 상추, 부추, 양상추, 시금치, 미나리 등 엽채류와 무 등 근채류가 있고 풋고추, 대파, 쪽파 등 조미채소가 있음. 2014년부터 2018년까지의 채소류 재배면적을 살펴보면 과채류, 엽채류, 조미채소, 근채류 순으로 많이 재배되고 있고 그 중에서 수박이 5개년('14년~'18년) 평균 재배면적이 11,426ha로 가장 많으며 다음으로 토마토 6,455ha, 딸기 6,145ha, 풋고추 4,657ha순으로 재배되고 있음.

[표 2-103] 채소류 재배면적

(단위 :ha)

작 물	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	연평균
<과채류>						
수박	14,010	12,572	11,167	9,935	9,447	11,426.20
참외	5,358	5,305	4,872	3,454	3,469	4,491.60
딸기	6,825	6,306	5,844	5,783	5,969	6,145.40
오이	3,281	3,338	3,906	3,805	4,164	3,698.80
호박	3,155	3,396	2,857	2,919	2,907	3,046.80
토마토	7,070	6,976	6,391	5,782	6,058	6,455.40
<엽채류>						
배추	2,518	1,888	1,809	2,398	1,705	2,063.60
시금치	2,209	2,751	2,264	2,243	2,307	2,354.80
상추	3,241	3,083	2,627	2,688	3,041	2,936.00
<근채류>						
무	1,094	1,016	846	836	979	954
<조미채소>						
풋고추	4,619	4,878	4,455	4,529	4,806	4,657
대파	1,351	1,254	1,750	2,250	2,058	1,733
쪽파	671	535	426	596	750	595.60

자료 : 통계청. 농산물생산조사. 2019

- 둘째, 채소류 수출에서 높은 비율을 점하고 있는 작물을 검토하였는데 2016년부터 2018년 3개년 평균 수출량은 파프리카가 32,346톤으로 가장 많고 수출금액도 91,846천불로 가장 많고 다음이 딸기와 토마토가 수출량 및 수출금액이 많음. 그러므로 파프리카, 딸기, 토마토 등 3가지 작물의 수출량이 채소류 전체 수출량의 35.8%이고 수출금액은 42.0%를 점하고 있음.

[표 2-104] 작물별 수출실적

(단위 : ton, 천불)

작물명	2016		2017		2018		연평균	
	중량	금액	중량	금액	중량	금액	중량	금액
파프리카	30,276	93,793	34,843	89,485	31,920	92,260	32,346	91,846
딸기	4,125	34,116	5,109	43,978	4,895	47,511	4,710	41,868
토마토	5,428	13,341	6,334	13,952	7,334	16,815	6,365	14,703
계 (a)	39,829	141,250	46,286	147,415	44,149	156,586	43,421	148,417
채소류(b)	115,223	336,237	122,434	347,679	126,619	376,728	121,425	353,548
a/b(%)	34.6	42.0	37.8	42.4	34.9	41.6	35.8	42.0

자료 : 농림수산물부. 농림수산물 수출입동향 및 통계. 2018

- 셋째, 수출권역의 생산조건(특히 온도)에 맞는 작물을 검토하였는데 파프리카, 토마토, 멜론, 장미, 국화 등은 야간온도 고온성(16-19°C)에서도 재배가 가능하고 엽채류, 브로콜리, 양상추 등은 호온성(12°C) 및 저온성(8°C)에서 재배가 가능한 것으로 검토되었음.
- 그러므로 중동지역과 중앙아시아지역에서 재배가 가능하고 현지에서 수요가 많으며 스마트팜 재배에 경험이 많고 생산량과 가격에서 타 작물보다 우수한 파프리카, 딸기, 토마토를 재배작물로 검토하는데 권역별 작물은 시행전에 현지조사 등을 통한 선정이 가장 적합 할 것으로 판단됨.

□ 권역별 수출작물 생산량

- 한국형 스마트 팜 K-Plant 수출모형에서 재배할 수 있는 파프리카, 딸기, 토마토의 5개년(2014년~2018년) 평균생산량은 아래표와 같이 파프리카 132ton/ha, 딸기 34ton/ha, 토마토 114ton/ha인데 이와 같은 생산량은 현재 한국의 일반 시설에서 재배되는 작물의 생산량이므로 스마트 팜에서 생산되는 생산량은 이보다 많기 때문에 시행전에 현지조사 등을 통한 생산량을 적용하는 것이 타당 할 것으로 판단됨.

[표 2-105] 작물별 생산량

(단위: kg/10a)

작물	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	평균
파프리카	11,747	13,042	13,369	14,019	13,104	13,172
딸기	3,615	3,429	3,367	3,534	3,307	3,443
토마토	10,769	11,734	11,485	12,617	10,990	11,403

자료 : 농촌진흥청. 농축산물소득자료집. 2014~2018

□ 권역별 수출작물 수익

- 한국형 스마트 팜 K-Plant 수출모형에서 재배할 수 있는 파프리카, 딸기, 토마토의 5개년(2014년~2018년) 소득은 파프리카 61,142천원/ha, 딸기 96,310천원/ha, 토마토 77,116천원/ha로 소득은 딸기, 토마토, 파프리카 순으로 높고 소득율은 딸기가 47.2%로 가장 높음.
- 그러나 이와 같은 소득은 현재 한국의 일반 시설에서 재배되는 작물의 판매가격과 경영비를 기준으로 한 소득이므로 시행전에 현지조사 등을 통한 판매가격과 경영비를 적용하는 것이 타당 할 것으로 판단됨.

[표 2-106] 작물별 소득

(단위: 천원/ha)

작 물	조수입	경영비	소득	소득율(%)
파프리카	325,217	264,075	61,142	18.8
딸기	204,067	107,757	96,310	47.2
토마토	209,131	132,015	77,116	36.9

(2) 국내외 스마트팜 설치비 분석

가. 국내 스마트팜 설치비

□ 유리온실 설치비

- 유리온실 설치비 중 보온/차광시설 설치비가 13.3%, 재배시설 11.9%, 피복시설 11.7%, 부대시설비가 15.7%로 구성되었음.

[표 2-107] 유리온실 설치비(1ha)

(단위: 천원)

공정	내역	금액	구성비
철골공사	철골	245,000	6.9
금속, 알미늄 및 피복	금속, 알미늄 및 피복	420,000	11.7
천장개폐	천장개폐 시스템	112,000	3.1
방충망 시설	방충망	52,360	1.5
보온/차광시설	차광·산광·보온스크린 측면, 전후면 수직커튼	476,412	13.3
전기공사	케이블트레이, 개폐기 전기배선, 콘트롤박스	55,000	1.5
난방기계실. 열원	가스보일러	63,000	1.8
난방공사/온실내부	듀브레일, 팬코일, 벤취난방	258,120	7.2
재배시설	포밍커터, 벤치, 행인재배, 토경재배, 육묘시설, 그라운드커버	427,400	11.9
양액시설	양액시설(파프리카, 딸기, 토마토) 회수 및 살균시스템, 순환형 물이용 및 KT기반 물관리시스템	334,740	9.4
환경제어	복합환경제어 시스템(회수/살균포함)	244,600	6.8
CO2	CO2액화 및 가스보일러공급장치 액화 및 가스 공급설비(온실내부)	50,840	1.4
부대시설	유동팬 및 복그시설, 보광등 유인줄공사, 원수가온시설, 외부차광방시설	561,740	15.7
기타	저온창고, 보일러실, 휴게실/ 제어실, 전동, 전열공사, 기타	278,100	7.8
계		3,579,312	1.5

□ 비닐온실 설치비

- 비닐온실 설치비 중 보온/차광시설 설치비가 14.3%, 재배시설 12.8%, 피복시설 10.5%, 부대시설비가 16.8%로 구성되었음.

[표 2-108] 비닐온실 설치비(1ha)

(단위: 천원)

공정	내역	금액	구성비
철골공사	철골	245,000	7.3
금속, 알미늄 및 피복	금속, 알미늄 및 피복	350,000	10.5
천장개폐	천장개폐 시스템	70,000	2.1
방충망 시설	방충망	52,360	1.6
보온/차광시설	차광·산광 보온스크린 측면, 전후면 수직커튼	476,412	14.3
전기공사	케이블트레이, 개폐기 전기배선 콘트롤박스	55,000	1.6
난방기계실. 열원	가스보일러	63,000	1.9
난방공사/온실내부	듀브레일, 팬코일, 벤취난방	258,120	7.7
재배시설	포밍커터, 벤치, 행인재배, 토경재배, 육묘시설, 그라운드커버	427,400	12.8
양액시설	양액시설(파프리카, 딸기, 토마토) 회수 및 살균시스템, 순환형 물이용 및 KT기반 물관 리시스템	334,740	10.0
환경제어	복합환경제어 시스템 (회수/살균포함)	244,600	7.3
CO2	가스보일러공급장치 액화 및 가스 공급설비(온실내부)	50,840	1.5
부대시설	유동팬 및 복그시설, 보광등 유인출공사, 원수가온시설, 외부차광방시설	561,740	16.8
기타	저온창고, 보일러실, 휴게실/제어실, 전동, 전열공사	154,100	4.6
계		3,343,312	100

□ 보급형 비닐온실 설치비

- 보급형 비닐온실 설치비 중 재배시설 15.7%, 양액시설 13.1%, 난방공사비가 10.1%이고 부대시설비가 21.9%로 구성되었음.

[표 2-109] 보급형 비닐온실 설치비(1ha)

(단위:천원)

공정	내역	금액	구성비
골조	철골	147,050	5.7
천장개폐	천장설치, 천장개폐 시스템	109,407	4.3
피복공사	PC필름	40,125	1.6
방충망 시설	방충망	26,180	1.0
보온/차광시설	차광·산광·보온스크린 측면, 전후면 수직커튼	131,480	5.1
전기공사	케이블트레이, 개폐기 전기배선 콘트롤박스	34,995	1.4
난방기계설. 열원	가스보일러	63,000	2.5
난방공사/온실내부	듀브레일, 팬코일, 벤취난방	258,120	10.1
재배시설	포밍커터스탠딩, 행인재배, 육묘시설, 그라운드커버	402,400	15.7
양액시설	양액시설(파프리카, 딸기, 토마토) 회수 및 살균시스템	334,740	13.1
환경제어	복합환경제어 시스템 (회수/살균포함)	244,600	9.6
CO2	가스보일러공급장치 액화 및 가스 공급설비(온실내부)	50,840	2.0
부대시설	유동팬 및 복그시설, 보광등 유인줄공사, 원수가온시설, 외부차광방시설	561,740	21.9
기타	저온창고, 보일러실, 휴게실/제어실, 전동, 전열공사	154,100	6.0
계		2,558,777	100

나. 해외 스마트팜 설치비

□ 중동지역

○ 유리온실 설치비

- 유리온실 설치비 중 피복시설 설치비가 21.5%, 온실내부 설치비가 13.2%, 재배시설 10.0%, 부대시설비가 10.2%로 구성되었음.

[표 2-110] 유리온실 설치비(1ha)

(단위: 천원)

공정	내역	금액	구성비
철골공사	철골	245,000	12.5
금속, 알루미늄 및 피복	금속, 알루미늄 및 피복	420,000	21.5
천장개폐	천장개폐 시스템	112,000	5.7
방충망 시설	방충망	52,360	2.7
보온/차광시설	차광스크린 측면, 전후면 수직커튼	170,412	8.7
전기공사	케이블트레이, 개폐기 전기배선, 콘트롤박스	55,000	2.8
난방공사/온실내부	듀브레일, 팬코일, 벤취난방	258,120	13.2
재배시설	포밍커터, 벤치, 육묘시설, 그라운드커버	194,800	10.0
양액시설	양액시설(딸기)	17,000	0.9
환경제어	복합환경제어 시스템	25,000	1.3
CO2	CO2액화 및 가스보일러공급장치 액화 및 가스 공급설비(온실내부)	50,840	2.6
부대시설	유동팬 및 복그시설, 유인줄공사, 외부차광방시설	198,940	10.2
기타	보일러실, 휴게실/제어실, 전동, 전열공사, 기타	154,100	7.9
계		1,953,572	100

○ 비닐온실 설치비

- 비닐온실 설치비 중 피복시설 설치비가 20.6%, 온실내부 설치비 15.2%, 재배시설 11.5%, 부대시설비가 11.8%로 구성되었음.

[표 2-111] 비닐온실 설치비(1ha)

(단위: 천원)

공정	내역	금액	구성비
철골공사	철골	245,000	14.4
금속, 알미늄 및 피복	금속, 알미늄 및 피복	350,000	20.6
천장개폐	천장개폐 시스템	70,000	4.1
방충망 시설	방충망	52,360	3.1
보온/차광시설	차광스크린 측면, 전후면 수직커튼	170,412	10.0
전기공사	케이블트레이, 개폐기 전기배선 콘트롤박스	55,000	3.2
난방공사/온실내부	듀브레일, 팬코일, 벤취난방	258,120	15.2
재배시설	포밍커터스탠딩, 육묘시설 그라운드커버	194,800	11.5
양액시설	양액시설(딸기)	17,000	1.0
환경제어	복합환경제어 시스템	25,000	1.5
CO2	가스보일러공급장치 액화 및 가스 공급설비(온실내부)	50,840	3.0
부대시설	유동팬 및 복고시설, 유인줄공사, 외부차광방시설	198,940	11.8
기타	휴게실/제어실	9,700	0.6
계		1,697,172	100

○ 보급형 비닐온실 설치비

- 보급형 비닐온실 설치비 중 재배시설 설치비가 21.1%, 골조설치비 16.0%, 천장개폐 설치비 11.9%이고 부대시설비가 21.7%로 구성되었음.

[표 2-112] 보급형 비닐온실 설치비(1ha)

(단위: 천원)

공정	내역	금액	구성비
골조	하우스철재, 부속자재	147,050	16.0
천장개폐	천장설치, 천장개폐 시스템	109,407	11.9
피복공사	PC필름	40,125	4.4
방충망 시설	방충망	26,180	2.8
보온/차광시설	차광스크린	39,533	4.3
전기공사	케이블트레이, 개폐기 전기배선 콘트롤박스	34,995	3.8
난방공사/온실내부	밴취난방	43,020	4.7
재배시설	포밍커터스탠딩, 육묘시설, 그라운드커버	194,800	21.1
양액시설	양액시설(딸기)	17,000	1.8
환경제어	복합환경제어 시스템	25,000	2.7
부대시설	유동팬 및 복그시설, 유인출공사, 외부차광방시설	198,940	21.6
기타	저온창고, 보일러실, 휴게실/제어실, 전동, 전열공사	45,100	4.9
계		921,150	100

□ 중앙아시아

○ 유리온실

- 유리온실 설치비 중 피복설치비 17.3%, 보온/차광시설 설치비가 12.6%, 난방공사비 10.6%, 부대시설비가 19.6%로 구성되었음.

[표 2-113] 유리온실 설치비(1ha)-2

(단위: 천원)

공정	내역	금액	구성비
철골공사	철골	245,000	10.1
금속, 알미늄 및 피복	금속, 알미늄 및 피복	420,000	17.3
천장개폐	천장개폐 시스템	70,000	2.9
방충망 시설	방충망	52,360	2.1
보온/차광시설	산광 보온스크린	306,000	12.6
전기공사	케이블트레이, 개폐기 전기배선 콘트롤박스	55,000	2.3
난방기계실. 열원	가스보일러	63,000	2.6
난방공사/온실내부	듀브레일, 팬코일, 벤취난방	258,120	10.6
재배시설	포밍커터, 육묘시설, 그라운드커버	194,800	8.0
양액시설	양액시설(딸기)	17,000	0.7
환경제어	복합환경제어 시스템	25,000	1.0
CO2	CO2액화 및 가스보일러공급장치 액화 및 가스 공급설비(온실내부)	50,840	2.1
부대시설	유동팬 및 복그시설, 보광등 유인줄공사	477,540	19.6
기타	저온창고, 보일러실, 휴게실/제어실, 전동, 전열공사	196,100	8.1
계		2,430,760	100

○ 비닐온실

- 비닐온실 설치비 중 피복시설 설치비가 20.8%, 난방공사비 15.4%, 재배시설 11.6%, 부대시설비가 7.3%로 구성되었음.

[표 2-114] 비닐온실 설치비(1ha)-2

(단위: 천원)

공정	내역	금액	구성비
철골공사	철골	245,000	14.6
금속, 알미늄 및 피복	금속, 알미늄 및 피복	350,000	20.8
천장개폐	천장개폐 시스템	70,000	4.2
방충망 시설	방충망	52,360	3.1
보온/차광시설	보온스크린	156,000	9.3
전기공사	케이블트레이, 개폐기 전기배선 콘트롤박스	55,000	3.3
난방기계실. 열원	가스보일러	63,000	3.7
난방공사/온실내부	듀브레일, 팬코일, 배취난방	258,120	15.4
재배시설	포밍커터, 스탠딩, 육묘시설, 그라운드커버	194,800	11.6
양액시설	양액시설(딸기)	17,000	1.0
환경제어	복합환경제어 시스템	25,000	1.5
CO2	가스보일러공급장치 액화 및 가스 공급설비(온실내부)	50,840	3.0
부대시설	유동팬 및 복그시설, 유인줄공사, 원수가온시설	123,140	7.3
기타	저온창고, 보일러실, 휴게실/ 제어실, 전동, 전열공사, 기타	19,700	1.2
계		1,679,960	100

○ 보급형 비닐온실

- 보급형 비닐온실 설치비 중 난방공사비가 20.0%, 재배시설 18.1%, 골조설치비 13.6%, 부대시설비가 11.0%로 구성되었음.

[표 2-115] 보급형 비닐온실 설치비(1ha)-2

(단위: 천원)

공정	내역	금액	구성비
골조	하우스철재, 부속자재	147,050	13.6
천장개폐	천장설치, 천장개폐 시스템	109,407	10.2
피복공사	PC필름	40,125	3.7
방충망 시설	방충망	26,180	2.4
보온/차광시설	보온스크린	40,522	3.8
전기공사	케이블트레이, 개폐기 전기배선 콘트롤박스	34,995	3.2
난방 기계실/열원	가스보일러	63,000	5.9
난방공사/온실내부	듀브레일, 팬코일	215,100	20.0
재배시설	포밍커터스탠딩, 육묘시설, 그라운드커버	194,800	18.1
양액시설	양액시설(딸기)	17,000	1.6
환경제어	복합환경제어 시스템	25,000	2.3
부대시설	유동팬 및 복그시설, 유인출공사	118,940	11.0
기타	저온창고, 보일러실, 휴게실/제어실, 전동, 전열공사	45,100	4.2
계		1,077,219	100

(3) K-Plant 수출모형 경제성 분석

가. 분석 전제조건

□ 분석적용 가격

- 본 사업은 한국형 스마트 팜 K-Plant 수출모형을 보급하는 사업으로서 분석에 필요한 농산물가격은 수출지역의 내수용은 현지가격을, 수출용은 국제가격을 적용하여야 하고 생산비와 사업비, 유지관리비도 현지가격을 적용하여야 하나 ①본 사업은 국내에서는 처음으로 시행하는 사업이고 ②현재는 사업의 검토단계로 사업비도 국내사업비를 기준으로 산출되었기 때문에 위의 사항은 사업의 타당성조사(FS)단계에서 현지 보완하여야 할 것이며 본 분석에서는 1ha를 기준하여 재무분석을 하였음.
- 편익계측에 필요한 가격은 지역별 농축산물소득자료집(농촌진흥청)의 농산물가격과 생산비품목 가격을 불변가격으로 환산하고 농산물 가격은 농가판매가격 지수를, 생산비품목 가격은 농가구입가격 지수를 적용하여 산출된 5개년 평균가격 사용하였음.
- 비용계측에 필요한 공사비는 전액, 사업비용으로 산정하였고 유지관리비는 매년 소요되는 금액을 전액, 비용으로 산정하였음.

□ 사업 분석기간(Project Life)

- 농업부문투자사업의 사업 분석기간은 사업의 주된 시설물의 경제적내용년수를 기준으로 하는데 경제적 내용연수(Economic Life)는 유리온실, PET온실은 20년, 비닐온실은 10년(농촌진흥청. 농업과학기술 경제성분석기준자료집.2 018.10)을 사업 분석기간으로 하였음.

□ 할인율 (Discount Rate)

- 할인율은 사업에 있어서 투자에 수반되어 회임기간 중에 발생하는 비용과 편익을 현재가치로 환산하는 중요한 변수이므로 할인율은 자본의 기회비용(Opportunity Cost)으로부터 도출하는 것이 일반적이는데 본 분석에서는 기획재정부의『예비타당성조사 수행 총괄지침(2017.9)』에 따른 4.5%를 기준수익율(Cut Of Rate)로 적용하였다.

나. 비용 추정

□ 투자 사업비

- 한국형 스마트 팜 K-Plant 수출모형의 설비 사업비는 철골공사, 금속, 알루미늄 및 피복, 천장개폐, 방충망시설, 보온/차광시설, 전기공사, 난방공사(온실내부), 재배시설, 양액시설, 환경제어, CO2공급, 부대시설, 기타사업비로 구성되어 있으며 수출지역 및 온실구조에 따라 사업비의 차이가 있음.
- 수출지역인 중동지역과 중앙아시아지역은 스마트팜 설치시에 설비비용에 대하여 정부보조가 있으므로 본 분석에서는 사업비 중에서 중동지역은 40%(쿠웨이트)의 정부보조를 제외한 금액을 사업비로 계상하였고 중앙아시아지역은 30%(카자흐스탄)의 정부보조를 제외한 금액을 사업비로 계상하였음.

[표 2-116] 중동지역 사업비

(단위: 천원)

공정	유리온실	비닐온실(PET)	보급형 비닐온실
철골공사	245,000	245,000	147,050
금속, 알루미늄 및 피복	420,000	350,000	40,125
보온/차광시설	170,412	170,412	39,533
난방공사/온실내부	258,120	258,120	43,020
재배시설	194,800	194,800	194,800
양액시설	17,000	17,000	17,000
환경제어	25,000	25,000	25,000
부대시설	198,940	198,940	198,940
기타	424,300	237,900	215,682
계	1,953,572 (1,172,143)	1,697,172 (1,018,303)	921,150 (552,690)

[표 2-117] 중앙아시아지역 사업비

(단위: 천원)

공정	유리온실	비닐온실(PET)	보급형 비닐온실
철골공사	245,000	245,000	147,050
금속, 알루미늄 및 피복	420,000	350,000	40,125
보온/차광시설	170,412	170,412	39,533
난방공사/온실내부	258,120	258,120	43,020
재배시설	194,800	194,800	194,800
양액시설	17,000	17,000	17,000
환경제어	25,000	25,000	25,000
부대시설	198,940	198,940	198,940
기타	424,300	237,900	215,682
계	1,953,572 (1,172,143)	1,697,172 (1,018,303)	921,150 (552,690)

공정	유리온실	비닐온실(PET)	보급형 비닐온실
철골공사	245,000	245,000	147,050
금속, 알루미늄 및 피복	420,000	350,000	40,125
보온/차광시설	306,000	156,000	40,522
난방공사/온실내부	258,120	258,120	215,100
재배시설	194,800	194,800	194,800
양액시설	17,000	17,000	17,000
환경제어	25,000	25,000	25,000
부대시설	477,540	123,140	118,940
기타	487,300	310,900	278,682
계	2,430,760 (1,310,400)	1,679,960 (1,175,972)	1,077,219 (754,053)

주: 유리온실 설치비는 네델란드가 카자흐스탄에 판매한 가격(120만불)으로 분석함.

□ 유지관리비(O & M Cost)

- 유지관리비는 시설물의 원활한 기능유지를 위하여 투자되는 비용으로서 시설물 내용년수까지 발생되는데 본 사업의 유지관리비는 유리온실을 기준으로 유리온실 사업비의 0.5%(예비타당성조사, KDI)를 유지관리비로 산정하고 이와 같은 유지관리비는 사업완공년도 이후부터 적용하였음.

□ 기타비용

○ 시설물 대체비용

본 사업으로 설치되는 시설물은 시설물의 내용년수까지 감가상각비가 유지관리비에 계상되지 않는 시설물로서 설치금액이 크거나 중요시설의 교체 시설물이 없으므로 본 분석에서는 고려하지 않았음.

○ 시설물의 잔존가치

본 사업으로 설치되는 시설물은 내용년수 도달 시 교체되는 시설물의 잔존가치가 사업평가에 영향을 줄만큼 크지 않으므로 본 분석에서는 고려하지 않았음.

다. 수익 추정

- 본 사업을 시행함으로써 발생하는 수익은 작물별 생산량에 의한 농산물 판매수익에서 경영비를 제외한 소득으로 산정하였음.

□ 작부체계

- 본 사업의 작부체계는 ①현재 국내 하우스작물의 재배비율과 ②수출지역의 수요 및 작물 선호도 ③중동지역과 중앙아시아 등의 수출동향 ④향후 소비 및 수출전망 등을 고려하여 작부체계를 계획하였음.
- 작물별 식부면적은 파프리카 40%, 딸기 30%, 토마토 30%가 재배되는 것으로 작부체계를 계획하였는데 작부체계는 사업시행전 수출지역의 영농현황을 조사하여 수립하는 것이 바람직함

[표 2-118] 작부체계

작부체계			비 고
작 물	비율(%)	면적(ha)	
파프리카	40.0	0.4	
딸기	30.0	0.3	
토마토	30.0	0.3	
계	100.0	1.0	

□ 농산물 생산량

- 스마트팜에서 재배하는 농산물의 생산량은 기존의 시설하우스에서 재배하는 작물의 생산량보다 증산이 되므로 증가율을 조사하기 위하여 스마트팜 농가를 방문하였지만 현재는 도입단계로 농장경영, 재배기술 등의 사유로 조사의 한계가 있었음. 그러므로 본 분석에서는 농촌진흥청 농축산물소득자료집의 5개년(2014년~2018년) 평균 생산량을 기준으로 하여 여기에 스마트팜 선도농가의 사례(농림축산식품부. 스마트팜 선도농가 사례. 2017.11)의 작물별 생산증가율을 더하여 생산량으로 산정하여 분석하였음.

[표 2-119] 작물별 생산량-1

(단위: kg)

작물 명	면적	ha당		총생산량		증가율(%)	
		유리온실 비닐온실	보급형 비닐온실	유리온실 비닐온실	보급형 비닐온실	유리온실 비닐온실	보급형 비닐온실
파프리카	0.4	143,180	139,755	57,272	55,902	8.7	6.1
딸기	0.3	46,412	42,831	13,924	12,849	31.3	24.4
토마토	0.3	168,080	151,888	50,424	45,566	42.7	33.2
계	1.0			121,620	114,317		

주 : 보급형 비닐온실의 생산량은 유리온실 생산량 증가율의 70%를 적용함.

□ 사업수익 추정

- 본 사업의 수익은 작물별 생산량에 따른 판매소득으로서 유리온실 및 비닐온실의 연간 사업수익은 138,845천원/ha, 보급형 비닐온실의 연간 사업수익은 120,187천원/ha이 발생하는 것으로 나타났음.

[표 2-120] 사업수익

(단위: 면적: ha, 금액: 천원)

작물 명	유리온실 및 비닐온실(PET)			보급형 비닐온실		
	식부면적	ha당소득	총 소득	식부면적	ha당소득	총 소득
파프리카	0.4	89,436	35,774	0.4	80,980	32,392
딸기	0.3	167,327	50,198	0.3	146,102	43,831
토마토	0.3	176,244	52,873	0.3	146,547	43,964
계	1.0		138,845			120,187

(4) 투자수익을 분석

□ 투자수익율(FIRR) 및 편익·비용비율(B/C Ratio)

- 본 사업의 투자수익율은 중동지역의 유리온실, 비닐온실, 보급형 비닐온실과 중앙아시아 유리온실, 비닐온실, 보급형 비닐온실로 구분하여 분석하였음.
- 지역별 수익/비용비율(B/C)을 살펴보면 중동지역의 경우 할인율이 4.5%(농업부문 예비타당성 기준 할인율. 기획재정부시 유리온실은 1.45, 비닐온실은 1.67, 보급형 비닐온실은 1.66으로 모두 B/C가 1.0이상으로 나타났고 중앙아시아지역도 유리온실은 1.29, 비닐온실은 1.44, 보급형 비닐온실은 1.21으로 모두 B/C가 1.0이상으로 투자의 타당성이 있는 것으로 분석되었음.

[표 2-121] 지역별 투자수익율

지 역	구 분	FIRR	B/C (할인율 4.5%)
중동지역	유리온실	9.5%	1.43
	비닐온실(PET)	11.7%	1.67
	보급형 비닐온실	16.7%	1.66
중앙아시아	유리온실	7.9%	1.29
	비닐온실(PET)	9.4%	1.44
	보급형 유리온실	8.8%	1.21

□ 현금유동표 (Cash Flow)

- 본 사업의 현금유동표는 첫째, 한국의 법인세법에서 규정하고 있는 1년만기 정기예금의 이자율 2.1%(법인세법 시행규칙 제6조. 2019.3.20)와 중동지역의 은행이자율 5.0%(카타르. 2018년)을 기준으로 분석하였음.
- 본 사업의 손익분기점을 살펴보면 중동지역의 유리온실은 11년차(2.1%), 13년차(5.0%), 비닐온실은 10년차(2.1%), 11년차(5.0%), 보급형 비닐온실은 7년차(2.1%), 7년차(5.0%)이고 중앙아시아지역의 유리온실은 13년차(2.1%), 16년차(5.0%), 비닐온실은 11년차(2.1%), 13년차(5.0%), 보급형 비닐온실은 9년차(2.1%), 10년차(5.0%)로 나타났음.
- 본 사업의 투자비회수 기점을 살펴보면 중동지역의 유리온실은 10년차(2.1%), 12년차(5.0%), 비닐온실은 9년차(2.1%), 10년차(5.0%), 보급형 비닐온실은 6년차(2.1%), 6년차(5.0%)이고 중앙아시아지역의 유리온실은 12년차(2.1%), 15년차(5.0%), 비닐온실은 10년차(2.1%), 12년차(5.0%), 보급형 비닐온실은 8년차(2.1%), 9년차(5.0%)로 나타났음.
- 또한 본 사업의 손익을 살펴보면 중동지역의 유리온실은 1,217백만원(2.1%), 943백만원(5.0%), 비닐온실은 1,420백만원(2.1%), 1,227백만원(5.0%), 보급형 비닐온실은 469백만원(2.1%), 410백만원(5.0%)이고

중동아시아지역의 유리온실은 1,029백만원(2.1%), 660백만원(5.0%), 비닐온실은 1,212백만원(2.1%), 935백만원(5.0%), 보급형 비닐온실은 229백만원(2.1%), 114백만원(5.0%)이 발생할 것으로 분석되었음.

[표 2-122] 지역별 현금유동표

지역	구분	손익분기점		투자비회수		손익(천원)	
		이자율 (2.1%)	이자율 (5.0%)	이자율 (2.1%)	이자율 (5.0%)	이자율 (2.1%)	이자율 (5.0%)
중동지역	유리온실	11년차	13년차	10년차	12년차	1,216,763	942,611
	비닐온실(PET)	10	11	9	10	1,419,792	1,227,400
	보급형비닐온실	7	7	6	6	468,768	410,322
중동아시아	유리온실	13	16	12	15	1,028,826	659,637
	비닐온실(PET)	11	13	10	12	1,211,669	935,299
	보급형비닐온실	9	10	8	9	228,712	113,896

(5) 연구결과

- K-Plant 권역별 수출모형 설정
 - 스마트팜 K-Plant 수출 모형 검증을 위하여 권역별 K-Plant 수출모형을 해당 권역별 기후조건을 고려하여 에너지 설비를 선정하여 모형의 냉난방 설비를 확정
- Plant 권역별 냉난방 기술 분석
 - 권역별 온실 모형의 1ha 온실을 대상으로 온실 피복, 측면 피복, 동고, 측고, 보온율을 50%로 가정하여 냉난방 부하를 산정함
 - 냉방은 자연 환기나 차광막을 사용하는 수동적인 방법(Passive Cooling)과 강제 환기, 물의 증발, 지하수 또는 땅의 흡열, 히트펌프 등을 이용하는 적극적인 방법(Active Cooling)을 적용하여 냉방방식에 따른 냉각효과를 분석함
- 시뮬레이션을 이용한 온실의 에너지 성능 평가
 - 중동형과 중동아시아형의 K-Plant 수출 모형의 에너지 효율을 검증하기 위하여 정밀에너지 시뮬레이션 해석도구인 ESP-r을 사용하여 온실의 운영방법에 따른 열적거동을 예측하고, 최대부하 및 연간 에너지 소요량을 산정함
- K-Plant 기술 검증을 위한 테스트 베드 운영
 - K-Plant 수출모형의 테스트 베드를 계획하여 구축하였으며, 테스트 베드 운영을 통하여 생산성과 요소기술의 효율성을 분석하여 제시할 계획임
- K-Plant 수출 모형 경제성 분석
 - K-Plant 권역별 수출모형의 수출타당성을 분석하기 위하여 모형별 개략 사업비를 산정하여 생산성, 운영비, 수익성을 고려하여 적정 수출모형을 검토함

3.6.6. K-Plant 프로젝트 사업계획 수립

(1) 개요

- 한국형 스마트팜의 중동 수출을 위하여 쿠웨이트 및 카타르를 대상으로 수출 전략을 수립함

(2) 접근방법

- 한국형 스마트팜의 수출을 위하여 농업현황, 기상 및 작물재배 현황, 스마트팜 시장분석, 스마트팜 수출전략, 가격(야채/과일)을 조사하여 한국형 스마트팜의 카타르 사업화 전략을 수립함

(3) 연구내용

가. 한국형 스마트팜의 쿠웨이트 사업화 전략

1) 쿠웨이트 농업 현황

□ 쿠웨이트 일반 현황

- 걸프만에 위치하고 있으며 북부로는 이란, 서북쪽으로는 이라크, 남부로는 사우디 아라비아와 경계하고 있음. 쿠웨이트는 2017 기준 석유 매장량이 세계에서 6번째이며, 세계 매장량의 10%에 해당하는 1040억 배럴을 보유하고 있음.

[표 2-123] 쿠웨이트 일반현황

내용	한국	쿠웨이트
인구	518만 1167명 (2019 통계청 기준)	460만 명 (2018. IMF 추정치)
면적	100,295km ²	17,818km ²
종교	-	이슬람교 76%
기후	대륙성 기후	열대성 사막 기후
정치체제	대통령제	입헌군주국
언어	한국어	아랍어(영어 통용)

□ 쿠웨이트의 농업 정책 : PAAFR 정책

- 2017년 농업 (어업 포함)은 GDP의 0.4 %를 차지하였으나 중요한 고용 원천을 제공하지는 못하고 있는 실정이며, 경제 활동 인구의 약 4 %가 농업인구이며 거의 모두 외국인이고, 농장주 대부분은 투자자이며, 농업 부문은 과일과 채소를 현지 마켓에서 판매를 하고 있는 실정
- 2017년 총 농지 면적은 17,818,000 m² 에 달하나, 물과 경작지가 부족하여 농업 개발은 제한이 되고 있는 것이 현실임 또한, 쿠웨이트 중남부 지역에 있는 농업에 적합한 대부분의 토양 역시 이라크 군인이 지역의 유정에 불을 피우고 광대한 “오일호수”를 만들면서 파괴가 시작되었음. 영해에는 어류와 새우가 풍부하여 대규모 상업 어업이 현지에서 진행되고 있음
 - 1983년 법률 No.94 농업 및 어류자원에 대한 공공기관 설립(94/1983) 율법서 (1-11)

제 1 조

공공 기관은 공 공부 장관이 감독하는“농업 및 어류 자원에 대한 공공 기관”이라는 법적 성격으로 설립되어야 한다.

제 2 조

3. 국가를 경작하기 위해 이전에 보유한 농민들에게 우선적으로 토지를 개간하고, 재배 준비를 하고, 개간 된 땅을 농부들에게 분배함으로써 국가의 농업 지역을 확장 한다
4. 연구 및 연구 수행, 실험 준비, 모델 팜 구축 및 통계 데이터 수집
- 5 생산량을 늘리고 잠재력을 더 잘 활용하기 위해 식물, 동물 및 어류 자원 분야에 지침을 제공합니다.
6. 적절한 농작물, 가축 및 가금류 사육, 낚시 및 마케팅의 장려
7. 식물 및 동물 보호, 어류보호, 농업 및 채석장 설치 및 감독 분야에서 서비스 제공
8. 기관의 목표와 관련 목적을 달성하기 위해 필요한 한도 내에서 주식회사를 설립하는데 참여유도
9. 관계를 통합하고, 정보와 경험을 교환하고, 유사한 활동을 수행하거나 지역, 지역 및 국제적으로 관계가 있는 당국 및 연구소와 공동 연구 수행

□ 농업 생산 현황 및 특징

- 전체 국토의 약 0.6%에 해당하는 약 10,600ha를 경작지로 활용하며, 국내 생산능력으로는 국민들이 소비하는 과일과 채소에 대한 수요증가를 맞추지 못해 대부분의 농산물을 수입에 의존하고 있음
- 쿠웨이트에서 생산 하는 농산물의 종류는 오이, 가지, 파프리카, 토마토, 호박, 딸기, 감자 등으로 제한적이며, 토양은 유기물 함유량이 적어 영양소 보유능력이 낮고 수분 보유 능력이 떨어져 과일과 채소의 생산능력이 낮음
- 관개에 필요한 천연 수자원이 미미해 대부분의 물은 전기를 많이 소비하는 담수화 플랜트에서 생산됨
- 국내 농부들은 전기 보조금이 없기 때문에 그 비용을 감당할 수 없는 농업인들이 많으며, 혹독한 기후 조건과 취약한 물과 토양 자원은 쿠웨이트의 농업 부문이 직면한 주요 제약 조건임

□ 쿠웨이트 수경농업

- 토양의 높은 염분함유율을 극복하기 위한 대안으로 수경농업을 도입해 시도 하고 있으며, 저비용으로 생산성 증대 및 쿠웨이트의 자연적 제한요소를 극복할 수 있는 방법임. 1955년 걸프국 중 최초로 수경농법을 도입해 첫 해 500평방 미터를 시작으로 1962년 2000평방미터로 확장하며, 쿠웨이트를 시작으로 1976년 중동 시장에 처음으로 수경농법이 화훼와 채소 생산에 도입

□ 쿠웨이트 주요 작물·과일 생산현황

- 주요 생산 식량과 농산물은 야채, 우유, 가금육 등으로 작물은 과일, 잎이 무성한 채소, 감자, 뿌리채소와 고추, 가지, 호박, 토마토, 오이, 상추, 피망 등 채소나 딸기 같은 과일을 Green House에서 재배하고 또는 이웃나라로 수출도 하고 있음

□ 쿠웨이트 주요 작물 수입 및 수출 유통현황

- 쿠웨이트 내 소비되는 야채, 과일에 대한 통계자료가 부족한 실정으로 조사내용에 의하면 쿠웨이트 생산 야채류의 가격은 수입 야채와 비교해 상당히 저렴한 수준이고, 쿠웨이트 내 생산되는 야채나 과일을 제외한 전체 소비량은 수입에 의존하고 있으며, 주요 수입국은 2017년 기준 이집트, 인도, 미국, 남아공 순위로 쿠웨이트산 야채는 자국은 물론, 해외 수출도 이뤄지고 있고, 주요 수출국은 2017년 기준 이라크, 카타르, 요르단 순임

□ 관련 정부 기관

- 기관명 : 쿠웨이트 농수산 식품청 (PAAFR)

The Public Authority of Agriculture Affairs & Fish Resources

- 담당부서: Plant Resources

- 홈페이지: www.paaf.gov.kw

- 농어업 부문의 발전을 위해 만들어진 정부기관

- 직접 및 간접적 지원을 통해 농민들의 농산물 생산을 지속 하도록 다양한 인센티브를 제공하고 있음

- 쿠웨이트 농업 분야를 전반적으로 조정 및 모니터링 하고 있으며 쿠웨이트 식량안보를 목표로 함.

* Smart Farm에 대한 정책은 상기 공단에서만 관리함

□ 쿠웨이트 농업분야 전문기업

기업명	회사정보				비고
	개요	Contact/주소	web Site	주요분야	
United Agriculture & Livestock Production	1. 설립년도 : 1976년 2. 전체 2200HA의 농장을 소유 3. 쿠웨이트에서 가장 큰 농장 소유	1. 전화 : +965-2202255 2. 팩스 : +965-2202265 3. 이메일 : united@uapco.net 4. 주소지 : Sulabiy Farms Area Block 10 Bulding 800005	www.uapco.net	1. 사료작물생산(보리, 귀리, 옥수수, 호밀잔디 및 로즈) 2. 클레이, 관계사업 3. 사료, 꿀, 축산물, 대추야자 등	
House of Development (HOD)	1. 설립년도 : 1991년 2. 1991년 Al Rai의 첫 번째 시작된 소름을 통한 판매/서비스 활동은 점차 Wafra로 확장됨 3. Hodagri는 또한 가까운 미래 Sulaibhikat에 가든 센터를 개설함으로써 식품 및 나무 분야를 전문으로 할 예정임	1. 담당 : Mr.Shiref Bader(마케팅) 2. 전화 : +965-22421694/7 3. 팩스 : +965-22421713 4. 휴대폰 : +965-99751953 5. 이메일 : fshareefh@hodagri.com	www.hodagri.com	1. 스마트 관개시스템 및 환기 시스템 2. 첨단농업 장비 3. 농업, 조경 및 수의학 분야의 개척자임 4. 씨앗, 비료, 기계, 수도펌프 및 관개부품 5. 도구 및 온실부품	
Al-Qatami Agriculture Company WLL	1. 동사는 Al-Qatami Group의 일부임 2. 좋은 제품을 공급할 수 있는 트레이딩 하우스로 자리 매김함	1. 전화 : +965-24720057/8 2. 팩스 : +965-24720056 3. 휴대폰 : +965-99058420 4. 이메일 : info@qatamiagrico.com 4. 주소 : PO Box 25742 Safat 13118	www.qatamiagrico.com	1. 쿨링팬 2. 농업장구 3. 수공구 및 기계	
Burgan Agriculture Co,	1. 설립년도 : 1981년 2. 농업, 질병 가금류, 가축 및 식품 가공 부문을 위한 고품질 상품 및 서비스 제공 업체로 설립되었음 3. 계약자 및 장비 제공업체 이상을 제공할 뿐만 아니라 이 분야에 대한 컨설팅 및 연구도 제공할 수 있었습니다.	1. 전화 : +965-22447751/22455588 2. 팩스 : +965-22455599 3. 주소 : PO Box 5545 Safat 13056	www.burganagri.com	1. 그린하우스 : 플라스틱, 유리 섬유 및 유리, 관개, 스프링클러 등 2. 8mm-110mm의 폴리이틸렌 파이프 3. 비료, 인젝터 펌프용 필터 4. 비료 : 수용성 및 불용성 복합비료, 유기비료, 이탄등 5. 화학물질 : 살충제 및 살충제 6. 씨앗 : 실내 및 실외 야채 및 꽃씨앗 7. UV처리된 폴리이틸렌 필름, 섬유유리, 폴리카보네이트 및 차광 8. 기후제어 : 냉각패드, 팬, 재료 제어 9. 장비씨앗 : 실내 및 실외 야채 및 꽃씨앗	

□ 관련 사진 :

- United Agriculture & Livestock Production Unit
- House of Development (HOD)



[그림 2-152] HUD

□ 스마트팜 관련 정부 지원사업

- 현재로서는 정부가 지원해주는 국내 및 해외프로젝트가 수행되고 있지는 않지만, 총 10,600 HA의 토지 면적이 경작을 위해 개별 지역 회사에 분배되고 있으며, 또한, 관심 있는 기업들의 참여를 기대하고 있음

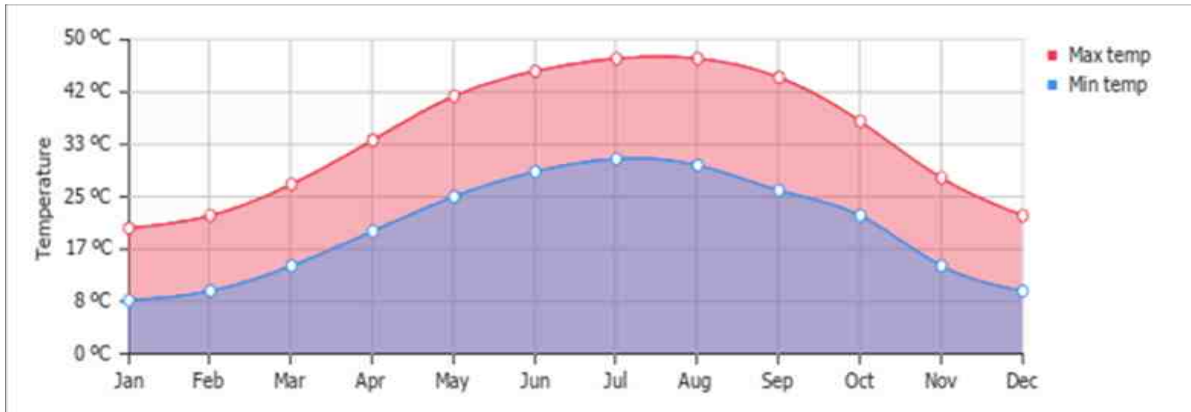


2) 쿠웨이트의 기상 및 작물재배 현황

□ 온도, 강수량, 일사량, 풍속

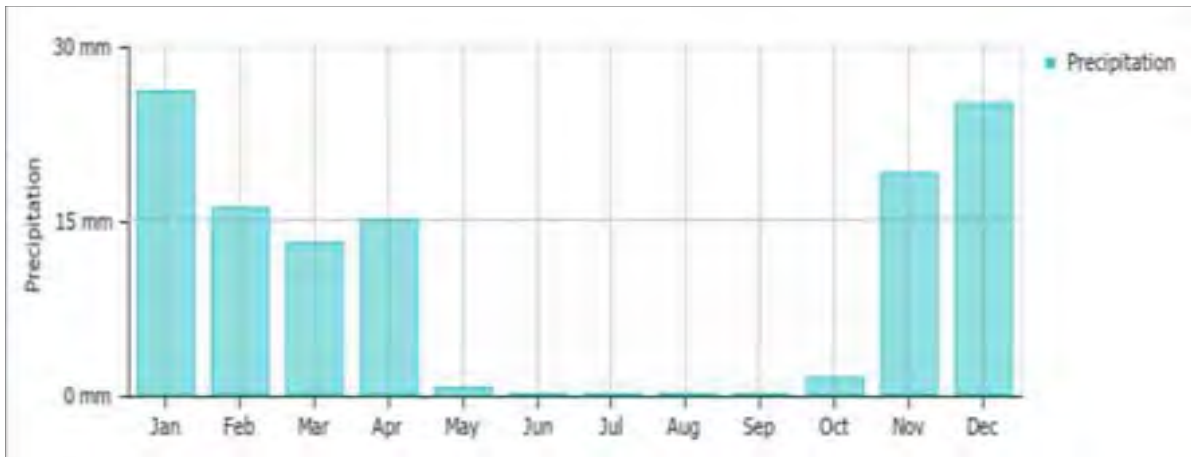
○ 쿠웨이트 날씨

- 사막 지형에 위치하며 고온건조하고 여름이 길며 겨울은 짧으며, 가끔 비가 내리는 것이 특징인 대륙성 기후를 가지고 있고, 샌드스톰은 여름 동안 종종 발생하며, 여름 최고 기온은 50°C 이상 도달하는 경우도 있음. 겨울은 짧은 기간에도 불구하고 따뜻하며 온도는 18°C에서 0°C이고, 겨울의 강수량은 불규칙하고 양적으로 1년마다 다르고 가을 및 봄철에는 짧은 기간으로 구분됨.



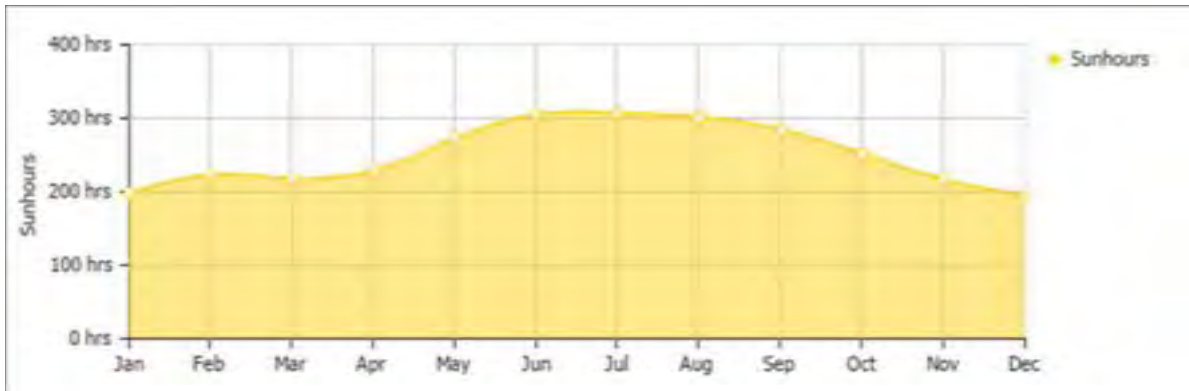
[그림 2-153] 월별 평균 최소 및 최대 기온 (oC)

- 평균 최고 기온 : 20~48 oC
- 평균 최저 기온 : 8~32 oC



[그림 2-154] 월별 평균 강수량 - 2019년

- 평균 최대 강수량(월) : 1월 (약 27mm)
- 평균 최소 강수량(월) : 6월~9월 (약 2~3mm)



[그림 2-155] 월별 총 일사량

- 최대 월 : 6월 / 7월 (약 300 시간)
- 최소 월 : 1월 / 12월 (약 200 시간)



[그림 2-156] 월별 평균 풍속 - 2019년

- 평균 최대 풍속 : 6월 / 7월 (약 5 m/sec)
- 평균 최소 풍속 : 1월 / 9~12월 (약 3 m/sec)

○ 지역별 작물재배 현황

[표 2-124] 지역별 곡물 생산현황 - 2016/2017

작물군	분포(%)	토지면적(m)	비고
대량 생산 작물	23%	33,816	
앞이 무성한 작물	11%	15,800	
뿌리 식물	10%	15,340	뿌리 : 고구마/감자 알부리 : 마늘/양파/ 백함 등
콩 류	2%	2,216	
녹색 사료류	46%	67,933	
곡물	8%	12,225	보리, 벼, 옥수수 등
총 재배지역	100%	147,330	

- 자원현황 (수자원, 화석, 연료자원)
 - Investment Sector (투자 부문)
 - 전기 kWh : 5 Fills (약 \$ 0.016)
 - 물 1,000 갤런 : 2 KWD (약 \$ 6.63)
 - 디젤 1 리터 : 115 Fills (약 \$ 0.435), Government Sector (정부 부문)
 - 전기 kWh : 25 Fills (약 \$ 0.082)
 - 물 1,000 갤런 : 4 KWD (약 \$ 13.27)
 - 디젤 1 리터 : 75 Fills (약 \$ 0.283)
 - 쿠웨이트의 대부분의 북부와 남부에는 상수도가 없으며 Tanker로 대부분의 증류수를 공급함

3) 쿠웨이트의 스마트팜 시장분석

□ 스마트팜 수요동향

- 쿠웨이트는 지구 온난화 문제를 해결하기 위한 하나의 해결책으로 통합농업 시스템을 구축하고자 하며, 통합 농업 시스템은 온실 가스 배출량을 줄이면서 천연자원을 효율적으로 사용하고 폐기물을 줄여 농장을 드나드는 자재의 필요성을 줄일 것임. 통합 농업 시스템 사용은 건강하고 깨끗한 식량 생산의 질과 양을 향상시키며 식품 품목의 수입 의존도를 절감할 수 있음
- 농업기술 전문가들에 따르면 저렴한 비용으로 생산량을 늘리는 등 다양한 장점을 지닌 수경농업을 기존 농업방식의 문제점을 극복할 수 있는 대안 방법으로 보고 있음
- 쿠웨이트 정부는 농업 분야에 개혁의 필요성은 인지하고 있으나 아직은 구체적인 개발 계획이 없는 상황이며 농업 분야에 대한 정부 관심이 타 분야에 비해 매우 낮은 편임.
- 정부가 아닌 민간 기업에서 쿠웨이트 농업의 제약적인 조건을 개선해 농산물 생산을 증진시킬 수 있는 스마트팜 기술 대안이 있다면 적극적으로 내용을 검토하고 적합 시 도입할 의향은 있음 하지만 쿠웨이트는 외국인 인건비가 저렴해 인력 농업생산이 오히려 경제적인 이 점이 크기 때문에 초기 투자비용이 큰 스마트팜 사업 도입이 어려운 것이 현실임.
- 쿠웨이트에서 큰 규모를 가지고 있는 농업 관련 민간기업인 Finance Manager Shrief Ahmed Bader Al-den 인터뷰에 따르면 "쿠웨이트 농업시설에서 최고의 관심기술은 온도 조절 기술과 자동급수 시스템 순이다. 토양과 수자원의 염분농도 문제해결 등도 주요 과제라고 생각하며 한국의 스마트팜 기술에 대해 관심이 많고 정보를 원하고 있음

□ 농산물 수출입 동향

[표 2-125] 신선 야채 수입 및 수출현황 - 2018

상품	수출		수입	
	Value(1,000KD)	수량(톤)	Value(1,000KD)	수량(톤)
토마토	484	3,960	11,178	61,433
애포박	0.4	2.0	1,929	11,940
가지	19	245	1,784	9,113
오크라	0.3	5.0	2,311	3,211
호박	0.3	5.0	1,025	5,946
피망	29	280	5,669	19,652
양배추/브로콜리	1.0	8.0	2,070	12,939
오이	210	1,266	678	1,837
감자	863	9,749	11,610	102,107
양파	159	1,888	9,620	97,923
마늘	163	1,933	3,512	9,858
당근/무	29	367	3,316	20,984
옥수수주/성로	1.0	1.0	4,073	1,658
사탕무	2.0	10.0	779	3,588
양배추	0.3	2.0	1,220	10,052
상추	6.0	39.0	6,054	17,217
샐러리	-	-	390	372
완두콩	-	-	79	111
강낭콩	11	87	828	2,449
누에콩	114	265	338	2,242
멜론	271	2,703	9,652	56,969
딸기	-	-	6,259	3,073
기타	515	4,625	11,402	18,056
Total	2,911	27,440	95,776	472,730

□ 농산물 소비량 및 자체 생산량

[표 2-126] 농산물 소비량 및 자체 생산량

상품	자체생산율(%)	수 량 (톤)			비고
		소비량	수입량	자체생산	
토마토	64%	162	57	104	
강낭콩	30%	17	12	5	
가지	78%	41	9	32	
오크라	60%	8	3	5	
호박	76%	24	6	19	
피망	42%	33	19	14	
양배추/브로콜리	45%	24	13	11	
오이	99%	70	1	70	
감자	36%	144	92	52	
양파	7%	104	96	8	

□ 스마트팜 진출 기업체 현황

① 인디안 버섯 농장

- 사우디에 본사를 둔 Al Faisaliya사는 쿠웨이트에 일년내내 통합 된 기후 제어 버섯 생산 개념을 계획 한 최초의 회사로 현재 버섯 생산은 흰색 버튼 버섯, Portabella (포르타 벨라) 및 굴을 중점적으로 생산하고 있고, 목표는 쿠웨이트에서 가장 바람직한 흰색 버튼 버섯을 국내 수요를 충족시키기 위해 생산하고 있음
- 현지 회사가 NPP (Native Plant Project)를 수행하고 있으며, 이 프로젝트의 주요 목표는 인프라를 개발하고 KISR (쿠웨이트 과학 연구소)과 협력하여 다목적 토목 식물 재배를 목표로 대규모 운영을 시작하는 것이며, 토종 식물을 통해 생물 다양성을 보존하는 데 중점을 두고 있음
- 파이살 술탄 Al Essa Estd : Al-Faisaliya Farm PO Box 24080 Safat 13101 Kuwait
 - 이메일 : dehbia@faisaliyafarm.com
 - 농장 위치 : Wafra, Block 9, Off Road No.800

② 수경법

- 수경법 또는 토양이 없는 배양은 자갈, 질석, 암면, 이끼, 톱밥, 야자 껍질과 같은 비활성 매체를 사용하거나 사용하지 않고, 최적의 식물 성장에 필요한 모든 영양소 요소를 공급하는 영양 용액으로 식물을 재배하는 기술임
- Al Faisaliya의 수경법 시스템은 소유자가 자랑 할 수 있는 최첨단 기술 모델로 쿠웨이트의 다른 농장에는 이와 같은 고급 농산물 생산 시스템이 없으며, 이 기술은 한국기술로 쿠웨이트 조건에 맞는 추가 옵션이 있음
- 기존 생산 시설은 전자동 마이크로 프로세서 보조 발효 컨트롤러 외에도 기후 컨트롤러 및 재활용 시스템을 갖춘 약 20,000m²의 면적으로 구성되어 있음
- NFT (Nutrient Film Technique)와 폐쇄형 재배시설과 수경재법으로 양상추, 토마토, 오이, 고추 및 잎이 많은 채소를 재배하고 있음

□ 재배 작물

① 버섯

- Al Faisaliya는 쿠웨이트에 일년 내내 통합 된 기후제어 버섯생산 개념을 계획 한 최초의 회사로 현재 버섯 생산은 흰색 버튼, 포르타 벨라에 중점을 두고 있으며, 현재의 목표는 쿠웨이트에서 가장 바람직한 흰색 버튼 버섯을 국내 수요를 충족시키기 위해 생산하는 것임

② 야채생산

- 발아, 번식, 수정, 식물 보호, 수확 및 수확 후 작업은 관리자의 엄격한 감독 및 통제 하에 수행되며, 수확 후 처리는 특수 실에서의 세척, 세척 및 분류로 구성됩니다. 또한, 초과 채소를 저장하고 유통 기한을 향상시키기 위해 Faisaliya 농장은 온도 제어 냉장시설을 설치하고 있으며, 주요 생산 시스템에는 수경법, 일반 온실 생산 및 야외 농작물이 포함되어 있음

③ 토종식물 프로젝트

- 동 프로젝트의 기본 목표는 인프라를 개발하고 KISR (쿠웨이트 과학 연구소)과 협력하여 다목적 토종 식물재배를 목표로 대규모로 운영하기 시작하고 있으며, 토종 식물의 잠재적인 용도는 다양하며, 사막, 조경, 사구 안정화 등의 회복과 궁극적으로 토종 식물 프로젝트는 토착 식물을 통해 멸종 위기에 처한 생물

다양성을 보존하는데 있음



[그림 2-157] 토종식물

□ 기존 생산 시설

- 총 토종 식물면적 (농장포함): 120,000 m²
- 설립 된 모체 식물의 총 수: 52,000 m²
- 그늘집 : 5000 m²
- 실험실 지역 : 350 m²
- 미터종자 처리실 : 400 m²
- 미터종자 저장실 : 200 m²

4) 쿠웨이트의 스마트팜 수출 전략 분석

□ 스마트팜 비즈니스 모델

- 쿠웨이트에는 아직 스마트 팜을 위한 적절한 국제 비즈니스 모델은 없으나, K-farm과 같이 토지를 개발하고 막대한 양을 생산하여 지원하고 자급자족을 채우는 비즈니스 모델이 될 수 있는 가능성 충분히 있어 보이며, 지리적으로 쿠웨이트에 인접해 있는 농업국가인 인도와 스리랑카는 중동과 쿠웨이트의 스마트 농장으로 진출하려고 하고 있음

□ 대상 작물

[표 2-127] 대상 작물현황

상품	자체생산율(%)	수 량 (톤)		
		소비량	수입량	자체생산
마늘	3%	8,205	7,925	280
당근/순무	2%	20,992	20,617	375
사탕무	14%	4,140	3,578	562
당근/순무	23%	12,998	10,051	2,947
상추	1%	17,274	17,178	96
샐러리	21%	471	372	99
강낭콩	98%	4,119	87	4,032
완두콩	23%	145	111	34
멜론	64%	7,518	2,703	4,815
딸기	13%	3,514	3,073	441
기타	84%	82,465	13,430	69,035
보리	0.37%	605,200	602,957	2,243
콘	0.22%	216,597	216,114	483
밀	85%	3,928	573	3,355
대추야자	88%	99,508	12,117	87,391
시과일	0.55%	77,026	76,603	423
녹색자료	61%	654,368	253,767	400,601

□ 재원 확보방안

- 현재와 가까운 장래에 스마트팜에 대한 국제 프로젝트는 제한적인 것이고 상대적이지만 정부 프로젝트 안에 한국토지주택공사(LH)가 총 4만 가구 규모의 압둘라 신도시가 개발되는 지역에 가든을 조성하는 신도시를 개발하며, 전체 사업(4만 가구·면적 64.4km²) 4단계 중 1단계 주거단지 내에 그린조성과 공원조성은 국제 입찰로 진행하고 있음, 그러나 스마트팜의 재원 확보 정부 계획이 없으며, 민간기업이 공동으로 국제협력 사업을 을 추진하는 경우는 재원 확보가 가능함

□ 스마트팜 기회 및 장애요소

- 쿠웨이트는 농업 시장이 매우 열악한 상황이며 생산성 증대를 위한 자연적인 제약 요소 등 해결해야 할 과제가 많으며 이와 같은 문제점들을 개선해 생산성 증진을 위한 신기술을 도입을 원하는 농업 회사들의 관심은 높으나 스마트팜 기술이나 기업의 공급이 없는 상황으로 경쟁 기업이 많이 들어와 있지 않은 현재의 상황은 국내 기업에게 기회가 될 수 있으므로, 높은 수요와 관심을 분석해 현지기업에 맞춤형 상품을 개발하는 접근방법이 효과적일 것으로 판단됨
- 첨단 농기계 분야 또는 사막의 뜨거운 날씨를 극복할 수 있는 스마트한 기술이 접목된 관개 시스템과 복합 환경제어, 염분 농도가 높은 토지와 수질 문제를 개선할 수 있는 토질 정보 기술 분야 유망

□ 국내 기업 진출 장애요소

- 쿠웨이트 정부는 농업 분야에 개혁의 필요성은 인지하고 있으나 아직은 구체적인 개발 계획이 없는 상황이며 농업 분야에 대한 정부 관심의 타 분야에 비해 매우 낮은 편임.

- 정부가 아닌 민간 기업에서는 쿠웨이트 농업의 제약적인 조건을 개선해 농산물 생산을 증진시킬 수 있는 스마트팜 기술 대안이 있다면 적극적으로 내용을 검토하고, 적합 시 도입할 의향은 있음
 - 쿠웨이트는 인건비가 저렴해 인력 농업에 의한 생산이 오히려 경제적인 이점이 크기 때문에 초기 투자비용이 큰 스마트팜 사업 도입이 어려운 실정에 있으며, 스마트팜 관련 사업 경험이 없어 한국 기업에게 기회가 있음
 - 쿠웨이트는 농장 운영 기술이나 노하우가 없으므로 단순 장비, 기술이나 시스템 설치만이 아니라 스마트팜에 대한 토털 솔루션을 제공해야 하며 현지 바이어도 설치부터 유지보수, 운영, 교육 프로그램 까지 제공하는 토털 서비스를 원하고 있음
- 국내 기업 진출 전략
- 한국과 다른 중동의 자연적 요인 및 농업 시장 이해하고, 국내와는 상이한 중동의 자연적, 문화적 요인들에 대해 이해하고 농업 시장에 대한 수요 파악이 필요함
 - 쿠웨이트 시장에서 원하는 스마트팜 기술에 대해 조사해 그에 맞는 맞춤형 상품을 개발 및 유지보수, 교육까지 토털 솔루션을 제공해야 함.
 - 고온 건조한 날씨의 영향으로 급수 및 온도제어 시스템에 대한 관심이 높아 관련된 기술에 집중해 상품 개발이 필요함
- 쿠웨이트 현지 기업과 시범 프로젝트 진행
- 쿠웨이트는 스마트팜 기술이 필수적으로 필요한 상황임에도 불구하고 낮은 인건비, 정부 의 관심 및 지원 부족 등 열악한 농업 시장 환경 때문에 스마트팜 관련 사업이 진행이 어려운 실정임.
 - 민간 기업들 또한 수요나 관심은 있으나 스마트팜 기술에 대한 정보와 이해가 부족한 상황이며, 쿠웨이트 바이어의 스마트팜에 대한 인식 수준으로는 거래로 진행되기 어려운 실정이며 바이어에게 스마트팜에 대한 정보 제공 및 교육이 필요함.
 - 쿠웨이트의 시장 상황을 이해할 만한 국내 스마트팜 기업이 쿠웨이트 현지 농업 기업과 합작으로 쿠웨이트에 스마트팜 관련 시범 사업을 진행해 그 과정과 성공적인 결과를 직접 확인 시켜줄 수 있다면 양자 간의 신뢰를 쌓고 더 나아가 국내 스마트팜 기술이 쿠웨이트 시장에 진출할 수 있는 발판을 마련할 수 있을 것으로 기대됨.
- 스마트팜 사업에 대한 정부의 의견
- Kuwait PAAFR (Public Authority of Agriculture Affair and Fish Resources)의 Project의 담당자의 의견에 의하면,
 - 스마트 팜에 대한 쿠웨이트 정부의 공공 국제 입찰의 계획은 없으나, 개인 사업자가 외국의 사업자와 JV를 만들어 쿠웨이트 자국의 식량 자족과 인근 국가에 까지 수출을 할 수 있다고 인정되는 사업으로 정부의 지원금과 여러 서비스를 요청한다면,
 - 쿠웨이트 정부는 이에 충분히 검토 해볼 것으로 사료 되고, 사업별 수익과 회수기간 분석은 JV의 계획에 포함시켜 정부의 승인을 받아 보길 바란다고 제안하고 있음
- 스마트팜 교육 및 사후관리 방안
- 현재 쿠웨이트 PAAFR (농수산 식품청)에서는 상기 두 가지 주제에 대한 계획이 아직 수립되어 있지 않으며, KISR(쿠웨이트 과학연구소)은 지역농장 건설업자에게 다음과 같은 지침을 제공하고 있음

- 보호식물 재배시스템에서 식물 생리학적 파라미터의 측정에 사용되는 다양한 기구 및 방법 인식
- 설계 및 수요에 따라 특정 식물을 생산하기 위한 모듈식 농업 생산 시스템의 가능성과 적용 가능성 식별
- 통제된 환경 플랜트 생산 시스템의 최신 개발 사항 파악
- 보호 농업에서 수경법 및 LED 조명의 기본 원리와 응용에 대한 기술 개발
- 모듈식 농업생산 시스템에서 LED 조명 기술과 완전히 컴퓨터화 된 자동 ARGUS 제어를 이해
- 영양 용액준비 및 식물묘목 이식을 위한 작업 절차

□ 원산지 농산물 가격 (야채/과일)

[표 2-128] 현지 농수산물 유통 가격

순서	상품명	원산지	가격 (USD/Kg)	비고
1	고추	쿠웨이트	1	
2	고추	네덜란드	3	
3	오이	쿠웨이트	0.2	
4	당근	쿠웨이트	2	
5	상추	레바논	2	
6	아이스버그 양상추	미국	4	
7	토마토	쿠웨이트	1	
8	토마토	네덜란드	4	
9	감자	레바논	2	
10	감자	인도	15	
11	딸기	미국	6	
12	딸기	이집트	3	

□ 기타 (전시회등)

[표 2-129] 관련 전시회명

항목	내용
전시회명	Kuwait International Agro Food Expo
개최 시기 및 개최지	2020년 4월 1~2일
	2020 Kuwait International Fairground, Kuwait Cit, Kuwait
전시품목	농업, 가공류, 유제품 및 축산업, 가공 식품, v장 및 가공 기술, 저대 및 케이터링, 식량 안전 및 식품 안전, 수산 및 양식업을 포함한 식품 및 농산물을 전문으로 하는 젯업체 및 수출업체
웹사이트	http://wwwkuwait-foodcom/2019/exhiit/
비고	쿠웨이트 유일한 농업 전시회

나. 카타르 스마트팜 사업 추진 계획

1) 카타르의 농업 현황

□ 카타르 일반 현황

- 대부분의 국토가 사막이며 대한민국의 경기도 정도의 면적으로 아라비아 반도에 속하는 또 다른 반도인 카타르 반도를 형성하고 있고 3면이 페르시아 만에 접해 있으며 남쪽은 사우디아라비아와 인접하고 있고, 바다에 접해 있으나, 기후는 몹시 건조한 사막 기후를 나타내고, 일 최고 기온은 53~55도를 기록하고 있음

- 풍부한 석유자원을 보유하고 있으며 1인당 GNP는 2015년 기준(국제통화기금(IMF) 통계)으로 86,300\$로 전 세계에서 세 번째로 높음
- 카타르는 대학을 졸업한 국민에게는 토지를 무료로 주고 빌린 토지는 10년이 지나면 빌린 사람이 가질 수 있음
- 이 외에도 카타르에서는 수도 및 전기 요금, 의료비, 교육비 등이 무료이고, 심지어 소득세도 면제됨
- 카타르의 경제 수준은 영국, 미국, 프랑스, 독일 등의 선진국 수준에 가까우며, 복지 혜택도 OECD회원국들에 비해서 좋은 편에 속함
- 걸프만에 위치하고 있으며 북부로는 이란, 서북쪽으로는 이라크, 남부로는 사우디아라비아와 경계하고 있음
* Kotra 및 카타르 외교부자료 (2019)

□ 카타르의 농업 정책

- 카타르는 아라비아만의 서쪽 해안에 위치한 반도로 11,521 평방 킬로미터의 면적을 차지하며 많은 섬이 있으며, 대부분 평평하고 바위가 많은 이 나라의 주목할 만한 특징은 남동쪽의 웅장한 모래 언덕, 해안을 따라 위치한 자연 해변, 서쪽의 높은 석회석 지반이 있음
- 지리적 위치와 기후에 따르면 카타르는 뜨거운 아열대 사막으로 분류되며, 여름에는 날씨가 덥고 습하지만 겨울에는 온화하고 쾌적하고 비가 거의 내리지 않지만 모래 폭풍은 흔한 일임
- 담수자원의 부족으로 인해 정부는 담수화 기술을 채택하고 개발하게 되었으며, 지하수원에서 물을 끌어 오지만 대부분 해수 담수화를 통하여 확보하고 있음
- 풍경의 대부분은 산으로 덮여 있지만 나무, 갈대 및 관목과 같은 자연 식물은 일부 지역에서만 볼 수 있음
- 온실 기술은 토마토 및 오이와 같은 현지 농산물 재배에 사용하고 있으며, 더운 날씨, 물 부족 및 토양 비옥도 문제는 카타르주의 농업 생산 확장에 있어 주요 과제로 남아 있음
- 최근 수년 동안 카타르는 지역 노력을 장려하고 지원함으로써 농업 부문의 발전을 위해 시행되는 프로젝트의 속도를 가속화하고자 노력했으며, 이는 과일 측면에서 자급자족을 달성 할 수 있게 할 것으로 보임
- 그리고 2030년까지 카타르는 농산물 수입을 줄이고 향후 몇 년간 농장수를 2,000 개로 늘리기 위한 농업 정책을 수립하였음
- 카타르주에는 농장이 총 1,438 개가 있으며, 그중 활성화된 농장수는 833 개로 33,000 ha에 달함
- 지방자치단체 환경부 (MME)에 따르면 2019년 카타르 농장 프로그램의 두 번째 시즌에 지역 채소의 판매가 3배 이상 급증했으며, 2019년 시즌에는 8,226 톤, 2018년 시즌에는 1,969 톤으로 318%가 증가했음
- 전국의 총 야채 판매량의 약 20%가 이 프로그램으로 판매 되었으며, 현지 야채 판매가 증가하여 농민들도 생산량을 늘릴 수 있었으며, 이 프로그램의 주요 성과 중 하나는 소비자에게 더 많은 옵션을 제공하여, 건전한 경쟁을 통해 현지시장에서 채소 가격을 낮추는 데 도움이 되었다는 것임
- 카타르는 가금류, 신선한 우유 및 새우와 같은 일부 제품 카테고리에서 자급 자족을 달성 했으며, 지방자치단체 환경부 (MME)는 향후 5년간 야채 생산에서 자급률을 최대 70%까지 높이기 위한 노력을 강화하고 있음. 목표를 달성하기 위해, 정부는 34 개의 큰 토지를 민간 회사에 할당하고 최신 농법을 도입하여 기존 농장의 생산량을 늘리기 위해 노력하고 있음
- 지방자치 단체 환경부 (MME)는 상공부 (MCI)와 협력하여 까르푸, 룰루 하이퍼 마켓, 알 메라 및 가족식품센터를 포함한 주요 상업매장과 협력 및 협력을 위해 2018년에 카타르 농장 프로그램을 시작했음
- 건강한 삶을 영위하고 환경을 보존하는 방법은 카타르 제2차 국가개발전략 (NDS-2) 2018의 가장 중요한 항목 중 하나인 ESS (Environmental Sustainability Strategy) 2017-2022에 요약 또는 요약되어 있음
- 2022 또한 카타르 국가 비전 (QNV) 2030에 따라 개발 된 카타르 퍼스트 국가 개발 전략 (NDS-1)

2011-2016의 주요 부문 중 하나로 환경 개발을 주요 항목 중 하나로 간주하고 있음

- 이와 관련하여 헌법은 카타르 주에서 다음을 사항을 제시함. 미래를 보장하는 건강한 환경 제공 기후변화의 부정적인 영향을 해결, 오염 최소화 환경보호관리자연 균형유지 및 생물다양성 육성, ESS(Environmental Sustainability Strategy) 2017-2022를 구현하는 것은 지자체 환경부 (MME)의 책임으로 되어 있음
- ESS (Environmental Sustainability Strategy) 2011-2016을 보완하여, 지자체 환경부 (MME)의 역할로 대학, 카타르 환경 에너지 연구소 (QEERI) 및 카타르 녹색건축협의회와 같은 민간 및 공공 부문의 모든 이해 관계자와의 긴밀한 협력 및 조정을 강조함
- 카타르 재단과 환경센터의 친구들의 일원으로 경제성장, 사회개발 및 환경보호 사이의 균형을 유지하는 것은 모든 사람이 지속 가능한 미래를 보장하고 확보하는 모든 당사자의 주요 목표임
- 국가 식량안보 프로그램인 카타르 국가식품안전 프로그램(QNFSP)은 국가의 식품요구 사항을 충족시키기 위한 전략으로 농업, 물, 재생에너지, 식품제조 등 네 가지를 제시하고 있음
- 농업 부문을 확장하려면 “모범사례”의 도입과 경제적 효율성, 부족한 자원의 최적사용, 환경에 미치는 영향 최소화, 수익성 있는 지속가능한 농업 모델을 강조하고 있음
- 온실, 수경법(무토양 재배기술), 고효율 관개시스템, 물 절약 기술 등 농업기술 솔루션과 시장을 안정시키고 보호하는 데 도움이 되는 보조금, 가격지원 메커니즘이 중요함
- 농업·용수는 해수 담수화에 의해 확보가 용이하고 공정이 비싸지만 지하수 추출을 중단하고 대수층이 저수지 역할을 할 수 있도록 지하 대수층을 탈염수로 재충전 할 필요가 있음
- 에너지 가격 변동은 식품생산, 운송 및 유통 등 모든 분야에 영향을 미치기 때문에 화석연료 의존은 식량안보에 부정적인 영향을 미치므로 에너지 비용절감에 대한 적절한 해결책으로 재생 에너지를 사용할 필요가 있음
- 가공식품은 저장하여 보존기간을 늘릴 수 있어 낭비를 줄일 수 있으므로 카타르 국가식품안보 프로그램(QNFSP)은 카타르주의 식품가공업 발전을 위하여 농산업단지 건설을 제시함
- 농수산업 규모는 2018년 기준 3.4억 달러로 카타르 전체 GDP 1,925억 달러의 1% 미만을 차지함
- 척박한 토지 및 기후적 요인 등으로 인해 농수산업이 크게 발달하지 않았으나 식량안보의 중요성이 대두되면서 지난 5년간 연평균 7% 성장하고 있음

□ 농수산업 규모 관련 정부기관

- 다음 이해 관계자는 카타르주의 농업분야에 영향을 미치는 정부, 준 정부 및 비정부 단체, 기관 및 단체를 나타냄



[그림 2-158] MME

- 기관명 : 지방 자치제 환경부 Ministry of Municipality & Environment (MME)
 - 담당업무: 환경, 천연 자원, 농업, 가축, 시의회 및 도시 계획 업무
 - 홈페이지: <http://www.mme.gv.qa>
 - 연락처 : E-mai: Fashkinani@mme.gov.qa

○ 주요업무

- 지자체 환경부의 일부로서 농무부의 업무는 다음과 같음
 - 법에 따라 농업, 문화, 채석장 감독 관리
 - 국가의 임대 농장의 구현 감독
 - 살충제, 비료 및 농업 토양개선의 등록 및 사용에 대한 기술 조건 및 사양 작성. 해충 및 질병으로부터 농업재산 보호
 - 현대 생산 및 마케팅 방법에 대한 기술 및 안내, 농민교육 프로그램 준비 및 구현
 - 최신 기술을 개발하여 농민에게 농업 기술 서비스 제공 및 평가
 - 농업 서비스 센터, 관리 농경지 경계 설정, 농지허가 취득 허가 발급
 - 이와 관련하여 발행 된 농업 유지 업무 및 법률의 이행을 통제하는 규정, 농업허가 발급, 농장 내 위반 가능성 모니터링 및 보고
 - 농업부문의 성과 개발 및 개선과 관련하여 마케팅 연구를 포함한 기술 및 경제 연구를 수행하여 제품 경쟁력 강화

□ 카타르 농업 부문 정부기관

[표 2-130] 카타르 농업분야 전문기업

기업명	회사정보				비고
	개요	Contact/주소	web Site	주요분야	
Baladna	<ol style="list-style-type: none"> 1. 설립년도 : 1976년 2. 카타르에서 가장 큰 유제품 생산업체 3. 100% 카타르 4. 지역에서 가장 큰 가축농장 중 하나이며 240만평 방 미터에 이룸. 5. 24000마리의 젖소를 수용 6. 가장 진보된 로터리 작유 시스템을 사용함 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 전화 : +974 4035 8888 2. 이메일 : info@baladna.com 3. 주소지 : Al Shamal Road, Exit 44 Umm Al-Hawaya Area. Al Khor & Al-Thakhira 	www.baladna.com	<ol style="list-style-type: none"> 1. 유제품 2. 우유, 요구르트 3. 치즈, 라반, 크림 4. 주스류 등 	
QTFA	<ol style="list-style-type: none"> 1. 설립년도 : 1989년 11월 2. 카타르의 농업개발 및 식량안보에 기여 3. 일년 내내 온실의 유용성을 극대화함으로써 야채 생산의 강화 4. 컷 클라워 생산에 관여, 채소 및 꽃 모종의 관상용 식물 생산 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 담당 : Mr, Shiref Bader(마케팅) 2. 전화 : +974 44691885 3. 팩스 : +974 44691896 4. 이메일 : aqpc@qatar.net.qa 5. 주소 : 카타르 도하 Salwa 도로 	www.qt-ha.com	<ol style="list-style-type: none"> 1. 오이, 오크라, 토마토 2. 달콤한 옥수수 및 고추스쿼시 3. 상추 및 실내 식물기타 등 28종의 야채 생산 4. 200Ha의 농장 소유 	
Qatar Agricultural Development Company	<ol style="list-style-type: none"> 1. 동사는 Al-Qatami Group의 일부임 2. 좋은 제품을 공급할 수 있는 트레이딩 하우스로 자리 매김함. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 전화 : +965-24720057/8 2. 팩스 : +965-24720056 3. 휴대폰 : +965-99058420 4. 이메일 : info@qatamiagrigo.com 	www.saic.com.qa	<ol style="list-style-type: none"> 1. 쿨링팬 2. 농업장구 3. 수공구 및 기계 	
Agrico	<ol style="list-style-type: none"> 1. 설립년도 : 2011년도 2. 동사는 민간 지역 카타르 농업개발 회사임. 3. 식량안보 달성이란 국가 목표를 염두에 두고 지속 가능한 장기 농업생산 원칙을 바탕으로 설립되었음. 4. 또한, 지역혁신, 국제 전문지식 및 세계 최고의 가용기술을 결합하여 이를 달성하고자 함. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 전화 : +964 44363840 2. 이메일 : info@agrigo.qa 3. 주소 : 사서함 : 19013 42 MD Bin Ishaq St. 알 코트 	www.agrigo.qa	<ol style="list-style-type: none"> 1. 토마토 2. 모든 유형 오이, 다양한 양상추 3. 녹색 및 채소, 봄 양파, 가지 4. 서양 호박콩, 매운 고추 5. 달콤한 고추, 멜론, 딸기 등 	
Hassad Food	<ol style="list-style-type: none"> 1. 카타르 투자청 100% 투자회사 2. 식품 및 농업 사업부문의 최고투자자 3. 비전은 "전 세계 식품 및 농업가치 사슬에 성공적인 전략적 투자자가 되는 것"임 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 전화 : +964-44079292 2. 팩스 : +964-44079293 3. 이메일 : info@hassad.com 4. 주소 : 도하 카타르 	www.hassad.com	<ol style="list-style-type: none"> 1. 식품 및 농업부문 투자 	
Al Sulaiteen Agricultural & Industrial Complex(SAIC)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 설립년도 : 1998년 2. 동사는 카타르의 선도적인 조경 및 농업회사임 3. 턴키 조정프로젝트로부터 꽃과 신선한 과일 및 채소를 현지 시장에 공급하는 등 다양한 사업을 운영하고 있음. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 전화 : +964 4370735 2. 팩스 : +964 4434603 3. 이메일 : info@saic.com.qa 4. 주소 : 사무실 No : 10, 2층, 2번 빌딩 02 Financial Square Al Emadi 	www.saic.com.qa	<ol style="list-style-type: none"> 1. 관목, 지면, 덩굴, 나무 및 8700톤 이상의 야채 생산 2. 다양한 품종의 연간 3백만 계절꽃을 생산 3. 농장의 주요 생산은 고급 온실에서 수행 4. 농장에는 깨끗한 물 수요를 공급하는 2개의 역삼투(RO) 공장도 있음. 	

자료 : 각사 Website

□ 스마트팜 관련 정부 지원사업

- 카타르는 지방 자치제 환경부에서 농축산물 부문에 많은 투자를 유치하고 있음
- Hassad사와 같이 카타르 투자청 100% 자회사도 설립해서 국/내외 투자를 유치하고 있음
- 또한, 현지시장도 대형 농축산물 업체들이 많이 있어 투자 유치에 유리한 환경을 가지고 있는 국가임

2) 카타르의 기상 및 작물재배 현황

□ 온도, 강수량, 일사량, 풍속

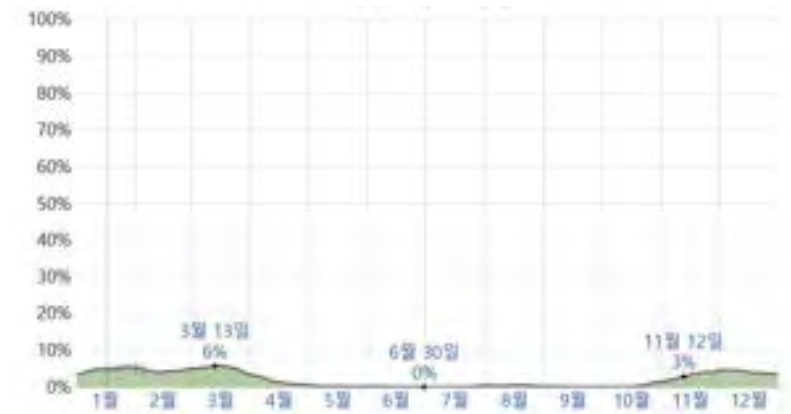
○ 카타르 날씨

사막 지형에 위치하며 고온건조하고 여름이 길며 겨울은 짧으며, 가끔 비가 내리는 것이 특징인 대륙성 기후를 가지고 있고, 기온은 14°C ~ 42°C 정도이며, 겨울은 쾌적하고 건조하며 최대 10°C까지도 떨어짐. 여름은 습하고 후덥지근하며 길고 가을 및 봄철에는 짧은 기간으로 구분됨. (4~5월/10~11월)



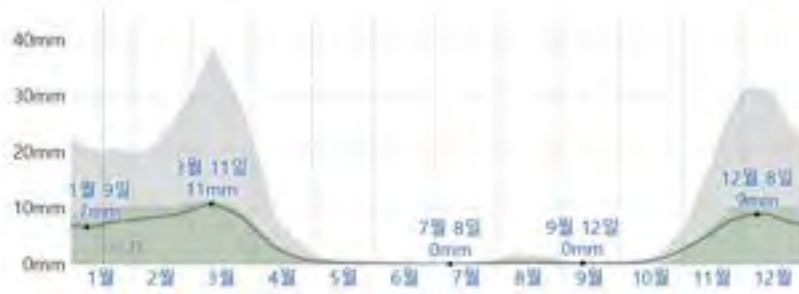
[그림 2-159] 월별 평균 최소 및 최대 기온 (oC)

- 평균 최고 기온 : 38 oC, 평균 최저 기온 : 31 oC



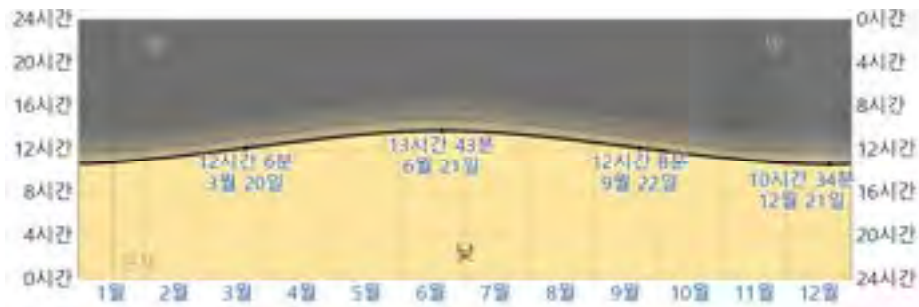
[그림 2-160] 월별 평균 강수량 - 2019년

- 강수 확률 : 0~6%, 최대 확률 : 6% (3/14 전후)
 - 최대 월 : 1월~3월 / 12월 (약 8~9mm),
 - 최소 월 : 4월~11월 (0~2 mm)



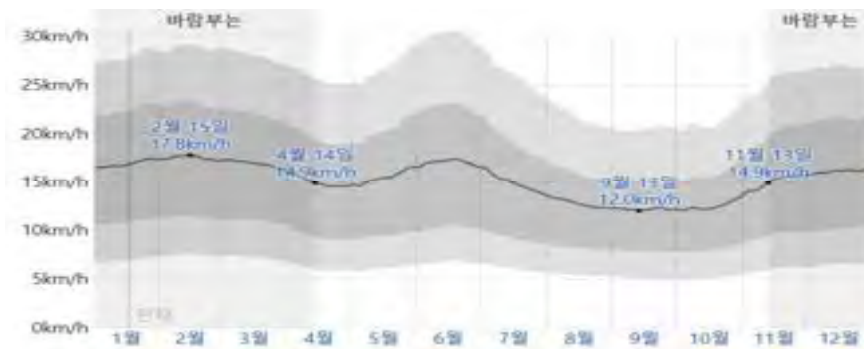
[그림 2-161] 월별 총 강우량

- 최단 일광 월 : 12월 (10시간 33분)
- 최대 일광 월 : 06월 (13시간 43분)

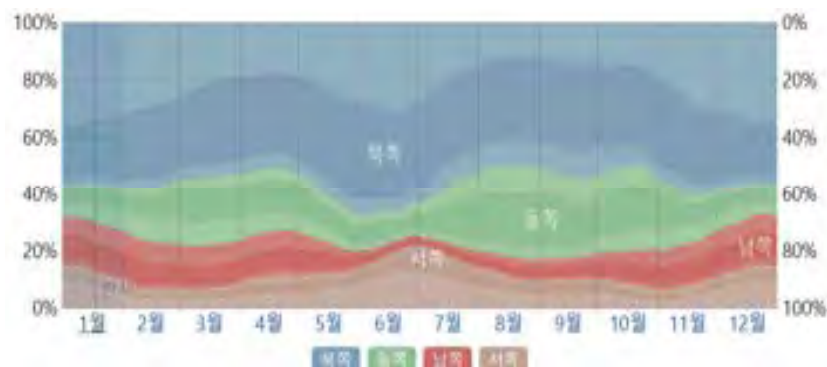


[그림 2-162] 월별 최대 일광시간

- 평균 최대 풍속 : 5월~7월 (약 4.3 m/sec)
- 평균 최소 풍속 : 8월~4월 (약 3.5 m/sec)

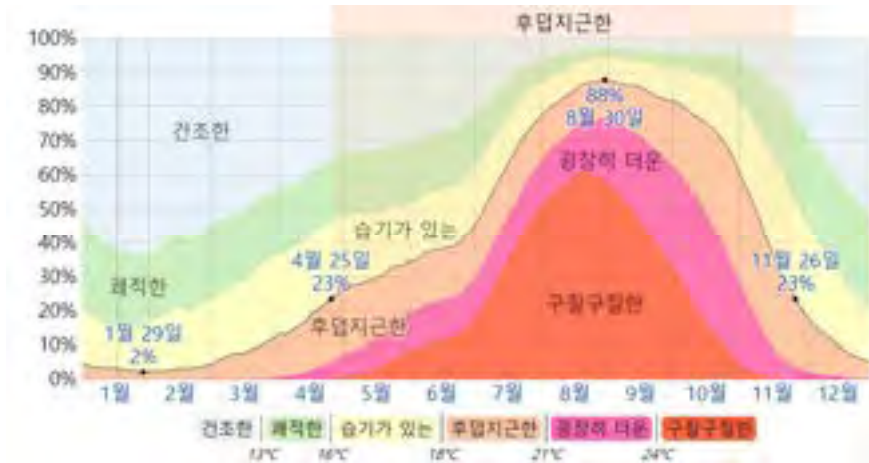


[그림 2-163] 월별 평균 풍속



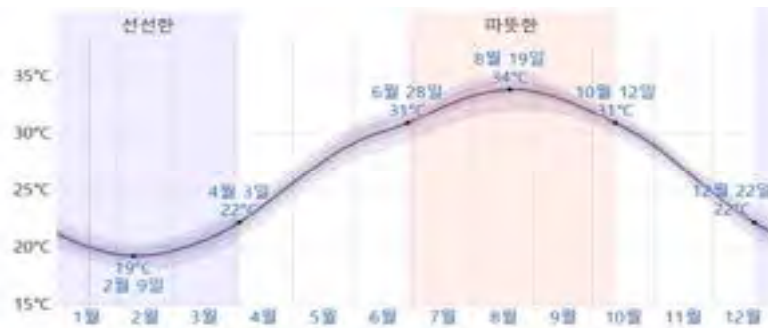
[그림 2-164] 월별 평균 풍향

- 평균 풍속이 1.6km/h 이하인 경우를 제외하고, 풍향이 4가지의 기본 풍향인 시간의 퍼센트. 경계의 약하게 표시된 지역은 중간 방향 (남동, 남서, 북서)에 풍향이 있는 시간의 퍼센트임



[그림 2-165] 습도

- 최대 습도(평균) : 5월 9일에서 11월 20일까지 6.3개월간 지속 23%~88%
- 최소 습도 : 2월 1일이며, 습도는 1%임



[그림 2-166] 수온

- 평균 최대 수온 : 6월~10월, 평균최대 온도는 31°C~ 34°C임.
 - 평균 최소 수온 : 12월~3월, 평균최소 온도는 18°C~23°C입니다.
- (자료 : 카타르 기상청)

- 2019 농수산 주요 생산 품목
 - 청예사료, 곡식류(곡물 수입 후 현지가공)
 - 대추야자 및 과일류
 - 육류, 유제품 등으로 구성

[표 2-131] 2019 농수산 주요 생산 품목

구분	품목	생산량(xs)
사료	청예사료(Green Fodder)	534,515
채소	채소	55,579
낙농품	우유, 치즈, 요거트 등	56,146
	계란	5,753
대추야자 및 과일류	대추야자	28,096
	과일	879
육류	가금류	15,206
	소고기, 양고기 등 육류 전반	9,599
수산물	생선	15,358
곡식류	보리(Barley)	593
	밀가루(Wheat)	16
	기타 곡물	758
합계		722,508

(자료 : 계획통계청 (PSA))

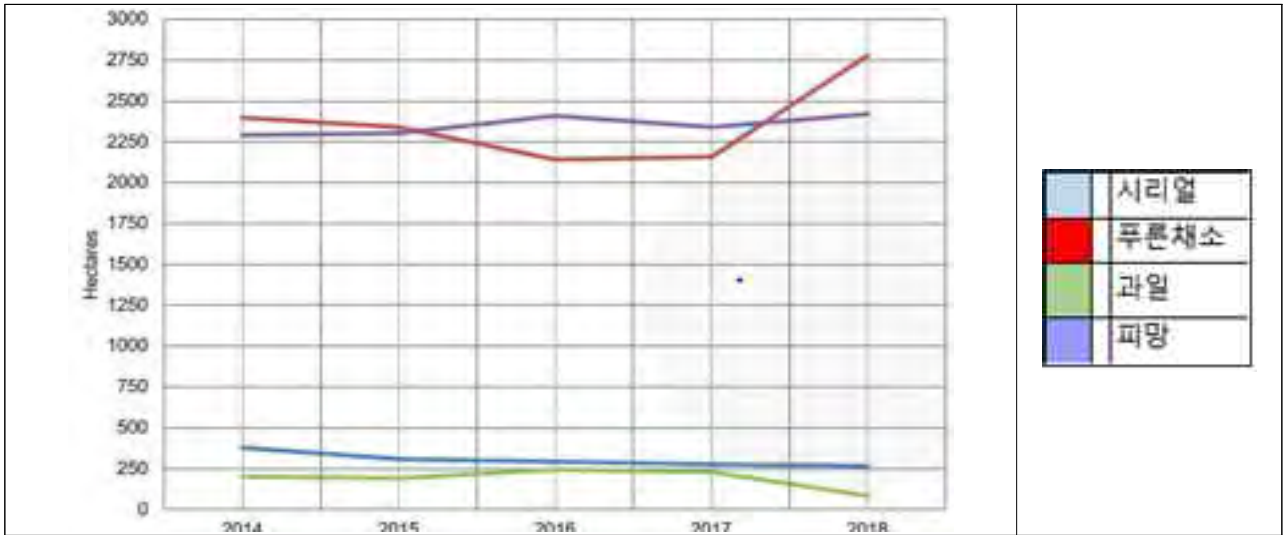
- 자원현황 (수자원, 화석, 연료자원)
 - Investment Sector (투자 부문)
 - 전기 kWh : 0.135 QAR (약 \$ 0.029)
 - 물 1 m³ : 4 QAR (약 \$ 1.10)
 - 디젤 1 리터: 1 QAR (약 \$ 0.91)
 - Government Sector (정부 부문)
 - 전기 kWh : 0.207 QAR (약 \$ 0.057)
 - 물 1 m³ : 6.4 QAR (약 \$ 1.758)
 - 디젤 1 리터 : 2 QAR (약 \$ 1.82)

3) 카타르의 스마트팜 시장분석

- 스마트팜 수요동향
 - 카타르는 열대성 기후를 극복하고 기술적인 농업시스템을 구축하기 위해 노력 중으로 상기의 시스템은 통합 농업 시스템 및 스마트 시스템을 이용하여 온실 가스 배출량을 줄이고 국가가 보유한 천연 자원들을 효율적으로 사용하고자 하고 있으며, 스마트 시스템은 질 좋은 식량생산과 다양한 품목에 대한 수입 의존도를 절감하고 자급률을 늘릴 수 있는 좋은 방법이라고 생각하고 있음
 - 이미 적용되고 있는 수경재배 농업을 기존 농업 방식의 문제점을 극복할 수 있는 대안으로 보고 있고, 카타르는 이미 농업분야 개발 (R&D)을 통해서 좀 더 스마트한 시스템으로의 도약을 준비 하고 있고, 일부 현지 기업들은 농장 설립이 가능한 토지는 보유하고 있으나, 사업계획을 실현할 기술 및 운영 노하우가 부족함에 따라 경험이 풍부한 해외기업과의 R&D 협력 요청하고 있음
 - 정부도 관심을 가지고 Hassad라는 투자회사를 설립해서 외국 투자도 활발하게 진행하고 있으며, 카타르 투자청에서 100% 투자한 Hassad사는 국내외 농축산업 분야에 대해 활발한 투자 사업을 진행하고 있으며, 카타르 농업시설의 변화를 위한 관심기술은 온도 조절 기술과 자동급수 시스템 등이며, 토양의 염분농도 문제해결 등도 주요 과제라고 생각하며 한국의 스마트팜 기술에 대해 관심이 많고 정보를 원한다"고 함.

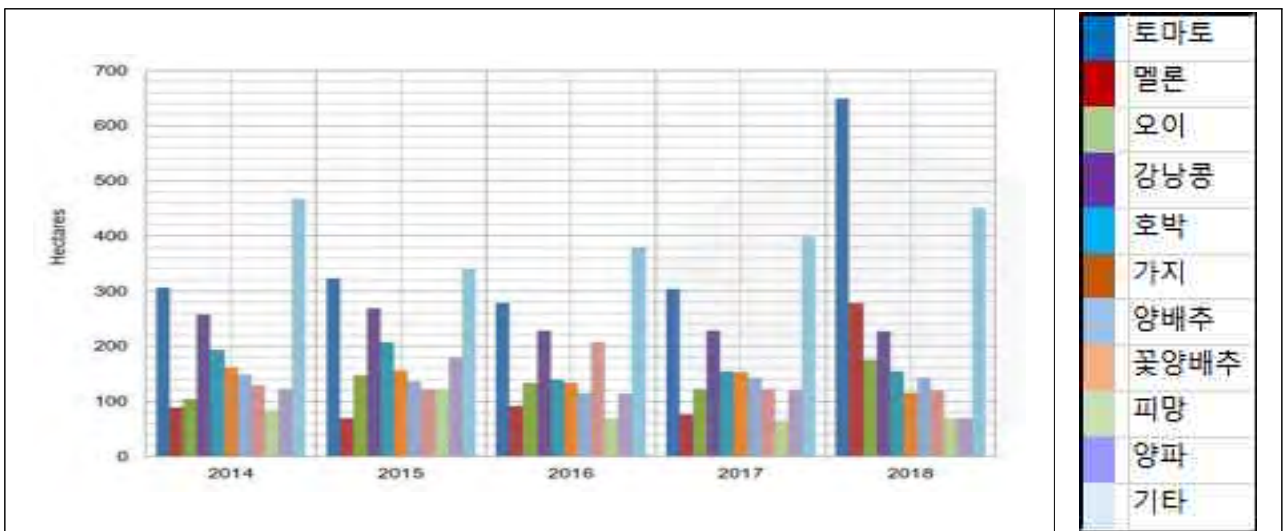
□ 농수산물 수출입 동향

[표 2-132] 채소 재배지 활용 현황-2014~2018



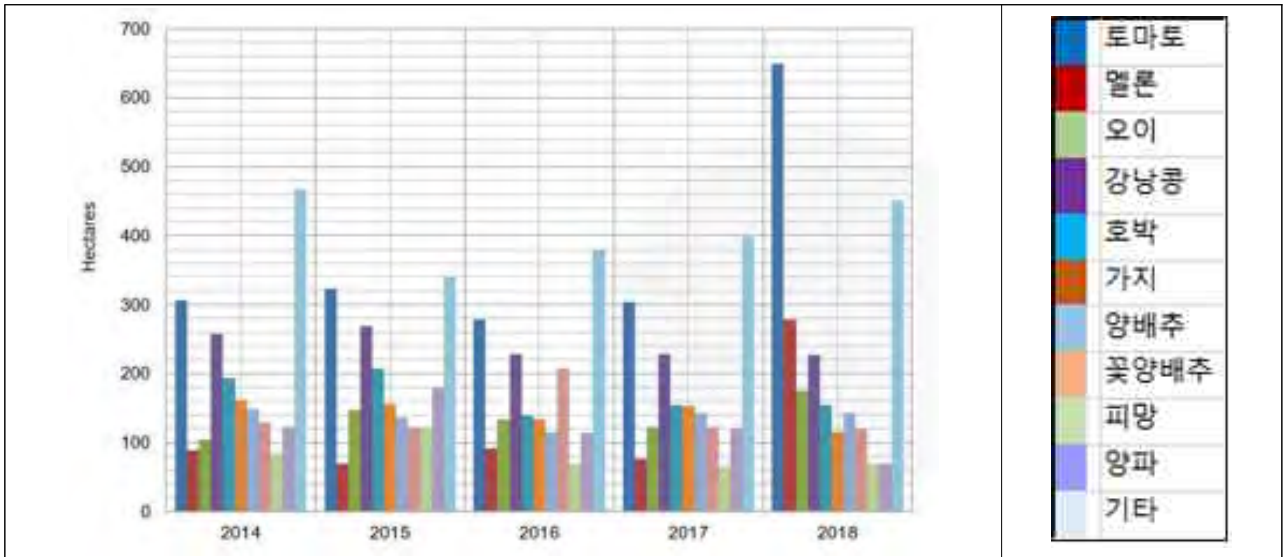
- 푸른 채소와 피망은 2000~2750 활용함에 비해 과일과 시리얼은 10분의 1 수준 정도만 활용 중에 있음
- 채소 재배지 활용 현황-2014~2018
 - 토마토는 2014년에 비해 재배지 활용도가 300 ha 에서 650 ha로 2배 이상 증가함 (지자체 환경부 (MME))
- 채소 생산량 (K-Ton) - 2014 ~ 2018

[표 2-133] 채소 생산량 (K-Ton) - 2014 ~ 2018



- 토마토는 2014년 3톤에서 2018년 26톤으로 생산량이 2배증가함
- 오이는 2014년 10 톤에서 2018년 18톤으로 증가함

[표 2-134] 야채의 식물 생산량 분포-2014~2018



(자료 : 지자체 환경부 (MME))

- 현지생산 및 수입현황
 - 현지생산품은 시리얼이 가장 많은 부분을 차지하고 있음
 - 반면 푸른 채소는 대부분을 수입에 의존하고 있음
 - 과일과 대추 야자는 현지 생산량이 많음 (지자체 환경부 (MME))

- 자급 자족을 및 소비 & 소요현황
 - 자급 자족 품목은 시리얼 및 과일/대추 야자가 대부분을 차지함
 - 소비량은 채소가 가장 많으며 (2016년 최대 약 700 K.Ton) 과일이 적음
 - 과일과 대추야자는 소비 및 소요량이 가장 적음

- 스마트팜 진출 기업체 현황
 - 회사명 : HASSAD FOOD
 - 담당업무: 식품 및 농업부문 투자
 - 홈페이지 : <http://www.hassad.com>
 - Hassad Food는 2008 년에 설립되었으며, QIA (Qatar Investment Authority)의 전액 출자 자회사로서, 식품 및 농업 사업 부문의 최고 투자자이고, Hassad Food는 카타르의 경제 성장 요구를 지원하는 동시에 수익성 있고 지속 가능한 비즈니스 목표를 가지고 있으며, 동사는 시작된 이래 카타르와 이 지역의 식품 요구 사항을 지원하기 위해 실행 가능한 전망 좋은 분야에 전 세계적으로 투자하는 데 중점을 둔 최첨단 투자 모델을 채택하고 있음
 - Hassad Food는 카타르, 호주 및 오만에 다양한 수직 투자를 하고 있고, 다른 지역에 대한 잠재적인 미래 투자를 하고 있으며, Hassad Food의 비전은“전 세계 식품 및 농업가치 사슬에 성공적인 전략적 투자자가 되는 것”임
 - Hassad Food의 사명은“전 세계 식품 및 농업 가치 사슬에서 매력적인 자산을 식별하고 투자하며, 당사의 분야 전문 지식, 지속적인 파트너십 및 장기적인 투자 접근 방식을 통해 강력한 포트폴리오를 구축하는 것임 (지자체 환경부 (MME))

4) 카타르의 스마트팜 수출 전략

□ 스마트팜 비즈니스 모델

- 국토의 5%에 불과한 제한적인 경작지 내에서 생산성을 높일 수 있는 수직농장 및 첨단 기술을 활용한 스마트 팜 기술 유망하며, 생산성 증대를 위한 스마트팜 모델 및 관련 기자재 제안 가능하고, 농업기술 분야 연구개발(R&D) 협력이 필요함
- 스마트 팜 전 단계의 시스템을 활용해서 운영 중인 온실은 있음

□ 대상 품목

[표 2-135] 카타르 계획통계청 (PSA) / 지자체 환경부 (MME)

구분	품목	생산량(xs)
사료	청예사료(Green Fodder)	534,515
채소	채소	22,579
낙농품	우유·치즈·요거트 등	56,146
	계란	5,753
대추야자 및 과일류	대추야자	28,096
	과일	879
육류	가금류	15,206
	소고기·양고기 등 육류 전반	9,599
수산물	생선	15,358
곡식류	보리(Barley)	593
	밀가루(Wheat)	16
	기타 곡물	758
합계		722,508

□ 자원 확보방안

- 현재와 가까운 장래에 스마트팜에 대한 국제 프로젝트는 제한적인 것이기는 하지만 뱀 (카타르 투자진흥청)에서 100% 투자한 Hassad Food가 국내외 투자를 통해 정부와 국민들이 요구하는 시스템화 되고 자동화된 농수산업을 진행 하고 있으나, 스마트팜은 시스템화된 농업의 발전된 개념으로 진행이 될 것이며 필요시 국가와 협의해 자원 확보 후 현지의 관심있고 능력있는 회사와 협력해서 진행 예정으로 파악 되고 있음

[표 2-136] 스마트팜 기회 및 장애요소

SWOT 분석	
Strength(강점)	Weakness(취약점)
<ul style="list-style-type: none"> • 저렴한 생산경비(수도·전기·연료) • 다양한 인재풀(저임금 단순 노동자-고급전문직) • 에너지 자원 수출로 축적한 국부를 활용한 경제다각화 추진 	<ul style="list-style-type: none"> • 척박한 경작 환경(토지 및 기후 등) • 현지생산 제품의 다양성 부족 및 충분한 물량확보 애로 • 단교에 따른 국경 봉쇄로 최단거리 물류 네트워크 활용 불가
Opportunities(기회)	Threats(위협)
<ul style="list-style-type: none"> • 식량 자급률 개선을 위한 정부의 적극적인 농업분야 지원 • 외국인투자법 개정 및 경제자유구역 조성에 따른 100% 외국인 투자 허용 추진 	<ul style="list-style-type: none"> • 카타르 단교사태 및 이란 제재 강화 등 역내 정치적 긴장 지속 • 글로벌 시장에서 인지도 낮은 Made in Qatar 제품

- 카타르는 저렴한 생산경비 및 다양하고 저렴한 인재 Pool 등 강점이 있는 반면에, 단교 사태 및 글로벌 시장에서의 인지도가 낮은 카타르 제품 등의 위험요소와 척박한 경작 환경 및 자급 생산 품목에 대한 다양성 부족 등의 취약점 등을 보유하고 있으나, 국내 식량 자급률 제구를 위한 정부의 적극적인 지원 및 외국인 투자법 개정 및 경제 자유구역 조성에 따른 100% 외국인 투자허용 추진 등을 통한 기회요소도 제공하고 있음

□ 국내 기업 진출 전략 및 장애요소

- 카타르 정부는 농업 분야에 개혁의 필요성도 인지하고 있고, 투자청 등을 통해 자회사도 세워서 구체적으로 진행하고 있으며, 농업분야에 대한 카타르 정부의 관심이 매우 높은 편으로 외국 회사들의 진입이 수월 할 것으로 판단됨. 따라서, 정부가 추진하고 투자청이 진행해서 정부+민간 기업의 협력 형태로 시스템화 된 생산 시스템을 구축하기 위한 노력을 하고 있음.
- 정확하게 스마트팜 관련 사업 경험이 있지는 않지만 현재 자동화를 시키기 위해 노력하고 있음, 또한, 카타르 시장에서 원하는 스마트팜 기술에 대해 조사해 그에 맞는 맞춤형 상품을 개발 및 유지보수, 교육까지 토털 솔루션을 제공하는 방법도 고려 해 보아야 함.
- 상기를 토대로, 국내의 첨단화되고 경제적인 솔루션을 제공 할 수 있다면 카타르는 스마트 농업에 대한 관심을 가지고 지속적으로 진행 가능할 것으로 판단됨

□ 스마트팜 사업에 대한 정부의 의견

- 지자체 환경부 (MME), 투자청 (PSA), 투자청 및 통계청의 검토에 의하면, 스마트 팜에 대해 카타르 정부는 지대한 관심을 보이고 있으며, 해외의 우수한 기술들을 접목시키고 교육훈련 등을 통해 시스템화 된 농업시장을 위해 노력하고 있음
- 카타르 정부는 상기를 충분히 검토해 볼 것으로 사료되기 때문에 사업별 수익과 회수기간 분석결과를 JV 계획에 포함하여 카타르 정부 승인을 받을 것을 권유하고 있음

□ 스마트팜 교육 및 사후관리 방안

- 현재 카타르 지자체 환경부 (MME)에서는 투자청이 투자한 Hassad Food 등을 통해 기술적인 Back-up을 진행하고 있으며, 카타르 과학 및 농업연구소는 원재료 (씨앗 등) 개발에 역량을 집중하고 있고, 정부의 지원을 받아 인재를 육성하고 투자를 통해 자급 자족율을 증가시키고자 노력 중에 있고, 투자청 및 MME의 협조를 받아 충분한 R&D를 통해 신규 농업기술 개발도 추진 중에 있음

□ 기타 - 현지 농업분야 전시회 참가

- 카타르 농식품 전시회 아그리텍(AgriteQ)은 2013년부터 매년 개최되고 있는 전시회로, 현지 관련분야 잠재 파트너와 초기 연락채널 구축에 적합함
- 현지 바이어들과의 관계 구축에는 단순히 이메일을 보다 한번의 대면면담을 가지는 것이 더욱 효과적인 편으로, 전시부스 운영을 통해 제품을 선보이거나, 일반 참관객으로 참가해 바이어 부스를 방문하는 방식으로 사업 홍보 가능

(4) 연구결과

□ 한국형 스마트팜의 쿠웨이트 사업화 전략

- 한국형 스마트의 수출을 위하여 쿠웨이트 농업현황, 기상 및 작물재배 현황, 시장, 정책을 조사하여 사업화 전략을 수립함

- 전체 국토의 약 0.6%에 해당하는 약 10,600ha의 경작지로 국민들이 소비하는 과일과 채소에 대한 수요 증가를 맞추지 못해 대부분의 농산물을 수입에 의존하고 있음.
- 쿠웨이트에서 생산하는 농산물의 종류는 오이, 가지, 파프리카, 토마토, 호박, 딸기, 감자 등으로 제한적이며, 토양은 유기물 함유량이 적어 영양소 보유능력이 낮고 수분 보유 능력이 떨어져 과일과 채소의 생산능력이 낮음.
- 관개에 필요한 천연 수자원이 미미해 대부분의 물은 전기를 많이 소비하는 담수화 플랜트에서 생산됨
- 국내 농부들은 전기 보조금이 없기 때문에 그 비용을 감당할 수 없는 농업인들이 많음
- 따라서 혹독한 기후 조건과 취약한 물과 토양 자원은 쿠웨이트의 농업 부문이 직면한 주요 제약 조건임.
- 정부가 지원해주는 국내 및 해외 프로젝트가 수행되고 있지는 않지만, 총 10,600 ha의 토지 면적 경작을 위해 지역 회사에 분배되고 있으며, 기업들의 참여를 기대하고 있음
- 쿠웨이트는 사막 지형에 위치하며 고온건조하고 여름이 길며 겨울은 짧은 대륙성 기후이며, 샌드스톰은 여름 동안 종종 발생하고, 여름 최고 기온은 50°C 이상 도달하며, 겨울은 짧으나 18°C에서 0°C로 따뜻함
- 겨울의 강수량은 불규칙하고 매년 양적으로 차이가 크며, 가을 및 봄철은 기간이 짧음
- 쿠웨이트는 지구 온난화 문제를 해결하기 위한 하나의 해결책으로 통합농업 시스템을 구축하고자 함
- 통합 농업 시스템은 온실 가스 배출량을 줄이면서 천연자원을 효율적으로 사용하고 폐기물을 줄여 농장을 드나드는 자재의 필요성을 줄일 것임
- 통합 농업 시스템 사용은 건강하고 깨끗한 식량 생산의 질과 양을 향상시키며 식품 품목의 수입 의존도를 절감할 수 있음
- 농업기술 전문가들에 따르면 저렴한 비용으로 생산량을 늘리는 등 다양한 장점을 지닌 수경법 농업을 기존 농업방식의 문제점을 극복할 수 있는 대안 방법으로 보고 있음
- 쿠웨이트 정부는 농업 분야에 개혁의 필요성은 인지하고 있으나 아직은 구체적인 개발 계획이 없는 상황이며 농업 분야에 대한 정부 관심이 타 분야에 비해 매우 낮은 편임
- 정부가 아닌 민간 기업에서 쿠웨이트 농업의 제약적인 조건을 개선해 농산물 생산을 증진시킬 수 있는 스마트팜 기술 대안이 있다면 적극적으로 내용을 검토하고 적합시 도입할 의향은 있음
- 하지만 외국인 인건비가 저렴해 인력 농업생산이 오히려 경제적인이 점이 크기 때문에 초기 투자비용이 큰 스마트팜 사업 도입이 어려운 것이 현실임
- 쿠웨이트에서 큰 규모를 가지고 있는 농업 관련 민간기업인 Finance Manager Shrief Ahmed Bader Al-den 인터뷰에 따르면 "쿠웨이트 농업시설에서 최고의 관심기술은 온도 조절 기술과 자동급수 시스템, 토양과 수자원의 염분농도 문제 해결 등도 주요 과제라고 생각하며 한국의 스마트팜 기술에 대해 관심이 많고 정보를 원하고 있음
- 쿠웨이트에는 아직 스마트 팜을 위한 적절한 국제 비즈니스 모델이 없으나 K-farm과 같이 토지를 개발하고 막대한 양을 생산하여 지원하고 자급자족을 채우는 비즈니스 모델이 될 수 있다면 가능성은 충분히 있어 보이며, 지리적으로 쿠웨이트에 인접해 있는 농업국가인 인도와 스리랑카는 중동과 쿠웨이트의 스마트 농장으로 진출하려는 노력하고 있음
- 쿠웨이트는 농업 시장이 매우 열악한 상황이며 생산성 증대를 위한 자연적인 제약 요소 등 해결해야 할 과제가 많으며, 이와 같은 문제점들을 개선해 생산성 증진을 위한 신기술을 도입을 원하는 농업 회사들의 관심은 높으나 스마트팜 기술이나 기업이 공급이 없는 상황임.
- 경쟁 기업이 많이 들어와 있지 않은 현 상황은 국내 기업에 기회가 될 수 있으며, 높은 수요와 관심을 분석해 현지 기업에 맞춤형 상품을 개발하는 접근방법이 효과적일 것으로 판단됨.
- 첨단 농기계 분야 또는 사막의 뜨거운 날씨를 극복할 수 있는 스마트한 기술이 접목된 관개 시스템과 복합

- 환경제어, 염분 농도가 높은 토지와 수질 문제를 개선할 수 있는 토질 정보 기술 분야 유망
- 쿠웨이트 정부는 농업 분야에 개혁의 필요성은 인지하고 있으나 아직은 구체적인 개발 계획이 없는 상황이며 농업 분야에 대한 정부 관심의 타 분야에 비해 매우 낮은 편임.
- 정부가 아닌 민간 기업에서는 쿠웨이트 농업의 제약적인 조건을 개선해 농산물 생산을 증진시킬 수 있는 스마트팜 기술 대안이 있다면 적극적으로 내용을 검토하고, 적합 시 도입할 의향은 있어 보임
- 쿠웨이트는 인건비가 저렴해 인력 농업생산이 오히려 경제적인 이점이 크기 때문에 초기 투자비용이 큰 스마트팜 사업 도입이 어려운 실정임
- 쿠웨이트 시장은 스마트팜 관련 사업 경험이 없는 상황으로 쿠웨이트에서는 기술 운영이나 농장 운영에 미흡할 수 있어 단순 기술이나 시스템 설치 뿐만 아니라 토탈 솔루션을 제공해야 하며 현지 바이어사에도 설치부터 유지보수, 운영 교육까지 제공하는 토탈 서비스를 원함.
- 국내 기업 진출 전략으로 국내와 상이한 중동의 자연적, 문화적 요인들에 대한 이해, 시장수요 파악과, 쿠웨이트 시장에서 원하는 스마트팜 기술에 대해 조사해 그에 맞는 맞춤형 상품을 개발 및 유지보수, 교육까지 토탈 솔루션을 제공해야 하며, 고온 건조한 날씨의 영향으로 급수 및 온도제어 시스템에 대한 관심이 높아 관련된 기술에 집중해 수출상품 개발이 필요함
- 쿠웨이트는 스마트팜 기술이 필수적으로 필요한 상황임에도 불구하고 낮은 인건비, 정부의 관심 및 지원 부족 등 열악한 농업 시장 환경 때문에 스마트팜 관련 사업이 진행이 어려운 실정임.
- 민간 기업들 또한 수요나 관심은 있으나 스마트팜 기술에 대한 정보와 이해가 부족한 상황이며, 쿠웨이트 바이어의 스마트팜에 대한 인식 수준으로는 거래로 진행되기 어려운 실정이며 바이어에게 스마트팜에 대한 정보 제공 및 교육이 필요함.
- 쿠웨이트의 시장 상황을 이해할 만한 국내 스마트팜 기업이 쿠웨이트 현지 농업 기업과 합작으로 쿠웨이트에 스마트팜 관련 시범 사업을 진행해 그 과정과 성공적인 결과를 직접 확인 시켜줄 수 있다면 양자 간의 신뢰를 쌓고 더 나아가 국내 스마트팜 기술이 쿠웨이트 시장에 진출할 수 있는 발판을 마련할 수 있을 것으로 기대됨.
- 스마트팜 사업에 대한 Kuwait PAAFR (Public Authority of Agriculture Affair and Fish Resources)의 Project의 담당자의 의견에 의하면, 스마트 팜에 대한 쿠웨이트 정부의 공공 국제 입찰의 계획은 없으나, 개인 사업자가 외국의 사업자와 JV를 만들어 쿠웨이트 자국의 식량 자족과 인근 국가에 까지 수출을 할 수 있다고 인정되는 사업으로 정부의 지원금과 여러 서비스를 요청한다면, 쿠웨이트 정부는 이에 충분히 검토 해볼 것으로 사료 되고, 사업별 수익과 회수기간 분석은 JV의 계획에 포함시켜 정부의 승인을 받아 보길 바란다고 제안하고 있음

□ 한국형 스마트팜의 카타르 사업화 전략

- 한국형 스마트의 수출을 위하여 농업현황, 기상 및 작물재배 현황, 스마트팜 시장분석, 스마트팜 수출전략, 가격(야채/과일)을 조사하여 한국형 스마트팜의 카타르 사업화 전략을 수립함
- 카타르는 뜨거운 아열대 사막으로 여름에는 날씨가 덥고 습하지만 겨울에는 온화하고 쾌적하며 비가 거의 내리지 않지만 모래 폭풍은 흔하고 수자원의 부족으로 일부 지하수 사용하고 있으나 대부분 해수 담수화 사용
- 온실 기술은 토마토 및 오이와 같은 현지 농산물 재배에 사용하고 있지만 더운 날씨, 물 부족 및 토양 비옥도 문제는 카타르주 농업의 주요 과제임
- 사막 지형에 위치하며 고온건조하고 여름이 길며 겨울은 짧으며, 가끔 비가 내리는 것이 특징인 대륙성 기후이며, 기온은 14°C~42°C 로 겨울은 쾌적하고 건조하며 최대 10°C까지도 떨어지고, 여름은 습하고 후덥지근하며 기간이 길고(6~9월), 가을(10~11월) 및 봄철(4~5월)은 짧은 기간으로 구분됨
- 카타르는 R&D를 통해서 스마트 시스템을 준비 하고 있으며, 현지 기업들은 토지는 보유하고 있으나 사업을 실현할 기술 및 운영 노하우가 부족하여 경험이 풍부한 해외기업과의 R&D 협력 요청함

- 정부도 관심을 가지고 Hassad라는 투자회사를 설립해서 외국 투자도 활발하게 진행하고 있으며, 카타르 투자청에서 100% 투자한 Hassad사는 활발한 투자 사업을 진행하고 있음
- 카타르 농업시설의 변화를 위한 관심기술은 온도 조절 기술과 자동급수 시스템 등이며, 토양의 염분농도 문제해결 등 과제를 해결할 수 있는 한국 스마트팜 기술에 대해 관심이 많고 정보를 원하고 있음
- 스마트팜 비즈니스 모델로는 경작지 내에서 생산성을 높일 수 있는 수직농장 및 첨단 기술을 활용한 스마트 팜 기술 유망하며, 생산성 증대를 위한 스마트팜 모델 및 관련 기자재 제안 가능하며, 농업기술 분야 연구개발(R&D) 협력을 필요로 하고 있으며, 스마트 팜 전 단계시스템을 활용해서 운영 중인 회사는 있음
- 카타르 정부는 농업 분야에 개혁의 필요성도 인지하고 있고, 투자청등을 통해 자회사도 세워서 구체적으로 진행하려고 하고 있어 외국회사들의 진입이 수월할 것으로 판단됨
- 카타르 정부와 투자청은 정부+민간 기업의 협력 형태로 시스템화 된 생산 시스템을 구축하기 위한 노력을 추진하고 있음
- 정확하게 스마트팜 관련 사업 경험이 있지는 않지만 현재 자동화를 위해 노력하고 있으므로 카타르 시장에서 원하는 스마트팜 기술에 대해 조사해 그에 맞는 맞춤 상품을 개발 및 유지보수, 교육까지 토털 솔루션을 제공하는 방법을 고려해봐야 함.
- 상기를 토대로, 국내의 첨단화되고 경제적인 솔루션을 제공 할 수 있다면 카타르는 스마트 농업에 대한 관심을 가지고 지속적으로 진행 가능할 것으로 판단됨
- 카타르 정부는 스마트 팜에 지대한 관심을 보이고 있으며, 해외의 우수한 기술들을 접목시키고 교육 훈련 등을 통해 노력하고 있음
- 카타르 정부는 사업별 수익과 회수기간 분석, JV의 계획, 수립하여 정부의 승인을 받아 보길 바란다고 제안하고 있음

3.7. 스마트팜 K-Plant 수출 모형 검증

가. K-Plant 수출 모형 매뉴얼 작성

(1) 개요

- 한국형 스마트팜 K-Plant 수출 모형을 보급 및 수출하기 위하여 K-Plant 수출 모형을 설계하는데 필요한 요소기술을 정리하여 온실 기술자 및 사업자가 참고할 수 있도록 작성하였음

(2) 접근방법

- K-Plant 설계운영 매뉴얼은 그간 연구하여 개발한 K-plant에 대한 개념 정의, K-plant 수출 모형, 핵심 기술, 권역별 수출모형 온실구조, 에너지 설비, 복합환경제어시스템, 관수관리시스템, 재배시스템 등 설계에 필요한 기술내용을 포함하여 작성함
- K-Plant 수출모형 요소기술 검증을 위하여 Farm8에 테스트 베드를 설치하여 요소기술 검증 계획 수립하여 i-FDSS, 양액재이용장치, 지열시스템 등의 효율을 검증 중에 있음

(3) 연구결과

(가) 수출모형 K- Plant 설계 및 운영 매뉴얼 작성

① K- Plant 개념 정의

- 한국형 스마트 팜[우리나라의 농업 및 시설, 기후 등의 조건에 최적화되고 시설, 자재, 설비 등을 국산화하여 높은 생산성과 경쟁력을 갖춘 스마트 팜] 온실 및 관련분야의 수출을 위한 핵심기술, 전략을 제시하기 위한 개념 및 정의

□ K-Plant 정의

- 한국형 스마트팜 온실 K-farm (H/W: 경량철골온실, 물·에너지설비, 양액재이용설비)에 재배기술, 가공, 저장, 유통관련 시설과 ICT 기반의 지능적 운영관리 플랫폼(S/W)을 패키지화한 한국형 스마트팜 수출 모델 및 브랜드를 의미함





[그림 2-167] K-Plant 수출 모델

□ K-plant 기술 범위

- 한국형 온실
 - 경량철골 Smart Farm, Water & Energy Saving, Automation, Fertilizer circulation technology
 - 원격제어, 복합환경제어, 정밀 생육관리
- 보급형(비즈니스) 모델
 - 농가용 온실 및 기업형 온실, 공동운영(공동자재구매, 공동생산, 공동판매 등)과 수직 계열화된 체인점, 스마트팜 교육, 창업컨설팅 등 포함
 - 초기 가동 후 일정기간 (예: 3년) 동안 생산자립화를 도모하기 위한 재배, 경영컨설팅(주기적인 전문인력 파견 및 현장지도)
- 지능형 운영관리 플랫폼
 - AI기반 통합관제시스템 : 환경제어, 수요기반물관리, 양액재이용관리, 에너지관리, 에코솔루션

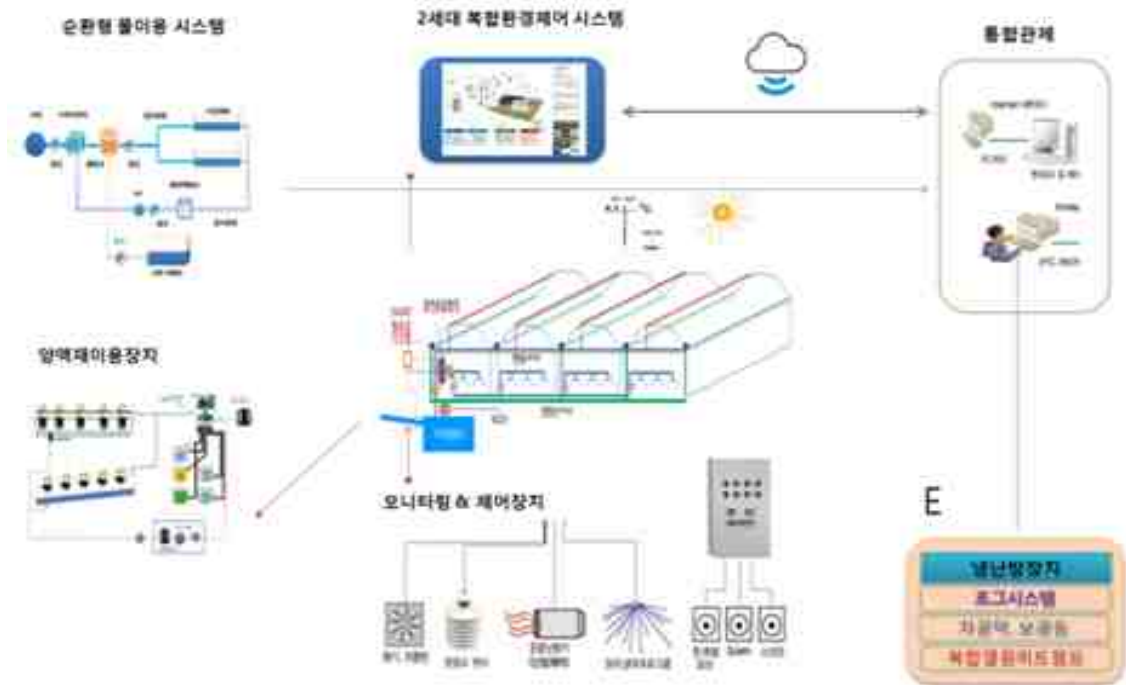
□ 한국형 스마트팜 K - Plant 시스템 구성

- 한국형 스마트팜, 지능적 운영관리 플랫폼, 비즈니스 모델로 구성됨

K - 스마트팜	세부 시스템 내역
한국형 스마트팜 (H/W)	< 온실구조 >
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 포스멕 소재의 경량철골온실 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>[그림 2-168] K-스마트팜 플랜트 구상도</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>[그림 2-169] 표준온실 설계도</p> </div> </div>
	< 부대시설 >
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물공급 : 수요기반 물공급제어, 양액재이용 ○ 에너지 : 지하수 겸용 지중열교환시스템, 수열히트펌프&축열조 ○ 자동화 : 작물재배공정 자동화, 수확자동화

K - 스마트팜	세부 시스템 내역
지능적 운영관리 플랫폼 (S/W)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 환경제어, 시기반 재배관리, 순환형물관리&양액재이용관리, 에너지관리, 에코솔루션(자재, 설계도면 등) ○ GS1 기반 농산물 생산, 가공, 유통, 판매 이력 관리
비즈니스 모델 (BM)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기업형 스마트팜 단지 모델 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Smart farm Innovation center</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Glass type Greenhouse Complex(10ha)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Smart farm remodeling Project</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Plastic green house complex model</p> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> ○ 농가형 스마트팜 모델 <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>

○ 기존 스마트팜 온실의 효율성, 생산성, 환경성의 한계를 극복하기 위해 WEAFF 기반의K-farm과 지능형 의사결정서비스 시스템(i-FDSS)을 탑재한 스마트팜 수출 모형

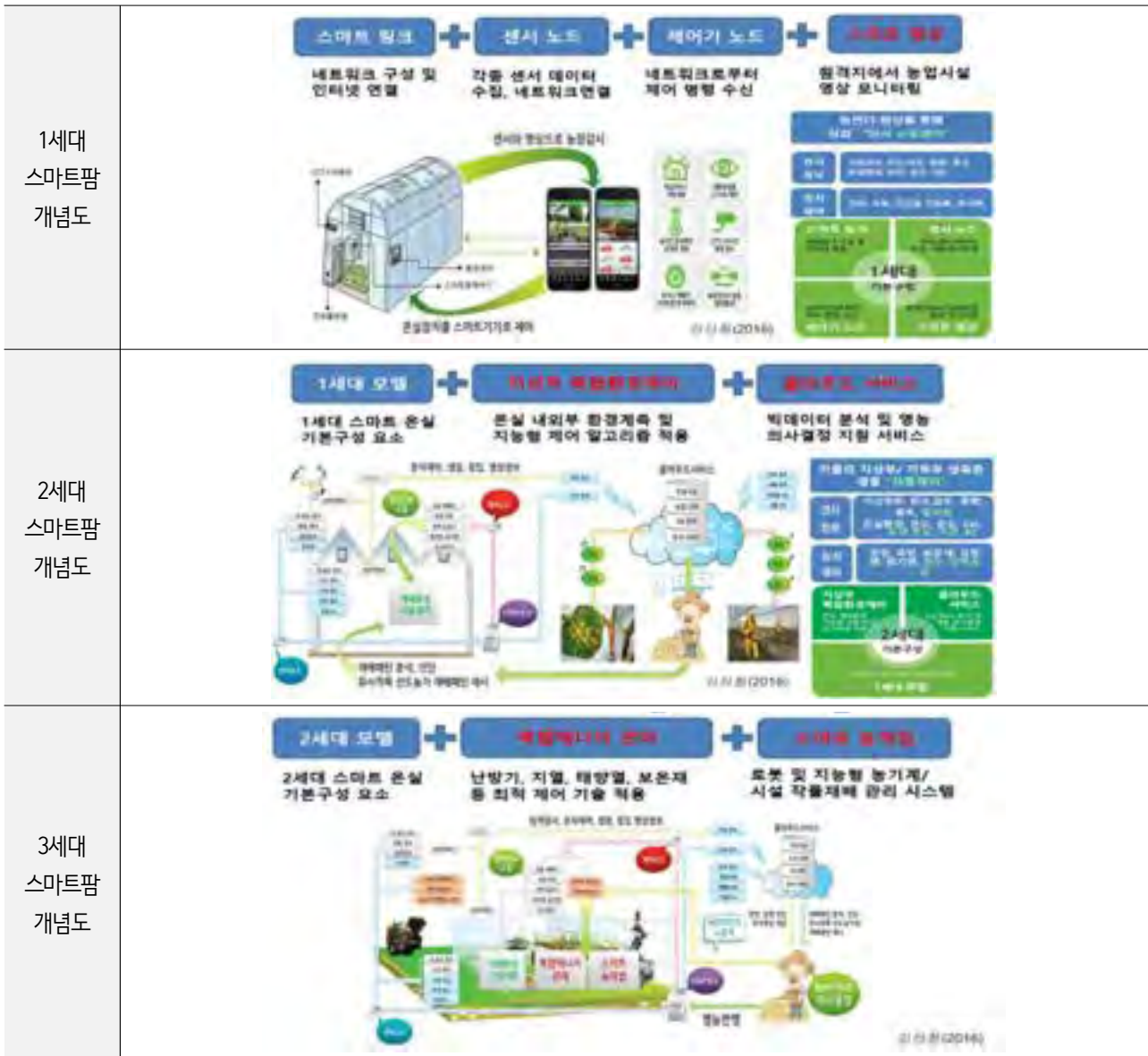


[그림 2-170] 한국형 스마트팜 K-Plant 2세대 수출 모형 개념도

□ 스마트팜 온실 세대 정의 (농과원, 김상철)

구분	1세대 스마트팜	2세대 스마트팜	3세대 스마트팜
정의	스마트 링크(인터넷), 센서 노드, 제어기 노드, 스마트 영상으로 구성	1세대 모델에 복합환경제어와 클라우드서비스(빅 데이터 분석)에 의한 영농의사결정으로 구성	2세대 모델에 최적 에너지 관리와 로봇 농작업 등 구성
목표	편이성 향상	생산성 증대 지능화	자동화
핵심 기술	인터넷 연결, 원격감시 간편제어	생체계측, 생육제어 지능제어	로봇 자동화 무인화

개념도



□ 세대별 스마트팜과 스마트농업의 개념

구분	1세대	2세대	3세대	4세대
표준모델 개발시기 (대표품목)	2016년 (비닐하우스, 유리온실)	2018년 (토마토)	2020년 (토마토)	2029년 전후
의사결정 (제어)	관리자 (사람)	컴퓨터 (환경관리)	로봇 (생산관리)	CPS (무인화)
목표(효과)	편이성 향상	생산성 향상	플랜트 수출	미래식량생산 시스템
주요 기능 (성능)	원격 모니터링 + 제어	지능형 데이터 분석/정밀생산 관리	에너지 최적화 농작업 자동화	수요 맞춤형 농산물 공급 시스템
기술 개발내용	기존 농업기술 + ICT 적용 모델화	1세대 + 빅데이터 및 정밀 생육관리 적용	2세대 + 로봇, 무인, 지능형 통합제어	3세대 + 미래형 식량생산기술
대표기술 (예시)	스마트폰 원격제어	빅데이터 이용 생육관리S/W	지능형 로봇농장	폐쇄생태계 우주농장

□ 스마트농업 4.0

구분	1.0	2.0	3.0	4.0
주요 특징 (성능)	관행 농업생산 시스템	데이터기반의 자동화 생산시스템	인공지능과 로봇기반 자동화생산 시스템	생산+유통 소비의 농업 전반의 지능화 및 자동화 ※ Industry 4.0 개념
세대별 개념과의 비교	~1세대 초기단계	1~2세대 기술단계	2~3세대 기술단계	2~3세대 생산기술 + 유통·소비 자동화
대표기술 (예시)	관행 시설원예	2세대 스마트온실	3세대 스마트온실	3세대 스마트온실 + 자동화 유통·소비 시스템

□ K-plant 유형 구분

유형구분	개념
보급형 스마트팜	한국형 경량철골온실(Water-Energy-Fertilizer)에 복합환경제어 (GIGA팜, 마그마) 장비를 적용한 수출 모형
지능형 스마트팜	한국형 경량철골온실에 지능형 복합환경제어 시스템 (i-FDSS+GIGA팜,마그마)을 적용한 수출 모형

□ 설계방향

- 수출 권역 구분
- 재배 작물별 설계
- 권역별 현지 시설온실 형태 및 재배시스템의 업그레이드
- 보급형 스마트팜을 기반으로 K-plant 핵심기술의 테스트베드를 거친 개발성과를 작물별 권역별로 현지 맞춤형으로 설계

□ 스마트팜 온실 도입효과

- 시설현대화와 스마트팜 설치, 전문가 컨설팅을 통한 생산성 향상



적용사례 : 화순 토마토 (연동하우스 1.3ha)

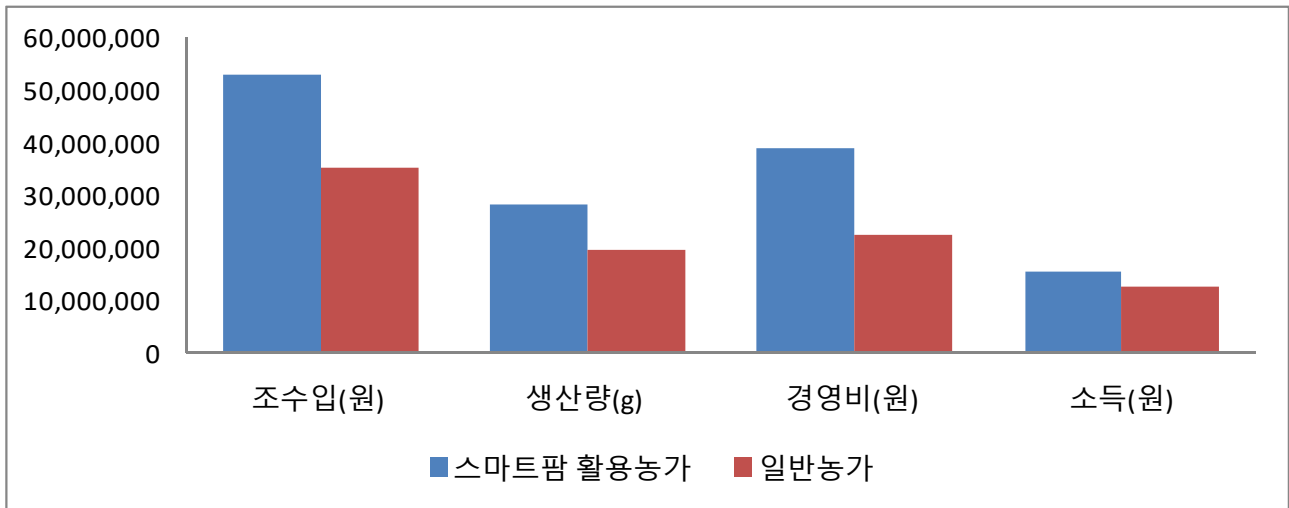
- 생산량 증가 : (전) 65kg/3.3㎡ → (후) 101 kg, 55% ↑
- 노동력 절감 : (전) 8시간/일 → (후) 4시간/일, 50% ↓
- 에너지 절감 : 35%

□ 토마토

- 토마토 재배 스마트팜 도입 농가의 수익성 분석
 - 3.3㎡당 수량(kg)은 평균적으로 94kg으로 일반농가(65kg) 대비 45% 증수
 - 10a당 경영비는 39,117,763원으로 일반농가(22,434,467원)에 비해 174% 많음
 - 10a 당 소득은 15,382,921원으로 일반농가(12,789,913원)보다 20% 많음
 - 소득률은 29%로 일반농가(36%)보다 7% 포인트 적음

[표 2-137] 토마토 재배 온실 유형별 스마트팜 설치농가의 수익성 비교

구분	스마트팜			소득자료 (D)	비율		
	유리(A)	비닐(B)	평균(C)		A/D	B/D	C/D
조수입	58,148,438	47,812,500	52,980,469	35,224,380	1.65	1.36	1.5
생산량	31,013	25,500	28,256	19,569	1.58	1.3	1.44
수량(kg/3.3㎡)	103	85	94	65	1.59	1.31	1.45
가격(원/kg)	1,875	1,875	1,875	1,800	1.04	1.04	1.04
중간재비	34,358,165	26,016,069	30,187,117	17,930,782	1.92	1.45	1.68
경영비	45,540,708	32,694,819	39,117,763	22,434,467	2.03	1.46	1.74
소 득	16,222,887	14,542,956	15,382,921	12,789,913	1.27	1.14	1.20
소득율(%)	28	30	29	36			

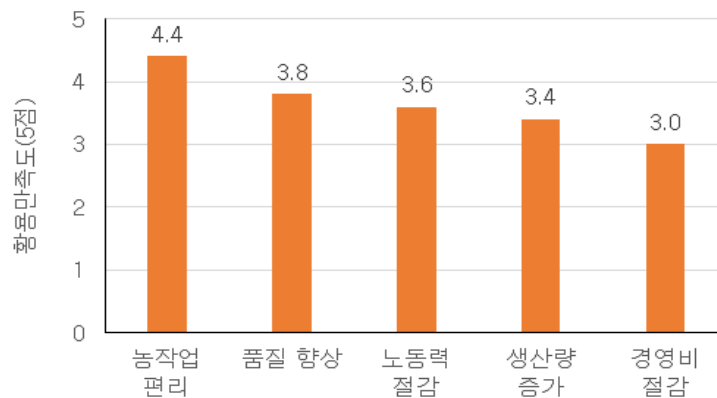


[그림 2-171] 스마트팜 도입 농가와 일반농가의 경영성과 비교

□ 딸기

○ 딸기 스마트팜 도입 후 경영변화

- 만족도: 작업편리 > 품질향상 > 노동절감 > 생산량 증가 > 비용절감



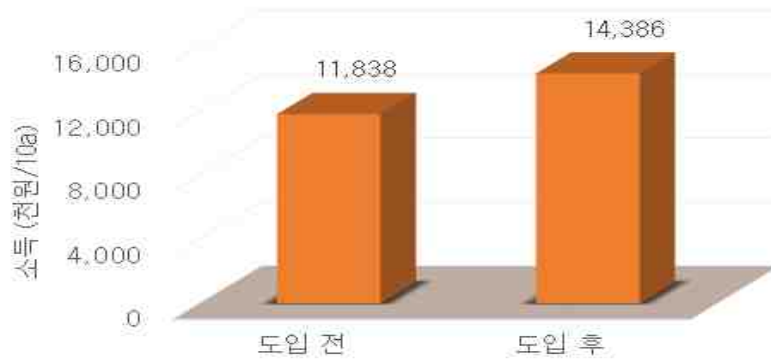
○ 딸기 스마트팜 도입에 따른 등급 변화

구분	특	상	보통	합계
도입 전	51.9	30.0	18.1	100.0
도입 후	54.1	31.7	14.2	100.0

※ 딸기 빅데이터 수집농가의 딸기 판매자료를 활용하여 분석했음.
조사 대상 농가의 모든 면적이 스마트팜이 아닌 경우에는 일부 추정값을 사용함.

○ 딸기 스마트팜 농가의 경영성과

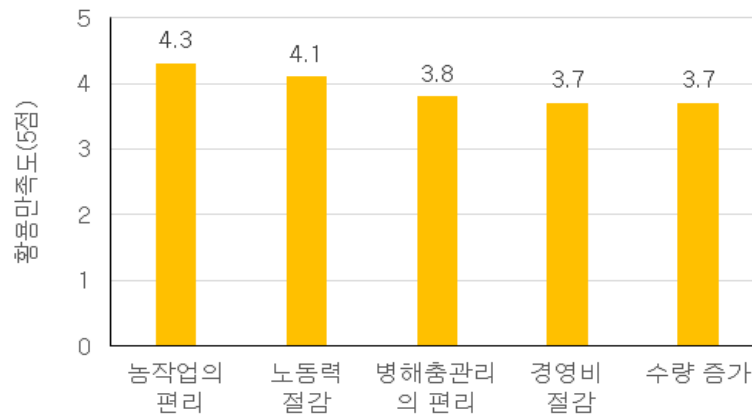
- 스마트팜 도입 후 소득은 도입 전에 비해 21.5% 늘었는데, 이는 특품 생산 비율 증가로 kg당 판매가격 22.6% 증가했기 때문임.



□ 참외

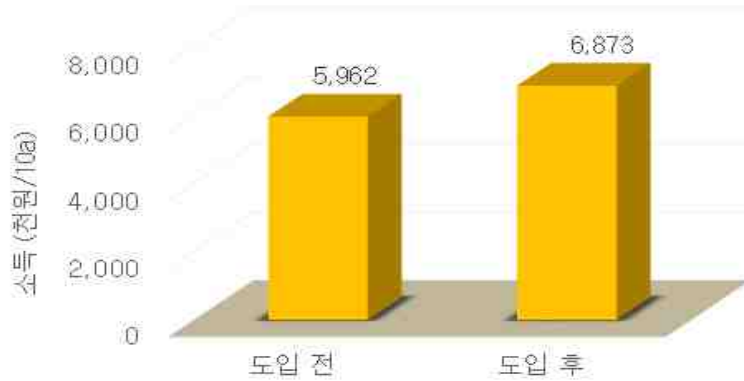
○ 참외 스마트팜 도입 후 경영변화

- 만족도 : 작업편리 > 노동절감 > 병해충관리의 편리 > 비용절감 > 수량 증가



○ 참외 스마트팜의 경영성과

- 스마트팜 도입 후 소득은 도입 전에 비해 15.3% 늘었는데 이는 수량이 9.6% 높아지고 kg당 판매가격이 9.8% 증가했기 때문임.



○ 스마트팜 도입 후 총수입의 변화

구분	생산량(kg/10a)	판매가격(원/kg)	총수입(천원/10a)
도입 전(A)	3,900	2,329	9,083
도입 후(B)	4,273	2,557	10,925
대비(B/A)	109.6	109.8	120.3

① K-plant 수출 모형

- 적용기술의 차별성을 토대로 세대 및 단계별 개발성과를 따라 현재 적용가능한 보급형을 기본으로 지능형모델로 발전시키면서 테스트베드와 실증을 통한 수출모형을 설계
- 경량철골 온실에 순환형 물공급기술 및 에너지 관리기술 등을 적용한 온실에 센서, IoT, 빅데이터, AI, 클라우드 기반 통합관제시스템을 적용한 지능형 스마트팜 시스템

온실 표준모형

- 온실 자동화공정
- 병행재배, 수경재배
- 물순환이용 기술
- 다중에너지이용 기술

전공목표
생산공급

온실실제 요소기술

경량철골온실 적용

- POSMAC 소재 하이브리드형 온실 모형

순환형 물이용 절수기술

- 순환형 물공급 기술: 센서기반 근권부 수요예측, 양액 재이용기술, ICT 자율형 물공급 제어
- 에너지 절감 기술: 다중수열 히트펌프시스템

에너지 절감 기술

- 다중수열 히트펌프시스템 성능 검증

친환경 재배 기술 및 자동화

- 수경재배 자동화 공정 검증(노동력 절감 기술)
- 하이드로 포닉스 재배기술 검증(품질, 수량)
- 미생물 이용 재배기술 생산성 검증

- 다양한 수자원 이용 물공급, 양액재이용, 근권부 관수 기술, 다중수열원 히트펌프 및 열병합발전 기술, 미생물 이용 친환경 재배



□ K-plant 적용기술의 차별성

발전단계	1세대	1.5세대	2세대	3세대	차별성
지향목표	편이성 향상	생산성 증대		자동화	글로벌 수출
스마트팜 기술범위	원격감시 간편제어	인터넷 연결 원격감시 온실환경제어 (F)	생체계측 생육제어 WEF통합제어	생체계측 생육제어 WEF통합제어	한국형모델,모듈 글로벌 표준
	ICT 인프라 : 인터넷, 통신, 클라우드 인프라, 스마트폰, 테블릿, PC				
스 마 트 팜 적 용 기 술	수출온실 표준구조	포스멕 소재 경량철골온실, 일체형 천창개폐장치 양액재이용(UV, 플라즈마), 근권부 관수 난방시설, 스크린, 유동팬, 보광등			내구성, 가성비
	피복재	유리, PO필름, 불소필름			내구성
	물공급	정수장치 도입, 빗물이용 온실 물순환시스템 센서기반 수요예측, 물공급량 관리			물관리자동화
	에너지 공급	다중열원(지열, 공기열, 수열)히트펌프 + 축열조 가스보일러, GHP, 열병합발전			에너지관리 시스템
	온실 환경 제어 (F)	1,5세대 보급형 환경제어	양액 제어 : EC/pH, N/P/K 등 16가지 원소 온실 제어 : 천창, 축창제어, 스크린 관수 제어 : 근권부 관수, 드리퍼, 관수밸브 개폐		양액재이용 친환경성
		2세대 지능형 환경제어	1,5 세대 + i-FDSS(Intelligent Farming Desion support system) + WMS (Water Management System) + EMS (Energy Management System)		WEF i-FDSS
		3세대 지능형 환경제어	1,5 세대 + CAS (cultivation automation System) + 육묘, 재배공정 자동화		WEAF i-FDSS
센서 장비	영상 : 카메라, 녹화기 실내센서 : 온도, 습도, 토양온도, 습도, EC 기상센서 : 온도, 습도, 풍향/풍속, 일사 통신라우터 : Lpwa 무선라우터, FTP			글로벌 표준화	
재배시설	행잉거터재배, 양액공급설비, 제습기, CO2공급기, 훈증기, 무인방제설비, 수확 물 자동이송설비, 양액재순환 시설, 육묘장, 선별장, 방충망, 원수 정수/여과설 비,			딸기, 토마토, 파프리카, 상추, 화훼류	

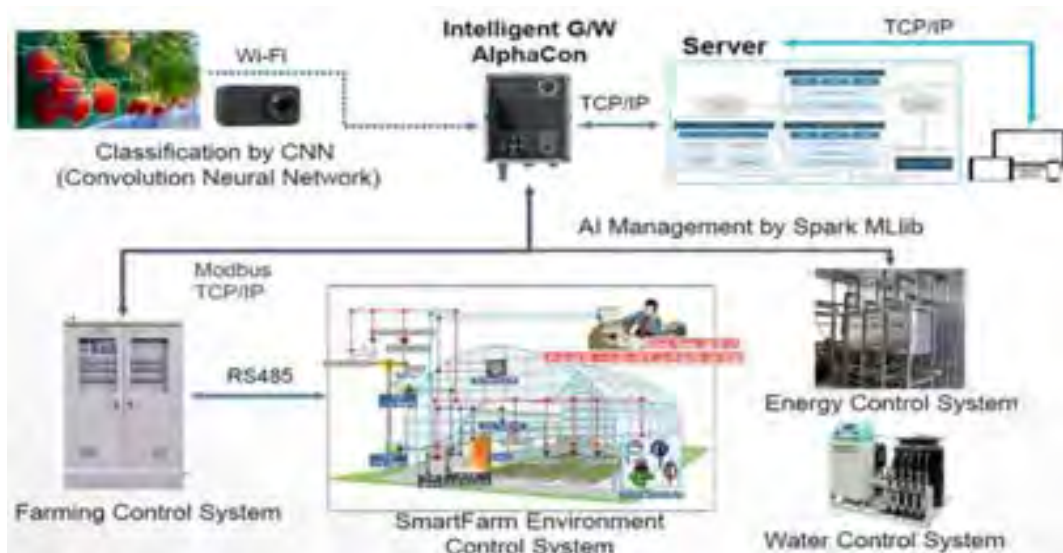
□ K-Plant 통합 관제시스템

- 센서, IoT, 빅데이터, AI, 클라우드 기반으로 온실을 운영관리하기 위한 K-Plant 운영관리 시스템으로 물관리, 에너지 관리, 재배관리, 수확후 관리 등을 통합관리



○ i-FDSS 서비스 시스템

- 딸기 대상으로 머신러닝, AI를 활용하여 생육관리 시스템 개발



- 복합 환경제어 시스템

○ 기존 시스템

- [기능] 모니터링 : 온실내외부 기상센서, 토양수분센서, 일사, CO₂
- [제어] 천창, 측창, 스크린 개폐, 양액재순환기+WMS+EMS

[특징] 확장성 : 1.5 모델에 i-FDSS + WMS + EMS 연결하여 통합환경제어 환경성 : 양액재이용으로 환경오염 방지

[구성] 온실환경제어시스템 + 양액재이용장치 + i-FDSS + WMS + EMS



[그림 2-172] K-Plant 1.5세대 환경제어시스템

○ 지능형 시스템

[기능] 모니터링 : 온실내외부 기상센서, 토양수분센서, 일사, + [물, 에너지].CO2

[제어] 천창, 측장, 스크린 개폐, 양액재순환기+WMS+EMS

[특징] 확장성 : 1.5 모델에 i-FDSS + WMS + EMS 연결하여 통합환경제어 환경성 : 양액재이용으로 환경오염 방지

[구성] 온실환경제어시스템 + 양액재이용장치 + i-FDSS + WMS + EMS

③ K-plant 권역별 수출 모형

- 수출 타겟을 기후 및 특성에 따라 권역별로 구분하고, K-plant 기술 및 선진 기술을 냉난방 분야를 중심으로 적용하여 수출 모형을 설계

□ 권역별 특성

권역	국 가	기 후	자 원	비 고	
중동	쿠웨이트, UAE (이라크, 시리아, 오만, 레바논, 이라크 등)	•사막지대, 건조하고 무더움 •일사량 강	•수자원 부족 •화석연료 풍부	•염수 제거용 정수기 •냉방 비중 큼	
동남아	미얀마, 베트남 (라오스 말레이시아, 태국 등)	•열대, 아열대, 온대 기후 •연중 강수량 많음	•지하수 풍부	•냉방 비중 큼	
CIS	카자흐스탄	•대륙성기후(건조) •겨울 춥고, 여름 더움	•지하수 충분하나 석회수 •화석연료 풍부	•석회수 정화용 정수기 •냉방 필요성 커지고 있음	
	우즈베키스탄	•연중 온화, 건조			
	투르크메니스탄	•여름 덥고 건조, 겨울 춥고 건조			
러시아	내륙	•대륙성기후 •한랭, 일사량 부족	•지하수 충분 •화석연료 풍부	•가스 이용 난방 중요 •일사량 보안을 위한 보광등	
	코카서스	•해양성 기후 영향			
동북아	몽골	•건조하고 연교차 큼 •겨울 아주 추움	•수자원 부족	•매우 다양한 기후 •특정 열원설비 선정 곤란 •현지 여건 조사 필수	
	중국	동북	•고산기후, 건조 기후		
		남부	•온난		
	일본	동부	•해양성 기후		
		일본해측	•무더위, 폭설		
	한국	중앙고지대	•여름 서늘		
		태평양측	•온난건조, 여름 서늘		
한국		•여름덥고, 비 많고, 겨울 춥고 건조			

□ 권역별 기후분석

권역	중점수출 대상국	기온 (최고~최저)				온도 편차 ℃
		일 평균 최저기온℃	일 평균 최고기온℃	일 평균 강수량mm	평균 강우일수(일)	
동북 아시아	중국 (베이징)	11~3월 -0.4~-6.9	4~10월 19.0~30.3	6~8월 71~182mm/월	연중 고르게 분포 6~9월 9~1일/월	10.3
동남 아시아	베트남 (하노이)	1~12월 13.7~26.1	1~12월 19.3~32.9	1~12월 71~152mm	건기: 11~4월 6.0~15일/월 우기: 5~10월/월 13.7~15.7일/월	10
CIS & 러시아	우즈베키스탄 (타슈켄트)	11~3월 -3.1~4.2	4~9월 21.8~35.7	6~9월 2.0~7.1mm 10~5월 32~63mm	6~10월 1.9~5.1일/월 5~10월/월 10.2~13.8일/월	13.9
	카자흐스탄 (알마티)	11~3월 -2.4~11.1	4~9월 15.9~29.7	4 - 5 월 104.0~109.0mm 6~3월 27~59mm	4~5월 20.0~20.4일/월 5~10월/월 6.3~15.7일/월	13.8
	러시아 (상트페테르부르크)	10~4월 0.6~10.7 5~9월 6.5~13.9	5~9월 14.5~21.9 10~4월 -5.1~8.1	연중 고르게 분포 31~81mm	연중 고르게 분포 7~12일/월	6.4
중동	쿠웨이트 (알루와이스)	1~3월 15.3~18.1 4~12월 21.7~30.7	4~12월 15.3~18.1 4~12월 22.9~37.0	5~10월 0.0~0.2mm 11~3월 12.2~20.2mm	5~10월 0~0.1 11~4월 0.8~2.7	14.1

□ 권역별 가능기술검토

대륙 별 국가 분류		권역 특징	적용가능 기술
아시아	동북 아시아 중국, 한국, 일본	사계절이 뚜렷, 수자원 풍부하나 화석연료 지원 부족	경량철골온실, 복합환경제어 정수형 물순환이용기술, 친환경 양액재이용 다중열원(공기열, 지열)히트펌프
	동남 아시아 베트남, 말레이시아, 인도네시아, 필리핀, 태국, 캄보디아 외	1년 기후가 일정하며, 수자원 풍부, 냉방이 관건	경량철골온실, 복합환경제어 물순환이용기술 친환경 양액재이용 패시브형 (차단막, 수막) 제체
러시아 & CIS	러시아	화석 연료 지원이 풍부 난방이 관건	경량철골온실, 복합환경제어 정수형 물이용기술, 친환경 양액재이용 다중열원(공기, 가스)히트펌프, 열병합발전
	카자흐스탄 우즈베키스탄 우크라이나 외	화석 연료 지원이 풍부 특히 LNG 매장량이 많은 냉난방 필요	경량철골온실, 복합환경제어 정수형 물이용기술, 친환경 양액재이용 다중열원(공기)히트펌프, 열병합발전
중 동	아랍에미리트(UAE) 리비아, 알제리, 모로코 외	수자원 부족, 화석 연료 지원 풍부, 냉방이 관건	경량철골온실, 복합환경제어 정수형 물이용기술, 친환경 양액재이용 공기열히트펌프, 자생에너지

□ 권역별 적용기술

권역 구분(5개)		국가별 특징	K-Plant 적용 기술				공동시설
			물	에너지	재배	친환경	
동북 아시아	중국 한국 일본	토마토, 딸기, 회색 수요 많음 사계절 뚜렷하여 작물재배 용이 수자원 풍부, 냉난방 필요 지역별 기온 편차가 큼	수자원 부족 정수기술 필요	냉난방 필요 지열 히트펌프 축열조	ICT 기반 생육관리 (2세대)	양액 재이용	경량철골온실 양액재이용 포그+차광막 근권부 냉난방
	동남 아시아 베트남 인도네시아 필리핀, 태국 캄보디아 외	토마토, 딸기, 회색 수요 많음 여열대 기후로 연중 기온 일정, 우기와 건기로 수자원 풍부 습기가 많아 생육 영향 있음	수자원 풍부 정수기술 필요	냉방 필요 포그	ICT 기반 생육관리 (2세대)	양액 재이용	경량철골온실 양액재이용 포그+차광막 근권부 냉방
러시아 & CIS	러시아	유럽 농산물 수입 규제 인근 지역 토마토, 회색 수출 증가 전망, 국산 기온, 화석 연료, 수자원 풍부하나 석회수로 수질정화 필요	수자원 부족 정수, 재이용 기술 필요	난방 필요 가스히트펌프, 열병합발전	ICT 기반 생육관리 (2세대)	양액 재이용	경량철골온실 양액재이용 포그+차광막 근권부 난방 포그등
	우즈베키 스탄 카자흐 스탄 외	토마토, 딸기 수요 많음 겨울철 과일 고가, 러시아 수출 증가, 수자원 풍부하나 석회수로 수질정화 필요 석유, LNG 등 화석 연료 풍부	수자원 풍부 정수, 재이용 기술 필요	냉난방 필요 지하수&지열 에너지	ICT 기반 생육관리 (2세대)	양액 재이용	경량철골온실 양액재이용 포그+차광막 근권부 냉난방
중 동	쿠웨이트 카타르 UAE 외	토마토, 딸기, 회색 수요 많음 수자원 부족하여 해수, 염지하수, 해수재이용 필요 석유, LNG 등 화석 연료 풍부	수자원 부족 정수, 재이용 기술 필요	냉난방 필요 다중열원 히트펌프	ICT 기반 생육관리 (2세대)	양액 재이용	경량철골온실 양액재이용 포그+차광막 근권부 냉방

- K-Plant 권역별 수출모형 구성

권역	수출 모형 시설구성	수출모형의 특징	대상 국가
중동 사막형 온실	유리, 직조필름 피복 포스멕 소재 경량 철골온실구조에 다중차광막, 해수, 하수재이용, 포그, 유통팬, 근권냉방, 수경재배, 양액재이용, 복합환경제어시스템과 물, 냉방 에너지를 통합 관리하고, 외부 차광막을 둔 사막형 온실	다중차광막, 팬엔패드, 포그, 공조기(공랭식, 흡수식 냉동기), 근권냉각, 양액냉각 등 냉각기능을 향상시킨 무가온 냉각 온실	쿠웨이트, UAE, 이라크, 시리아, 오만, 레바논 등
동남아 아열 대형 온실	PO Film, 직조필름 피복 포스멕 소재 경량철골온실구조에, 다중차광막, 지하수이용, 포그, 유통팬, 근권냉방, 수경재배, 양액재이용, 복합환경제어시스템과 물, 냉방 에너지를 통합관리하는 제습장치 적용 아열대형 온실	다중 차광막, 지하수 이용 포그, 유동팬으로 냉방 에너지를 최소화한 온실로 고온다습한 특징을 반영 제습장치 적용한 온실	미얀마, 베트남, 라오스, 말레, 이시아, 태국 등
CIS& 러시아 혹한용 온실	유리, PO Film, 2중 피복 포스멕 소재 경량철골온실구조에, 다중차광막, 지하수이용 수경재배, 양액재이용, 복합환경제어시스템과 물, 열병합장치 이용 난방에너지 통합관리하는 온실로 보광등 적용 혹한용 온실	가스보일러, 열병합발전 설비 적용하여 가스이용 난방을 강화한 온실로 열병합 발전은 전력량 기준으로 최소화하고 부족한 난방열은 가스보일러 등으로 보충하고 부족한 일사량을 보광등으로 보충한 혹한용 온실	카자흐스탄, 우즈베키스탄, 투르크메니스탄, 러시아내륙, 코카서스
동북아 복합형 온실	유리, PO Film, 피복 포스멕 소재 경량 철골온실구조에, 다중차광막, 지하수이용 수경재배, 양액재이용, 복합환경제어시스템과 물과 냉난방에너지를 통합 관리하는 복합형 온실	일본 남부 및 중국 남부는 공기열 및 수열 히트펌프 등으로 냉방을 강화하고 한국, 중국 북부, 몽골은 동절기 추위 대비하여 난방을 강화한 것이 특징으로 북부형(혹한용), 중부형, 남부형(아열대형)으로 구분	몽골, 중국, 일본
공동 시설	포스멕 소재 경량철골온실구조, 양액재이용, 복합환경제어, 차광막, 포그, 유통팬, 수경재배, CO2, 고정/행잉 베드		

□ 권역별 모델특징

권역	국기	모형 구성	기후	기후	특징
중동	쿠웨이트, UAE (이라크, 시리아, 오만, 레바논, 이라크 등)	<ul style="list-style-type: none"> 온실구조: 경향철골구조 유리온실 부속시설: 외내 차광스크린, 유동팬 관수시설: 수경재배, 근권부 관수, 양액시설: 양액재이용 시설 재배시설: 고설재배 냉방시설: 팬엔페이스, 공기열히트펌프 		<ul style="list-style-type: none"> 강수량이 평균 mm로 수자원 부족국가 건조하고 일사량 강한 사막 국가 	<ul style="list-style-type: none"> 염수 제거용 정수기 냉방 비용 큼
동남아	미얀마, 베트남 (라오스 말레이시아, 태국 등)			<ul style="list-style-type: none"> 열대, 아열대, 온대 기후 연중 강수량 많음 	<ul style="list-style-type: none"> 냉방 비용 큼

□ 권역별 적용열원 설비

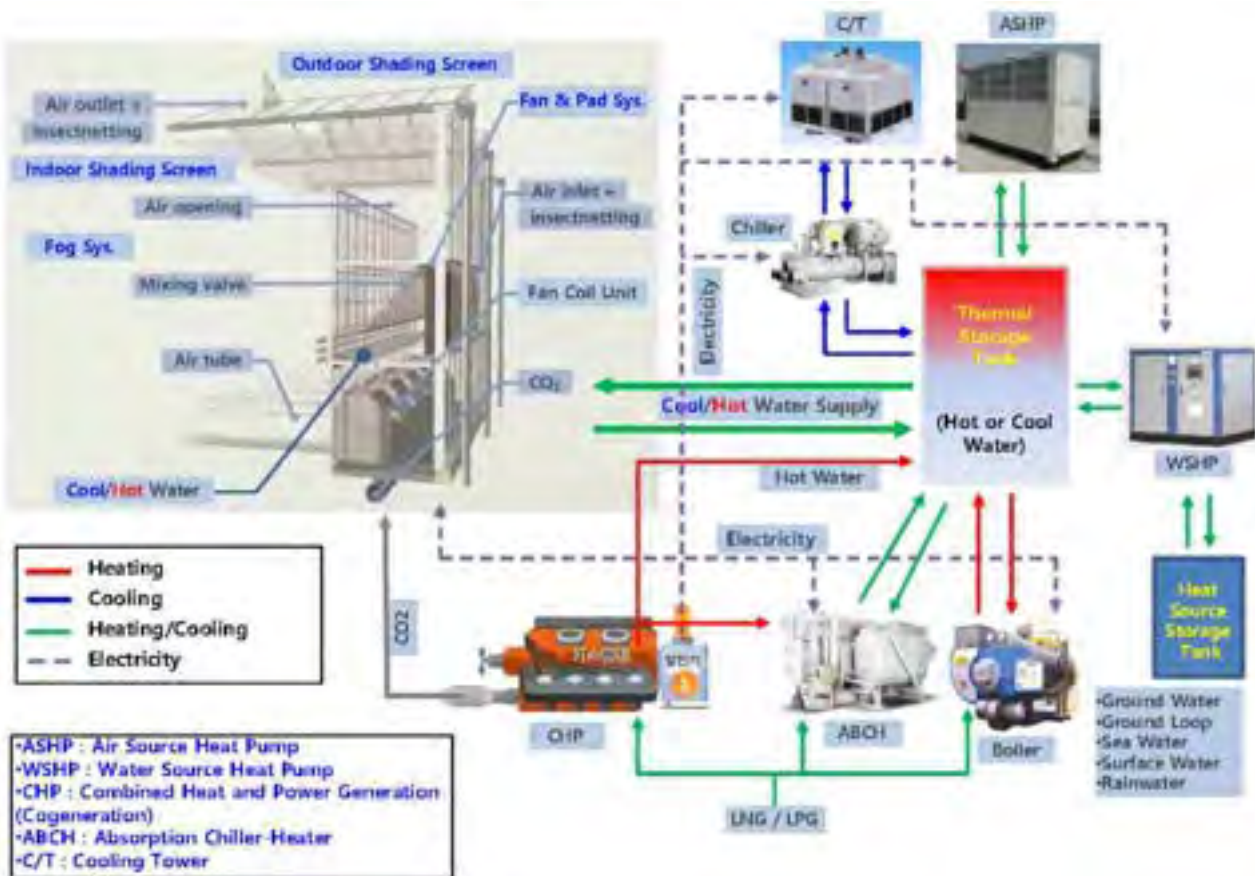
구분	Fan & Pad / Fog	Boiler	ABCH	ASHP (Chiller)	WSHP	CHP	비고
중동	C1			C2	C3		<ul style="list-style-type: none"> 무기온 해안가 해수열원 이용
동남아	C1			C2	C3		
CIS	C1	H1	C3 / H3	C2 / H2		●	<ul style="list-style-type: none"> 보광등 적용시 CHP 유리
러시아	C1	H1	C3 / H3	C2 / H2		●	
동북아	C1	H1		C3 / H3	C2 / H2		<ul style="list-style-type: none"> 외기온 -5°C 이하 ASHP 적용 고려

• C1, C2, C3 / H1, H2, H3 : 냉방 및 난방 적용 순위

□ 냉난방 장치 구성



□ 냉난방 구성 표준



- 동북아시아형
- 동북아시아형



○ 동북아 적용 가능 에너지 기술

COOLING		HEATING	
<p>Passive Cooling</p> <p>Fan & Pad</p> <p>Fog</p>	<p>Active Cooling</p> <p>ASHP</p> <p>WSHP</p>	<p>Boiler</p> <p>·가스공급 인프라 구축 ·가스요금 지원 ·CO2 공급 가능</p>	<p>·냉난방 가능 ·일본 남부, 중국 남부</p> <p>·주간 냉방 곤란하므로 야간냉방 부하에 맞추어 용량 설정 ·근공 냉방 ·난방은 히트펌프 + 보일러 적용</p> <p>·냉난방 가능 ·Ground Water ·Ground Loop ·Sea Water ·Surface Water ·Rainwater</p>

- 동남아시아형
- 동남아시아형



- 동북아 적용 가능 에너지 기술

COOLING		Remark
Passive Cooling	Fan & Pad	<ul style="list-style-type: none"> • 증발열을 이용한 냉방 • 팬과 패드 사이의 거리 30-50m 이상 적용 곤란 • 외기온보다 2-4°C 하강
	Fog	<ul style="list-style-type: none"> • 증발열을 이용한 냉방 • 새우냉방과 공기 순환팬 함께 가동 시 최대 2-3°C 하강
Active Cooling	Chiller 공냉식 수냉식	<ul style="list-style-type: none"> • 대규모 온실 주간 냉방 투자비 과다 • 공냉식, 지하수 및 해천수 이용 수냉식 질러 적용 • 야간 냉방 수행
	근권 냉방	<ul style="list-style-type: none"> • 주간 근권 냉방 • Chiller에 생성한 냉수를 뿌리부분에 공급

- CIS & 러시아형
- CIS & 러시아형



○ CIS 적용 가능 에너지 기술

COOLING		HEATING	
Passive Cooling	Fan & Pad 	Boiler 	<ul style="list-style-type: none"> • 가스공급 인프라 구축 • 가스요금 저렴 • CO2 공급 가능
	Fog 		
Active Cooling	ABCH 	ABCH 	<ul style="list-style-type: none"> • 저렴한 가스를 이용 • 냉난방을 겸할 수 있는 흡수식 냉동수기 • CO2 공급 가능
	CHP 		
		<ul style="list-style-type: none"> • 저렴한 가스 이용 열병합 발전 • 동결기 온수를 활용한 난방 • 하절기 온수 이용 흡수식 냉동기에 의한 냉방 가능 • CO2 공급 가능 	
		<ul style="list-style-type: none"> • 보광 등 설치시 매우 적합한 시스템 • 열병합 발전 시설 적용시 발전용량을 소비할 수 있는 소비처가 있어야 함 	

○ 러시아 적용 가능 에너지 기술

COOLING		HEATING	
Passive Cooling	Fan & Pad 	Boiler 	<ul style="list-style-type: none"> ·가스공급 인프라 구축 ·가스요금 저렴 ·CO2 공급 가능
	Fog 		
Active Cooling	ABCH 	<ul style="list-style-type: none"> ·저렴한 가스를 이용 ·생난방을 겸할 수 있는 흡수식 냉온수기 ·CO2 공급 가능 	
CHP		<ul style="list-style-type: none"> ·저렴한 가스 이용 열병합 발전 ·동굴기 온수를 활용한 난방 ·하절기 온수 이용 흡수식 냉동기에 의한 냉방 가능 ·CO2 공급 가능 	
		<ul style="list-style-type: none"> ·보급 등 설치시 매우 적합한 시스템 ·열병합 발전 시설 적용시 발전용량을 소비할 수 있는 소비처가 있어야 함 	

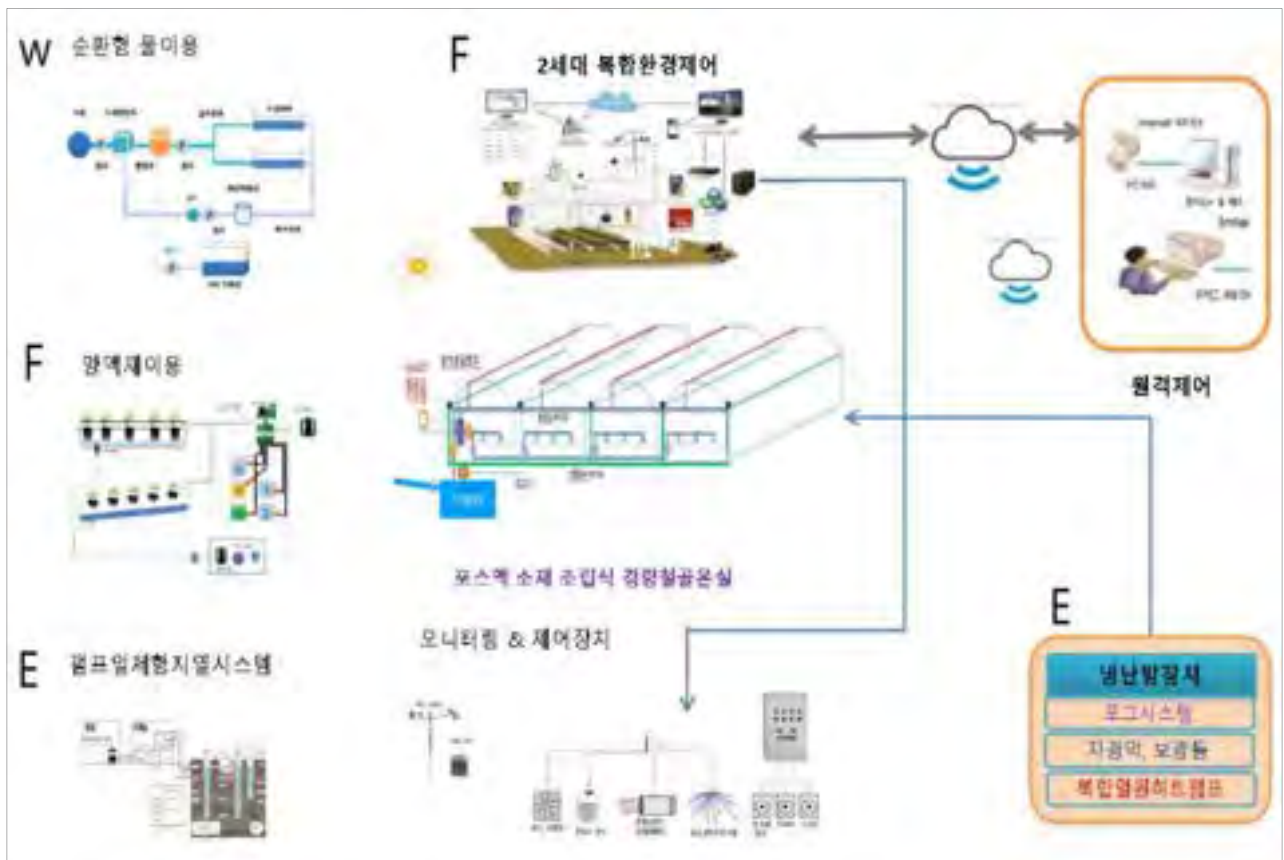
- 중동형
- 중동형



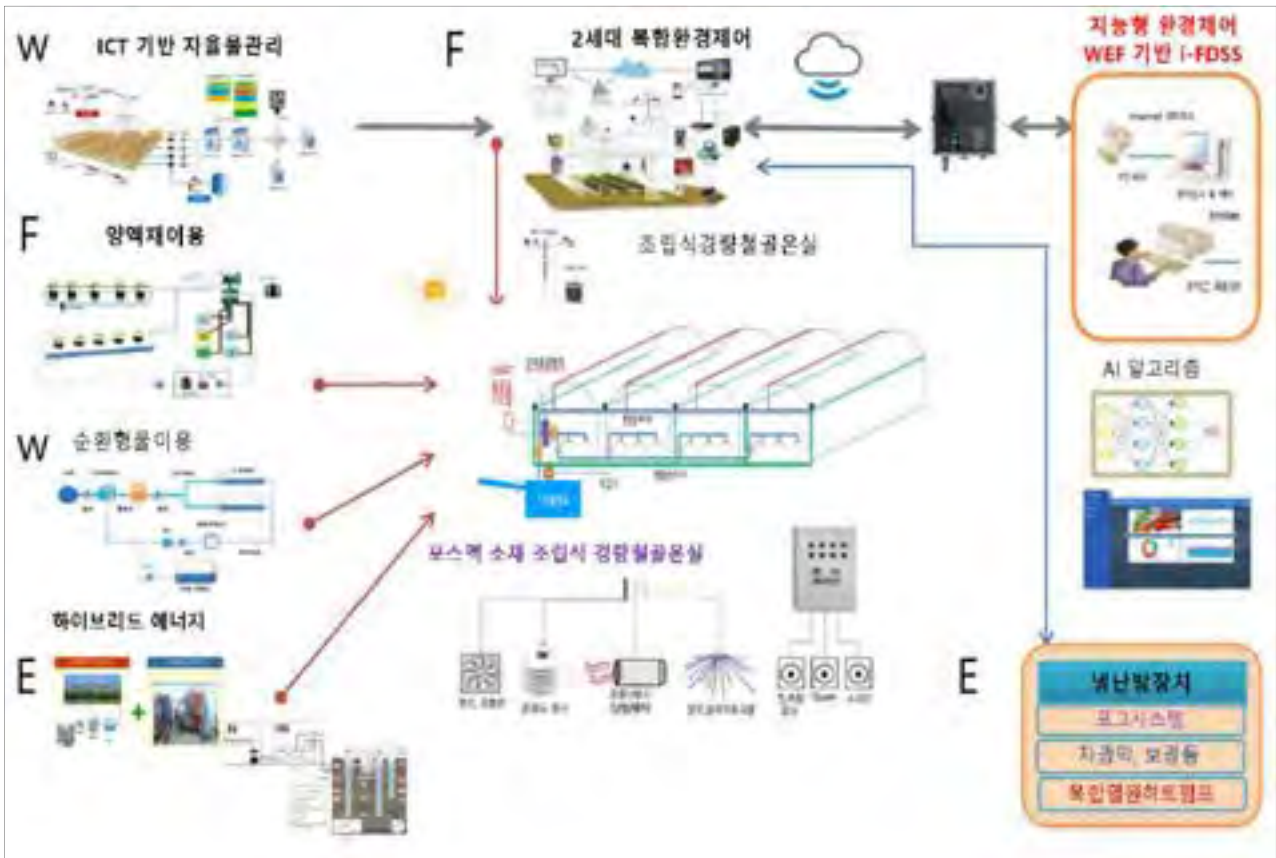
○ 중등 적용 가능 에너지 기술

COOLING		Remark
Passive Cooling	<p>Fan & Pad</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 증발열을 이용한 냉방 • 30~50m 이상 직용 근란 • 외기온보다 2~4℃ 하강
	<p>Fog</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 증발열을 이용한 냉방 • 세무냉방과 공기 순환팬 함께 가동 때 최대 2~3℃ 하강
Active Cooling	<p>Chiller 압축기 흡수식</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 대규모 온실 주간 냉방 투자비 과다 • 가스에 흡수식 냉동기 적용 • 야간 냉방 수행
	<p>근권 냉방</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 주간 근권 냉방 - Chiller에 생성한 냉수를 뿌리부분에 공급

□ 보급형 수출모델



□ 지능형 수출모델



□ 권역별 K-Plant 모형 설정 기본원칙

- 포그, 차광막 등 패시브 시설을 기본으로 이용하고 액티브 시설로 히트펌프, 축열조, 열 병합발전 으로 열원보강 시설 구성
- CO2 설비는 난방방식에 따라 연동 혹은 개별시설
- 재배시스템은 작물, 작형, 지역 및 현지수급여건에 따라 수요자 맞춤형으로 제안 및 설계
- 중동 : 냉방에 공랭식 냉동기, 수열원 히트펌프, 가스 보일러, 흡수식 냉동기, 열병합 발전, 태양광 시스템 이용 가능
- 동남아 : 포그 및 차광막 기준으로 공기, 수열원 히트펌프 시스템 도입
- 러시아 및 중앙아시아 : 가스를 열원하는 가스보일러, 흡수식냉온수기, 열병합 발전 설비의 적용, 열병합 발전은 온실 전력량 기준으로 장비 선정하고 보일러 등으로 부족분 대체
- 동북아시아 : 한국, 일본, 중국, 몽골, 북한, 대만 등 광범위한 기후
 - 일본남부 및 중국 남부의 경우 공기열 및 해수열 히트펌프 적용
 - 한국, 중국 북부, 몽골은 동절기 강추위로 다중열원히트펌프 및 보일러 적용 필요

[표 2-138] 기후 및 자원을 고려한 권역별 냉난방 방식 선정 결과

	국 가	기 후	자원	검토결과	냉난방방식 선정결과	
중동	쿠웨이트, UAE, 카타르등	• 사막지대, 건조하고 무더움, 일사량 강	화석 연료 풍부	냉방 비중 큼	냉방 : 공랭식 냉동기, 수열원 히트펌프, 가스보일러, 흡수식냉동기, 열병합발전, 태양광 이용 가능	
동남아	미얀마, 베트남 (라오스, 말레이시, 태국 등)	• 열대, 아열대, 온대기후 • 연중 강수량 많음	지하수 풍부	냉방 비중 큼	포그 및 차광막 선정하고 부족시 공기, 수열원 히트 펌프 시스템 적용	
CIS	카자흐스탄	• 대륙성기후(건조) • 겨울춥고, 여름더움	화석 연료 풍부	난방 비중 큼	가스보일러, 흡수식냉온수기, 열병합발전 설비적용 용이, 열병합 발전은 온실전력량 기준으로 장비선정하고 보일러 등으로 부족 대체	
	우즈베키스탄	• 연중 온화, 건조				
	투르크메니스탄	• 여름 덥고 건조, 겨울 춥고 건조				
러시아	내륙	• 대륙성기후, 한랭	화석 연료 풍부	난방 비중 큼		
	코카서스	• 해양성 기후 영향				
동북아	몽골	• 건조하고 연교차 큼 • 겨울 아주 추움		매우 다양한 기후 특정열원 설비선정 곤란 현지여건 조사필수		한국, 일본, 중국, 몽골, 북한, 대만 등 광범위한 기후 - 일본남부 및 중국 남부 경우 공기열 및 해수열 히트펌프 적용 - 한국, 중국 북부, 몽골은 동절기 강추위로 수(지)열원 히트펌프 및 보일러 적용 필요
	중국	동북			• 고산기후, 건조 기후	
		남부			• 온난	
		동부			• 해양성 기후	
	일본	일본해측			• 무더위, 폭설	
		중앙 고지대			• 여름 서늘	
		태평양측			• 온난건조, 여름서늘	
한국	• 여름덥고, 비많고, 겨울 춥고 건조					

□ 권역별 K-Plant 수출모형 구성(종합)

○ 전 세계를 5개의 권역으로 나누어 기후, 자원, 국내 기술을 고려하여 모형 구성

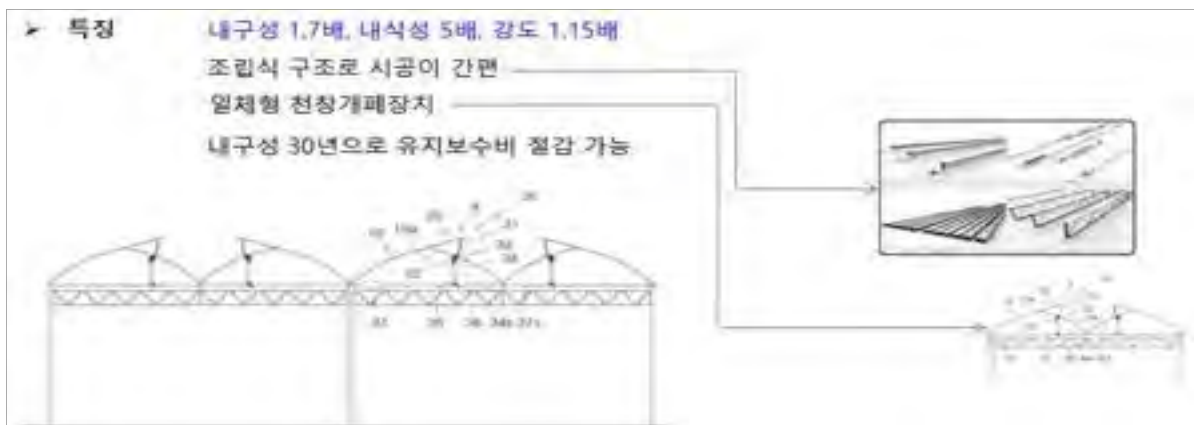
K- Plant 표준 모형		온실 냉난방 장치	
WEF 센서 기반 복합환경제어장비로 온도도, CO2, 토양수분을 모니터링하고 관수, 양액, 천창, 측장, 차광막 등을 제어하여 작물 생육에 적합한 환경을 조성 할 수 있는 스마트 온실		ASHP, WSHP, ABCH 는 독립적 냉난방이 가능하고 Boiler(난), Chiller(냉방)을 수행하며, CHP(발전+난방) + ABC(냉방) 수행함 1)	
[공통시설] 포스멕 온실, 관수, 양액재이용, 복합환경제어, 포그, 근권난방		[적용기술] ASHP, WSHP, CHP, ABCH ABC C/T	
K - Plant 중동 모형		K- Plant CIS & 러시아 모형	
냉방을 위하여 공랭식 냉동기, 흡수식 냉동기, 열병합 발전, 태양광 적용 상기방식은 대규모 온실에 적합하며 소규모는 펜엔패드, 포그 발식 활용		가스 공급 인프라가 잘 발달되어 있어 가스보일러, 흡수식냉온수기, 열병합발전 설비 적용 열병합 발전은 대규모 온실에 적합하며 필요한 전력량을 기준으로 장비를 선정하고, 부족한 열부분은 보일러 등으로 보충	
공랭식 냉동기, 흡수식 냉동기, 열병합 발전, 태양광		가스보일러, 흡수식 냉온수기, 열병합발전	
K- Plant 동남 아시아 모형		K- Plant 동북 아시아 모형	
동남아는 강수량과 지하수 풍부하므로 공기열원 및 수열원 히트펌프를 적용하는 것이 경제적, 상기방식은 대규모 온실에 적합하며 소규모 온실은 펜엔패드, 포그 적용		일본남부 및 중국 남부는 공기열 및 해수열 히트펌프 적용하고, 한국, 중국 북부, 몽골은 동절기 추위가 예상되므로 수(지)열원 히트펌프 및 보일러 적용	
공기열원 및 수열원 히트펌프		공기열 및 해수열 히트펌프, 수(지)열원 히트펌프 및 보일러 적용	
용 어	1) ASHP : Air Source Heat Pump, WSHP : Water Source Heat Pump CHP : Combined Heat and Power Generation (Cogeneration) ABCH : Absorption Chiller-Heater, ABC : Absorption Chiller, C/T : Cooling Tower		



[그림 2-173] 한국형 스마트팜 K-Plant 표준모델

④ K-plant 온실구조 설계

- POSCO고유의 포스멕소재와 한국형 스마트팜 3가지 온실 형태를 기반으로 권역별 현지 기후 특성에 맞추되 수요자의 요구에 따라 반밀폐형 선진 기술을 반영하여 설계
- 포스멕소재 온실설계
 - 설계개념 : 포스멕 소재 경량철골온실에 일체형 천창개폐장치로 동시에 개폐하여 균일한 온실내부 생육환경 조성
 - 차별화 : 온실의 천창환기시스템 구조 개량한 개의 모터로 다연동 다창을 동시에 개폐 할 수 있게 환기시스템 구조를 일체화

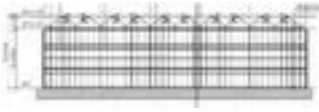




[그림 2-174] K-farm 경량철골온실 구조

※ PosMAC 이란 ?

POSCO 고유의 기술로 개발된 내식성이 매우 우수한 Zn-3%, Mg-2.5%, Al 3원계 합금이 도금된 제품

[표 2-139] K-farm 온실구조

구분	세부내용	특징
경량철골 온실		내구성 1.7배 (50년 이상) 강도 1.15~1.2 내식성 5배,
일체형 창호개폐장치		환기성을 좋게 하여 농산물의 당도, 맛, 품질에 중요한 역할, 각종 균, 병해충 예방에 좋음
조립식 시공		조립식 형태로 매뉴얼대로 시공하면 되므로 시공성이 향상되어 시공비 절감 가능

[K-farm 온실 설계 가이드라인]

• 기본 모형 (육묘장지+온실)



• 온실 설계도



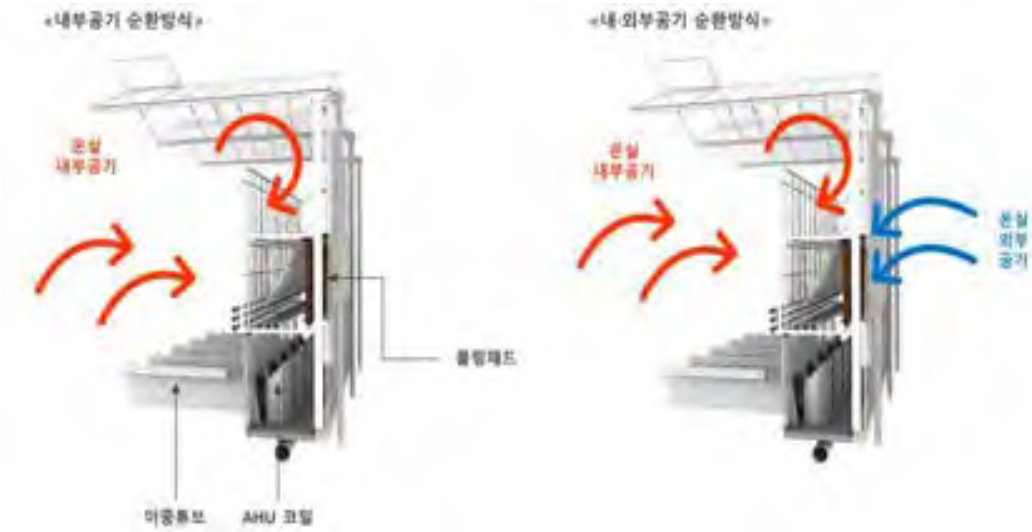
- 온실구조 : 포스맥 소재 경량철골온실
- 육묘장치와 온실을 조합하여 설계
- 온실은 부식과 강도가 강한 고내식강 소재 사용
- 육묘장은 식물공장 육묘시스템 활용
- 천창은 일체형 역피니언식 개폐로 환기성 제고
- 지하 저류지, 빗물 저류, 히트펌프 열원으로 활용
- 피복재는 장기성 필름 적용, 내구성 및 보온효과 높임
- 측면은 난방피복재 2층 적용
- 4면에 방풍벽 적용 보온력 높여 난방비용 절감

□ 유형모델

- 단동형('15.6월) : 측창자동개폐 등 간편형원격제어로 노동력 절감
→ 참외, 수박 등 소규모 단동형 온실 적용 모델
- 연동형 복합형('15.12월) : 양액시설등 복합환경 제어를 통한 생산성 향상
→ 딸기, 토마토 등 연동형 온실 적용 모델
- 첨단수출형('16년) : 에너지시설 등 대규모 자동화 온실 설비로 글로벌 경쟁력 확보
→ 파프리카, 화훼 등 대규모 첨단 온실

□ 반 밀폐형 온실

- 원리
 - 복합환경제어 및 센서를 이용하여 내·외부 공기를 최적 공급하여 온실 내부의 온 도 및 습도를 농작물의 생육 환경에 맞게 조절하며, 내부 공기가 외부로 배출되는 손실을 최소화하여 냉·난방 에너지 효율을 최적화 시킨 온실 시스템



○ 효과

<p>Yield 생산성 향상</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 토마토 농지의 면적은 약 6,000ha이고, 농가당 평균 재배 면적은 0.5ha, 농가수는 12,000농가, 그 중 평당 100kg 이상 수확 가능한 농가는 100여 농가 정도로 추정됨 - 상주 반밀폐형 유리온실의 경우 첫 작기 목표 수확 평당 250kg - 미국의 경우 평당 400kg 이상 수확을 목표로 재배 중
<p>Energy 에너지 절감</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 천창 통한 에너지와 CO₂손실 최소화 - 상부 열원 재활용 가능 - 온실 내·외부 공기 혼합 시스템을 통해 에너지사용 최소화 - 각 작물 라인별 AHU 의 개별 속도 제어를 위한 EC팬 채용
<p>Safe 안전성 제고</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 방충망과 양압에의해 해충 유입이 불가능한 구조로 농약 사용 감소 - 생산성 및 식품 안전성 제고 효과

○ 구성



⑤ 에너지 설비 종류 및 설계

- 권역별 온실설계의 근간인 에너지 및 CO2 설비를 선진기술을 포함하여 종류별로 제시, 권역별로 적용가능한 K-farm 에너지 설비 기술 및 설계방안

□ 에너지 설비 종류

○ 난방

- 시설원예는 생산비가 많이 소요되기 때문에 가급적 난방을 하지 않고 보온위주의 경영을 선호하였으나, 최근 경쟁력을 높이기 위해서 난방을 도입하고, 적정온도 관리에 따른 수량 증대, 품질 향상에 의해 경영효과를 높이려는 노력이 이루어지고 있음 그러므로 난방은 비용을 절감하면서 난방효율을 극대화하는 것에 관심을 기울여야 함
- 온실의 난방 계획 시 우선 고려되어야 할 것은 재배 지역과 재배 작물의 온도 환경이며, 난방부하 산정에 영향을 미치는 요인은 온실의 구조, 피복 및 보온 등과 토양전열 및 작물의 현열과 잠열 등이 있음 난방 설계시 균일한 실내온도 분포, 난방 및 보온 설비에 의한 차광 최소화, 정확한 온도 조절 등을 고려해야 함
- 아래는 외기온에 따른 야간 난방부하를 계산한 것으로 외기온별 해당하는 국가의 도시를 함께 포함하였으며, 온실 내부 설정온도는 파프리카 20°C, 토마토 16°C, 엽채류 12°C 그리고 딸기 8°C를 기준으로 -30에서 0°C까지 5°C 간격으로 각각 계산한 것임

[표 2-140] 권역 국가별 외기온 및 작물별 야간 난방부하 (1ha 기준)

외기 온도°C	국가 및 도시	작 물	실내온도	난방부하
			°C	kW
-30.0	MGL: 울란바토르, 알탄블라그 KAZ : 자르켄트, 춘자 등 일부 지역	파프리카	20.0	2,698
		토마토	16.0	2,477
		엽채류	12.0	2,256
		딸기	8.0	2,023
-25.0	CHN: 헤이허시	파프리카	20.0	2,442
		토마토	16.0	2,209
		엽채류	12.0	1,988
		딸기	8.0	1,767
-20.0	RUS: 모스크바 KAZ : 알마티, 오랄	파프리카	20.0	2,174
		토마토	16.0	1,953
		엽채류	12.0	1,733
		딸기	8.0	1,500
-15.0	KAZ : 쉘켄트, RUS: 볼고그라드, TKM: 다쇼구즈, KOR: 서울, CHN: 베이징, JPN: 사포르	파프리카	20.0	1,919
		토마토	16.0	1,802
		엽채류	12.0	1,360
		딸기	8.0	1,244
-10.0	UZB,TKM KOR: 광주, RUS: 마하치칼라, CHN: 시안	파프리카	20.0	1,593
		토마토	16.0	1,372
		엽채류	12.0	1,163
		딸기	8.0	942

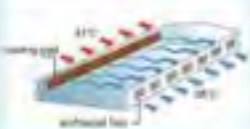

외기 온도°C	국가 및 도시	작 물	실내온도	냉방부하
			°C	kW
-5.0	CHN: 상하이, JPN: 도쿄, TKM: 발카나바트	파프리카	20.0	1,337
		토마토	16.0	1,128
		엽채류	12.0	907
		딸기	8.0	698
0.0	RUS: 소치	파프리카	20.0	1,093
		토마토	16.0	872
		엽채류	12.0	663
		딸기	8.0	442

○ 냉방

- 온실 냉방은 자연 환기나 차광막을 사용하는 수동적인 방법(Passive Cooling)과 강제 환기, 물의 증발, 지하수 또는 땅의 흡열, 히트펌프 등을 이용하는 적극적인 방법(Active Cooling)이 있으며, 표 2-5는 소극적 냉방 방식과 적극적 냉방 방식을 비교한 것이며, 그림 2-9는 냉방방식에 따른 냉각효과를 도식한 것임

[표 2-141] assive Cooling과 Active Cooling 비교

Passive Cooling	Active Cooling
에너지소비가 적거나 거의 없는 방식	에너지를 사용하는 방식
열이 이동차단, 자연냉각	냉각수 순환 및 냉동기 사용
환기, 차광 등	냉동기, 히트펌프 등 (국소냉방, 근권냉방)
외기온도 이하 냉방 불가	과다한 시설비용

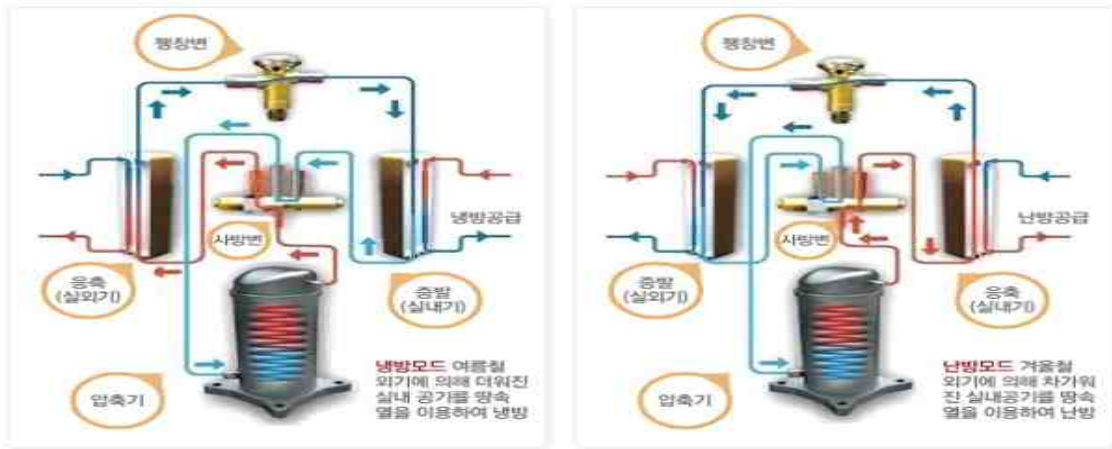
COOLING		Remark
Passive Cooling	 <p>Fan & Pad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 증발열을 이용한 냉방 • 팬과 패드 사이의 거리 30~50m 이상 적용 곤란 • 외기온도보다 2~4°C 하강
	 <p>Fog</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 증발열을 이용한 냉방 • 세무냉방과 공기 순환팬 함께 가동 때 최대 2~3°C 하강
Active Cooling	 <p>Chiller 공냉식 수냉식</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 대규모 온실 주간 냉방 투자비 과다 • 공냉식, 지하수 및 하천수 이용 수냉식 칠러 적용 • 야간 냉방 수행
	 <p>근권 냉방</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 주간 근권 냉방 - Chiller에 생성한 냉수를 뿌리부분에 공급

[그림 2-175] 패시브쿨링과 액티브 쿨링의 비교

- 세계의 대부분 지역에서는 자연 환기만으로도 충분한 냉방효과를 얻을 수 있지만 여름철에 최대 기온이 33°C를 넘는 지역에서는 보다 적극적인 대책이 필요하며, 특히 중공과 동남아와 같이 최대 기온이 40°C를 넘는 경우에는 증발 냉방기술과 함께 냉방효율이 높고 경제적인 기술을 사용한 냉방대책이 필요
- 우리나라에서도 유리온실 등의 고급시설은 투자비 회수를 위해 연간 활용이 요구되고 있으나 여름철의 과도한 고온으로 연간재배가 어려운 실정이며, 여름철에는 기온이 작물 생육의 한계온도 이상으로 지속되는 날이 많기 때문에 고품질 농산물 생산이 어려우며 또한 생산물량의 급격한 감소 등이 발생하여 수출시장 유지에도 어려움이 발생하고 있음
- 온실 냉방을 위한 연구와 기술 개발은 여름철의 고온 피해가 높은 인도, 스페인, 남미, 중동 등지에서 주로 연구되고 있지만, 국내의 경우도 자연 또는 강제 환기나 차광 등의 냉방기술이 활용되고 있다. 그러나 이러한 수동적 방식의 냉방효과에는 한계가 있으므로 종합적인 경제성 분석을 통하여 증발 냉방 등의 적극적인 냉방방식도 검토해볼 필요가 있음

□ 열원 설비별 특징

- 온실의 냉난방 열원 설비는 대상 지역의 기후, 재배작물, 냉난방부하, 냉난방방식, 연료비용 등을 고려해 결정하여야 함. 현대화 온실에서 주로 이용되고 있는 난방방식은 가스, 경유 및 등유 등의 화석연료를 사용하는 하는 온풍난방, 온수난방이 대부분이며, 자연에너지인 지하수 및 공기를 열원으로 하는 히트펌프 난방방식도 이용되고 있음. 최근에는 석유를 대신하는 열원 즉 태양에너지, 석탄, 축열물질, 산업폐기물 등을 열원으로 하는 난방장치의 개발과 난방기의 배기열 회수 재이용, 난방 공간 최소화, 변온제어 기술 등 난방에너지를 절감 할 수 있는 방법의 개발에 관한 연구가 주류를 이루고 있음
- 특히 농업시설의 수출시 난방을 위한 열원설비는 지역별(국가별 지역) 공급가능 연료의 종류에 따른 경제성 및 법적 규제 조건 등을 검토 하여야 하며, 온실의 규모에 따른 운전 효율과 유지 보수를 위한 현지 인력의 수급 및 기술수준 등도 고려대상이 되어야 함.
- 보일러
 - 보일러는 강철로 만든 밀폐된 용기 안에서 물을 가열하여 온수 및 증기를 발생 시키는 장치로 가장 일반적인 난방 설비이며, 보일러에 사용되는 연료로는 가스(LNG, LPG), 경유, 등유, 병커-C유 등이 사용됨. 가장 일반적으로 사용되는 난방 방식으로는 온풍방식과 온수 방식이 있는데, 대규모 적용으로는 온수방식이 더 적합함
- 히트펌프
 - 히트펌프는 저온 에너지를 열원으로 이용하여 고온을 생산하는 기기로, 압축기, 응축기, 증발기, 팽창밸브로 구성됨. 열원에 따라 공기열원, 수열원 등으로 구분되며, 구동 방식에 따라 전기구동방식, 가스엔진 구동방식이 있으며, 히트펌프는 열원 및 부하측의 열교환 물질에 따라 물-물, 물-공기, 공기-물, 공기-공기로 분류됨
 - 공기열원 히트펌프(ASHP : Air Source Heat PumP)
 - 공기열원 히트펌프는 대기중의 저온을 열원으로 고온의 온수나 온풍을 생산하는 방식으로, 설치비용은 수열원 히트펌프에 비해 저렴하지만 대기(열원)의 온도가 낮아지면 히트펌프의 열량과 성능계수 (COP :Coefficient of Performance)도 낮아지는 단점이 있음. 특히 외기온 5°C 이하에서는 열을 흡수하는 증발기에 착상이 시작되며, 이때 이를 제거하기 위해 제상운전을 수행하여야 하는데, 이때 난방운전은 중단됨



[그림 2-176] 히트펌프의 원리

- 수열원 (WSHP : Water Source Heat Pump)
 - 외기온도의 영향을 받는 공기열원의 단점을 보완할 수 수열원 히트펌프는 열원으로 폐수, 해수 또는 지하수 등이 있으며, 이 열원은 외기온도의 변화에 크게 영향을 받지 않으며, 이중 폐수와 하수를 제외한 모두를 지열원 (GSHP : Ground Source Heat Pump)에 포함

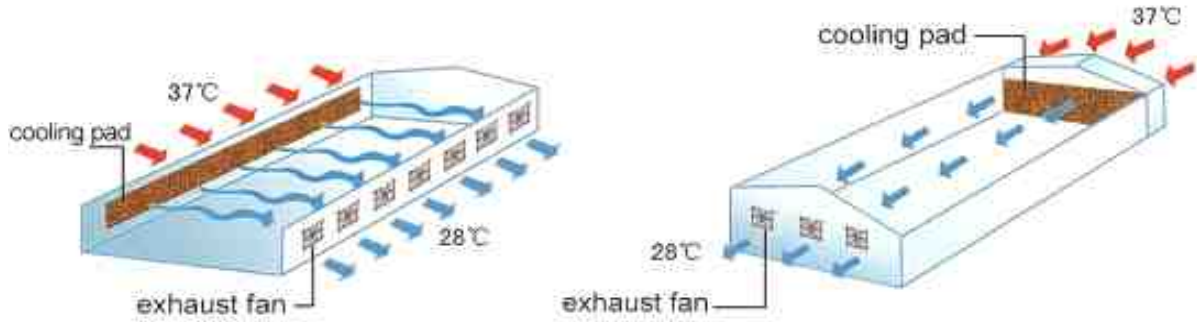
[표 2-142] 수열원의 종류 및 이에 따른 온도 범위

종 류	개 요		특 징	온도범위 (°C)
폐 수	· 공장폐수, 발전소 온배수		· 우수한 열원 · 주거용 및 산업용에 적용	>10
하 수	· 하수처리장 방류수			
지 하 수	SCW	양수, 주입정이 동일	· 안정적인 열원 · 연중변화가 거의 없음	5~15
	Two Well	양수, 주입정이 다름 계간 축열 가능		
하 천 수	· 겨울철에도 하천 하부는 약 4°C이상 유지 · 대규모 : 직접이용 방식		· 매우 풍부한 열원, 중대형 히트펌프에 이용, 필터링 중요	0~10
강변여과수	· 강변에 층적층을 통해 양수 · 계간 축열 가능		· 층적층 열교환 안정적 운전	10~15
해 수	· 중대형 히트펌프에 이용		· 심층수(약 100m) 이용냉방 · 필터링 중요	3~8
수 직 형	· 100~200m 보어홀에 PE관 삽입		· 안정적인 열원 · 연중변화가 거의 없음	0~5
수 평 형	· 열교환기 형태 : Straight, Slinky, Spiral		· 주거 및 상업용에 사용 · 안정적인 운전 (소규모)	0~10

○ 기화냉각법

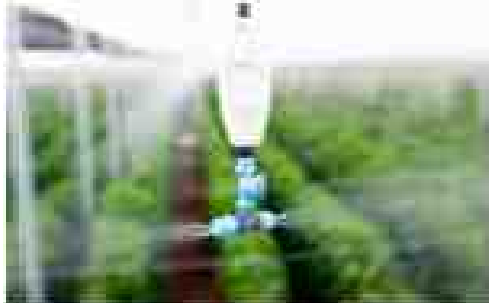
- 온실 냉방을 위한 연구와 기술 개발은 여름철의 고온 피해가 높은 인도, 스페인, 남미, 중동 등지에서 주로 연구되고 있지만, 국내의 경우도 자연 또는 강제 환기나 차광 등의 냉방기술이 활용되고 있으나 이러한 수동적 방식의 냉방효과에는 한계가 있으므로 종합적인 경제성 분석을 통하여 증발 냉방 등의 적극적인 냉방방식도 검토해 볼 필요가 있음
- 냉방 설비에서 히트펌프 및 냉동기를 이용하여 주간 냉방을 할 경우 설치비용과 운전비용이 과다하게

소요되어 주로 야간냉방을 위주로 사용됨. 주관 냉방을 위해 지금까지 개발된 방법에는 기화냉각법이 있으며 기화냉각이란 불포화 공기가 이보다 저온의 물과 접촉하면 물에 열을 주어 증발시킴과 동시에 공기 자체가 냉각되는 것을 말하는데, 이때 공기는 온도저하와 동시에 습도 상승이 일어남. 이러한 기화냉각법은 물과 공기를 혼합되어 기온을 습구온도 부근까지 낮출 수 있고, 건구온도와 습구온도와의 차가 클수록, 즉 공중습도가 낮을수록 그 효과가 크게 나타나며 외기 상대습도가 65% 이상인 경우 크게 효율이 감소



[그림 2-177] Fan & Pad 냉각법

- 널리 사용되는 기화냉각법에는 Fan & Pad법과 Fog(세무)냉방 방법이 있으며, Fan & Pad 법은 팬과 패드 사이의 거리가 50m 이상은 냉방효과가 확연히 떨어지고, Fog 냉방법은 공기 순환팬을 함께 가동할 경우 온실 내부 온도를 최대 6~7°C 하강할 시킬 수 있음 그림 2-11, 2-12는 Fan & Pad 법과 Fog 법이며, 표 2-7은 두 방식의 특성을 나타낸 것임



[그림 2-178] Fog 냉각법

[표 2-143] Fan & Pad 냉각법과 Fog 냉각법의 특성

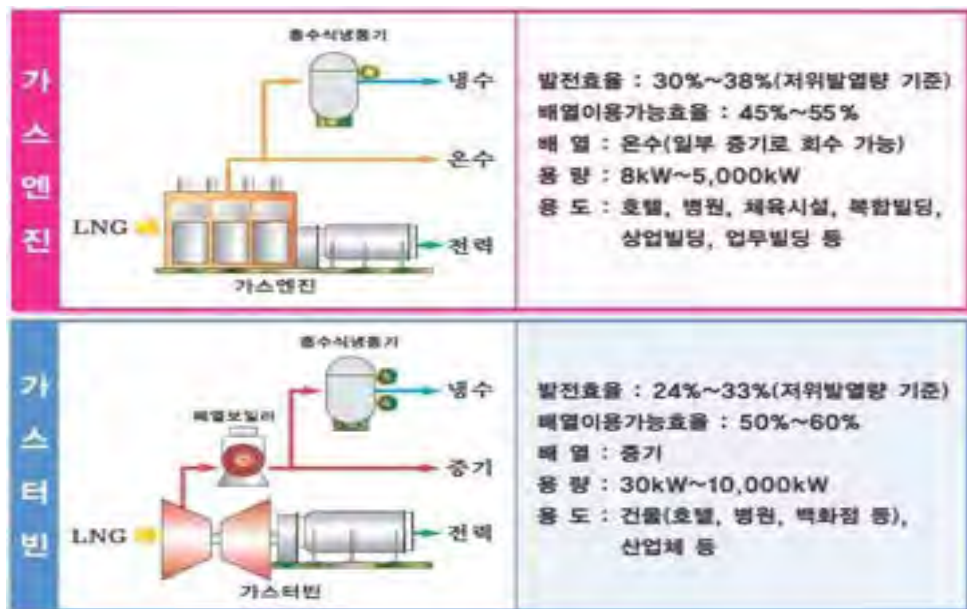
Fan & Pad	Fog
<ul style="list-style-type: none"> • 이끼, 패드의 거조 등 패드 관리의 어려움 • 온도 불균일 및 공간 활용률 저하 • 바람에 의한 작물의 스트레스 	<ul style="list-style-type: none"> • 물방울에 의한 작물 스트레스 • 노즐의 내구성과 막힘 • 기상조건을 고려한 분무량 기준 없음
<ul style="list-style-type: none"> • Passive와 Active 의 중간 단계로 온실내 습도에 영향을 받으며, 운전비용 저렴 • 외부 상대습도 65% 이상인 경우 효과 감소 	

□ 소형 가스 열병합 발전

- 열병합 시스템(Cogeneration System)이란 하나의 에너지원으로부터 전력과 열을 동시에 발생시키는 종합에너지 시스템(Total Energy System)으로 발전에 수반하여 발생하는 배열 또는 폐열을 회수 이용하여 1차 에너지에서 연속적으로 2종류 이상의 2차 에너지를 발생시키는 시스템임. 소형가스 열병합발전이란

에너지원을 가스로 이용하는 열병합발전 시스템을 말하며, 가스엔진 또는 가스터빈을 이용한 설비로서 통상 10MW이하의 발전용량을 갖춘 설비를 의미함

- 가스 열병합발전시스템은 청정연료인 천연가스를 이용하므로 환경 친화적이고 또한 폐열 회수이용이 용이하여 산업체뿐만 아니라 주거용 건축물 등의 전력 및 열 에너지원으로 주목받고 있음 자체 발전시설을 이용하여 일차적으로 전력을 생산한 후 배출되는 폐열을 이용하므로 기존의 에너지공급방식보다 30~40%의 에너지 절약효과를 거둘 수 있는 고효율 에너지 이용기술임. 화력발전소의 발전효율은 약 40% 정도이고 송전 손실을 감안하면 전력이용효율은 약 35%정도이나, 가스 열병합발전 시스템 효율은 발전기 형식, 용량 등에 따라 차이는 있으나 발전효율이 25~40%, 발생하는 폐열(냉각 및 배기가스 열) 이용 효율이 40~60% 범위로 종합적인 에너지 이용효율은 75~90%에 이르고 있음
- 열병합 발전의 용량은 온실에 필요한 전력량을 기준으로 산정해야 하며, 이때 회수열량의 부족분은 보일러 등 다른 열원으로 대체 하는 것이 경제적이다. 최근 온실에 인공광의 사용과 히트펌프의 이용이 증가하는 추세로 열병합 발전설비는 이와 같은 대규모의 수전 설비가 필요한 설비와의 접목이 필요



[그림 2-179] 가스엔진 및 가스 터빈 발전시스템의 개요

[표 2-144] 소형 열병합 발전의 장단점

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> - 전력과 열에너지를 동시에 생산, 냉각 및 배열 모두 이용, 종합에너지 이용효율 70 ~ 90% - 자체 전력 생산, 분산형 전원산업 구축으로 하절기 전력 Peak-Cut용으로 이용이 가능, 안정된 전력수급에 기여, 원격지 전력송전에 의한 설비비 및 송전손실 비용을 절감 - 수용가의 계약전력 감소, 전력요금 저감, 전력회사에 역판매시 전력판매 수입이 가능. - 전력수급 대책의 하나로 민간의 열병합발전 참여에 의한 전력회사 자체의 신규 발전설비 소요를 감소 - 청정연료인 도시가스를 이용, 질소산화물 및 이산화탄소 배출 억제로 환경공해를 저감 	<ul style="list-style-type: none"> - 초기 투자비가 비교적 과대, 규모의 비경제성에 따른 사업 참여의 위험성 - 열 및 전력수요의 비율이 적절치 않거나, 수요 변동의 불확실성이 클 경우 투자회수 기간 길어짐

□ CO2 시비 설비

- 온실 내부의 탄산가스(CO2, 이산화탄소) 농도를 높여 식물 생장을 향상시키는 기술로 이를 탄산가스 시비기술 (CO2 enrichment 혹은 CO2 fertilization)이라고 함. 탄산가스는 광합성에서 필수적인 성분으로 식물은 탄산가스를 흡수함으로써 포도당을 생성하는데, 탄산가스 농도를 증가시키면 광합성 속도를 증가시킬 수 있으며, 탄산가스 시용방법에는 시설내에 액체 또는 고체 탄산가스를 직접 주입하는 방법이 있고, 각종 탄산가스 발생기를 이용하여 프로판가스(LPG) 등 각종 연료를 연소시켜서 발생하는 배기가스 중에 포함된 탄산가스를 이용하는 방법이 있음.

[표 2-145] CO2 시비 방법별 장단점

	장 점	단 점
액화탄산법	<ul style="list-style-type: none"> • CO2 제어 간편 • 불순물 발생 없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 시비비용 고가 • CO2 탱크, 기화기 설비
실내 연소식	<ul style="list-style-type: none"> • 가격 저렴 • 장치 간단 	<ul style="list-style-type: none"> • 불순물 발생(작물 영향) • CO2 및 온도 구배 발생 (온습도 조절 불가능)
가스 보일러 연소식	<ul style="list-style-type: none"> • CO2 시비/난방 겸용 (비용 저렴) • 온/습도 영향제거, 불순물저감 	<ul style="list-style-type: none"> • 장치 비용 (컨덴싱 유닛 & 축열 탱크 설비)

□ 액화탄산법

- CO2를 탱크로부터 직접 공급하는 방법으로 비교적 간이 장치로 탄산가스를 공급이 가능하여 소규모 하우스에 적합합니다. 탄산가스 비용이 다소 비싼 단점이 있으며, 균일한 분포를 위해 온실내 공기를 교반시키는 팬을 반드시 설치하여야 함

□ 실내연소식

- 온실 내부에 설치된 연소기의 배가스를 이용하는 방법으로 연소과정에서 발생하는 질소산화물(NOx), 에틸렌(C2H4), 이산화황(SO2) 등 유해 배출물과 특히 야간 난방목적의 사용시 불완전 연소에 의한 일산화탄소(CO)의 피해에 주의해야 함

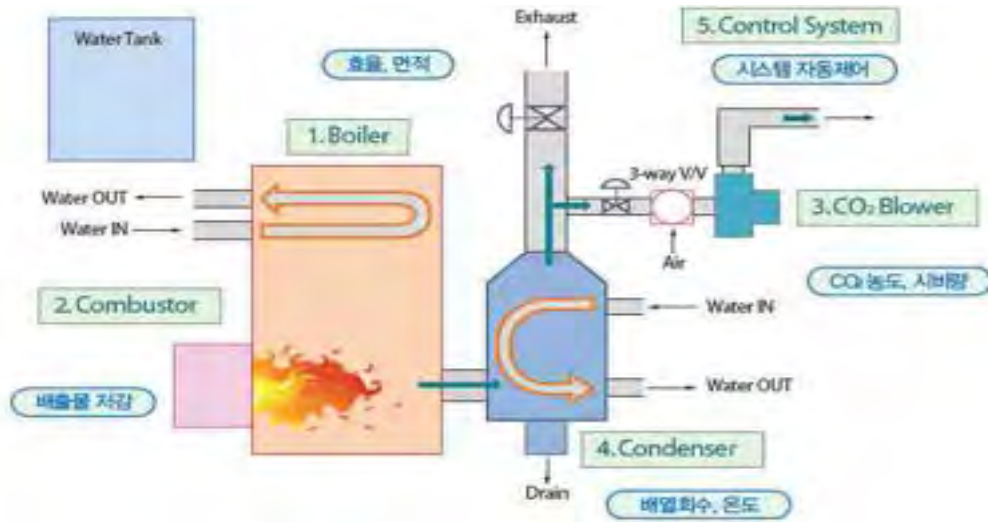


[그림 2-180] 액화탄산가스 시비기(좌)와 실내연소식 탄산시비기(우)

□ 가스 보일러 연소식

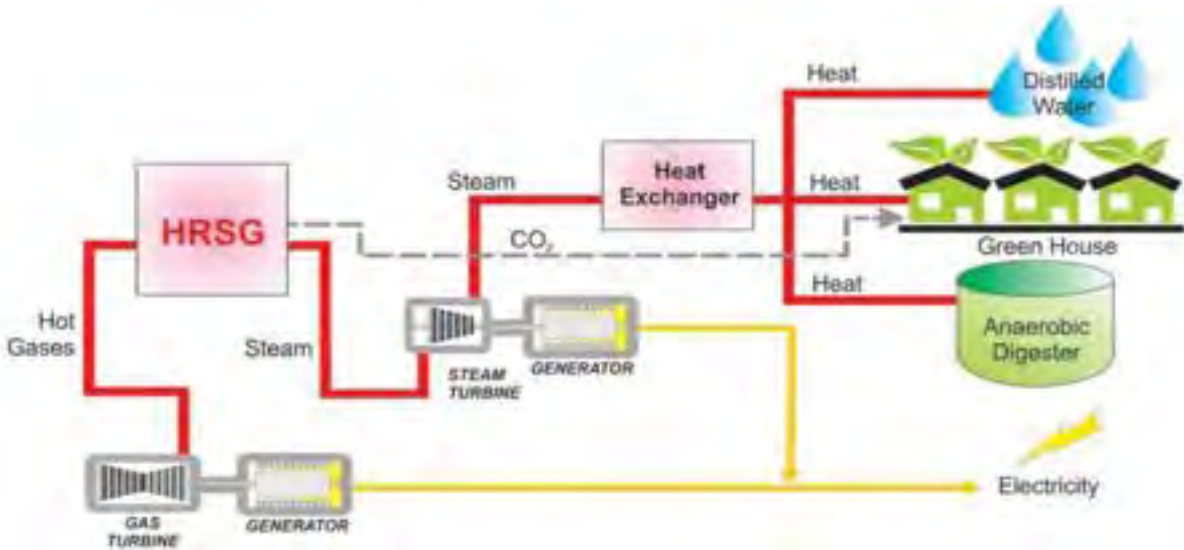
- 난방용 보일러를 연소시 발생하는 배기가스의 온도를 낮추어 공급하는 방법으로 배출물 발생을 원천적으로

저감할 수 있고, CO2 시비와 난방(축열)을 동시에 함으로써 온실 경영비 저감이 가능함. 경유 및 등유 보일러의 경우 SOx, NOx의 배출에 특히 주의해야 하며, 열원설비 중 EHP(Electric Heat Pump)를 제외한 가스 연소 방식의 열원설비는 이 시스템 적용이 가능함. 그림 2-15는 보일러 연소식의 계통도임



[그림 2-181] 가스 보일러 CO2 시비 계통

- 특히 열병합 발전과 GHP를 이용하면, 전기, 냉난방 및 CO2를 모두 얻을 수 있는 Tri-gen 방식이 국내에서 연구 중에 있으며, 그림 2-16은 발전, 난방, CO2 시비를 동시에 수행하는 Tri-gen 방식의 계통도임



[그림 2-182] Tri-Gen 시스템(전력, 냉난방, CO2)

- CO2 시비를 위한 가스보일러 축열 시스템
 - 일반적으로 온실에서 난방이 필요한 시간과 CO2가 필요한 시간은 일치하지 않는다. 난방은 주로 야간에 수행되며, CO2 시비는 주간 일사량이 충분할 때 수행됨. 가스 보일러식 CO2 시비의 경우 주간 난방이 필요 없는 시간에 보일러가 운전되는데, 이때 생성되는 온수를 저장할 수 있는 축열조를 반드시 설치해야 한다. 최근 온실내 인공광을 설치하는 경우가 늘고 있는데, 이런 추세와 함께 CO2 시비장치와 축열조의 설치가 확대 보급될 것으로 전망됨



컨텐싱 유닛 & CO2 공급기



축열탱크

[그림 2-183] CO2 시비를 위한 설비

□ 방열 설비

- 축열 시스템 방열설비는 튜브에 의한 방열과 F.C.U. (Fan Coil Units)에 의한 방열로 나눌 수 있다. F.C.U.는 냉난방이 모두 가능하지만 튜브는 냉방시 결로가 발생되어 냉방에는 많이 이용되지 않음

□ 튜브 방열

- 레일 튜브 (Rail Tube 또는 Tube Rail)
 - 레일 튜브는 베드와 베드 사이에 방열관을 설치하여 방열에 사용함과 동시에 작업차의 이동 레일로 이용함. 튜브의 관경은 D40, D50 으로 설치되며, 난방 부하량에 방열을 계산하여 튜브의 관경을 결정함
- 그로우 튜브
 - 그로우 튜브는 식물의 성장점 근처에 난방배관을 설치하는 것으로 성장점을 난방하여 성장을 촉진시켜 주고 난방 효과를 극대화 할 수 있으며, 특히 온실온도가 조금 낮더라도 성장점 주변은 그로우 튜브에 의해 보다 높은 온도를 유지할 수 있어 난방비를 절감할 수 있음



Rail Tube & Grow Tube



거터 난방 Tube

[그림 2-184] 난방 튜브의 종류

○ 상부 및 측면 난방 튜브

- 상부 튜브는 온실 내부의 상부에 설치하는 방식으로 온실 전체의 온도 분포차를 줄이기 위해 설치한다. 측면 튜브는 동절기 외부의 찬공기에 의해 가장 영향을 많이 받는 온실 내부 외곽에 둘러가며 난방관을 설치하는 방법으로 비교적 온실 내부의 난방보다 측면난방을 주로하는 것은 외부로 인해 찬공기 유입이 많기 때문임. 또 거터 난방은 눈이 많이 오는 지역에서 온실 지붕에 눈이 쌓이거나 물받이가 어는 것을 방지하기 위해 설치하는 난방 튜브 임

□ F.C.U.(Fan Coil Unit)

- 팬코일 유닛은 냉난방을 모두 수행할 수 있고 부하 대응이 빠른 장점이 있는 반면, 유닛에서 나오는 냉풍이나 온풍이 작물에 직접 적으로 닿을 경우 건조병이나 흠들림에 의한 작물의 스트레스를 유발할 수 있어 F.C.U의 설치는 온풍과 냉풍이 작물에 직접 닿지 않는 상부나 베드 하부에 설치하는 것이 바람직함



[그림 2-185] FCU (냉난방 가능)

□ 근권 냉난방 튜브

- 겨울철의 작물재배는 저온기에 이루어지므로 지상부나 지하부의 온도가 작물의 생육에 가장 큰 영향을 미치는 환경 요인임. 특히, 근권온도(배지온도)는 뿌리의 생리작용에 관여하여 작물의 생육에 큰 영향을 미친다. 뿌리는 근권의 온도에 따라 근의 활력이 달라지며, 그에 따라 양분의 흡수능력에 차이가 생긴다. 높은 근권온도는 뿌리의 발육을 촉진하지만 뿌리의 갈변과 신장의 정지를 촉진한다. 또한 뿌리의 호흡속도가 높아져 광합성 속도를 저하시킨다. 작물의 생육에 알맞은 지온은 품종, 재배시기, 생육단계 및 재배방법에 따라 다르며, 지온이 지상부의 생육에 영향을 미치는 정도가 다르다. 최근 양액재배에서도 근권온도가 중요하여 가온시설을 하고 있는 추세이므로 재배에 적합한 배지의 근권 온도의 설정이 필요하다. (이한철, 20'09)



[그림 2-186] 딸기 온실 근권난방

□ K-farm 에너지 설비 설계

- K-farm 다중열원 히트펌프시스템
- 단일순환펌프형 개방형 지열 시스템
 - 에너지 효율이 높은 개방형 지열시스템 + 순환되는 지하수를 작물재배에 사용
⇒ 물과 에너지를 효율적 경제적으로 이용
 - 개방형 지열시스템의 함물현상을 해결하여 연약지반에서도 가능
 - 지하수 오염방지 환경신기술과 해외 적용 가능한 국제 ETV 기술을 적용

⇒ 지하수 사용을 겸한 스마트팜 지열에너지 시스템 개발

	개방형	수직밀폐형	
굴착깊이	500m	150~300m	기밀성능 향상 개방형 침실도 굴착에 따른 비용증가. 시설비 저감을 위한 지중열교환기 형태 필요
사용유체	지하수	보라민	
필요장비	직접	간접	밀폐형 적용량 증대방안 필요 밀폐형 넓은 소모부차 절감방안 필요
입출량	25t/h	3~5t/h	
부지면적	밀폐형의 1/10	개방형의 10배	장기 운전시 지하수 수입과정에서 수입량의 불균형현상, 수질부족에 따른 저수 위험상감생 → 에너지 효율저감, 운전체 환 방지방안 필요
유지관리	수질모니터링, 지하수역질조사 및 수질검사 (3년1회)	매달입출	
수질 및 수량	수방 및 수질부족시 보충	매달입출	

개방형과 밀폐형의 장점을 부각하고 단점을 보완한 기술개발 필요
 -> 250m 이내의 저심도 깊이로 굴착—경제적인 시공비
 -> 지하수로 직접순환하여 밀폐형보다 열용량 증대
 -> 저수위, 불균형현상 없는 안정적인 지하수량 확보

단일 순환펌프형 개방형(SCW) 모식도

개방형과 밀폐형의 장점만을 융합한 신개념 지열시스템

기술 개요

- 1. 흡수형**
 - 순환펌프를 거동하여 열원으로부터 순환 투입지열공에서 흡수정으로 흡수
 - 실시간-매트랩프에서 순환된 순환수(지하수)는 다수의 지열공으로 분점으로 연안 수위차에 발생시 흡수정의 원형적인 열량 확보로 시스템 용량성 확보
- 2. 보충정(지하수권)**
 - 흡수정의 순환수 보충 또는 매트랩프에서 필요량을 위한 순환수가 지열공으로 유입할 때 유입되는 양 보충하여
 - 흡수량보충정-1
 - 보충정-지열공-1:3-5

○ 개방형 지열공, 지중열교환기와 히트펌프, 축열조로 구성된 지열이용 열공급시스템

Hybrid Heat pump heat storage tank

- 지하수 : 개방형 지열공 직경 150mm
- 지중열교환기 : 수평형 열교환 코일권 배열
- Heat Pump : 고효율 히트펌프

냉난방 (단지형) 개방형 지하수와 수평형 지중열교환기 히트펌프 이용 냉난방

시설구성

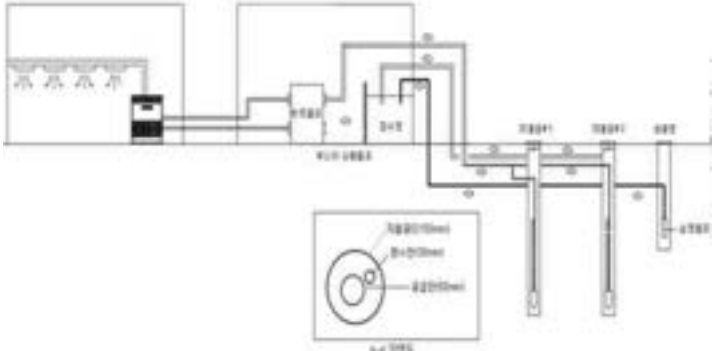
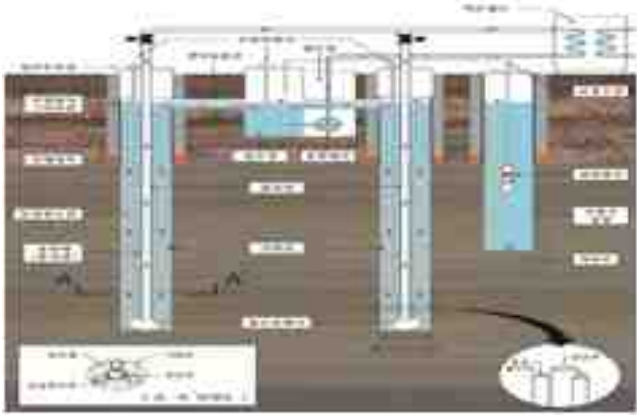
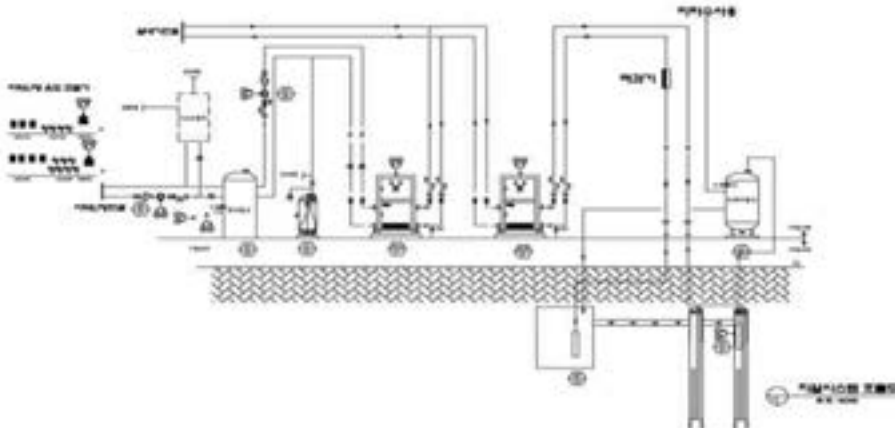
개방형 지열이용시스템 지중열교환기 해수열교환기 시스템

- 단일순환펌프개방형 단독설계, 시공비 최소화, 운영비 절감
- 실내 냉방, 난방 담당, 열교환기규격 : D150mm*200m*5공
- 지열히트펌프 3대 구성, 부호부하에 대응
- 지하수 보충정 을 운용하여 지하수 부족시 보충 및 용수 사용

차별성 : 지하수와 대용량 냉난방 시설 동시 이용

기대효과 : 에너지 이용 효율 제고

○ 단일순환펌프형 개방형 지열 시스템 설계도

구분	개념도
<p>단일순환펌프형 개방형지열시스템 개념도</p>	
<p>지중열교환기 개념도</p>	
<p>단일순환펌프형 개방형 지열시스템 설계도</p>	

○ 특징

- 단일순환펌프개방형 단독 설계, 시공비 최소, 운영비 절감
- 실내 냉방, 난방 담당, 열교환기규격 : D150mm*200m*5공
- 지열히트펌프 3대 구성, 부분부하에 대응
- 지하수 보충정 을 운용하여 지하수 부족시 보충 및 용수 사용

○ 재질에 따른 집수정 종류별 장단점 비교

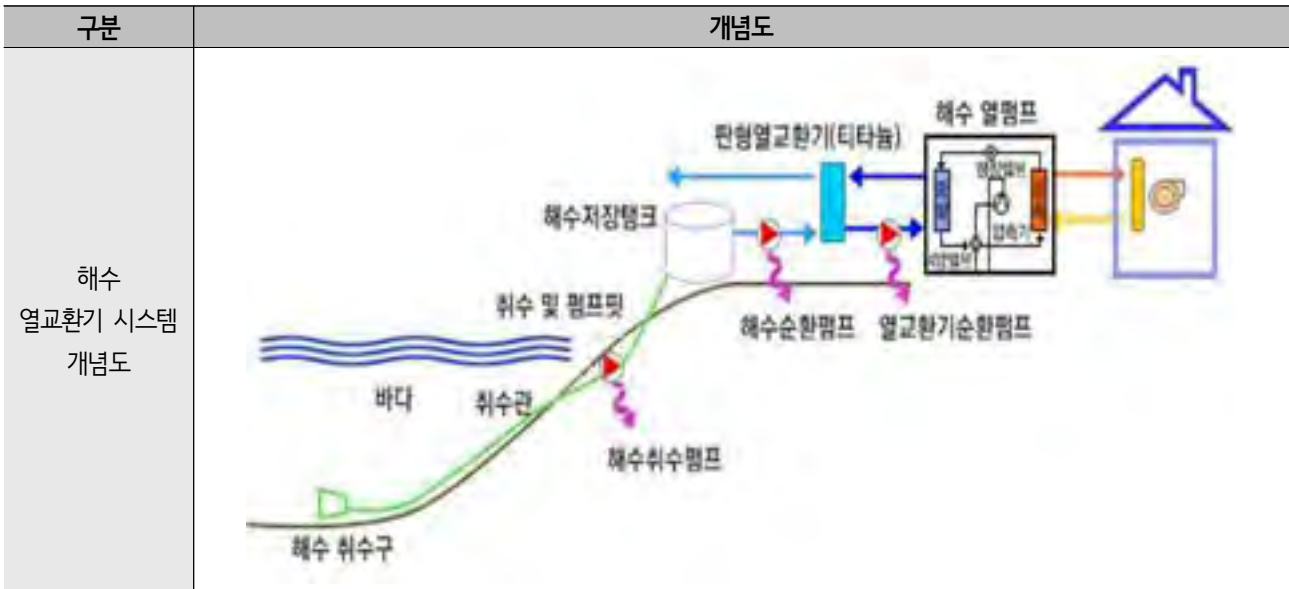
구분	재래식 집수정	강재(鋼材) 집수정	우광에이스집수정
재질 및 구조	철근 콘크리트 구조	철판 및 철재류 용접 구조	플라스틱(PP) 조립식 구조
제작기간	15~20일	7~10일	2일
장·단점	<ul style="list-style-type: none"> • 터파기 양이 많아 시간 소요 • 숙련된 기능공이 필요함 • 제작설치 기간이 길다. • 후속공정(방수마감) 필요 • 콘크리트 품질 관리 곤란 • 잡철물 부식이 발생한다. • 안전사고에 각별한 주의 	<ul style="list-style-type: none"> • 강재로 부식에 취약함. • 부식으로 설비 배관 오염 • 표면 및 품질관리 철저 • 운반 및 설치 부담(중량) • 제작설치 기간이 길다. • 숙련된 기능공 필요함. 	<ul style="list-style-type: none"> • 친환경 제품 • 내부식성 재질(반영구적) • 지하수 오염 방지 • 운반 및 설치 용이(경량) • 공사기간 단축 • 내용량 조절 가능
형상			

[그림 2-187] 집수정 종류별 비교분석



[그림 2-188] 집수정 구성 및 개요

○ 해수열교환기 시스템 개발



○ 특징

- 해수의 온도차를 이용한 냉난방
- 해수 수중열교환기가 밀폐식으로 구성, 내부에 열매체가 순환하여 기계실내 시설들이 해수에 직접 접촉되지 않음
- 운전동력비용이 기존기술대비 경제적
- 히트펌프 COP 향상 효과
- 열매체 순환방식으로 시설운용 안전성 높음(기존기술의 경우 동절기 해수빙결온도에 따른 운전온도 제한)

□ 지열시스템 설계

○ 시스템 설계 요령

- 목적 (Purpose)
 - 이 기준은 스마트 팜의 에너지 저감을 도모하는 냉난방 기술 중 지열 설비의 올바른 시스템 설계 기준을 확립하는 것이 목적임
- 적용범위 (Scope)
 - 이 기준은 스마트 팜에서 지열을 이용한 냉난방 설비를 설계하는 방법을 규정하기 위한 내용을 다룸
 - 이 기준은 대상 스마트 팜에서 지열 설비가 적절하게 설계되었는지를 평가하기 위한 것으로 지중열교환기, 히트펌프 및 순환펌프 등과 관련된 제반사항을 다루는 분야에서 활용되어질 수 있음
 - 이 기준은 스마트팜 계획 단계에서 지열설비 적용 고려 시 활용될 수 있음
- 참고규범 (Normative references)
 - 다음의 참고규범은 이 기준의 적용에 있어서 필요한 사항들이다. 발행연도가 표기되지 않은 참고규범은 최신판을 적용함

- 한국건축친환경설비학회, 지열 냉난방 설비 설계 기준, 2015
- 에너지관리공단, 일반 건축물 신재생 에너지 설비시스템 표준 설계 가이드라인, 2010

- 용어 및 정의 (Term and definitions)

- 지열에너지는 물, 지하수 및 지하의 열 등의 온도 차를 이용하여 냉난방에 활용하는 기술을 말함
- 지열이용시스템(Ground Source Heat Pump System)은 연간 일정한 온도를 유지하는 지중 온도를 이용하는 기술로서 지중의 열에너지를 스마트 팜, 건물 냉난방 또는 급탕에 활용하는 시스템을 말함
- 지중열교환기(Ground Heat Exchanger)는 지중과 열교환을 하기 위해 지중에 매설하는 파이프 및 케이싱, 충전재를 일컫는다. 크게, 밀폐형(Closed Loop)과 개방형(Open Loop)으로 나뉘며, 밀폐형은 수직형, 수평형, 슬링키형 등으로 분류되고 개방형은 SCW(StandingColumn Well)과 복수정 방식으로 나뉨
- 수직밀폐형은 지중에 수직으로 지열공을 천공하고 지중열교환기를 설치하는 방식을 말함
- 스탠딩컬럼웰형(SCW)은 수직으로 지열우물공을 설치하고 열우물공으로부터 지하수를 취수하여 열교환을 한 후 지하수를 다시 동일한 지열우물공으로 주입하는 방식을 말함
- 대부분의 개방형 지중열교환기는 SCW 형식을 취함
- 함몰방지기능은 지열공의 무너짐을 방지하여 지중열교환기의 성능을 최대한 유지시키는 기능임
- 열전도도시험(Thermal Response Test)은 지열에너지시스템 설치장소의 지중이나 지하수에 있는 열적 특성(지중열전도도)을 파악하여 최적의 지중열교환기를 설계 할 수 있는 기본 데이터를 제공하는 것임
- 지열히트펌프는 지열이용시스템에 대응할 수 있는 수랭식 히트펌프를 말한다. 2차측에 냉온수를 공급하는 간접식(물-물 히트펌프)과 냉매를 급하는 직랭식(물-냉매 히트펌프)로 나뉠 수 있음
- 냉매란 냉각작용을 할 수 있는 모든 물질을 말하는데, 사이클 내부를 순환하면서 저온부에서 열을 흡수하고 고온부에서 열을 방출시키는 작동유체를 말함
- 지열 담당 부하량이란 건물전체의 냉난방부하 중에서 지열시스템을 활용하여 냉난방을 하는 구역의 부하를 말함
- 열원수는 지중열교환기 내에서 순환하는 물 또는 부동액을 말함

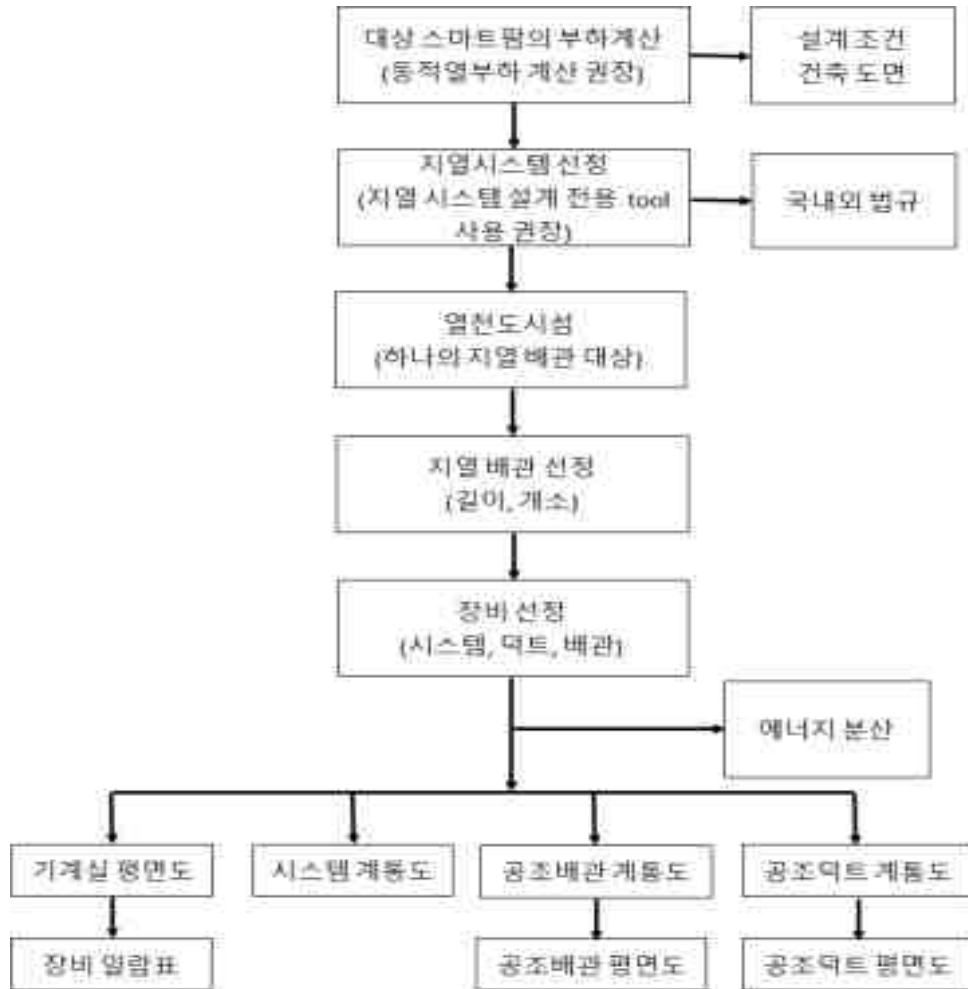
- 지열 설계 프로세스

구분	의무사항	권장사항
지열이용 열펌프시스템	대상 스마트 팜 및 대지의 특성, 유효공간, 지질의 상태, 경제성 등을 고려하여 시스템의 종류를 적절하게 선정	지열시스템은 열용량을 감안하여 개방형일 경우 스마트팜 전체 부하에 맞는 집수정의 용량을 설계해야 하며 적정 열교환을 원활하게 수행 대상 스마트 팜의 합리적인 지열시스템(수직, 개방형 등)의 선정 수행

· 대상 스마트 팜의 냉난방 부하계산

- 설계 전문 프로그램을 이용하여 스마트 팜의 용도 및 건축재, 마감재 등을 고려하여 계산함
- 연간 스마트 팜에 작용하는 동적 열부하 계산이 필요함
- 냉방 또는 난방에 대한 부하 의존도가 높은 스마트 팜의 경우 지중의 열화 또는 냉화가 발생할 수 있으므로 이를 열교환기 설계에 반영하여 장기 지열 변화를 차단하여야 함

- 대상 스마트 팜 현장상황 파악
 - 천공에 이용 가능한 면적에 대한 파악
 - 기계실, 부하 존, 타 공조시스템과의 연계상황 파악
 - 수전용량, 전기사양 확인(외산 히트펌프 적용시 주의 필요)
 - 옥외 시공부위에 대한 토목관료, 기반시설 인입에 대한 간섭여부 파악
- 지열 열교환기 및 시스템 일반형식 결정
 - 대상 스마트 팜의 부하패턴, 용량(대,중,소), 천공 부지의 상황을 고려하여 밀 폐형 또는 개방형의 설계 방안 선정(소/중형:밀폐형, 중/대:개방형) 고효율의 지열 시스템 선정



[그림 2-189] 스마트 팜 지열설계 프로세스

- 표준 사양에 의한 지열시스템 기본설계
 - 시스템 설계 시 현장의 지열열전도도 시험 결과를 반영하여 설계하거나 시험시추의 비용, 기간 등의 이유로 인하여 표준설계를 바탕으로 차후 시공 시 표준설계를 검증하고 상이점을 수정하는 방식으로 시공이 진행
- 시험천공 및 지열 열전도 시험
 - 시험천공 및 지열 열전도 시험은 기본설계의 타당성을 검증하고 최종적인 지열시스템 사양을 결정하기 위함
 - 시험공에서 정해진 열부하를 주입하면서 열교환기 내부를 순환하여 지중으로 발산하는 유체 온도변화의 경사도 및 주입된 열량을 기준으로 하여 측정

- 지열 열교환기 사양 확정 및 시공설계(기본설계 검증)
 - 열교환기 설계 프로그램 사용, 지열 열교환기 설계프로그램을 사용하여 시험천공 암반의 성상 및 열전도 테스트 결과를 입력하여 계산함
 - 필요 데이터 : 건물의 연간부하, 현장의 열전도 데이터, 현장의 암반구성 자료, 히트펌프 사양, 지중 평균온도, 순환수 사양, 지열열교환기 배치계획

- 시스템 일반장비 사양 확정
 - 순환배관, 팽창탱크, 냉온수 저장탱크, 순환펌프 선정

- 지열 설계 기준
- 설치위치
 - 지중열교환기는 구조물 또는 각종 지중 매립 시설물과 간섭이 없는 곳에 설치하여야 하며, 가급적 기계실 등 관련 설비로부터 가까운 곳에 설치하여야 함
 - 지하수 이용 시 반경 500m 안에 지열열펌프 시스템의 성능에 영향을 미치는 시설 및 지하수 이용으로 인한 오염영향 요인이 있는지 확인하여야 한다. 시설이 있을 경우, 설치하고자 하는 지열열펌프 시스템의 적용 가능 여부를 검토하고 결과를 '지하수 이용 조사서'에 첨부하여 제출하여야 함
 - 설계자는 지열열펌프 시스템 설치에 앞서 현장조사를 실시하여야 한다. 스마트 팜 소유자는 현장조사결과와 지열열펌프 시스템의 설계·설치와 관련된 각종도서(지열이용검토서, 사업비내역서, 시방서 등)를 에너지관리공단 산·재생에너지센터에 제출하여야함

- 수직밀폐형 지중열교환기 및 지중트렌치 배관
 - 지열공을 건축물 기초 하부에 시공할 경우 스마트 팜 건물의 기초 안정성을 검토하고 그 결과를 지열이용검토서에 첨부하여 제출하여야 함
 - 설계도의 깊이와 직경을 준수하여 지열공을 천공하되, 지열공 깊이는 트렌치 바닥부터 산정하여야 한다. 천공 시, 지열공 상단부의 붕괴를 방지하기 위해 지면에서 지하 암반층 출현 지점까지 케이싱을 삽입하여야 한다. 천공완료 후 케이싱을 제거하지 않을 경우 지하수가 유입되지 않도록 조치하여야 함
 - 지열공 그라우트로 순수 벤토나이트, 순수 시멘트, 벤토나이트-열축진제 혼합물, 시멘트-열축진제 혼합물 등을 사용하여야 하며, 혼합물인 경우 설계 혼합 비율을 준수하여 주입하여야 함
 - 그라우트가 혼합물인 경우 설계 시 혼합비율을 준수 시공하여야 함
 - 지열공 천공 시 발생하는 암석 파쇄물·시추용 슬러리·자갈 등으로 지열공을 채워서는 안됨
 - 그라우팅 작업은 이송 펌프, 트레미 파이프 등 전용 장비를 이용하여 지열공 최 하단부터 올라오면 채워야 하며, 침하되는 부분을 필히 보충하여야 함
 - 지하수 과다 배출 지역 또는 공법 특성상 지열공 전체에 그라우팅이 불가능한 경우, 대체 방법에 대해 센터와 협의하여야 한다. 이 경우에도 암반(연암층)선 아래로 1m 이상 깊이까지 반드시 그라우팅을 하여야 함
 - 지중열교환기는 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 파이프를 사용하여야 하며, 지중순환 열매체(이하 지중순환수)의 누수 방지를 위해 열융착법으로 연결하여야 함
 - 지열공 내 삽입 후·되메우기 전·기계실 열원부 배관 작업 완료 후 각각에 대하여 최고 사용압력의 1.5배 이상의 압력에서 1시간 이상 수압 시험을 실시하여 이상이 없어야 하며, 시험 결과를 제출하여야 함
 - 지중순환수로 물과 에틸알코올 또는 프로필렌글리콜을 혼합하여 사용해야 하며, 혼합 비율은 동결점이 -6°C 이하가 되도록 하여야 함
 - 지중순환수의 종류·특성·혼합비 등을 설계도서에 명시해야 하며, 시공 시 지중순환수의 설계 비율을 준수하여 주입하여야 함
 - 트렌치 배관은 지중매설물 및 조경수 등을 고려하여 동결심도 이하의 깊이에 매설하여야 함

- 트렌치 배관 시공 시 배관이 수평을 유지할 수 있도록 평탄작업을 실시한 후 매설하여야 하며, 되메우기 전에 배관에 손상을 가하거나 하중을 가할 수 있는 날카로운 돌, 바위, 표석등을 제거하여야 함
- 양질의 토사를 이용하여 파이프 직경의 두 배 이상의 두께로 파이프 및 이음관 주위를 되메우되, 추후 지반침하가 일어나지 않도록 물다짐 또는 기계다짐을 하여야 함
- 트렌치 되메움 시 지면으로부터 약 0.5m 깊이에 파이프가 매설되어 있다는 경고표지를 전 구간에 설치하여야 함
- 균일 유량 분배를 위해 지중열교환기를 역환수배관(reverse return)방식으로 설치하거나 또는 정유량 밸브를 설치하여야 함

· 개방형(SCW형) 지중열교환기 및 지중 트렌치 배관

- 설계에 앞서 지하수 영향조사 기관에서 '지하수 영향조사'를 실시한 후, 결과 보고서를 지열이용검토서에 첨부하여야 한다. 또한 지열 우물공 설치에 따른 스마트팜 건축물의 기초 안정성 등을 검토한 후 결과를 지열이용검토서에 첨부하여 제출하여야 함
- 설계도면의 지열우물공 직경과 깊이를 준수하여 시공하되, 지열우물공의 깊이는 시스템 정상 운전 시 유지되는 지하수 안정수위부터 유공관 최하단부까지로 함
- 지열우물공 시공 시 표토층부터 풍화암층까지 흙막이 케이싱을 설치하여야 한다. 흙막이 케이싱과 별도로 지표하부보호벽용 케이싱을 암반(연암층)선 아래로 1m 이상 깊이까지 설치하여야 하며, 이때 케이싱 외벽에서 50mm 이상의 두께로 그라우팅을 실시하여야 함
- 그라우팅 재료로 체적분율 3%의 벤토나이트를 함유한 시멘트 혼합물을 기준으로 하고 급결제도 사용할 수 있다. 단, 물과 시멘트 혼합물의 중량 비를 1:2(물:혼합물)로 하여 최대한 수축을 방지하여야 한다. 시공자는 설계 시 혼합비율을 준수하여 케이싱 하부부터 채워야 함
- 내부케이싱 삽입 전, 에어서징(Air Surging) 방법 등으로 지열우물공 내부를 깨끗하게 청소하여야 함
- 내부케이싱으로 스테인리스 강관, 수도용 PVC 파이프, PE 관 등 지하수 수질을 오염시키지 않는 재질의 제품을 사용하여야하며, 내부 케이싱과 지열우물공벽 사이에 충전재를 적용할 경우 지중 순환수의 흐름을 방해해서는 안 함
- 내부케이싱은 지열우물공 바닥까지 설치해야 하며, 지하수 순환을 위해 하단부에 유공관을 설치하여야 함
- 지하수 공급관과 환수관은 고밀도 폴리에틸렌 파이프를 사용하여야 하며, 지열우물공 내에 삽입되는 파이프는 이음부분이 없도록 연결하여야 한다. 또한 환수관 끝단은 안정수위 보다 아래에 있어야 하며, 블리딩 배관 및 밸브를 설치하여야 함
- 블리딩량은 순환지하수량의 20% 이내로 한다. 또한 공급관과 환수관의 적정 위치에 순환유량과 블리딩량 확인을 위한 유량계와 온도계를 각각 설치하여야 함
- 심정펌프는 지하수 안정수위보다 10 m 이상 깊은 지점에 설치하여야 함
- 지표층으로부터 오염물질이 유입되는 것을 방지하기 위해 지열우물공의 상단부에 밀폐장치를 설치해야 하며, 근접한 거리에 지열열펌프시스템을 위한 지열우물공이라는 표식을 해야 함
- 지열우물공 내부에 파쇄대 또는 연약지반 등 공 붕괴 가능성이 있는 경 이를 방지하기 위한 보강 공사를 사전에 수행해야 함
- 지중 배관의 열용착 후-기계실 열원부 배관 작업 완료 후 각각에 대하여 최고 사용압력의 1.5배 이상의 압력에서 1시간 이상 수압시험을 실시하여 이상이 없어야 하며, 시험 결과를 제출하여야 함
- 지중 트렌치와 관련된 사항은 '6.2 수직밀폐형 지중열교환기 및 지중트렌치 배관'을 따름
- 집수정(집수조)는 스마트 팜 전체 부하량을 고려하여 적절한 용량이 설치되도록 설계되어야 하며, 공급관, 환수관 등과 같은 재질을 우선으로 설계해야 하며, 청소 등 청결을 유지하도록 해야 함

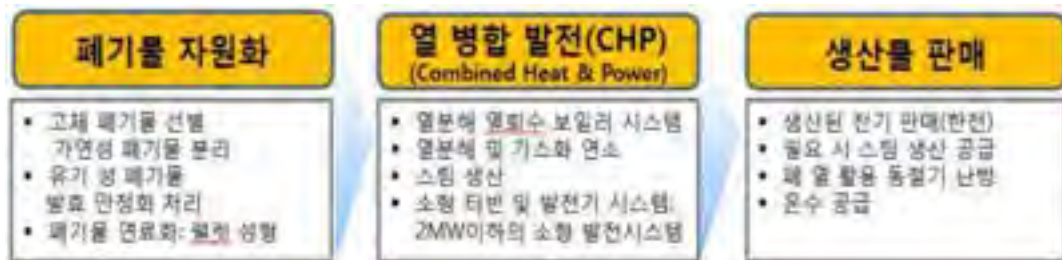
- 지열 설비시설 운전 관리 방안

모드	정지상태	추정되는 원인
난방	고압(헤드) (응축기/대류측)	- 극단적으로 높은 열이 증발기에 공급되어 압축기의 용량을 상승시키고, - 응축기를 과부하 상태에 놓이게 함. - 난방측 열교환기 순환량 부족 - 난방루프의 열매체 온도가 과도하게 높음. - 냉매 과충진
	저압(흡입) (증발기/지열측)	- 지열 코일 측 순환량 부족- 지열 공급온도 너무 낮음 - 부동액 부족으로 지열열교환기(증발기)동결 - 냉매 회로의 냉매가 과충진/과부족 - 팽창밸브, 센서의 오작동 - 난방 루프 측 난방수의 온도가 너무 낮음
냉방	고압(헤드) (응축기/지열측)	- 지열루프 측 순환량 부족, 누수 - 지열루프 측 열매체 온도가 너무 고온 - 응축기 코일 오염 - 냉매의 과충진
	저압(흡입) (증발기/대류측)	- 히트펌프로 들어가는 순환수온도가 너무 낮음 (온도조절기 설정 온도가 너무 낮다.) - 냉매의 과충진/부족 - 팽창밸브나 센서의 오작동상태로 압축기 교체
	압축기 모터 협착	- 내부 나선형 흡이 압축기 외부 통에 협착, 교체, 압축기가 소실된 경우에는 액체리인 이 필터/건조기를 교체 - 압축기 보조 가동기와 동시에 작동을 시도해서 작동되지 않으면 압축기 교체
기기작동 시간이 짧다	압축기 과부하	- 압축기 과부하시어 압축기교체, 압축기가 너무 높은온도 에서 작동되면 시스템 내 냉매부족이 원인 일 수 있음
	배선, 컨트롤	- 배선이 느슨해졌거나 컨트롤 불량
난방은 되는데 냉방은 안됨	전환밸브의 냉방절환이 안됨	- 4way 밸브 작동불량 교체
	전환밸브가 전환되지 않고, 밸브가 뽁뽁함	- 배선 잘못으로 기기 본체나 온도조절기 전원공급되지 않음 - 배선수정 밸브가 너무 뽁뽁하거나 얼었거나 움직이지 않으면 교체 밸브를 이용한다
작동소음	압축기	- 히트펌프 본체가 외부함이나 바닥에 직접 닿았는지 점검.
	접촉기	- 접촉기에서의 소음은 컨트롤러의 전압이 18V이하인 경우에 낮은 전압이 공급되고 있는지 변압기의 출력이 낮은지, 온도조절기의 배선이 너무 길지 않은지 점검
	흔들림, 진동	- 내부부속, 팬넬 및 나사의 조임상태 확인 동배관이 금속표면을 칠 수 있으므로 확인 하여 약간 구부릴 것
	물에 의한 소음	- FCU의 순환압력이 너무 높으면 소음발생

모드	정지상태	추정되는 원인
증빙기 결빙	펌프의 공회전	- 난방시 - 지열라인 공기제거
	냉난방기의 누출	- 덕트를 통한 냉난방기 누출, 창문이나 출입문을 통한 누출
	온도조절기 (공조기제어용)	- 온도조절기 설치위치가 나뻐 - 주방 등 온도감지 여건이 적절치 않은 경우, 예약기능을 조정
	공기흐름	- 공기흐름이 장애를 받거나 공기의 분배가 적절치 못할 경우, 공기순환모터의 속도와 덕트 사이즈 점검, 팬코일 내의 필터를 주기적으로 세척
	냉매충진	- 냉매부족은 시스템 작동효율 저하시킴, 냉매부족여부를 판단하기 전에 지열순환량과 난방순환량을 먼저 점검
	압축기	- 압축기 결함여부 점검. 배기압력이 너무 낮고, 흡기압력이 너무 높으면 압축기의 압축기능이 활발하지 못함. 압축기 교체
	전환밸브	- 전환밸브의 고장으로 냉매가 압축기의 배출에서 흡입으로 bypass됨. 필요시 전환 밸브를 교체하는데 젖은 천으로 감싸 식인 후 교체
송풍기모터는 작동되는데 압축기가 작동되지 않거나 압축기의 작동 시간이 짧다.	배선	- 압축기나 Anticipator등에 연결된 배선이 느슨하거나 단선되었는지 확인
	휴즈단락	- 휴즈교체 또는 차단기 누름
	압력조절 (저압, 고압)	- 기기는 고압, 저압 상태에서 작동을 중지함. 지중열 공급유량(LPM), 외기온도, 냉매 누출여부 점검, 압력조절기 점검
	저전압	- 전기회사에 신고, 터미널에서 압축기 저압점검
	저전압회로	- 24V용 전압기 소손 또는 18V 이하 인지 점검, 전압계를 이용 온도조절기의 Y와 X콘트롤러의 M에서 R로 가는 신호점검.
압축기의 과부하 개방	- 압축기 모터가 가열되며 압축기의 온도가 낮아 질 때까지 과부하가 재조정되지 않음. 압축기가 식지않고 과부하 신호가 꺼지지 않으면 압축기 불량 이거나 과부하에 의한 개방	

□ 폐기물 소각 투엔터빈 전력생산기술

○ 특징



○ 난방설비

보일러		스팀터빈	
			
스토커식소각로	보일러일체형 (2드럼방식)	복수식 터빈	일체형 (습포화증기)
폐기물처리량	84ton/d	용량	2,990 kW
증기유량	20 ton/h	증기유량	20 ton/h
증기압력	20 kg/m ²	증기압력	20 kg/m ²
증기온도	280°C	증기온도	280°C



○ 제어



• Control Panel

- Engine/Generator Control Panel
- Synchronizing Panel
- Water Treatment Processing Panel
- HFO System Control Panel

• PLC, SCADA System

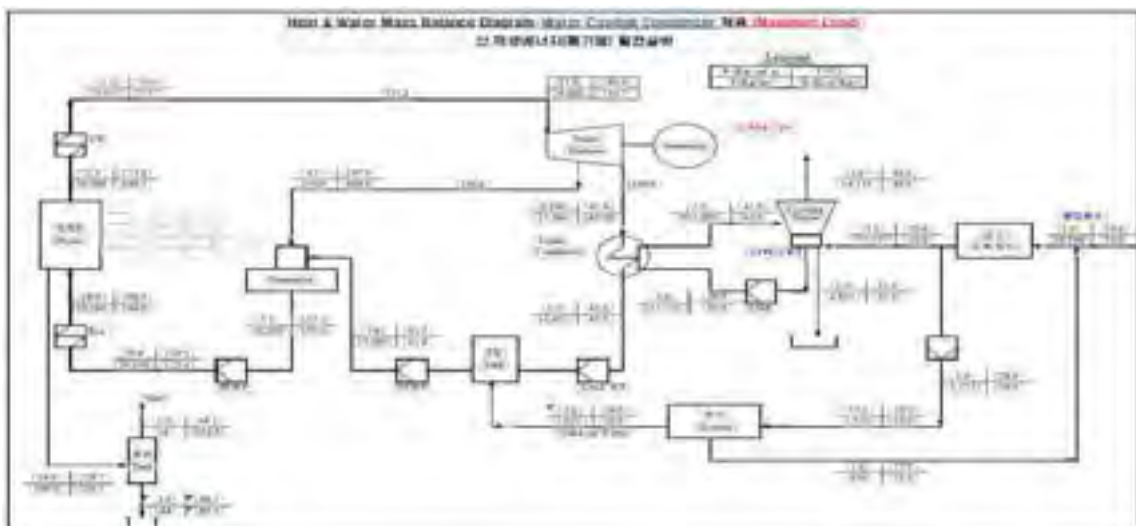
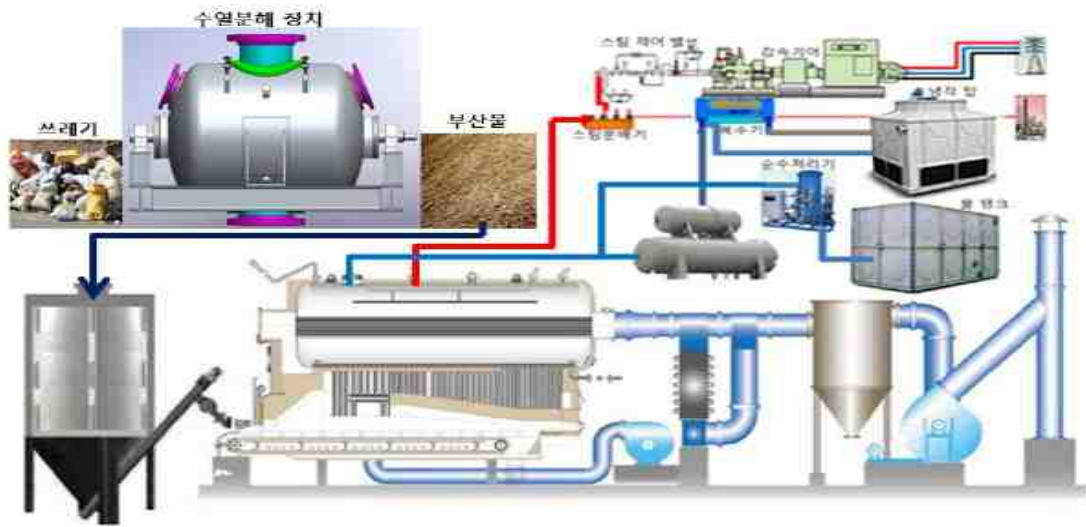
- Siemens, Allen-Bradley, Schneider
- WinCC, Factorytalk View, CitectSCADA

• DCS (Distributed Control System)

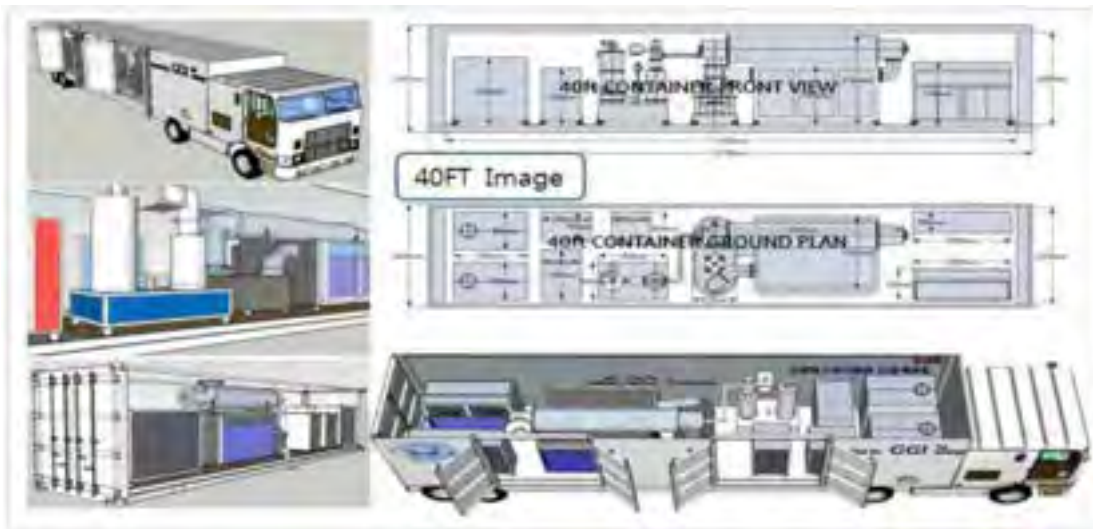
- Siemens (PCS7), Emerson



○ 설계



○ 적용모델 : smart container system



Steam 發電機



⑥ ICT설비 운영시스템 설계

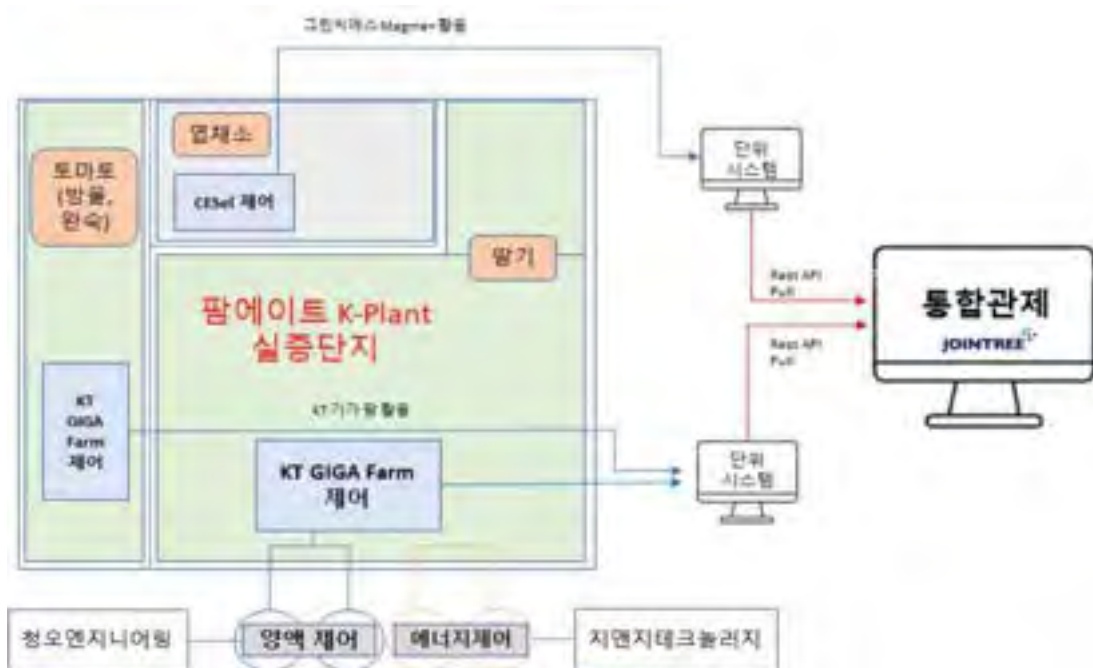
□ 모니터링/원격제어를 기본수출형태로 하여 복합환경제어, 물/에너지관리를 단계적으로 적용하고, 이를 통합한 K-plant 통합관제시스템에 대한 기술 및 설계

□ 통합관제시스템

○ 개요

- 스마트팜에 적용되는 통합환경제어시스템(양액제어), 물관리시스템, 에너지관리시스템, 생육환경 시스템을 중앙에서 관제할 수 있는 모니터링 시스템 구현
- 기존의 환경 제어시스템(양액제어, 내/외부 환경제어)에 물관리시스템(특허등록 제 10-1656433호 : AMI 실시간 관망운영 관리기법 및 프로그램) 활용 및 지열에너지시스템을 결합한 새로운 관제시스템
- 수출 Target 국가의 현지 환경에 맞는 프로그램 확장성 구현
- 모니터링/원격제어, 현지 환경에 커스터마이징이 가능하도록 소스 설계

○ K-Plant 실증단지 통합관제시스템 개략도



- 복합환경제어시스템
 - 마그마
 - 마그마 온실 복합환경제어시스템의 구성



- 마그마 복합환경제어기의 주요기능

천칭제어	이중칭제어	측칭제어	차광커튼제어	보온커튼제어	축커튼제어
유동팬제어	배기팬제어	순환펌프제어	보일러 3WAY밸브제어	CO ₂ 제어	보광등 제어

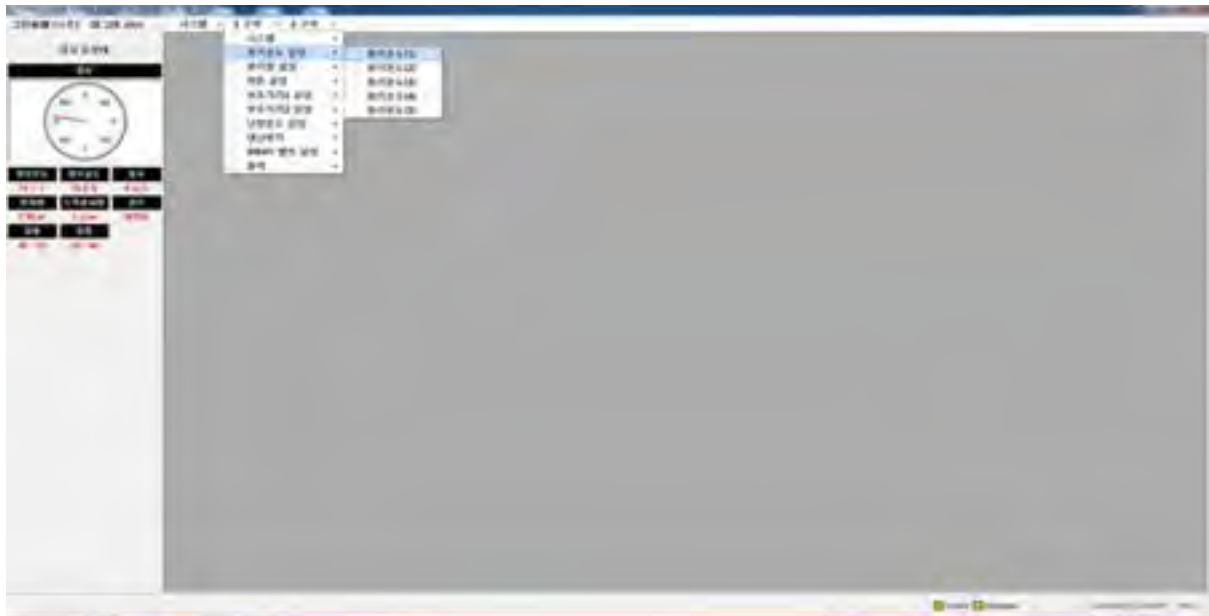


○ 복합환경제어기 설치

- 설치된 센서 위치확인(수평, 오염, 그늘)
- 주변 온실의 센서값과 비교
- 센서위치 확인(생장점 부근)
- 습구 심지 건조 여부 확인



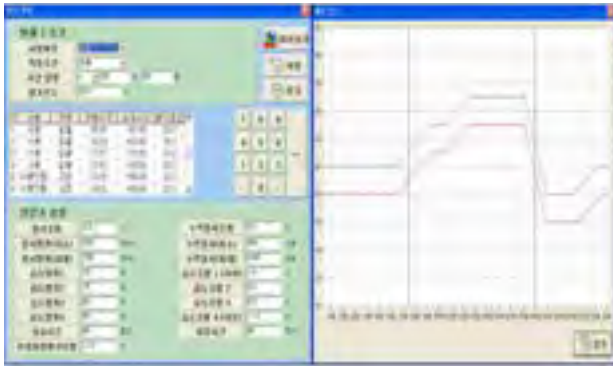
○ 복합환경제어기 메인화면 및 설정화면



[그림 2-190] 복합환경제어기 메인화면



[그림 2-191] 복합환경제어기 메인화면



[그림 2-192] 환기설정



[그림 2-193] 천창설정



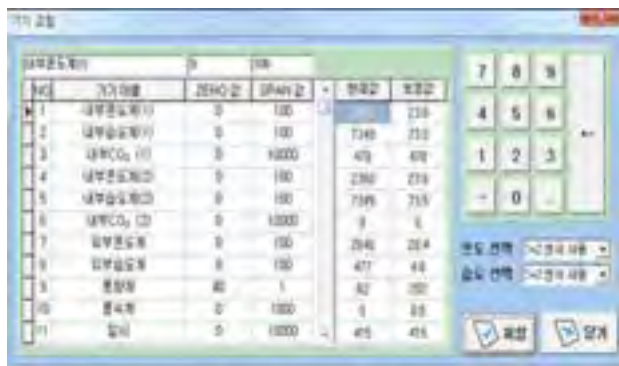
[그림 2-194] 프로그램설정



[그림 2-195] 제어 및 기상설정



[그림 2-196] 여닫는 시간 설정



[그림 2-197] 기기교정(온습도 센서 선택)



[그림 2-198] /O 리스트



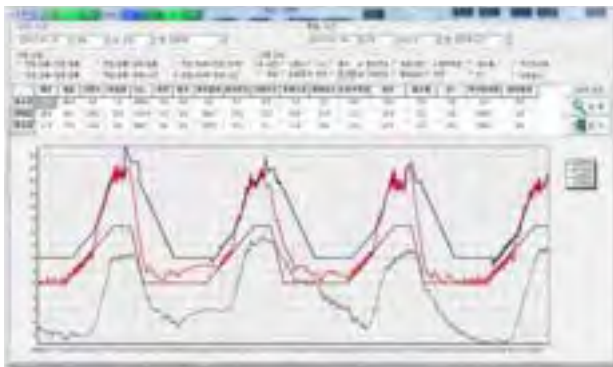
[그림 2-199] 천창설정



[그림 2-200] 천창의 적분 설정



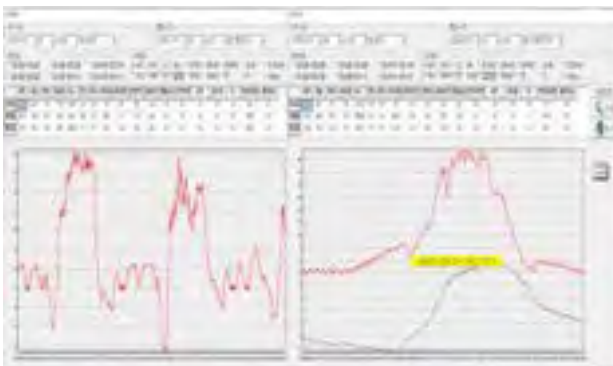
[그림 2-201] 난방설정(조절값에 따라 설정값 변화)



[그림 2-202] 난방과 환기그래프(조조가온)



[그림 2-203] 스크린설정



[그림 2-204] 스크린 열림, 닫힘 설정



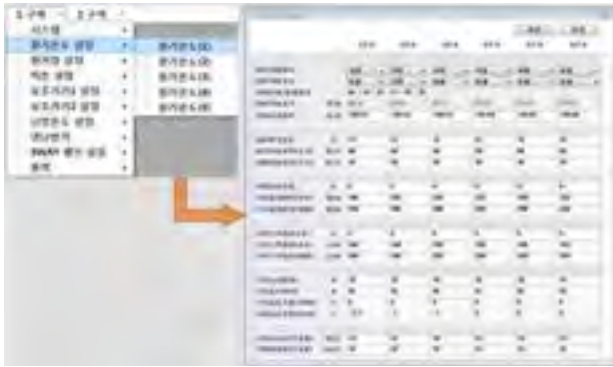
[그림 2-205] CO2 설정 (조절값에 따라 설정값 변화)



[그림 2-206] 유동팬 설정



[그림 2-207] 단동 개별 제어



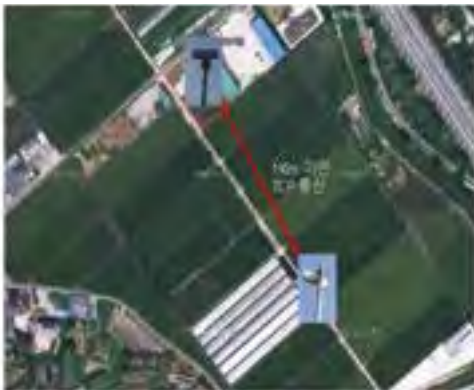
[그림 2-208] 1~5동 환기설정



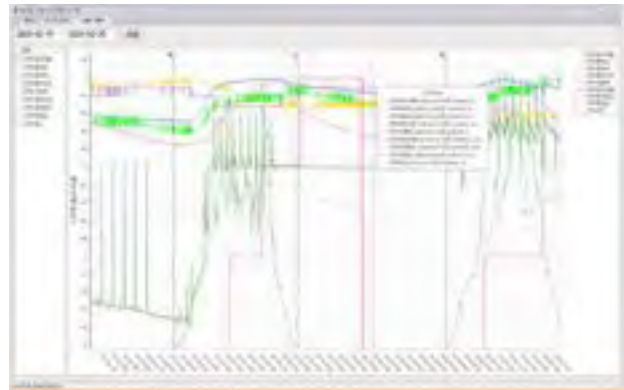
[그림 2-209] 다중 설정화면 구성



[그림 2-210] 다중 설정화면 구성



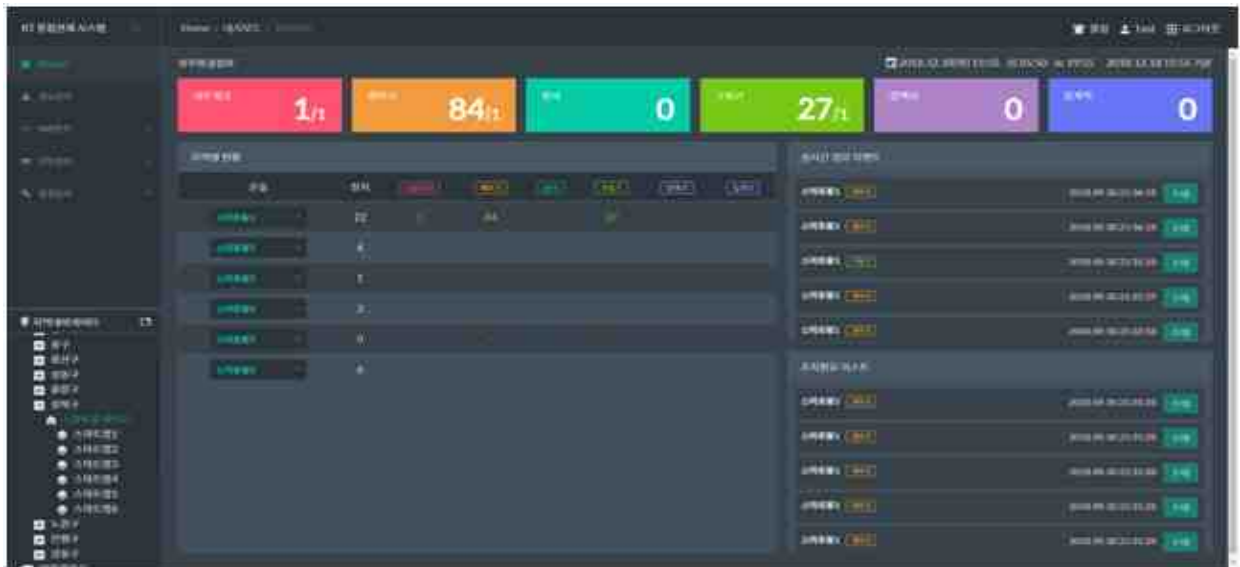
[그림 2-211] 무선통신 장비 활용(제어기, 인터넷)



[그림 2-212] 센서 통합 모니터링 시스템

□ 기가 스마트팜

- GiGA 스마트팜은 센서가 달린 사물인터넷(IoT) 기기를 통해 재배시설의 온도, 습도, 일사, CO2, 토양 등을 분석하고, 분석 결과에 따라 제어장치를 구동해 최적의 작물 재배환경을 구현하는 솔루션이다.
- 농림축산식품부에서 2016년 1월 실시한 여론조사에 따르면 스마트팜 도입 걸림돌로 '초기 투자 및 관리비용 부담'이 53.8%, 'ICT 기술 사용의 어려움'이 16.7%로 각각 1, 2위를 차지했다. 농가의 초기비용 부담을 낮추기 위해 융합기술원에서 자체 개발한 스마트팜 솔루션을 적용하고, 스마트팜 도입 비용을 기존 대비 최대 40%가량 낮췄다.(비닐온실 5연동 기준, 약 0.33ha)
- '스마트팜 통합 관제센터'에서는 농가시설의 이상 유무를 24시간 모니터링하기 때문에 외출 시에도 안심하고 이용할 수 있다. 나아가 IoT 상품의 취약점으로 지적되는 PC 및 스마트폰 해킹차단 기능을 강화했으며, 머신 러닝 기반 온실별 맞춤형 제어'를 적용해 온실시설과 무관하게 시설 제어 성능을 높였다.



[그림 2-213] 대시보드 메인화면



[그림 2-214] 종합설정창

구분	오늘(3/15일)				내일(3/16일)			
시간	18	21	0	3	6	9	12	15
날씨	☁	☁	☁	☁	☁	☁	☁	☁
기온 (°C)	28	24	22	21	21	26	31	33
강수량 (mm)	20	20	20	0	0	0	0	0
습도 (%)	0	0	0	0	0	0	0	0
풍속 (m/s)	1.2	0.6	0.4	0.6	0.6	1.1	1.6	1.9

[그림 2-215] 기상예보창



[그림 2-216] 농가이용현장

□ 관수관리시스템

○ 양액재활용시스템

- 환경오염 최소화, 양액 및 생산원가 절감, 사용자 편의성이 향상된 순환식 수경재배 시스템

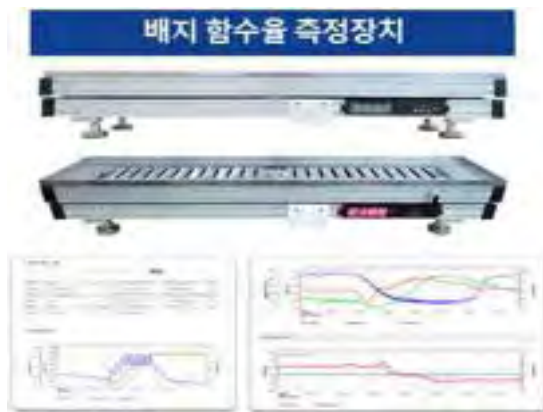


[표 2-146] 순환식 수경재배시스템의 특성

순환식양액기	특성
양액제어 알고리즘이 적용된 순환식 수경재배시스템	<ul style="list-style-type: none"> - 배액 측정기, 배액 살균장치, 양액제어 알고리즘 통합 - 배액 및 급액 상태 실시간 저장 (pH, EC, 배액량, 급액량, 혼합비율 등) - 각 제어기, 구동부 상태 실시간 기록 - 양액제어 정밀도: 유량기준 95%
UV 또는 플라즈마를 이용한 배액살균 실시간 이온측정기를 통한 배액관리	<ul style="list-style-type: none"> - 방법: 자외선(UV) 살균기, 유수형 및 입수형플라즈마 살균기 - 요인시험: 유속(유량), 투입 에너지(전력), 살균시간 - 배지별, 살균방법별 살균장치 성능비교 및 설계기준 - 살균 95% 이상, 1일 처리용량 10톤 이상 (30% 배액 시 1000평 기준)
온실 복합환경제어 시스템과 연동 및 원격제어	<ul style="list-style-type: none"> - 기 보유 복합 환경 원격제어시스템과 연동 - 인터넷 및 모바일폰을 통한 원격 모니터링 및 제어

□ 배액관리시스템

내 용	특성
최적 배액 관리를 위한 근권환경상태 실시간 모니터링 시스템	- 실시간으로 배액의 양, EC, pH, 작물 중량측정 - 양액제어알고리즘 입력 자료로 활용
배액 관리 시스템	- 배액량측정 센서 정확도: 95%(5cc/bucket) - 배액 EC/pH 측정 센서 정확도: 95% (EC: 0 ~ 20mS/cm, ±0.2mS/cm, pH: 0 ~ 14(5%)) - 함수율(중량) 측정 센서 정확도: 95% (10 ~ 40 kg, Resolution 5g)
급액관리 및 관수제어 알고리즘	- 원수 + 살균배액+ 액비혼합 비율 계산 - 배액 최소화 및 양액제어 알고리즘 및 프로그램 개발



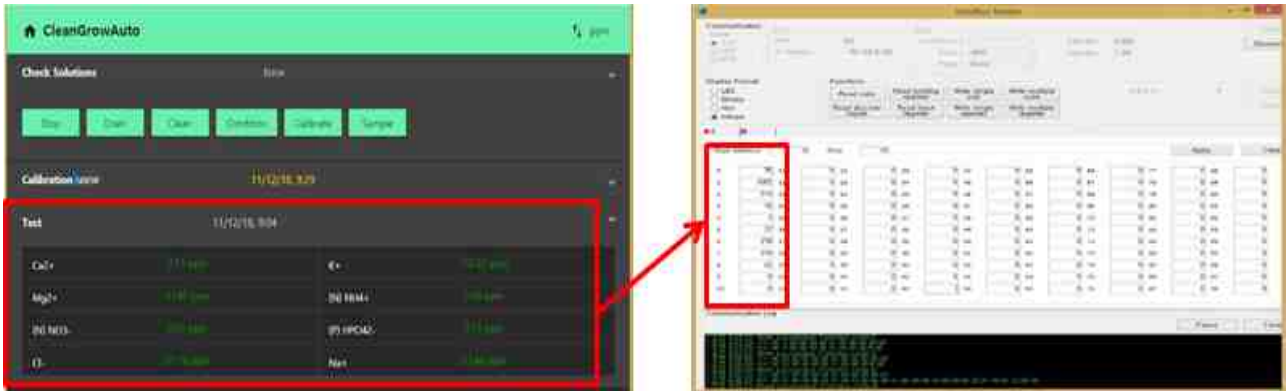
□ 분석 및 처방

○ 실시간 양액 이온 분석장비

실시간 이온 검출기	휴대용 이온검출기
<p>특징</p> <ul style="list-style-type: none"> - 실시간으로 양액이온 분석가능 - Ca²⁺, Cl, K, Na, NH₄, NO₃, Mg²⁺, P(HPO₄)²⁻ 측정 - 자가 보정기능 - 이온 전위차 전자장치 장착 - 전극은 방수 Ag/AgCl은 반영구 Electrode 사용 - LAN 또는 WIFI 장치연결 - PC 모니터 또는 모바일로데이터 확인가능 - EC, Ph 센서는 Option 사양 - 2개의 파트로 나누어 보정가능 - 7인치 터치 스크린 	<p>특징</p> <ul style="list-style-type: none"> - 간단한 보정을 통하여 양액이온 분석가능 - Ca²⁺, K, NH₄, NO₃, Mg²⁺, P(HPO₄)²⁻ 측정 - 자가 보정기능 - 20초 이내에 6가지 이온물질 동시측정 - 이온농도 0.05~60,000 ppm까지 측정가능 - 모바일로데이터 확인가능 - 센서 교정시간 60초 이내 - 교정 정밀도 모바일화면에 표시 - 날짜, 시간 및 측정위치 기록 - 측정결과를 엑셀 파일로 이메일전송가능

○ 배양액 처방 알고리즘

- NH₄, K, Mg, Ca, NO₃, H₂PO₄, SO₄.Na 등의원소를 자동으로 보충할 수 있는 알고리즘을 채택



[그림 2-217] 실시간 이온측정값 양액기연동화면

배액 부족이은 보충을 위한 C/D/E/F액 공급시간 산출

원시표준액	Ca	K	Mg	NH ₄	NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄
실측농도(mmol/L)	4.0	0.0	2.0	1.0	14.0	1.0	3.0
원시량	40.1	39.1	24.3	14.0	14.0	31.0	32.1
보충농도(ppm)	180.3	234.6	48.6	14.0	190.1	31.0	64.1

액종	부사량(g)	Ca	K	Mg	NH ₄	NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄
실측농도(μj/m)		180.3	234.6	48.6	14.0	190.1	31.0	64.1
배액농도(ppm)		18.44	4.12	2.19	0.47	3.97	2.51	
부족이은량(ppm)(C,D,E,F액 보충용액 농도)		143.8	220.5	46.4	13.5	190.5	28.5	
원시량		40.1	39.1	24.3	14.0	14.0	31.0	32.1
부족이은 농도(mmol/L) ← 부족이은량/부족이은 농도		3.50	5.89	1.91	0.97	13.00	0.90	
보충농도 대비 배액농도(중이은대비농도) (%)		10.3%	1.8%	4.5%	3.4%	2.8%	8.1%	
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	C액 238.15	3.59				7.18		
KNO ₃	D액 10.10		5.89			5.89		
NH ₄ H ₂ PO ₄	E액 118.03				0.97		0.97	
MgSO ₄ ·7H ₂ O	F액 248.48			1.91				1.91
배액 보충농도(mmol/L)		3.59	5.89	1.91	0.97	13.07	0.97	1.91

실시간 배액 측정값 (중이은시)	NO ₃	H ₂ PO ₄
	0.42	-0.05
	0.28	-0.03
	13.33	0.94
	7.70	0.94
	6.18	

[그림 2-218] 배양액 처방 알고리즘 예시

⑦ 재배시스템 설계

□ 특정작물의 생육특성, 기상조건과 작형에 맞추어 지상부 및 지하부 생육을 효과적으로 관리하기 위한 베드구성, 배지종류, 줄기유인 및 관수방법, 재식밀도, 재식거리 등 재배작업과, 수확후 이송 및 선별출하를 포함한 생산과정 전반의 물리적 구성 및 관리시스템 설계

- 권역별 현지 관행 시스템 + 수요자 맞춤형 upgrade

□ 재배시스템 구성










○ 설계요소별 구성

- 작물 생육특성 : 적은, 습도, 근권형태, 수확부위
- 재배방식 : 토경, 관비, 양액(고형배지, NFT, 분무경,아쿠아포닉스, 순환/비순환, 정수설비)
- 고형배지종류 : 암면, 코이어, 피트모스, 펄라이트
- 베드형태 : 개별/일체형, 행인거터, 고설베드
- 관수방법 : 드리퍼/압력버튼, 점적테이프, 담액식, 분무경, 믹싱탱크/원액분리형
- 줄기유인 : 와이어/파스칼/전동작업차, 유인줄, 집게, 넷트

하이드로 포닉스(무토양재배), 아쿠아 포닉스(친환경), 행인거터(고생산성) 등 재배기술 활용

<p>하이드로 포닉스 재배</p> <p>Nutrient solution cultivation</p>	
<p>아쿠아포닉스 재배</p> <p>물고기이용 작물 재배</p>	
<p>행인거터 재배</p> <p>Hanging gutter</p> <p>기존의 고정식 거터의 작업 환경의 단점을 보완하기 위해 이동식 행인 거터를 설치 하여 작물 재배 환경을 편리 하게 제공</p>	

□ 해외 현장 적용사례

			
LED보광등 딸기재배 네덜란드	보광전조등 국화재배 네덜란드	공동선별장(네덜란드)	
			
수확물 자동트롤리 네덜란드	수확물 바닥후크 이송장치 네덜란드	레일방제 로봇 네덜란드	수확물 이송장치 네덜란드
			
담배가루이 방충망 네트온실(이스라엘)		보온/차광 스크린(일본)	
			
엽채류 수경재배 시설(중국)		비가림온실 딸기베드(벨기에)	
			
그로잉백 수경재배(말레이시아)		차광스크린, 유동팬 베트남	그로잉백 수경재배 베트남
			
엽채류 수경재배시설(베트남)		개방연결형 컨테이너배지(베트남)	

□ 재배관리설계

○ 관리분야별 설계

○ 환경관리 : 작물/기후/작형

- 유인시설 : 여부 및 형태결정
- 냉난방 및 환기 제습 설비 : 여부 및 방식 결정
- CO2 : 여부 및 공급 방식 결정
- 재식 밀도/거리 : 광조건 및 생산기간에 따라 결정
- 병충해 방제 프로그램 : 인증(GAP), 농약사용유무, 해당 시기별 원인에 맞춤
- 방제작업 : 유무인 방제장비 및 설비, 훈증기, 방충망

○ 작업관리 : 작물 및 품종/작형/시설 및 설비형태/최종 출하 형태

- 장비, 자재, 인력, 작업범위 및 관리 방법 결정
- 재배작업 : 파종, 이식, 정식, 줄기유인, 하엽제거, 방제 등
- 수확 및 이송 : 튜브레일(트롤리/전동작업차), 행잉모노레일, 지게차, 자동이송설비, 일륜차
- 예냉 및 저장
- 선별 : 개별/공선, 덤핑(자동, 반자동, 수동), 중량식+육안선별, 제함(자동, 수동), 밴딩(자동, 반자동), 포장[벌크, 규격박스(테이핑/오픈박스), 소포장]
- 출하 : 개인/택배, 납품 및 경매처/운송

○ 작물생육관리 : 재배 규모/형태

- 생육기록관리 여부 및 컨설팅 등 생산성 업그레이드를 위한 결정

□ 재배관리 내역

구분	내용
육묘	정식일별 육묘일정, 필요 자재(spec), 작업별 소요 인원
파종	종자 준비 및 소독, 물러그 포수, 피종, 발아 환경 설정, 육묘 환경 설정, 급액
이식	물러그 포수, 이식
이식 후 관리	환경 설정, 급액, 간격 벌리기, 묘소질 판단
정식 및 정식 후 관리	필요 자재(spec), 작업별 소요 인원
온실 소독	작물 제거, 드리퍼 소독, 양액라인 소독, 공간 소독, 온실 주변 정리
정식	정식 시기 판단, 슬라브 상처, 정식 구멍 내기, 포수, 정식, 배수구 내기, 유인줄 설치
활착	환경 설정, 급액, 정식일별 주안점
1그룹 착과	착과 절위 판단, 착과량 결정, 환경 설정, 급액, 착과 실패시 대책
작물관리	작업 일정, 작업별 소요 인원
생육조건	이상적인 생육상, 원격 컨설팅 프로그램, crop registration, 생육 판단, 생육 전환
정지 및 유인	수형, 정지, 유인, 착과, 작업
수확	수확시기 한정(칼라차트), 수확량 예측, 수확
환경관리	측정 및 관리법, 복합환경제어 프로그램 사용법
온/습도	생육 단계별/일중 관리 목표, 난방/환기장/포경/매여전/채습기/스크린/쇼크 운영 전략
CO2	관리 목표, CO2공급기/환기장 운영 전략
광	관리 목표, 램프/스크린 운영 전략
양액관리	생육 단계/계절별 용수량, 측정 및 관리법, 환경제어 프로그램 사용법
양액 조성	표준 양액, 원수 분석, 양액 처방, 비료 선택, 비료량 계산, 혼합
pH	관리 목표, 중탄산 관리, 조정법
염수율 및 EC	생육 단계별/계절별/일중 관리 목표, 조정법
구분	내용
생리 장애 및 병충해	
생리장애	
병해	주 발생 시기, 예방법, 진단법, 예방 및 방제법(농약 및 전략), 연간 발생 일정
충해	
품질 관리	
품질규격	품질 목표 설정, 품질 기준 및 평가표
GAP	기준, 관리 문서
데이터 관리 및 분석	
지상부	
근권부	관리 대상 목록, 측정법/주기, 관리법, 분석법 및 대책
작물	
인력 운영 및 교육	조직도, 연간 투입/교육 계획
적무 기술서	영농팀장, 온실 관리자, 작물 관리자, 생산직
생선직 교육서	파종, 이식, 온실소독, 정식 준비, 정식, 유인줄 매기, 정지 및 유인
위생 관리	위생 장비, 개인 위생 수칙
안전 관리	안전 수칙
Trouble shooting	백성시 환경관리, 시설 및 장비 작동 요인 숙지 및 대응일 회

□ 육묘설계

- 수출권역별 작물의 재배형태(노지, 비가림, 비닐온실, 유리온실)에 따라 각기 다른 기상조건 및 육묘시설 자재수급 상황에 적용하기 위하여 컨테이너형 육묘장을 설계

□ 컨테이너형 육묘

○ 육묘 환경 분석

- 작물별 재배 주수 분석

- 재배 작물은 비닐온실, 유리온실 등에서 일반적으로 재배중인 작물을 선정하였고, 아래 표의 작물 별 묘 소비량은 작물의 재식 거리 및 단위 면적당 필요한 묘의 수량을 농촌진흥청 작목 기술 정보를 참고하여 10a, 1ha, 10ha에 필요한 재식 주수를 산출

[표 2-147] 대상 작물별 묘 소비량

구분	작물	재식거리	m ²	10a	1ha	10ha
엽채류	상추	20×20	16	16,000	160,000	1,600,000
	결구상추	30×30	9	9,000	90,000	900,000
과채류	가지	50×50	2	2,000	20,000	200,000
	토마토	100×30	4	4,000	40,000	400,000
	파프리카	100×30	3	3,300	33,000	330,000
	오이	100×30	3	3,000	30,000	300,000

- 작물별 육묘 환경 분석

- 작물의 육묘 환경은 우량 묘를 생산하기 위하여 작물별 파종 및 육묘시 양액 농도, 주야간 온도 관수량 등이 중요.
- 대상작물인 엽채류와 과채류의 발아 및 육묘 조건은 아래 표와 같이 작물별로 상이함.
- 일반적으로 엽채류의 경우 광 발아, 과채류의 경우 암 발아 임.

[표 2-148] 작물 별 환경 조건

환경조건			상추	결구상추	가지	토마토	파프리카	오이
양액	발아	EC	0.6	0.6	0.6	0.0-0.1	0.6	0-0.1
		pH	6.5~7.0	6.0~6.5	6.4	5.8	5.5	6.0~6.5
	육묘	EC	1.5~2.0	1.5~2.0	2.0~3.0	2.0~3.0	2.8~3.0	1.6~2.0
		pH	6.5~7.0	6.0~6.5	6	5.8	5.5	6.0~6.5
온도	발아	주간	15~20	15~20	30~31	25	25	23~27
		야간	15~20	15~20	21~22	25	25	23~27
	육묘	주간	20~23	19~21	30~31	24	25	20~28
		야간	17~18	17~18	17~18	15	23~24	17~20
관수량	발아	주간	1.5~2.0	1.5~2.0	1.5~2.0	-	1.5~2.0	1.5~2.0
	육묘	주간	4.5~5.5	4.5~5.5	1.0~2.0	0.2~0.3	1.0~2.0	1.0~2.0

○ 컨테이너형 육묘기 설계

- 육묘용 컨테이너

- 육묘기를 구성하기 위하여 수출용 냉동 컨테이너를 사용.
- 컨테이너형 식물 공장의 경우 대부분 수출용 컨테이너를 사용하고 있는데, 수출형 컨테이너는 단열 처리가 되어 있지 않아 별도의 단열 처리가 필요하고 이에 따라 공간 활용도가 떨어지는 단점이 있음
- 컨테이너 내부 온도를 유지하기 위하여 별도의 냉/난방 장치가 필요하여 설치 공간이 필요함.
- 냉동 컨테이너의 경우 단열처리가 되어 있는 구조물에 전용 냉/난방기가 설치되어 있어 단열 효율이 높을 뿐만 아니라 공간 활용도 우수함.
- 수출형 모델로 개발 시 컨테이너 단독으로 Shipping 가능하여, 운송비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라 컨테이너 사용 전원/전압이 다양하여 별도의 장치 없이 수출 대상국 어디서나 사용이 가능.
- 20ft 냉동 컨테이너의 경우 냉난방 전력이 최대 13Kw/hr로 저전력 운용이 가능하여 운영비용이 저렴.
- 40ft 냉동 컨테이너의 경우 냉난방 전력이 최대 22Kw/hr로 저전력 운용이 가능하여 운영비용이 저렴.

[표 2-149] 냉동컨테이너 사양

		20ft	40ft	비고
Size	외부 Size	6058X2438X2591	12,190X2438X2520	
	내부 Size	5400X2200X2200	11,554X2,290X2,200	
소비 전력	총 전력	13kw/hr	22kw/hr	
	냉/난방	5.5kw/hr	7.5kw/hr	
	LED조명	6kw/hr	12kw/hr	
	양액	1kw/hr	2kw/hr	
	자동제어	0.5kw/hr	0.5kw/hr	
동작온도		-50°C ~ 60°C		
설정온도		-30°C ~ 30°C		
내부면적		11.88㎡	26.46㎡	
내부용적		26㎡	58㎡	

- 20ft, 40ft컨테이너가 있어 시설규모에 따라 선택이 용이하고 표준화가 쉬움
- 수출형 냉동 컨테이너는 -30°C ~ 30°C까지 온도를 설정할 수 있으며, 설정온도에 대한 내부 온도 편차는 최소 ±0.1°C로 설정이 가능.



a) 수출형 일반 컨테이너



b) 수출형 냉동 컨테이너

[그림 2-219] 컨테이너 종류

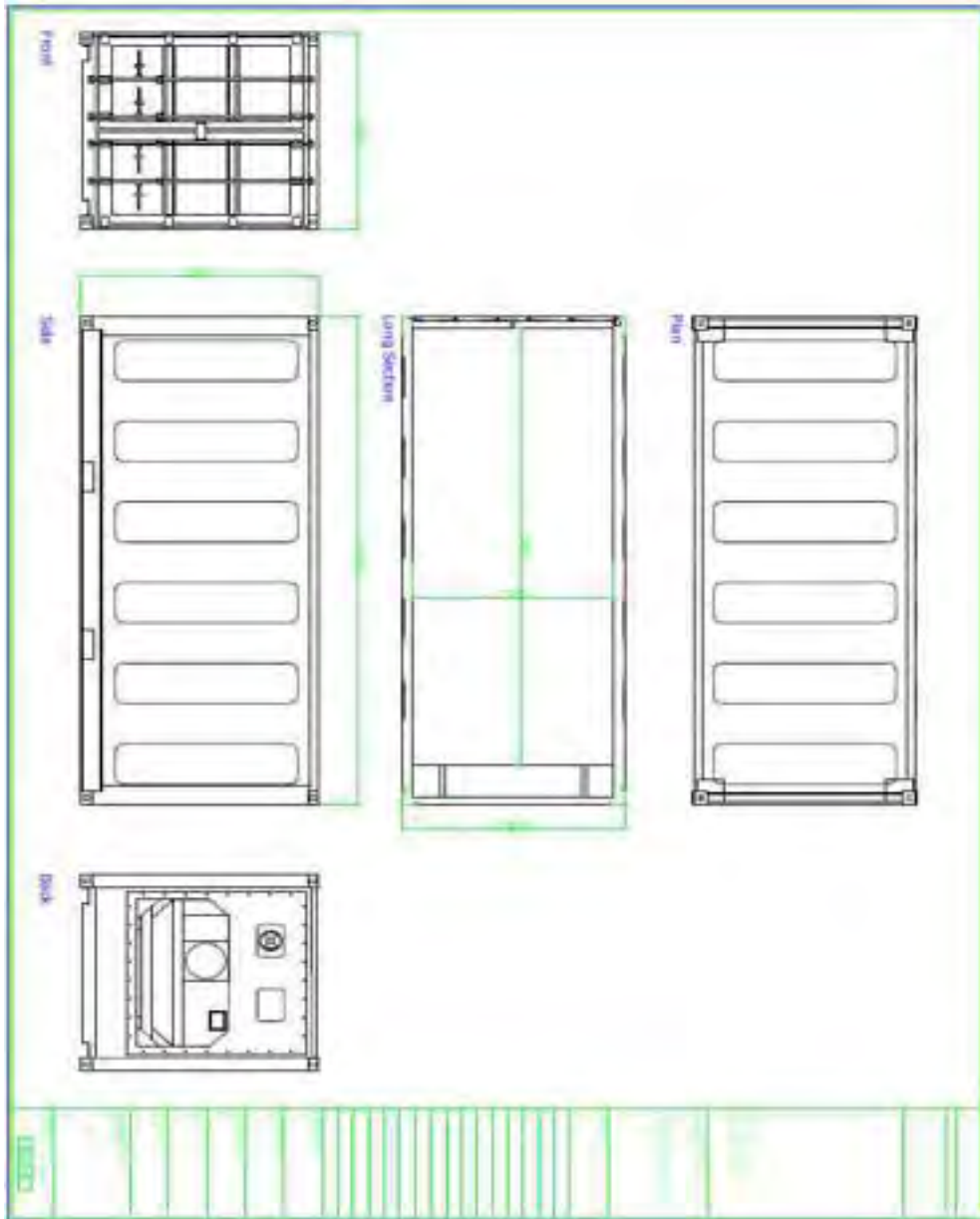
○ 육묘용 컨테이너 육묘 주수

- 엽채류인 상추, 결구 상추의 경우 재식 밀도가 높아 1,300주/m²의 재식밀도로 육묘가 가능하고, 20ft 컨테이너에서는 124,800주가, 40ft에서는 249,600주의 묘를 생산할 수 있음.
- 엽채류의 경우 20ft 컨테이너를 이용할 경우 약 50a(1,500평)에 정식이 가능한 묘를 생산할 수 있으며, 1ha에 정식이 가능한 묘를 생산하기 위하여서는 40ft의 육묘기가 필요.
- 과채류의 육묘의 경우 이식이 필요한데 이식 전까지 육묘할 경우 144공의 암면 파종판을 사용하여 재식 밀도 720주/m²를 생산할 수 있고, 이 경우 20ft에서는 23,040주의 묘를, 40ft에서는 46,060주의 묘를 생산 가능.
- 과채류를 이식 후 정식까지 육묘할 경우 75X75mm 암면을 사용할 경우 169주/m²로 20ft 컨테이너에서는 5,400주를 40ft에서는 10,800주의 묘를 생산.
- 과채류의 경우 이식 전까지 육묘할 경우 40ft 컨테이너에서 1ha에 정식이 가능한 묘를 생산할 수 있으며, 이식 이후 정식까지 묘를 생산할 경우 1ha에 정식이 가능한 묘를 생산하기 위하여서는 40ft 컨테이너 4~5대가 필요.

[표 2-150] 작물 별 육묘 주수

작물	육묘기간	사용포트	재배수량 (주/m ²)	재배단수	재배수량 (20FT/주)	재배수량 (40FT/주)
상추	15~20일	220구	1,300	10단	124,800	249,600
결구상추	15~20일	220구	1,300	10단	124,000	249,600
가지	55~60일	72구	400	4단	30,720	61,440
토마토	55~60일	72구	400	4단	30,720	61,440
파프리카	55~60일	72구	400	4단	30,720	61,440
오이	3개월	72구	400	4단	30,720	61,440

○ 육묘용 컨테이너 설계



[그림 2-220] 20FT 냉동 컨테이너 도면



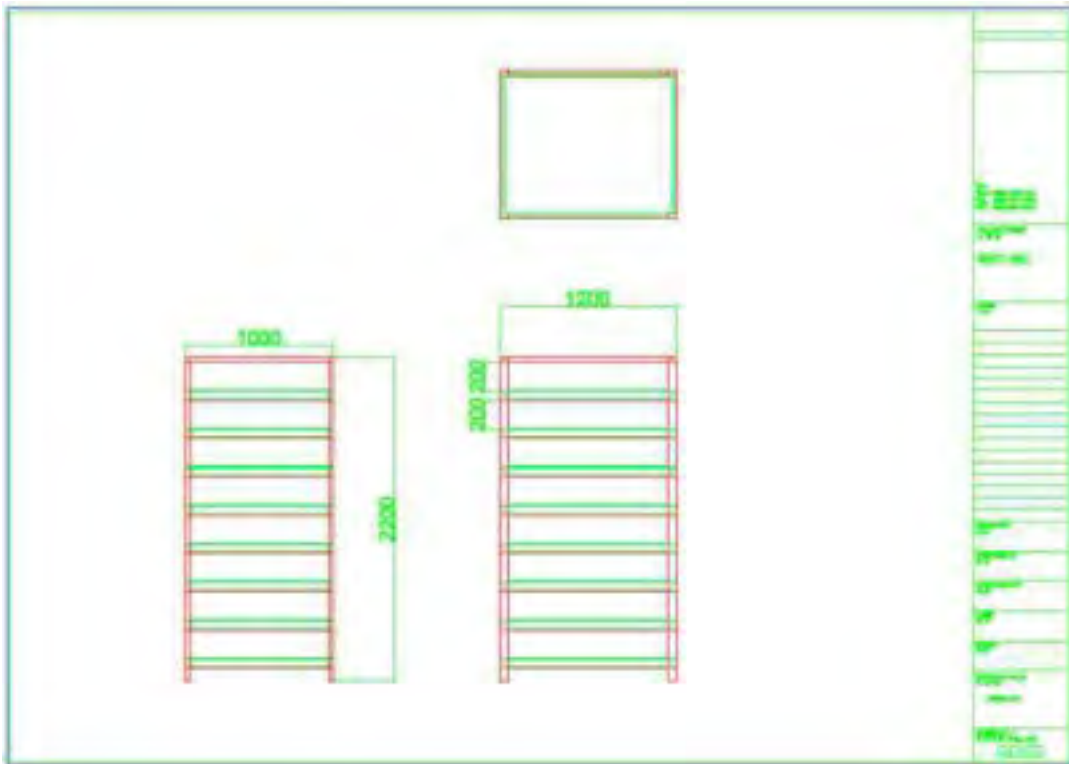
[그림 2-221] 컨테이너 외관 개념도



[그림 2-222] 컨테이너 육묘기 설치 개념도

○ 육묘용 베드

- 육묘용 베드는 씨앗을 파종한 파종판을 적재하여 발아를 유도시키고 육묘기간동안 작물의 성장이 이루어지는 공간.
- 베드에는 육묘기간 필요한 광을 제공하기 위한 LED 조명과 양분을 공급을 위한 양액 공급 장치가 설치되어 있도록 함.
- 육묘용 베드는 가공의 용이성을 확보하고 작물별 단 높이 조절을 쉽게 하기 위하여 알루미늄 프로파일 30X60mm를 이용하여 제작.
- 씨앗이 파종된 파종판을 적재하고, 양액을 공급하는 베드는 스테인리스를 이용하여 제작하여 견고성을 확보하였으며, 양액의 산도에 영향을 받지 않도록 함.
- 양액의 공급은 각 베드 하단에 설치된 양액탱크에서 양액공급 모터를 이용하여 상단에 양액을 공급하고 상단에 공급된 양액은 자연 낙하하여 아랫단으로 이동하여 양액을 공급하도록 함.
- 작물의 성장에 필요한 LED 조명은 면 조명형태로 베드 하단부에 설치하고, 작물의 생육단계별로 광량을 달리하여 광을 공급할 수 있도록 함.
- LED에 공급하는 전원은 DC 전원 사용하여 감전위험을 감소시켰으며 컨테이너 상단에 슬라이드 방식으로 설치하여, 베드 이동의 자율성을 확보하였으며, 공간을 효율적으로 사용하도록 함
- 육묘 작물의 길이에 따라 베드를 추가하거나 제거하여 묘의 크기에 적응하여 베드를 운영할 수 있도록 함
- 베드 하단에 케스터를 설치하여 컨테이너 내부에서 베드를 이동할 수 있도록 하여 육묘 종료시 작물의 이동이 용이하도록 함.
- 또한, 엽채류와 같이 생육주기가 짧고 연속 생산을 하는 작물의 경우 육묘된 묘의 이동을 용이하도록 함



[그림 2-223] 육묘용 베드

○ 양액 제어 공급

- 양액탱크의 용량은 각 단에 공급되는 양액 총량의 1.5배 용량이 되도록 제작하여야 하며, 양액탱크의

용량이 작을 경우에는 작물 생육간 양액이 소비됨에 따라 양액 공급 모터가 파손될 염려가 있음.

- 각 베드에 공급되는 양액은 12~18L 정도이고 8단으로 베드를 설치할 경우 양액탱크의 용량은 250L 정도의 양액탱크가 필요함.
- 또한, 육묘단계에서 양액의 공급은 우량묘 생산에 중요한 요소로 발아시와 육묘 생육시 양액의 농도를 달리하여야 함.
- 일반적으로 발아시에는 0~0.6mS/cm 정도의 양액을 공급하고, 육묘 단계에서는 2~4mS/cm 정도의 양액을 공급하여야 함.

[표 2-151] 작물 별 육묘간 양액 농도

조건		상추	결구상추	가지	토마토	파프리카	오이
발아	EC	0.6	0.6	0.6	0.0~0.1	0.6	0.0~0.6
	pH	6.5~7.0	6.0~6.5	6.4	5.8	5.5	6.0~6.5
육묘	EC	1.5~2.0	1.5~2.0	2.0~3.0	2.5~3.0	2.8~3.0	2.0~3.0
	pH	6.5~7.0	6.0~6.5	6	5.8	5.5	6.0~6.5

- 작물의 생육 상태에 따라 발아단계와 육묘 단계, 육묘 출하 단계의 양액 농도 및 양액 공급량을 제어하도록 함.
- 양액의 EC와 pH는 각 베드에 설치된 센서를 이용하여 양액의 EC, pH를 측정하고, 양액 탱크와 A액, B액, 산 등을 정밀 제어할 수 있도록 정량 펌프 사용함.

○ 온도 제어

- 발아시 온도는 작물이 발아율을 결정하는 중요한 요소이다. 발아시 저온에 노출되면 휴면에 들어가고, 고온에 노출될 경우 씨앗이 썩는 현상이 발생함.
- 작물별 발아에 적합한 온도를 설정하여 발아율을 향상시킬 수 있음.
- 육묘시 저온에 노출되면 작물이 냉해를 입게되고, 고온에 노출 될 경우 역시 생육 장애를 나타냄.
- 작물의 생육 단계별 주야간 온도를 설정하고 설정한 온도로 육묘기 제어

[표 2-152] 작물 별 육묘간 적합 온도

		상추	결구상추	가지	토마토	파프리카	오이
발아	주간	15~20	15~20	30~31	25	25	23~27
	야간	15~20	15~20	21~22	25	25	23~27
육묘	주간	20~23	19~21	30~31	24	25	20~28
	야간	17~18	17~18	17~18	15	23~24	17~20

○ 이산화탄소 공급(필요시)

- 발아/육묘시에는 대기의 이산화탄소를 이용하여도 육묘에는 별 지장이 없는 것으로 알려져 있음.
- 생육기간이 긴 가지, 토마토, 오이, 파프리카 등의 작물은 육묘 후반기에 500~800ppm 정도의 이산화탄소를 공급하여 묘의 품질을 향상시킬 수 있음.
- 이산화탄소 공급이 필요할 경우 컨테이너의 기류 순환 모터 부분에 이산화탄소를 공급하고, 제어기에 설치된 센서를 이용하여 이산화탄소를 공급할 수 있음.

○ LED 조명

- 작물에 따라 발아시 광이 필요한 작물과 필요 없는 작물이 있음.

- 육묘기에는 일반적으로 생육기에 비해 적은 광이 필요함.
- 광질(Red, Blue, White)의 비율에 따라 발아율, 육묘 상태가 많은 차이를 보이는 것으로 알려져 있음
- 육묘 단계별 광량을 조절하여 육묘 초기에는 약광을 조사하고, 육묘 후반기에는 광을 충분히 조사하여 육묘 품질을 향상시킬 수 있도록 LED조명의 광량을 0 ~ 150umol/m²s 까지 조절이 가능한 조명을 설치하여야 함.
- 또한, 육묘시 광이 균일하게 작물에 조사될 수 있도록 조명이 설계되어야 하며, 일반적인 조명의 경우 베드의 중앙부분과 가장자리 부분의 광량은 약 40% 정도 차이가 나타남.
- 육묘기 내부는 습도가 높고, 엽면시비를 실시할 경우를 대비하여 방수 기능을 갖는 조명을 사용하도록 함.
- 작물별 광량 및 광질을 조절하여 육묘 품질을 향상시킬 수 있으며, 육묘단계에서 작물별 광량, 광질에 대한 선행 연구가 필요함.

○ 환경 제어기

- 발아, 육묘기에 온도, 습도, 양액 조성, 이산화탄소 농도, 광량 등을 자동으로 제어할 수 있는 시스템이 구비되어야 함.
- 현재 사용되고 있는 제어기는 PLC, u-Com 등을 이용하고 있음.
- 환경제어를 위하여서는 환경 센서(온도, 습도, EC, pH, 광량센서)등을 이용하여 환경을 모니터링하고 설정 값과 비교하여 구동장치를 구동하는 방식으로 환경을 조절하여, 작물의 생육 조건을 제공함.
- 또한, IoT, ICT 기술이 도입되어 장치의 동작 여부, 환경 제어의 이상 유무를 사용자에게 통보하는 스마트팜 제어 시스템이 개발되고 있음.

○ 적용

- 1ha에서 엽채류를 생산하기 위하여서는 40ft 컨테이너를 사용하여야 하고, 과채류의 생육 단계에 따라 필요한 컨테이너형 육묘장의 수량을 산출하고, 이식 전 까지 육묘를 진행할 경우 1ha에 필요한 과채류를 생산하기 위해서는 40ft 1대가 필요하고, 이식이후 정식 전까지의 전 공정을 진행하기 위하여서는 4대의 컨테이너가 필요함.
- 컨테이너 육묘기를 효율적으로 운영하기 위해서는 작물별 작형을 적절히 선정하여 연중 가동율을 높힐 수 있는 방안을 모색하여야 하며, 단일품목을 생산할 경우 연중 가동율이 약 30% 정도임.

⑧ K-farm 적용 방안

- 대상국의 권역기후대별 조건 파악 및 기존 온실/스마트팜 시설을 면밀히 분석하고 해당지역의 시장여건에 부합하는 K-farm 모델의 설치모형과 운영계획을 도출

베트남 달랏 (Dalat) 지역

○ 지역조건

- 해발 600~1,500m 이며 경제수도인 호치민과 비행기로 40분, 육로로 6시간 (산간도로) 정도 걸리는 거리이며 주야온도차(섭씨 15~25도)가 큰 농업의 최적지로서 노지면적 이외에 약 7,000ha의 시설재배면적(화훼, 과채류, 엽채류)이 있다. 양호한 인프라를 바탕으로 한 운송조건으로 생산농산물은 주요도시인 호치민과 하노이로 주로 소비되며 지역적 기후조건으로 인한 우수한 품질을 자랑한다. 연중 일정한 기후와 주야온도차로 종자의 채종적지로도 적절하다.

○ 현장사진

		
달랏 람동지역 (Lamdong) 노지토마토재배1	노지토마토 재배지2	노지토마토 토양선충 피해
		
달랏 람동 시설온실 단지	시설 오이 재배1	시설 오이재배2
		
지역 육묘장1	지역육묘장2	시설 방울토마토재배
		
비가림하우스 엽채류, 딸기재배	연동하우스 엽채류재배	엽채류 수경재배 거터사진

□ K-plant 도입 가능성과 기대효과

- 현황 : 달랏 지역 농업시설은 주로 비가림하우스 및 연동하우스로 구성 되어있으며 기본적인 관수시설을 제외한 냉난방시설은 거의 없습, 재배기술의 수준격차가 심하여 병해충 문제가 많고 그 외 다양한 운영문제점들을 가지고 있으나 인구 2천만명의 경제수도 호치민시와 인접하여 화훼, 과채, 엽채류의 큰 소비시장규모와 청정특산브랜드의 높은 농가수취가격이 장점이므로 시설자동화, 고품질 농산물 생산증대를 통해 수익을 창출할 수 있는 가능성이 무궁무진하다.

□ 적용 가이드

- K-plant 동남아권역 수출모델의 B, C타입
 - C타입 : 비가림, 단동하우스 시설반자동화 (타이머 자동관수, 천창환기)
 - B타입 : 연동하우스 시설자동제어화 (환경제어컴퓨터) 및 기본적인 냉난방 연계(덕트열풍기, 팬엔패드, 유동팬), 무인방제시설 등
- 대규모 농가 혹은 기업형 사업모델 형태의 진출, 작물재배/경영컨설팅 연계 추진을 권장

□ 말레이시아 카메론 하이랜드 (Cameron Highland) 지역

○ 배경

- 영국식민지 시절 홍차 생산을 위해 개발된 해발 700~1700m의 고랭지 농업지대로서 생산물 수출하지이며 수도인 쿠알라룸푸르에서 육로로 3시간 반 정도 거리이다. Brinchang 이라는 소도시를 중심으로 약 7,500ha에 달하는 시설재배면적이 집약되어 있으며 화훼, 과채, 엽채류 등 다양한 작물을 재배하며 중국계 말레이인들의 대규모 농업법인들이 주도.
- 동남아시아의 다른 고랭농업지에 비해 농업기술 수준이 다소 높은 편이며 기술평준화가 되어있고 연중 일정하고 주야온도차가 큰 기후 (섭씨 14~26도)와 풍부한 광량으로 시설대비 높은 생산성을 자랑한다. 일부 선진국 업체들의 신축온실들 (B타입)이 생기고 있으나 대부분은 비가림재배 하우스 형식으로 기본적인 시설만으로 자연조건을 이용해 운영되고 있음
- 과채류의 경우 신종 바이러스피해 및 농가들의 2세대 교체로 보다 자동화온실에 대한 요구도가 높아지고 있으며 K-plant의 진출가능성도 매우 높음

○ 현장사진

		
농업단지 전경1 (비가림온실)	농업단지 전경2(해발 1,600m)	농업단지 전경3
		
단지전경4	토마토 연동온실	하우스 내부전경
		
육묘장 (육묘 +엽채류재배)	육묘장2	방울토마토 연동온실
		
연동온실 토마토	비가림온실 토마토2	연동온실 파프리카

□ K-plant 도입 가능성과 기대효과

- 현황: 주로 목재골조 비가림하우스 및 기초적인 연동하우스로 구성 되어있으며 기본적인 관비시설을 제외한 냉난방시설은 거의 없고 농가들이 큰 필요성을 느끼지 않는다. 그러나 수도 쿠알라룸푸르의 농산물 소비시장규모와 브랜드의 고부가가치 창출을 통해 보다 높은 농가수익을 도모하려면 시설의 현대화, 자동제어화, 전문적인 재배컨설팅을 병행하여 추진할 필요성이 있다. 2세대 농가들의 이러한 요구도가 높아지고 있으며 이에 따라 일부 해외업체들의 최신온실 시공사례가 증가하는 추세
- 동남아권역의 B, C타입 K-plant를 도입하여
 - C타입: 비가림, 단동하우스 시설반자동화 (A/B탱크 믹싱양액 타이머 자동관수, 천창환기제어, 바닥레일 수확물이송)
 - B타입: 연동하우스 시설자동제어화 (환경제어컴퓨터) 및 기본적인 냉난방연계 (덕트열풍기, 팬엔패드, 유동팬), 무인방제시설 등을 기본으로 한 대규모 농업법인 혹은 기업형단지 사업모델 구상이 필요하며 B, C타입 공히 사업초기 주기적인 작물재배 컨설팅이 수익에 큰 도움을 줄 수 있다고 판단된다.






□ 이스라엘 (중동지역)

○ 배경

- 이스라엘은 수자원이 부족한 척박한 기후와 토양 및 대내외적 정치군사 상황으로 예전부터 집약적 농업과 관수시설이 발달한 농업선진국
- 대규모 농업단지가 위치한 사해인근지역 (4,000ha 규모)의 온실들은 12~1월경 500~800ml의 집중강우를 제외하고는 강수량이 없어서 네트온실(두꺼운 방충망피복) 위주이며 기초적인 관수장비만으로 운영
- 재배작물은 주로 과채류 (토마토, 파프리카, 오이, 딸기 등)이며 대개 유럽, 러시아 등지로 수출
- 토마토의 경우 신종바이러스 출현으로 전통적인 연중 1작기가 2작기로 바뀌었으나 저항성품종의 미비로 그 피해가 심각한 상황
- 주변 저개발국이나 중진국의 온실수준도 이스라엘과 마찬가지로이며 오히려 더 열악한 경우가 많음.
- 원유생산으로 부강한 사우디아라비아, 쿠웨이트, UAE등의 산유국들은 높은 생활수준에 맞추어 고품질 청정 농산물의 수요가 많고 수입물량외에 자국내 생산을 높이기 위해 A, B타입의 현대화 자동온실 건설 및 요구도가 매우 높음.
- 현재 다수의 선진국업체들과 국내업체들이 진출해 있으며 준사막/사막형 권역대 기준에 적합한 전문적 기술과 온실시공이 요구됨.

□ 현장사진



		-
갈릴리지역 노지토마토1	노지토마토2	
		
연동온실 토마토1	연동온실 토마토2	연동온실 토마토3
		-
네트온실 외부 관수장비1	관수장비 A/B액 탱크	
		
네트온실 토마토	연동온실 토마토	연동온실 토마토
		-
사해 아라바 지역 전경	네트온실	
		
네트온실 파프리카	네트온실 파프리카	라뮤요 (Lamuyo)타입 파프리카

□ K-plant 도입 가능성과 기대효과

- 현황: 이스라엘은 대표적인 수자원부족 국가이며 관수전문 농업선진국으로서 매우 다양한 수준의 온실 형태를 가지고 있지만 덥고 건조한 기후와 연중 강수량이 굉장히 적고 겨울철에 집중되어 있어서 집단농산지 온실은 주로 네트하우스 (방충/방풍) 및 기초적인 연동하우스로 구성
- 기본적인 관비시설을 제외한 추가시설은 거의 없고 농가들이 큰 필요성을 느끼지 않음
- 유럽, 러시아대륙 등의 수출시장을 감안하고 고부가가치 농산물생산을 통해 보다 높은 농가수익을 도모하려면 시설의 현대화, 자동제어화가 필요.
- 가격/기술대비 자국산 시설자재와 견주어 K-plant의 우수성을 입증하고 특히 중동 주변국 (기대치가 높고 A타입 온실시공 가능성이 높은 산유국 및 중동권역대 B, C타입 온실 유치가 가능한 그 외 국가들 (예: 요르단)) 들의 자국산 농산물 생산면적 증대와 더불어 다양한 K-plant 수출모델의 진출가능성이 있음.
- 중동지역 권역의 A, B, C타입 K-plant를 도입
 - C타입: 비가림, 단동하우스 시설반자동화 (A/B탱크 믹싱양액 타이머 자동관수, 천창환기제어, 바닥레일 수확물이송)
 - B타입: 연동하우스 시설자동제어화 (환경제어컴퓨터) 및 기본적인 냉난방연계 (덕트열풍기, 팬엔팬드, 유동팬), 무인방제시설 등
 - A타입: 대연동 하우스 혹은 유리온실내 시설 완전 자동화 및 첨단환경제어 연동 스마트팜, 빅데이터를 통한 알고리즘 분석으로 환경/생육조절 제어 및 권역대별 맞춤시설 (제습기를 통한 수자원확보, 양액재순환, 야간냉방시설, 미스트 포깅시스템, 스크린 등)을 기본으로 한 대규모 농업법인 혹은 기업형단지 사업모델 구상이 필요. 주산지의 테스트베드 모델하우스 운영도 병행.

□ 중국 남부 푸저우 지역 이스라엘 합작 데모온실

○ 배경

- 중국 남부 푸저우 푸젠성과 이스라엘 농업기업 8개사와 합작 설립한 테스트베드 온실. 재배면적 2천평, 교육/서비스동 500평 규모로 2014년 완공후 운영중. 참여업체는 수자원관리, 관수, 종합환경제어, 온실시공 등 전문대표업체이며 재배동과 별개로 공동홍보관을 지어 운영중 (아래사진참조). 주기적인 각 업체별 이스라엘 전문가 파견 및 현지운영진 교육습득을 통해 향후 정상운영시까지 시설운영/재배전반에 걸쳐 폭넓은 컨설팅 진행. 홍보관의 운영을 통해 대륙내 타 성까지 유사한 사업유치 확대과 상업적인 업체홍보를 겸하고 있는 모범사례

○ 사진자료

		
서비스 교육동	테스트베드 온실	엽채류 재배
		
거터 수경재배	확대사진	관수관리동
		-
이스라엘 업체 홍보관	내부 업체 부스	

○ K-plant 도입 가능성과 기대효과

- 고찰
 - 이미 국내시공사와 연관된 중국 대륙내 다양한 형태의 온실사업이 진행중이거나 완료되었으며 합작형태의 공동운영 단지도 운영중.
 - 발전하는 경제와 무한한 시장규모로 인해 많은 수의 선진국 업체들이 2000년 후반 이후 진출하여 사업영역을 넓히고 있으며 늘어나는 인구와 경제적 식생활개선으로 인해 보다 높은 품질의 농산물 수요가 커지고 있어서 K-plant의 기존진행사업 이외의 수주가능성도 매우 높음.
 - 다만 사업진행에 있어서 정부나 지자체 (성 단위)가 주도적인 입장을 취하는 경우가 많은 국가적 특성을 잘 이해하고 발주자의 니즈를 충족할 수 있는 맞춤형설비와 기술을 제공한다면 향후 시장은 매우 긍정적임.
- 조건
 - 중국 대륙의 넓은 기후대 권역이 존재하므로 권역별로 분석된 정확한 K-plant 모델이 요망되며 중국내 값싼 자재/설비로 만들 수 있는 기초적인 시설의 온실 (C타입)보다는 현지 기술이나 설비와 견주어 충분히 경쟁력 있는 기술노하우가 집약된 A, B타입의 첨단 K-plant 스마트온실사업이 적합.
 - 중국내 현지사정을 잘 아는 파트너사와의 관계도 매우 중요하며 특히 완공후 일정기간의 상주형태나 주기적인 기술인력 파견으로 운영정상화와 작물 생산성, 고정수익 유지를 위해 전문컨설팅 인력투입이 필수적임.

□ 베트남 중부 탄호아 / 나트랑 지역 온실

○ 배경

- 탄호아 온실: 베트남 중부 해안가 탄호아 (Thanh hoa) 지역에 위치한 4ha 규모의 베트남 민영기업의

온실. 이스라엘 시공사가 2014년경 완공하여 토마토, 멜론, 오이 등을 재배하고 있으며 상주 이스라엘 전문가의 2년간 재배 및 시설운영지도를 통해 운영정상화를 이루고 있다. Kplant의 B타입에 해당하는 온실설비를 갖추고 이스라엘 업체의 환경제어설비와 기자재 운영 중.

		
연동온실 외부전경	정식전 내부전경	관수관리동
		
토마토 온실	오이 온실	토마토온실

- 나트랑 온실: 베트남 중남부 해안가 나트랑 인근에 위치한 1ha 규모의 멜론 전문 재배 독농가온실. 프랑스 온실업체가 시공하였으며 동남아 기후권역대에 맞춤형 설계의 온실 시공 이후 멜론 재배로 지역 고품질 시장에 출하 중.
- 네덜란드 프리바사의 환경제어시스템을 운용중이며 IPM천적이용, 태양열발전, 유기배지 제조시설 등 농산물의 친환경 고부가가치 창출을 모범적으로 수행 하고 있는 온실모델.
- 높은 농가 수취가격으로 주변 멜론재배단지의 선두역할을 하고 있으며 이로 인해 향후 면적증대 가능성이 큼.

		
온실외부전경1	외부전경2	내부전경
		
재배전경1	재배전경2	정식초기 전경

□ K-plant 도입 가능성과 기대효과

○ 고찰

- 상기 탄호아/나트랑 지역 온실은 외국업체가 주도적으로 턴키(Turn-key)방식의 시공을 통해 초기 시행착오를 최소화하고 일정한 생산과 경영정상화를 이룬 보기드문 모델로서 시공후 운영 정착초기에 시공사측의 전문인력 파견으로 설비의 운영과 재배정상화를 빠른 시간에 가능케 한 공통점을 가짐.
- 지역 산지의 선구자적 역할을 하고있는 이러한 성공적 시공운영사례를 볼때 K-plant가 베트남 주요

고랭지 달랏(Dalat) 지역 이외에 진출시 필수적으로 고찰할 사항이 많음.

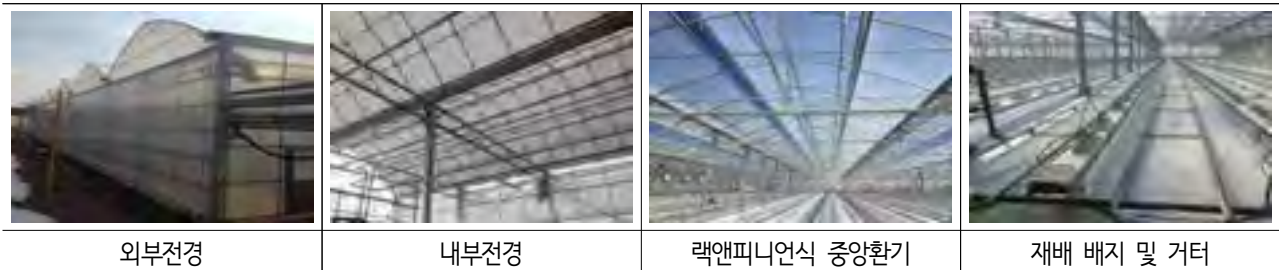
- 발전하는 베트남의 경제상황을 보면 향후 비가림 단동온실과 C타입 온실외에도 이러한 B타입 온실의 사업가능성도 매우 큼.
- 국가의 체제와 지역적 관련사업의 관계를 잘 파악하거나 전문 파트너사를 통해 발주사의 정확한 요구와 조건을 충족시키는 전략이 필요.
- 현재 베트남 산업투자 외국인본중 1위가 대한민국이며 박항서 축구감독 간접외교 등을 통한 국가 이미지가 매우 호의적임도 온실사업에 큰 장점으로 영향.

□ 일본 구리하라 지역 온실 (미야기현 센다이시 인근 집단농업단지)

○ 배경

- 일본은 한국과 유사한 위도대를 가지고 있으나 환태평양에 위치하여 태풍, 해일, 지진 등의 천재지변이 잦은 편이다. 한국의 두 배가 넘는 인구수 (1.3억)의 시설온실 생산물의 요구가 많으나 이러한 자연재배 탓으로 이제껏 첨단 온실 (A유형 유리온실) 면적이 미미하였으나 최근들어 기업농 형태의 대규모 온실들이 늘어나는 추세. 센다이 지역은 동북부 농업지대로서 많은 시설온실 면적이 있었으나 동일본 대지진 때의 쓰나미 피해로 농업근간이 모두 손실을 입었고 국가/기업/지자체의 협력으로 농경지와 시설을 복구하였으며 여전히 진행 중.

○ 연동시설하우스 신축현장 (B타입유형)



- 토마토를 재배하기 위해 신축한 온실로서 랙애피니언 중앙환기방식 천창, 거터설치 배지, 환경제어컴퓨터, 내부스크린 등을 겸비한 전형적인 B타입 유형의 온실로서 일본시공업체가 대부분의 자재를 유럽에서 수입하여 지은 턴키방식 온실

○ 에프-크린 하우스 신축현장

- 토마토를 재배하기 위한 A유형 온실이며 내구연한이 긴 불소수지필름 에프크린을 피복재로 선택했으며 공기가 늦어져서 작물정식이 이뤄지고 마지막 작업중인 모습. 와이드벤로형식 첨단 온실로서 에프크린 수지를 제외한 거의 모든 시설자재를 네덜란드에서 수입하여 턴키방식으로 시공한 온실.



□ K-plant 도입 가능성과 기대효과

○ 고찰

- 일본은 중국과 함께 한국과 가장 가까운 교역 상대국이며 농업인구의 고령화, 태풍, 지진 등의 자연재해로 대규모 첨단농업단지의 제약이 있으며 국내산 파프리카의 경우 수출대상의 대부분을 차지할 정도로 농산물의 수입의존도가 높음. 국가/기업/지자체 협력간 농업단지 건설과 특히 첨단온실의 건설이 증가하고 있는 추세.
- 대부분의 신규사업 발주자가 안전성과 시설내구도를 중시하기에 시공업체의 경우 유럽원예선진국인 네덜란드의 온실 시설자재를 수입하여 건설하는 턴키방식이 주를 이루고 있으나 값비싼 수입단가와 그와 비교해 그다지 높지않은 전체시공견적 차이의 문제점이 있음.
- 최근 한국의 검증된 자재 및 시설에 대한 문의와 일본내 부분시공사례가 증가
- 일본 내 파트너협력이 원활히 이루어지고 사후관리등의 문제점이 해결된다면 국산 온실 전체시공이나 부분시공 및 설치가 충분히 가능
- 네덜란드산에 의존하는 A유형보다는 B, C유형의 온실에서 가격경쟁력과 품질을 겸비한 K-plant사업으로 접근하여 농업박람회 홍보나 지역별 테스트베드를 통한 우수성을 입증한다면 보수적인 일본내 온실시장개척도 가능.

□ 카자흐스탄 자르켄트 지역 한국기업온실, 테스트베드 사례 (2018년)

○ 배경

- 카자흐스탄 자르켄트 지역의 한국 기업의 온실
- 월동작기 (7월 파종후 11월부터 5월까지 수확)로 토마토를 재배.
- 동계 영하의 외기온, 강풍(11m/s 이상), 낮은 일조(500joule이하) 및 지속일수
- 낮은 인건비, 현지인력으로 재배와 대부분의 설비가동 및 정비운영
- 주로 러시아로 수출, 나머지는 국내 납품을
- 연중 균일한 일정수준 이상의 품질이면 판매에 크게 문제는 없음.

○ 테스트베드 온실

- 월동작기 (7월 파종, 10~1월수확)로 오이를 재배
- 향후 수익작목 선택을 위해 딸기재배를 계획.

□ 현장사진

			
자르켄트 한국 기업농 현장	2	3	4
			
기업농 5	6	7	8
			
테스트베드1	2	3	4

⑨ K-plant 단지 설계 방안

□ 6차산업, 분야별 컨설팅/전시/교육, 설비/장비 AS, R&D 등의 기반에 테마형 관광, 농생명바이오, 도심형 스마트팜, 농촌형 스마트타운, 신재생에너지 등을 조합한 복합형 단지(클러스터)를 수요자의 요구사항을 기초로 컨설팅을 통해 설계

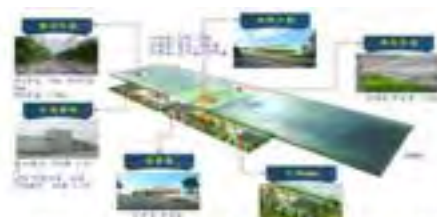
□ 단지 설계 구상 (혁신벨리형, 수출단지형, 기업형, 신재생에너지연계형)



Smart farm Innovation center



Smart farm remodeling Project



Glass type Greenhouse Complex(10ha)



Plastic green house complex model

□ 복합형 단지설계 (육묘, 교육, 가공, 저장, 판매 유통)



□ K-Plant 클러스터 모델 개발

○ 스마트팜 6차산업 클러스터

1) 앞으로 스마트팜 (특히, 수직형 식물공장)의 미래는 매우 밝음

가) 지구의 기후변화로 인한 농작물 피해 사례 매년 전세계에서 보고 되고 있고, 국내에서도 봄에는 가뭄 피해 가을에는 태풍피해, 겨울에는 한파로 인한 냉해등 점차 식량에 대한 문제가 빠른 속도로 일어남.

나) 코로나19로 인한 비대면 생산 시스템은 반드시 미래 농업산업에서 필요.

다) 한국형 스마트팜은 빅데이터를 기반으로한 AI 스마트팜 솔루션으로, 어느 설비나 어느 DEVICE나 이용이 가능한 오픈형 솔루션이 되어야 함.

라) 농업은 다른 산업 기반과 함께 테마형으로 바뀌어야하며, 이는 미래를 대비해야 하는 농민뿐만 아니라 각국이 필요로 하는 부분임.

마) 네덜란드등 유럽에서는 이러한 융복합 산업을 육성중. 네덜란드의 Horti center는 전 세계인을 상대로 첨단 농업의 교육, 지역 연계의 농업 관광산업을 진행하고 있다. 연간 4만명의 농업교육 관광인구가 다녀가고 있으며, 2019년 한국인 가장 많은 다녀간 것으로 파악됨.

바) 한국, 귀농귀촌타운 형태가 진행 중. 향후 선진 농업 기술과 교육, 관광이 융복합된 단지로 개발.



[그림 2-224] 6차 농업 관광 클러스터 네덜란드 호티센터

사) 제주도에서 개발 중인 미래농업센터 : 교육, 유통, 스마트팜단지, 관광이 한 곳에 집적되고 이를 지역과 연계하는 프로젝트



[그림 2-225] 제주 미래농업센터 조감도

○ 스마트팜기반 농생명 바이오 클러스터

1) 농산업과 관련된 바이오산업

가) 생산설비부터 유통망까지 철저한 이력추적에 의한 생산 시스템



나) 스마트팜 기반의 농생명 클러스터는 스마트팜과 농생명 케미컬의 융복합산업 단지로 스마트팜(태양광형 및 인공광형)에서 생산된 식물을 농생명 기술로 천연 추출하여 이를 제약 및 코스메틱, 가공식품의 소재로 생산 후 공급하는 업무 프로세스로 이루어짐.

다) 모델 : 경기도권의 지자체와 전남 지자체에서 진행하는 바이오산업단지 개발

○ 스마트시티 도심형 스마트팜

1) 자연환경을 인공적으로 조작하는 기술을 가미한 농업의 형태로 도시에서 농업을 영위.



[그림 2-226] 도심속의 스마트팜기반 스마트시티 조감도

가) 도시계획에 반영: 도심속 최첨단 농업 단지 조성되는 사례가 유럽에서 나오고 있으며, 한국에서도 도심속에 공장이 건설 중.



[그림 2-227] 프랑스 도심에 건설된 생산 설비(좌)와 한국 지하철역사에 건설된 식물공장(우)

○ 농촌형 스마트타운 개발

1) 현재 우리 농업·농촌은 고령화가 심각하게 진행된 수준. 통계청의 2019년 농림어업조사에 의하면 40세 미만 청년 농가는 2000년대 약 9만 1천명이었으나 2010년에는 3만2천명, 2019년에는 6859명으로 매년 18%씩 떨어지고 있으며, 가장 주요한 이유로 일자리와 도시와 다른 환경적 요인으로 분석

가) 농촌의 스마트화가 추진 사례 : 거제시에 추진되었던 미미팜시티, 충남 청양군 스마트타운 귀농귀촌타운 개발사업 등 진행 중



[그림 2-228] 미미팜시티 개발 조감도

- 나) 스마트팜과 관광복합단지, 상업시설이 농촌에 구축되어 취업 및 창업 활동도 가능하다
- 다) 거주 편의성과 관리용이성, 환금성의 극대화를 제공하여 새로운 타운을 조성
- 라) 에너지 지급 대책 : 연료전지 사업이 클러스터형태로 집적



[그림 2-229] 청양군 스마트타운 개발 컨셉

○ 도심형 스마트팜 클러스터

- 1) 2020년 농진청 21세기 정조 프로젝트 : 도시농촌 소통공간 클러스터 개발 사업 진행중.
 - 가) 농촌/도시, 생산/소비, 현재/미래, 사람/환경이 만나는 복합형 머뮈니케이션의 장
 - 나) 도시 근교에 농업을 중심으로 한 다양한 커뮤니티 지역이 만들어질 것으로 예상 됨



[그림 2-230] Urban AI-Farm Center 외관 가상도



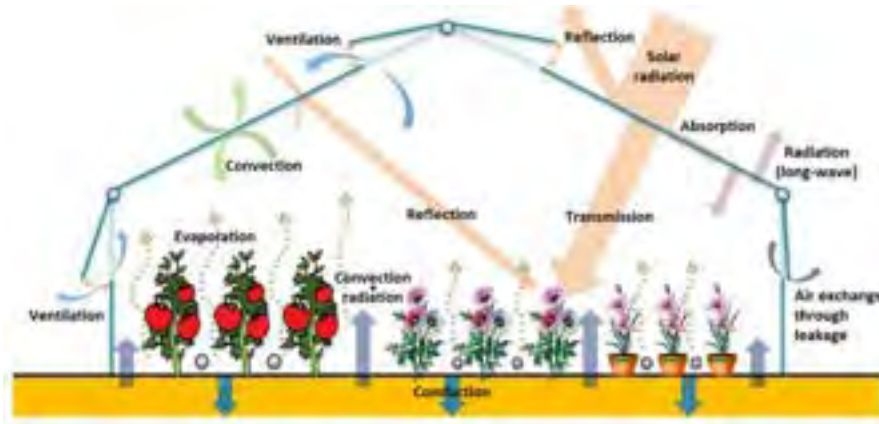
[그림 2-231] UrbanAI-Farm Center 내부 가상도

다) A/VR 시스템을 이용한 다양한 운영시스템

라) 스마트팜 관련산업과 4차 산업과 관련된 복합 단지, 새로운 농산업 개발 모델

나. 시뮬레이션에 의한 K-Plant 수출모형 에너지 성능 평가

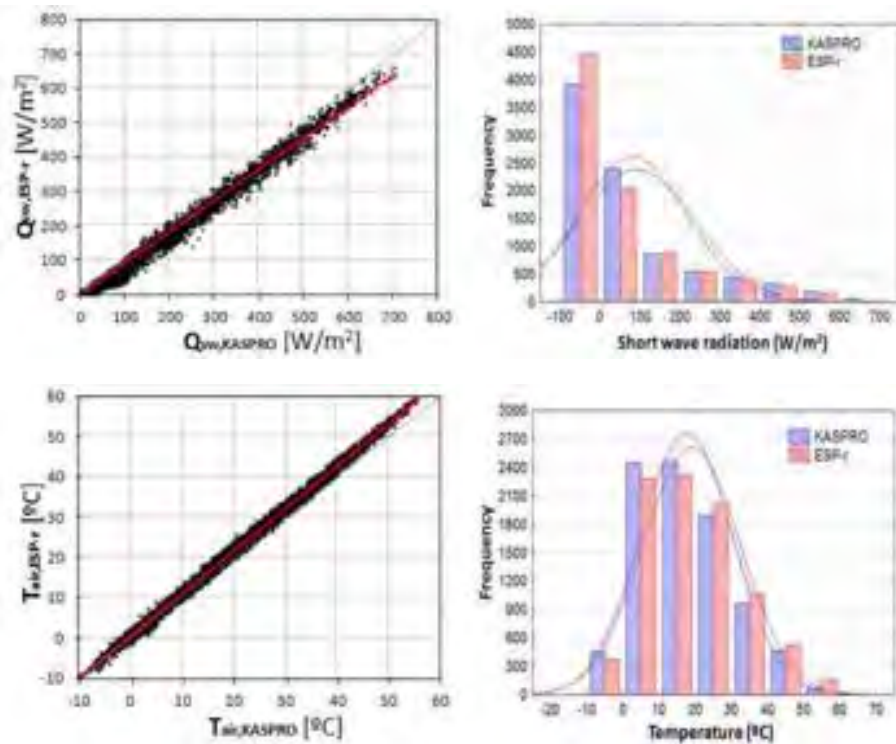
- 온실의 에너지 성능 평가
 - 에너지 성능평가 방법
 - 본 연구에서 베트남 및 러시아 지역의 K-Plant 적용시 에너지성능을 평가하기 위해 시뮬레이션을 이용한 방법을 사용하였음



[그림 2-232] 유리온실에서 발생하는 열의 이동 메커니즘

- 온실의 최대부하 및 연간 에너지소요량을 정확히 산정하기 위해서 온실의 열이동 메커니즘을 정밀히 계산하고 실제 운영방법을 정확히 모사해야 함
- 따라서, 본 연구는 온실의 운영방법에 따른 열적거동을 정확히 예측하여, 최대부하 및 연간 에너지소요량을 정확히 산정할 수 있는 정밀에너지 시뮬레이션 해석도구인 ESP-r을 사용하였음
- ESP-r은 본래 유럽에서 건물 성능평가를 위해 개발된 통합 해석 프로그램으로 열평형방정식에 의한 유한체적법 기반의 정밀 해석도구임
- 본 연구에서 온실에너지 해석을 목적으로 사용한 ESP-r은 온실의 운영방법을 정밀하게 모사할 수 있도록 코드수정을 통해 개발되었음
- 개발된 ESP-r에 대한 온실해석 유효성을 입증하기 위해 미국냉동공조학회인 ASHRAE에서 제안한 inter-model comparison 방법에 의해 네덜란드 와게닝겐연구센터에서 개발한 정밀온실해석 도구인 KASPRO와 성능예측 비교평가를 수행하였음

- KASPRO는 1997년 처음 개발된 이후 다양한 현장데이터와의 유효성 검증을 통해 온실해석에 대한 결과의 유효성이 입증된 상태임
- 성능비교는 동일한 온실모델에 대해 온실내 공기온도 및 일사량 예측결과를 중심으로 수행되었음
- 연간 시간별 공기온도 및 일사량 예측 결과는 다음 그림 및 표에 나타난 바와 같으며, 온실온도의 오차는 RMSE 10.2%, 일사량의 오차는 RMSE 21.8%로 나타났음
- 따라서 온실에너지해석에 수용가능한 오차로 간주하고 온실해석용으로 개발된 ESP-r을 이용해 최대부하 및 연간 에너지소요량을 산정하였음



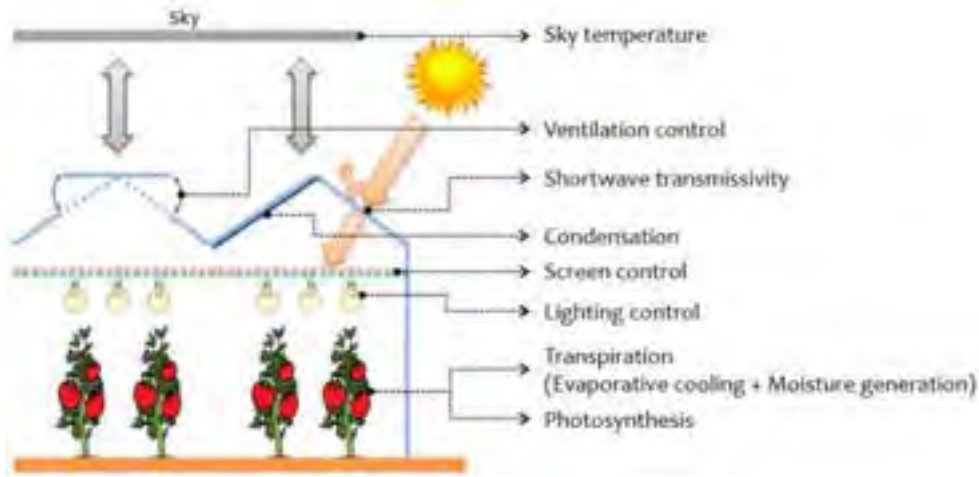
[그림 2-233] 온실내 공기온도 및 일사량 비교결과

[표 2-153] ESP-r과 KASPRO의 오차분석결과

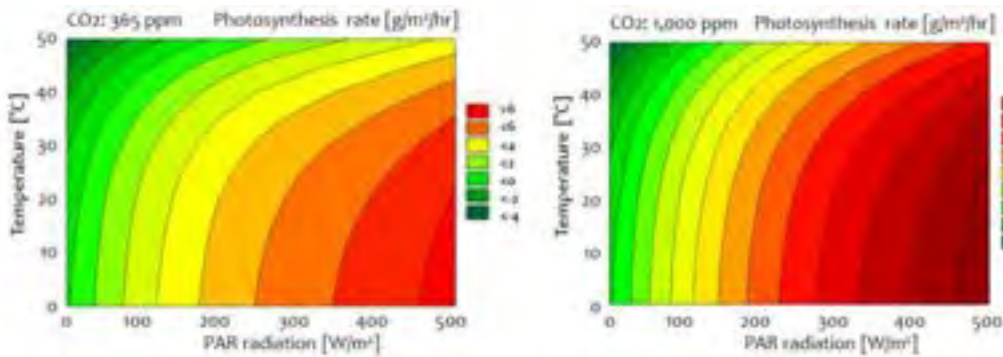
	MBE	RMSE(%)
온실 온도	1.4	10.2
온실 일사량	10.39	21.8

- 온실의 성능해석을 위해 개발된 ESP-r은 기존 건물에너지 해석도구와 비교해 온실운영방법별 다음과 같은 기능들을 적용해 정밀해석이 가능함
 - 천공온도 : 지붕면적이 큰 온실의 에너지성능은 천공복사온도에 따라 크게 달라짐. 따라서 온량을 고려해 천공복사온도를 보다 정확히 예측.
 - 환기제어 : 온실의 상황별 다양한 환기제어를 수행 가능(설정온도, 습도, 광포화점)
 - 단파투과율 : 벤로타입 유리온실의 투과율을 방위 및 태양고도별로 정확히 해석가능하도록 실측데이터 결과값을 적용하였음.
 - 결로 : 온실의 표면결로에 따라 달라지는 온실 수증기압(습도)을 계산
 - 스크린제어 : 다양한 옵션별(온도, 일사량, 광포화점) 온실제어 가능

- 조명제어 : 보광등의 옵션별(스케줄, 광포화점) 제어 가능
- 증산작용 : 온실제어 및 에너지소비량 측면에서 매우 중요한 작물에서 발생하는 습기 계산
- 광합성량: PAR, CO₂ 농도, 온도에 따라 달라지는 작물의 광합성량을 계산할 수 있으며, 계산된 광합성량을 중심으로 작물생산량을 예측할 수 있음

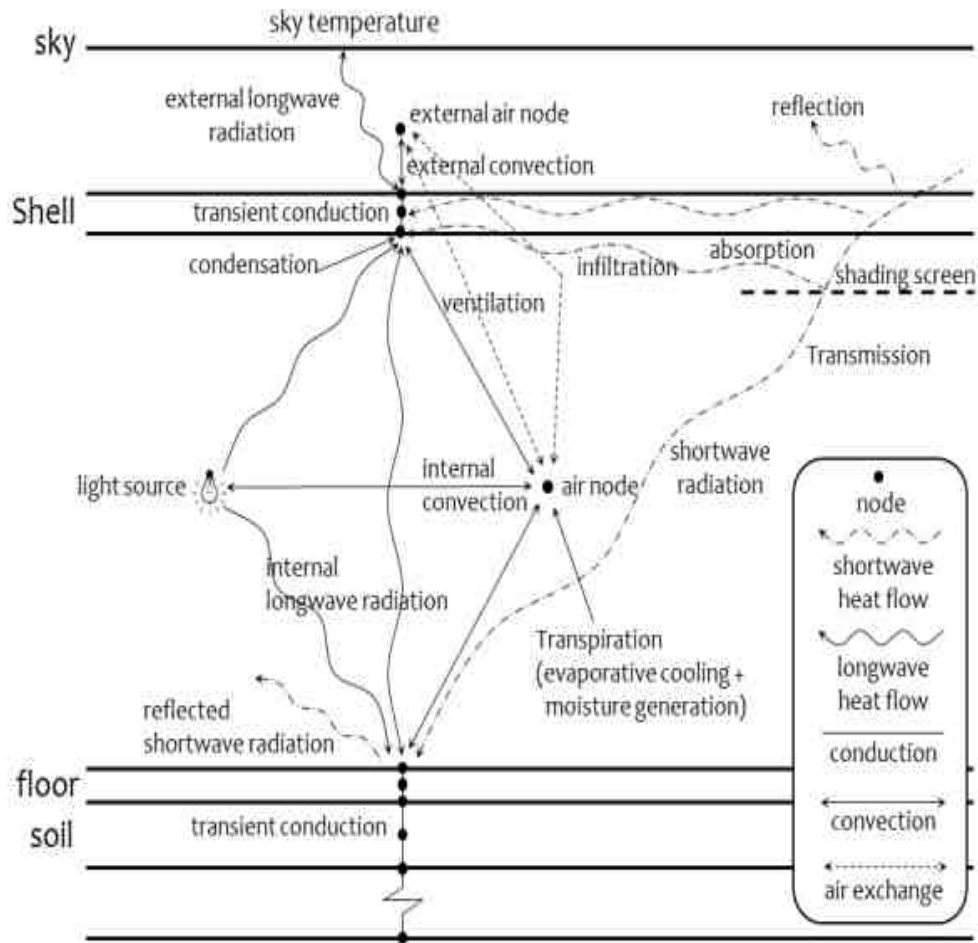


[그림 2-234] 온실해석을 위해 추가 개발된 ESP-r 의 기능



[그림 2-235] ESP-r에 추가된 광합성 모델

- 위와 같이 추가된 기능을 중심으로 개발된 ESP-r은 다음 그림과 같이 운영방법별 온실에서 발생하는 열이동의 메커니즘을 정확히 모사할 수 있음



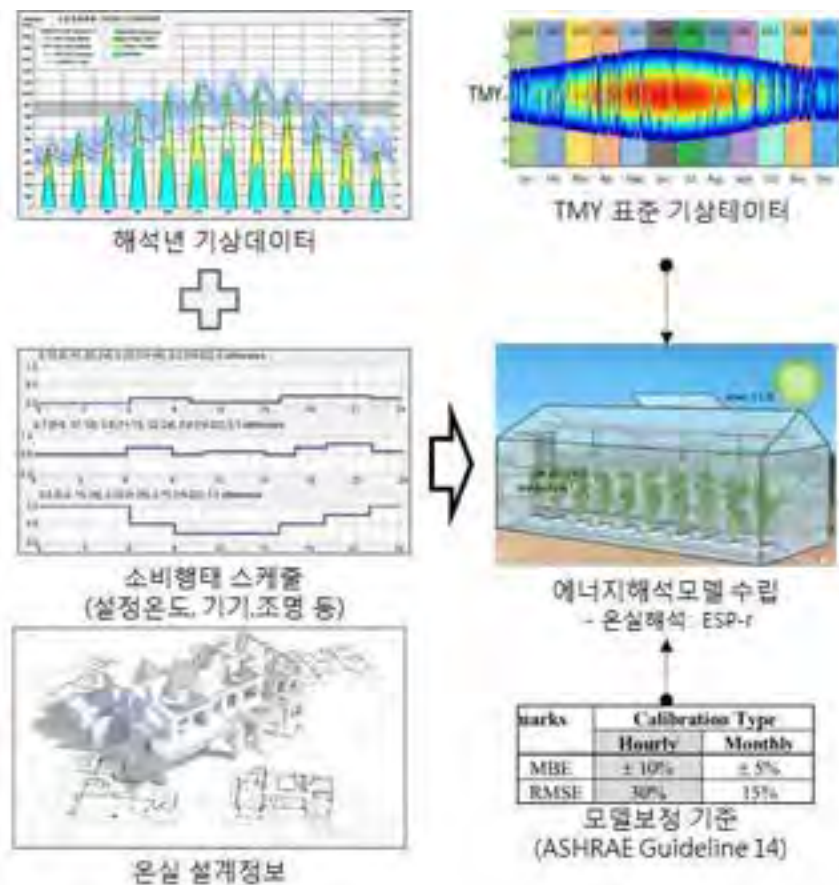
[그림 2-236] 온실용 ESP-r의 열이동 메커니즘 해석방법

- 시뮬레이션 모델을 이용한 에너지해석방법은 모델을 만드는 엔지니어의 이해도 및 전문성에 따라 달라짐. 또한 전문가 임에도 불구하고 사소한 실수로 해석결과가 크게 달라질 수 있음. 따라서 본 연구는 에너지해석모델의 신뢰성을 확보하기 위해 기존 운영되는 온실을 모사하는 에너지해석모델을 만든 후 이를 기준에 맞도록 보정하여 사용하였음
- 시뮬레이션 해석모델의 보정은 미국냉동공조학회의 ASHRAE guideline 14를 기준으로 수행되었음

[표 2-154] 시뮬레이션 해석모델의 다양한 보정기준

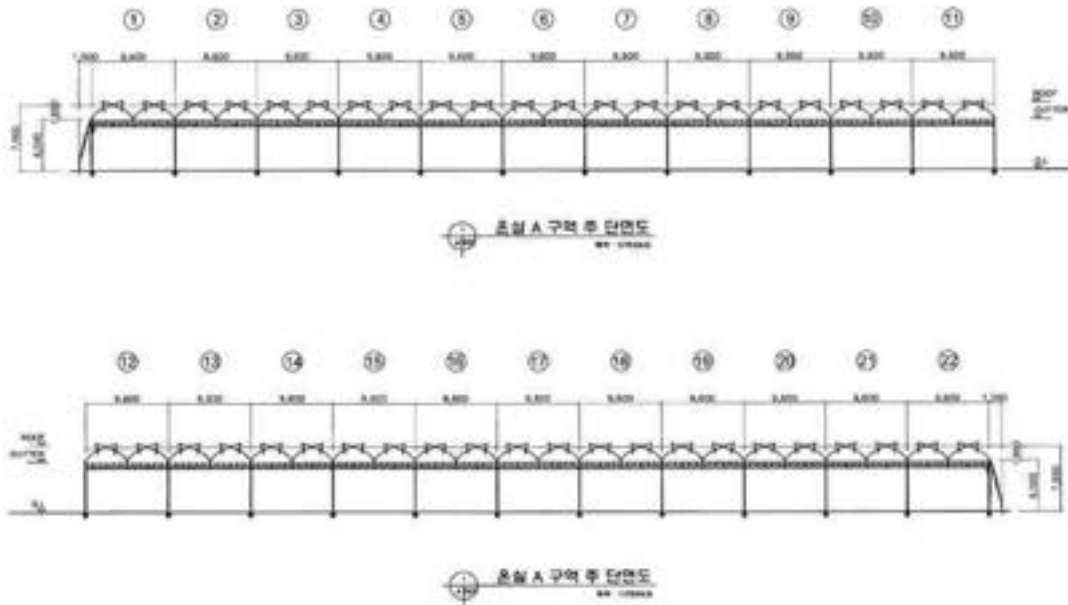
Calibration benchmarks		Calibration type	
		Hourly	Monthly
ASHRAE 14	MBE	±10%	±5%
	RMSE	30%	15%
IPMVP	MBE	-	±20%
	RMSE	10~20%	-
FEMP	MBE	±10%	±5%
	RMSE	30%	15%

- 시뮬레이션 해석모델의 보정 및 수립방법은 다음과 같음
 - 특정년에 대한 실제 온실의 구조체정보, 설치기기의 용량 및 운영방법, 실제 에너지소비량, 외부 기상데이터등을 방문 및 인터뷰를 통해 수집
 - 데이터를 에너지시뮬레이션 입력값에 적합하도록 가공(기상데이터 등)
 - 가공된 데이터를 중심으로 에너지해석모델을 수립
 - 실제 에너지소비량과 시뮬레이션 예측치와의 오차비교를 통해 입력값 확인 및 보정
 - 예측오차가 기준치(ASHRAE guideline 14)에 적합한지 확인 후 해석모델 수립 완료
- 위와 같은 절차로 수립된 온실 에너지해석모델에 대해 기상데이터와 당진 대호간척지에 건설될 온실의 구조체 정보 및 운영정보를 변경 입력하여 100ha 온실의 재배작물별 최대부하 및 연간 에너지소요량을 계산하였음



[그림 2-237] 온실 에너지해석모델 수립방법

- 위와 같은 절차로 실제 운영중인 선도농가 A(2ha)의 운영데이터를 제공받아 정확한 에너지해석모델을 수립하였음. 2017 9월 ~2018년 8월까지 약 1년간의 파프리카 온실에 대해 기상정보 및 운영방법, 실제 에너지소비량 등을 제공받아 에너지해석모델을 수립하였으며, 보정결과 해석모델의 RMSE가 73%, MBE가 56%로 나타났다.
- ASHRAE guideline 14의 월별 보정기준인 MBE ±5%와 RMSE 15%는 매우 엄격한 기준이며, 이를 만족시키기 위해서 많은 시간과 노력이 필요함. 본 연구의 제안된 시간상 ASHRAE 기준을 만족시켜 과업을 수행하기 어려워 현 수준에서의 보정된 해석모델을 중심으로 과업을 수행하였음

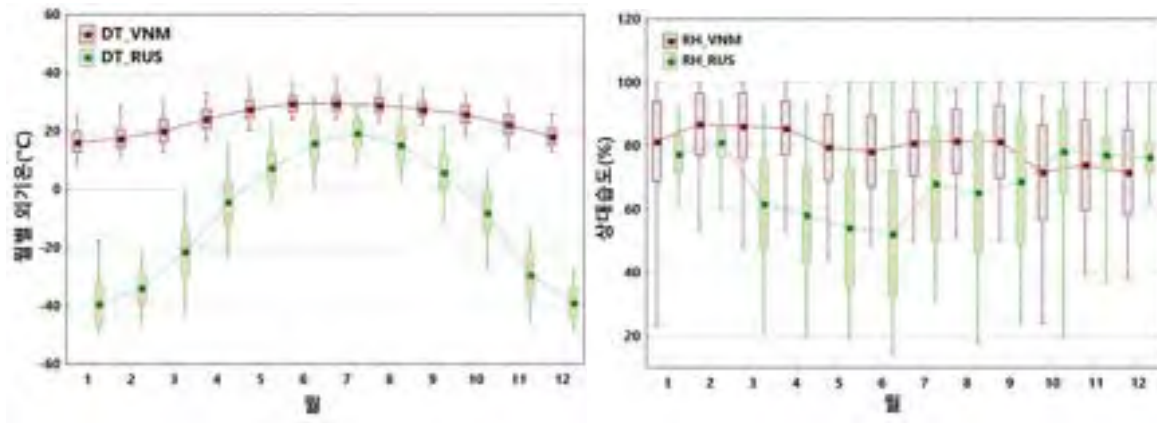


[그림 2-238] 해석대상 온실의 형상 및 구조체 정보



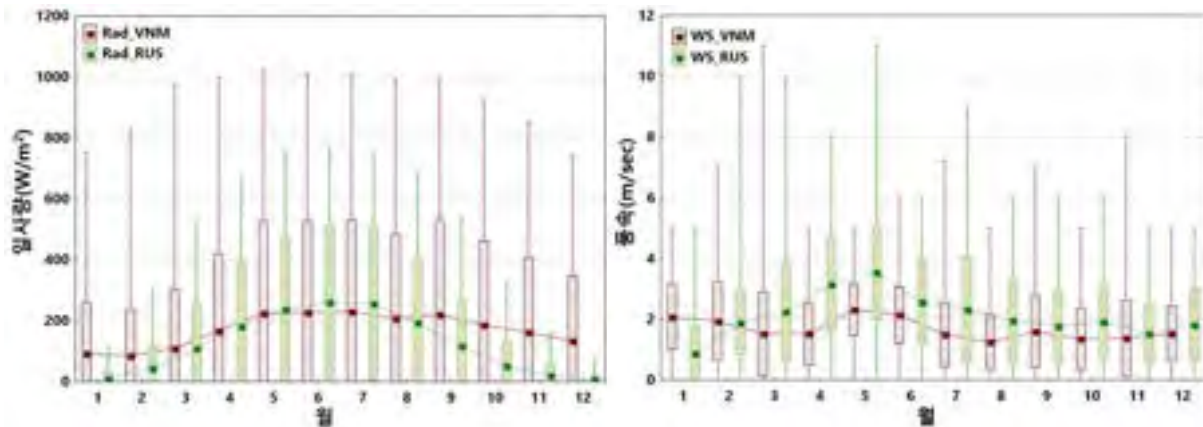
[그림 2-239] 시뮬레이션 해석모델 보정결과

- 표준기상데이터 분석
 - 본 연구는 동남아 국가인 베트남(하노이)와 러시아(야쿠츠크)를 중심으로 TMY 표준기상데이터 (<https://energyplus.net/weather>)를 이용해 에너지소비량을 분석하였음
 - TMY 기상데이터 분석결과 대륙성기후의 베트남의 월별 외기온은 28°C~35°C로 높았으나 연중 온도변화는 크지 않았음. 반면 러시아의 경우 외기온 차가 -40°C~18°C로 매우 높게 나타났으며, 겨울철 외기온이 -50°C까지 내려가는 등 매우 추운 것으로 나타났음. 베트남의 상대습도는 70%~80%로 연중 일정하게 나타났으며, 러시아의 경우 50%~80%이며 여름철의 상대습도가 겨울철보다 낮게 나타났음.



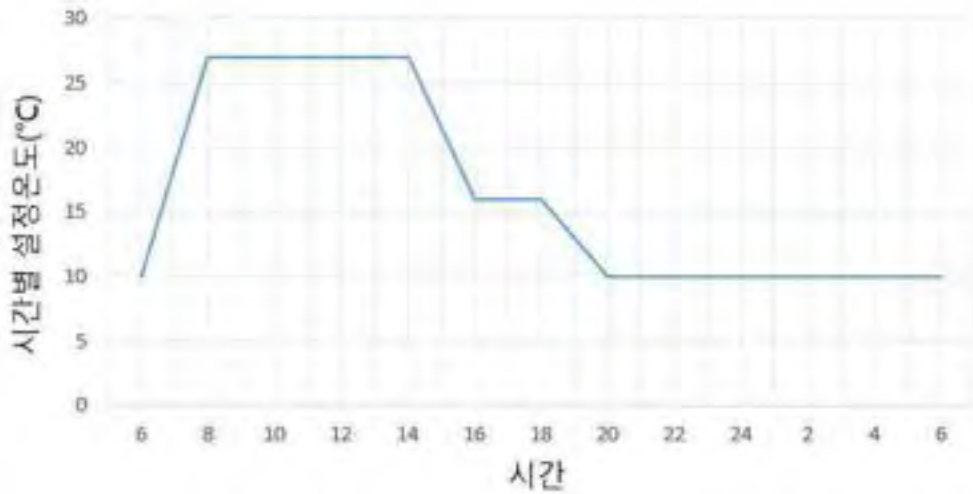
[그림 2-240] 베트남(VNM)과 러시아(RUS)의 월별 외기온(좌) 및 상대습도(우)

- 월별 평균 일사량은 여름철 러시아의 위도가 높음에도 불구하고 베트남과 비슷한 일사량 분포를 보였으며, 겨울철에는 러시아의 일사량이 매우 낮게 나타났음. 풍속의 분포는 여름철 러시아의 풍속이 더 높게 나타났으나, 겨울철의 풍속은 러시아가 더 낮거나 비슷하게 나타났음



[그림 2-241] 베트남(VNM)과 러시아(RUS)의 월별 일사량(좌) 및 기류속도(우)

- 시뮬레이션 모델을 이용한 에너지소비량 평가 결과
 - 보정된 에너지해석모델과의 TMY 데이터를 이용해 K=Plant의 에너지성능을 분석하였음. 시뮬레이션을 이용한 모델의 해석대상은 토마토를 선정하였으며, 토마토의 시간별 설정온도는 다음과 같음
 - 시뮬레이션 시 차광막(50% 일사투과율)의 가동 조건은 실내온도가 외기온보다 높거나 유입되는 일사량이 300W/m² 이상일 경우 가동하는 것으로 가정하였음



[그림 2-242] 토마토온실의 시간별 설정온도

- 온실의 설정온도는 연간 동일한 것으로 가정하였으며, 환기장은 실내온도가 외기온보다 높거나 습도가 80%이상일 경우 가동하는 것으로 가정하였음
- 냉난방방식은 러시아는 여름철 냉방없이 겨울철 난방기로서 보일러($\eta=0.9$)를 사용하는 것으로 가정하였으며, 베트남은 공기열히트펌프(ASHP)를 사용하는 것을 가정하였음
- 시뮬레이션 결과 K-Plant 토마토온실의 러시아 적용시 최대 난방부하는 5.4Gcal/hr/ha로 나타났으며, 따라서 가스보일러 용량은 약 6.03Gcal/hr/ha로 나타났음. 연간에너지 소비량은 202.46Gcal/ha로 나타났음
- K-Plant 토마토온실의 베트남 적용 시 최대 냉방부하는 32.4Gcal/hr/ha로 나타났으며, ASHP(냉방COP=4, 난방COP=4.5)의 용량은 약 0.67Gcal/hr/ha로 나타났음. 냉난방을 고려한 연간에너지 소비량은 23.7Gcal/ha로 나타났음



[그림 2-243] 국가 및 냉난방기기별 K-Plant의 에너지요구량(Gcal/ha)

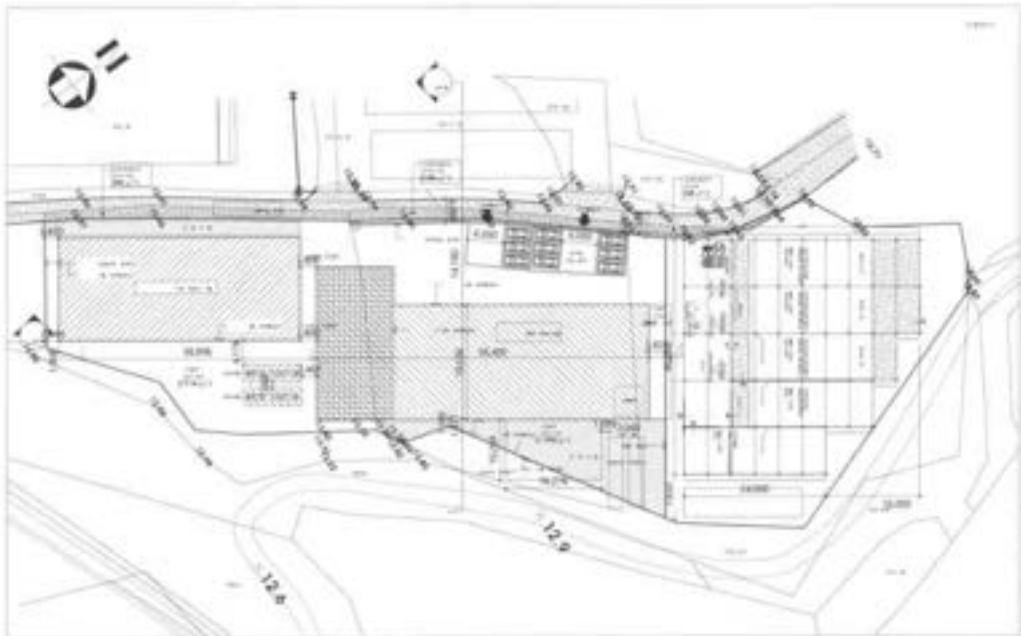
다. K-Plant 테스트 베드 운영

□ 배경

- K-Plant 온실 모형의 요소기술 성능 분석 및 K-Plant 통합관제시스템 연계 운영 검증

□ K-Plant 테스트 베드 사업내역

- 위 치 : 평택시 진위면 하북리 276전, (주)Farm8 부지
- 면 적 : 418평, 1,376㎡
- 사업기간
 - 설계 : 2019.10.01 ~ 2019.11.19., 시공 : 2019.11.20. ~ 2020.03.15.
 - 운영 : 2020.04.01 ~ 연구사업 종료시 까지



[그림 2-244] K-Plant 테스트 베드 위치도

□ 테스트 베드 조성 계획

- 주관기관 : 한국농어공사 농어촌연구원 스마트팜 수출연구사업단
 - 참여기관(8개 기관) : (주)Farm8, (주)아주강제, (주)청오엔지니어링, (주)조인트리, (주)지엔지테크놀러지, (주)세슬프라이머스, (주)KT, (주)로보게이트
- K-Plant 온실 모형 시설 계획
 - K-Plant 스마트팜 온실 모형은 수출연구사업단 구상
 - 포스코에서 아주강재를 통하여 포스맥 철강 지원 (420평 MOU 근거)
 - 복합환경제어장치는 (주)KT, 양액재이용장치는 (주)청오엔지니어링에서 제공
 - i-FDSS 서비스 시스템은 (주)세슬프라이머스에서 제공
 - 펌프일체형지열시스템은 (주)지엔지테크놀러지에서 제공
- 설치비용 : 연구진 제공 장비 이외의 부대장비, 설계 시공비용은 (주)Farm8에서 부담

□ K-Plant 테스트 베드 운영 계획

가. 재배 작물 및 면적 계획

블록	작물	면적
1	토마토 (완숙, 방울)	175평(576㎡)
2	허브	58평(192㎡)
3	엽채류	58평(192㎡)
4	기계실 및 창고	127평(416㎡)
합계		418평(1,376㎡)

○ 구획 구분 : 총 3구획

- 1구획: 토마토 재배(양액재배, 배지경-암면, 1줄기 재배)

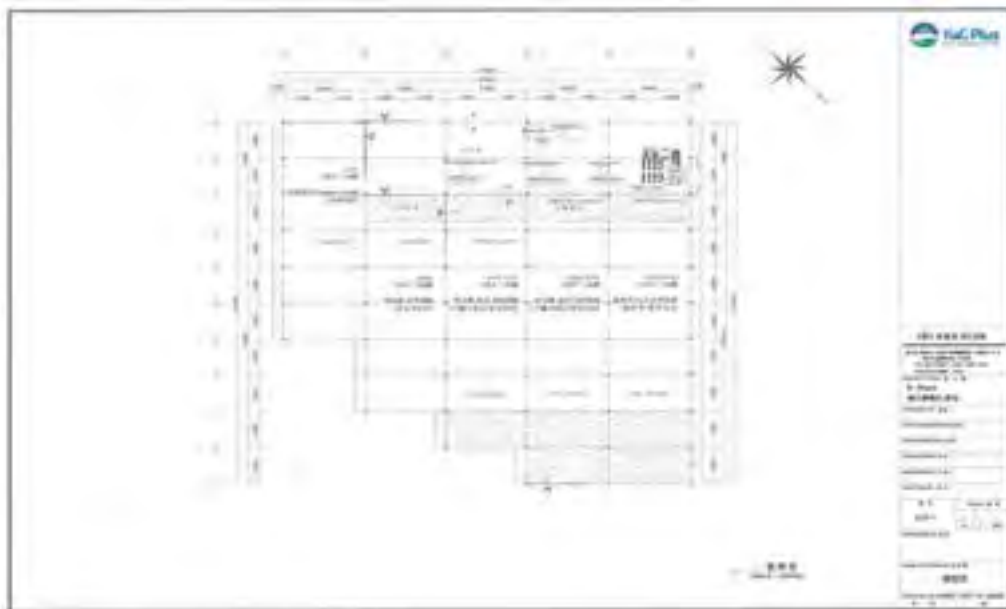
- 양액재배: 양액을 비순환식으로 관리하다가 전담 재배사가 재배 노하우 및 기술이 체득되면 순환식 양액재배 실시
- 고설베드 설치 후 재배(그림)
- 배지경 : 암면셀(육묘) - 암면큐브(이식) - 코코피트 슬라브(정식)
- 1줄기 유인 재배(그림)

- 2구획: 샐러드 채소

- 순환식 양액재배
- 고설베드 설치 후 재배(그림)
- 순수수경 - NFT방식(베드 형태 - 거터; 그림)
- 순환식 양액재배 전용 양액공급기(제어기) 설치

- 3구획: 허브 및 특용 작물

- 분화재배(그림)
- 강망베드 이용
- 분화재배 - 고품비료(퇴비)사용 + 원수 두상관수
- 재배 중 필요 시 점적관수 시스템 설치(관비재배)



[그림 2-245] K-Plant 테스트 베드 온실 설계도

나. 운영 계획

- 작물재배 : (주)Farm8 재배 인력 활용하여 재배
 - 작물재배는 (주)Farm8에서 전문인력 채용하여 배치
 - 재배수익은 (주)Farm8에서 시설물 운영비로 활용

- 시설물 관리 : (주)Farm8에서 관리인원 배치

다. 요소기술 성능 실험 계획

- 수출연구사업단이 총괄하고 각 연구기관별로 실시

□ K-Plant 테스트 베드 운영 현황 및 결과

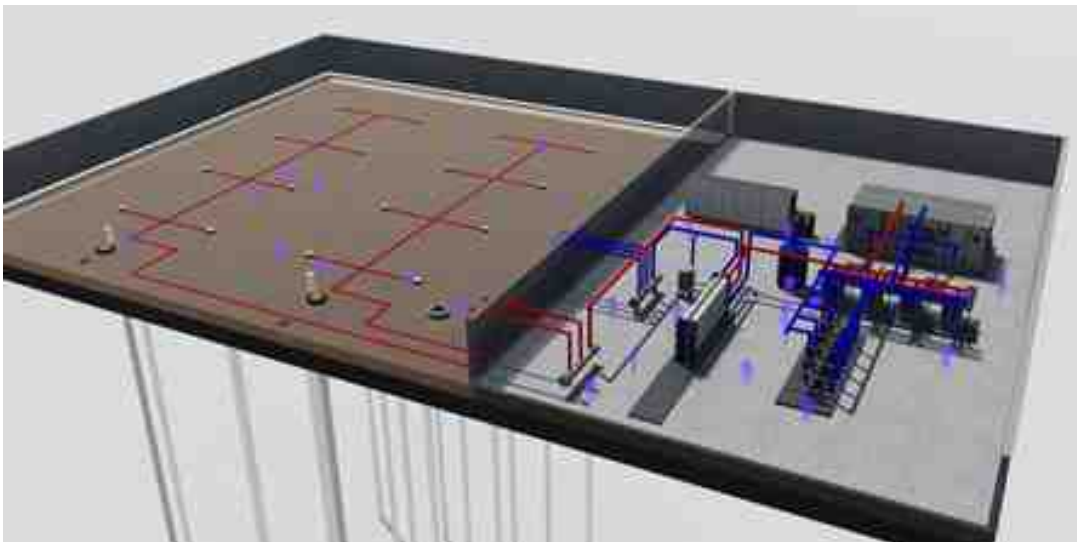
가. 스마트팜 지열시스템 기술 실증

1) 개요

- 스마트팜에 에너지를 안정적으로 공급하고, 기존 기술에 의한 에너지 사용량보다 에너지 사용량을 저감시킬 수 있는 냉난방 기술을 확보하기 위해 “스마트팜용 지열에너지 시스템”이 개발되었다. 이렇게 개발된 스마트 팜용 지열에너지 시스템을 테스트베드에 설치한 후 실제 운전을 실시하였고, 운전 자료를 바탕으로 설계 및 운전 자료를 매뉴얼화하여 향후 스마트팜용 지열 시스템의 성능을 높이기 위한 자료로 활용하는 것이 주된 목적이다.

2) 지열시스템 설치 현황

- 설치 위치 : 평택소재 농업법인 팜8 내 테스트베드



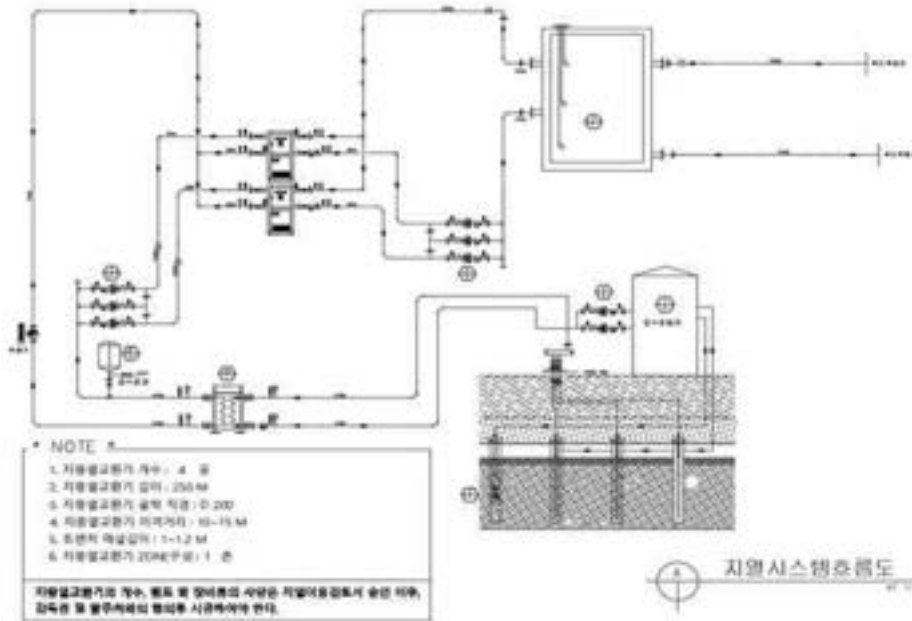
[그림 2-246] 스마트팜용 지열시스템(지오솜하이브리드) 모식도

- 설치 세부 현황

가) 팜8 내 식물공장

- (1) 설치 용량 : 150 RT 급(50 RT 급 Heat pump 3대)
- (2) 설치 방식 : 물대물 방식 (FCU 공조 방식)
- (3) 설치 지열시스템 내역

- (가) 설치 존 수 : 3존
 - (나) 존당 내역 : 지열공 4공, 보충정 1공, 집수정 1개소
 - (다) 지열공 구경 및 심도 : 직경 200mm/공, 심도 약250m/공
 - (라) 지열공 수 : 부지내 총 12공 (보충정 3공 별도)
 - (마) 집수정 : 총3개소(3톤/개소, 7.5 kW 펌프/개소)
 - (바) 열교환기 : 판형(900 x 1,900 x 1,500 mm)
 - (사) 펌프 : 지열순환펌프, 1차, 2차 온수펌프(특이점 : 지열공내 수중모터펌프 없음, 스마트팜용 개발기술)
 - (아) 지열탱크 : 팽창탱크 (100 ℓ x 2대)
 - (자) 기타 : 기계실 1식, 지열자동제어시스템 1식, 사무실 모니터링 시스템 1식
- 나) 팜8 내 온실
- (1) 설치 용량 : 150 RT 급(50 RT 급 Heat pump 3대)
 - (2) 설치 방식 : 물대물 방식 (FCU 공조 방식)
 - (3) 설치 지열시스템 내역
 - (가) 설치 존 수 : 1존(지열공 5공, 보충정 1공, 집수정 1개소)
 - (나) 지열공 구경 및 심도 : 직경 200mm/공, 심도 약250m/공
 - (다) 지열공 수 : 부지내 총 5공 (보충정 1공 별도)
 - (라) 집수정 : 총1개소(3톤/1개소, 7.5 kW 펌프/1개소)
 - (마) 열교환기 : 판형(900 x 1,900 x 1,500 mm)
 - (바) 펌프 : 지열순환펌프, 1차, 2차 온수펌프(특이점 : 지열공내 수중모터펌프 없음, 스마트팜용 개발기술)
 - (사) 지열탱크 : 팽창탱크 (100 ℓ x 1대)
 - (아) 기타 : 기계실(온실 내) 1식, 지열자동제어시스템 1식, 사무실 모니터링 시스템 1식



[그림 2-24] 스마트팜용 지열시스템(지오썸하이브리드) 흐름도(식물공장)



[그림 2-248] 스마트팜용 지열시스템(지오썸하이브리드) 기계실(온실)

3) 지열 시스템 테스트베드 적용 운전 현황

- 주요시설

(1) 설치 위치 : 평택소재 농업법인 팜8 내 테스트베드

(2) 식물공장

(가) 설치 목적 : 식물공장 내 식물재배용 냉방

(나) 운전 기간 : 2019.9 ~ 현재 운전 중

(다) 운전 범위 : 식물공장 전체 운영에 대한 열공급

(3) 온실

(가) 설치 목적 : 온실 내 식물재배용 냉난방

(나) 운전 기간 : 2020.3 ~ 현재 운전 중

(다) 운전 범위 : 온실 전체 운영에 대한 열공급



[그림 2-249] 스마트팜용 지열시스템(지오썸하이브리드) 자동제어 화면



[그림 2-250] 스마트팜용 지열시스템(지오솜하이브리드) 보고서 내용

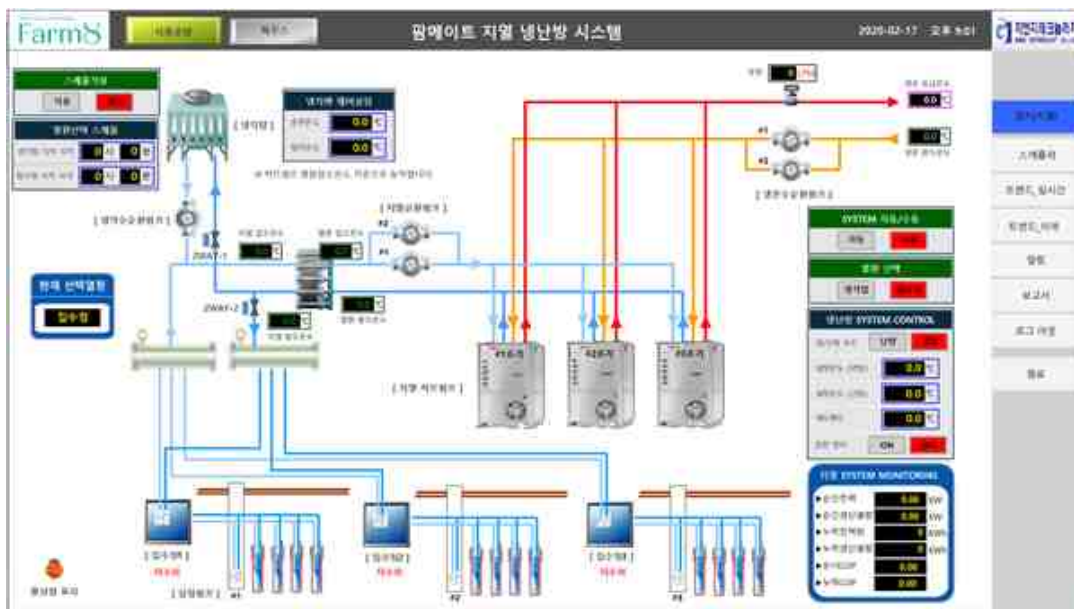
4) 테스트베드 설치 지열시스템 운영 현황

(1) 식물공장 운전

- (가) 저장 내역 : 2020. 2월부터 매1분 단위로 저장 중
- (나) 지열원 온도 : 평균 30.8°C (현재까지 9개월 운전 중)
- (다) 냉수 공급온도 : 평균 9.6°C
- (라) 온수 공급온도 : 해당 없음(365일 냉방만 가동)
- (마) 기타사항 : 식물공장은 LED 조명을 사용하여 작물재배를 하기 때문에 LED에서 발생하는 열을 식혀주기 위하여 겨울철에도 냉방만을 가동하고 있는 상태임

(2) 온실 운전 자료

- (가) 저장 내역 : 2020. 4월부터 매1분 단위로 저장 중
- (나) 지열원 온도 : 평균 27.9°C (현재까지 7개월 운전 중)
- (다) 냉수 공급온도 : 평균 9.7°C
- (라) 온수 공급온도 : 자료 없음
- (마) 기타사항 : 온도가 내려가는 겨울철 운전이 실시되지 않아서 현재 냉방 운전 자료만 있는 상태임



[그림 2-251] 스마트팜용 지열시스템(지오솜하이브리드) 중앙 감시 화면

5) 테스트 베드 지열 시스템 운전 결과

가) 식물공장 지열시스템 운전 자료 분석

(1) 식물공장 운전 자료 기본 사항

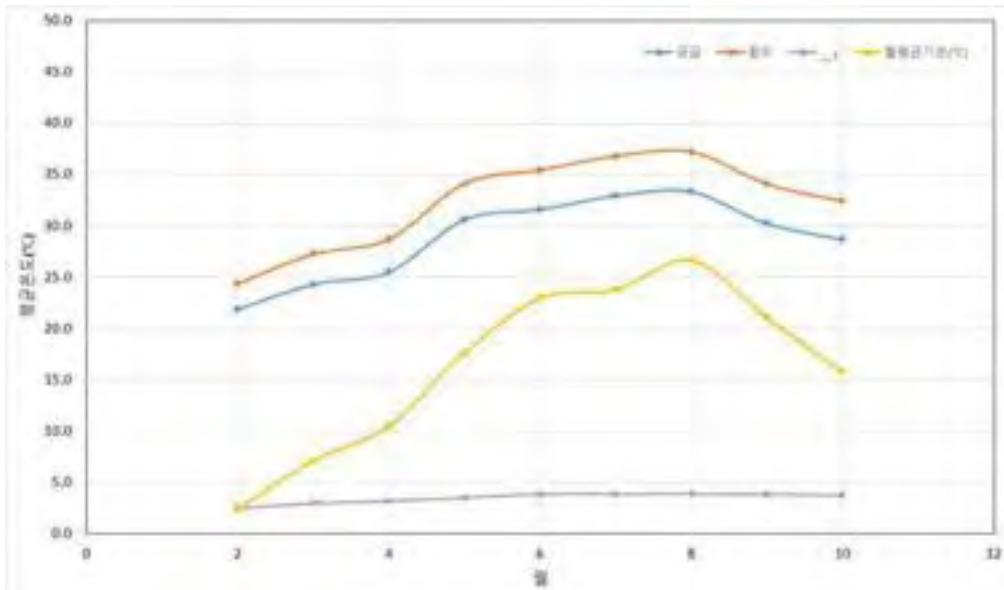
(가) 저장 내역 : 2020. 2월부터 매1분단위로 저장 중

(나) 기타 사항 : 취득한 운전 자료 중 지열 가동시간 외 자료는 무시함

(2) 식물공장 운전자료 분석 내용 : 지열시스템 평균온도자료를 살펴보면, 외기(대기온도)에 영향을 받지만, 바로 반응하지 않고 서서히 증가 및 감소를 하는 경향을 보이고 있으며, 식물공장 내부 필요 온도 조절을 위한 공조 시스템에 안정적으로 공급 중임

[표 2-155] 식물공장 지열원 평균온도 자료

평균온도(°C)	전체	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월
공급	30.8	21.9	24.3	25.5	30.6	31.6	33.0	33.4	30.3	28.7
환수	34.5	24.4	27.3	28.7	34.1	35.4	36.8	37.2	34.1	32.4
ΔT	3.7	2.5	3.0	3.2	3.5	3.8	3.8	3.9	3.8	3.7
월평균기온	-	2.4	7.1	10.5	17.6	23	23.8	26.7	21.1	15.8



[그림 2-252] 식물공장 평균온도 자료

나) 온실 지열시스템 운전 자료 분석

(1) 온실 운전 자료 기본 사항

(가) 저장 내역 : 2020. 4월부터 매1분단위로 저장 중

(나) 기타 사항 : 취득한 운전 자료 중 지열 가동시간 외 자료는 무시함

(다) 온실의 실내 공조기 가동 상황

(1) 4월~7월 : 전체 면적의 약 1/2

(2) 7월~10월 : 전체 면적 (100%)

(2) 온실 운전자료 분석 내용 : 지열시스템 평균온도자료를 살펴보면, 외기(대기온도)에 영향을 받지만, 역시 바로 반응하지 않는 것으로 판단됨

7월부터 공급 환수 온도의 온도차가 줄어드는 원인은 온실 내부 실내 공조기 가동이 증가하여 발생하였음

온실 내부 필요 온도 조절을 위한 공조 시스템에 안정적으로 공급 중임

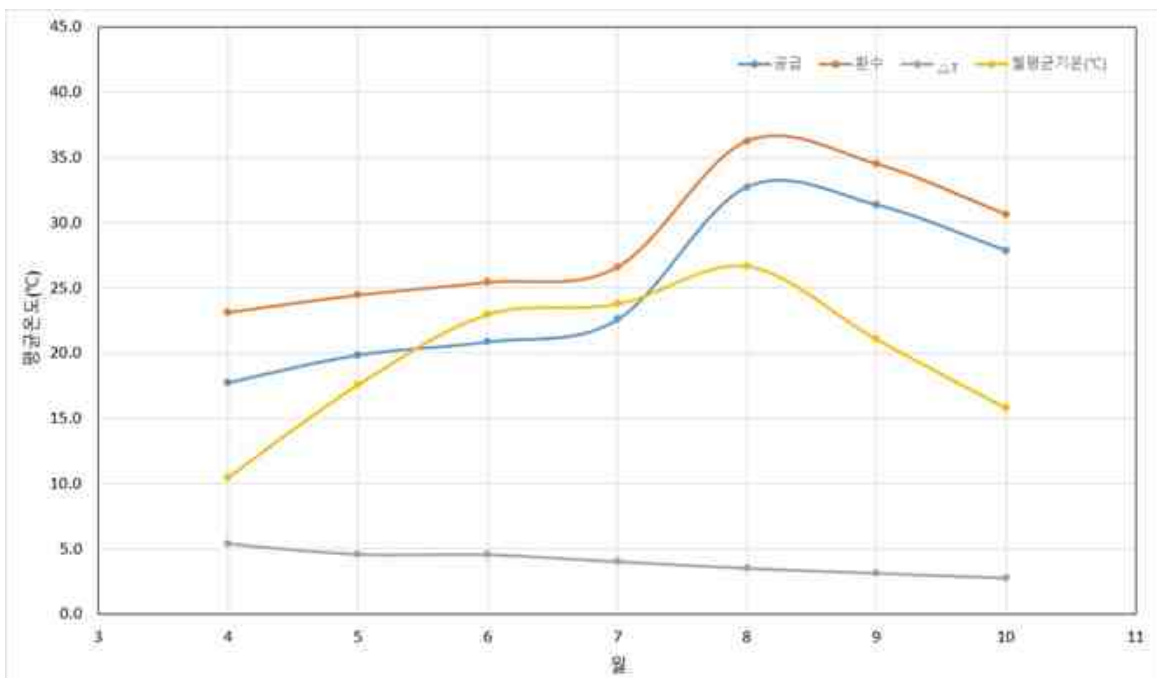
[표 2-156] 온실 지열원 평균온도 자료

평균온도(°C)	전체	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월
공급	27.9	17.8	19.9	20.9	22.6	32.7	31.4	27.9
환수	31.7	23.2	24.5	25.4	26.6	36.3	34.5	30.7
△T	3.7	5.4	4.6	4.6	4.0	3.5	3.1	2.8
월평균기온	-	10.5	17.6	23	23.8	26.7	21.1	15.8

다) 식물공장 및 온실 운전 자료 분석의 애로점

(1) 식물공장

(가) 식물공장은 건물 내부에서 차폐된 상태에서 LED 에 의해 생육을 하기 때문에, 향온 향습이 매우 중요한 데, 이를 위해 냉방만을 사용하기 때문에, 장기간 지중 열교환이 일방향으로 이루어지게 되면 지열공의 지중 열교환 효율이 저하될 것으로 판단됨



[그림 2-253] 온실 평균온도 자료

(나) 식물공장 운전 기간이 1년 미만이기 때문에 혹서기에 대한 운전 자료는 축적되었지만, 혹한기에 대한 운전 자료의 취득이 필요하기 때문에 성능 확인이 어려운 실정임

(다) 식물공장에 대한 지열시스템의 효율 및 성능 확인을 위해서는 시스템이 안정화된 이후 자료를 분석해야 하는데, 현재 식물공장 운전 시스템은 2020년 하반기부터 안정화 단계이며, 지중 열교환 등 지열공 측 온도 자료도 필요한 상황임

(2) 온실

(가) 온실에 대한 지열운전 자료도 식물공장의 경우와 같이, 운전 모니터링 자료가 짧은 시기로 한정되고 있어 분석에 한계가 있음

(나) 여름철에는 냉방, 겨울철에는 난방 운전을 하는 데, 현재까지는 냉방에 의한 자료만 축적되고 있는 상황임

(다) 새로 개발된 시스템으로 공인된 열전도 측정방법이 없어, 정확한 효율 측정이 어려움

라) 향후 연구 과제 및 필요 사항

- (1) 테스트베드에 대한 현재 지열시스템의 운전 자료 축적이 1년 미만으로 지속적인 모니터링을 통해 보다 효율적이 안정적인 지열 공급이 될 수 있도록 추가 연구가 필요함
 - ⇒ 1년 이상 장기간 운전 모니터링 및 1년 단위 자료 분석 필요
 - ⇒ 온실에 대한 난방 운전 자료 모니터링 및 분석 필요
- (2) 지열시스템 사용시 지중 온도변화를 파악하기 위한, 각 지열공에 개별적인 온도 센서 설치가 필요하며, 지중 온도의 모니터링 연구가 필요함
 - ⇒ 지열공 온도 센서 설치시, 자료의 모니터링을 통해 지열공의 공급, 환수에 따른 온도 변화를 추적하여, 분석할 수 있음
- (3) 식물공장에서는 365일 냉방만을 필요로 하기 때문에, 장기적인 일방향 지열 사용에 따른 지열시스템의 효율 저하에 대비해야 할 필요가 있고, 혹서기, 혹한기 운전 특성 파악에 대한 연구 분석이 필요함
 - ⇒ 공기열원이나 보일러 등 다른 시스템과의 교대 운전이나 융복합 시스템 개발 등
- (4) 에너지 사용량 저감 및 성능 확인을 위한 다른 에너지원 사용량에 대한 자료가 연구가 필요함
 - ⇒ 지열에너지 시스템 비교를 위한 다른 열원이나 에너지 사용량 등 산정이 필요하며, 효율 및 성능 증가에 의한 에너지 사용량 절감이 가능해 짐
- (5) 현재 집수조를 이용한 열전도도 측정의 공인된 시험방법은 없기 때문에, 이에 대한 연구 및 시험방법 제정이 절실히 필요함
 - ⇒ 전문기관에서 시험방법 제정이 필요함

3.8. K-Plant 프로젝트 사업계획 수립

3.8.1. 중동 K-Plant 모형 설계 및 사업계획 수립

(1) 개요

- 한국형 스마트팜의 수출을 위하여 중동(쿠웨이트) 및 러시아를 대상으로 수출 모델 및 전력을 포함한 사업 계획을 수립함

(2) 접근방법

- 한국형 스마트의 수출을 위하여 농업현황, 시장분석, 스마트팜 수출전략, 모델 검토 등 한국형 스마트팜의 쿠웨이트 및 러시아 수출을 위한 K-Plant 모형을 설계하고 사업 계획을 수립함

(3) 연구결과

1. 중동(쿠웨이트) K-Plant 모형 설계 및 사업계획 수립

① 개요

㉠ 한국형 스마트팜 사막 및 혹한 지역 모델 개발의 필요성

- 쿠웨이트와 러시아 농작 환경의 개선과 생산품의 양과 질을 늘이기 위해 스마트 온실 보급이 시급함

- 기존 정부 차원에서 농가에 대한 지원이 이뤄졌으나 향후 민간도 선진 농업기술을 들여와 상용화 함으로써 불리한 자연환경을 극복하고자 노력 중임

- 한국의 선진농업기술 보급시 농업분야 인프라 수출에 크게 기여 가능함

- 한국의 농업환경은 사막, 혹한지역과 다르지만 수자원과 비료 절약, 생산품의 양과 질 향상이라는 목표는 동일하며, 사막, 혹한 기후에 적용 가능한 스마트 온실 모델 개발 성공시 수출 및 파급효과가 기대

- 따라서, 중동과 흑한지역 국가에 우리나라의 선진농업기술 수출 거점을 확보하고자 사막/흑한 환경에도 적용 가능한 고부가가치의 한국형 스마트 온실 모델 개발이 매우 필요함
 - 현재 쿠웨이트와 러시아가 처한 환경적인 상황과 MENA 지역에서 가장 높은 식품 수입의존도 등을 고려하면 농업분야의 한국형 스마트 온실 모델 및 인프라 기술 수요는 지속적인 증가가 예상되므로 정부와 민간 차원에서 긴밀히 협력하여 기술 개발·보급을 조기에 추진하는 것이 타당함
- 쿠웨이트는 국토의 대부분이 사막, 흑한지역으로 농업이 가능한 토지가 국토면적의 절대 부족하며, 연중 강수량이 100mm 수준으로 경작지를 확보하고도 작물재배를 못해 버려지는 경우가 많아 사막형 스마트 온실 보급을 농업분야 최우선 정책으로 추진중이며, 선진농업기술 접목을 절실히 요구하고 있는 실정임
 - MENA(중동·북아프리카) 지역에서도 쿠웨이트는 국토의 3%만이 농작 가능하여 경작지가 부족하며, 물 부족으로 인해 투자 대비 적절한 농산물을 거두지 못하는 실정임
- 물 부족은 쿠웨이트 내 농업 발전을 가로막는 가장 큰 장애요인으로 경작하기 위해서는 수경재배 등 사용한 물을 순환시켜 반복 사용하는 물 절약형 선진 농업기술 도입이 필요함
 - 쿠웨이트는 MENA 지역에서도 수자원이 가장 부족한 지역 중 하나로 대부분 바닷물에서 염분을 제거한 담수를 사용하며 이 과정에서 에너지 비용이 크게 증가하여 생산성과 경제성이 크게 저하되고 경작지에 충분한 수자원이 공급이 이뤄지지 않아 경작지 개발 이후 버려지는 토지가 다수 발생함
- 쿠웨이트 정부는 사막지역에서 경작이 가능한 선진농업기술에 대한 수요가 매우 강하고 크므로 쿠웨이트 내 농업분야 우선 진출을 위해 사막형 스마트 온실 모델의 조기 상용화 개발이 필요함
 - 흑독한 경작환경이지만 현재 쿠웨이트가 겪는 물가상승과 식품의 지나친 수입의존도를 극복하고 미래 자국민의 식품확보를 위해서 선진농업기술 도입 등 농업의 발전은 필수적인 상황임
 - 따라서 UAE정부는 농업을 장려하고자 농가에 대한 정책과 재정지원, 기술지원 등을 제공하며 지속적으로 지원책을 개발 중임
 - 민간차원에서도 늘어나는 인구와 갈수록 증가하는 식료품 소비에 대비한 국내생산의 확대 필요성으로 외국에서 선진기술을 도입하는 등의 대책을 추진 중임
- KT와 샤르자 인도주의센터(SCHS, Sharjah City for Humanitarian Services)가 2018년 11월 18일 공동 구축한 중동지역(UAE) 장애인 맞춤형 스마트팜 약 600㎡(180평) 규모를 시작으로 정부차원에서 우리나라의 선진농업기술의 우수성을 제시한 바, 본격적인 해외 진출의 발판 될 본 연구개발이 중요함
- 러시아는 국토의 대부분이 흑한지역으로 농업이 가능한 토지가 국토면적의 절대 부족하며, 연중 강수량이 200mm 수준으로 경작지를 확보하고도 작물재배를 못해 버려지는 경우가 많아 한국형 스마트 온실 보급을 농업분야 최우선 정책으로 추진중이며, 선진농업기술 접목을 절실히 요구하고 있는 실정임
 - 중앙아시아 지역에서도 러시아는 국토의 %만이 농작 가능하여 경작지가 부족하며, 물 부족으로 인해 투자 대비 적절한 농산물을 거두지 못하는 실정임



[그림 2-254] UAE 장애인 맞춤형 스마트팜

② 쿠웨이트 농업 환경 조사

㉠ 쿠웨이트 현황

□ 농업현황

- 쿠웨이트는 농작물이 자라기 어려운 기후의 영향으로 농업과 식품생산의 시장은 매우 적은 부분을 차지하고 있으며 대부분 수입에 의존하고 있다. 현지 추정치에 따르면 쿠웨이트 토지의 1%만이 농업용지로 이용 중이며, 농업은 국가의 총 GDP 중 0.4%만을 이루고 있다. 쿠웨이트의 식품 가공 산업은 원자재 및 원료를 수입에 크게 의존하고 있으며, 지난 10년간 크게 성장했다. 주요 산업 분야로는 구운 식품 및 유제품(중동 전역의 주요 산업) 제조, 어류 및 갑각류의 통조림가공, 육류 도축 및 가공 등이다.
- 전체 국토의 약 0.6%에 해당하는 약 10,600ha를 경작지로 활용
- 국내 생산능력으로는 국민들이 소비하는 과일과 채소에 대한 수요 증가에 부응하기에 충분하지 않으며 대부분의 농산물을 수입에 의존하고 있음.
- 쿠웨이트에서 생산하는 농산물의 종류는 오이, 가지, 파프리카, 토마토, 호박, 딸기, 감자 등으로 제한적임.
- 토양은 유기물 함유량이 적어 영양소 보유능력이 낮고 수분 보유능력이 떨어져 과일과 채소의 생산능력이 낮음.
- 관개에 필요한 천연 수자원이 미미해 대부분의 물은 전기를 많이 소비하는 담수화 플랜트에서 생산됨.
- 국내 농부들은 전기 보조금이 없기 때문에 그 비용을 감당할 수 없는 농업인들이 많고 따라서 혹독한 기후 조건과 취약한 물과 토양 자원은 쿠웨이트의 농업 부문이 직면한 주요 제약 조건임.
- 쿠웨이트에서 생산되는 주요 식량과 농산물은 야채, 우유, 가금육 등임.
- 겨울&여름 그리고 반년 제 작물들은 과일, 잎이 무성한 채소, 감자, 뿌리채소 등 포함됨.
- 캡시쿰(고추), 가지, 호박, 토마토, 오이, 상추, 피망 등 채소나 딸기 같은 과일을 Green House에서 재배하고 또는 이웃나라로 수출하는 경우도 있음.

[표 2-157] 쿠웨이트 식품류 수입통계

(단위: 천 달러)

HS Code	품목명	對한국 수입액			전체 수입액		
		2017	2018	2019	2017	2018	2019
03	어류, 갑각류, 연체동물, 기타 수생무척추동물	194	210	133	183,038	193,906	84,384
07	식용의 채소, 뿌리, 괴경	122	42	22	385,794	128,177	
08	식용의 과실과 견과류, 감귤류 또는 멜론의 껍질	12	43	29	468,123	504,940	245,480
09	커피, 차, 마테, 향신료	31	75	70	153,041	165,356	83,669
10	곡물	57	9	8	564,331	597,480	491,810
11	제분공업생산물, 맥아, 전분, 이눌린, 밀의 글루우텐	54	58	12	30,614	20,192	13,997
12	채유용 종자과실, 각종 종자과실, 공업용-의약용식물, 짚, 사료식물	132	146	84	69,795	74,314	45,429
15	동식물성 유지, 이들의 분해생산물, 조제식용지, 동식물성의 납	147	218	177	194,011	201,663	105,463
16	육류, 어류, 갑각류, 연체동물, 기타 수생무척추동물의 조제품	174	194	107	128,538	113,569	84,072
17	당류와 설탕과자	25	36	10	128,724	122,227	68,511
18	코코아, 코코아조제품	4	59	29	170,661	195,105	99,777
19	곡물, 곡물분, 전분, 밀크의 조제품, 베이커리 제품	2,222	2,345	2,729	342,776	365,275	256,317
20	채소, 과실, 견과류 또는 식물의 기타부분 조제품	313	424	366	239,995	254,195	180,392
21	각종 조제식료품	6,338	4,982	1,302	283,235	274,784	167,328
22	음료, 알코올, 식초	10	37	31	127,626	168,326	88,716

③ 쿠웨이트 스마트팜 개발 계획 수립

㉠ 스마트팜 추진 계획

□ 사업명 : 압둘라 신도시 스마트팜 사업

- 사업주관 : 한국농어촌공사 본사 + 수출연구사업단
- 수출단계 : 협의 및 제안서 작성단계

□ 사업개요

- 사업위치 : 쿠웨이트시 서쪽 30km 신도시 지역의 북측 6번도로 인접.
- 사업면적 : 177ha (약 53만5천평)
- 주요시설 계획
 - (생산시설) 농산물 생산성 향상 및 품질제고를 위한 ICT 융복합 기술 적용한 스마트팜 온실 신축
 - (배후시설) 산지유통센터(APC)에 ICT 기술을 접목하여, 자동 선별 및 포장, 저온저장, 이력추적 등이 이루어지는 스마트 물류시스템 구축
 - (기반시설) 스마트팜 단지 조성을 위한 용수(시설, 생활), 전기, 부지 정리, 내부도로, 오폐수 처리 시설 등

기반시설 조성

□ 추진 현황

- '18년 08월~ : LH공사 쿠웨이트 사업단 협의 (예산 확보 방안)
- '18년 10월~ : 사전 현지조사 시행(쿠웨이트 및 주요 중동지역)

□ 관련사업 : LH공사 쿠웨이트 압둘라 신도시 개발

- 본 사업은 쿠웨이트의 국가계획 신도시 입지 중 가장 우수한 지역으로 쿠)주거복지청과 LH공사간 G2G 협력 구도하에 공동투자를 통한 특수목적회사를 설립하여, LH공사 최초로 디벨로퍼로서 해외신도시 투자사업 진행
- 목표건설호수 25,000~40,000호 (4단계 개발로 2035년 완료 예정)

㉠ 농산물 현황

[표 2-158] 쿠웨이트 HS 코드 08(식용과일, 견과류)에 따른 수입현황

(단위: US\$ 천)

수출국	2013	2014	2015	2016	2017
전 세계	385,360	454,297	535,849	483,441	468,072
이집트	49,101	59,117	106,620	102,482	76,625
인도	39,970	47,630	52,690	50,172	64,466
미국	38,889	39,482	53,101	54,361	58,388
남아공	52,810	48,825	44,866	35,946	45,887
필리핀	82,898	83,663	80,249	58,715	39,797
사우디아라비아	7,465	15,792	18,505	17,878	25,056
에콰도르	508	1,520	3,551	9,179	18,112
이란	19,594	20,009	17,603	18,007	15,299
레바논	11,990	37,197	52,109	30,603	15,074
터키	8,035	14,420	12,048	12,513	12,371
호주	4,368	6,252	10,539	13,748	12,270
요르단	4,472	7,680	14,010	10,568	10,502
칠레	8,317	5,546	6,834	6,500	8,127
튀니지	1,043	928	1,382	1,310	5,430
이탈리아	3,586	6,526	6,084	6,780	5,355
스페인	2,848	2,416	4,058	4,187	5,117
멕시코	51	57	90	1,074	4,849
프랑스	3,869	5,754	6,329	5,121	4,749
파키스탄	8,983	10,667	6,873	5,630	4,378
베트남	1,191	1,088	2,182	2,653	3,364
예멘	2,932	2,811	3,489	2,657	3,315
중국	2,339	1,749	1,141	2,491	2,708

[표 2-159] 쿠웨이트 HS 코드 08(식용과일 및 견과류) 수출현황

(단위: US\$ 천)

수입국	2013	2014	2015	2016	2017
전 세계	27,310	28,875	47,412	36,087	69,429
이라크	22,399	21,284	31,862	22,402	61,217
카타르	155	480	1,035	1,230	2,781
요르단	194	212	348	1,385	1,466
사우디아라비아	1,462	2,155	7,044	4,509	1,284
아랍에미리트	1,408	1,667	3,886	3,314	659
이란	133	204	266	863	598
인도	506	655	393	526	585
터키	111	103	62	225	233
예멘	0	16	28	14	127
바레인	20	208	882	346	124
이집트	91	106	175	136	115
오만	64	298	734	512	93
케냐	0	0	0	0	50
스페인		0	0	0	24
탄자니아	0	0	0	0	24
크로아티아	0	0	0	0	11
스리랑카	9	11	10	10	10
인도네시아	0	0	1	0	9
라이베리아	0	0	0	0	8
세네갈	0	14	0	54	8
알바니아	0	0	0	0	3
홍콩	0	135	0	2	1



[그림 2-255] 쿠웨이트 산업구조 (2017 기준)

- 2017년도 기준 쿠웨이트의 국내총생산(GDP)는 1273억 미국 달러로 석유산업이 42% 정도를 점유하고 있으며 그 뒤를 이어 서비스 20%, 금융 및 보험 9%, 유통물류 8%, 부동산 7%를 차지하고 있음.
 - 쿠웨이트 전체 산업에서 생산활동과 관련된 분야는 원유생산, 정유 및 석유화학 중간원료를 생산하는 석유화학산업이며, 이러한 원유 및 석유화학 분야는 쿠웨이트 전체 산업의 큰 비중을 차지하고 있음.
 - 석유화학 분야를 제외하면 호텔, 요식업, 통신, 부동산 등 서비스 산업이 다수를 차지하고 있으나 이러한 서비스 산업은 대외 경쟁력이 매우 낮고 국내시장에 한정
 - 농업 등의 1차 산업은 정부의 정책보조금을 받아 최소한의 산업기반만을 유지
- 농업, 어업, 축산업
 - 쿠웨이트는 국토의 대부분이 사막지형으로 농업 활동에 적합하지 않은 환경임.
 - 최소한의 농업 기반을 유지하기 위한 정부 정책에 따라 정부 지원을 통해 남부 지역인 와프라 및 북부 압달리 지역에서 일부 품종이 소규모로 재배되고 있음.
 - 수산업은 원유 개발 전 쿠웨이트의 전통 산업이었으나 원유 개발과 산업환경의 변화로 현재는 산업기반이 많이 소실된 상황
 - 축산업은 소규모로 소, 양, 닭 등이 사육되고 있으나 자급 및 국내 수요를 충당하기 위한 목적으로 대규모로 상업화되지는 않음.

④ 한국형 스마트팜 쿠웨이트 구축 모델 설계

㉠ 스마트팜 구축 구상

□ 사막형 스마트온실 모델 및 통합운영시스템 구축

- 사막 지역 온실 실증, 데이터 수집 및 분석
- 현장 여건을 고려한 사막형 온실 모델 구축
- 온실 구조 안전성 분석 및 구조 설계
- 사막 기후에 적합한 피복자재 및 차광 스크린
- 고온기 및 주야간 온실 내외부 환경측정 및 제어범위 분석, 통합운영시스템

□ 사막형 스마트온실 모델의 통합운영시스템 매뉴얼 또는 지침서, 상용화 표준모델 정립

- 사막형 스마트온실 운영 및 관리 시스템
- 온실 설계도 및 자재내역서, 시방서 등 적용기술 적용
- 현지 관행 온실과의 성능 및 경제성 등 비교 분석
 - 냉방부하 대응 능력, 작물 생육환경 보장, 작물재배 생산량 및 운영경비 등 경제성 비교
- 사막형 스마트온실 운영 매뉴얼 작성 및 표준모델 정립
- 사막형 스마트온실 모델 성과 홍보 및 보급 확산
 - 언론홍보 2회 이상, 세미나 및 성과발표회 추진

□ 쿠웨이트 스마트팜 구축 구상

- 쿠웨이트 자료조사
 - 지역의 현장 기초자료 수집 및 분석(기상, 토양, 온실 등 현지 환경 자료 분석)
 - 냉방패키지 기술 구성, 국내 시험온실 적용 및 성능평가 기술 적용(국부냉각, 양액냉각, 증발냉각, 열차단

- 피복, 차광 등 현재 국내에서 개발완료 또는 산업화된 기술들로 구성)
- 냉방 패키지 시스템 설계 및 시공

- 50Hz용 사막온실형 히트펌프 도입(특화된 모델)
 - 현장 기초 조사를 통한 적용 가능한 HP 선정(지열원, 수열원, 공기열원)

[표 2-160] 열원별 히트펌프의 성능 예측

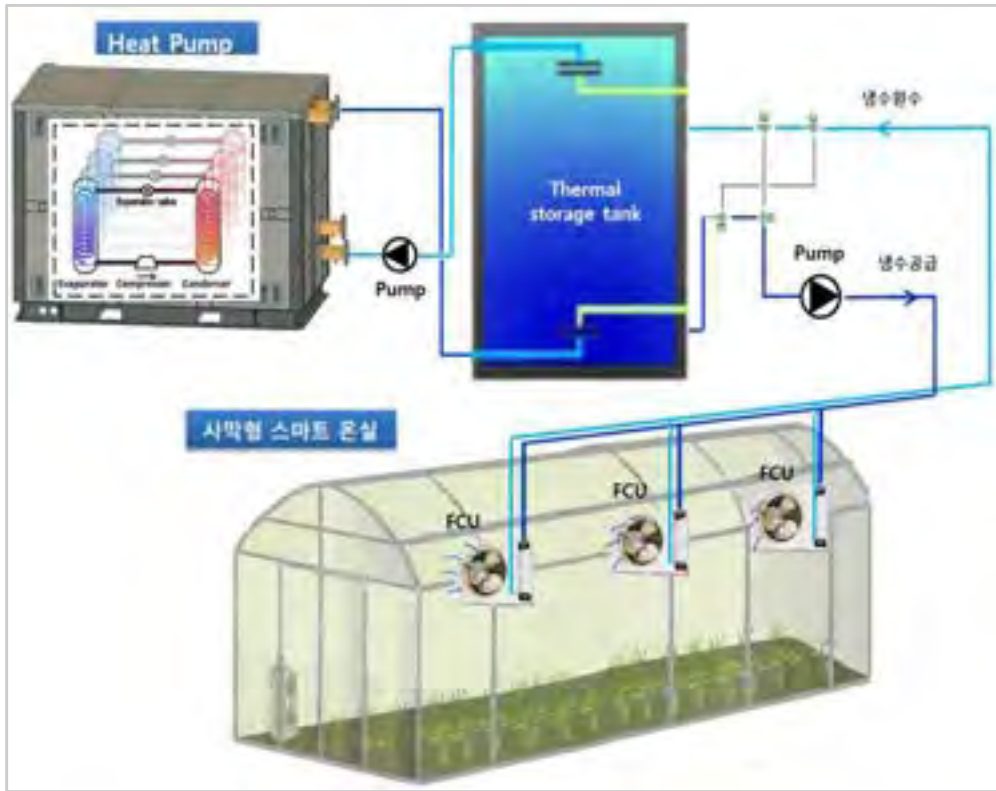
구 분	냉방 용량	소비전력	COPc	열원 온도			예상 응축온도	부하 온도
				지하수 공급	수열 공급	외기 온도		
지열원 HP	525 kW (150 RT)	105kW	5	20~25°C	-	-	30~35°C	12°C
수열원 HP		105kW	5	-	20~25°C	-	30~35°C	
공기열원 HP		164kW	3.2	-	-	30°C	47°C	
		141kW	3.7	-	-	25°C	40°C	

- 50Hz 사막온실용 시제품 설계, 제작, 성능시험 검증 실시



- 사막온실 냉방 부하 산정을 통한 TB 냉방패키지 시스템 설계

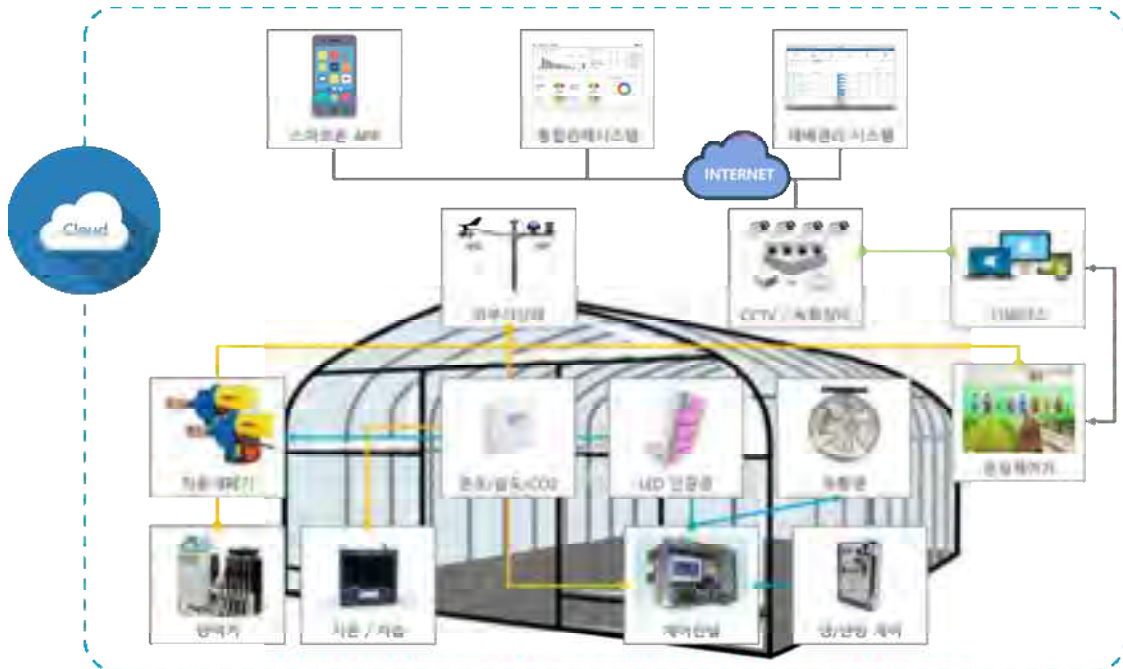
항 목		사 양	기 타
열원측	히트펌프	100RT(525kW)	50Hz용
	순환펌프	1200LPM	50Hz용
부하측(온실)	축냉탱크 (성층화)	50톤(20°C→10°C: 1.1h)	-
		100톤(20°C→10°C: 2.2h)	-
	FCU	351kW(대수: 20~30개)	50Hz용
	순환펌프	1200LPM(3존 대수 제어)	50Hz용



[그림 2-256] 냉방패키지 시스템 계통도

○ 스마트 온실 모니터링 시스템 개발 및 구축

- 스마트 온실 모니터링 시스템 계측기 및 센서 기기선정
- 클라우드 기반의 스마트 온실 모니터링 시스템 개발 및 구축



- 재배작물 생육 특성 및 환경 분석
 - 재배 작물 선정
 - 재배작물 생육 특성 및 환경 분석

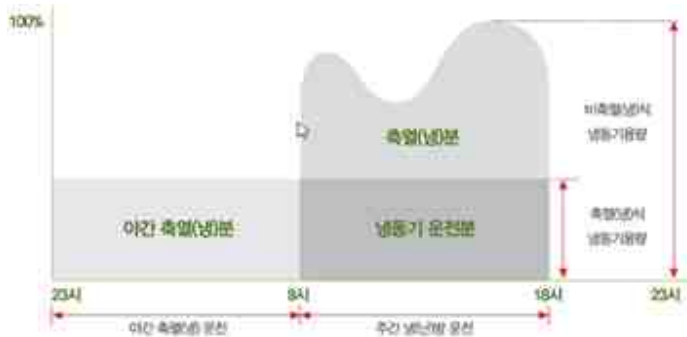
구 분	최저 한계온도	생육적온		최고 한계온도	
		낮	밤		
열매채소	딸기	3°C	18~23	10~13	30°C
	토마토	5°C	20~25	8~13	35°C
	오이	8°C	23~28	10~15	35°C
	수박	10°C	23~28	13~18	35°C
	고추	12°C	25~30	15~20	35°C
	멜론	15°C	25~30	18~23	35°C
엽근채류	배추	5°C	13~18	10~15	23°C
	상추	5°C	15~20	10~15	25°C
	시금치	5°C	15~20	10~15	25°C
	무	8°C	15~20	10~15	25°C

파장	식물에 대한 작용
자외선 1,000nm이상 1,000~700nm	식물체에 흡수되면 거의가 열로 변함 식물을 신장시키는 작용
가시광선 700~610nm 610~510 510~400	광합성에 가장 유효하고 광주성에도 유효함 광합성에 유효하지 않고, 형태형성 작용도 덜어짐 광합성에 적외선 다음으로 유효하고 광주성에 유효
적외선 400~315 315~280 280nm이하	초장을 짧게, 엽육을 두껍게 만들 식물에 유해함 식물이 죽음

- ㉠ 기술 적용
 - 사막형 플라스틱 스마트온실 모델 양액/베드시스템
 - 현장 여건을 고려한 사막형 온실형 베드 시스템 모델



- 한국에서 검증된 양액 및 베드시스템(테스트 완료후 적용)
 - 재배용 물 순환시스템 및 절약 기능
 - 현지 기존 온실 대비 탁월한 시스템 도입
 - 고온기 및 주야간 온실 내외부 양액 및 베드 환경 적용
- 사막형 스마트온실 모델의 양액/베드시스템 운영 매뉴얼, 상용화 표준모델 정립
 - 스마트온실 운영 및 관리 시스템 매뉴얼
 - 온실 설계도 및 자재내역서, 시방서 등 적용기술
 - 사막형 스마트온실 양액 및 베드시스템 운영 매뉴얼작성 및 표준모델 정립
 - 사막형 플라스틱 스마트온실 모델 냉방패키지 실증 및 보완 개선
 - 냉방 패키지 데이터 수집 및 분석
 - 현장 여건을 고려한 사막형 온실 모델
 - 사막형 플라스틱 스마트온실 모델 냉방패키지
 - 냉방패키지시스템 기술 냉방 효과 분석 시스템



- 냉방패키지시스템 기술 에너지 절약 경제성 분석
 - 현지 기존 온실 대비 경제성 제고
 - 고온기 및 주야간 온실 내외부 냉방패키지 운전 환경측정 분석
- 사막형 스마트온실 모델의 냉방패키지 운영 매뉴얼, 상용화 표준모델 정립
 - 냉방 시스템 스마트온실 운영 및 관리
 - 온실 설계도 및 자재내역서, 시방서 등 적용기술 도입
 - 사막형 스마트온실 냉방패키지 운영 매뉴얼 표준모델 정립
 - 사막형 플라스틱 스마트온실 모델 모니터링시스템 실증 및 보완 개선
 - UAE 실증사이트 현장 실증, 데이터 수집 및 분석
 - 현장 여건을 고려한 사막형 온실 모델의 보완 개선
 - 사막형 플라스틱 스마트온실 모델 모니터링시스템 성능평가
 - 스마트 온실 모니터링시스템 및 클라우드 플랫폼 서비스 구현 성능평가



- 사막형 스마트온실 모델의 모니터링시스템 운영 매뉴얼, 상용화 표준모델 정립
 - 스마트온실 운영 및 관리 모니터링 시스템 도입
 - 온실 설계도 및 자재 내역서, 시방서 등 적용기술 적용
 - 사막형 스마트온실 통합관제시스템 운영 매뉴얼 작성 및 표준모델 정립

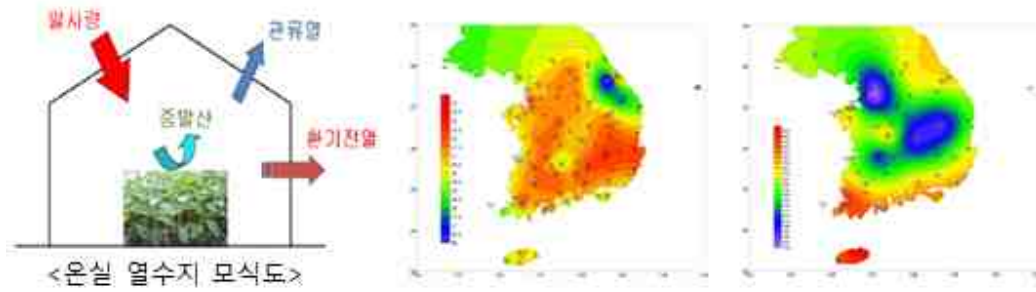
㊤ 사막지역 스마트팜 공법

- 국내 온실 설계 엔지니어링 기술 검토
 - 국내 온실의 설계기준은 구조기준과 표준설계도 중심으로 보급되었으나 적용대상과 기준이 상이하여 표준화가 필요한 실정이며, 특히 최적의 생육환경 확보를 위한 온실의 환경설계에 관한 기준은 연구가 부분적으로 이루어져 표준화 필요성이 대두되고 있음

[표 2-161] 국내 온실 설계기준 현황

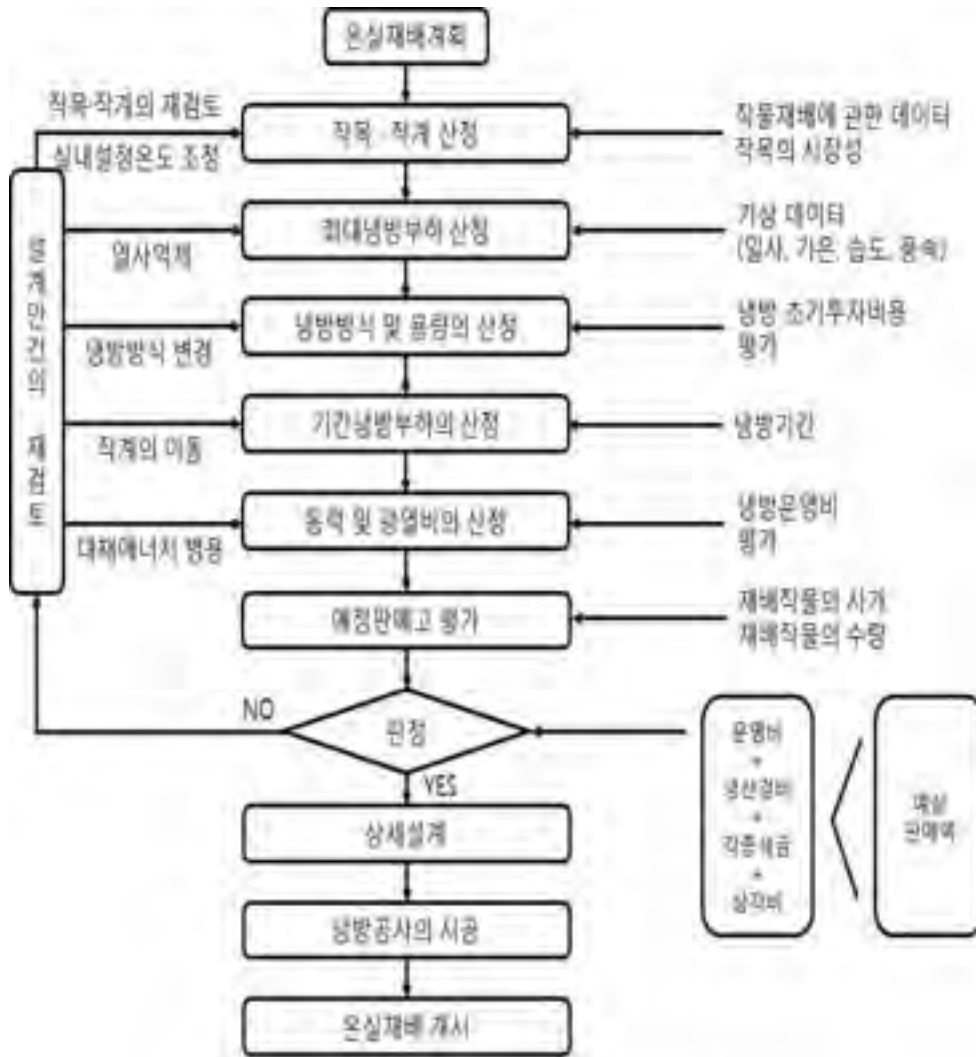
구분	원예시설의 구조안전기준	온실구조 설계기준 및 해설	원예·특작시설 내재해형 기준	건축구조설계기준
발행기관	농어촌공사	농림축산식품부	농림축산식품부	대한건축학회
발행연도	1995년	1999년	2007년	2009년
적용대상	플라스틱, 유리온실	농업용 강구조 고정식 온실	비닐하우스, 인삼재배시설, 간이버섯재배사	가시설, 농가 건축물 및 소규모 창고
적용도서	-	한국형 유리온실 표준설계도	원예·특작시설 내재해형 규격 설계도/시방서	-
설계방법	허용응력설계법	기본풍속 및 기본 지상적 설하중의 기본값	허용응력설계법	기본풍속 및 기본 지상적 설하중의 기본값

- 냉방설계 순서와 냉방부하 산출 방법, 증발냉각시스템 (패드&팬 방식, 포그&팬 방식) 설계에 관한 기준을 제공하고 있으나 1997년에 작성되어 최신 냉방 기술 (지열, 히트펌프, 제습냉각 등)에 관한 기준은 제시되어있지 않음
- 환경설계기준(안)은 광환경/난방시스템/냉방시스템/환기/재배시스템 및 관수로 구분하여 설계기준을 제시하고 있음
- 냉방설계 순서와 냉방부하 산출 방법은 '원예시설의 환경설계기준(안)'과 크게 다르지 않음(냉방부하에서 지중전도열량이 제외됨)
- 냉방부하는 온실내로 유입되는 일사량과 온실 피복재를 통한 관류열량, 환기로 배출되는 열량, 작물의 증발산에 소비되는 열량을 통해 산출하며, 온실의 열수지 모식도는 다음과 같음



[그림 2-257] 외기온도분포도(TAC2.5%),일사량분포도 (TAC 2.5%)

- 유입 일사량과 관류열량 산출에 적용되는 실외기온은 지역별 냉방설계용 기상자료의 TAC 2.5%를 권장 (설비 투자수준에 따라 TAC 1% 또는 TAC 5% 값 적용)
- 냉방방식은 크게 증발냉각시스템과 히트펌프시스템으로 구분하여 각각의 설치용량과 선정기준에 관한 정보를 제공하고 있음
- 환경설계기준(안)과 '온실 환경설계기준(안)'은 작물 재배에 적합한 온실 내부환경을 조성하기 위한 기준 및 가이드라인을 제공하고 있으나 실제 설계되어 시공까지 이어질 수 있을 정도의 수준으로 발전이 필요한 것으로 조사됨
- 또한 여름철 고온으로 인한 온실 농가의 피해가 확대되고 있는 시점에서 우리나라 기후 특성에 맞는 한국형 온실환경 설계기준의 정립이 필요한 것으로 판단됨
- '월예시설의 환경설계기준(안)'의 냉방설계 순서는 아래와 같음



[그림 2-258] 원예시설의 환경설계기준(안) 냉방설계의 순서

- ‘원예시설의 환경설계기준(안)’의 냉방부하 산출 방법은 아래와 같음

$$H_T = H_R + H_W + H_V + H_S + H_P$$

* HR : 시설내로 입사되는 일사량 (kcal/hr) HW : 벽면 열관류량 (kcal/hr)

HV : 환기전열량 (kcal/hr) HS : 지중전도열량 (kcal/hr)

HP : 광합성에 의한 고정열량 (kcal/hr)

□ 국외 온실 설계 기술

- 국외의 주요 국가별 설계기준 (가이드라인 포함)을 조사하였으며 조사된 설계기준은 [표 2-26]과 같음
- 시설원예 선진국인 네덜란드와 일본 등은 각국의 실정을 고려한 온실설계기준을 갖추고 있으며 주기적으로 갱신하고 있음
- 미국의 ASABE (American Society of Agricultural Engineers)에서는 온실의 형태와 구조 등에 관한 EP 460과 냉·난방 및 환기에 관한 EP 406으로 분류하고 있음(10,11)
- ASABE EP 406에서는 차양, 환기, 증발냉각 (패드&팬, 포그 방식)을 이용한 냉방 방식을 제시하고 있음
- ASHRAE (American Society Of heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) Handbook

Chapter 24에서도 기계식 냉방 (히트펌프, 냉동기 등) 방식의 높은 운전비를 이유로 차양, 환기, 증발냉각을 통한 냉방 방식만을 제시하고 있음¹²⁾

- NGMA (National Greenhouse Manufacturers Association)에서는 온실 설계와 관련하여 Curtain systems/Electrical designs/Glazing/Ventilation and cooling 등으로 세분화하여 제시하고 있으나 냉방 방식은 ASABE와 ASHRAE와 동일하게 환기와 증발냉각을 통한 방식만을 제시하고 있음¹³⁾
- 국외의 설계기준은 온실의 형태, 크기, 구조, 환경 등 온실 설계 및 시공에 필요한 종합적인 정보가 비교적 잘 정리되어 있는 것으로 판단됨
- 그러나 우리나라와 상이한 기후조건과 높은 냉방운전비용 등으로 적극적인 냉방 방식 (히트펌프, 냉동기 등)에 대한 자료들은 부족한 것으로 조사됨
- 또한 온실의 냉·난방부하 산정방법에서도 국가별로 차이를 보이고 있는 것으로 나타남

[표 2-162] 국외 온실 설계기준 현황

구분	기관	기준	비고
미국	ASABE	ASABE EP 460 (Commercial Greenhouse Design and Layout) ASABE EP 406 (Heating, Ventilating and Cooling Greenhouses)	
	ASHRAE	ASHRAE Applications Handbook Chapter 24 (Environmental Control for Animals and Plants)	
	NGMA	Standards and guidelines	
유럽	CEN	EN 13031-1 (Greenhouses - Design and construction) ¹⁴⁾	NEN 3859 ¹⁵⁾ (네덜란드)
일본	JGHA	Handbook of protected horticulture ¹⁶⁾	
중국	중국국가표준 (GuojiaBiaozhun)	GB/T 18621-2002 (Design regulation on greenhouse ventilation and cooling) ¹⁷⁾	

- 건축 구조물 기술
 - 풍속 40 m/sec 풍압에 견뎌내는 국산 구조물 기술 적용성 검토
 - 하모니(주)가 개발한 F-frame은 폭풍, 폭설 등 자연재해에 강하고 접합부의 나사못 없이 조립 해체가 가능한 구조체로 튼튼한 플라스틱 온실 구조체를 제공하는 세계최고의 국내 기술임
- 밀 계측 센서 노드 : 온실 내외부의 기상 및 생육환경 정밀 측정이 가능한 국산 센서 기기 적용



- 정밀 계측 제어 노드 : 최적의 온실 생육환경관리용 정밀 제어가 가능한 국산 제어 기기 적용



유동팬

- 온실 내부에 설치된 온 습도센서에 측정된 값을 수집하여 각 동별 팬기를 제어함
- 온실의 온 습도 유지상태를 모니터링에서 모니터링 할 수 있도록 연동하여 이상값에 대한 일까지 알림기능을 제공하고, 설정값이 벗어난 현상이 입력될 경우 해당 온실에 대한 이상정보를 알려고 작동제어함



냉 난방기

- 온실 외부 일사각 및 온도값, 실내 온 습도값에 의해 냉 난방기의 가동 여부 조절



관수-권비공급기

- 온실 내부에 설치된 로팅수분센서에 측정된 값을 수집하여 자동적으로 관수-권비 공급이 가능하여 함



망액기

- 망액정보센서 중 배지정보센서(배지 함수율, 배지 EC 센서)에 의해 얻어지는 배지정보는 부가되는 망액의 정보를 농업인이 파악하여 망액제어기를 조절할 수 있도록 제공되어야 함
- 망액통에서 설치되는 배지정보센서(배지 EC 센서, 배지 pH 센서, 배지 온도 센서)에 의해 얻어지는 배지정보는 부가되는 망액의 정보를 농업인이 파악하여 망액제어기를 조절할 수 있도록 제공되어야 함



CO₂공급기

- 온실 내 적합한 CO₂센서에 의해 얻어진 CO₂정보에 따라 적합한 농도를 유지할 수 있도록 CO₂발생기를 제어하거나 한 축상의 개폐, 환기팬이 작동되도록 제어
- 밀폐된 공간 즉 온실이나, 비닐하우스에 작물의 성장상 적응에 필요한 미산화탄소를 인위적으로 공급해 균형상 작용을 촉진시키는 기기임
- 유해가스가 없어 작물에 해가 없고 미산화탄소 농도 조절이 자유로우며, 한 개의 시스템으로 여러 동의 하우스에 공급이 가능한 장점을 가지고 있어 작물생육에 적합한 환경 조성 가능



축량개폐기

- 온실 내 외부 온 습도센서에 의해 얻어진 정보를 토대로 축량이 적합하게 제어되도록 구현
- 온실 축량의 채우 개폐 정도가 다르게 제어될 수 있도록 구현되어야 함
- 환기량 제어는 천장, 축량을 비탈부는 방향과 반대방향의 상으로 분리하여 제어해야 함
- 천장과 축량의 작동제기를 작동의 특성상 미리 단계별로 설정이 가능해야 함
- 상의 개폐시 미리 설정된 값과 외부온도센서가 차등으로 연동, 외부온도에 따라 개폐범위를 조정하고, 일차가 생길 경우 추가 제어가 되어야 함
- 온실 외부에 감수센서에 의해 얻어진 감수정보에 의해 온실 천장과 축량의 개폐를 제어



보온 및 차광커튼개폐기

- 보온커튼개폐기 온실 외부 일사각 및 온도값, 실내 온 습도 값에 의해 식물이 보온을 위한 커튼 조절
- 일사각 센서에 의해 얻어진 광량정보는 온실 재질과 재질이 투과율을 감안하여 차광커튼의 개폐가 되도록 제어

㉠ 국내외 현황 분석





□ 국내 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술현황

- 건축적 냉방 패키지 기술과 효과

- 자연환기, 외부차양, 내부차양 등은 여름철 온실의 실내온도를 하강하기 위한 건축적 기술로 가장 많이 활용되고 있음
- 태양광은 온실의 실내온도를 상승시키는 주요 요인으로 차양을 통해 광량을 감소시킬 경우 실내온도는 하강시킬 수 있으나 작물 생육에 필요한 충분한 광량을 확보할 수 없어 냉방 기술로써 활용에는 한계가 있음
- 일반적으로 온실 구조물과 내·외부 차양에 의해 실외의 광량에 15~50%가 감소하여 유입
- 자연환기는 지붕과 창문 등의 개방을 통해 실외의 공기를 실내로 유입하고, 이를 통해 작물의 적정 생육온도 및 CO₂ 농도, 습도 유지 등의 기능을 하지만 필요환기량과 온실 전체의 원활한 기류순환을 유도하는데 어려움이 있음
- 건축적 냉방 기술은 초기투자비가 상대적으로 저렴하고 동력 사용이 거의 없어 대부분의 온실 농가에서 적용하고 있지만, 설비적 냉방 기술과 대비하여 여름철 온실의 실내온도 하강 효과가 작음
- 건축적 냉방 기술을 활용한 온실의 실내온도 하강 효과는 다음과 같음


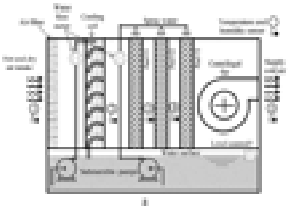

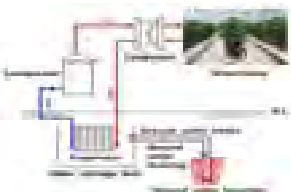
[표 2-163] 건축적 냉방 기술 및 효과


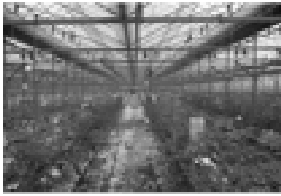
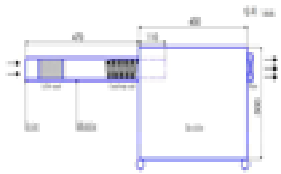

기술	개념도	설명	물성치	효과	평균 효율	평가 방법	위치	기후	면적
자연 환기		자연환기 모드에서 지붕과 문을 개방	-	기본	2~3 °C 감소	실험	중국	습한 아열대	2304㎡
외부 차양		검정 외부 차양은 실험 온실에서 70 % 음영을 제공하는 고밀도 UV 폴리에스테르 조각으로 구성	70% 차광	좋음					
내부 차양		내부 차양은 50 % 그늘 반사 알루미늄 섬유로 구성	50% 차광	우수					
다겹보온 커튼		유리온실용 알루미늄 다겹보온커튼	알루미늄 다겹보온커튼	2.2 °C 감소 / 난방비용 87% 감소	실험	한국	-	461㎡	

○ 설비적 냉방 패키지 기술과 효과

- 강제환기팬, 증발냉각시스템, 히트펌프, 지하수 활용, 근권부나 작물체 주위 국부냉방, 지붕살수 등은 여름철 온실의 실내온도를 하강하기 위한 설비적 기술로 활용되고 있음
- 증발냉각시스템은 가장 경제적인 냉방 방법으로 패드시스템과 포그시스템이 대표적임
- 패드시스템은 강제환기 팬이 필요하며 온실의 한쪽 벽면에 패드를 설치하고 반대 벽면에서 배기하기 때문에 패드와 거리가 멀어질수록 온도가 상승하여 실내온도의 편차가 생기는 단점이 있음
- 포그시스템은 포그노즐을 온실 전체에 고르게 배치하면 균일한 실내온도를 조성할 수 있지만 포그노즐의 구멍이 막히지 않도록 적절한 필터와 화학적인 처리제 사용 및 수질 확보가 필요함
- 패드시스템과 포그시스템 등의 증발냉각방식은 건조한 지역에 효과가 큰 방법으로 하절기에 고온다습한 우리나라에서는 실내온도 하강 효과가 상대적으로 낮음
- 히트펌프를 활용한 냉방은 화훼류 및 육묘생산 등에서 일부 이용되고 있으나 경제성의 문제로 야간냉방에만 국한되어 적용되고 있음
- 최근에는 히트펌프의 효율 증대, 다양한 히트펌프 제품군 개발, 상대적으로 저렴한 농가의 전기요금 체계, 냉·난방 겸용 사용을 통한 난방비 절감 등의 이유로 히트펌프 보급이 활성화 되고 있음
- 또한 신재생에너지를 활용한 지열히트펌프도 온실의 냉·난방 수단으로 많이 적용되고 있음
- 설비적 냉방 기술을 활용한 온실의 실내온도 하강 효과는 다음과 같음

[표 2-164] 설비적 냉방 기술 및 효과

기술	개념도	설명	물성치	효과	평균 효율	평가 방법	위치	기후	면적
기류 순환팬		공기와 식물 사이의 열교환을 향상시키기 위해 안정적이고 적당한 공기 흐름을 제공하기 위해 순환 팬 설치	90W	약함	2~3 °C 감소	실험	중국	습한 아열대	2304㎡
간접직접 증발냉각 유닛		증발식 냉각장치는 간접 증발식 냉각 열교환기와 3개의 패드로 구성되어 직접 증발식 냉각장치로 설계	물 25 L 용량, 2 개의 순환 펌프		12.1 ~ 21.6 °C 감소 / 효율 30.5%상승	실험	이라크	바그다드	5 ㎡ (11m)
국소 난방 장치		유리온실용 양액재배 배지 국소난방장치	105kW (GSHP 난방용량)		4.7 °C 감소 / 난방비용 87% 감소	실험	한국	-	461㎡
지하수 열원 히트 펌프		지하수열원 히트펌프 파프리카 재배 벤로형 유리온실에 적용	105kW (GSHP 난방용량)		4.7 °C 감소 / 난방비용 87% 감소	실험	한국	-	461㎡

기술	개념도	설명	물성치	효과	평균 효율	평가 방법	위치	기후	면적
증발 냉각 패드		길이 42.1m, 너비 1.9m의 셀룰로오스 종이 패드가 북쪽 벽에 위치. 남쪽 벽에는 10개의 1.1kW 강제배기팬이 설치	1.1 kW (10개)	보통	2~3 °C 감소	실험	중국	습한 아열대	2304㎡
포그 시스템		토마토 재배용 상업용 온실에 포그노즐 적용	2분 분사 1분 정지	온도 개선 크지 않음	0.9°C 감소	실험	한국 (논산)	-	-
냉각 및 제습		Fan and Pad 방식에 리튬브로마이드 용액과 냉각 코일을 적용하여 냉각 및 제습	-	15% 감습	실험	한국	-	-	-
계간 축열 (히트 펌프)		냉열을 냉수로 전환하여 냉수정을 통해 저장하여 여름철 냉방에 사용 (야간만 냉방)	50RT X 2대 히트펌프, 축열조40㎡	토마토 26% 증수	-	실험	한국 (부여)	-	2025㎡

○ 냉방 기술별 효과 분석

- 고온기 냉방 방법별 온도강화 효과와 효율향상 연구0)에 따르면 흑색 차광망 설치로 최대 3.8~7.6°C 정도의 온도 하강효과가 있는 것으로 나타남
- 증발냉각시스템 중 포그시스템은 4.1°C, 미스트시스템은 3.7°C, 패드시스템은 6.7°C 정도의 온도 하강효과가 있는 것으로 나타남 (온도 하강효과는 실험을 기반으로 한 결과값이며 측정지역의 기후조건에 따라 냉방효과의 차이가 있음)
- 온실냉방시스템의 효율적 이용에 관한 연구0)에 따르면 환기만으로는 고온기 온실 내부의 온도를 외기온도 이하로 낮출 수 없다고 보고됨
- 온실 내부의 온도 하강을 위한 냉방 기술 중 차광은 약 4°C, 수막은 차광과 병행할 경우 2~5°C, 증발냉각시스템은 약 7°C 정도의 온도 하강효과가 있는 것으로 보고됨
- 국내 문헌 조사 결과 냉방 기술별 기후조건 등의 영향으로 온도 하강효과의 차이는 있었으나 증발냉각시스템이 가장 효과적인 것으로 나타남
- 국내와 더불어 국외 문헌 조사를 통해 냉방 기술별 효과를 조사함
- 국외 문헌의 냉방 기술별 효과는 다음과 같음

[표 2-165] 패드시스템의 냉방 효과

구분	기술	개념도	저자	연도	효과	종합
설비 기술	패드 시스템		Landsberg et al.	1979	8~12 °C 감소	평균 5.2~7.0 °C 감소
			Chandra et al.	1989	4~5 °C 감소	
			Jain and Tiwari	2002	4~5 °C 감소	
			Radhwan and Fath	2005	3~10 °C 감소	
			Sukla et al.	2006	5~8 °C 감소	
			Ganguly and Ghosh	2007	6 °C 감소	
			Max et al.	2009	1.2~2.6 °C 감소	
			Lo'pez et al.	2012	11.6 °C 감소	
			Misra and Ghosh	2013	5~7 °C 감소	
			Ali Dayioglu	2015	7 °C 감소	
Xu et al.	2015	2~3 °C 감소				

[표 2-166] 포그시스템의 냉방 효과

구분	기술	개념도	저자	연도	효과	종합
설비 기술	포그 시스템		Montero and Anton	1990	3 °C 감소	평균 4.6~5.3 °C 감소
			Montero et al.	1994	5 °C 감소	
			Hayashi et al.	1998	4~8 °C 감소	
			Öztürk	2003	6.6 °C 감소	
			Handarto et al.	2006	6 °C 감소	
			Katsoulas et al.	2006	3 °C 감소	
			Katsoulas et al.	2009	2.5~3.5 °C 감소	
			White	2015	9 °C 감소	
			Misra and Ghosh	2017	2~4 °C 감소	

[표 2-167] 지붕 증발냉각의 냉방 효과

구분	기술	개념도	저자	연도	효과	종합
설비 기술	지붕증 발냉각		Sutar and Tiwari	1995	10 °C 감소	평균 5.6~7.3 °C 감소
			Cohen et al.	1983	5 °C 감소	
			Giacomelli et al.	1985	10 °C 감소	
			Ghosal et al.	2003	2~6 °C 감소	
			Helmy et al.	2013	1.1~5.4 °C 감소	

[표 2-168] 증발 및 혼합모드 냉각방식의 냉방 효과

구분	기술	개념도	저자	연도	효과	종합
설비 기술	증발 및 혼합모드		Abbouda and Almuhanha	2012	8.1 °C 감소	평균 6.2~7.1 °C 감소
			Lychnos and Davies	2012	5.5~7.5 °C 감소	
			Al-Busaidi and Al-Mulla	2014	4.8~7.4 °C 감소	
			Abu-Hamdeh et al.	2016	8.1 °C 감소	
			Banik and Gangu	2017	4.3 °C 감소	

[표 2-169] 기타 건축 및 설비기술의 냉방 효과





구분	기술	개념도	저자	연도	효과	종합
건축& 설비 기술	보온커튼		Shukla et al.	2008	5 °C 감소	평균 5.5 °C 감소
	지중대 공기열교환기		Ghosal et al.	2004	5-6 °C 감소	

- 농촌진흥청의 지열 냉난방시설 도입사례에서는 지열히트펌프를 적용한 지열 냉난방 적용 온실 농가의 효과 및 설비용량, 투자금 자료를 제시하고 있음
- 히트펌프 적용 시 난방비 절감 효과와 함께 냉난방을 통한 작물의 적정 생육환경 확보로 수확량이 증가한 것으로 나타남
- 투자금 회수기간도 4년 내 가능한 것으로 보고됨

○ 냉방 효과와 초기투자비 및 유지관리를 고려한 냉방 기술 비교

- 온실의 대표적 냉방 기술인 차양, 환기, 증발냉각, 히트펌프의 냉방 효과와 초기투자비 및 유지관리측면에서 적용성을 비교함
- 냉방 방식별 비교표는 다음과 같음

[표 2-170] 냉방 기술 비교

구분	차양	환기	증발냉각	히트펌프
개념도				
개요	- 온실의 내·외부에 개폐가 가능한 차양을 통해 온실에 유입되는 태양열 조절	- 상부 또는 측면에 자연 및 강제 환기 순환으로 냉각	- 물이 증발되는 과정에서 주변에 열을 흡수하여 냉각	- 공기, 지열, (지하수)를 열원으로 하는 히트펌프를 활용하여 냉각
특성	- 설비적 냉방 기술에 비해 냉방 효과가 낮음 - 실내온도 하강과 충분한 광량 확보를 위한 차양 조절 필요 - 보조적 환경 조절 방식	- 설비적 냉방 기술에 비해 냉방 효과가 낮음 - 자연환기는 필요환기량과 기류순환이 어려움 - 온도하강을 위해 많은 환기량 요구됨	- 고온다습한 기후에서는 효과가 상대적으로 낮음 - 패드시스템은 온도 편차 발생 우려 - 포그시스템은 포그노즐의 관리 필요	- 냉방 효과가 가장 확실함 - 난방비 절감효과 우수 - 초기투자비가 비쌘 - 생산량 증대 및 운영비 최소화로 ROI 최소화 필요
적용성	냉방 효과	▼	▼	▲
	초기투자비	▲	▲	▼
	유지관리	▲	▲	▲

- 시장현황

- 전체 온실 중 비닐온실이 99%, 유리온실이 0.7% 차지('2010 기준)
 - 유럽 대비 유리온실 규모는 3% : (한국) 345ha (네덜란드) 10,374ha

(단위 : ha)

구분	비닐온실			경질판온실			유리온실			계
	채소	화훼	소계	채소	화훼	소계	채소	화훼	소계	
'90	23,698	1,752	25,450	-	-	-	-	-	-	25,450
'95	39,962	2,931	42,893	38	10	48	77	75	152	43,093
'00	41,236	3,176	44,412	60	21	81	184	139	323	44,816
'05	46,527	3,126	49,653	48	219	267	213	103	316	50,236
'10	48,465	2,708	51,173	98	213	311	272	73	345	51,829

· 플라스틱 온실 보급이 저조한 사유

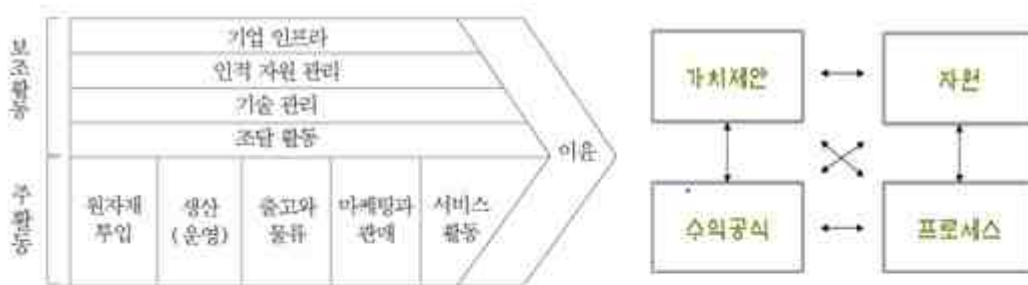
- 정부 보조사업 : 전체 온실 면적은 10년 이상 52천ha 수준
- (신축기준) 온실 신축시 유리온실은 30억원/ha, 비닐온실은 평균 7.5억원/ha 소요

· 유류 대비 난방비 절감을 및 사업비

- 냉방 비용은 자료 없음

구분	유류 대비 절감율	사업비
지열 냉난방기	78%	14억/ha
목재펠릿 난방기	40%	1.5억원/ha
공기열 냉난방기	60%	4억/ha

냉방 기술	냉방 기술	장비 도입	경쟁사
Passive 기술	환기	현장 구성	시장 구매
	채광	현장 구성	시장 구매
	증발 잠열	현장 구성	시장 구매, 현장 조립
Active 기술	히트펌프	장비 제조사	. 국내외 지열히트펌프 제조사 . 지열히트펌프 설계사
	냉동기	장비 제조사	. 국내 열원 제조사 (흡수식) LG전자, 센추리, 오텍캐리어, 신성엔지니어링, 월드에너지



- 본 사업추진시 경제성을 분석하여 사업타당성으로 분석할 계획임
- 경제성 분석 예시
 - 온실 모델별 원단위 원가 산출 및 경제성 비교 분석

구분	H/W(구조물)	S/W(시스템)	냉방설비 (히트펌프)	축열탱크	수확량 kg/m ²	생산원가 (원/kg)	판매가원/kg
재래식	비닐	-	-	-			
보급형	적외선 차단필름	스마트시스템	50~70%	27%			
첨단형	적외선차단 필름	스마트시스템	89~100%	27%			
단가(만원)	15만원/m ²	28만원/m ²	250/RT	20/톤			
용량	660m ³	1식	100 RT	450톤			

3.8.2. 러시아 K-Plant 모형 설계 및 사업계획 수립

① 러시아 농업현황

㉠ 러시아 기후

□ 러시아의 기후의 특징은 몇 가지 기본적인 요인으로 결정된다. 먼저 광활한 국토의 대부분이 해안으로부터 400km 이상 떨어져 있고, 일부지역은 심지어 2,400km나 떨어져 있어서 전반적으로 대륙성기후의 영향을 받는다. 특히 위도상 북쪽에 위치해 차가운 대륙성기후에 속하는데, 유럽권 러시아의 남부와 아시아권 러시아(시베리아)의 남서부의 일부만이 북위 50° 남쪽에 있을 뿐 러시아의 절반이 넘는 지역이 북위 60° 북쪽에 위치하고 있다. 남부와 동부는 인도양과 태평양의 해양성 기후가 거대한 산맥들에 막혀 대륙의 기후에 영향을 미치지 못하고 있으며, 북부와 서부는 지형학적으로 높은 산맥들이 없어 북극해와 대서양의 해양성기후를 나타내고 있음

□ 실상 러시아에는 겨울과 여름 두 계절만 있고, 봄과 가을은 신속하게 바뀌는 겨울과 여름 사이에 잠깐 있을 뿐임

□ 기압과 바람

○ 유라시아 대륙의 차가운 겨울바람은 내륙 전체에 걸쳐 강력한 고기압으로 발전하는데, 1월평균기압은 시베리아 지역의 남부 경계선을 따라 1,040mb를 웃돌며 이곳에서 카자흐스탄, 우크라이나와의 경계선을 따라 서쪽으로 고기압대가 이동한다. 이 고기압권에서 발생한 기압이 그 바깥지역으로 이동함에 따라 유럽권 러시아에서는 남서풍이 불며 시베리아의 대부분 지역에서는 남풍이, 그리고 태평양 연안에서는 북서풍이 불

○ 여름에는 이와 반대로 대륙의 기온이 상승해 아시아 대륙 전체에 걸쳐 폭넓게 발달한 저기압이 그 안쪽 지역으로 이동함에 따라 유럽권 러시아에서는 북서풍이, 시베리아 지역에서는 북풍이, 그리고 태평양 연안을 따라서는 남동풍이 불

□ 기온

○ 이와 같은 기압의 이동이 미치는 영향 가운데 하나는 위도차로 발생할 수 있는 남북의 극심한 겨울의 기온차를 고르게 해주고 있는 점이다. 그결과 러시아 평원지역의 등온선은 남북방향으로 형성되며, 동일 위도상의 기온은 서쪽에서 레나 강 하류에 있는 한극으로 가면서 떨어짐

○ 서쪽에서 동쪽에 이르기까지 거의 같은 위도상에 위치한 여러 기상관측소의 기록에 따르면 1월평균기온이 서시베리아 평원의 상트페테르부르크에서 -8°C, 투루한스크에서 -27°C, 야쿠츠크 -43°C, 베르호얀스크에서는 -50°C를 기록했다. 몽골과의 경계지역에서의 평균기온은 그보다 2,400km 북쪽에 있는 북극해 연안의 평균기온보다 불과 1~2°C가 높다. 내륙에서 해안으로 부는 바람 역시 태평양 연안의 기온을 떨어뜨리고 있는데, 프랑스의 리비에라 지역과 같은 위도상에 있는 블라디보스토크의 1월평균기온은 -14°C임

○ 여름의 기온은 위도와 더욱 밀접한 관계가 있어 7월평균기온은 북극해제도의 4°C에서 러시아 남부 경계지역의 20°C에 이르기까지 큰 차이를 나타내고 있다. 최고기온과 최저기온은 이러한 평균기온에서 크게 벗어나고 있는데, 세계 최저기온으로는(북극권은 제외) 베르호얀스크의 1월최저기온이 -71°C이며 7월의 최고기온으로는 몇몇 기상관측소에서 38°C 이상을 기록했다. 이와 같이 계절의 기온차는 내륙지역으로 갈수록 더욱 커지는데 1월과 7월의 평균기온을 비교해 보면 모스크바에서 29°C, 투루한스크에서 42°C, 야쿠츠크에서 64°C의 기온차를 보이고 있음

- 겨울의 혹독한 추위는 러시아 대부분 지역에서 보편적으로 보이는 가장 뚜렷한 기후적 특징으로 얼음이 얼지 않는 기간은 북카프카스 지역에서만 6개월을 초과할 뿐이며, 위도에 따라 유럽권 러시아에서는 3~5개월, 시베리아 지역에서는 2~3개월을 기록하고 있음

□ 강우량

- 러시아 전역의 총강우량은 적은 편이다. 대부분 여름에 많은 비가 내린다. 유럽권과 서시베리아 평원에서는 북서쪽에서 남동쪽으로 갈수록 총강우량이 감소하는데, 발트 해 연안의 몇몇 지역을 제외한 나머지 지역에서는 강우량이 600mm 이하이며 모스크바에서는 533mm, 카자흐스탄과의 경계지역에서는 약 200mm의 강우량을 나타낸다. 시베리아 동부에서는 연평균 400mm 미만, 북극해 연안 지방에서는 127mm의 적은 비가 내린다. 태평양 연안지역에서는 다시 강우량이 증가하는데(블라디보스토크 610mm) 다습한 해양성 계절풍이 비를 몰고와 여름에 많은 비가 내림
- 강우량은 위도에 따라 차이가 나는데 우랄 산맥의 고지대에서는 711mm 이상의 비가 내리는 반면, 캄차카 산맥과 시호테알린 산맥에서는 1,016mm 이상의 비가 내린다. 적설현상 또한 러시아 전역에서 나타나는 뚜렷한 기후적 특성으로 적설량과 적설기간은 농업에 중요한 영향을 미친다. 적설기간은 위도와 경도에 따라서 달라지는데, 유럽 평원에서는 40~200일, 시베리아 지역에서는 120~250일의 적설기간을 기록하고 있음

㉠ 농업일반 현황

- 러시아 농업은 소련의 해체와 구조조정 등 위기의 시간을 지나고 최근 몇 년 사이 큰 성장세를 보이고 있다. 현재 총 고용의 11%, GDP의 5%를 차지하며 국가 경제뿐만 아니라 사회복지 측면에서도 중요한 역할을 하고 있다. 지난 20년간 러시아의 농업과 농축산물 무역에서 가장 중요한 발전은 곡물의 수입국에서 수출국으로의 전환이라고 할 수 있다. 최근 러시아 선진농가들은 기술 및 경영에 대한 투자로 생산성을 증대시키며 농업의 성장을 주도하고 있다. 2000년 이후 농업소득은 실질환율 상승과 무역 상대국보다 높은 인플레이션에 힘입어 크게 증가하였다. 러시아의 2000년대 달러, 유로 등 주요 통화에 대한 명목환율은 거의 변화가 없었으나, 가격인플레이션(price inflation)이 미국, EU 등 다른 국가들에 비해 크게 높아 2001-07년 연평균 인플레이션은 13~14%를 보였다. 이후 러시아의 서구 식품에 대한 금수조치(food embargo)의 영향으로 심각한 식량 공급문제가 야기됨에 따라 국내 생산이 증가하였으나 가공료를 제외한 축산물의 공급은 여전히 부족한 상황임

- 러시아의 농업생산면적은 실로 막대하다. 농경지와 목초지가 국토면적의 14.7%에 불과하지만 그 실제면적은 2억 1703ha(농경지 1억 3393만ha, 목장.목초지 8,310ha)에 이른다. 이 광활한 농경지를 바탕으로 한 주요 작물 생산량 또한 어마어마하다. 곡물.감자 생산량은 세계 최대이고, 옥수수.사탕무.해바라기.포도 등도 세계 5위권 안에 들며, 돼지.양.닭 사육두수와 양모.우유.계란 등의 축산물 생산량 역시 세계에서 5위권 안에 들고 있다. 또 전체 노동력의 약 13.4%가 농업에 종사하고있어 여전히 중요한 산업의 하나이다. 그러나 토지생산성은 미국에 비해 50% 정도에 불과하며, 매년 수 십억 달러를 농산물 수입에 쓰고 있다. 특히 1980년대 후반 이후 농업생산의 감소로 농산물 수입규모는 크게 증가하였다. 최근의 생산감소는 주로 국영 집단농장의 생산감소에서 기인한다. 러시아의 농업문제는 오래 전부터 계속되어 왔고 갈수록 심화되고 있음

[표 2-171] 러시아 농업정책 변화 추이

연월	특이사항
1998년	통화·금융위기를 계기로 자유주의적 농업 정책을 재검토함
2000년 이후	생산자 지지·보호를 목적으로 한 정책
2005년	농업 분야를 국가의 사회·경제정책의 우선사업의 하나로 정함
2006~2007년	'농공컴플렉스 부문 발전의 우선적 국가계획'을 실시
2006년	'농업 발전에 관한 러시아 연방법' 제정
2007년	2008년~2012년에 걸쳐 농업개발 및 농산물·원재료·식료품시장의 조정에 관한 국가 계획'을 만들. "축산업을 주요한 우선분야로 정함"
2010년	'식량안전보장 독트린'의 책정 - 주요한 농산물과 관련해 자금을 향상의 수치목표를 정함 곡물·감자 95% 이상, 식용육·육류제품 85%이상 우유·유제품 90% 이상 등
2012년 7월	'2013~2020년에 있어서 농업개발 및 농산물·원재료·식료품 시장의 조정에 관한 국가 계획'의 책정. "식용육 생산의 확대를 최우선 분야로 정함" 총 예산액 760억 달러(연방정부: 500억달러, 주정부: 260억달러) (연방정부 예산 내역) 축산관련: 37%, 작물 관계: 31%, 농촌개발 등: 32%

- 과거 소련이 농업문제 해결을 위해 취한 주요 정책은 농경지의 확대와 농업생산조직화이다. 1950년대 후반부터 중앙아시아와 서시베리아 일대를 개척하려는 정책(virgin lands campaign)을 펴온 결과, 소련 전체로 볼 때 지금까지 약 4,300만ha의 농경지가 새로 생겼다. 이 정책은 원래 육류생산을 늘리기 위해 기존 곡물생산지이던 비옥한 흑토지대의 농경지를 사료재배로 전환하는 한편 새로운 농경지를 곡물재배에 이용하고자 한 정책이었다. 그러나 새로운 농경지의 자연조건이 열악하고 사회간접자본이 낙후하여 오히려 곡물부족과 그에 따른 곡물수입 증가를 초래하였음
- 한편 농업집단화 정책은 농업기계화와 농업생산의 전문화 등 농업근대화를 이룩하기 위한 정책이었다. 그러나 부품 및 연료부족과 기계운용 능력부족으로 기대한 만큼 성과를 거두지 못했다. 오히려 이윤동기 박탈과 비효율적 통제로 생산성이 급격히 떨어졌다. 최근 종자개량, 비료공급 확충, 도로 및 저장시설 정비와 같은 투자확대와 시장 메커니즘의 도입 및 비효율적 농업관련조직 개선 등 농업문제를 해결하려는 각종 조치가 이루어지고 있다. 그리하여 많은 집단 국영농장이 해체되고 사적(私的) 경영이 확대되고 있다. 전문가들은 러시아의 농업생산 잠재력이 지금까지 제대로 발휘하지 못한 것으로 보고 있으며, 적절한 투자가 충분히 이루어진다면 지금보다 생산량이나 생산의 질이 훨씬 크게 개선될 것으로 전망되고 있음
- 러시아의 농업지역은 비옥한 삼각지대(오데사·상트페테르부르크· 이르쿠츠크를 각각 연결하는 선 이내의 지역)로 이곳에서 곡물을 비롯하여 옥수수·감자 등의 주요작물이 많이 재배되고 있다. 해바라기와 사탕무는 주로 흑토지역과 서시베리아 남부의 삼림수목지대에서 재배된다. 채소는 대도시 주변에서 많이 재배되며, 콩은 극동의 아무르주(州)에서 많이 재배된다. 한편 사과·배 같은 내한성 과일은 유럽러시아의 북부지역에서, 포도와 같은 온대성 과일은 흑해 연안에서 주로 재배되고 있다. 목축과 돼지사육은 거의 전지역에서 이루어지고 있는 반면 양·염소 사육은 남부 산악지대에서 주로 행해지고 있다.

② 러시아 스마트팜 도입사례

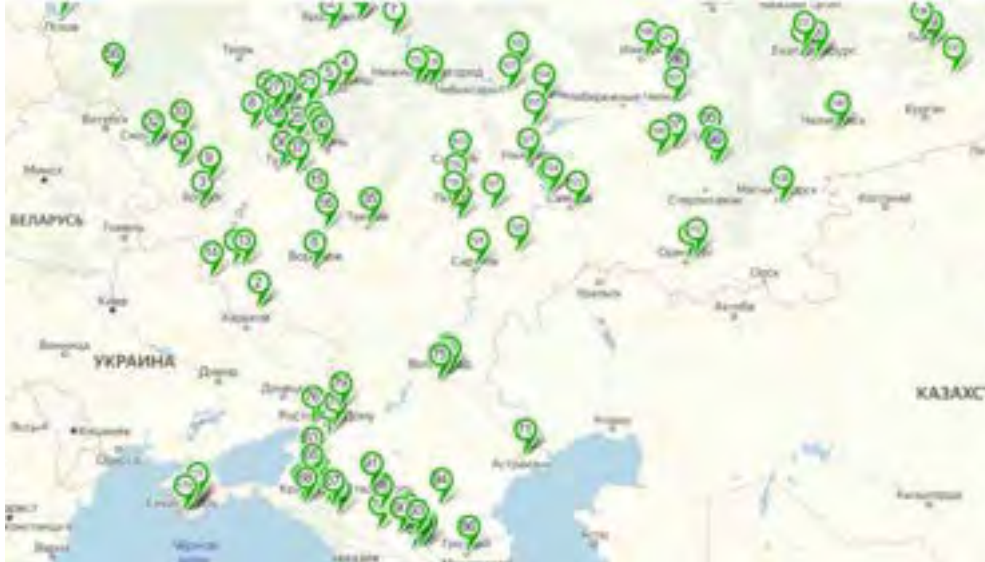
- 러시아의 시설농업은 급속도로 성장하고 있다. 구 소련시절에는 국가가 관리하는 주요한 생산시설의 하나로 발전소 주변에 대규모로 운영되었지만, 구 소련 붕괴와 함께 대부분의 온실시설은 붕괴되고 말았다. 소련시대 온실은 국가 주도 산업 중 하나였으며 1990년 초 러시아 내 온실은 3,900ha 규모 정도였다고 한다. 소련 붕괴 이후, 난방비에 대한 국가 지원 감소, 시장경제 및 수입품 증가로 인해 '06년 러시아 내 온실은 1,800ha까지 감소하게 되었음
- 러 정부는 '08년부터 온실산업 지원에 관심을 가지면서 이후 보조금 지급 등 정책 마련을 하였다. '15년부터는 온실 설비 구축 및 현대화 비용의 20%까지 직접 보조가 가능해지면서 온실 비즈니스에 대한 관심 증가하게 되었다. 러 온실협회 자료에 따르면 정부 지원 및 대외환경 변화 등에 힘입어 '14-16년간 신규 등록된 온실은 366개에 달하고 있음
- 온실은 아직까지 수요 대비 많은 부족한 공급상황이다. 그래서 정부 직접 지원을 비롯, 러시아 내 자국 식자재에 대한 인식 증가로 온실 비즈니스는 당분간 성장할 것이다. 온실업체 이익률은 25-30% 수준으로 최근 3년간 지속 증가세를 나타내고 있으며 이에 온실 사업으로 성공한 업체들의 재투자 혹은 중소기업체 인수 등의 사례도 늘어나고 있음
- 전문가들은 '18-'19년에도 온실 산업 내 신규 진출자는 늘어날 것이며 중앙, 모스크바 등 서남부 지역은 대형 온실 단지 위주의 투자가, 북서, 시베리아 및 극동 지역은 중소 규모 위주의 투자가 이루어질 것으로 예측하고 있음

③ 러시아 농산물 현황

- 현재 러시아는 농업기반의 현대화 정책을 추진하고 있다. 특히 1인당 GDP가 중진국 수준으로 오르면서 중산층의 확대 속에 과채류 섭취의 증가와 비계절채소(신선채소)의 수요는 크게 증가하고 있다. 또한 러시아 정부는 수입규제 품목을 정하여 자국 농업을 보호하며 농업 생산성 강화와 경쟁력 확보에 심혈을 기울이고 있음
- 또한 러시아는 2015년부터 서방 농산물 수입을 제재하였고, 이는 러시아 기업의 자생력 강화로 이어져 급속도로 농업이 발전. 2020년까지 러시아 정부는 농경지 면적을 24.8% 이상 확장할 계획이다. 2017년 러시아의 온실 총 면적은 전년대비 200헥타르 이상 증가한 2,600 헥타르였으며, 2020년까지 약 3,200 헥타르로 확대 전망이다. 여기서 말하는 온실에서는 중국인들이 운영하는 비가림형태의 목재온실 등 비합법적 온실은 제외되어 있다. 그러나 실제로 이러한 비가림 온실은 대도시 인근과 불가강 유역을 비롯하여 남서부 지역에 광범위하게 산재하며 면적도 수천 헥타르에 이름
- 러시아 온실 협회에 따르면 2017년 러시아 온실 총 면적은 전년 대비 10%인 2,600헥타르가 증가하였으며, 온실에서 93만톤의 작물이 수확된 것으로 파악하고 있음
- 한편 러시아 온실 농업으로 가장 많이 수확하는 작물은 오이로 전체의 66%를 차지하며, 토마토(31%), 그 외 작물(3%)을 재배한다. 5~10월 러시아의 오이 자급률은 90~95%지만, 그 외의 기간에는 50% 이상 수입에 의존하며, 토마토 또한 제철이 아닌 시기에는 75~80% 수입에 의존한다. 2013~2014년 러시아는 100만 톤의

오이와 토마토를 수입하였으나 2016년에는 58만톤으로 42% 감소한 것으로 나타났음

- 러시아에서 주요 온실농업 지역은 모스크바를 중심으로 한 서남부 일대와 볼가강 유역을 따라 이루어져 있다고 볼 수 있음



[그림 2-259] 온실들이 모스크바 남서쪽, 볼가강유역, 카프카즈지역에 집중

- 러시아 온실협회에 따르면 지난 '17년 러시아 내 온실은 전년 대비 10% 이상 상승한 2,600ha 규모로 늘어났으며 온실을 통한 생산량은 930,000톤에 이른다. 서방 경제제재 및 러 정부 농업 육성 정책 그리고 온실 비즈니스 자체에 대한 관심 등이 높아지며 긍정적으로 작용하고 있음

[표 2-172] 7년 생산량 기준 러 주요 온실업체

업체명	소재지	생산량(천 톤)
Agrokombinat Yuznyi	체르케시아 공화국	50
Lipetsk Agro	리페츠크주	45
Zelennyi Liniya (Magnit)	크라스노다르주	40
Oboshi Stabropolya (Eko-Kultura)	스타브로폴주	34
Mayskiy	타타르스탄 공화국	32
Agro-Invest (Avilon)	칼루가주	25
Agrokombinat Moskovskiy	모스크바주	18
Agrokombinat Teplyichinyi	크라스노다르주	18
Agrofirma Vyiborzets	레닌그라드주	17
Teplichnoe	몰도비아	15
Sovkhoz Alekseevskiy	바쉬코르토스탄	15

자료원 : Technologi Rost 등

- 러 농업부 자료에 따르면 오이, 토마토, 샐러드 등이 주요 온실 작물로 재배되는데 러시아 전체 온실 기준, 오이(66%), 토마토(31%), 기타(3%) 등이며 오이 및 토마토는 타 작물 대비, 온실 재배가 용이하며 러시아의 짧지 않은 동절기간 중 가격 대비 비타민 공급에 유리하기 때문이다. 온실 설비 통한 재배 증가로 '17년 오이 자급자족률은 동절기(11~2월)에도 50% 이상 증가하였으며 오이, 토마토 외에도 샐러드류(양배추, 고추 등) 및 가지, 피망 등으로 온실 재배 품목 확대 추세에 있음

- 농업 발전을 위한 중기적인 국가 정책은 2006년 농업개발법에 기초하며, 국내농업 생산을 촉진하여 농산물의 가격과 품질 경쟁력 향상을 우선하였다. 특히 수입이 증가하는 축산업에 농업보조금을 투입하는 등 축산업 발전을 위해 많은 투자를 하였다. 또한 2009년 국립 곡물회사인 'United Grain Company'를 설립하여 곡물 수출을 늘리고 곡물 관련 기반시설을 개선하는 데 힘썼다. 2000년대 초, 국가적 농업 발전 목표는 축산물 생산 증대, 소규모 농장(농가 및 개인농장) 진흥, 농업농촌 전문가를 위한 주택 공급 등이었다. 정책은 농산물 생산량 증가, 적자 농기업 수의 감소, 수익성 개선 측면에서 성공을 거둔 것으로 평가되었다. 러시아 총 곡물 생산량은 2000년 6,550만 톤에서 2008년 1억 820만 톤으로 큰 폭으로 증가하여 세계 세 번째 규모의 곡물 수출국이 되었음
- 2008-09년 세계적인 금융 및 경제위기 이후 러시아의 농업정책에 새로운 변화가 시작되었다. 2008년 이후 식품 가격이 급등함에 따라 정부는 소비자 가격 상승 억제를 위해 수출 규제 정책을 도입하였다. 이후 2008-12년 농업발전 프로그램이 2013-20년 새로운 정부 프로그램으로 교체되었다. 이는 농산물 국내 총 소비량의 대부분을 국내 생산으로 충족하고, 축산 및 유제품 생산에 중점을 두는 것이었음
- 무역정책 측면에서는 2010년 1월 1일 러시아와 벨로루시, 카자흐스탄의 관세동맹 출범이 WTO 가입 외의 중요한 변화였다. 2014년 12월, 러시아는 EU의 對러시아 경제제재조치에 따른 해외 신용과 투자 중단으로 경제위기를 맞고 2015년 초 높은 인플레이션과 경기침체에 직면하였다. 경제위기는 농산물 수출 시장에서 러시아 농산물의 가격 경쟁력을 높이는 긍정적 영향도 있었으나 균형 발전에는 부정적인 영향을 미침
- 전문가들은 러시아가 세계무역기구(WTO)에 가입함에 따라 무역 정책 변화, 농업지원 프로그램 축소 등으로 농업에 부정적인 결과를 가져올 것이라고 판단하였다. 2012년, 러시아는 WTO 가입으로 2020년까지 관세를 전면 인하하게 되어 최종 평균관세율은 8.4%가 될 전망이다. 2015년 1월 1일부터 러시아는 유라시아경제연합(EAEU) 러시아는 아르메니아, 벨로루시, 카자흐스탄, 키르기스공화국 등과 무역협정을 체결함. EAEU 회원국 간 무역에 관세와 기타 국경 조치가 없음.
- 국가별 농업자료를 공동 관세를 적용하고 러시아산 농산물에 대한 관세는 2,634개 품목에 해당되며, 2016년 기준 농산물에 대한 평균관세는 14.6%로 전체 평균 관세인 8.3%보다 높음

④ 러시아 스마트팜 개발 모델 조사

㉠ 러시아의 해외 스마트팜 기업 진출 모델 조사

□ 진출 기업의 비즈니스 모델

○ Ag Leader (미국)

- 러시아에는 지사가 없으나, 독점 유통사를 통해 스마트농업 응용기술 개발 디자인으로 활동중.
- 러시아 전체에 13개 딜러망을 구축하고 있으며, 웹사이트도 운영중
- 딜러망 지역 : Baranul, Volgograd, Rostov-on-Don, Krasnodar

○ AGCO (미국)

- 모스크바에 CIS 지역 본부를 두고 있음
- Fuse Technologies라는 브랜드명으로 스마트팜 응용기술 개발중
- 러시아 50세 지역을 커버하는 16개 딜러 및 유통망, 온라인 활동중

- Mueller-Elektronik (독일)
 - 러시아에는 지사나 대표사무소가 없으나, 전통적으로 동력전달장치와 자동조타기술로 러시아에 인지도 있는 기업
 - 러시아어, 독일어, 영어 등 다국어 온라인 비즈니스 활동전개중
 - 볼고그라드의 Poletechnika와 크라스노다르의 아그로소프트 통합 시스템이 동사의 대표적인 달러 기업임.
 - 아그로소프트사는 스마트농법 정보공유를 위해 엔지니어링 서비스 제공중이며 랜드 데이터 유로소프트사의 독점 유통사임.

- DunavNET (세르비아)
 - 스마트농업 IoT 솔루션 개발사로 러시아에서는 지사나 대표사무소가 없으나 러시아 Alan IT사와 2017년부터 파트너십 구축
 - 동사 솔루션은 생산과정을 디지털화하여 생산성 제고 및 상품화 과정까지 관리
 - Alan사는 NunavNET사의 러시아 독점 파트너사 이자, CISCO, ABBYY, Symantec, HP 등의 외국계 벤더사들과 파트너십을 구축.

- 극동지역, 일본기업이 선도 러시아 기업들이 후발주자로 온실 개발중
 - 극동지역의 스마트 온실 사업은 일본기업들이 선도중
 - 일본기업들은 극동지역의 다른 영농기업들과는 달리 선도개발구역을 중심으로 온실 사업 추진
 - 이후 러시아 영농회사 소브코즈 알렉세브 스키유이가 사할린에 온실을 추진하고 있으며, 연해주 주지사의 아들인 니키타 코자메코의 로토스사가 연해주에서 온실을 추진중임.

- 일본 기업, 러시아 기업 모두 중요장비는 네덜란드에서 수입
 - 일본기업 참여 스마트온실은 일본 기업이 기술지원을 담당하고 있는데, 기술의 출처는 네덜란드로 중요장비는 네덜란드에서 수입
 - JGC Evergreen의 경우, 모종실만 일본산 활용, 나머지 중요 장비는 네덜란드산을 수입.
 - 러시아 기업은 금속 구조물, 유리 등은 시베리아 등 러시아 내부에서 조달하고 환기, 관개, 센서, 램프 등은 네덜란드 등 유럽에서 조달하고 있음.

[표 2-173] 스마트 온실 추진 기업

업체명	소재지	생산량 (천톤, 17년)
Agrokombinat	체르케시아 공화국	50
Lipetsk Agro	리페츠크주	45
Zelennyi Liniya	크라스노다르주	40
Oboshi Stabropolya	스타브로폴주	34
Mayskiy	타타르스탄공화국	32
Agro-Invest	칼루가주	25
Agrokombinat Moskovskiy	모스크바주	18
Agrokombinat Teplychinyi	크라스노다르주	18
Agrofirma Vyiborzets	레닌그라드주	17

- 스마트팜을 추진하고 있는 기업은 대부분 중앙과 서부지역에 집중되어 있으며, 크라스노다르주가 가장 활성화되어 있음
- 러시아 전역에 식료품 유통체인을 운영 중인 ‘마그닛(Magnit)’사의 자회사인 Zelennyi Liniya도 크라스노다르 쿠반 지역에서 83ha 온실을 운영중임.
- 주요 비즈니스 모델
 - 일본기업, 러시아 기업과 합작으로 극동지역 진출
 - 일본기업들은 스마트온실 진출시 모두 러시아 기업과 합작으로 진출하였으며, 선도개발구역 입주를 통해 러시아 정부 지원을 활용하였음.
 - JGC Evergreen의 경우, 일본의 엔지니어링회사인 JGC가 기술을 제공하고 홋카이도 은행의 투자회사인 Dogin Dosanko No3가 금융투자, 러시아의 Energoimplus+사가 전기공급을 담당.
 - Sayuri의 경우 홋카이도 코페레이션이 필요한 기술 지원을 하고 , 사하공화국내 은행인 Almazergien 은행이 일부 자금을 투자하였음.
- ㉔ 러시아의 국내 스마트팜 기업 진출 모델 조사
 - 스마트팜 국내기업 진출사례
 - 셀트리온
 - 소재지 : 아조브, 로스토프나도누
 - 자본금 : 430만 달러
 - 전문사업 : 채소 재배 (양파 및 스마트팜 운영)

- ⑤ 한국형 스마트팜 러시아 모델 설계
- ⑦ 러시아 스마트팜 구상
- 온실: 1-W 연동형의 현지 적용모델 제시


모델	1-W 연동형 응용
내용	<p style="text-align: center;">-vinto type house front, back plan. (10m×90m-51m) 2ea</p>

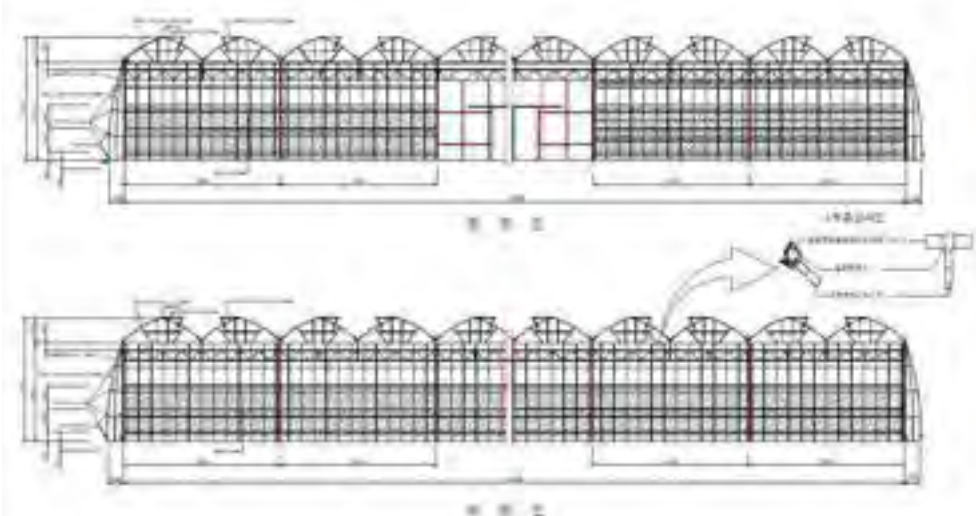
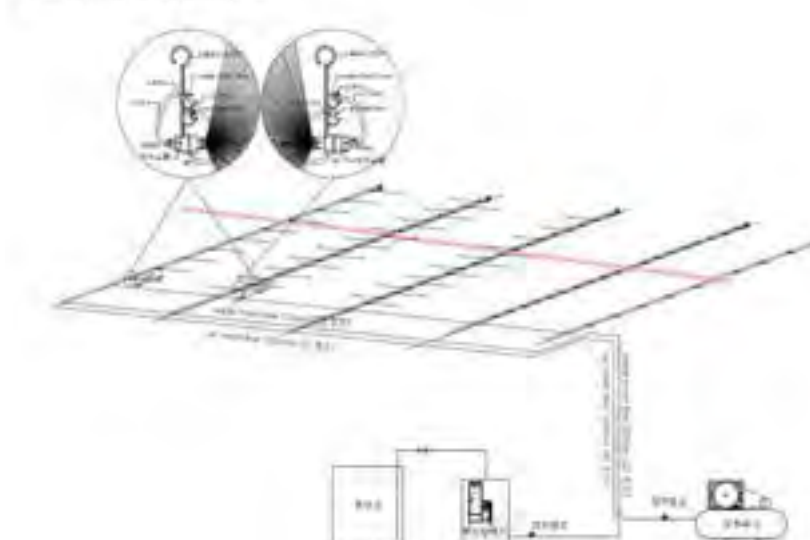
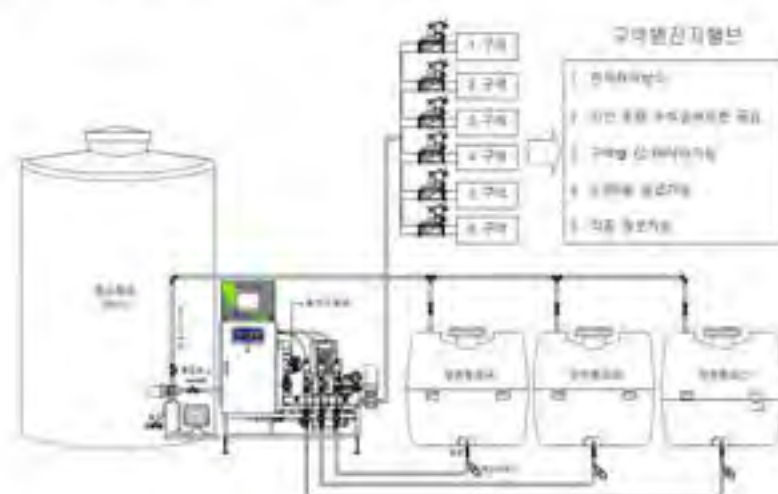
□ 1-W 10ha 주요 사양 및 총액

Contract amount		棟	길이	층 수
2EA		10	90	51

Процесс	Кол-во	KRW	USD	Примечание
1. House materials	1			
2. Materials nutrient	1			
3.recycle system	1			
4.Boiler	1			
5. Manless pest control construction	1			
6.Air cooler 냉각장치	1			
7.CO2	1			
8.RO system 100ton/day	1			
9.Metal tank 300t	1			
10.Electric Lift car	1			
11. Low temperature storeroom	1			
12. ETC equipment 기타 장비	1			
13.ETC materials 기타자재	1			
14.Shiping 컨테이너	1			
15.Labor 인건비	1			
16.Grow technician 재배사	1			
Итого			8,694,073.51	

□ 주요 설계

번호	내용
1	<p><벤로형 랙(천창), 축창권취 각관 연동비날하우스> (10mx90m-51 연동)2ea 설 계 내 역 서</p>
2	

번호	내용
3	 <p>The diagram shows two views of a greenhouse structure. The top view is a side elevation showing the arched roof and the internal frame. The bottom view is a front elevation showing the entrance and the overall length. Labels in Korean identify various parts like the roof structure, frame, and ventilation system.</p>
4	<p>포그분무시설 설치 상세도</p>  <p>This diagram illustrates the installation of a fog misting system. It shows a perspective view of the greenhouse roof with a grid of nozzles. Below the roof, a schematic shows the water supply system, including a water tank, a pump, and a control unit connected to the nozzles.</p>
5	<p>MISO-7000 광역제어시스템</p>  <p>The diagram shows the MISO-7000 wide-area control system. It features a central control unit with a digital display, connected to a large water tank on the left and three fertilizer tanks on the right. A vertical stack of components is labeled '광역별진지형분' (Wide-area precision fertilizer application). A list of features is provided:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. 원격제어기능 (Remote control function) 2. 실시간 농량 추적관리지원 (Real-time fertilizer tracking support) 3. 구역별 순차제어기능 (Sequential control function by zone) 4. 농량별 정량기능 (Quantitative function by fertilizer amount) 5. 작물 종류기능 (Crop type function)

□ IT 기반 스마트팜 시스템 구성 요소

○ 스마트팜 환경 제어기

- 센서노드로부터 환경정보 수집 기능
- 제어노드로 제어신호를 송신하고 제어상태를 확인하는 기능
- 온실 운영 PC 와 환경정보 및 제어신호의 송수신 기능
- 온실 운영 PC 와 네트워크 단절 등 긴급상황을 대비하여 알고리즘을 통한 부분적인 제어 및 데이터 저장 기능
- 유지보수를 위한 정보를 저장 및 유지 관리 기능

○ 센서노드

- 온실 제어기와 통신할 수 있는 유무선 통신 모듈을 포함
- 무선 통신 방식은 Zigbe 방식을 기본 구성
- 센서에서 측정된 정보를 온실 제어기로 전송 기능.
- 상시전원, 배터리전원 공급이 가능
- 센서는 플러그 형식으로 교체나 추가가 간편해야 한다.

○ 제어노드

- 온실 제어기와 통신할 수 있는 유무선 통신 모듈을 포함
- 무선 통신 방식은 Zigbe 방식을 기본 구성
- 온실 제어기의 신호를 받아 제어장치를 구동
- 제어노드의 제어상태를 온실통합제어기로 전송

○ 외부기상 센서노드

- 온실 제어기와 통신할 수 있는 유무선 통신 모듈을 포함
- 무선 통신 방식은 Zigbee 방식을 기본 구성
- 센서에서 측정된 정보를 온실 제어기로 전송 기능.
- 상시전원, 배터리전원 공급이 가능
- 센서는 플러그 형식으로 교체나 추가가 간편해야 한다.

㉠ 러시아 스마트팜 기술 적용

□ IT 기반 스마트팜 시설 재배환경 구성

- 온실내 온도관리를 위해서는 외부 기온, 풍향과 풍속 등을 확인하고 측창과 천창의 개폐, 난방기를 사용한 난방, 보온커튼의 개폐 여부, 냉방기의 사용여부, 스프링쿨러의 작동 여부 등 온실의 환경을 관리하기 위하여 구성된 장치들에 대한 제어를 판단하고 제어를 실행하여야 함

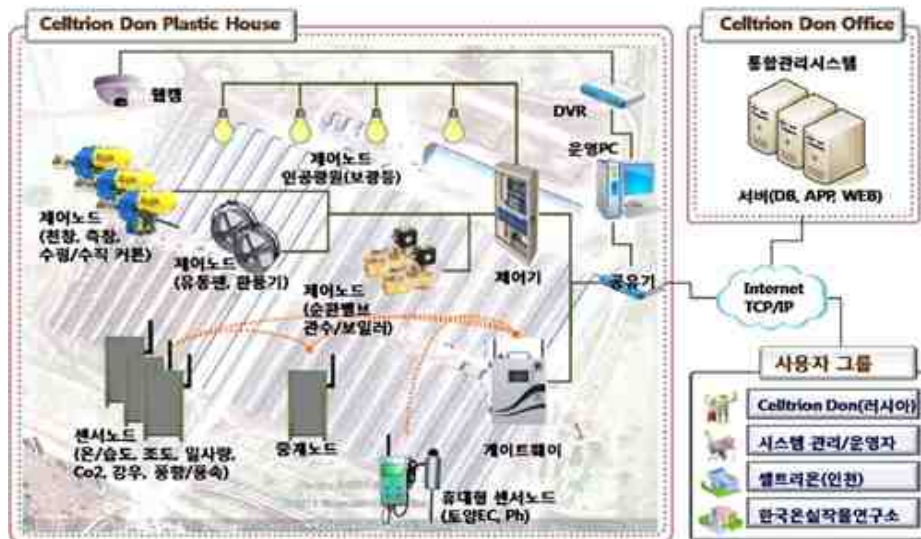
[표 2-174] IT 기반 스마트팜 시설 재배환경 구성

제어 항목	제어 대상	대 상 장 치
온도	온실내 온도관리	난방기(보일러, 히트펌프 등), 온수기, 천창커튼, 측창, 천창, 냉방기, 스프링클러
차광	외부광도 차단	천창커튼,
광원	온실내 광도	LED 등, 나트륨등, 형광등, 차광커튼
관수/관비	관수	관수파이프, 점적관수, 살수관수, 양액공급기
CO ₂	CO ₂ 조절	CO ₂ 조절장치, 측창
환기	실내 공기	측창, 천창, 환기팬, 유동팬
제습	습도 조절	제습기, 난방 및 환기장치

- 환경관리시스템은 온실에서 작물 생장 모니터링 및 관리를 위해 센서노드 를 통하여 다양한 정보를 수집하고, 이를 활용해 적정 생장환경을 조성하는 설비기기를 제어노드를 통해 제어가 가능한 시스템으로 생장환경 관리, 생장환경 제어와 같은 응용 서비스 기능 등을 제공함.

□ 스마트팜 환경관리

- 통합관리시스템과 온실 운영 PC 간 그리고, 온실운영 PC 와 제어기간의 통신은 인터넷과 같은 IP 기반의 통신을 사용함.
- 온실 제어기와 센서노드/제어노드간의 통신은 ZigBee, WLAN 등의 무선기반의 통신을 기반으로 하나, 경우에 따라서 RS485, CAN 등의 유선과 같은 기반의 통신을 환경에 맞게 선 택적으로 사용함.
- 센서노드는 센서와 통신모듈이 하나로 결합된 구조로 측정된 센싱값을 온실 제어기에 전달 하는 역할을 함.
- 제어노드는 구동기(난방기, 측창모터 등)와 통신모듈이 결합된 구조로 온실 제어기로부터 전달받은 메시지에 따라 구동기가 구동되며 온실환경을 제어하는 역할을 함.
- 온실 제어기는 센서노드로부터 정보를 수집하고 온실 운영 PC 로 전달하는 역할과 온실 운영 PC 으로부터 받은 명령을 제어노드로 전달하는 역할을 함.
- 온실 운영 PC 는 온실 내·외부 센서로부터 환경 및 작물 생장정보를 모니터링 할 수 있으며, 온실 환경제어 알고리즘을 통한 운영과 이를 통한 제어가 가능함.
- 수집된 데이터를 DB 에 기록보관하며 저장된 데이터를 바탕으로 작업(영농)일지를 작성할 수 있다. 또한, 온실 운영에 필요한 서비스 및 제어 소프트웨어를 통합관리 시스템으로부터 다운받아 사용할 수 있음
- 센서노드 및 제어노드의 동작주기 및 장애를 관리함.
- 통합관리시스템은 온실 운영 PC 와 데이터서버를 연동하여 작물 생육정보를 피드백 시켜 줌



[그림 2-260] 러시아 스마트팜 환경관리시스템 구성(안)

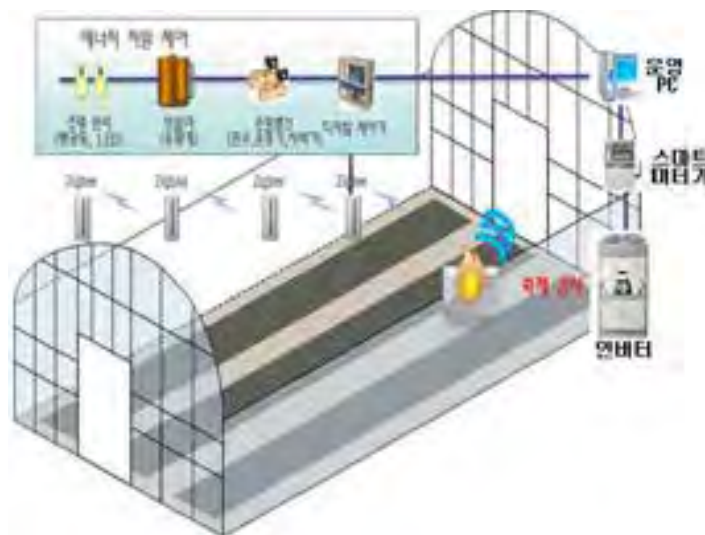
- IT 기술기반 스마트팜 환경 모니터링
 - 온실환경 모니터링 서비스는 온실 내·외부의 상태를 파악하기 위해 센서노드로 부터 수집된 정보를 분석하고 운용자에게 보여주는 서비스임.
- 모니터링 대상
 - 온실 외부 기상환경은 일사량, 온/도, 풍향, 풍속, 강우, 강우량, 적설량 등의 정보를 대상으로 함.
 - 온실 내부 대기환경은 광량, 온도/습도, CO2농도를 대상으로 함.
 - 온실 내부 근권부 환경은 토양 또는 근권부 온도, 수분함량, pH, EC 를 대상으로 함.
- 정보수집 방식
 - 정해진 주기에 따라 센서노드의 센싱정보를 수집하는 기능이 있어야 함.
 - 특정 조건에 의한 비주기적인 센서노드의 센싱정보의 보고 기능이 있어야 함.
- 모니터링 운영방법
 - 각 항목별 실시간 환경정보 표시 기능
 - 사용자 지정 기간에 대한 각 항목별 그래프 표시 기능
 - 각 항목별 지정기간 평균값 및 표준편차 표시 기능
 - 온실 별 환경정보 표시 기능
 - 센서 오작동, 제어불가 등의 생장위험 상황에 대한 경고 기능
- 스마트팜 환경 자동제어
 - 온실환경 자동제어 서비스는 센서노드를 통해 수집된 정보를 분석하여 환경제어가 필요한 경우 제어노드(온실환경 자동제어 시설)를 통하여 기능을 수행하는 서비스임.

- 자동제어 방식
 - 자동제어 알고리즘을 통한 자동제어 기능
 - 사용자를 통한 임의의 수동제어 기능

- 자동제어 운영방법
 - 자동제어를 위한 설정 값 입력과 수동제어로의 전환 기능
 - 생장예측알고리즘을 통한 자동제어 기능
 - 제어 요소별 현재 제어상태 표시 기능
 - 양액 및 이산화탄소의 잔존량 및 순도 표시 기능
 - 자동으로 수집된 정보의 가공 및 입력 기능
 - 제어 기록의 자동 저장 기능

- ㊤ 흑한지역에 맞는 스마트팜 공법
 - 스마트 온실 에너지 관리 기술 구성
 - 스마트팜 에너지 관리 및 신재생 에너지 활용 및 복수화 필요
 - 10ha 단위로 하여 에너지 관리에 대한 블록화 및 복수화 필요
 - 효율적 에너지 관리를 위한 신재생 에너지 도입 필요
 - 중방 높이가 약 2m 높이 인 경우이며, 겨울철 토마토 또는 파프리카 재배시 HPS(High Pressure Sodium) 램프 보광이 필요함
 - 예를 들어, 13m×95m(1235m²)의 온실에 보광을 할경우 123KWh 의 전력이 필요함. 약 300개의 HPS 램프가 필요함

 - 스마트 온실 에너지 관리 기술 개요
 - 스마트 온실 에너지 관리 기술은 온실의 사용중인 에너지원(전기, 가스 유류, CO2등)에 대해 스마트 미터기를 부착하여, 실시간 에너지 사용 현황을 측정 분석하고 제어를 통한 효율적인 에너지 관리 기술임



[그림 2-261] 스마트 미터링 기술 구성(예)

□ 스마트 온실 에너지 관리 시스템 구성

○ 인프라 구성

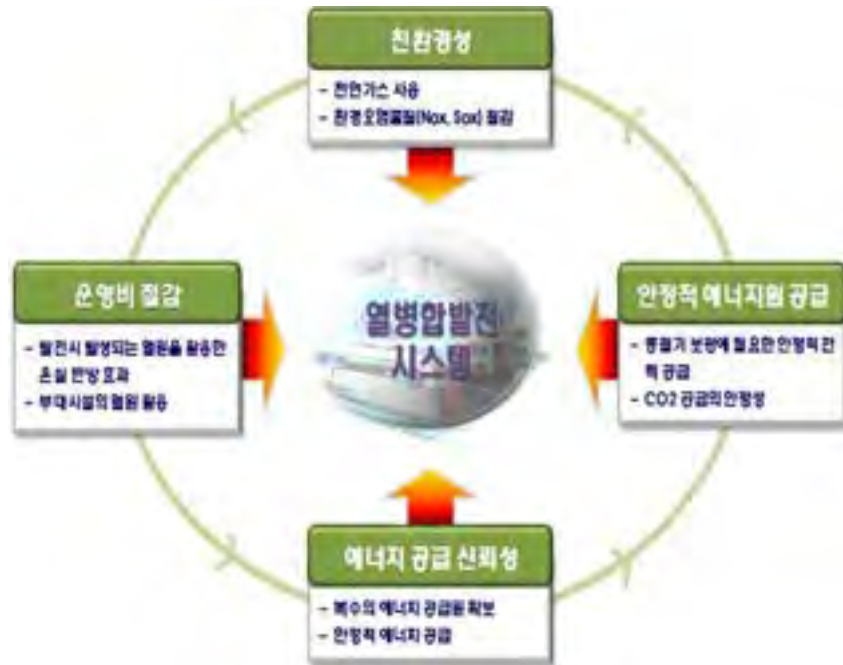
- 하우스 에너지 U/T 설비 제어시스템 (전력,보일러,공조기,냉동기등)
- 스마트미터기 부착 : 디지털 및 신기술 적용(USN)
- 고효율 인버터 도입(전력, 보일러)
- 모니터링 SYSTEM 구축(알람, 레포트)

○ 시스템 구축

- 하우스 에너지 자원별 모니터링 시스템
- 원단위 DATA 제공을 통해 실시간 에너지 사용량 대비 원가 확인
- SMS 서비스를 통해 실시간 정보 확인
- 에너지 PEAK 관리시스템적용, 자체 절감 시스템
- 화재 및 설비 고장 관리

□ 자원 재생 에너지 활용

- 러시아 지역에 많은 분포량을 보이는 천연가스 또는 밀대 등의 천연 에너지를 활용한 열병합 발전을 통하여 흑한기인 동절기의 난방과 전기 공급의 자원으로 활용할 필요가 있음.



[그림 2-262] 천연 에너지를 활용한 열병합 발전의 필요성

□ 펠릿보일러 활용

- 수확 후 폐기물인 밀대를 활용한 펠릿화와 펠릿 열병합 발전을 통한 흑한기 난방과 전기 에너지화
- 흑한기 과채류 재배에 필수 요소인 CO2공급원으로 활용
- 밀대 펠릿을 활용한 발전으로 약광기(동절기) 보광에 의한 작물의 광합성 촉진



[그림 2-263] 펠릿 보일러와 우드 펠릿(예)

- 천연가스 열병합 발전 시스템 활용
 - 천연가스를 활용한 열병합 발전을 통한 난방과 전기 에너지 공급
 - 축한기 과채류 재배에 필수 요소인 CO2 공급원
 - 천연가스를 활용한 발전으로 약광기(동절기) 보광에 의한 작물의 광합성 촉진



[그림 2-264] 천연가스를 활용한 열병합 발전

- 기대효과
 - 정성적 기대효과
 - 최첨단 u-IT 기술 도입으로 과학 영농 실현
 - 신뢰성 있는 데이터 기반 성장환경 관리 기준 정립
 - 전문가를 통한 컨설팅 시 기준 자료로 활용
 - 성장환경 정보를 활용하여 생산성 향상 및 품질 증대에 기여
 - 스마트 에너지 관리 기술을 통한 에너지 이용 효율성 향상(고정전력을 가변전력으로 관리 가능)
 - 에너지 관리 고도화(생산대비 에너지 원가 파악)
 - 정성적 기대효과
 - 인공광원 및 u-IT 기술 도입으로 재배기간 단축, 생산성 및 품질 향상
 - 수확량 기존대비 증가, 재배기간 단축으로 출하횟수 증가
 - 성장환경 모니터링 및 원격/자동 제어로 노동시간 20% 감소

- 스마트 에너지 관리에 의한 에너지 사용량 20% 절감 기대
- 산업용에 스마트 에너지 관리 기술 적용시 절감 효과로 예상
- 인버터를 통한 에너지 절감(15%)
- 스마트 미터링 및 에너지 관리 시스템 구축을 통한 에너지 절감(5%)
- Peak 관리를 통한 기본요금 절감(5%)

⑥ 한국형 스마트팜 러시아 사업화 모델

㉠ 생산 및 유통시스템 모델

□ 러시아 시설농업 전망

- 지난 2019년 러시아내 온실은 전년대비 10% 이상 상승한 3,000ha 규모임. 온실을 통한 생산량은 93만톤에 이룸.
- 오이, 토마토, 샐러드 등이 주요 온실작물로 재배되는 러시아 전체 온실 기준, 오이(66%), 토마토(31%), 기타(3%) 수준임.
- 스마트팜 설비를 통한 재배증가로 2019년 오이 자급자족율은 동절기에도 50% 이상 증가함. 오이, 토마토외에도 가지, 피망 등으로 온실 재배 품목 확대 추세임.
- 온실산업 활성화에는 ‘기후’, ‘물류’ 및 ‘난방비용’이 주요 요소로 작용함. 러시아내 주요 온실단지에는 대부분 중앙, 남부 및 불가연방관구에 형성됨.
- 가공되지 않은 생오이의 경우, 물류 및 중간비용 고려서 700km 이내 유통이 원칙임. 온실작물은 가공품과 달리 유통거리 및 보관기한 등 제약이 존재함.
- 수확비 부족한 공급과 정부 지원을 비롯하여 러시아내 자급 식자재에 대한 인식변화로 온실 비즈니스는 당분간 성장할 것으로 예상됨
- 온실업체 이익률은 25-30% 수준으로 최근 3년간 지속 증가세를 보임. 이에 온실사업으로 성공한 업체들의 재투자 혹은 중소기업 인수등의 사례도 늘어나고 있음.
- 극동 러시아 온실산업 발전은 타지역 대비 미약한 수준임. 연간 수확량은 1만8,000~1만9000톤 내외로 러시아 전체 생산량 대비 낮은 수준임.
- 채소 및 과일 등 자체 생산량이 낮아 극동 과채류시장 80%은 물량과 가격을 앞세운 중국산이 차지하고 있는 상황임.

□ 농산물 생산 시스템 투자 방향

- 농업부문은 수출과 투자진출 확대를 동시에 겨냥하면 효과적일 것이며, 농업에 종사하는 고려인이 러시아내에만 3만여명에 달하며 대규모 기업농으로 성공한 고려인이 다수 존재해 한국기업의 진출시 협력 가능성이 많음.
- 대 러시아 농업분야 투자진출을 해외농업기지개발이라는 단편적 접근보다는 수출과 투자진출 확대를 동시에 겨냥하는 종합적인 접근 필요. 농산물 생산, 수출 뿐 아니라 유통, 저장, 가공 시설 등 농업분야 전반 검토.
- 러시아에서도 농업은 취약분야이면서 민감한 산업으로 단기간에 투자액을 회수하려는 목적보다는 농업에서 획득된 이익은 현지에 재투자하여 확장해 가는 중장기 전략이 필요함. 현지 영농기업과의 협력, 영농기술 교류증진 등을 통한 협력기반 마련 요망.

㉠ 설비지원 사업화 방안

□ 현지 진출 외국업체 현황

- 유럽(네덜란드) 형 온실은 오랜 기간 신뢰와 네트워크 구축으로 인해 고가임에도 꾸준한 성장세를 유지하고 있음
- 터키는 수출시 국가의 선지원정책(대출 등)에 힘입어 또한 러시아와의 오랜 협력관계와 지리적으로 유리한 접근성을 통해 상대적으로 네덜란드보다 저가시장을 공략하고 있었으며, 이란 등도 이에 가세하고 있는 형국임.
- 중국형 온실의 경우 현대화된 자동제어 온실보다는 저가품의 시설자재로 중소농민들을 대상으로 시설자재가 시장에서 거래되고 있었음.
- 시설자재 시장은 대부분 저가형인 중국제가 대부분이고 터키, 이란 등 극소수가 있을뿐 한국제는 전무한 상황임.
- 네덜란드와 이탈리아 형의 온실은 플랜트 수출형태로 이뤄지고 있고, 중국제는 시장에서 시설자재로 판매되고 있는 상황.
- 즉, 소수의 상층 및 기업을 상대로 하는 한국형 플랜트 수출과 다수의 중소농민을 상대로 하는 온실시설자재시장 진출이 가능할 것임.

□ 러시아에서의 한국형 온실에 대한 관심 고조

- 러시아내에는 고가이지만 첨단기술을 자랑하는 네덜란드식 온실과 저가형인 중국의 재래식 온실 및 터키형 온실 정도를 알고 있었는데, 네덜란드형 온실은 너무 비싸고 중국형은 인식이 좋지 않아 중간허태 즉 가격은 저렴하면서 기술은 어느정도 확보된 온실시스템을 찾고 있음.
- 농기자재 해외진출은 초보적 단계로 러시아 주변 CIS 지역에 ODA 형태로 한국 농기자재보다 식량안보적, 지리적 접근성 등으로 연해주를 비롯한 렷아 극동지역에만 한정되어 있는 상황임. 특히 러시아 남부지역이 온실시설재배에 대한 지대한 관심을 보이고 있으며 한국형 시설농기자재 수출에 좋은 환경을 가지고 있다고 판단됨.
- 한국은 오랜 기간 국가주도로 시설농자재 관리고 규격화 및 품질안정화를 이룬 상태이기에 현지에 적합하게 하는 연구와 지원을 통하면 안정적인 수출은 물론 집약농업 인력지원프로그램 등을 통해 우리 기술과 전문인력 수출또한 가능하다고 판단됨.
- 러시아의 시장규모는 인구 1억4천5백만명. 실질 구매력은 2만 달러이상의 중산층이 형성되어 있고 겨울이 긴 기후조건 등으로 시설농업에 관심이 클 수 밖에 없으며 발전 가능성 또한 매우 큼. 한국대비 시설농업 면적을 비교하면 한국 (5천만명, 5만8천ha)인데 반해 러시아의 경우 인구 1억4천만, 시설농업면적은 8천ha 추정되기에 앞으로 90% 이상의 추가 시설재배 면적이 필요하다고 판단됨. 이를 시장가치로 판단하면 높게는 300조원, 낮게 50조원 이상의 시장가치가 있다고 판단됨. 유럽형과 저가의 중국제 농기자재가 러시아 남부지역 시장을 놓고 각축전을 벌일 것으로 판단됨.
- 러시아 현지인들은 단순 플랜트 수출만을 원하는 것이 아니라 최소한 1-2년은 작물재배 영농기술 지원을 원하고 있음. 이는 우리에게 단순인력 수출이 아닌 한국형 비닐하우스 온실관리 운영기술자를 양성하게 되는 활력소가 됨은 물론 우리 기술이 다양한 영농지역에서 경험을 축적함으로써 국제적 경쟁력과 국가 이미지를 선양하는 계기가 될 수가 있다고 판단됨.

㉔ 사업 타당성 확보방안

□ 현지 시장 특징

- 러시아 농업부문은 선진국에 비해 뒤쳐져있으며, 농업 노동 생산성은 미국과 서유럽보다 1/3정도 수준에 불과
- 러시아는 농지가 8천만ha에 달하지만 어그테크 5-10% 정도만 사용되고 있음
- 현재 러시아 농업은 수입률을 낮추는 것이 목적이기 때문에, 러시아 기업과 협력하는 것이 더 유리하며 많은 인센티브를 받을 수 있음.
- 러시아 기업과 스타트업은 유통업체가 되는 것 보다 주로 제품을 제조하고 서비스를 제공하는 것을 선호

□ 러시아 시장진출 기회

- 기술협력을 통한 ‘스마트팜 솔루션’ 공동개발
- 러시아는 세계에서 가장 넓은 영토를 보유하고 있어 토지 샘플링조차도 시간과 인력이 대량 투입되기 때문에 가장 우선적으로 필요한 스마트팜 시스템은 네비게이션 시스템, 동력전달 자동화 등임
- 기술협력을 통한 ‘온실 솔루션’ 공급 및 공동개발
 - 러시아는 90년대 초 3,900 ha 부지에 동계 온실을 운영하였으나 2006년 기준 1,800ha로 감소함.
 - 이는 농업설비 낙후와 정부 예산지원 및 민간 투자 부족 때문이었음
 - 2008년부터 러시아 정부는 온실 프로젝트를 재건하였고, 2015년부터 온실에 첨단 기술 도입을 본격화 (2021년까지 3,200ha 온실 구축 목표)
 - 온실 현대화에 우선적으로 투입되고 있는 자동 관개 시스템, 환경제어 시스템 등의 수요가 크게 확대될 전망
- 하드웨어 수출 가능성
 - 소프트웨어 개발의 경우 현지 기후 특징을 잘 알고 있는 러시아 업체가 유리하기 Eoansd 수입 수요는 거의 없음
 - 하지만 한국산 기계는 가성비를 내세워 유럽산 제품을 대신할 가능성이 있음
- 영농분야, 극동의 미래성장 동력산업으로 집중 육성중
 - 중국,일본,한국 등 주변국과의 협력으로 개발 가속화되고 있으며, 특히 곡물 수요가 확장일로에 있는 중국과 보완적 관계에 있어 협력이 유망
 - 2015년 약 20억 달러의 자금으로 농지개발,농업 프로젝트 수행,농업 기업 인수 등 다양한 사업을 목적으로 하는 러중 농업 펀드 구성 합의
 - 일본 기업과는 친환경 핫카이드식 농업기술을 활용하여 협력중

□ 러시아에서의 스마트팜 사업의 재산성

- 러시아 정부는 현재 스마트팜사업에 전례없이 지원해 주고 있음. 초기에는 적지 않은 투자가 필요하긴 하지만 빠른 수익도 예상됨.
- 2015년 농업부는 스마트팜 사업 자본비용 보전에 10억 루블 (약 172억원)을 배정했으며, 2016년에는 30억 루블(약 510억원)을 배정했음. 러시아 청과물 연합의 야코프 류보베츠키는 “정부가 스마트팜 건설에 드는 투자의 약 20%을 보장해주고 있다”고 함.
- 농업은행은 2019년말 채소 연중생산을 위해 스마트팜 온실 건설 프로젝트 자금지원을 신청한 건수가

늘어나고 있음

㉔ 러시아 지역에 맞는 비즈니스 모델

□ 국내기업 진출 전략

- 시장에 나오지 않은 새로운 기술을 주요 농업 분야 기업에 공급하는 것이 가장 용이한 방법이며, 시장 내의 기존 회사와 합작 투자를 고려해볼 수도 있음.
- 러시아 공급업체는 마케팅과 인증 비용을 공유할 준비가 되어있는 기업을 선호

□ 기술력 홍보 웹사이트 구축

- 러시아 진출 스마트팜 외국계 기업들의 대부분은 현지 언어로 구체적인 기술력이 소개된 웹사이트를 구축하고 있음
- 외국계 기업들이 직접 구축하지 않더라도 현지 파트너사 또는 유통사들이 소비자 인지도를 높이려고 자체적으로 웹사이트를 구축하고 있음.

□ 현지 협력 파트너 업체

- 3~4개 이상의 현지 온실운영 업체와 온실 플랜트 수출 상담 및 한국과의 교류협력을 진행 중임. 이들 업체는 러시아 정부로부터 신뢰를 받는 튼실한 온실 운영 사업체들임.
- 남부러시아 및 체첸 지역은 기후 및 지형, 중앙정부의 지원과 지방정부의 정책 등에서 타 지역에 비해 경쟁력 우위를 가짐.
- 한국형 비닐온실 설치비용은 네덜란드형 유리온실 설치비용 대비 40~50% 정도로서 두배 가량의 설치 차이가 발생하며, 수확량은 70% 이상이 되어 실질적으로 30% 이상의 수익률 차이가 나는 것으로 분석됨.

□ 현지 유통망 구축

- 러시아 스마트농업 분야에 선도하고 있는 외국계 기업 모두 현지 독점 유통망 또는 딜러망을 구축하고 있는 상태
- 러시아 스마트농업 관련 제품유통과 기술력 홍보는 현지어가 필수이므로, 현지 유통 구조를 완벽히 이해하고 있는 기업이 절대적으로 유리

□ 스마트팜 설계 기업에 기계 공급

- 스마트팜 설계 러시아 업체와 협력해서 관련 기기를 공급하는 전략이 유망
- 유럽 제품과 경쟁하기가 쉽지 않지만, 경쟁력 있는 가격을 제시할 경우 가능성 존재
- 러시아 스마트팜 설계 업체를 중심으로 홍보 및 마케팅 캠페인이 실시하는 것을 권장

□ 러시아 스마트팜 시장 SWOT 분석

<p style="text-align: center;">강점(Strength)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 축적된 경험과 기술 ○ 대한민국 국가 브랜드 및 신뢰성 ○ 가격 경쟁력 ○ 해외진출에 대한 의지 ○ 현 정부정책의 추진성 	<p style="text-align: center;">약점(Weakness)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 정보 및 현지에 대한 경험부족 ○ 대규모 온실공사 및 운영 미경험 ○ 영세업체로서 큰 공사의 자금력 미약 ○ 국가 정책의 빈곤 ○ 현지 네트워크 빈약
<p style="text-align: center;">기회(Opportunity)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 서구에 대한 러시아의 갈등과 견제 ○ 정세 불안으로 그동안 투자 발전 저해됨 ○ 전후 러시아 정부의 정책과 지원 ○ 한국의 경험과 기술과 신뢰는 큰 자산 ○ 아직 초기단계의 투자 및 잠재력 ○ 국제 유가의 중장기적 안정 <ul style="list-style-type: none"> - 러시아 정부는 유가를 40\$에 맞추어 정부예산 정책을 수립. 현재 유가 60\$ 수준은 러시아 재정에 위협적이지 않음. 	<p style="text-align: center;">위협(Threat)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 서구의 경제제재 및 정치적 변수 <ul style="list-style-type: none"> - 크림반도, 우크라이나 사태로 인한 경제제재, 은행제재 등 - 불안정한 루블화 동향 ○ 초기의 까다로운 통관과 뒷거래 ○ 대금결제에 대한 신뢰성 ○ 정부정책의 빈약과 외교력 ○ 정보의 빈약과 리스크 해결 능력

□ 러시아 스마트팜 사업 제안

○ IT 기반 스마트팜 사업 확충

- 필요성 : 세계적인 농업트렌드가 3E(economy, efficiency, energy)를 지향하고 있는 점과 향후 농업관리가 BT, IT 융합을 통한 집중화된 재배, 경영관리를 통하여 경영 효 율성 증진으로 발전할 것으로 전망됨
- 추진방안 : 현재 건축, 운영중인 시설과 노지농장에 u-IT 정보화 기술 결합에 관한 시범연구 네트워크 구축사업 추진, 연차적으로 한국의 해외농장 지원 사업, 범정부 융합사업 (R&D 사업 포함) 등에 참여하여 사업범위 확대 등을 통하여 첨단정보네트워크 구축이 가능하며, 장기적으로는 한-러 원격 정보화네트워크 구축도 가능

○ 시설원에 생산유통사업 추진

- 중장기 사업계획 수립 : 3 단계 7 개년계획 수립 및 추진
- 자체 연구, 시험사업 추진 : 해외농장 현지에 적합한 품목, 품종 선발 및 시험을 통하여 검증된 작부체계를 도입하는 것이 필요하며, 지속적인 신규 부가가치 품목(약용작물, 식물백신 작물 등) 개발
- 식물공장화 사업 추진 : 샐러드채소 등을 컨테이너를 이용한 식물공장적 작물생산, 유통을 통하여 연중 농산물 생산, 유통이 가능하며, 이를 통하여 회사, 상품 이미지를 극대화할 수 있음

○ 종합결론 및 제언

- 농식품전문가자문위원회 운영과 연구용역사업 추진 등을 통하여 회사 농식품사업 발전계획을 조속히 수립하고 사업 초기부터 첨단농업기술, 첨단정보화기술의 융합을 추진해야함.
- 스마트팜 분야에서 다양하게 접근되고 있는 미래 신산업 모델에 필요한 성공적 해외농장 운영사업 추진이 가능할 것으로 판단됨

- 정부가 추진하고 있는 해외농장 개발, 지원사업을 충분히 활용하여 개방된 형태의 사업운영으로 사업초기 부족한 인력, 시설, 전문기술정보의 지원체계를 공고히 할 필요가 있음

3.9. 한국형 스마트팜 K-Plant 사업화

(1) 개요

- 한국형 스마트팜의 동남아 수출을 위하여 미얀마를 대상으로 협력기관과의 세미나 개최, 프로젝트 대상지 선정 및 MOU 추진, 미얀마 K-Plant 시범사업 추진계획을 검토하여 수출방안을 마련함

(2) 접근방법

- 신남방 국가의 하나로 정부간에 긴밀한 농업협력이 진행 중인 미얀마를 수출 대상국 K-Plant 시범사업 추진 준비
 - KAIST GCC 와 MOU 체결 → 세미나 개최 등 미얀마 협력사업 준비 → 미얀마 한국농어촌공사 주재사무소 방문 협력 요청 → 미얀마 양곤정부 및 중앙정부 방문하여 한국형 스마트팜 K-Plant 소개하고 협력관계 논의
- 한국형 스마트팜 단지 모델 개발
 - 미얀마 스마트팜 수출을 위하여 협력기관과 기초 자료 수집 및 사업화 방안 협의 프로젝트 대상지 선정 및 MOU 추진 등을 통하여 기획 보고서를 작성하여 타당성 조사를 위한 사업비 확보

(3) 연구결과

가. 수출 대상국 K-Plant 시범사업 추진을 위한 네트워크 구축

1) 미얀마 신규 시장 개척 추진현황

□ 추진경위

- 한국형 스마트팜 수출을 위하여 KAIST GCC와 협력하여 미얀마 양곤 정부를 대상으로 한국형 스마트팜 K-Plant 기술 소개, 스마트 빌리지 사업 수요파악 등 한국형 스마트팜 수출을 위한 상호 협력 방안을 논의함
- 한국농어촌공사 미얀마 현장사무소를 통하여 농업축산관개부를 방문하여 한국형 스마트팜 K-Plant 기술을 소개하고 향후 협력사업 추진방안 논의

□ 미얀마 스마트팜 사업 구상

- 한국형 스마트팜 수출을 위하여 KAIST GCC와 공동으로 미얀마 양곤 스마트팜 혁신랜드 (스마트팜 단지) 개발 사업을 기획함
- 미얀마 양곤에 스마트 팜 K-PLANT 기술을 활용한 한국형 스마트팜 단지 개발을 위하여 KAIST GCC와 MOU 체결을 바탕으로 공동사업 추진을 위하여 국토부 재원 확보를 위한 타당성 조사 자료를 작성함
- (기획 배경) 미얀마 방문 양곤정부 협의 → 양곤 컨소시엄 관련기관 면담 → 양곤정부와 KAIST GCC MOU 체결 → RRI, GCC 협력 예비 타당성 조사를 위한 제안서 작성

□ 미얀마 한국형 스마트팜 단지 조성 프로젝트 기획

- 프로젝트명

- 미얀마 양곤 스마트팜 혁신랜드 조성사업
- 사업추진 방식
 - SPC (로얄 스텐다드 컨소시엄 + 양곤 현지 컨소시엄)
 - 모든 자본 투자는 새로 설립하는 특수 목적 법인에게 맞기고 특수 목적 법인의 100% 자회사 미얀마 현지법인 설립
 - 한국농어촌공사와 로얄 스텐다드는 설계 및 사업관리 전반 관리
 - KAIST GCC는 양곤정부와 협력 관계 구축 및 관리
 - 로얄 스텐다드는 SPC 운영 마스터 플랜 수립, R&D, 교육 센터 운영
 - 양곤정부 역할 : 인허가 및 토지 보상지원, 관세 등 세제 지원
- 사업추진 구조 및 사업기간
 - 2021년 하반기 ~ 2026년 말
- 총 투자비(EPC 금액포함)
 - 521억원 (한·미얀마 공동 SPC 자본금 30% + 금융권 PF 70%)
- 프로젝트 추진 현황
 - 2018. 03. 26. KAIST GCC와 한국농어촌공사 농어촌연구원간의 글로벌 기술사업화 협력 MOU 체결
 - 2018. 03. 28. 스마트 팜 프로젝트 연구 개발 수행 시작(KAIST GCC, RRI)
 - 2018. 11. 05.~ 07. KAIST GCC 글로벌 기술사업화 워크숍 참석 및 미얀마 KINETIC 초청(KAIST GCC WNRHKS), 스마트 빌리지 협력방안 세부 논의
 - 2019. 05. 24. 미얀마 KINETIC에 스마트 빌리지 프로젝트(농촌 경제 성장형 Agro -Biz Valley 모델) 사전 타당성 조사 제안서(초안) 송부 및 상호 검토 진행
 - 2019. 07. 15. 스마트 빌리지 프로젝트 협력을 위한 글로벌 기술사업화 파트너십 MOU 체결(KAIST GCC - 미얀마 KINETIC)
 - 2020. 05. 15 LG-CNS 와 스마트팜 혁신랜드 조성사업 협력 협의
 - 2020. 07. 15 KAIST GCC와 스마트팜 혁신랜드 조성사업을 위한 추진 협의
- 사업대상 지역 자연환경 분석
 - 미얀마의 기후는 연평균 기온 약 27.1°C의 열대성 몬순 기후이나 고도가 높은 지역은 온대성 기후로 평균 강우량은 2,500mm이나, 북부 및 연안 지역은 매년 평균 강우량이 2,800 ~ 3,000mm이고, 중앙 평원의 평균 강우량은 2,000~1,000mm으로 습한 지역이 많음, 5월 하순 ~ 10월 말까지 우기이고, 11월 ~ 5월까지 건기
 - 농업 여건 및 자연환경
 - 미얀마는 열대성 몬순기후로 몬순, 우기, 시원한 건기, 더운 계절 등 4계절이 있으며, 일년 내내 파파야, 바나나, 코코넛, 구아바, 라임, 레몬, 포도, 수박, 사향 멜론, 잭 과일 및 파인애플 등을 재배하며, 여름철은 두리안, 망고 스톤, 람부탄, 마리안 등을 재배하고 겨울철에는 사과, 오렌지, 배를 재배 함
 - 옥수수는 두 번째로 많이 재배하는 작물이며 미얀마 총 옥수수 수출의 80%가 중국, 싱가포르, 베트남, 말레이시아, 인도, 불가리아 및 스페인으로 수출되고 있음

□ 농업정책

- 농업은 국가 식량 안보와 국민의 주요 생계 수단으로 미얀마에서 가장 중요한 경제 부문으로 열대 및 온화한 품종을 포함하여 60가지 이상의 다양한 작물을 재배하고 있음
- 현재 기후변화로 인해 최근 10년 동안 계절변화, 불규칙한 강수량, 기온상승, 폭우, 강한 태풍 및 홍수는 발생하여 농업에 많은 부담을 주고 있음
- 2030년까지 미얀마는 식량 안보와 영양 및 기후 회복력을 목표로 삼고 기후 경쟁력이 우수한 농업 관행 (GAP)을 통해 높은 생산성을 달성하는 정책 목표를 수립하고 있음
- 기후변화에 견딜 수 있고 온실가스 배출 감소에 기여할 수 있는 농업 관행을 채택하려면 새로운 스마트 농업 기술의 적용, 기존 기술의 수정 및 관련 법률 및 정책 개정이 필요함

□ 사업 추진 구도 구축

○ 사업의 목적, 기술적 특성, 수입의 안정성 등을 고려한 사업 참여자의 구성

- 사업참여 구성 : 로얄 스텐다드 컨소시엄 + 양곤 현지 컨소시엄
- 로얄 스텐다드 역할 : 재원조달, 계획/보상/유통/유지관리 등 사업 전반 관리
- 한국농어촌공사 역할 : 전략적 투자자, 설계/감리/유지관리 등 사업 전반 지원
- 사전타당성조사 결과 사업타당성 확보시에는 타당성조사를 실시하고 전략적 투자자 및 건설투자자 등 계획/설계/시공관리/보상/유통/유지관리 등 각 해당 분야의 전문업체로 구성된 조사단을 구성하여 성공적인 사업추진이 되도록 노력할 것 임

□ 결과

○ 미얀마 수출 협력 네트워크 구축 및 시장수요 발굴 결과

- 스마트팜 수출 사업화를 위하여 국내외 사업화 네트워크 구축 등 사업화 프로세스를 진행하여 수출 사업화에 필요한 네트워크 기반을 마련함

○ 한국형 스마트팜 K-Plant 해외 사업화를 위한 미얀마 사업화 추진 및 기획

- 스마트팜 플랜트 시스템 수출을 위하여 KAIST GCC와 공동으로 미얀마 양곤 스마트팜 혁신랜드 개발사업을 기획하여 미얀마 양곤에 스마트 팜 플랜트 기술을 수출하기 위하여 조사비 확보 등을 준비 중 에 있음
- COVID - 19로 인한 세계적인 팬데믹으로 인해 현지 방문 차단 등으로 인해 수출사업 추진에 어려움이 있음

나. 미얀마 K-Plant 시범사업 계획서 작성

- 본 계획서는 미얀마 정부의 요청에 의하여 작성되었으며 향후 “미얀마 스마트팜 R&D 센터 구축 사업”에 활용하기 위하여 한국의 온실 형태 중 가장 많이 사용하는 보급형 온실을 기준으로 수출연구사업단에서 개발한 모델을 포함하여 작성하였음

□ 사업개요

- “미얀마 스마트 팜 연구 센터 구축 사업”은 한국의 발전된 스마트 팜 기술을 활용하여 미얀마의 농업 개발 정책을 성공적으로 추진을 위한 협력 기반을 조성하는 사업임
- 미얀마 농업축산관개부(Ministry of Agriculture, Livestock and Irrigation)는 2018-2023년까지 5개년

미얀마 농업개발전략(ADS: Agriculture Development Strategy)을 발표하여 농업분야의 부가가치를 30%에서 80%로 확대하는 동시에 미얀마의 농산물 수출 비중을 30%까지 끌어올리는 계획을 추진 중에 있음

- 그러나 주요 수출 품목인 쌀의 생산성이 낮으며 수확 후 시설 및 가공 능력이 부족할 뿐만 아니라 낙후된 농업 제반 시설 및 농업 기술 부족으로 미얀마 농업 개발 전략 추진 시 어려움에 직면하여 있음
- 한국은 급변하는 세계 농업 시장의 개방화, 농업인의 고령화, 농업 생산성의 향상을 통한 수출 경쟁력 확보를 위해 농업에 4차 산업 혁명을 접목한 스마트 팜 확산 정책을 수립하여 혁신성장 선도사업으로 선정하였음
- 한국의 스마트 팜 확산 정책은 청년 인력을 육성하고 기업과 공동으로 R&D를 수행하여 기술혁신을 통해 농업 분야에서 수출 경쟁력을 확보하고 있다.
- 미얀마 스마트 팜 R&D센터는 한국의 첨단 스마트 팜 기술을 적용하여 미얀마의 농업 생산성 증대, 품질 향상, 농업 기술의 개발을 통해 미얀마 농업의 발전 및 수출 경쟁력을 제고 하여 생산, 유통, 인력 양성, 기술혁신 및 전후방 산업 동반 성장의 기반을 마련 할 수 있을 것임
- 특히 미얀마는 2018년 휴대전화 보급률이 110%를 돌파하여 한국의 스마트 팜 기술을 이전에 유리하고 미얀마 정부의 농업 지원 의지가 강한 것도 장점이 될 것이다. 또한 농업 분야에 대해 외국인투자는 전체 외국인직접투자액의 0.5%에 불과하며 아직도 많은 투자기회가 있음

[표 2-175] [표 2-39] 미얀마 농업 분야 진출 SWOT 분석

Strength (강점)	Weakness (약점)
<ul style="list-style-type: none"> - 풍부한 토지 자원, 수자원 및 노동자원 - 농업은 미얀마의 기간산업으로 국가적 관심이 높음. 	<ul style="list-style-type: none"> - 현지 생산성 및 기술이 떨어져 기계, 비료 등을 해외 수입에 의존 - 숙련된 노동인력의 부족 - 현지 기술과 정보의 부실함으로 농업 생산성 낮음.
Opportunities (기회)	Threats (위기)
<ul style="list-style-type: none"> - 농업 분야 매년 3.2% 성장 전망 - 최근 정부의 농업에 대해 외국인 투자 규제 완화 - 유럽, 아프리카의 쌀 수요 증가 	<ul style="list-style-type: none"> - 환율상승에 따른 생산비용 증가 우려 - 태국, 베트남 등 경쟁국가와의 농업기술 격차 증가

자료: KOTRA 미얀마 양곤 무역관, 2019

□ 사업의 범위

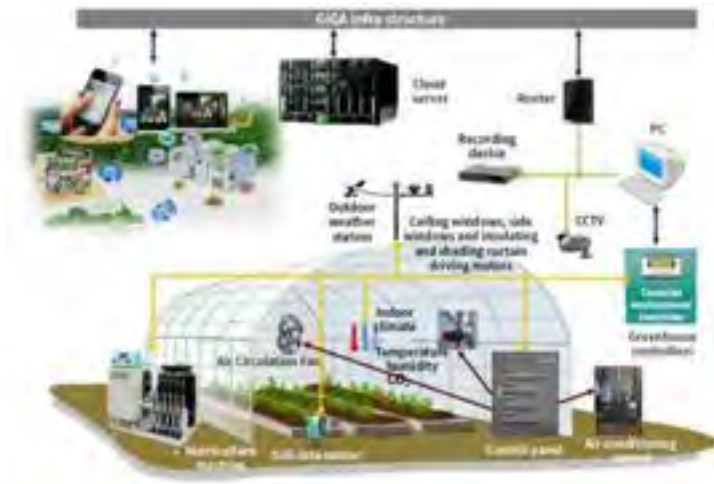
- 미얀마의 GDP 에서 농업이 차지하는 비중은 약 15.4% 로 주요 아시아 개도국과 비교 했을 때 상당히 높고 노동력의 70% 가 농업에 종사하고 있는 반면 농업 분야의 자본 및 기술 투자가 부족하고 농업 분야 구조전환도 낙후된 실정임
- 미얀마의 공업 및 서비스업의 GDP 성장률이 각 각 6.5% 및 6.3%이나 농업은 4.1% 로 전체 GDP 성장률 5.5%에 미치지 못하였다. 농업에 대한 비중이 높은 반면 다른 산업에 비해 성장이 늦은 것으로 조사 되었음
- 주요작물인 쌀, 두류, 유지 작물이 전체 재배 면적의 87%를 차지하지만 재배 생산성을 높이기 위해서 농업 생산성 향상 보다는 재배 면적 확대에 의존하는 실정임
- 미얀마에서 농업이 차지하는 비중이 높지만 낙후된 농업 생산성을 개선하기 위해서는 외국의 자본 및 기술 투자가 필요한 상황이다. 특히 한국의 경우 농업 발전 잠재력이 큰 미얀마에 농업 협력을 통해 새로운 시장을 확대할 필요가 있다. 미얀마의 농업 생산성 향상을 위한 사업의 범위는 아래와 같음

[표 2-176] 미얀마 농업 생산성 향상을 위한 사업의 범위

구분	사업 내용	효과
1단계	미얀마 스마트 팜 R&D 센터 구축	안정적 농업 생산 기반 마련을 위한 연구, 교육 및 발전 계획 수립
2단계	작물별 스마트 팜 생산단지 구축	시설원에 작물 수출을 위한 안정적인 생산단지 조성
3단계	시설작물의 수출 기반 구축	수출 전략 품목 육성, 유통효율화, 물류 시스템 개선

○ 한국 스마트 팜

- 스마트 팜은 기존의 시설원에 시설에 자동화 시설 및 ICT를 접목하여 시간과 장소에 제약을 넘어 작물의 생육 환경을 최적화 하여 비료, 물, 에너지 등의 소비를 줄여 생산성을 증대하고 품질을 높여 농업의 국가 경쟁력을 확보하는 새로운 농업 기술임



[그림 2-265] 스마트 팜의 구성

- 한국 스마트 팜 시스템의 장점은 한국의 세계적인 ICT 기술이 적용되어 기존 온실의 환경제어 장치 들과 센서들을 연계하여 제어하던 기존의 PC 제어 방식에서 스마트폰을 통한 클라우드 기반으로 운영함으로써 데이터 처리가 광범위해 지고 효율적이다. 한국의 스마트 팜 발전이 빠르게 이루어지고 있는 배경에는 한국의 초고속인터넷 보급을 세계 1위, IT 산업 세계 1위, 스마트 팜 보급을 세계 1위의 기술적인 우위가 큰 역할을 하였고 한국 정부의 스마트 팜 발전을 위한 정책적인 지원이 큰 역할을 하고 있다. 한국의 스마트 팜의 발전 계획은 크게 3단계로 이루어져 있다. 한국형 스마트 팜 1세대에서는 온실의 환경 제어기와 센서들을 인터넷으로 연결하여 시간과 장소에 구애 받지 않고 원격 감시와 간편 제어를 할 수 있는 시스템임



[그림 2-266] 한국 스마트 팜 1세대

- 한국 스마트 팜 2세대는 생산성 증대를 목적으로 생체 계측, 생육모델 개발, 지능 제어 등을 활용하여 생육 데이터를 AI 를 통해 작물의 재배 환경을 효율적으로 제어하는 첨단 기술이 적용된다. 작물의 생육 정보 데이터를 빅데이터로 관리하여 인공지능을 이용하여 생산성을 극대화 할 수 있는 의사결정을 내릴 수 있게 한다. 기존의 시설원에 농업에서는 작물 재배에 경험 및 지식이 있는 전문 재배사가 작물 환경 데이터를 보고 생육 정보를 판단하였다면 2세대 스마트 팜에서는 수집된 빅데이터를 이용하여 인공지능이 최적의 환경 제어 결정을 내리게 된다. 2세대 스마트 팜 기술 단계에서는 세계적인 농업 선진국들과 경쟁할 수 있는 농업 생산력 및 품질 향상을 기대 할 수 있게 됨



[그림 2-267] 한국 스마트 팜 2세대

- 한국 스마트 팜 3세대는 비닐하우스 구조를 기반으로 하여 첨단 에너지 관리 기술의 적용, 생산비를 절감, 로봇의 활용 및 지능형 농작업을 통하여 저비용 고성능의 수출 경쟁력이 있는 스마트 팜의 개발이다. 시설원에 분야의 선진국들인 네덜란드, 이스라엘은 농업에 불리한 자연 환경을 극복하여 스마트 팜 기술을 주도하고 있고 일본은 국가의 지원을 바탕으로 스마트 팜 기술을 발전시키고 있다. 한국의 기술 수준은 선진국에 비해 80%에 이르지만 스마트 팜 3세대를 통해 기술적인 단점을 극복하고 비닐 하우스 기반의 저가형 고성능 스마트 팜으로 수출 경쟁력을 확보 할 수 있을 것으로 예측됨



[그림 2-268] 한국 스마트 팜 3세대

□ 사업내용

- 미얀마 스마트 팜 R&D 센터 구축 사업의 목적은 한국의 선진 스마트 팜 기술을 통해 미얀마의 농업 기술을 발전 시키고 수출 경쟁력을 높이는데 있다. 미얀마 농업개발전략 (ADS, Agriculture Development Strategy), 2018-2023, 의 목표는 농업분야의 부가가치를 30%에서 80%로 확대하는 동시에 농산물 수출 비중을 30%까지 끌어올리는 것으로 되어 있음
- 이를 위해서는 낙후된 농업 기술 수준을 높이고 농업 생산성 및 품질을 향상 시켜 중국과 인도에 인접한 수출 지역의 장점을 살려야 할 것으로 판단되며 경쟁국가인 베트남이나 태국과의 경쟁 우위를 확보하기 위해서는 첨단 스마트 팜 기술이 필요할 것이다. 한국의 경우 스마트 팜 기술의 정책적인 지원 배경에는 과거 낮은 생산성, 높은 경영비, 수출 경쟁력 약화, 농가의 고령화 등의 문제점을 개선하기 위한 목적이 있었다. 농업 분야의 국제 경쟁력을 개선하기 위해서는 스마트 팜을 통한 안정적인 생산기반 구축, 한국의 선진적인 유통 체계 활용, 수출 전략 품목 육성을 통한 수출 기반 확충 등이 필요하며 미얀마 스마트 팜 R&D 센터는 미얀마의 농업 경쟁력을 높일 수 있는 기반 시설이 될 수 있을 것임

□ 사업의 목표

- 미얀마 스마트 팜 R&D 센터 구축 사업을 통해 한국의 높은 스마트 팜 기술을 활용하여 미얀마 농업의 수출 경쟁력을 제고하여야 한다. 특히 농업의 국제 경쟁력 확보에 반드시 필요한 생산성 확보 및 품질 유지를 위해 스마트 팜을 확산할 수 있는 기반을 마련한다. 한국의 온실 설계 기준을 적용하여 미얀마 현지에 맞는 스마트 팜 생산 단지를 확충하고 산지의 유통 방식을 개선하여 수출 주요 품목을 개발함으로써 수출 기반을 마련하여야 한다. 이를 위해서는 한국의 첨단 ICT 기술이 적용될 수 있도록 장기적으로 인프라를 구축하여야 함

□ 사업의 배경

- 미얀마의 국제 사회의 농업 분야 개발협력사업은 낮은 편에 속하고 있지만 선진국들의 다양한 기술협력 사업이 이루어 지고 있다. 일본은 민간기업의 미얀마 진출을 돕기 위해 농림업 기술협력 사업을 확대하고 있고 독일은 산림과 환경 및 소외 계층의 인권 분야에 중점을 두고 있고 영국도 기후변화와 환경부문에 협력

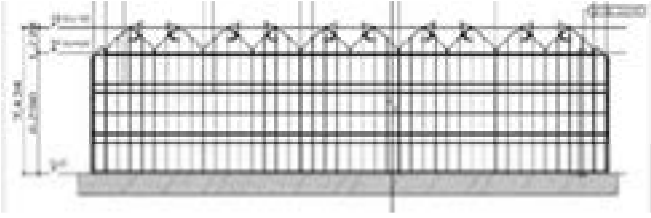
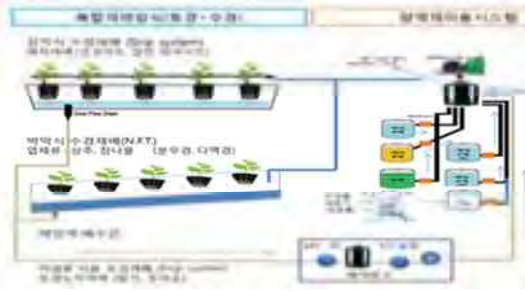
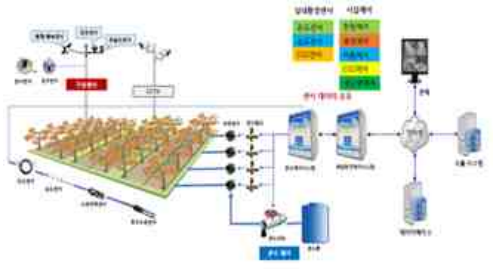
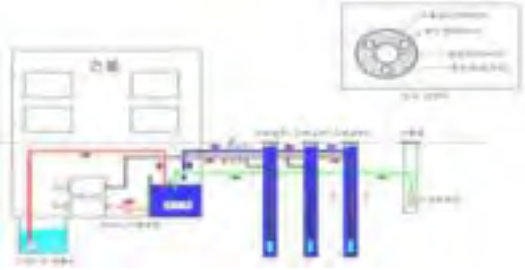

사업을 추진하고 있다. 미국 및 호주도 농업 개발 사업을 꾸준히 추진하고 있다. 아시아 개발 은행(ADB) 및 세계은행(WBG)도 미얀마와 기술협력 사업을 추진하고 있는 실정임

- 한국은 미얀마와 1964년 무역협정을 체결한 이후 지속적으로 협력 관계를 확대해 오고 있으나 미얀마 최대 투자국인 중국, 역사적으로 불편한 관계인 일본도 부채 탕감 등과 같은 조치를 취하고 있는 실정임
- 한국은 중국의 투자에 비해 1/3 수준이고 공적 원조(ODA) 에서도 최하위이다. 한국도 다른 선진국들의 협력 사례를 검토하여야 하고 미얀마 농업 기술 개발에 도움을 주어 한국 기업의 미얀마 진출에 발판을 마련하여야 함
- 한국 정부는 상호 호혜적 국제 관계를 구축하고 국제사회와의 협업을 강화하면서 민간부문개발(Private Sector Development)를 연계함으로써 한국 정부가 추진하고 있는 신남방정책, 한·아세안 미래공동체 구상, 한·메콩협력, 한·미얀마 양자간 협력 등의 일환으로 지속가능성 있는 국제관계 발전 계획의 일환으로 추진 되고 있음
- 미얀마 농업개발전략 (ADS, Agriculture Development Strategy), 2018-2023, 의 목표는 농업의 부가가치를 높이고 농업 분야 수출을 증대 계획을 세우고 있지만 전체 GDP에서 농업 부분이 차지하는 비율이 30% 이상으로 농업 의존도가 높으나 지난 30여년 농업 분야의 투자는 저조하여 다른 공업 및 서비스 분야 GDP 성장에 미치지 못하는 실정임
- 다만 미얀마 정부가 농업 분야 발전을 국정의 최우선 과제로 지정하고 주변의 여러 국가에서 직접투자(FDI) 나 기술협력 등의 방식으로 농업분야의 관심이 고조되고 있는 실정임
- 한국의 스마트 팜 개발 계획은 1차로 농업 기술 개발 및 생산성 향상 및 수출 시장 확대를 목표로 하고 있고 궁극적으로는 농업의 6차 산업화를 통한 부가가치의 제고를 목표로 하기 때문에 미얀마의 농업 개발 전략의 목표를 달성하기 위해서는 한국의 스마트 팜 기술 이전을 위한 기반 마련이 바람직함

□ 계획 범위

- 미얀마 스마트 팜 R&D 센터 구축 사업의 범위는 한국의 첨단 스마트 팜 기술을 적용 할 수 있는 스마트 팜 온실 구축, 스마트 팜 온실을 운영할 수 있는 교육 센터 건립 계획이다. 미얀마 스마트 팜 R&D 센터 구축으로 향후 수출 농업의 생산 기반이 될 스마트 팜 수출 단지를 운영할 수 있는 기본 계획 및 수출 작물 연구와 유통 및 물류 시스템의 효율화 기반을 마련하여야 한다. 한국의 선진 영농 지식, 경험, 재배 기술을 전수하여 미얀마의 수출 농업 발달의 기초를 마련해야 한다. 특히 농업의 6차 산업화를 이루기 위해 농업과 전후방 산업의 동반 성장이 가능한 농업 기술 이전이 필요하다. 본 과업의 범위에 들어가는 핵심 기술은 아래와 같음

[표 2-177] 한국 스마트 팜 온실 기술 적용 사례

적용 기술	기술 세부 내용
<p>한국형 내재해형 온실</p>	 <p>특장: 설치용이, 비용저렴, 다년간의 연구로 구조적으로 안정되며 내재해 성능 우수</p>
<p>수경재배 에너지 절감기술</p>	 <p>영양재이용장치</p>  <p>ICT 기반 농업용수 관리 시스템</p>  <p>지열히트펌프 에너지 이용 시설</p>
<p>ICT 기반의 스마트 환경 관리 기술</p>	 <p>ICT 기술을 이용한 온실 관리 편의성 및 재배환경 관리 시설</p>

- 미얀마 스마트 팜 온실 구축은 미얀마에 첨단 스마트 팜 기술을 전수하는 목적이 있다면 이를 운용할 수 있는 전문 인력의 양성은 교육 센터의 건립이 필요하다. 교육 센터의 구성은 다양한 교육을 진행 할 수 있도록 강의용 프로젝터가 설치된 각기 다른 크기의 교실과 회의실, 휴게실, 식당으로 이루어져 있어야 하며 한국의 재배 전문가 그룹과 미얀마 농업 전문가로 이루어진 강의진이 구성되어 정규 피교육자와 방문 피교육자를 수용할 수 있는 교육 프로그램을 연중 운영하여야 한다. 미얀마 스마트 팜 R&D 센터의 교육 프로그램의 기본 가치는 농업 연구, 농업 교육, 농업의 6차 산업화를 이루는데 있다. 미얀마 스마트 팜 R&D 센터의 교육 프로그램은 아래와 같은 가치를 구현하여야 한다.

[표 2-178] 미얀마 스마트 팜 R&D 센터의 교육 프로그램의 목표

목표	내 용
농업교육	지속가능한 농업 육성, 식품안전, 수자원 및 에너지 관리, 친환경 농업, 국제 기준에 맞는 생산성 및 품질 기준 획득, 노동시장의 요구에 맞는 농업 전문가 양성 등
평생학습 패러다임	지구의 환경 변화 대응, 첨단 기술과 농업의 융합, 지속 가능한 농업 구현
국제화 지원	다른 국가들과 교육 교류를 통한 경쟁력 있는 교육 내용 향상, 해외 시장 확대를 위한 네트워크 구성

□ 사업 추진 계획

○ 과업의 착수

- 과업의 성공적인 추진을 위해서는 미얀마 연구진과 한국 연구진의 공동 사업 추진단이 구성되어야 한다. 미얀마의 사업 목표에 따른 현장 조사 결과에 따라 한국의 연구진은 사업 목표에 맞는 기술 수준을 검토 할 것이며 사업 추진 기반 환경에 대한 조사가 이루어 질것이다. 이에 따라 현장 점검이 이루어지고 기본 설계 및 실시 설계 단계를 거치게 됨

○ 실시 설계

- 미얀마 스마트 팜의 설계 기준은 한국의 시방 기준을 만족하면서 현장 조사에서 나온 기후 조건을 반영하여 국제 기준을 동시에 만족하여야 한다. 유리온실과 플라스틱 온실 모두 구조적으로 안정적이고 내구성이 좋은 경량 철골 구조이다. 경량철골 구조의 특징은 파이프 온실 구조 보다 비용이 많이 들지만 내구성이 좋고 시공성이 우수하다. 기존 유리 온실 철골 구조 보다 가격 경쟁력이 있음

○ 경량철골온실

- 경량철골온실 개발의 주요 목적은 기상 이변으로 인한 자연 재해 하중을 지탱하면서도 시공성 및 공사비 면에서 경쟁력이 있는 자재의 개발이다. 파이프, 경량 철골, H-형강 등의 내구 연한에 대한 연구를 통해 기존 농사용 파이프 구조 보다 내구성 1.7배, 내식성 5배, 강도 1.15배 이상의 경량 철골 부재를 적용하였다. 한국형 경량 철골 온실 (K-Plant)은 포스맥 소재 한국형 내재해형 온실로 일체형 천창개폐장치를 부착하여 온실내 환경제어 조건을 개선하였다. 일체형 천창개폐장치는 신속한 개폐가 장점으로 채광, 온도, 습도 관리에 유리하여 균일한 환경관리를 통해 높은 생산성 및 품질이 보장된다. 온실 구조는 작물의 생산성 향상을 위해 측고 딸기 6m, 토마토 8m 이상 설계하였으며 내구성 30년으로 유지보수비용을 절감할 수 있게 하였다. 경량 철골 온실이 기존 농업용 파이프 온실보다 가격 측면에서는 시공비가 높게 나오는 단점이 있으나 재해 복구 비용이 절감되고 시설의 개량으로 인한 생산성 및 품질의 향상으로 수출 경쟁력이 높아 질 수 있는 경제적 측면을 고려하였음



[그림 2-269] 한국형 경량철골 온실

○ 유리 온실

- 유리온실은 온실의 형태 중 가장 시공비 부담이 크지만 플라스틱 온실보다 광투과율이 높고 플라스틱 피복을 주기적으로 교체할 필요가 없는 특징이 있다. 네덜란드와 같이 일조량이 부족한 국가들에서 주로 시공되고 있다. 재배환경 관리가 수월하고 내구 수명이 긴 반면 시공이 까다롭다. 네덜란드의 경우 온실의 99%가 유리 온실인 반면 일조량이 풍부한 한국의 경우 시공비가 저렴한 플라스틱 온실이 99%를 차지하고 있다. 유리온실의 최대 장점인 광투과율 (90~95%)은 최근 혁신적인 피복재의 개발로 다소 그 장점이 약해지고 있다. 다른 피복재인 불소수지 필름은 90%, PE 및 PO 필름은 80%의 광투과율을 보이고 있다. 그러나 시공비 면에서는 유리온실을 100%로 보았을 때 불소수지 필름을 사용하는 경량철골 온실은 70%, 플라스틱 온실은 30%로 시공 및 초기 투자비 측면에서는 단연 플라스틱 온실이 장점이 있다. 한국의 스마트 팜 수출 기본 모델은 플라스틱 온실 개발할 계획임



[그림 2-270] 한국의 유리온실 자료: 화신농건

[표 2-179] 한국 유리온실의 규격 (농업기반공사, 1997년)

구분	규격(폭m*높이m*길이m)	면적 (㎡)
와이드스판형	9.0*6.5* 60~100m	540~900
	12.8*7.4* 60~100m	768~1,280
벤로형	6.4*4.95* 60~100m	384~640
	9.6*4.95* 60~100m	768~640
에너지 절약형	15.0*6.3* 48~96m	720~1,140

- 한국형 유리온실의 장점은 다년간의 연구를 바탕으로 기존의 유리온실 보다 재배환경 관리가 우수한 구조로 설계 되었으면서도 구조 계산을 통해 강한 풍하중(41m/sec)에도 견딜 수 있고 여름철 고온 극복을 위해 기존 천창 환기방식에 추가로 측창을 설치하여 환기율을 기존 13%에서 21%로 개선하였다. 시공비가

저렴하면서도 구조적으로 안정적인 다양한 골조를 사용 할 수 있도록 설계하여 시공비가 저렴하다. 시설자재의 규격화로 대량 생산 체제에 있으므로 시설비가 저렴하고 유지 보수 비용이 적게 든다. 한국형 유리온실의 특징은 현지 여건에 맞는 다양한 규격으로 시공이 가능하여 재배환경 관리에 필수적인 관비시스템, 방제시설, 탄산가스발생기, 순환팬, 내피복 자동 개폐장치, 보관시설, 냉방, 운반 장치 등의 효과적인 적용이 가능하며 온실 자재의 대량 생산으로 시설비를 크게 절감할 수 있는 것임

○ 플라스틱 온실

- 플라스틱 온실은 시공비가 유리온실에 비해 30%~50%로 저렴하지만 피복재로 사용하는 PE 나 PO 필름은 대체로 5년 주기로 교체해야 한다. 광투과율은 80% 이다. 시설농업의 선진국인 네덜란드는 99%가 유리 온실이지만 프랑스, 이스라엘, 스페인 등은 대부분 플라스틱 온실을 선호한다. 한국의 플라스틱 온실은 다년간의 연구 개발로 저렴하면서도 기능이 우수하여 전 세계적으로 수출량이 증가하는 추세이다. 한국의 플라스틱 온실은 1950년 대부터 시작되어 1970~1980년도의 도시화, 산업화에 따라 전국적으로 온실재배단지가 형성되었다. 1990년도 부터는 온실의 현대화가 추진되어 현재는 태풍(40m/s)에도 견딜 수 있는 온실이 개발되었고 한국의 첨단 ICT 기술이 융합된 스마트 팜 국제 경쟁력을 높이고 있다. 한국에서 플라스틱 온실 기술이 발달하게 된 것은 유리 온실의 경우 여름철 고온으로 피복이 파손될 수 있고 겨울철에는 피복재의 수축으로 난방비가 많이 드는 단점에 초기 투자 자금 부담이 크기 때문이다. 한국의 온실 시방서는 농촌진흥청의 “원예특작시설 내재해형 규격 설계도.시방서”를 따른다. 강풍 및 대성 등의 자연 재해로부터 안전한 온실 시공을 위한 기본적인 시방 기준을 제공하고 있으나 한국의 전문적인 온실 설계 시공 업체는 한국의 시방 기준을 만족하면서도 국제 경쟁력을 갖춘 수출형 온실을 개발하여 세계로 수출하고 있다. 한국형 플라스틱의 온실은 프랑스, 스페인, 이스라엘, 일본 등의 온실 보다 가격 경쟁력이 있으면서 재배환경 관리 및 유지보수가 편리한 장점이 있음



[그림 2-271] 한국의 플라스틱 온실

자료: 두진건설, 카자흐스탄 춘자 지역 4ha 토마토 온실



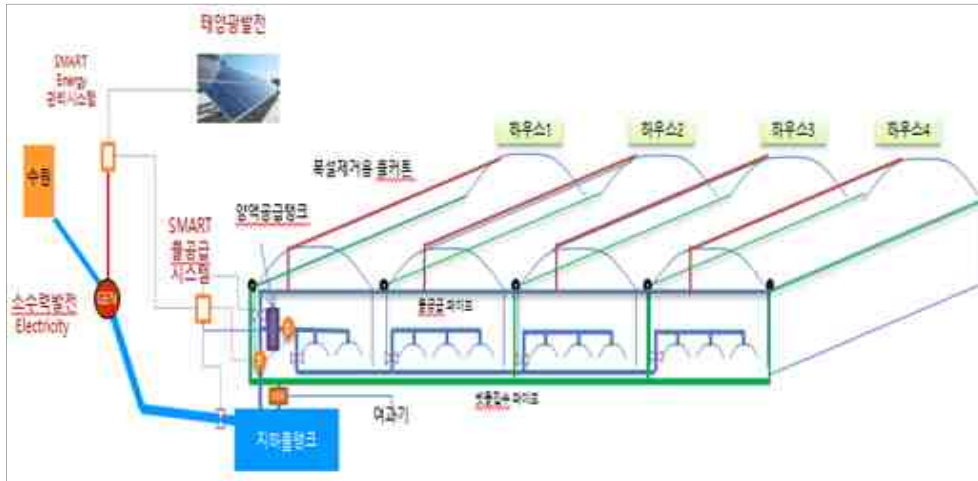
[그림 2-272] 한국형 딸기 온실, 자료: 두진건설, 부여 딸기 온실

○ 재배환경관리 부대 시설

- 스마트 팜 온실 기술은 작물의 생육 환경을 조절하는 기자재에 센서를 부착하여 ICT 기술을 이용하여 PC 나 스마트 폰을 통해 재배환경을 시간과 공간의 제한 없이 정밀하게 통제함으로써 생산성 향상, 품질 향상, 노동력 절감 효과를 통해 국제 시장에서 수출 경쟁력을 확보하여 수출을 촉진하는 첨단 농업이다. 스마트 팜 수출 전문 단지가 형성되어 수출이 늘어나면 스마트 팜 운영자, 전문 재배사, 온실 농업 인력 등의 고용 효과가 나타나며 전 후방 산업과의 연계를 통해 농업의 부가가치를 높이는 6차 산업화의 기반이 될 수 있다. 생산성향상, 품질 향상, 노동력 절감을 기대하기 위해서는 온실 내 부대 시설의 첨단화가 필요함

○ 빗물이용 및 ICT 기반 물관리 시스템

- 부가가치가 높은 시설원예 농업은 다양한 형태의 자원과 에너지 절감 기술을 필요로 한다. 연중 작물 재배에 적합한 농업 용수의 확보가 매우 중요하다. 지역에 따라서 하천수나 지하수가 적합하지 않을 경우 연중 강수량이 풍족하다면 우수를 모아 재활용하는 기술이 필요하다. 빗물 재활용 장치 시스템의 구성은 집수 물받이, 초기빗물 배제장치, 여과장치, 저장탱크 등으로 이루어져 있으며 시설원예 에너지 절감 기술과 함께 한국의 빗물 재활용 기술은 많은 연구가 축적되어 활용도가 높은 기술이다. 한국의 빗물 재활용 시스템은 ICT 기반 물 재활용 시스템과 결합하여 스마트 팜을 통해 관수상태, 정상작동 유무, 온/습도, 토양 수분, 온도 등을 확인 할 수 있어 원격지에서도 최적의 물관리가 가능하여 노동력 감소 및 절수 효과를 극대화 하였음



[그림 2-273] 빗물 이용 및 ICT 기반 물관리 시스템

자료: 농어촌연구원

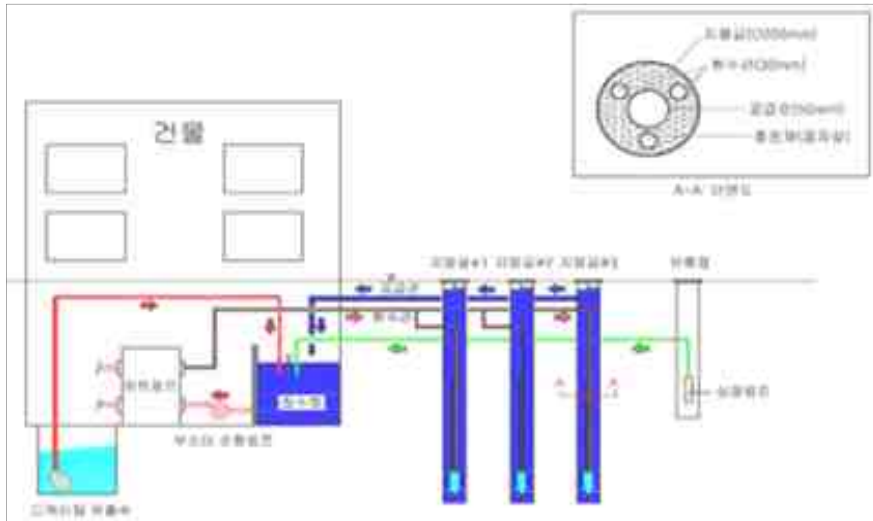


[그림 2-274] ICT 기반 자율 물관리 시스템

자료: 농어촌연구원

○ 지하수 겸용 지열에너지

- 시설원예의 수익성을 제고하기 위해서는 경영비에서 큰 비중을 차지하는 에너지 비용을 줄일 수 있는 기술이 중요하다. 연중 온도가 일정한 지하수 지열 에너지를 냉난방에 이용 할 경우 설치비용을 제외하면, 무료로 열원을 이용할 수 있고 장소에 관계없이 사용할 수 있다는 장점이 있다. 히트 펌프는 동절기엔 따뜻한 공기를 공급하고 하절기엔 시원한 공기를 공급함으로써 시설하우스의 경영비를 크게 절감 시킬 수 있는 기술이다. 또한 기존의 화석 연료 사용을 절감하고 전기의 사용을 줄임으로써 지구 온난화의 원인이며 국제적으로 규제가 커지고 있는 온실가스의 배출을 감소하여 친환경적인 농업 선진 기술의 발전을 기대 할 수 있다. 미국의 환경보호청(US EPA)에서는 현존하는 냉난방 기술 중에서 에너지 효율이 가장 높고, 환경 친화적이며, 비용 효과가 높은 공기조화 시스템으로 지열냉난방시스템을 예로 들고 있다. 지열냉난방시스템은 초기에는 다소 비용이 많이 투자 되지만 경유/도시가스 보일러 대비 5~7년차에 초기투자비용이 회수되는 것으로 연구되었음

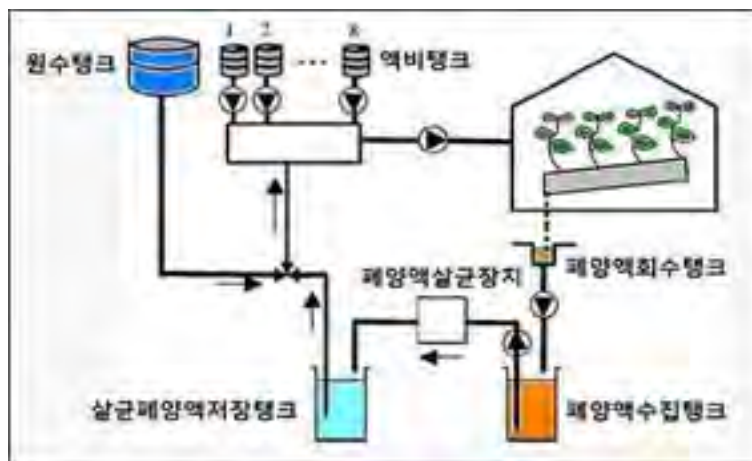


[그림 2-275] 신재생에너지 지열 히트 펌프 시스템

자료: 농어촌연구원

○ 양액 재이용 시스템

- 시설원에 수경 재배의 사용되는 양액은 작물이 성장하는데 필요한 영양분으로 비료 성분이기 때문에 양액을 외부로 배출하는 경우 하천과 토양 등에 심각한 생태계 오염을 가져올 수 있게 된다. 네덜란드의 경우 94년 순환식 전환 법제화(The Waste Water Disposal Decree)를 통해 양액 재활용을 권장(Encouraging recycling), 잔여 배출물의 오염 제거(Decontaminating any remaining discharge), 의무적 폐양액 재사용 등 폐수 재활용을 권장하고 있으며 한국의 경우도 친환경농업 육성법(법률 제9623호) 및 시행규칙(농림수산식품 부령 제73호)을 통해 양액 재이용 시스템을 이용하도록 규제하고 있다. 양액 재이용 시스템은 우선 오염된 폐양액에서 균이나 곰팡이 등을 살균하는 기술이 필요하고 양액 속에 들어 있는 비료성분이 식물 생육에 적합하도록 균형을 맞추고 있는지 지속적으로 분석하고 관리하는 기술이 필요하다. 한국형 순환식 수경재배 시스템은 효율적인 인공지능 양액제어 프로그램이 탑재되어 EC 및 PH 설정값을 모니터링하여 최적으로 값으로 관리할 수 있고 한국형 배액 살균 시스템은 고가의 외국산에 비해 설치비 및 관리비가 20% 대로 경제적인 특징이 있음

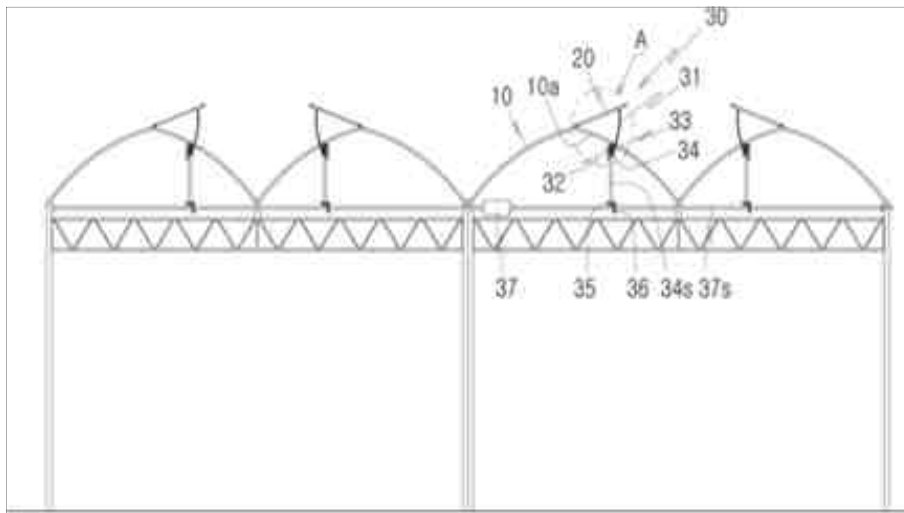


[그림 2-276] 양액 재이용 시스템.

자료: 국립원예특작 과학원

○ 일체형 천창 개폐 장치

- 온실의 천창 시스템은 100% 환기 성능을 보이면서 피복에 손상을 주지 않도록 설계 되어있다. 환기 부분에는 방충망이 설치되어 해충의 침입을 막을 수 있게 하였으며 천창이 열려 있는 상태에서 비가 와도 우수가 온실 내로 유입되지 않도록 방지턱이 설치 되어 있다. 일체형 천창개폐장치는 신속 개폐가 가능하여 채광, 온도, 습도 관리 등 균일한 환경관리에 유리하다. 온실 내부의 더운 공기를 에너지 소모가 많은 강제 환기 시스템을 운영하지 않더라도 천창, 측창, 전후방 창을 통해 배출 시킴으로써 재배환경을 효율적이며 경제적으로 관리 할 수 있는 시스템이다. 첨단 온실의 측고는 과거 4m 에서 8m~9m 이상으로 설계되는 것은 온실 내 작물이 더운 공기로 부터 해를 입지 않도록 하는 장점을 제공한다. 천창, 측창, 전후방 창의 설계는 온실의 형태 및 입지 조건에 따라 검토 되어 질것임



[그림 2-277] 일체형 천창 개폐 장치

자료: 농어촌연구원

○ 복합환경제어 시스템

- 복합환경제어시스템은 제어 컴퓨터, 메인 컨트롤러, 하우스마스터, 환경측정센서로 구성되어 있으며, 시설하우스의 재배환경인 온도와 습도, CO₂, 바람, 강우를 측정하여 환기창, 보온재, 수평커튼과 유동팬, 배기팬, 보일러, CO₂ 공급기, 배양액공급기, 조명 등 부속기계를 제어한다. 제어 컴퓨터에는 제어프로그램이 설치되어 시설하우스의 재배환경을 원격에서 제어하고 모니터링하며, 환경측정센서 데이터와 운영데이터를 수집하고 연산하고 저장한다. 메인 컨트롤러에는 산업용 임베디드 컴퓨터(터치 스크린 적용), 릴레이 입출력보드, 복합환경 제어보드, 환경측정 센서보드 등과 각종 전기기기들이 장착되어 있으며, 환경 제어를 위한 시설하우스에 설치된 기기들을 제어하고, 설치된 환경측정센서 데이터를 수집하여 저장하고, 이 데이터를 제어 컴퓨터로 전달한다. 과학적인 분석에 의한 재배기술과 효율적인 에너지 관리로 생산비와 노동력을 절감하고, 작물의 생산량과 품질을 향상시킬 수 있는 시스템입니다. 노동력을 절감하고, 작물의 생산량과 품질을 향상시킬 수 있는 시스템임



[그림 2-278] 복합환경제어시스템

자료: 한국스마트팜산업협회

□ 작물별 수익성 예측

○ 시설농업의 수출 경쟁력

- 농산물 수출 증대를 위해서는 크게 수출기반이 조성이 우선 선행 되어야 한다. 즉 규모화·조직화 를 바탕으로 연중 꾸준한 출하체계를 구축하는 것이다. 또한 이를 바탕으로 활발한 마케팅 활동을 전개하여야 한다. 한국의 경우 시설원에 수출 촉진을 위해 정부에서는 “농식품수출 기술지원본부”를 설치하여 수출 촉진을 위한 지원을 하고 있다. 2017년 농식품부 추진 방향에 의하면 중국 등 주요시장 집중공략, 할랄 등 판로 다변화, 농기자재 등 연관산업 수출기반 구축 등을 지원하고 있다. 시설원에 수출 선진국인 네덜란드의 경우 시설원에 수출 경쟁력을 확보를 위해 첨단 온실 단지를 구성하여 연간 고품질의 작물을 생산할 수 있는 시스템을 구축하였고 산학연 공동 연구 단체인 “Food Valley”를 통해 수출을 촉진 할 수 있는 실질적인 연구를 수행하고 있다. 물류시스템의 경쟁력 확보를 위해서는 클러스터링을 통한 비용 절감 및 효율화를 추진 하였다. 유통의 합리화를 위해 “그리너리”를 형성하여 유통 조직을 규모화하는 작업을 완료 하였다. 시설원예농업은 4차 산업의 기술을 농업과 접목하여 부가가치가 높은 농업의 6차 산업화를 창출하는 것으로 전문 농업인 양성을 위한 농업인 교육 시스템을 구축함으로써 시설농업의 수출 경쟁력을 확보하고 있는 실정이다. 따라서 미얀마 시설농업의 수출 경쟁력을 확보하기 위한 장기적인 목표는 아래와 같음

[표 2-180] 미얀마 시설농업의 수출 경쟁력 추진 방향

구분	추진 목표	기대 효과
1	스마트 팜 수출 단지 구축	연중 안정적이며 품질 좋은 작물 생산
2	연구단지 구축	산학연이 공동으로 참여하여 수출 경쟁력 확보를 위한 연구 수행
3	유통센터 구축	효율적이며 선진적인 유통 구조 확보
4	로지스틱스	클러스터링을 통한 물류 시스템 효율화 추진
5	농업전문 교육 센터 건립	새로운 농업 기술을 교육 기관 설립으로 전문 농업 경영인 확보

○ 토마토 수출

- 세계 토마토 생산면적 및 생산량은 꾸준히 늘고 있으며 주요생산국은 중국, 인도, 미국 터키로 중국이 세계 토마토 재배면적의 20%, 세계 토마토 생산량의 30%를 차지하고 있으나 토마토 수출 강국인 네덜란드의 토마토 수출 경쟁력을 주목할 필요가 있다. 네덜란드의 토마토 수출 경쟁력은 연중 안정적으로 생산할 수 있는 첨단 온실 단지 구축, 엄격한 재배 환경 관리를 통한 고품질 경쟁력, 포장, 브랜드, 품종 개량 등을 통한 고부가가치 활동 등이다. 세계 토마토 교역규모는 매년 증가하고 있는 추세이며 품목별로는 신선토마토의 교역규모가 가장 큰 편으로 수출의 경우 세계 수출액의 52.0%, 수입액의 63.1%를 차지하고 있으며, 신선토마토 다음으로는 토마토페이스트, 토마토조제품, 토마토케첩 및 소스, 토마토주스 순으로 교역규모가 큰 것으로 나타나고 있다. 세계 각국의 신선토마토 수출은 매년 증가하고 있으며 주 수출국은 멕시코, 네덜란드, 스페인, 터키, 시리아 등이고 멕시코가 세계 수출량의 20%를 차지하여 토마토 수출 1위이며 2위는 네덜란드 임

[표 2-181] 세계 토마토 수출현황

순위	국가	수출량(천톤)	수출단가(\$/kg)
1	멕시코	1,510	1.06
2	네덜란드	943	1.85
3	스페인	739	1.47
4	터키	574	0.83
5	시리아	408	0.44
	한국	1	3.73

자료: FAOSTA (2010) 에서 발췌

- 토마토 시설재배 수출 수익성 예측을 위해서는 크게 단위 면적 당 생산량 산출이 필요하고 수출 단가 및 생산비를 계산하여야 한다. 네덜란드의 시설토마토 생산량은 평균 1ha 당 600톤 정도로 조사되어져 있고 한국은 400톤 정도이다. 토마토 생산비는 한국의 경우 1ha 당 약 8,000 만원으로 산출하였다. 미얀마의 생산비 자료는 중국을 기준으로 산출하였다. 수출 단가는 국제 시장의 토마토 평균 수출 단가인 1\$/kg을 적용하였음

[표 2-182] 작물별 생산량

구분	토마토(kg/m ²)	파프리카(kg/m ²)	오이(kg/m ²)	딸기(kg/m ²)
한국	40	20	17	7
네덜란드	60	30	60	8

[표 2-183] 토마토 생산비

구분	한국	일본	미국	중국	네덜란드
생산비 (천원/10a)	7,872	10,726	1,352	768	50,574

[표 2-184] 시설토마토 수익성 예측

1ha, 단위 US\$

항목	단위	산출액
생산비	US\$	6,861
생산량(1ha)	kg	400,000
수출단가(USD/kg)	US\$	1.0
매출(USD)	US\$	400,000
수익(USD)	US\$	391,139

- 미얀마에서 시설 토마토를 생산하여 수출할 경우 미얀마의 경쟁력 있는 생산비의 장점과 한국 스마트 팜의 안정적인 생산성이 융합되었을 때는 토마토 재배 농가에게 상당한 수익성을 가져 올 수 있는 것으로 예측되었음

○ 파프리카 수출

- 파프리카의 원산지는 멕시코 또는 중앙아메리카 지역으로 1400년 대에 스페인으로 유입되어 다양한 품종이 개발되어 있고 색상은 빨강, 노랑, 오렌지색, 흰색, 보라색 등 다양하다. 주요 생산국은 중국, 멕시코, 터키, 인도네시아, 미국, 네덜란드, 한국 등이며 주요 소비 시장은 북미지역과 유럽 지역으로 파프리카 수출 시장의 60%를 차지하고 있다. 네덜란드의 경우 한국의 파프리카가 수입되기 전까지 일본 시장을 점유 하고 있었으나 과도한 물류비 및 신선도 유지 면에서 한국 파프리카에 1위 자리를 내주었다. 우리나라 파프리카의 생산성이 시설원에 작물 중 네덜란드와 경쟁 할 수 있는 수준임을 감안한다면 생산비를 절감하고 진입 시장 소비자에 맞는 신품종 개발, 수확 후 관리 기술 등을 보완 한다면 신규 시장에서의 경쟁력을 높일 수 있을 것으로 보인다. 파프리카 수출 수익성 예측을 위해 한국의 파프리카 생산량 추이, 생산비, 수출 단가 등을 검토하였음

[표 2-185] 한국 파프리카 생산 추이

연도	2012	2013	2014
재배면적(ha)	430	575	598
생산량 (천톤)	51	63	64
단수(톤/ha)	118	109	108

자료: 농림축산식품부

[표 2-186] 한국 파프리카 및 타 작목 생산비 (천원/10a)

구분	파프리카	오이(축성)	토마토(축성)	딸기(축성)	시설참외
조수입	42,430	29,779	25,673	22,123	9,736
경영비	26,548	15,799	13,248	10,284	3,925
소득	15,882	13,980	12,425	11,839	5,811
소득비교(%)	100	88.0	78.2	74.5	36.6

자료: 농림축산식품부

[표 2-187] 한국 파프리카의 가격 경쟁력

구분	한국	네덜란드, 뉴질랜드
수출단가(US\$/kg)	4.52	5.52
수송비용(US\$/kg)	0.51	3.00

자료: 농촌진흥청

[표 2-188] 파프리카 수익성 예측

1ha, 단위 US\$

항목	단위	산출액
생산비	US\$	227,684
생산량(1ha)	kg	100,000
수출단가(USD/kg)	US\$	4.52
매출(USD)	US\$	452,000
수익(USD)	US\$	224,316

- 파프리카 수익성 예측은 한국의 생산비를 적용하였지만 미얀마 현지 생산비를 적용할 경우 예측 수익성이 더욱 크게 나타날 것으로 판단된다. 수익성을 높이기 위해서는 생산비를 절감할 수 있는 기술 외에도 단위 면적 당 생산량을 높이고 소비 시장 소비자의 선호도에 맞는 품질을 만족해야 한다. 유통구조를 규모화 및 조직화하여 효율성을 높여야 하고 물류 시스템을 선진화하여 유통 기간을 단축하면서 비용을 절감하여야 한다. 네덜란드의 경우 각 수출 시장에 맞는 개별적인 마케팅 활동을 유지함으로써 시장을 확대하는 것으로 알려져 있음

○ 딸기 수출 수익성 예측

- 세계 딸기 시장 규모는 2017년 기준 25억 달러이며 생산량으로는 약 4,300,000톤이다. 주요 수출국은 스페인, 미국, 멕시코, 네덜란드, 벨기에, 이집트, 모로코, 한국, 독일, 이탈리아 등이며 한국은 세계 8위로 2017년 기준으로 43,000,000US\$ 를 수출하였다. 주요 딸기 수입국은 싱가포르, 홍콩, 인도네시아, 말레이시아, 태국, 두바이, 호주, 베트남 등이며 전 세계적으로 인구의 증가, 건강 식품 선호도 증대에 따라 딸기 소비량은 2016년 9,200,000 톤에서 2025년 11,5000,000톤으로 증가 될 것으로 조사 되었다. 한국과 일본의 딸기는 당도와 향이 좋아 수출 시장에서 반응이 좋지만 생산성이 떨어지고 수출 단가가 높은 단점을 보이고 있다. 따라서 미얀마의 딸기 수출 성공 여부는 단위 면적 당 생산량을 증대 시킬 수 있는 첨단 딸기 온실이 구축이 필요하고 경영비를 절감하여 수출 단가를 낮추어야 한다. 특히 딸기 수출 시에 잔류 농약 검사가 중요하므로 품질 관리 시스템도 선진화 하여야 한다. 미얀마의 경우 주요 딸기 수입국인 동남아시아 국가들에 인접하여 물류 및 유통의 장점을 잘 활용하여야함

[표 2-189] 국가별 딸기 생산성 비교

국가	Kg/m ²
네덜란드	8
미국	5.6
이집트	4.3
스페인	3.8
멕시코	3.3
한국/일본	3
터키/이탈리아	2.5

자료: FAO Statistics, 2011

- 세계 딸기 수출 시장에서 스페인, 미국, 멕시코, 네덜란드, 벨기에의 시장 점유율이 거의 80%를 차지한다. 한국은 1.7%이다. 그러나 5대 딸기 수출국의 수출 경쟁력은 맛과 품질 보다는 가격 경쟁력임

[표 2-190] 세계 딸기 주요 생산국 및 수출 동향

순위	국별	생산량 (톤)	수출량 (톤)	수출액 (1,000\$)	수출단가 (달러/kg)
1	중국	2,997,504	1,291.5	3,222.5	2.50
2	미국	1,360,869	138,948.5	467,689.7	3.37
3	멕시코	379,464	113,316.7	232,528.9	2.05
4	터키	372,498	14,286.5	16,893.2	1.18
5	스페인	312,500	294,249.0	641,908.8	2.18
6	이집트	254,921	54,751.7	75,484.2	1.38
7	한국	216,803	3,063.9	31,608.3	10.32
8	폴란드	192,647	19,682.1	26,717.6	1.36
9	러시아	188,000	0.7	6.1	9.14
10	일본	160,237	204.6	4,118.9	20.13
세계전체		7,294,536	902,341.9	2,426,725.4	2.69

주 : 생산량은 2013년 기준, 수출량, 수출액, 수출단가는 2014년 기준
 자료 : FAO, UNCOMTRADE

- 미얀마 딸기 수출 전략에서 우선 선택해야 하는 과제는 한국과 일본과 품종을 재배하여 고가 시장을 목표로 할 것인지 저가 수출 시장을 선택해야 할지 검토해 보아야 한다. 미얀마 딸기 수출 수익성 예측에 적용된 딸기 생산비는 표 2-55 한국 파프리카 및 타 작목 생산비 자료를 인용하였다. 수출 단가의 경우 한국 품종을 기준으로 산출하였으며 미얀마의 생산비가 절감될 수 있다면 수익은 더 높게 나타날 것으로 예측됨

[표 2-191] 딸기 수익성 예측

1ha, 단위 US\$

항목	단위	산출액
생산비	US\$	87,822
생산량(1ha)	kg	30,000
수출단가(USD/kg)	US\$	10.32
매출(USD)	US\$	309,600
수익(USD)	US\$	221,778

○ 멜론 수출 수익성

- 멜론의 전 세계 교역량은 2,429,000 톤으로 주요 수출국은 스페인, 멕시코, 미국, 브라질, 이란, 프랑스이고 수입국은 미국, 독일, 영국, 프랑스, 캐나다, 네덜란드, 벨기에, 일본, 스위스, 이탈리아, 포르투갈 등이다. 멜론은 물류비가 수출 여건에 주요한 요소이다. 수출 시장은 크게 EU 지역, 북미 지역, 러시아, 아시아 지역으로 나눌 수 있으며 EU시장에서는 스페인, 이탈리아, 프랑스, 네덜란드, 우크라이나 수출국들이 가격, 과잉생산, 물류비 등의 차별화로 경쟁하는 시장이며 북미지역은 남미의 온두라스 멜론 및 미국 서부 지역의 멜론 공급 등 물류비에 의한 경쟁 요소가 강한 지역이다. 따라서 멜로 시장의 다변화를 위해서는 근거리 수출 시장을 우선 목표 시장으로 보는 게 타당하다. 특히 멜론의 수출 가격은 각 수출 시장 별로 가격 편차가 큰 작물에 속하기 때문에 가격 동향을 예의 주시해야 한다. 유럽 지역은 스페인 멜론 수출 점유율이 높으며 북미 지역에서는 과테말라가 수출 시장을 지배하고 있다. 북미 수출 시장은 과테말라, 온두라스, 파나마, 브라질, 멕시코 등이 수출 시장에서 경쟁을 벌이고 있지만 주로 저가 시장에서의 경쟁이다. 멜론 수출 시장에서 kg 당 수출 단가는 공급량, 계절, 소비시장 환경 변화에 따라 가격이 요동치는데 일반적으로 US\$1.35~4.51 에서 가격이 형성된다. 멜론 수출 1위인 과테말라의 수출량은 455,000톤 2위 스페인은 444,000톤 브라질이 213,000 이며 한국은 약 1,511톤 정도이다. 세계 멜론 수출 수준에서는 큰 격차가 있음

[표 2-192] 국가별 멜론 생산량 및 재배 면적

(단위:ha,톤)

1997			2001		
국명	재배면적	생산량	국명	재배면적	생산량
중국	170,700	8,155,000	중국	400,300	8,155,000
터키	116,000	1,750,000	터키	115,000	1,916,000
이란	73,000	926,000	이란	70,000	1,000,000
미국	52,330	1,164,000	미국	52,000	1,200,000
스페인	43,200	920,000	루마니아	51,000	945,000
루마니아	42,100	626,000	스페인	38,500	964,100
인도	31,300	640,000	이집트	37,007	866,632
멕시코	30,726	592,000	인도	31,500	645,000
파키스탄	30,000	400,000	멕시코	31,500	510,000
이탈리아	23,000	519,000	독리아스	30,000	400,000
한국	10,395	294,000	한국	11,000	320,000

주) 재배면적 및 생산량은 멜론, 참외종류를 합친 것임

자료) 세계식량농업기구, FAO

- 한국의 멜론 수출은 2017년도 기준 총 1,511 톤으로 수출액은 US\$ 4,220,000 이었으며 수출단가는 평균 US\$ 3/kg 이었다. 동아시아의 멜론 수출 시장은 대만(355톤수출), 홍콩, 싱가포르, 러시아 등이다. 말레이시아는 멜론 주요 수출국으로 홍콩은 수입한 멜론을 다른 국가로 재수출하는 특징을 가지고 있다. 일본은 주로 멕시코 멜론을 수입하고 말레이시아는 중국산 멜론을 수입한다. 미얀마에서 멜론을 생산 할 경우 중국과의 경쟁이 예상된다. 네덜란드가 파프리카의 일본 수출 시장에서 한국에 시장 점유율이 차지된 이유 중 하나는 항공 운송으로 인한 경쟁력 약화이다. 미얀마는 지역적인 이점으로 물류비 절감 및 신선도 유지 효과가 기대되기 때문이다. 미국의 멜론 생산지가 서부지역에서 중부 지역으로 옮겨진 경우가 있는데 그 주된 원인은 물류비 절감 때문이었음

[표 2-193] 멜론 생산비 및 소득 격차

구 분	상위 농가	불위 농가
소 목 (천원/10a)	10,043	1521
경 영 비 (천원/10a)	8,233	2,971
노 동 시 간 (시간/10a)	294	390
수 량 (kg)	3,112	3,145
기 격 (원/kg)	6,313	1,418
유 기질비료 (kg/10a)	1978	1098

자료: 농촌진흥청

- 동아시아 지역에서는 중국 및 호주가 멜론 수출 국가로서 시장을 확장하고 있다. 미얀마에서 멜론을 생산 할 경우 지리적인 장점으로 인해 일본, 중국, 몰디브, 말레이시아, 홍콩 등의 시장 확대를 기대할 수 있다. 수출 시장에서 멜론은 품질에 따른 가격차이가 큰 작목이기 때문에 브랜드나 주산지 및 생산 농가간에 품질, 소득 격차가 크게 나타나고 품질에 따라 가격은 3.5배 정도 차이가 나타나는 것으로 조사 되었다. 멜론 수출 시장이 가격 및 품질에 따라 큰 차이를 보이는 경향이 있으므로 경쟁력을 확보 하기 위해서는 멜론을 먹기 좋게 1차 가공하여 간편 편이한 포장을 을 하는 방안도 검토되어야 한다. 전 세계 멜론 수출 규모는 해 마다 7% 이상 증가 | 8하년 백만 달러에서 년 2000 652 2013 백만 달러로 연평균 성장해 오고 있음 1,603 7.1% ▪ 전 세계 멜론 수입 규모는 년 백만 달러에서 하는 시장이다. 멜론은 유통 중 품질 저하가 우려되는 작물이므로 미얀마의 지리적인 접근성을 기준으로 일본, 홍콩, 싱가포르, 대만, 말레이시아 등으로 수출 역량을 집중하고 수출역량 기반 조성이 이루어지면 미국, 유럽, 중국 등으로 수출을 확대 할 수 있음

[표 2-194] 멜론 수익성 검토

1ha 기준

번호	구분	멜론	비고
1	생산량(kg/1ha)	30,000	
2	수출단가(US\$/KG)	3	
3	수입(A) (1*2)	US\$90,000	
4	생산비(B)	US\$68,000	
5	수익(A-B)	US\$22,000	

- 멜론 수출 시장에서 경쟁력을 확보 하기 위해서는 친환경재배, 지구 온난화 방지 협약 관련 인증서 등 재배 시에 환경 보호 기준에 맞는 브랜드를 개발하는 것을 고려할 수 있다. 수출 시장의 멜론 품질 기준의 기본은 달고 맛있으며 부드러운 육질이 보장 되어야 하지만 가능하면 유통 기간이 긴 품종을 선택하여야 한다. 크기와 포장은 수출 국가마다 요구 조건이 다르기 때문에 별도의 조사가 필요하다. 미얀마는 생산비가 저렴한 반면 유통 구조가 취약하고 물류 시스템도 부족하다. 특히 멜론 재배 시 노지 재배가 위주로 되어 있어 시설재배로 전환 할 경우 생산성, 품질에서 우위를 보일 수 있지만 유통, 물류, 수출 마케팅 분야에서는 지속적인 개선이 필요할 것임

○ 시설오이 수출 수익성 예측

- 전세계 오이 수출 물량은 2015년 기준 총 2,575,000 톤 규모이고 금액으로는 US\$ 2,113,000,000 (한화 약 2조 5천억원)으로 주요 수출 국가는 멕시코이나 멕시코의 오이 수출 시장은 미국에 제한되어 있다. 멕시코의 오이 수출량은 693,000 톤(2016년) 이었다. EU 지역에서 오이의 수출 1위는 스페인이다. 2016년 총 633,000 톤을 수출 하였다. 네덜란드와 비교하면 거의 2배 수준이다. 오이 수출 시장에서 아시아 지역의 수출 시장은 향 후 가장 크게 성장 할 수 있는 잠재력이 있는 시장으로 평가되며 수출 경쟁력으로는 품질, 안정적인 공급, 유기농 재배, 다양한 품종 등으로 시장 확장을 기대하고 있다. 오이의 최대 생산 국가는 중국이지만 단위 면적 당 최고 생산국가는 네덜란드이다. 네덜란드는 65.92 kg/m² 로 2위인 독일의 8.28 kg/m², 한국 6.91 kg/m² 에 크게 앞섬

[표 2-195] 세계 오이 수출 국가 현황

구분	스페인	네덜란드	벨기에	터키
수출량kg	633,000,000	360,000,000	70,000,000	48,000,000
점유율(%)	24.2	13.78	2.63	1.83
수출액(Euro)	549,000,000	387,000,000	65,000,000	25,000,000
단가 (Euro/kg)	0.868	1.072	0.946	0.532

자료: Hortoinfo with data from the Statistics Division of the United Nations (UN), COMTRADE, and of the Statistical Office Eurostat (ICEX-Eurostat)

- 수출 시장에서 시설 오이의 가격 경쟁력을 위해서는 최소한 0.5ha 이상의 시설 규모를 유지하여야 생산비가 절감되고 수익성도 높은 것으로 조사되었다. 특히 시설 오이의 생산비 중 난방비의 비중이 매우 높기 때문에 미얀마에서 시설오이를 생산할 경우 생산비 측면에서 장점을 살릴 수 있다. 특히 노동 집약적인 시설오이 생산에서 저렴한 노동력을 제공할 수 있다면 가격 경쟁력에서 매우 유리함

[표 2-196] 한국 시설오이 생산비 (기준:년/10a)

작목	수량(kg)	가격(원)	생산비(원)	소득(원)
시설오이	10,462	1,346	10,956,783	7,091,763

자료: 농촌진흥청, 주요국가별 농축산물 생산비 비교, 2017

- 시설 오이의 세계 수출 시장 진출을 위해서는 우선 생산량을 높이는 생산기반이 갖추어져야 한다. 수익성을 위해서는 생산성 향상과 함께 품질을 차별화하여 가격을 올리는 노력도 병행 되어야 하며 생산비를 절감할 수 있는 기술적인 접근이 필요하다. 한국 농촌진흥청의 국가별 생산비 비교 자료를 검토해보면 오이의 경우 중국의 4배, 대만의 2.2배로 조사 되었음

[표 2-197] 우리나라 시설오이 수출 수익성

1ha 기준

번호	구분	시설오이	비고
1	생산량(kg/1ha)	104,620	농림축산식품부
2	수출단가(US\$/KG)	0.950	국제시세 평균
3	수입(A) (1*2)	US\$99,389	
4	생산비(B)	US\$92,775	농촌진흥청
5	수익(A-B)	US\$6,614	

- 우리나라가 네덜란드와 같이 시설오이 생산량이 600,000kg/1ha라면 수익성은 크게 달라진다. 수익성 산출표의 수익성 결정 요소는 크게 3가지로 나눌 수 있다. 생산량, 수출단가, 생산비이며 이 중 수익성 제고에 결정적인 역할을 하는 것은 생산량이다. 수출단가를 상승 시키기 위해서는 품종 개량, 고품질 작물이 생산되어야 하는데 품종 개발이나 고품질 생산은 재배 기술의 향상을 위한 시간과 노력이 많이 필요한 요소이다. 미얀마의 경우 광열비가 적게 들고 인건비가 저렴한 장점을 살려 생산성을 높인다면 시설오이 수출 확대에 유리할 것임

□ 사업 비용 예측

○ 주요 시설

- 미얀마 농업의 특징은 풍부한 토지자원, 수자원 및 노동자원을 보유하고 있으며 농업 분야는 매년 3.2%의 성장이 예측되고 있다. 특히 미얀마 정부는 농업 분야에 대해 큰 관심을 가지고 있어 외국인 투자 규제를 완화하고 있는 실정이다. 그러나 농업 인프라 및 기술, 교육이 부족하여 농업 생산성이 매우 낮은 약점을 보이고 있음
- 한국 정부는 2014년 한-미얀마 농업분야 협력을 위한 양해 각서(MOU)를 체결하여 양국 농업부 대표가 참석하는“농업협력위원회” 를 설치하고 농업전문가 교류, 식량안보를 위한 농업개발 협력, 관개배수개발,농업기계화,농산물 수확 후 관리 및 유통체계 개선, 민간의 농업투자 촉진 등 다양한 농업 협력 활동을 계획하고 있다. 이를 통해서 양국 농업의 상생 발전에 기여하고 한국의 농업 분야 기업들의 수출 확대를 기대하고 있음
- 미얀마 스마트 팜 R&D 센터 구축 사업은 “예진지구 농축산업 기술혁신 시범단지 개발 사업”의 일환으로 사업 기간은 2021년~2023년(3개년) 총 사업비 300억원으로 추정하고 있다.
- ICT 기반 스마트 팜 연구 센터 조성의 목적은 농업 생산성을 높일 수 있는 첨단 생산단지 구축을 위한 기술, 연구, 기획을 추진 할 수 있는 기반 시설을 마련하는 것으로 향후 농산물 수출 시장 확대 및 농업의 6차 산업화를 선도 할 수 있는 교육, 연구 시설을 설치하여 한국의 첨단 스마트 팜 기술의 전파를 통해 양국의 농업 상생 발전을 목표로 하고 있음
- 이를 위하여 ICT 기반 스마트 팜 연구 센터는 높은 생산성 및 스마트 팜의 기술이 검증된 유리온실 1동(0.5ha), 플라스틱 온실 1동(0.5ha), 육묘장 1동, 연구동 및 교육실 1동으로 계획하고 있다. 총 사업비는 약 500억 달러(US\$)로 계획하고 있음

○ 유리온실 (재배 작물 파프리카)

- 유리온실은 플라스틱 온실에 비해 여름철의 고온, 겨울철의 저온에 대한 적응성이 높고 축성, 반축성, 등 연중 온실이용이 편리한 장점을 가지고 있다. 네덜란드와 같이 빛이 부족한 나라들에서 주로 시공되고

- 있다. 단점으로는 플라스틱 온실에 비해 초기 투자비가 비싼 게 흠임
- 수경재배 방식을 채택하여 행인 거터를 설치하여 최적의 작물 재배 환경을 제공하도록 되어 있다. 환경 관리 시설로는 온수난방, 강제 환기시설, 복합환경제어장치, 관비 및 방제시설, 탄산가스발생기, 순환팬, 내피복 자동개폐장치, 보광시설, 냉방, 운반 장치 등으로 구성되어 있음
 - 전체 온실 면적은 0.5ha로 계획하고 있으며 비용은 아래표와 같이 산출하였음

[표 2-198] 미얀마 유리온실 비용 예측 (파프리카 0.5ha)

단위: 원

NO	공정	구 분	벤로형 유리온실
			파프리카 / 0.5ha
1	기초	기초공사(현지시공)	-
2	철골공사	철골	122,500,000
3	금속,알루미늄 및 피복	금속,알루미늄 및 피복	210,000,000
4	천창개폐	천창개폐 시스템	56,000,000
5	방충망시설	방충망	26,180,000
6	보온/차광시설	수평커튼(차광스크린)	77,000,000
		수평커튼(보온스크린)	78,000,000
		측면수직커튼	4,437,500
		전후면 수직커튼	3,768,500
7	전기공사	케이블트레이공사	10,000,000
		개폐기 전기배선공사	5,000,000
		현장제어반(콘트롤박스)	12,500,000
8	재배시설	행인재배	60,000,000
		육묘재배시설	41,000,000
		그라운드커버	6,720,000
		양액시설(파프리카)	8,500,000
		복합환경제어 시스템	12,500,000
9	부대시설	유동팬시설	13,000,000
		포그시설	40,320,000
		휴게실 / 제어실	4,850,000
10	계		792,276,000

○ 플라스틱 온실 (재배 작물 딸기)

- 한국의 비닐 온실은 전체 온실 면적의 99%를 차지하며 다양한 기술이 적용되어 시공비가 유리 온실의 50% 로 저렴하며 기능에 있어서는 유리 온실과 크게 차이 나지 않음
- 미얀마에 시공될 한국형 플라스틱 온실은 벤로타입으로 구조재로는 내식성이 기존 하우스용 파이프 보다 5배 이상 강한 PosMac 소재의 각관 및 경량 철공 구조를 적용할 예정이다. 재배 환경 관리를 위해 천창, 측창 환기 및 강제 환기시설을 보완하였고 피복은 PO 필름 및 PE 필름으로 설계 되어 있다. 광투과율과 환기 효율이 뛰어난 피복 자재를 적용할 것이며 첨단환기 조절 장치, 제어 시스템과 양액, 관수 시스템을 적용하여 생산성을 극대화 할 것임
- 보온과 채광 관리를 위해 2종의 알루미늄 수평 스크린 시스템이 적용 되었고 측면 커튼으로는 다겹 보온재가 사용된다. 수경재배 방식을 채택하여 행인 거터를 설치하여 최적의 작물 재배 환경을 제공하도록 되어 있다. 환경 관리 시설로는 온수난방, 강제 환기시설, 복합환경제어장치, 관비 및 방제시설,

탄산가스발생기, 순환팬, 내피복 자동개폐장치, 보광시설, 냉방, 운반 장치 등으로 구성되어 있다. 전체 온실 면적은 0.5ha로 계획하고 있으며 비용은 아래표와 같이 산출하였음



[그림 2-279] 한국형 플라스틱 온실

[표 2-199] 한국형 플라스틱 온실 비용 예측 (딸기 0.5ha)

단위: 원

NO.	공정	구 분	벤로형 비닐온실
			딸기 / 0.5ha
1	기초	기초공사(현지시공)	-
2	철골공사	철골	122,500,000
3	금속,알루미늄 및 피복	금속,알루미늄 및 피복	175,000,000
4	천창개폐	천창개폐 시스템	56,000,000
5	방충망시설	방충망	26,180,000
6	보온/차광시설	수평커튼(차광스크린)	77,000,000
		수평커튼(보온스크린)	78,000,000
		측면수직커튼	4,437,500
		전후면 수직커튼	3,768,500
7	전기공사	케이블트레이공사	10,000,000
		개폐기 전기배선공사	5,000,000
		현장제어반(콘트롤박스)	12,500,000
8	재배관리설비	행인재배(딸기)	60,000,000
		육묘재배시설	41,000,000
		그라운드커버	6,720,000
		양액시설(딸기)	8,500,000
		복합환경제어 시스템	12,500,000
9	부대시설	유동팬시설	13,000,000
		포그시설	40,320,000
		휴게실 / 제어실	4,850,000
10	계		757,276,000

○ 육묘장

- 육묘시설은 우수한 우량모주(원묘) 보급 확대 및 무병 우량모주(원묘) 보급체계 확립 및 고품질 작물 안정생산에 필요한 시설이다. 특히 딸기의 경우 우량 모주의 확보가 매우 중요하여 별도의 육묘 시설을 운영하여야 향 후 수출 전문 온실 단지 구성 시 원활한 우량 모주를 공급할 수 있다. 육묘장의 구성은 파종 및 발아실, 접목실, 회복실 등으로 구성되어 있으며 재배환경관리 부대 시설인 천창 및 보온 스크린 자동화 시설, 육묘를 위한 베드 시설, 양액시스템, 무인 방제 시설 및 포그 시설 등이 포함된다. 우량 모주는 재배가 까다롭고 노동 집약적이므로 수출 시장 시장을 확대 할 수 있는 재배 분야임



[그림 2-280] 딸기 육묘장

[표 2-200] 육묘장 공사비 예측

구분	품목	규격	수량	단위	단가(원)	금액(원)
1. 골조공사						
	기둥 파이프	Φ59.9*2.1t*3.5m	123	ea	15,231	1,873,436
	기둥보 파이프	Φ48.1*2.3t*8m	39	ea	30,273	1,180,653
	중방파이프	Φ48.1*2.3t*8m	82	ea	30,273	2,482,399
	기둥 브래싱용 파이프	Φ48.1*2.1t*6m	6	ea	20,784	124,702
	파이프	Φ25.4*1.2t*10.1m	26	ea	11,717	304,651
	전후면 마감기둥파이프	Φ48.1*2.1t*10m	14	ea	34,639	484,953
	서까래 파이프	Φ31.8*1.7t*9.3m	336	ea	19,774	6,643,977
	외부방풍벽 서까래파이프(1층)	Φ31.8*1.7t*3.9m	336	ea	8,292	2,786,184
	지붕 가로대 파이프(S-W)	Φ25.4*1.2t*10.1m	140	ea	11,717	1,640,429
	방풍벽가로대 파이프(S-W)	Φ25.4*1.2t*10.1m	60	ea	11,717	703,041
	기둥치마 가로대 파이프(S-W)	Φ25.4*1.2t*10.1m	20	ea	11,717	234,347
	천창 브래싱파이프	Φ25.4*1.2t*9.5m	8	ea	11,021	88,170
	T 크래프	Φ48*60	123	ea	2,531	311,338
	T 크래프	Φ48*48	16	ea	1,406	22,500
	U크래프	Φ60*48	123	ea	3,375	415,117
	중방 받침파이프	Φ48.1	156	ea	6,328	987,168
	연동 쌍꽃이	Φ48*32	168	ea	1,617	271,682
	외벽 크래프	Φ48*32	336	ea	2,531	850,483

구분	품목	규격	수량	단위	단가(원)	금액(원)
	강선 조리기	Φ25*32	2,580	ea	141	362,805
	U크램프	Φ48*48	32	ea	1,406	44,999
	마감 대각크램프	Φ32*48	32	ea	1,589	50,849
	칼라 패드	0.8t*6m	230	ea	8,437	1,940,587
	결로수 패드	6m	34	ea	48,515	1,649,499
	AL 물받이패드	1.2t*6m	34	ea	19,336	657,409
	사철(코팅 스프링)	2m	954	ea	323	308,553
	결로수 흡통		34	ea	3,516	119,529
	LD관	Φ13*200m	1	ea	33,749	33,749
	출입문용 파이프	□30*30*6m	16	ea	13,972	223,556
	출입문 로라		24	ea	5,625	134,997
	출입구 하부 C형강레일	GI 60*30*6m		ea	11,840	
	물받이(젼)	0.6t / w:600*102m*1롤	102	m	9,675	986,831
	스텐(SUS) 피스	#8*16*500ea*24봉	1	box	337,493	337,493
	육각 피스	L=25*500ea*6봉	2	box	147,653	295,307
	고리 고정구(볼트+너트)	Φ32	342	ea	802	274,129
	밴드용 낙하산줄	20mm*500m	5	ea	123,044	615,222
	소계					29,440,745
	2. 피복공사					
	지붕+측면필름	0.1t*12.8m*103m *2롤	2,637	m ²	562	1,483,284
	전후면 마감용	0.1t*6m*19m *2롤	228	m ²	562	128,248
	상부 천창 치마(직조필름)	0.2t*1m*200m *1롤	200	m ²	6,328	1,265,600
	하부 치마용 필름	0.1t*1m*100m *2롤	200	m ²	562	112,498
	방풍 및 출입문용 필름	0.1t*1.5m*50m *1롤	75	m ²	562	42,187
	하부치마 흑색마대	1.5m*100m*2롤	300	m ²	619	185,621
	멀칭 핀		1	box	158,200	158,200
	방충망(측면용)	1.8m* 100m	2	roll	133,591	267,182
	방충망(천창용)	1.5m* 100m	2	roll	126,560	253,120
	소계					3,895,940
	3. 자동화 공사					
	개폐파이프(1중측면용),s-w	Φ25.4*1.5t*10.2m	20	ea	14,702	294,041
	개폐파이프(1중천창용),s-w	Φ25.4*1.5t*10.2m	20	ea	14,702	294,041
	개폐가이드용 파이프	Φ31.8*1.5t*9.5m	2	ea	17,207	34,413
	동력피복 개폐기(roll-up)	DC 24V (50W)	4	ea	87,889	351,556
	전 선	vctf 1.5*2p*300m	1	roll	174,653	174,653
	수직 가이드로라	Φ25	2	set	21,093	42,187
	하우스 크립	Φ25*600개	1	box	56,952	56,952
	콘트롤 박스(온도,우적)		1	EA	1,212,867	1,212,867
	소계					2,460,710
4. 벤치공사						
	베드용 파이프	Φ31.8*1.5t*9.5m	215	ea	17,207	3,699,406
	베드 측면파이프	Φ31.8*1.5t*9.5m	120	ea	17,207	2,064,785

구분	품목	규격	수량	단위	단가(원)	금액(원)	
	가로대 파이프	φ25.4*1.5t*9.5m	360	ea	13,693	4,929,513	
	하부 침하파이프	φ25.4*1.2t*9.5m	120	ea	11,021	1,322,552	
	기둥 브레싱용	φ25.4*1.2t*9.5m	12	ea	11,021	132,255	
	T 고정구	φ32	2,400	ea	281	674,987	
	새들 고정구	φ25	2,000	ea	98	196,871	
	연결핀	φ25*1.5t	500	ea	239	119,529	
	칼라 패드	0.8t*6m	200	ea	8,437	1,687,467	
	코팅 스프링	2m	600	ea	323	194,059	
	스텐 피스	#8*16*500ea*24봉	2	box	337,493	674,987	
	명석망	2.0m*50m	6	ea	105,467	632,800	
	차광망	12.0m*103m	1	롤	869,046	869,046	
	소계					17,198,257	
	5. 무인 방제 공사						
	기계부	펌프,모터,전동밸브 외	1	set	8,101,952	8,101,952	
	자동분배모듈	DC24V 구동(SUS 밸브)	3	set	303,702	911,106	
	BU	15mm 소켓	5	ea	10,964	54,822	
	BT	15mm T	-	ea	18,565	-	
	파이프	15mm*300m(압력100bar용)	2	ea	1,212,867	2,425,734	
	체크밸브 모듈	15mm, 100bar	6	ea	28,705	172,227	
	포그노즐 조립셋트		150	set	7,115	1,067,323	
	클립	와이어 고정용	1,500	ea	49	72,772	
	와이어	3mm*1000m	1	ea	185,617	185,617	
	철사	L:60mm	150	ea	1,132	169,801	
	소계					13,161,353	
	총계(1+2+3+4+5)						66,157,005

○ 연구동 및 교육센터

- 스마트 팜 연구동 및 교육 센터는 시설원에 스마트팜 핵심기술 개발, 스마트팜 기반·관리 시스템 연구 및 농산업 분야 우수연구인력을 육성하는 것을 목표로 하고 있다. 작물 재배 기술 및 스마트 팜 운영 기술자, 시설 작물 수출 전문 인력을 양성하여 향후 수출 기반 시설원에 산업 발전의 기반을 마련 할 수 있는 기반을 조성하여야 한다. 교육 프로그램은 시설원에 전문가로서 갖추어야 할 기본적인 시설원예기초, 원예작물(채소, 과수, 화훼) 재배, 시설 구조자재, 시설환경 관리, 전기·전자 등을 교육하고 시설원에 농장에서의 현장실습을 통한 현장 기술 지식 및 실무경험 습득과 농장경영을 체험한다. 원예 작물 양액재배, 온실 환경제어 자동화 시스템, 양액 자동화 시스템, 온실 구조 설계, 복합환경조절 프로그램, 온실 운영관리, 경영 기법, 시설원예 창업설계 등 실무능력 강화와 시설원예 현장에서 활용할 수 있는 현장 기술을 배양하고 판매, 유통, 마케팅 등 농장경영에 필요한 전문기술 교육 등으로 이루어져 있음



[그림 2-281] 교육 센터

○ 사업 추진 공정표

마안마 스마트 팜 R&D 센터 공정표												
항목	추진 일정 (Month)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
설계 및 인허가	→											
진입도로공사		→										
수전 설비 공사		→										
하우스 설치 공사												
* 자재 발주 및 입고		→	→									
* 철골제작					→							
* 포장 및 선적				→								
* 현지 설치 공사					→	→	→					
* 관수공사						→	→					
* 냉방공사							→					
* 환경제어공사							→					
연구동, 교육실, 관리동 공사								→	→			
도로 및 조경공사										→	→	
전기공사(조명 및 자동화)			→	→	→	→	→	→	→	→	→	
시운전								→	→	→	→	

○ 인력 운영 계획

미얀마 스마트 팜 R&D 센터 인력 운영 계획						단위/원
번호	인력구분	투입 인력 (인)	급여/월	급여/년/1인	급여/년	
1	관리자	한국파견	3	11,600,000	139,200,000	417,600,000
		현지인	5	250,000	3,000,000	15,000,000
2	재배기술자, 강사, 농학 박사	한국파견	3	11,600,000	139,200,000	417,600,000
3	노무자(농작물 재배, 선별, 수확)	현지인	20	140,000	1,680,000	33,600,000
4	식당조리사	현지인	3	140,000	1,680,000	5,040,000
5	노무자(숙소, 교육장, 연구소)	현지인	3	140,000	1,680,000	5,040,000
	총원		37			893,880,000

○ 운영경비 지출 계획

미얀마 스마트 팜 R&D 센터 운영 경비 지출 계획			
구분	항목	지출 금액 (원/년)	비고
1	직접 노무비	893,880,000	
2	간접노무비	94,751,280	직접 노무비의 10.6%
3	제세공과금	217,498,882	전기세, 전화세, 인터넷, 각종 세금, 직접 노무비+간접 노무비*22%
4	시설유지보수 관리비	100,000,000	소모자재비
5	도서인쇄비 및 지급 수수료	100,000,000	인쇄비, 포장비, 배송비, 도서구입비, 복사용지, 우편물 등
6	복지비	100,000,000	식당운영비, 안전관리비, 숙소 운영비, 교육비
7	부대운영경비	100,000,000	씻갓, 비료, 농약, 차량, 사무실 운영비, 출장 경비, 운입 등
8	보험료	50,000,000	기업보험, 차량보험, 화재보험
	총계	1,656,130,162	

□ 결론

- 미얀마는 풍부한 토지 자원, 수자원 및 노동자원을 보유하고 있고 농업 분야 발전에 대한 미얀마 정부의 지원이 많은 장점을 가지고 있으며 농업 분야 매년 3.2% 성장 전망하고 있다. 특히 미얀마 정부는 농업에 대해 외국인 투자 규제 완화를 실시하고 있지만 농업 생산성 및 기술이 떨어지고 숙련된 노동인력의 부족한 실정임
- 미얀마 농업축산관개부(Ministry of Agriculture, Livestock and Irrigation)는 2018-2023년까지 5개년 미얀마 농업개발전략(ADS: Agriculture Development Strategy)을 발표하고 농업분야의 부가가치를 30%에서 80%로 확대하는 동시에 미얀마의 농산물 수출 비중을 30%까지 끌어올리는 목표를 수립하였음
- 한국 정부는 2014년 한-미얀마 농업분야 협력을 위한 양해 각서(MOU)를 체결하여 양국 농업부 대표가 참석하는“농업협력위원회” 를 설치하고 농업전문가 교류, 식량안보를 위한 농업개발 협력, 관개배수개발,농업기계화,농산물 수확 후 관리 및 유통체계 개선, 민간의 농업투자 촉진 등 다양한 농업 협력 활동을 계획하고 있음
- 미얀마 스마트 팜 R&D 센터 구축 사업은 “예진지구 농축산업 기술혁신 시범단지 개발 사업”을 일환으로 미얀마의 낮은 농업 생산성을 향상하고 시설원에 작물의 수출 경쟁력을 확보하기 위한 시설농업 기반을 구축하는 연구 및 교육을 위한 기반 구축 사업이 되어야 한다. 따라서 미얀마 스마트 팜 R&D 센터에 조성될 유리온실, 플라스틱 온실, 육묘장은 농업에 4차 산업 혁명 기술이 접목된 스마트 팜으로 조성되어야 하고 생산성 및 품질이 실증되면 스마트 팜 생산 단지를 확대할 수 있는 전문 인력 및 재배 기술자를 양성할 수 있어야 함
- 미얀마 스마트 팜 R&D 센터의 연구는 미얀마 수출 전략에 적합한 재배 작물의 선정, 수출확대를 위한 품질 기준 및 유통, 물류, 마케팅 기법을 개선할 수 있도록 추진 되어야 할 것이다. 미얀마에 한국의 첨단 스마트 팜 기술이 적용되면 우리나라 시설원에 관련 기업들의 수출도 향상되고 양 국가간의 협력 관계 발전이 기대됨

다. K-Plant 단지형 (클러스터) 모델 개발

□ 개발 배경

- 농산업은 이제 단순한 생산과 유통 환경을 벗어난 농업의 고부가가치 산업육성을 통해, 다양한 지역 계층의 참여 활동이 보장될 수 있는 산업구조를 마련하고, 이를 통한 지역민의 이주를 방지하고 외부로부터 일자리를 위한 유입이 가능하도록 농업의 2차, 3차 산업의 고도화가 필요함.
- 코로나 이후 변화될 사회 및 산업 구조에 적합한 농업 수익 모델(Agro Business Model)로 특화하며, 이를 통한 지역에 관련 농업 산업의 기술보급 및 확산이 남원시의 농업행정과 유기적으로 연계되도록 외연 구성이 요구되며, 이러한 한국형 농업의 새로운 모델이 곧 세계화를 주도할 농산업의 핵심이 될 것으로 봄.
- 국내 스마트팜 생산 관련 시장은 2012년 2조 4,295억 원에서 연평균 10.5%로 성장하여 2020년에는 5조 4,048억 원 규모에 이를 것으로 전망된다. (산업연구원 ISTANS, 2018) 또한 한국의 바이오산업 시장은 2013년 8조8979억7300만 원에서 연평균 7.25% 성장률을 보이며 2017년 11조7719억7300만 원으로 확대됐으며, 2017년에도 전년 대비 9.80% 증가했다. 오는 2020년 14조6572억 원을 넘어서 미래 먹거리로

성장할 것으로 예상된다. (한국산업마케팅연구소, 2019).

- 세계농업은 과거 1차 산업으로서의 위상을 벗어나 ICT를 기반으로 하는 4차 산업 혁명의 핵심적인 가치로 두고 접목을 통해 시장환경 변화 및 기후변화 등의 농업경제의 내외부 환경 변화에 대응하고 있으며, 코로나19로 인한 농업 환경의 변화는 식량 자급과 생산 환경의 급격한 변화를 가져왔으며, 이에 각국은 강력하게 스마트팜 산업을 후원하고 있음.
- 이에 따라 정부도 세계의 농업혁신 정책 흐름에 따라 오는 2022년까지 스마트팜 청년 농부(39세 이하) 600명을 육성하기로 하였으며, 4개의 스마트팜 혁신 밸리 조성을 통해 국내 스마트팜 확산에 박차를 가하고 있음. (제5차 경제관계장관회의, 2018)
- 이 밖에도 농촌진흥청은 수직형 스마트팜을 ‘실내농장’으로 명칭을 지정하고 2019년 전국의 농업 경영체를 대상으로 27.38억 원 규모의 지원사업을 실행하면서 본격적인 국내 스마트팜 산업 육성에 매진하고 있음.
- 또한 정부는 바이오헬스 산업을 비메모리 반도체, 미래형 자동차와 함께 차세대 ‘3대 주력산업’으로 육성하기로 하여. 이를 위해 100만 명 규모의 ‘국가 바이오 빅데이터’를 구축하고 정부 연구·개발(R&D) 투자를 오는 2025년까지 연간 4조 원 이상으로 확대할 계획이다. 이를 위해 세제지원 확대, 인허가 규제 개선도 추진하고 있음. (바이오헬스 산업 혁신전략, 2020)
- 이처럼 국가의 농업정책은 4차산업 기반의 첨단 농업 시설의 확산과 이를 기반으로 한 융복합 산업의 확산으로 개편되어가고 있으며, 이를 통해 농업기반의 경제활동 주체의 고부가가치 실현과 지역내총생산(Gross Regional Domestic Product : GRDP)의 증가를 목표로 하고 있음. 따라서 농업환경변화와 국가 정책 아젠다 변화 추이에 맞춘 지역에 적합한 비전이 제시되어야 함.
- 따라서 ICT 기반의 농업 4차산업인 스마트팜을 통한 1차 생산물의 고도화와 고도화된 농업생산물의 BIO 산업적용을 시키는 2차 산업의 조성, 그리고 지역 경제의 유기적 활성화를 도모하기 위한 농업의 1차 및 2차 산업을 토대로 한 3차 산업 육성, 마지막으로 1차, 2차, 3차 산업의 가치 사슬을 포함하는 클러스터를 구축하여 수출 모델로 개발하는 것이 필요함

□ 스마트팜 개념 및 종류

○ 스마트팜 개념

- 스마트팜은 정보 통신 및 데이터 분석 기술이 도입된 농업 현장의 대표적인 최첨단 작물 생산 장치라 정의할 수 있다. 스마트팜의 장점 중 하나는 작물 생산성 및 품질에 영향을 끼치는 직접적인 환경 요인들을 계획적으로 관리할 수 있다는 점이다. 따라서 작물 생육 장애, 병해 등의 예방 조기 진단의 수행이 가능한 스마트팜 기능에 대한 사회적 요구가 증가하고 있음
- 국내 스마트팜의 역사는 농림축산식품부가 2015년 1월 13일에 “농업의 미래 성장산업화” 세부 실천 계획을 발표하였음
- 농업분야 경제혁신 3개년 계획인 농업의 미래성장산업화방안 실천을 위해 6차산업화, 첨단화, 규모화, 정예인력 육성, 수출확대, 행복한 농촌 만들기 등 5개 실천계획을 선정하였음
- 특히 첨단, 규모화를 위해 ICT기반 첨단화 및 주산지중심 생산, 유통을 통한 경쟁력 제고를 모색하였고,

- 시설원에 ICT보급(원에 350ha), 스마트팜 맵(인공위성 이용 농경지 지도)을 활용한 실제 경작 확인, 재해 피해 조사 및 인공위성 이용 작황 예측시스템 개발 등을 추진하였음
- 농림식품부에서는 2013년부터 첨단온실 사업에 대한 정부지원을 하고 있으며, 2015년부터는 ‘과수분야 ict 융복합 확산사업’을 시작하였다. 과수분야 ict융복합 사업은 주로 장비지원을 하였는데, 과수원 재배관리 환경제어 ‘스마트과수원’보급 확산을 목표로 하였다. 장비지원 영역은 다음과 같음
 - (환경관리) 온도, 습도, 토양수분, 풍속, 등에 대한 정보수집 및 원격 모니터링
 - (생장관리) 병충해관리, 냉한해 방지, 적정관수, 도난방지 등 통합관리
 - (정보분석) 축적된 생육정보 DB를 활용한 분석 및 컨설팅
 - 농림축산식품부는 2015년 6월 4일에 ‘지자체와 협력하여 스마트팜 확산 및 창조마을을 조성 본격 착수’를 선언하고, 전문가 워크숍 개최, 스마트팜 현장 우수사례 발굴, 창조마을 표준모델 소개 및 시범사업 조성방안 발표 등 적극적 스마트팜 보급을 추진중임
 - 농림축산식품부 내 농·식품 빅데이터 센터에서 수집한 스마트팜 선도 농가 125개의 생육 및 환경 센싱 정보 데이터는 244,675,000 건에 이른다(Oh & Kim, 2017). ICT(Information & Communication Technology)기술의 발달로 스마트팜 내의 환경계측 센싱 시스템의 증가에도 불구하고, 취득된 데이터를 유효하게 활용하는 기술은 아직 미흡한 실정임
 - 이러한 과제에 대한 마련을 위하여 최근 관심을 받고 있는 기술이 빅데이터와 머신러닝 관련 기술이다. 2018년부터 농림축산식품부에서는 스마트팜혁신밸리 사업을 추진하여 스마트팜 기술의 집적화와 청년창업, 기술혁신 및 생산, 교육, 연구 기능이 집약된 첨단 융복합 클러스터를 이루고자 추진중이다. 2022년까지 국내 4개소에 대단위 단지를 조성하여 집약적인 발전을 도모하고 있음
 - 이러한 스마트팜에 대한 정책과제는 혁신밸리 사업뿐 아니라 각 지자체의 테스트베드 구축과 다양한 지원 사업을 추진하고 있다. 이런 정책은 기반구축과 센서 기술개발, 시설 운영비 절감에 주안점을 두고 있다. 국내 스마트팜 시스템은 농업인이 직접 디바이스를 통해 생육환경지표(온도, 습도, 광, pH 등)들을 모니터링하고 이전까지의 경험을 토대로 판단하여 자동으로 제어장치를 작동 할 수 있는 편의를 위한 서비스를 제공함(Lee, 2006)
 - 국내 온실 재배 면적은 1990년 39,994ha에서 2015년 61,330ha로 1.5배 증가하였고, 농산물 생산액은 2000년 29,400억원에서 2015년 52,244억원으로 200년 대비 77%의 증가폭을 보임.(Oh and Kim, 2017)

○ 스마트팜 종류

- 스마트팜의 종류는 농업, 수산업, 임업, 광업분야에 걸쳐 다양하다. 2016년 농림축산식품부에서는 3가지로 분류하여 수직형 농장 모델을 발표하였음
- 스마트 온실(시설원예분야 스마트팜)
 - PC 또는 모바일을 통해 온실의 온습도, 이산화탄소 등을 모니터링하고 창문개폐, 영양분 공급 등을 원격자동으로 제어하여 재배하는 작물의 최적 생육 환경을 유지 관리할 수 있는 농장임
- 스마트 과수원 (과수분야 스마트팜)
 - PC 또는 모바일을 통해 온습도, 기상상황 등을 모니터링하고 원격으로 관수, 병해충 관리 등이 가능한 과수원임
- 스마트 축사 (축산분야 스마트팜)
 - PC 또는 모바일을 통해 온·습도 등 축사 환경을 모니터링하고 사료 및 물 공급시기와 양을 원격자동으로 제어할 수 있는 농장임
- 수직형 농장 (Vertical Farming)
 - 수직형 농장 추진배경 및 목표
 - 최근 지구의 기후온난화로 인하여 가뭄, 태풍, 폭설 등 심각한 기후변화로 인하여 농축수산물 사업자체에 큰

영향을 미치고 있다. 또한 도시내에 도시농업의 일환으로 옥상텃밭, 실내형 스마트팜 등이 점차 늘어나고 있는 실정임

- 2016. 2월에 농림축산식품부에서는 '수직형농장 비즈니스모델 실증사업 추진계획'을 발표하고, 2017년부터 본격적으로 사업자 모집을 실시하고 있음
- 현재 4차산업 기술과 Big Data를 활용한 미래형 스마트팜은 대부분 수직형 식물공장이 될 가능성이 높다. 이것은 4차산업 기술의 모든 기술을 적용하고, 태양광, 황산화 수소수 등을 활용하면서 대규모의 건축물내에 실현되어야 하기 때문에 막대한 초기투자비를 상쇄시키려면 당연히 모든 기반시설, 예를 들면, 전기, 상하수도, 각종 설비라인 및 배관 등이 동시에 설치되어야 만 경쟁력이 갖춰질 수 있기 때문임
- 그래서 현재 스마트팜을 주도하고 있는 미국, 일본, 네덜란드, 싱가포르, 중국 등에서는 이런 대규모 수직형 식물공장을 차세대 스마트팜으로 개발하고 있음

□ 스마트팜 클러스터 모델 분류

○ 스마트팜 6차산업 클러스터

- 지금까지 스마트팜 개요, 관련 기술, 국내외 사례들을 살펴 보았다. 앞으로 스마트팜 (특히, 수직형 식물공장)의 미래는 매우 밝을 것으로 보인다. 즉, 지구의 기후변화로 인한 농작물 피해 사례는 매년 전세계에서 보고되고 있고, 국내에서도 봄에는 가뭄 피해 가을에는 태풍피해, 겨울에는 한파로 인한 냉해 등 점차 식량에 대한 문제가 빠른 속도로 일어나고 있다. 특히 코로나19로 인한 비대면 생산 시스템은 반드시 미래 농업산업에서 필요하다. 이러한 스마트팜 사업은 이미 미국이나 일본에서 어느정도 시스템이 개발되었기 때문에 이를 잘 활용한다면 국내에서도 도시나 농촌에 대규모로 적용이 될 수 있다. 특히 차세대 스마트팜 산업은 단순한 생산 설비에 준하지 않고 고도화된 ICT와 IoT를 활용한 빅데이터 기반의 융복합 산업이 되어야 한다. 이 부분에 있어 한국이 경쟁력을 보유할 것으로 본다. 한국형 스마트팜은 빅데이터를 기반으로한 AI 스마트팜 솔루션으로, 어느 설비나 어느 DEVICE나 이용이 가능한 오픈형 솔루션이 되어야 한다. 또한 농업은 다른 산업 기반과 함께 테마형으로 바뀌어야하며, 이는 미래를 대비해야 하는 농민뿐만 아니라 각 국이 필요로 하는 부분임
- 이미 네덜란드등 유럽에서는 이러한 융복합 산업을 육성중이다. 네덜란드의 Horti center는 전 세계인을 상대로 첨단 농업의 교육, 지역 연계의 농업 관광산업을 진행하고 있다. 연간 4만명의 농업교육 관광인구가 다녀가고 있으며, 2019년 한국인 가장 많은 다녀간 것으로 파악됨
- 이 산업은 통합 관제 모니터링 시스템이 준비된 상황에서 첨단 미래 농업을 배우고자 하는 사람들에게 필수 코스가 되고 있음



[그림 2-282] 6차 농업 관광 클러스터 네덜란드 호티센터

- 한국에서도 이러한 도입이 시도되고 있으며, 귀농귀촌타운과 같은 형태가 진행되고 있다. 향후에는 선진 농업 기술과 교육, 관광이 융복합된 단지로 개발 될 것으로 봄
- 현재 제주도에에서 개발 중인 미래농업센터가 그 좋은 예라고 볼 수 있다. 교육, 유통, 스마트팜단지, 관광이 한 곳에 집적되고 이를 지역과 연계하는 프로젝트임



[그림 2-283] 제주 미래농업센터 조감도

○ 스마트팜기반 농생명 바이오 클러스터

- 농산업과 관련된 산업군으로 바이오산업을 들 수 있다. 농 생명과 관련된 산업은 생산설비부터 유통망까지 철저한 이력추적에 의해 철저한 생산 시스템을 갖음



- 스마트팜 기반의 농생명 클러스터는 스마트팜과 농생명 케미컬의 융복합산업단지로 스마트팜(태양광형 및 인공광형)에서 생산된 식물을 농생명 기술로 천연추출하여 이를 제약 및 코스메틱, 가공식품의 소재로 생산 후 공급하는 업무 프로세스로 이루어진다. 경기도권의 지자체와 전남 지자체에서 진행하는 바이오산업단지 개발이 이러한 모델이 될 수 있음

○ 스마트시티 도심형 스마트팜

- 스마트팜은 자연환경을 인공적으로 조작하는 기술을 가미한 농업의 형태로 얼마든지 도시에서 농업을 영위할 수 있는 환경을 만들 수 있다. 이러한 것들이 새로운 도시 건설에 유용하게 들어 갈 것으로 봄



[그림 2-284] 도심속의 스마트팜기반 스마트시티 조감도

- 또한 도심속에 최첨단 농업 단지가 조성되는 사례가 유럽에서 나오고 있으며, 한국에서도 도심속에 공장이 건설되고 있음



[그림 2-285] 프랑스 도심에 건설된 생산 설비(좌)와 한국 지하철역사에 건설된 식물공장(우)

○ 도심형 스마트팜 클러스터

- 2020년 농진청이 진행한 21세기 정조 프로젝트는 과거 수원외 농진청 부지에 새로운 컨셉의 농촌과 도시가 소통하는 공간을 만드는 클러스터 개발 사업을 진행중임
- 농업의 4차 산업 혁명시대를 맞아 농촌과 도시, 생산과 소비, 현재와 미래, 그리고 사람과 환경이 만나는 복합형 머무니케이션의 장을 만드는 사업이다. 앞으로 도시 근교에는 새로운 유통 클러스터뿐만아니라 농업을 중심으로 한 다양한 커뮤니티 지역이 만들어질 것으로 예상됨



[그림 2-286] UrbanAI-Farm Center 외관 가상도



[그림 2-287] UrbanAI-Farm Center 내부 가상도

- 여기에는 농업과 관련된 모든 것들이 들어올 것으로 예상된다. A/VR 시스템을 이용한 다양한 운영시스템이 들어올 것으로 예상된다.
- 스마트팜과 관련한 산업과 4차 산업과 관련된 복합 단지가 만들어질 예정이며, 새로운 농산업 개발 모델이 될 것으로 본다.

□ 스마트팜 클러스터 모델 분류

○ 단지 모형

- 한국형 스마트팜 단지 모형은 전국 3개 지역에서 추진되고 있는 사항들을 바탕으로 정리하였다. 그 차별화 요인 도출 프로세스는 다음과 같다.
 - 최첨단 스마트팜 재배 시스템과 식물공장, 아카데미센터를 통해 지역과 관광, 교육 관광의 키 포인트를 잡고, 생산 → 가공 → 유통의 톨과 체험/관광 톨,
- 교육시스템 톨을 통합한 6차산업단지 구축
 - 차별화 요소 :

- 한곳에서 스마트팜 관련한 모든 것을 체험할 수 있다.
- 4차산업관을 통해 지역 학생 및 교육 특화 프로그램
- 선진 대학 프로그램으로 농업교육 선진화
- 독특한 스마트 포레스트, 식물원, F&B, 카라반, 테마프로그램을 통한 스마트팜 운영 시스템



[그림 2-288] 차별화 요인 도출 프로세스

[표 2-201] 차별 전략에 따른 기대효과

전략	내용	기대 효과
6차 산업 단지	<ul style="list-style-type: none"> - 생산, 가공, 유통, 체험, 교육, 연구의 6차 산업단지 구축 - 지역 관광과 연계 - 최첨단 스마트팜 재배 시스템 - 아카데미 센터 	<ul style="list-style-type: none"> - 스마트팜 관련된 모든 체험이 가능한 토탈형 스마트팜 단지 구축 (온실형, 프라스틱, 식물공장, 버티컬팜, 아쿠아포닉스, R&D 등) - 농산업 클러스터 구성에 의한 농업 경쟁력 강화 모델 확보 - 지역민 참여를 통한 사업 안정성 확보(소득증대, 일자리 확보)
아카데미	<ul style="list-style-type: none"> - 선진 대학 프로그램 : 네덜란드 DELPHY, AERES - 청년창업농을 위한 창업 프로그램 - 분야별 스마트팜 교육 시설 	<ul style="list-style-type: none"> - 농업교육 선진화 - 교육 후 정착을 고려한 커리큘럼, 실습시스템으로 스마트팜 확산
학생 교육 프로그램	<ul style="list-style-type: none"> - 4차 산업관(체험, 교육) - 학생 체험 및 대학생 실습 프로그램 - 체험 관광 시설 및 프로그램(AVR 등) 	<ul style="list-style-type: none"> - 스마트팜 저변 확대 - 관광 소득 증대 - 울주 브랜딩
스마트팜 랜드마크	<ul style="list-style-type: none"> - 스마트팜 테마파크: 스마트 포레스트, 식물원, 카라반, F&B 등 - F&B 스마트팜 재배 농산물 제공 - 테마 프로그램 - 관광지 연계(프로그램, 경제권, 울주 페이) 	<ul style="list-style-type: none"> - 독특한 시설과 프로그램으로 새로운 관광 아이콘 구축 - 인구유입 및 관광 수익 - 첨단 산업 기반 힐링 시설 및 프로그램으로, 울주군의 랜드마크 조성 - 주변 관광지 연계를 통한 시너지 효과
계약 재배 (판로 확보)	<ul style="list-style-type: none"> - 가공과 유통단지를 조성(혹은 활용)하여 스마트팜 농산물을 상품화하고 유통 시스템에 편입 - 주변 농가들의 농산물을 매입하여(계약 재배) 가공상 	<ul style="list-style-type: none"> - 생산과 유통의 불균형에 따른 상호 문제점 제거 - 농가와 참여사의 소득보전 및 사업안정성 강화 - 소비 사슬에서의 니즈를 쉽게 파악하여, 생산에 반영

전략	내용	기대 효과
	<ul style="list-style-type: none"> 품 제조 - K-클럽, 농업회사법인 F사(주) 등 분야별 유통사와 협의 진행 - 소비를 고려한 역설계 프로세스 도입으로, 소비-생산 밸런싱 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 가능 - 주변 농가들과의 계약재배로, 지역 상생에 중요한 축으로 기능 - 소비를 고려한 생산 방식 도입으로, 농산물의 안정적 공급 및 가격 경쟁력 확보
상품 개발 및 제조 프로세스	<ul style="list-style-type: none"> - 스마트팜 생산 후 가공, 유통 시스템과 연계를 통한 상품화 연구, 마케팅 기관과 연계하여, 상품의 가공과 개발, 시험을 툰키로진행 할 수 있는 Complex 및 시스템 구축 - 산업단지와 지리적 근접함으로 연계에 의한 시너지 효과 기대 	<ul style="list-style-type: none"> - 농산물 출시 후 집적성을 통한 연계 프로세스 강화로 농산물의 부가가치 상승 - 농산물의 상품화의 체계적 시행 - 상품 개발에서 시험, 생산 증대에 이르기까지 전 프로세스 일원화 가능 - 산업단지와 인력, 기술력, 자본 등의 자원에 대한 상호 지원으로 산업 단지 경쟁력 강화
스마트팜	<ul style="list-style-type: none"> - 토질, 대기오염으로부터 자유로운 스마트팜 구축 - 빗물을 활용한 농업용수 절약형 스마트팜 열대 과일 같은 경제성, 화제성, 브랜딩 성을 갖춘 작물 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 환경오염 방지 및 오염된 환경탈피 - 청정 식물재배 및 청정 울주 이미지 부여 - 경제성 확보
브랜딩 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 운영사와 유통사의 니즈에 맞는 새로운 작물 개발 - 울주를 특색화 할 수 있는 브랜드 작물 개발로, 농산물과 울주를 동시에 브랜드화 - 입주된 스마트팜 관련 기업 및 연구 기관을 통해, 상품개발 활성화 	<ul style="list-style-type: none"> - 상품성 상승으로 소득 증대 - 이미지 강화에 따른 부수적 효과 기대 (소득, 인구 유입 등) - 스마트팜 상품 개발에 의한 브랜딩으로, 새로운 지자체 롤모델 구축
지역 농민 협력	<ul style="list-style-type: none"> - 양질의 일자리 창출 - 공공 시설(물류, 가공 등) 구축 - 소득 증대(스마트팜, 관광) - 에너지 절감 - 연구성과 공유 - 계약재배 - 노동과 생활환경 개선 - 운영사의 시설 투자 	<ul style="list-style-type: none"> - 지역 농가의 협력에 따라 사업 진행 성공 증가 - 지역민이 참여함으로써, 지역의 특수성에 대한 이해 및 대처 가능 - 상생 모델 구축으로 전국에 적용될 수 있는 스마트팜 신모델 형성
운영 솔루션	<ul style="list-style-type: none"> - 전문 운영솔루션 도입에 의한 시설 및 사업운영 - 전문 운영인력 투입 - 총괄 운영시스템을 통해, 각 사업의 유기적 연계 - 운영 플랫폼을 통한 운영안정성 및 확장성 획득 	<ul style="list-style-type: none"> - 민간기업, 지자체 등이 참여하는 운영사의 구축으로, 사업의 기초부터 운영까지 원만한 진행 유도

○ 빌리지 모델

1) 주요 컨셉 및 콘텐츠 제안 및 통합 운영 방안

- 생산에서 관광, 교육에 이르기까지 6차 산업 전분야를 아우르는 종합 스마트팜 단지
- 농산물을 생산, 가공, 유통에서 관광, 체험, 교육, 주거 등을 접목하여 융합 농업 분야의 스마트화 실현



[그림 2-289] 6차 산업 연계 예시도

- 지역이 가진 다양한 자원과 문화+정부의 정책과 지원+융복합 콘텐츠 결합을 통해 사업 효과 극대화
- 지역 농업 통합정보시스템과 스마트팜단지 개발로 구축 될 관광정보통합시스템, 스마트팜 통합시스템 등과 연계
- 운영, 안전, 정책 등에 대한 효율적 대응 시스템 구축
- 통합 플랫폼에 의한 데이터 축적 및 활용이 가능하며, 플랫폼의 특성인 확장성을 활용하여 다양한 집단과의 연계가 가능

2) 주요 시설별 콘텐츠 및 컨셉

(1) 스마트팜 생산 및 가공 시설



[그림 2-290] 스마트팜 생산 및 가공 시설 예시



[그림 2-291] 스마트팜 생산단지가공(유리온실)

○ 농촌형 스마트 타운 모델

- 현재 우리 농업·농촌은 지속 가능성이 불가능할 정도로 고령화가 심각하게 진행된 수준이다. 통계청의 2019년 농림어업조사에 의하면 40세 미만 청년 농가는 200년대 약 9만 1천명이었으나 2010년에는 3만2천명, 2019년에는 6859명으로 매년 18%씩 떨어지고 있으며, 가장 주요한 이유로 일자리와 도시와 다른 환경적 요인으로 분석 되었음
- 이러한 현실의 대안으로 농촌의 스마트화가 추진되고 있다. 대표적인 사례가 거제시에 추진되었던 미미팜시티가 좋은 시도였으며, 귀농귀촌타운 개발이 각지에서 진행되고 있음
- 단순한 생산시설이나 주거 시설이 아닌 스마트팜과 관광복합단지, 상업시설이 농촌에 구축되어 취업 및 창업 활동도 가능하게 하고자 하는 개발 사업이다. 이러한 귀촌마을 조성사업은 거주자의 편의성과

관리용이성, 환금성의 극대화를 제공하여 새로운 타운을 조성한다는데 의의가 있다. 현재 충남 청양군에서 추진하고 있는 스마트타운 개발 사업이 이러한 사업의 일환이다. 스마트팜의 클러스터 형태는 에너지 자급을 위한 대책이 마련되고 있음

- 그 대표적인 것이 연료전지 사업으로 기존의 별개의 사업이 생산설비와 주거, 상업시설과 함께 구축되는 클러스터형태로 집적된다는 점에서 차이가 있음



[그림 2-292] 미미팜시티 개발 조감도



[그림 2-293] 청양군 스마트타운 개발 컨셉

□ 클러스터 운영방안 설계 및 수익성 분석

- 개발과 관련한 프로세스는 제주도 개발 진행, 청양군 스마트타운 개발을 통하여 정리된 내용을 정리하면 다음과 같이 정리할수 있다.

(1) 영역별 개발 프로세스

- 총 개발 행위 기간을 5년으로 산정하여 프로세스 역설계
- SPC 주관사 선정 후 개발 행위 진행함
- 사업 추진에 대한 각 영역별 개발 프로세스는 사업 당위성(타당성) 및 관련 법적 요건을 충족하여야 함
- 대지조성 단계 이후 개발 사업 진행, 관리 및 운영사업을 순차적으로 실시함
- 그림 128은 사업 추진에 대한 파트별 기본 개발 계획 및 프로세스임

(2) 프로세스 진행 계통도 및 전략

- 아래 그림은 사업 추진에 대한 파트별 계통도 및 프로세스 전략으로, 각 사업 영역의 추진이 유기적으로 연계되어 효율성과 면밀성을 유지하는 가운데 진행될 수 있도록 최적의 전략을 수립함



[그림 2-294] 스마트팜 단지 개발 프로세스



[그림 2-295] 스마트팜 단지 개발 프로세스

(3) 로드맵 수립

○ 프로세스를 실현하기 위한 사업 로드맵은 아래와 같음



[그림 2-296] 스마트팜 단지 및 문화힐링센터 수립 로드맵

(4) 영역별 개발 프로세스

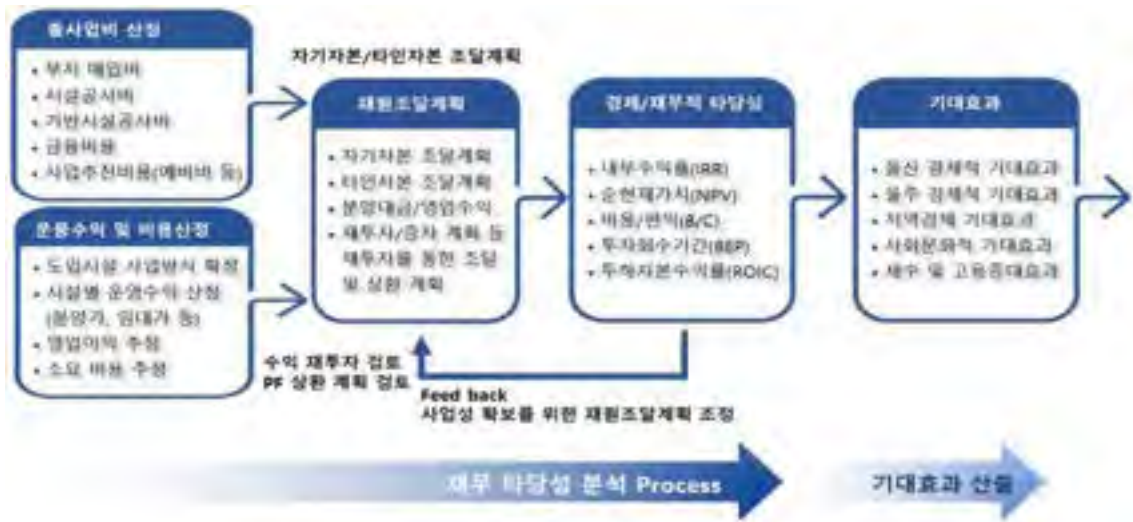
○ 상기 프로세스를 통해 도출된 영역별 개발 프로세스는 다음과 같음



[그림 2-297] 영역별 개발 프로세스 예시

(5) 개발 계획 재무 부분 타당성 검토

- 사업을 조성하기 위한 시설의 도입 필요성과, 재무적 분석에 의한 사업 진행의 타당성을 검토하기 위한 프로세스



[그림 2-298] 사업 타당성 분석 프로세스

(6) 투자유치 적용 방안

1) 추정 사업비 산출

- 단계별 투자비 산정 과정은 아래와 같음



[그림 2-299] 단계별 투자비 산정 과정

2) 재정별, 연차별, 사업별 투자계획 수립

① 투자계획 수립 예시(단계별)

○ 단계별 투자유치 수립 계획은 아래와 같음



[그림 2-300] 단계별 투자유치 수립 계획

② 투자자 확보 프로세스

○ 타깃 투자자 선정 프로세스

- 민간 투자를 위해서 타깃 투자자(그룹)을 선정해야 하므로, 그림135의 선정 프로세스를 통해 타깃 투자자를 선정하고, DB를 구축
- 잠재투자자 DB구축을 바탕으로 잠재투자자 군을 필터링하고, 정보 제공 및 직/간접 접촉을 통하여 투자 의사를 확인하여 최종적으로 잠재투자자를 선정



[그림 2-301] 타깃 투자자 선정 프로세스

○ 잠재 투자 선정 프로세스 핵심 고려사항

[표 2-202] 잠재 투자자 선정 기본방향 및 전략

기본 방향	전략
전략적 중요도	스마트팜 단지 및 농촌지역 개발 방향과의 연계성 중장기 Partnership 형성 가능 여부
투자유치 효과	투자유치를 통한 정량적/정성적 효과 국가경제 파급 효과, 고용창출 효과, 지역사회 기여 및 인지도 향상 효과
투자기업(기관)역량	투자자의 해당 산업 이해도 및 경쟁력 투자자의 안정성, 수익성, 성장성, 대외신인도 등 중요 역량의 확보
투자유치 용이성	영남권 지역 및 산업에 대한 이해와 한국 및 영남권 지역에 대한 투자 경험 여부 투자자 개발지역 주민들의 우호적 여론

- 개발방향 및 지역 산업과의 연계성 확보와 중장기적 관계 형성 가능성
- 고용창출, 경제 사회 문화 활성화, 지역사회 기여효과 등 파급효과
- 재무 건전성 보유 여부 및 울주군 스마트팜 단지에 대한 이해 및 경험

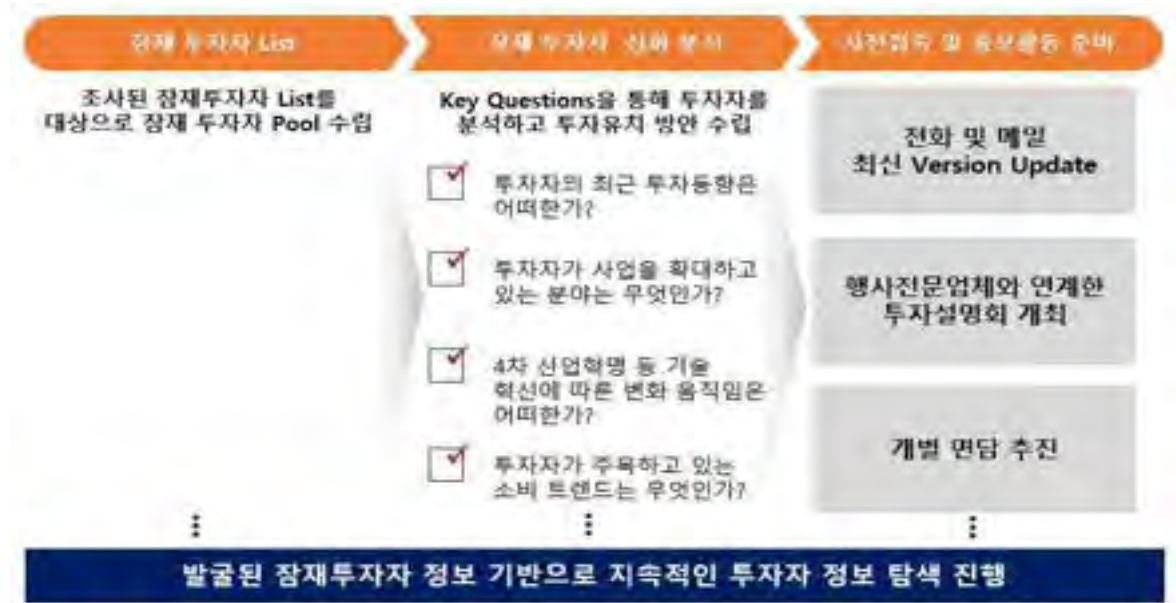
○ 잠재 투자자 발굴 방법론

- 투자유치 기업 규모 및 사업 영역에 따라 구분하여 리스트를 작성
- 파급효과가 큰 기업에 우선순위를 부여하고 기술/경험에 강점이 있는 기업을 유치대상으로 선정
- Target 기업은 재정상태가 양호한 기업/기관임을 전제로 함



[그림 2-302] 잠재 투자자 발굴 계획

○ 투자자 풀 수립 과정



[그림 2-303] 투자자 풀 수립 계획

3) 투자비 확보계획 검토

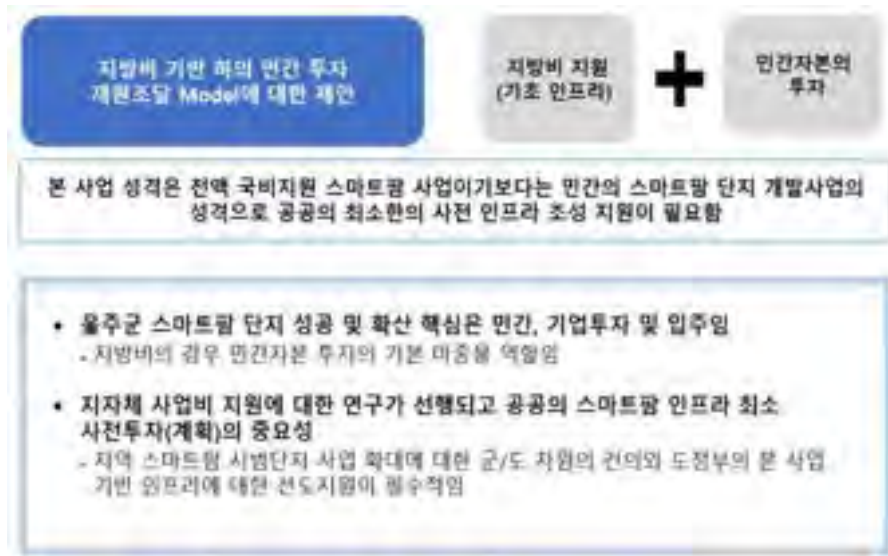
① 투자 확보 전략

- 스마트팜 단지의 경우 최초 SPC 구성은 공공이 참여하는 구조로 인프라 시설은 공공재원으로 개발하고 배후 수익시설은 민간이 분양 운영하는 구조 제안
- 국비, 지방비, 민간자본에 대한 투자비 확보를 위해 표41의 전략을 기반으로 스마트팜 단지 사업의 성공 가능성 제고

[표 2-203] 사업추진 방향 별 울주 전략 분석

기본 방향	전략
국비 확보방안	<ul style="list-style-type: none"> - 스마트팜 혁신밸리 조성사업의 경우 국비 전액(시설조성비)와 해당 지자체(운영비)가 각각 사업비용 주체가 됨 - 본 프로젝트의 성격은 벨리 조성에 관한 민간 개발사업의 일환으로 기초 인프라 영역에서 국비보다는 지방비 보조 지원이 더 바람직함
지방비 확보방안	<ul style="list-style-type: none"> - 울주 스마트팜 단지 조성 개발 컨셉은 적정한 수요와 규모를 사전에 예측하고 그 이후 핵심이면서도 사업비가 적은 선도사업에 대한 지방비(군과 시정부의 연결 구조)의 선별적 투입이 원칙 - 군의 핵심사업에 대한 우선순위를 스마트팜 단지 사업으로 선정 지원
민간자본 확보방안	<ul style="list-style-type: none"> - 울주 스마트팜 단지 조성 개발은 민간 투자자 주도형 개발이 원칙 - 본 스마트팜 단지 개발 컨셉과 시설에 적합한 민간영역 잠재적 투자자 선별 - 수요적 측면에서 주변의 배후도시와 연계 가능한 스마트팜 기업을 투자자 유치에 선도적 파트너십을 구상

② 국비와 지자체 및 민간자본 재원조달 프로세스



[그림 2-304] 재원조달 프로세스

③ 민간 투자유치 전략

○ 민간 투자유치 전략 및 기본 방향

[표 2-204] 민간 투자유치 전략 및 방향안

기본 방향	전략
스마트팜 단지 특성에 맞는 잠재투자자 선별	- 울주 스마트팜 단지 조성 개발 컨셉에 적합한 잠재적 투자자 선별 - 주변의 기존 스마트팜과 연계 가능한 투자자 선별
투자유치가 가능한 수준의 사업 타당성 제시	- 거시경제 상황 등을 사업성 추정, 투자기간 및 회수, 자금조달 규모 산정 - 예상 Free Cash Flow, 적정 할인율 산출 및 DCF(Discounted Cash Flow)법을 통한 투자(안) 가치 평가 - NPV, IRR, ROE, BEP 등 투자 수익 지표 산출을 통한 정보 제공
투자자 유형 및 투자성향에 맞춘 마케팅 활동	- 주요 투자자 후보에 대한 투자자 유형 분류 및 투자 성향 조사 - 확인 가능한 투자지시서(Investment Policy Statement) 및 보유 투자 포트폴리오 파악 - 주요 투자자의 투자자 유형 및 투자성향에 맞는 마케팅 자료 제시
투자 리스크 최소화 방안 마련	- 리스크가 내외국인 투자자의 투자의사결정에 가장 큰 요인임 - 투자자 입장에서 노출 가능한 리스크 파악 및 대응 방안 마련을 통해 투자 유연성 제공 (정책 리스크, 시장환경 리스크, 사업성 리스크 등)
컨소시엄 구성을 위한 다양한 잠재 투자자에게 마케팅 실시	- 재무적 투자, 전략적 투자 등 다양한 투자 요구 파악 및 투자자 유형 분류 - 컨소시엄 구성을 감안하여 다양한 투자자에 대한 마케팅 활동 실시 - 다양한 투자형태에 대응하여 외자유치 용이성, 투자, 성과관리, 회수 등이 용이한 사업구조 검토
국제 기준의 마케팅 자료 작성을 통한 투자 범위 확대	- Fair Value 개념, 투자수익률 등 국제적 투자안 분석 기준에 부합되는 마케팅 자료 작성 - 분기별 평가, 외부 전문가에 의한 평가 등 외국인 투자자의 사업관리 Needs 반영을 통한 투자 범위 확대

4) 가공/ 유통 시설

① 가공 시설

- 과채의 상품화를 위한 각각의 가공 시설 구축
- 절단, 세척, 소독행균탈수, 내포장, 외포장 등의 상품화 절차
- 맞는 시설 기준 적용
- 가공 시설 예시
 - 신선편이 시설: 개발될 시설에서 샐러드류 채소를 재배하고, 이를 전처리 과정을 거쳐 신선편이 제품으로 생산
 - 신선편이 전처리란, 채소 등을 박피 또는 절단, 세척, 포장되어 신선한 상태를 유지하며, 포장재만 개봉하면 바로 먹을 수 있거나 요리에 이용 가능하도록, 위생적인 제조과정을 거쳐 안전하게 포장하는 것을 말함



[그림 2-305] 과채류(좌) 와 엽채류(우) 유통, 가공 과정

- 도입 시설 항목
 - HACCP 기준에 따라 설비함

[표 2-205] 도입 시설 항목

구분	용도
수직형 스마트팜	샐러드류 재배시설
신선편이 전처리 시설	세척, 절단, 포장의 제조시
저온 창고	포장된 제품의 보관시
연구소	제품의 유해세균 및 미생물 검사

② 유통 시설

- 식품 위생 중심의 창고 시설 적용
- 필요에 따라 크기를 대중소 다원화하며, 목적에 맞는 크기 및 시설 도입
- 필요 장비 보관 시설 구축



[그림 2-306] 스마트팜 유통시설 예시

< 총괄 운영 시스템 >

1) 스마트팜 단지 통합운영 시스템

- IoT Big-Data 기반 AI 스마트팜 플랫폼으로, 데이터가 각 가치사슬을 통과할 때 마다 최적의 솔루션을 도출 할 수 있도록 시스템 구축과 운영시스템 도입
- 운영 예산 및 인력 관리, 입주자모집, 운영 및 점검, 이력 관리, 생산단지 임대관련 분양 및 유지관리, 핵심시설과 기타시설 유지관리, 자체 브랜드 개발, 테마관광 인프라 구성, 운영 위원회 및 입주경영체회 의결 관리, 기타 종합운영와 홍보 관리
- Global standard theme park management system으로 스마트팜과 연계 시설 통합 운영솔루션 구축
- 수요자 중심의 현장 위주 맞춤형 운영시스템 구축
- 울주 스마트팜 플랫폼 모델 확산 전략으로 울주의 스마트팜 단지 거점 확보 후 울산시 내 스마트타운 확산
→ 국내 스마트팜 확산 → 세계 시장 진출 프로세스 시행

2) 아카데미 시스템

- 선진 농업 커리큘럼 도입 및 커스터마이징 실행
- 농업인의 실패 위험 감소와 스마트팜 경쟁력 강화에 목적을 둔 임대형 스마트팜 농장 운영안 구축
- 스마트팜 중 경쟁력 있는 모든 분야를 도입하고, 운영안을 확정하여 다양한 커리큘럼 운영 가능
- 열대과일과 같은 특용작물 운영
- 지역 및 농업 지도자로 소양을 갖추 수 있는 전인교육이 가능한 평생 교육 시스템 도입

3) 스마트팜 경쟁력 강화

- 경제적 효용이 뛰어난 작물 선정과 유통사와 협약을 통한 계약 재배로 농산물의 공급량과 단가 안정화 시스템 구축
- 가공, 물류 시설과의 연계점에 주안점을 두어, 농산업 클러스터로서의 기능 구현
- 기관·대학·연구기관·민간기업단체가 네트워크를 통해 비교우위를 가진 분야별로 역할분담을 통해 저비용, 고효율의 지역 특성에 맞는 운영시스템 구축

4) 관광 및 기타(힐링문화센터)

- 청정 공간의 창출 및 관리를 중심으로 힐링문화센터를 운영하여, 쉼의 공간 제공
- 교육, 체험, 관광이 생산과 만나 시너지를 이룰 수 있도록, 통합적인 운영안 구축
- 주변 관광지와 경제적으로, 물리적으로 묶을 수 있는 운영안 구축
- 울주의 관광지, 상권을 하나로 묶을 수 있는 울주 페이 시행
- 연구기관, 교육기관 등의 입주를 통해 생산과 실습, 연구, 교육이 동시에 일어나는 공간을 창조하며, 상호 유기적 연계를 통해 시너지를 확보할 수 있는 운영안 및 연계방안 구축
- 신재생 에너지의 적극적 운영으로 경제성 제고 및 친환경 스마트팜 단지 구축

<아카데미 운영 시스템>

1) 아카데미 커리큘럼 예시

(1) 스마트팜 아카데미 커리큘럼

○ 커리큘럼 및 교육 특성

- 입문 단계 교육

[표 2-206] 입문 단계 교육 상세 1

스마트팜 아카데미 입문 이론 교육 Session1 (40시간)					실습 교육
강의 내용	스마트팜 입문	스마트팜 사용기술 기초	스마트팜 플랫폼 구축	스마트팜 농장마케팅	스마트팜 실습
강의 내용	스마트팜 신기술 연구 (드론공법, 스마트온실)	스마트팜 ICT기술 적용	스마트팜 설계 기초(창업)	스마트팜 창농	
강의 내용	스마트팜 재배기술 개론	농업생태 패러다임 변화 (미래산업 연구, 도시농업)	스마트팜 사용기술 응용 및 설계	스마트팜 농장 운영 (갈등 관리, 농업현장 관리)	
강의 내용	스마트팜 원리, 실습	스마트팜 재배기술 (수경재배)	스마트팜 유통 마케팅	스마트팜 농장 구축 (작물 선택, 농장 운영)	

[표 2-207] 입문 단계 교육 상세 2

스마트팜 아카데미 입문 이론 교육 Session2 (40시간)					실습 교육
강의 내용	스마트팜 재배기술 개론 및 오리엔테이션	스마트팜 사용기술 기초	미래농업혁명과 산업의 흐름	스마트팜 농장마케팅	스마트팜 견학 및 실습 스마트팜에 활용되는 기술
강의 내용	스마트팜 원리	스마트팜 ICT기술 적용	기후 변화와 공유경제	스마트팜 유통마케팅	
강의 내용	스마트팜 입문	농업생태 패러다임 변화 (미래산업 연구, 도시농업)	스마트팜 사용기술 응용 및 설계1 (만들기, 적용)	4차산업의 스마트혁명 (미래농업과 일자리)	
강의 내용	스마트팜 원리	스마트팜 창농	스마트팜 사용기술 응용 및 설계2 (만들기, 적용)	스마트팜 농장 운영 (갈등 관리, 농업현장 관리)	

[표 2-208] 입문 단계 교육 과목

과목명	설명	과목명	설명
스마트팜 입문	- 스마트팜 개요/기술 적용 - 국내외 사례연구	스마트팜 신기술 연구	- 드론 공법 및 스마트팜 농장 - 환경제어 시스템 개요
스마트팜 재배기술 개론	- 스마트팜 농장 만들기 - 시설 운영, 생산 프로세스, 에너지 조달	스마트팜 원리 개론	- 4차 산업 및 미래 농업에 활용되는 스 마트팜 원리
스마트팜 사용기술 기초	- 드론의 작동 원리, 방제 기술 - 스마트팜 기초 기술	스마트팜 ICT기술 적용	- 융복합 활용한 농업제어 - 스크린 제어 기술
농업생태 패러다임 변화 (미래산업연구, 도시농업)	- 환경변화에 따른 농작물 생산 패러다임 변화 - 도시농업과 스마트팜, 기술 적용 및 응용 사례	스마트팜 재배기술 (수경재배)	- 수경재배 원리 (시스템 이해, 기술 적용) - 국내외 실제 사례 연구
스마트팜 플랫폼 구축	- 플랫폼의 정의, 구축 - O2O 플랫폼의 구축과 실제	스마트팜 설계기초 (창업)	- 창업농 현황 및 창농의 전망 - 창업 설계 및 실무(경영, 세법)
스마트팜 사용기술 응용 및 설계	- 최신 기술 적용 스마트팜 기술 소개 - 창농 및 경영 노하우	스마트팜 유통 마케팅	- 소비자 니즈에 따른 유통 및 마케팅 전 략 - 농산물 유통 및 마케팅 전략
스마트팜 농장 마케팅	- 마케팅 및 디자인 실무 - 고객 관계설정 및 판로 구축의 실제	스마트팜 창농	- 창업에 필요한 요소 및 절차 - 창업 리스크 관리
스마트팜 농장 운영	- 지역 주민 갈등 관리 - 농업 현장 관리	스마트팜 농장 구축	- 신기술 공법 및 생산 프로그램 - 작물 선택 및 농장운영 - 신재생 에너지의 종류와 적용, 사업성 분석
농업회사법인 팜에이트(주) 현장학습	- 농장운영 원리 - 식물공장 시스템 견학 - 작동 원리 및 시스템 - 노지 재배 생산물 대비 생산량, 품질 비교 체 험	- 포장 및 출하 시스템 견학 - 유통시스템 실습 - 소비자 관계설정 방법 교육 - 영업 및 판로 개척	

(2) 스마트팜 혁신밸리 창업보육센터

○ 사업 개요

[표 2-209] 사업 개요

개요 항목	내용
교육 목표	최고 수준의 스마트팜 전문가
추진 방안	스마트팜 영농 전주기 이론교육 및 현장 밀착 실습교육 전문가 멘토링 등 교육생 밀착형 사후관리 지원 체감성과 중심의 홍보 추진
교육 인원	스마트팜 혁신밸리 보육센터 인원, 208명
교육 대상	만 40세 미만의 미취업자
지도 강사	국내 전문 인원 및 해외 초빙

- 커리큘럼 및 교육 특성
 - 일반 커리큘럼

[표 2-210] 스마트팜 입문교육 커리큘럼 총괄표

구분		과정명	교육내용
창농 기초	교육 과정 1	창농 관련 이론 및 실습	<ul style="list-style-type: none"> - 귀농 정책 및 사례 - 농지제도 및 농지은행 제도 - 마인드 함양 - 정보화 및 농업·농촌 마케팅 - 재해자 응급조치 실습 - 경영·마케팅·투자유치 및 귀농설계 컨설팅
	교육 과정 2	온실 설계와 관리	<ul style="list-style-type: none"> - 온실의 유형과 특성 - 기반시설 종류와 배치 - 작물별 온실 설계 기준 - 온실 자재와 선택 - 온실환경/작업관리 자동화 장치
ICT 이론 실습	교육 과정 3	온실 에너지의 효율적 이용	<ul style="list-style-type: none"> - 온실내 에너지 수요량 예측 - 온실내 난방, 냉방원리 및 자동화 시스템 구축 - 온도, 습도관리의 최적화 - 고·저온기 에너지 관리와 작물 반응 - 복합환경 제어관리
	교육 과정 4	온실작물의 양수분 급배액 관리	<ul style="list-style-type: none"> - HK 수질 - 비료/배지의 종류와 특성 - 양액처방전 작성 및 조성 - 양수분 모니터링 급배액관리 최적화 - 친환경적 양액관리시스템
	교육 과정 5	양액재배 이론과 실습	<ul style="list-style-type: none"> - 수질 분석과 양액처방 - 양액조성과 급배액관리 - 배지 종류와 이용 - 양액재배 시스템 구성과 사후관리 - 양수분 모니터링 및 작물 이상 진단
	교육 과정 6	온실 데이터 기록유지와 이용	<ul style="list-style-type: none"> - 데이터 수집과 모니터링 - 생육환경/생육량 정보의 수집과 활용 - 병충해 바이러스 정보 수집과 활용 - 온실 생산비용요소의 중점관리 - 기록유지와 관리방법



[그림 2-307] 협력 가능 선진 농업 교육 기관

(3) 아카데미 운영안

- 당사 선진 농업 기술 도입을 위한 DELPHY사 및 AERES 대학과 시스템 도입 협의 중
- 3단계 발전형 커리큘럼으로 교육생의 상향 표준화 및 맞춤 학습 제공
- 취/창업에 관련된 환경, 제도 등에 대한 교육과 토론으로, 졸업 이후 진로 준비
- 외부 강사 풀 확보와 특강으로 전문 영역 수준 향상 및 취업 연계점 강화
- 성공 사례 지속 생산을 위한 현실적인 커리큘럼 구성
- 창취업 매뉴얼, 교수안, 평가안 등 교수와 학생에게 심층적인 분석 자료 제공
- 추후 온라인 교육 및 해외 콘텐츠 보유로 교육 과정 다각화
- 추후 교육자(트레이너)를 위한 커리큘럼 추가 개발
- 자체 자격증 개발 또는 국가 자격증과 연계 커리큘럼 개발

2) 임대형 스마트팜의 운영을 통한 스마트팜 확산

- 청창농, 귀농귀촌인 등에 대한 정착 프로그램 중 하나로 스마트팜 임대 시스템 도입
- 임대형 스마트팜으로 스마트팜에 대한 실습을 시행하여, 농업 실패를 예방하고 스마트팜 저변 확대 실시
- 실습을 통해 스마트팜 경영능력을 갖춘 귀농귀촌인, 청창농을 적극 유치하고, 성공 사례를 통하여 주변에 스마트팜 단지 확산
- 임대형 스마트팜 농장을 통한 교육 및 실습 방편 마련
- 임대형농장은 자격 심사 혹은 교육 이수 후 일정 기간 임대, 이후 반납
- 스마트팜 운영사(지자체)에서 기본관리하나, 운영은 임대 창업농이 개인별 임차면적에 대해 책임 관리 시행
- 운영사는 임대형 스마트팜에 대한 운영 계획 수립
- 개인별 스마트팜은 일정 면적 씩 임대하나, 임대 후 연관 농작물별팀을 구성하여 팀단위로 재배 및 유통 관리함으로써, 동일 작물에 대해 노하우를 공유하고 네트워크형성으로 규모의 경제를 이룰 수 있도록 함
- 청창농을 위한 교육 프로그램 마련



	스마트팜 시설학교			유농 유촌	지역 특화
	스마트팜 시설학교 (실용)	스마트팜 실용학교 (전문)	스마트팜 실용학교 (고급)	유농유촌 스마트팜	지역 특화 스마트팜
교육 과정	스마트팜 기초 실용	스마트팜 실용 전문	스마트팜 실용 고급	현장적 기능별 고도 스마트팜 실용 교육	특성 작물 특화 스마트팜 도입·실용 교육
대상	농업인 스마트팜 이해, 스마트팜 고도 실용, 스마트팜 실용 전문, 전문 스마트팜	전문적인 스마트팜 실용, 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 고급, 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 고급	스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 고급, 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 고급	유농유촌 스마트팜 이해, 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 고급, 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 고급	지역 특화 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문
대상 시간	평시	평시	평시	평시	평시
대상	지역 특화 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문	지역 특화 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문	지역 특화 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문	지역 특화 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문	지역 특화 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문
대상	지역 특화 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문	지역 특화 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문	지역 특화 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문	지역 특화 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문	지역 특화 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문, 스마트팜 실용 전문

[그림 2-308] 스마트팜 청년보육센터(좌) 및 교육과정(우)

① 실증형 스마트팜 단지

- 참여기관 및 업체 모집, 실증 단지 분양, 임대업체 자체 설치, 운영 관리

② 자율형 스마트팜 생산단지

- 농업인 및 농업법인 등 생산자단체 모집공고, 생산단지 분양, 임대 시설 설치 및 운영 관리

③ 관리운영위원회

- 지자체, 법인, 입주 경영체, 청년, 농업인, 연관기업, 연구기관 간원활한 의사소통 및 합리적 추진 방향 설정

④ 자문시스템

- 산학연을 연계한 기술 자문단 구성으로 분야 별(교육, 홍보, 기술 등) 파트 활성화

라. 중동(아랍에미리트) K-Plant 사업화 전략

1) 아랍에미리트 농업 환경 (UAE, United Arab Emirates)

□ 기후 및 지형

- 아랍에미리트는 중동의 사막 지대에 위치한 국가로 연중 고온다습하고 적은 강수량으로 노지 재배 가능 작물이 제한적인 환경이다. 국토의 80% 이상이 사막이며, 농업 용수로 활용할 수 있는 기술과 담수원이 부족한 실정이다. 혹서기인 7~8월 하루 평균기온이 35°C이며 최고 기온은 48°C로 높고 연평균 강우량이 약 42mm로 매우 건조한 기후임
- UAE 전체 국토 면적 83,600km² 중 80%가량이 사막지대이며 경작 가능한 총 농지 면적은 전 국토의 0.4%에 불과하다. 전체 농지의 75%가 아부다비·샤르자·라스알카이마 3개 토후국에 밀집되어 있으나 아부다비를 제외한 2개 토후국 내 인터넷·통신 인프라가 원활하지 않아 ICT 인프라 활용이 요구되는 첨단농업 발전에 걸림돌이 되고 있음
- 아랍에미리트는 7개 토후국으로 구성되어 있으며 토후국은 아랍에미리트 연방 정부와는 별도로, 독자적인 관할 구역과 역내 관할권을 보유하고 있어 준독립국에 가깝다. 가장 부유하고 사회 간접 시설이 잘 발달된 곳은 아부다비 지역이며 UAE 국토 중 87% 차지(64,340km², 토후국 중 1위)하고 UAE 전체 인구의 30.4% 차지함



[그림 2-309] UAE 지역별 온실 분포 현황

- 두바이와 달리 정형화된 도로 개발과 녹지가 많은 도시 계획이 특징이며 아부다비는 석유 수출로 인한 수익 덕분에 2009년 경제위기 시기 여러 건설 프로젝트 추진으로 지출이 많았던 두바이에 비해 재정적으로

- 안정적이며, 두바이에 200억 달러의 구제 금융을 제공한 바 있다. 아래 그림은 지역별 온실 프로젝트 현황임
- UAE 는 지리적으로 아시아, 유럽, 아프리카를 잇는 거점 시장으로서 세계에서 2번째로 큰 두바이 공항과 전 세계 9번째의 두바이 항을 보유함으로써 시설원에 수출의 물류 기지로 성장할 수 있는 장점이 있음
 - 또한 소비를 주도하는 20~30 십대 인구가 전체 인구의 50% 이상을 차지하고 15~64세의 생산 가능 인구가 85% 차지하여 생산과 소비에 있어 우수한 시장 잠재력을 보이고 있음
 - 스마트 팜 확산에 필수적인 인터넷이나 모바일 사용 환경도 좋은 것으로 조사 되어 있다. 인구 100명당 휴대전화 가입자 수가 215명으로 마카오, 홍콩 다음으로 세계 3위를 차지함

[표 2-211] 두바이의 기후

월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	년
최고 기온 기록 °C (°F)	31.6 (88.9)	37.5 (99.5)										35.5 (95.9)	
평균 최고 기온 °C (°F)	24.0 (75.2)	25.4 (77.7)	28.2 (82.8)	32.9 (91.2)	37.6 (99.7)					35.4 (95.7)	30.5 (86.9)	26.2 (79.2)	33.4 (92.1)
일 평균 기온 °C (°F)	19 (66)	20 (68)	22.5 (72.5)	26 (79)	30.5 (86.9)	33 (91)	34.5 (94.1)	35.5 (95.9)	32.5 (90.5)	29 (84)	24.5 (76.1)	21 (70)	27.5 (81.5)
평균 최저 기온 °C (°F)	14.3 (57.7)	15.4 (59.7)	17.6 (63.7)	20.8 (69.4)	24.6 (76.3)	27.2 (81.0)	29.9 (85.8)	30.2 (86.4)	27.5 (81.5)	23.9 (75.0)	19.9 (67.8)	16.3 (61.3)	22.3 (72.1)
최저 기온 기록 °C (°F)	6.1 (43.0)	6.9 (44.4)	9.0 (48.2)	13.4 (56.1)	15.1 (59.2)	18.2 (64.8)	20.4 (68.7)	23.1 (73.6)	16.5 (61.7)	15.0 (59.0)	11.8 (53.2)	8.2 (46.8)	6.1 (43.0)
평균 강수량 mm (인치)	18.8 (0.74)	25.0 (0.98)	22.1 (0.87)	7.2 (0.28)	0.4 (0.02)	0.0 (0.0)	0.8 (0.03)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	1.1 (0.04)	2.7 (0.11)	16.2 (0.64)	94.3 (3.71)
평균 강수일수	5.4	4.7	5.8	2.6	0.3	0.0	0.5	0.5	0.1	0.2	1.3	3.8	25.2
평균 상대 습도 (%)													
평균 월간 일조시간	254.2	229.6	254.5	294.0	344.1	342.0	322.4	316.2	309.0	303.8	285.0	256.6	3,511.4

출처 #1: 두바이 기상청

출처 #2: climatebase.ru (extremes, sun), NOAA (습도, 1974-1991)

- 우리나라 내재해설계도의 설계 기준을 살펴 보기 위해 이 지역의 풍속을 살펴보면 일년 중 더 바람이 부는 때는 12월 30일에서 6월 6일까지 5.2개월 동안으로 평균 풍속은 시속 13.1킬로미터(3.61 m/s)이상이고 일년 중 가장 바람이 많이 부는 때는 3월로 평균 풍속은 시속 15.0킬로미터(4.17m/s)이다. 연평균 풍속은 시속 11.1킬로미터 (3.6 m/s)이다. 최대 풍속도 7 m/s 으로 우리나라 온실의 최대 풍속 설계 기준인 40 m/s 에 만족 함

□ 농지 및 농촌 현황

- 아랍에미리트의 인구수는 2014년 약 907만 1,000명에서 매년 평균 1.3%씩 증가하여 2018년 약 954만 2,000명이나 농촌 인구는 동기간 동안 매년 평균 0.8%씩 감소하였으며 2018년 농촌인구는 전체 인구의 13.5%인 128만 6,000명이다. 외국인 유입과 지속적인 인구 증가로 주요 농산물의 소비량은 점차 증가하고 있으나 농촌 인구의 감소 및 기후 조건으로 인해 농수산물 수급이 어려워 연간 소비되는 농산물의 80% 이상을 수입에 의존하고 있다. 2018년 기준 아랍에미리트 농지 면적은 전체 국토 면적의 약 1.2%인 10만 4,397헥타르로 농지 면적 중 과일 재배 면적은 약 3만 9,394헥타르, 발작물과 목초 7,759헥타르, 채소 5,320헥타르임

[표 2-212] UAE 농지 사용 현황 (2018년)

(단위:ha)

과일	밭작물&목초	채소	삼림	기타	휴경지	전체
39,394	7,759	5,320	1,900	19,832	30,192	104,397
37.7%	7.4%	5.1%	1.8%	19%	28.9%	100%

자료: 아랍에미리트 통계청, "Crops and Land Use", 2018 채소 생산 현황

- 2018년 기준 아랍에미리트에서 생산된 채소 생산량은 약 24만 6,523톤, 이중 가장 많이 생산된 채소는 토마토(약 7만 8,607톤)으로 확인되었으며, 오이(약 7만 1,351톤), 가지 (약 2만 859톤), 호박(약 2만 501톤) 등의 순으로 조사 되었음
- UAE 정부는 국민 건강 증진을 위해 교육을 통하여 지속적으로 건강을 위한 식생활 습관을 홍보하여 농산물 소비가 지속적으로 증가하고 있는 실정이다. 특히 UAE 정부 차원에서 현지 농작물 생산을 장려하여 농지로 전환할 경우 정부의 지원을 늘려오고 있음
- 특히 인근 GCC 국가들과 마찬가지로 고온의 기후와 경작지·수자원 부족으로 실외 대규모 영농이 어려워 이를 극복하기 위해 스마트온실이나 도심재배, 수직농장과 같은 실내재배와 수경재배에 대한 관심이 높아지고 있다. 사우디아라비아 다음으로 석유 매장량이 많은 UAE 정부는 풍족한 예산을 앞세워 식량안보 및 수자원 안보를 기본 축으로 시설원에 농업 발전을 위한 다양한 정책을 지원하고 있음

[표 2-213] UAE 채소 생산 현황 (2018년)

단위: 톤, 백만 디르함

분류	생산량	비율	생산규모
토마토	78,607	31.9%	225 (754억원)
가지	20,859	8.5%	41 (137억원)
호박	20,501	8.3%	66 (221억원)
오이	71,351	28.9%	213 (714억원)
고추	4,150	1.7%	16 (54억원)
멜론	3,686	1.5%	10 (34억원)

자료: 아랍에미리트 통계청, "Crops and Land Use", 2018
1디르함=335.31원 (2020.05.19., KEB 하나은행 매매기준율 적용)

- UAE 시설원에 관련 정책 현황
 - UAE 의 국가 발전 전략 “ The UAE vision 2021 and 2030”의 농업 정책 기초는 세계 식량 기구(FAO)에서 제출한 조사 보고서에 기반을 두고 있으며 그 내용은 과거 농업 생산에만 편중되어 있던 생산위주의 정책에서 친환경, 고수익, 유기농 농법으로의 전환을 예고하고 있음
 - 즉 UAE 의 농업 정책은 향 후 ICT 인프라 활용이 요구되는 첨단농업 발전을 위한 정부의 보조금 지원이 확충 될 것이다. UAE는 필요한 식량의 90%를 수입에 의존하고 있어 비교적 작물 생산에 적합한 겨울 시즌에 온실에서 농업 생산에 전념하여 왔으나 농업 용수의 부족으로 한계를 보이고 있던 실정임
 - 즉 UAE 는 과거 생산 위주의 농업 정책에서 지속 가능한 농업 생산 및 농업용수의 활용을 위한 과제를 해결해야 한다. 지난 2018년 UAE 정부는 국가식량안보전략(National Food Security Strategy)을 수립하여 2021년 내 식량안보지수 상위 10개국에 진입하고 이후 2051년까지 동 지수 1위 달성을 목표로 설정한 바 있음

- 이에 따라 UAE 정부는 농업 발전을 위해 과학적, 기술적 프로젝트에 투자하는 등 다양한 방식으로 기후적 한계를 극복할 방안 마련에도 힘쓰고 있고 아부다비최고집행위원회(Abu Dhabi Executive Council)는 농업 활성화를 위해 농업시설 건설에 전문화된 센터를 개설해 더 실용적이고 효과적인 농산물 생산을 위한 농업시설을 소개할 계획을 발표하였음
- UAE 국민의 비즈니스 활동을 지원하는 투자기관 칼리파펀드(Khalifa Fund)는 아부다비농업 서비스센터(Abu Dhabi Farmers' Services Centre)와 협력해 지라이(Ziraai) 농업 발전 지원 프로그램을 운영하고 있음
- 이 프로그램은 수자원 사용량을 80%까지 절약할 수 있는 새로운 수중재배 시스템을 도입하도록 지원금 혜택을 제공하는 지원 정책으로 농업종사자들에게 100만 디람 (약 27만 달러) 한도 내에서 무이자 대출 혜택을 통한 금전적으로 지원하고 마케팅 기관을 이용해 농부들이 합리적인 가격으로 UAE 농산물 시장에 진출할 수 있도록 지원하고 있다. 이 밖에도 회계, 예산 책정, 자원 관리 등과 같은 다양한 교육 프로그램을 운영하며, 이 업계 종사자들에게 전문적인 교육기회를 제공하고 있음

[표 2-214] UAE 농업 지원 정책

정책명	지원 기관	내용
지라이(Ziraai) 농업 발전 지원 프로그램	칼리파펀드(Khalifa Fund) 및 아부다비 농업 서비스센터(Abu Dhabi Farmers' Services Centre)	100만 디르함 (약 27만 달러) 한도 내에서 무이자 대출
투자펀드 Mohammed bin Rashid Innovation Fund (MBRIF)	UAE 재무부	혁신적인 기술을 개발하는 개인이나 회사에 투자
두바이투자공사 Investment Corporation of Dubai (ICD)	두바이 정부	두바이정부의 투자포트폴리오 통합관리 및 투자를 목적으로 설립, 한국수출입은행과 공동투자 MOU를 체결
Agri-Tech 발전 지원 기금	아부다비 투자진흥청(ADIO, Abu Dhabi Investment Office)	급여, 장비 비용 등을 포함한 총 R&D 금액의 75%까지 환급

- UAE 의 농업 발전 지원 정책의 핵심은 새로운 신기술의 도입을 목적으로 한다. 예를 들어 Algae-based biofuels (해조류 기반 바이오 연료), Indoor farming Technology (실내 농업 기술), Precision agriculture and ag-robotics (정밀 농업 및 농업로봇기술) 등이며 특히 스마트 팜과 같이 ICT 기술과 접목하여 생산성을 높이면서 수자원을 절약하고 친환경적인 신기술이라면 정부의 지원 프로그램뿐만 아니라 다양한 투자 펀드의 혜택을 기대할 수 있다. UAE의 국부펀드 내용을 정리하면 아래 표와 같다. UAE 정부는 산업 다각화 및 신기술 도입을 정책 목표로 세우고 있어 한국의 스마트 팜의 기술을 개발하여 UAE 의 국부펀드를 활용할 수 있기를 바램

[표 2-215] UAE 국부 펀드 현황

국부펀드	세계 순위	자산규모 (US\$ 10억)	주요내용
ADIA (Abu Dhabi Investment Authority)	3	683	- 북미, 유럽, 신흥국 등 전 세계에 투자장기적인 관점에서 금융수익을 확보 하고자 하며 경영 참여를 하지 않음 - 주식, 채권을 중심으로 투자하며 외부 펀드에 자금을 위탁하여 운용
Mubadala Development Company *IPIC와 합병 발표 (2017.6)	14	226	- 항공, 에너지, 의료, 부동산, 알루미늄, 금융 등 여러 분야에 자회사 보유 - 아부다비 경제개발 다변화를 위해 2002년에 설립 - 주요 기업: Strata(항공), Cleveland Clinic, 아부다비 우리들 병원, Abu Dhabi shipbuilding, Emirates Aluminum 등 - Masdar사의 100%지분 보유, Masdar City 개발 중
ICD (Investment Corporation of Dubai)	13	229.8	- 2006년에 설립 - Emirates 항공, UAE 최대은행 Emirates NBD, - Dubai World Trade Center, Dubai Aluminum 등 두바이의 우량 기업 소유 - 2015년 한국 쌍용 건설 인수
EIA (Emirates Investment Authority)	27	34	- 아랍에미리트 연방 소유의 국부 펀드 - 주로 국가 내 인프라 프로젝트에 투자

자료: KOTRA, 2020

- 스마트 팜과 함께 수직농장은 이미 상용화가 이루어져 세계적인 규모의 투자가 이루어 지고 있다. 한국의 경우 규모는 적으나 최첨단 ICT 기술이 적용된 스마트 팜이 이미 현지에 운영되고 있고 컨테이너 식물공장이 한국의 기술 제공과 현지의 투자로 사업 계획이 추진 중에 있음
- UAE 의 농업 정책은 크게 신기술(ICT 기술 등), 친환경, 에너지 절감, 절수형 기술이 포함된 스마트 팜의 개발 모델이 개발되어야 한다. 이미 UAE에서 운영되고 있는 유리온실 보다 경제적인 플라스틱 온실은 가격 경쟁력에서 장점을 보이고 있다. 기존 수경재배 시스템에 절수형 모델 및 친환경 배지 적용도 검토해야 할 것이다. 특히 해수를 이용한 냉방 시스템 등과 같이 신기술을 적용한 설계가 필요할 것임

□ 수출시장 조사 분석

- 아랍에미리트(UAE) 수출 시장은 중동과 북아프리카 지역 시장(Middle East & North Africa, MENA) 진입의 중요한 관문으로 평가되고 있으며 UAE는 이 지역의 교통과 무역의 허브 역할을 하기 위하여 수출 및 수입에 대한 관세 및 규제를 완화하는 정책을 유지하고 있음
- MENA 지역은 비슷한 생활양식을 공유하는 하나의 이슬람 문화권으로 UAE로의 진출을 통해 MENA 시장으로 시장을 확대 할 수 있는 장점이 있음
- UAE는 GCC 지역에서 가장 우수한 친기업 환경을 제공하는 국가로 투자 기업에 대해 법인세를 부과하지 않거나 다양한 규제 완화 조치를 시행하고 해외 우수 인력 및 자본 유치를 위해 대외 개방적인 정책을 펼치고 있음
- 또한 100% 외국인 지분 소유 및 자유로운 본국 송금이 허용되는 45개의 자유 구역(Free Zone)을 UAE 내에 설치하였다. 또한 친 기업 환경 제공과 더불어 풍부한 오일머니를 이용하여 대기업의 협력 투자 및 정부 펀드를 비롯한 다양한 원천을 통해 원활히 자금을 조달할 수 있는 환경임

- 특히 중동의 다른 나라에 비교하여 통신(5G), 교통 인프라 등에서 앞서 있고 정부가 지원하는 다양한 펀드의 활용 가능성은 수출 기업에게 매력적인 시장이다. 하지만 이마 기술 선진국들이 첨단 기술을 앞세워 시장에 진입한 상황이기 때문에 시장 진입을 위해서는 차별화된 기술 개발이 필요한 시장 이기도 함
- UAE 정부는 첨단 농업 기술의 현지화를 바라고 있기 때문에 기술 개발에 있어 현지화 노력이 포함되어야 한다. UAE 정부의 미래 전략에는 농업 생산성 향상 뿐만 아니라 국가의 식량 안보를 넘어 향후 세계 시장으로 수출을 염두에 두고 있기 때문에 스마트 팜 진출에 있어서도 수출 시장을 겨냥한 작물의 선정, 수출 품질에 맞출 수 있는 첨단 온실의 개발, 수출을 기반으로 하는 유통 및 물류 단계까지 포함된 사업 개발 계획이 포함되어야 함
- UAE 자유구역 내 기업 혜택
 - 100% 외국인 지분 소유
 - 100% 자본금 및 이익금 외국으로 송금 자유
 - 외환규제로부터의 자유
 - 법인 및 개인소득세 면제
 - 수출입관세의 면제
 - 자국민 고용의무 면제, 외국인 노동자 고용 무제한
 - 로컬스폰서 지정 면제
 - 주요 물류기지(항만, 도로, 공항 등)로의 접근성
 - 사무실 등 인프라 제공
 - 24시간 행정편의(법인등록, 수출입 절차 등) 제공

자료: www.uaefreezones.com

- 향후 UAE 는 안정적 유가 수준 유지로 지속적으로 정부 예산을 지출 할 것으로 예측되고 있으며 Post-Oil 시대를 대비하여 다양한 분야에서 산업 구조조정 지속 추진할 것으로 보인다. 산업 다각화와 관련 하여 민간에서의 관련 분야 육성을 위해 모하메드 빈 라시드 혁신 펀드(Mohammed Bin Rashid Innovation Fund) 설립, 금융 및 컨설팅 지원 정책을 추진 중에 있다. 특히 UAE 정부가 적극적인 육성을 꾀하는 재생에너지와 항공우주, 농업, 제조업 등에 대해 외국인 투자제한 완화 후 FDI 규모가 15% 증가할 것으로 기대되고 있다. 농업 분야에 있어서는 UAE 정부의 기본 정책은 식량 안보, 수자원 보호, 신기술 도입, 새로운 일자리 창출을 바탕으로 2019년 아부다비 투자청 (Abu Dhabi Investment Office, ADIO)은 약 3천억원(€2억5천만 유로)의 예산을 투입하여 아부다비에 4개 온실 프로젝트를 추진 하였다. Aero Farms 는 아부다비에 시공된 세계 최대 규모의 수직공장으로 아부다비 투자청에서 역 1,200억원 가량의 펀드를 조성한 프로젝트이고 Mardar Farms는 토마토 재배 시 LED 재배조명만을 사용하는 첨단 실내 온실 프로젝트로 아부다비에 위치해 있다. RNZ 인터내셔널은 농업용 비료 및 수경재배 기자재를 개발하는 업체로 4개 온실 프로젝트에 참여하면서 신 기술을 연구에 투입되었다. Responsive Drip Irrigation 업체는 스마트 관수 시스템 개발 업체로서 작물의 뿌리에서 나오는 화학적 신호를 센서로 검사하여 작물의 상태에 따라 관수시스템이 운영되는 신기술을 개발하였다. UAE 수출 시장의 특징은 풍족한 오일 머니를 바탕으로 높은 소득 수준을 보이고 있으나 농업 분야에서는 발달이 미약하다. 따라서 정부에서는 농업 분야 신기술에 대한 다양한 지원을 추진 중에 있음

[표 2-216] UAE 경제 지표 2020

지표	단위	2016	2017	2018	2019
GDP	십억 달러	357.05	382.58	424.64	427.88
1인당 GDP	달러	36,230	37,730	40,710	39,810
실질 경제 성장률	%	3	0.8	1.7	2.8
물가 상승률	%	1.6	2	3.1	2.1
실업률	%	1.6	2.5	N/A	N/A
총수출	백만 달러	298,651	313,548	316,923	N/A
對韓수출	백만 달러	6,941	9,557	9,287	4,766(7월)
총 수입	백만 달러	270,882	273,711	261,511	N/A
對韓수입	백만 달러	5,870	5,389	4,588	1,942(7월)
무역수지	백만 달러	27,769	39,837	55,412	N/A
해외직접투자	억 달러	157	141	151	N/A
외국인직접투자	억 달러	96	104	104	N/A

주: 2019년은 예상치, 자료: IMF (GDP, 경제성장률, 물가 상승률), ILO(실업률), Trade Map(수출입), KITA(대한수출입), UNCTAD (투자)

- 두바이의 주산업인 도소매 분야는 실질 GDP의 26.6%의 비중을 차지하며 도소매업은 UAE가 중동과 북아프리카 지역의 교통과 무역의 허브로 성장하기 위해 정책적으로 지원하는 산업이다. 그러나 안정적인 식량 생산을 통해 국민 식량 안보를 우선시 하는 미래 전략으로 미래 먹거리를 위해 공격적으로 투자 중에 있으며 식량 안보 차원을 지나 수익성 제고를 위한 농업의 6차 산업화를 계획하고 있다. 특히 스마트 팜, 수직 농장, 스마트 시티 등 첨단 기술이 필요한 농업 기술에 대한 정부의 지원은 다양하게 확대되고 있음
- 최근 두바이 경제개발국은 향후 두바이에 큰 영향을 끼칠 26개 주요 기술을 선정했는데, 이 중에서도 블록체인 및 인공지능을 중점적으로 연구 중이다. 블록체인 기술은 향후 3년간 UAE 정부행정 절차의 절반 넘게 적용돼 약 110억디르함(약 30억달러)의 비용을 절감할 것으로 전망하고 있음
- UAE의 경제 발전 전략의 특징은 더 이상 고유가에 기초한 석유부문의 성장에만 의존한 것이 아니라 제조업, 건설업, 관광업 등 非석유부문의 호조를 보이고 있고, 非석유부문이 UAE 경제에서 차지하는 비중이 점증하고 있다는 것을 보여 줌
- UAE는 석유에 의존하는 경제 구조를 벗어나 산업의 다각화를 계획하는 정책을 기조로 중동 지역에서 신 기술을 바탕으로 하는 스타트업 기업들의 허브로 떠 오르고 있다. 스마트 팜의 기술은 벤처 캐피탈(Venture Capital)의 투자를 받아 들여 첨단 기술을 보유한 신생 기업들에게는 글로벌 기업으로 성장할 수 있는 특징이 있음
- UAE는 포브스가 발표한 중동의 유망 100대 스타트업 중에서 59개가 UAE에 기반을 두고 있고, 중동 국가의 테크놀로지 스타트업 매출 60% 이상이 UAE 에서 발생하고 있는 것에서도 UAE의 스타트업 열풍을 확인할 수 있음
- 그러나 농업 분야에 있어 한국은 농업 선진국에 비해 인지도가 낮지만 최근 UAE의 한류 열풍의 영향으로 한국 농업 기술에 대한 관심이 커지고 있다. 정부, 기업, 연구 단체들과의 협업을 통한 컨소시엄 구성을 통해서 한국의 첨단 농업 기술을 도입하는 게 유리할 것이다. 이러한 경우 설치, 유지보수, 운영 교육 까지 포함된 턴키 프로젝트 형태가 바람직 할 것임
- 정책적인 지원으로는 아부다비 투자 진흥청(ADIO: Abu Dhabi Investment Office), 칼리파 기업 발전 펀드(Khalifa Fund for Enterprise Development) 등을 이용할 수 있으며 우리나라 컨테이너 수직 농장을 운영하는 기업의 경우 현지 파트너 사와 조인트 벤처를 형성하여 중동 시장 진출을 하고 있음

[표 2-217] UAE 수출 시장 SWOT

강점 (Strength)	약점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> • 통신(5G), 물류, 교통 등 중동 내 앞선 인프라 • 국부펀드의 높은 투자 여력 • 열정적인 신기술 수용 및 비즈니스 친화적 환경 • MENA 지역 금융, 비즈니스 및 교역의 허브 • 외국인 지분을 제한 완화 등 투자환경 개선 	<ul style="list-style-type: none"> • 여전히 국제 유가 변동성에 취약한 국가 재정 • 인구 1천만의 작은 내수시장 • 극단으로 양분화된 소비자 계층 구조 • 종교·문화적 영향이 소비 시장 지배
기회 (Opportunity)	위협(Threat)
<ul style="list-style-type: none"> • 유가 안정으로 프로젝트 지출 여력 확대 • 엑스포 개최로 인한 소비·서비스 시장 활성화 • 산업다각화 관련 협력 기회 및 분야 확장 • 5G 상용화에 따른 신비즈니스 수요 창출 • 주목받는 한류, 온라인 유통 시장 급성장 	<ul style="list-style-type: none"> • 이란·카타르와의 단절 지속으로 (재)수출 감소 • 예멘반군·이란과의 군사적 긴장감 극대화 • 로컬 콘텐츠(자국제품·서비스 활용) 확대 움직임 • 비관세장벽 수입규제 강화 • 중국의 공격적인 시장 진입 및 저가공세

자료: KOTRA, 2020 국별진출전략 아랍에미리트, 2020

- 이미 한국의 통신 업체인 KT 가 스마트 팜 테스트 베드를 시공한 바 있고 또 다른 수직 공장 업체에서도 현지 업체와 협업을 통하여 한국의 첨단 농업 기술이 소개 되고 있다. 그러나 네덜란드, 독일, 스페인 등과 같은 농업 선진국 들의 대규모 스마트 팜 온실 단지 프로젝트를 수행하기 수준에는 아직 미치지 못하고 있다. UAE농업 기술 발전 전략의 1단계는 국가 식량 안보 차원 생산량 확보, 친환경 농법, 수자원 보호, 에너지원의 다양성 확보이며 2단계는 세계 시장으로의 수출 전략임

□ UAE 농산물 시장 현황

- UAE의 농업생산은 정부의 적극적인 육성에도 불구하고 타부문에 비해 매우 낙후되어 있다. 국내에서 필요한 농산물을 대부분 수입에 의존하고 있으며 UAE는 용수(用水)의 확보, 관개시설의 증대, 농업에 대한 보조금 지급, 스마트 팜 및 수직 농장의 도입 등으로 생산실적이 증대하기는 하였지만 아직도 국내수요를 충족하기에는 부족한 실정임
- 아부 다비의 농업지대는 알 다프라(Al-Dhafra), 리와(Liwa), 마디나 자이드(Madina Zayed) 및 알 아인(Al-Ain) 등으로서, 특히 오아시스에 위치한 알-아인에는 많은 농장이 있다. 농업생산은 주로 라스 알-카이마(Ra's al-Khaymah), 알-후자이라(Al-Fujayrah) 및 아즈만('Ajman)의 근락지역에 주로 집중되어 있으며, 알-아인은 우물과 관개 시설을 설치하여 농업생산의 증대가 이루어지고 있음
- 전통적인 농업 분야에서는 대추야자가 주된 농작물이며, 과일과 야채생산은 거의 자급자족이 가능한 단계이지만 정부의 장기 농업 발전 계획의 목표는 수익성 있는 농업 기술을 바탕으로 농산물 수출 시장 진입에 있기 때문에 풍부한 오일 머니를 투입하여 첨단 농업 기술 도입 노력을 기울이고 있음
- 지난 2011년부터 UAE 정부는 약 3천억원정도의 예산을 투입하여 식품 가공 시설을 개선하였으며 GCC 국가 중에서는 식품 재수출의 허브로 발전하였음
- UAE 환경 수자원부 (The Ministry of Environment and Water)는 연방정부 차원에서의 농업 분야의 중장기 정책을 수립하지만 각 지방 정부 마다 별도의 정책을 추진하는데 그 중 아부다비 지방 정부는 전체 농업 정책의 80%를 주관하고 있음
- 농업생산량, 품질, 수익성 창출과 관련된 기술 사항은 아부다비 농업 기술센터(The Abu Dhabi Farmer's Service Centre, ADFSC,) 에서 추진 한다. 기존 농법이 화학 비료, 과도한 농약의 사용에 편중되었던 관행에서 벗어나 유기농 농산물 생산을 위한 친환경 농법의 교육 및 전파를 담당하고 있음

- 식품 안전에 대해서는 별도의 정부 조직인 아부다비 식품 안전청 (The Abu Dhabi Food Control Authority, ADFCA) 에서 식품 안전, 환경보호, 친환경 농업에 대한 관리 감독을 수행하고 있다. UAE 는 중동 및 북아프리카 수출 시장에서 물류 및 무역의 허브 역할을 계획하고 있으며 식품의 가공 및 무역 거래를 위해 아부다비 칼리파 산업 단지 (the Khalifa Industrial Zone Abu Dhabi, KIZAD) 및 두바이 투자 단지 (Dubai Investments Park, DIP) 를 지정하여 식품 가공을 촉진하고 있음

□ UAE 농산물 생산 현황

- UAE 는 척박한 기후 환경으로 인해 농업 생산 보다는 수입에 의존하는 농식품 시장 구조로 전체 소비하는 농식품의 80~90%를 수입에 의존하고 있다. 전체 곡류 생산량의 80%는 경주용 말과 가축의 먹이로 사용되는 알팔파(자주개자리), 로드그라스 등 이고 UAE 특산품인 대추 야자의 생산량은 전체 과실 생산량의 81% 차지함
- 전체적으로 농식품 수출액은 6,460 백만 달러이고 수입액은 21,208백만 달러 (2017년 기준) 임
- 농업 생산은 전체 GDP의 1%를 차지한다. 농촌 인구는 1,389천 명으로 전체 인구 중 약 13.9% 를 차지함
- 농산물 생산량은 2013년과 2017년 사이에 연평균 10% 증가되었으며 2021년까지 연평균 4.2% 성장세를 지속할 것으로 예측되고 있음

[표 2-218] UAE 과채류 생산현황

단위 : 천톤

구분	2015	2016	2017
대추 야자	162	171.6	102.2
토마토	46.5	43.7	80.2
호박	18.4	13.1	23.7
신선기타	138.2	130.3	143.6

자료: Federal Competitiveness and Statistics Authority

- UAE 전체 경작 면적은 약 80,000 ha 이며 농가 수는 약 24,000 가구로 이루어져 있고 채소류 생산이 전체 면적의 약 24%, 과일 30%, 사료용 곡물 10% 기타 36%로 구성되어 있다. 주요 재배 작물은 오이, 토마토, 배추, 양파, 호박, 가지 등이 재배되고 있음
- UAE 정부는 식량 안보 확보를 위해 열악한 재배환경에서도 자국 내 시설원에 작물의 생산을 장려하고 있으며 그 결과로 약 177개 농가에서 수경재배를 기반으로 하는 첨단 농업을 시행하고 있음
- 시설원에 주요 작물은 호박, 오이, 토마토, 가지 등이 재배되고 있다. 그러나 자국 내 생산 농가는 수입 농산물과의 경쟁을 위해 작물 생산비를 절감할 수 있는 방안이 필요하다. 정부 차원에서는 현지 생산된 농산물 소비를 촉진 하기 위해 여러 가지 프로그램을 통해 신선도, 유기농 재배, 친환경 재배 작물의 소비를 촉진 중에 있다. 동시에 수입 농산물에 대한 규제를 강화하는 추세임
- 정부의 시설재배 촉진 및 확산 정책에도 불구하고 농가에서는 담수화 비용 부담, 고압전력 공급비용, 과도한 인건비 등 수익성 창출의 어려움으로 온실 운영에 어려움을 겪고 있음
- 지난 2013년 아부다비 통계청에 의하면 UAE 채소 재배 면적 전체 3,941 ha 중 약 40% 이상인 1,547ha 가 아부다비 지역에 집중되어 있으며 아부다비 지역의 10,003 개 온실 중 약 44% 인 4,370 개 온실은 수익성 악화로 운영이 중단된 상태임

[표 2-219] UAE 온실 운영 문제점

구분	내용
수자원	관개시설부족, 농수량 부족, 수질불량(과도한 염도), 농수사용료 과다
가격	농산물 가격 불안정, 수입 농산물과의 가격 경쟁
생산비	과도한 생산비 부담
온실 운영	온실 운영 관리 경험 부족
작물	시설원에 작물 품종 선택 지식 부족

자료: www.mdpi.com/journal/sustainability

- 시설원에 분야의 문제점 속에서도 UAE 정부는 식량 안보 확보 차원에서 지속적인 시설원에 농업의 지원 정책을 펼치고 있으며 아부다비 파머스 서비스 센터 (Abu Dhabi Farmers Services Centre, ADFSC)는 이 지역의 최대 농산물 생산 및 유통 업체인 엘리트 아그로사 (Elite Agro)와 현지 생산된 신선 채소를 공급하는 계약을 체결하여 지역 농민들의 시설원에 농업을 지원하고 있다. 정부의 공급 차원에서의 지원 정책과 더불어 소비자들이 지역 생산 신선 농산물 소비를 촉진하기 위한 노력도 기울이고 있다. 농민 생산자 단체인 “스피니스 파머스 클럽” (the UAE Spinneys Farmers Club)은 8개 생산자 단체가 모여 지속 가능한 농업 발전을 위해 슈퍼마켓을 은영하며 유기농 신선 농산물 및 친환경 작물의 소비를 촉진하는 활동을 벌이고 있다. 별도의 친환경 인증서를 발행하여 소비자로부터 신뢰를 얻고 있다. 회원들은 국제 기준에 맞게 농업 생산 활동을 하도록 되어 있다. UAE 정부의 장기적인 목표인 식량 안보 확보 및 농업 생산물의 수출을 통한 사업 다각화 계획 측면에서 살펴 볼 때 현재 UAE 가 시설원에 농업에서 안고 있는 여러 가지 문제점들은 해결해야 할 과제들이며 향후 UAE 정부는 북아프리카 시장 및 중동 시장에서 중추적인 역할을 뛰어 넘어 세계 수출 시장으로 진출할 것으로 예측됨
- 시설원에 수출 시장으로서의 UAE의 시장 특성 중 가장 우선 순위는 식량 안보 확보로 평가할 때 첨단 온실 및 식물 공장은 정부의 정책적인 지원을 받고 있다. 이미 선진 시설원에 농업 기술 보유국 들은 현지 업체와의 협력을 통해 대형 프로젝트를 운영하고 있는 상황에서 한국의 온실 기술이 경쟁력을 가지기 위해서는 크게 절수형 온실 및 에너지 절약형 기술의 개발이 필요하다. 현재 냉방을 위해 사용되는 팬 앤 패드(Fan & Pad) 냉방 방식은 물의 소비량이 오이 관수량의 1.6배 인 것으로 연구되었다. 이 연구에서 팬 앤 패드 냉방 방식의 온실과 포그 및 차광 스크린 방식의 저비용 네트 하우스 (Net House) 온실과의 에너지 및 절수 능력에 대한 비교 실험이 이루어 졌고 연구에서 팬 앤 패드 냉방 방식의 온실은 에너지 비용에서 저비용 네트 하우스 온실보다 거의 62배의 에너지 비용이 발생하였다고 밝힘

[표 2-220] UAE 채소 생산 현황

작물	면적(dunum)	수량(톤)	생산액(1,000AED)
고추	248.5	793.0	2,361.2
단고추	1,001.6	3,686.6	19,452.2
가지	1,051.7	3,575.3	6,025.0
오이	4,041.6	23,640.9	55,035.5
토마토	3,866.4	18,565.6	45,210.9
양상추	74.2	38.0	140.9

자료: 아부다비 식품 안전청, 2016

- 지난 2018년 UAE 기상환경부 발표 자료에 의하면 지역에서 생산하는 신선 채소와 과일이 70여종에 이르며 신선도 및 가격 측면에서 수입 농산물과 경쟁하고 있다고 조사되었다. 첨단 시설원에 농가는 전체 약 177개 농가이며 그 중 89 개 농가는 아부다비 지역에 위치하고 있다. UAE 의 주요 시설원에 작물은 토마토, 고추, 오이, 가지, 파프리카 등이며 농가의 온실 기술 수준 및 재배 기술의 차이에 따라 생산량의 편차는 매우 크게 나타나는 것으로 조사 되었다. 아래 표는 토마토, 고추, 오이에 대한 온실 생산 자료 조사 내용임

[표 2-221] 아부다비 시설원에 작물 생산성 현황

작물	생산(kg)	가격(US\$/KG)	총매출(US\$)	생산비(US\$)	수익(US\$)
토마토(1ha)					
평균	128,167	0.68	87,154	25,521	61,633
보통	46,500	0.76	35,340	10,800	24,540
최고	800,000	1.36	1,088,000	127,417	960,583
최소	18,000	0.22	3,960	3,697	263
단고추(1ha)					
평균	132,667	0.87	115,420	22,913	92,507
보통	106,000	0.82	86,920	20,742	66,178
최고	324,000	1.09	353,160	41,688	311,472
최소	36,000	0.41	14,760	8,766	5,994
오이(1ha)					
평균	185,375	0.57	105,664	30,524	75,140
보통	139,500	0.54	75,330	22,974	52,356
최고	660,000	0.82	541,200	75,611	465,589
최소	60,000	0.11	6,600	15,083	8,483

자료: www.mdpi.com/journal/sustainability

- 네덜란드의 유리 온실 토마토 평균 단수는 68kg/m²로 1ha 당 약 600~700톤을 생산하고 한국의 경우 상위농의 토마토 생산성은 약 35 kg/m² 로 1ha 당 약 300~400 톤으로 조사되었음
- UAE의 경우 독일 업체와 조인트 벤처로 온실을 운영하는 Al Dahra BayWa 온실은 알아인 지방에 위치하는 첨단 온실로 총 4ha 규모이며 1ha 당 약 750톤의 신선 토마토를 생산하고 있다.
- 알아인 지역의 또 다른 농업 회사인 엘리트 아그로(Elite Agro LLC, EAG)는 UAE 수도 아부다비를 기반으로 2010년 설립된 대표적 농업 회사로 20헥타르에 달하는 면적의 온실에서 토마토, 파프리카, 오이 등을 생산하고 있으며 엘리트 아그로 토마토 생산량은 1 ha 에 약 300톤 정도 인 것으로 조사 되었음

[표 2-222] 아랍에미리트 채소 생산 현황 2018년

분류	생산량(톤)	비율%	생산액(US\$)
토마토	78,607	31.9	60,750,000
가지	20,859	8.5	11,070,000
호박	20,501	8.3	17,820,000
오이	71,351	28.9	57,510,000
양배추	14,055	5.7	6,210,000
컬리플라워	6,500	2.6	4,860,000
수박	2,205	0.9	810,000
멜론	3,686	1.5	2,700,000
고추	4,150	1.7	4,320,000
쥬스멜로우	549	0.2	270,000
오크라	1,821	0.7	2,160,000
누에콩	496	0.2	540,000
감자	451	0.2	270,000
녹색잎채소	10,652	4.3	9,720,000
기타	10,639	4.3	6,480,000
전체	246,523	100.0	18,522,000

자료: 아랍에미리트 통계청, 「Crops and Land Use」, 2018

- 토마토, 오이, 가지, 호박 등 주요 시설원에 작물은 사막 기후인 아랍에미리트에서 생산하기에는 경제적으로 비용이 많이 드는 작물임에도 불구하고 현지 농가들은 향후 전망이 밝은 것으로 판단하고 있다. 우선 정부 차원에서 “국가식량 안보 전략 2015”를 발효하여 식량 자원의 국내 자급화를 위한 지원을 하고 있고 지방 정부 차원에서는 “Spinneys UAE Farmers’ Club” 과 같은 생산자 유통 조직을 통해 수입 농산물 보다는 신선하고 안전한 먹거리 공급을 지원하고 있기 때문이다. 소비자들은 수입 농산물 보다 신선하고 품질이 좋은 국내 농산물을 애용하는 추세이다. 현재 아랍에미리트에 진출한 시설원예 온실 업체들은 고온 다습한 기후 및 농수 부족과 같은 어려움을 극복하기 위해 첨단 기술을 도입하여 대단위 시설원예 단지를 구축하고 있는 실정이다. 우리나라의 첨단 온실 프로젝트의 경우 국내 생산을 감안하면서도 아랍에미리트 정부의 계획인 농산물 수출 계획을 반영하여 수출 작물을 고려한 생산 시설을 계획 한다면 현지 업체와의 협력 사업에 강점으로 작용 할 수 있을 것임

[표 2-223] 주요 농산물 시장 규모

단위: 톤

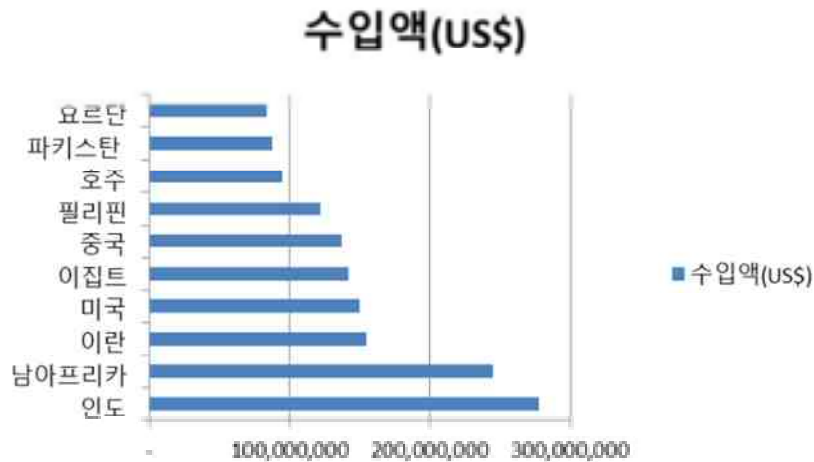
구분	2015	2016	2017	2018	2019	성장률(년)
과일	881,000	927,700	970,100	1,008,000	1,046,100	4.4%
채소	746,200	804,000	856,900	911,000	952,800	6.3%
기타	369,600	389,200	408,500	424,900	443,700	4.7%

자료: 유로모니터 (Euromonitor)(www.portal.euromonitor.com)

- 아랍에미리트의 농산물 소비시장은 앞으로 9%의 높은 성장률을 보일 것으로 예측되고 있다. 정부의 식량 안보 차원에서 지원 정책, 소비자들의 건강에 대한 관심 고조, 다양한 건강 식품의 개발, 포장 기술의 발달로 인한 신선 채소의 유통 기간 연장 등이 주요한 요인으로 알려졌다
- 한편으로는 수입 농산물의 대한 정부의 규제가 엄격해 지고 있기 때문에 주요 시설 작물의 국내 생산은 신선 채소 시장의 빠른 성장과 함께 촉진 될 것으로 예측된다. 지난 2017년도에는 이집트, 오만, 요르단, 예멘으로부터 수입되는 채소 일부가 잔류 농약 초과로 수입 금지된 바 있음
- 정부의 시험 기관은 영국 기술진과 협력하여 농약 잔류 기준을 국제 규격에 맞추어 실시되고 있다. 시설원에 농산물의 소비 시장은 크게 시설원에 과일, 채소, 화훼 및 의료용 작물 등을 기준으로 내수용 및 수출용으로 생산이 이루어 질 것으로 예측되며 이에 따라 각 작물 별 재배 기술이 경쟁적으로 개발되고 있다. 특히 UAE 시장에서 주목 받고 있는 것은 식물 공장 형태이며 정부 및 대기업 중심으로 대 자본이 투자되어 사업이 진행 되고 있음

[표 2-224] 주요 농산물 수입 국가 현황

구분	인도	남아프리카	이란	미국	이집트
수입액(US\$)	277,930,000	244,850,000	154,370,000	149,870,000	142,120,000
	중국	필리핀	호주	파키스탄	요르단
	136,780,000	122,290,000	94,680,000	87,380,000	84,070,000



자료: www.statista.com/statistics/947807/united-arab-emirates-import-value-of-fruit-and-vegetables-by-country-of-origin/

- 아랍에미리트의 일일 시선 채소의 수입량은 평균 약 5,000톤이나 라마단 기간 중에는 최대 21,000톤으로 늘어나기도 한다. 두바이 항을 통한 수입이 약 70%를 차지하며 아부 다비를 통해 30%가 수입된다. 전체 수입량 중 내수용이 60%이며 나머지 40%는 다른 걸프 지역 국가들로 재수출 되고 있음
- UAE 는 국가기본 정책이 북아프리카 지역과 중동 지역의 교통과 물류의 허브 국가로 국가 발전 전략을 계획하고 있으므로 UAE의 시설원에 단지 구출 계획에도 수출을 위한 작물 선정과 유통, 물류, 마케팅 계획이 포함되어야 할 것임

- UAE 의 시설원에 농업에 대한 정부의 정책은 식량 안보 차원을 넘어 세계 시장으로의 수출을 기대하고 있는 상황을 UAE의 정책과 물류 허브로서의 특성과 연계하여 판단하여야 한다. 신성 채소 및 과일의 저장 능력은 현재 총 125,000 톤으로 두바이에 100,000톤. 나머지 25,000톤은 아부 다비에 저장되어 있고 두바이 지방 정부는 추가로 25,000톤의 신설 저장 창고를 계획 중에 있음
- 아랍 에미리트의 농산물 가격은 중앙 정부인 경제부 소속 소비자 보호 위원회(Higher Committee for Consumer Protection)에서 관리를 하고 있다. 이 위원회는 현지 시장의 가격 현황 및 재고 현황에 대해 세계 식량 기구(FAO) 및 관련 단체의 정보와 연계하여 점검 함으로써 국내 시장의 가격과 공급이 효율적으로 유지 될 수 있도록 하고 있음
- 아랍에미리트의 시설 작물 가격은 수입 농산물과의 가격 경쟁에 노출되어 있고 품질에 따라 같은 작물의 경우에도 큰 차이를 보인다. 예를 들어 오이작물의 경우 소비자가격이 \$0.49/kg~0.61/kg 이지만 실제 산지에서는 10kg 한 박스에 \$2.72로 1kg 에 \$0.27 에 미치지 못하는 경우가 있다. 가지의 경우 일반적으로 소비자가가 \$0.27~0.48/kg 이지만 산지에서는 \$0.14 에 거래되는 경우가 있고 호박은 소비자 가격이 \$0.83/kg 이지만 산지 가격은 \$0.54/kg 으로 형성되어 있음
- 수입 농산물과 경쟁해야 하는 현실을 감안 할 때 생산비가 많이 드는 온실 경영을 위해서는 고품질 작물 생산이 필요할 것으로 판단되며 실제 농가의 경우 온실 경영의 수익성 악화로 농업을 포기하는 사례가 있음
- UAE 가 추구하는 지속 가능한 농업 정책에 따라 활성화 되고 있는 식물 공장의 경우 잎채소 수입 가격의 30~40% 수준에서 공급되고 있다. 첨단 온실과 식물공장을 정책적으로 확대하려는 정부의 노력에도 불구하고 아직까지 아랍에미리트는 자국 내 작물 생산이 10~15%에 머무르고 있어 온실 운영 생산비를 절감하여 작물의 단가를 낮추는 노력이 필요할 것임
- 첨단 온실 및 식물 공장 모두 생산성을 높이고 안전하고 품질이 높은 작물 생산을 가능하게 하는 농업 기술이기 때문에 일부 시설원에 농업 회사에서는 온실 운영과 함께 식물공장도 함께 운영하는 추세이다. 소규모 온실을 운영하는 대다수 농가는 작물 선정, 담수화 비용, 전기 비용, 마케팅 관리 분야에서 어려움을 보이고 있다. 특히 수입 농산물 가격과 경쟁해야 하는 상황에서 담수화 비용, 전기 공급 비용, 인건비 등으로 인한 작물 생산비의 증가는 수익 구조의 악화를 가져 오고 있음
- 반면 대규모 투자가 이루어지는 첨단 온실 단지 사업과 같은 경우 선진 기술을 통해 담수화 비용을 줄이고 에너지 비용을 절감하는 기술이 도입되어 수입 농산물과 경쟁할 수 있는 가격 요소, 신선도 요소, 품질 등에서 장점을 보이고 있어 시설농업의 규모화가 향 후 이루어 질것으로 보임

[표 2-225] 두바이 채소 생산 및 가격 동향 2018

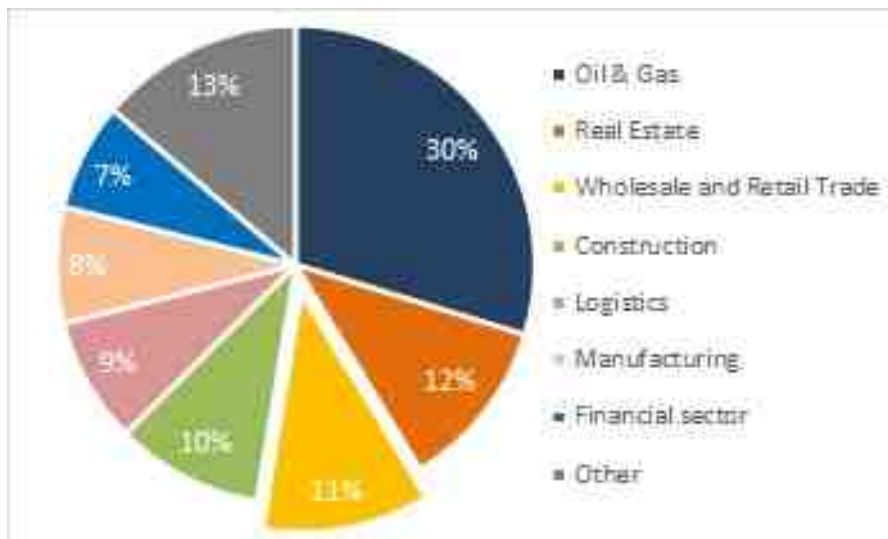
작물	생산면적 (ha)	생산량 (톤)	단수 (톤/ha)	생산액 (US\$)	도매가격 (US\$/KG)	소매가격 (US\$/KG)
토마토	43.0	3145.0	73	2,451,430.31	0.78	1.09
오이	26.0	1657.8	64	1,250,679.75	0.75	0.61
고추	4.5	168.2	37	186,077.41	1.11	1.63
호박	25.8	901.9	35	748,638.28	0.83	0.82
가지	20.3	1015.8	50	542,142.72	0.53	0.48
컬리플라워	11.2	279.3	25	211,777.05	0.76	2.72
배추	10.7	319.4	30	159,561.04	0.50	0.16
수박	4.9	97.7	20	32,233.45	0.33	0.41
잎채소	29.7	519.6	17	424,343.61	0.82	3.54
기타	19.1	286.3	15	155,885.77		
소계	195.2	8391.0	43	6,162,769.38		

자료: UAE Federal Competitiveness and Statistics Authority, 2018

○ 상기 표의 소매 가격은 아부 다비 식품 안전청 (Abu Dhabi Food Control Authority)의 2020년 자료를 참조하여 필자가 추가한 것으로 2018년 도매 가격과 일부 차이가 있음.

□ 농산물 유통 현황

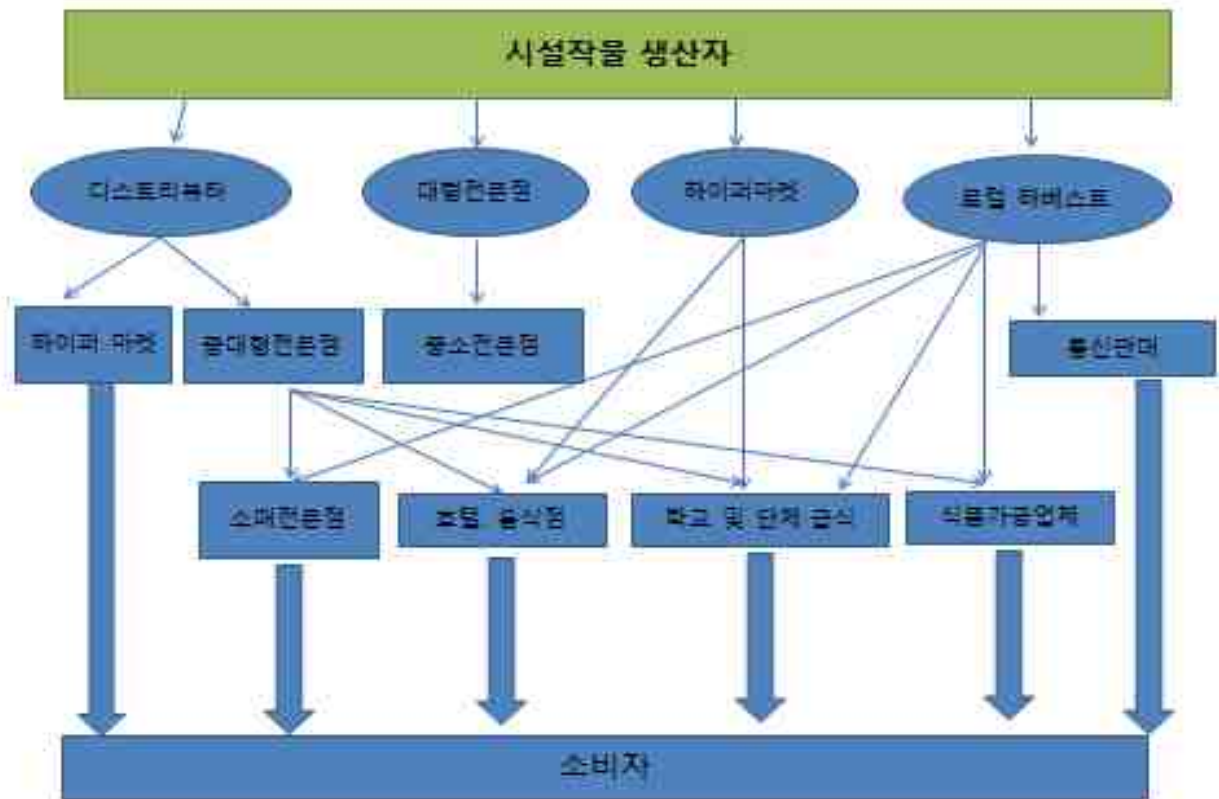
○ 아랍에미리트의 시설원예 농업 수출 시장은 UAE 정부의 지원과 관심이 일반 농가의 관심보다 앞서가는 추세이다. 그러나 소비자들의 건강에 대한 관심 고조와 정기적으로 고품질의 신선 채소를 필요로 하는 호텔, 레스토랑 및 대형 기업 들은 기존의 대형 유통 업체로부터 공급 받는 관행을 벗어나서 중간의 유통마진을 줄이고 신선도가 높은 신선 채소 과일에 대한 수요가 늘어 나고 있는 추세이다. UAE의 도소매 유통업의 연평균 성장률은 4.9%로 안정적인 성장세를 보이고 있다. 전체 GDP의 29%를 차지하며 전자 상거래의 성장률도 최근 수 년간 30% 가 넘는 발전을 보이고 있다. 전자 상거래 성장은 스마트 팜 신선 작물의 유통에는 유리한 요소가 될 수 있음



[그림 2-310] UAE GDP composition (2015)

자료: Dubai Chamber, FCSA

- UAE의 농산물 유통 채널은 다양하게 경로를 통해서 이루어 지고 있지만 아직까지 생산자가 직접 판매하는 관행은 일반화되어 있지 않다. 가장 보편적인 유통 채널은 각 지역의 대표적인 도매상이나 거래 업자들을 통해서 이루어 지고 있고 각 작물의 종류에 따라 전문 거래상이 전통적으로 거래를 유지하고 있다. 따라서 일부 도매 업자나 거래상의 독과점 문제가 대두 되고 있어 정부에서 관리 감독하고 있다. 소매 매출의 대부분은 대형 슈퍼 마켓에서 이루어지며 전체 소매 매출의 49.2% 를 차지하는데 주요 대형 슈퍼 마켓으로는 룰룰 그룹(Lulu Group) 이 6.01%, 다음으로 까르프(Carrefour) 가 4.08%, 스파이니스(Spinneys) 가 1.98%를 차지한다. 대형 슈퍼 마켓 다음으로는 도매 매출이 28.3%를 차지하고 쇼핑몰이 6%로 3번째 유통 채널이며 농축산물 박람회 및 전람회 매출이 1.5%를 차지하고 전문점 매출이 0.2%를 점유함
- 한 편 정부 차원에서는 농산물 직매장을 개설하여 농가와 소비자를 직접 연결하는 시도가 이루어 지고 있다. 아부다비 식품 안전청 (The Abu Dhabi Agriculture and Food Safety Authority, ADAFSA)은 “로컬 하베스트 “ (Local Harvest)라는 농산물 직거래 장터를 아부다비에 1개소, 알아인에 1개소, 알다프라 지역에 1개소를 오픈하여 경영은 전문 경영 업체를 통해 운영하고 있음
- 향 후 각 지역 마다 총 8개소까지 확장 예정이며 현지 생산된 농산물의 소비를 촉진하는데 목적을 두고 있다. 정부가 농산물 유통 시장에 개입하는 또 다른 목적으로는 현지 생산 농작물의 소비 촉진을 진작하는데도 있다. 주간 단위로 농산물 직거래 장터를 개설하거나 “로컬 하베스트” 마켓 같이 지역 단위로 체인 형태로 운영되는 농산물 판매장을 통하여 지역 농가에 다양한 유통 채널을 제공하는 것임
- 물론 기존 도매시장에 현지 생산 농작물을 공급하고 있다. 이러한 정부의 현지 농산물 생산 농가를 지원하려는 정책의 배경에는 연중 생산이 가능하여야 하고 유기농 고품질 농산물이어야 하기 때문에 전통 방식의 노지 재배로는 더 이상 농가 소득이 보장 되지 않게 되었다. 정부의 지원을 통해서 농가에서는 새로운 유통 채널을 이용할 수 혜택을 보면서도 전문적인 포장 및 마케팅 기법도 도입할 수 있게 되었음
- 정부의 새로운 유통 채널을 확보를 통해 농가는 더욱 다양한 작물을 재배 할 수 있게 되어 농가 특성에 맞는 작물의 선택을 통해 수익성을 제고 할 수 있는 장점도 있다. 이제 정부에서 운영하는 총 17 개소의 농산물 산지 수집 센터를 통해 안정적인 공급망을 확보 할 수 있다. 현지 농산물 생산을 촉진 하기 위한 정부의 노력과 더불어 UAE 정부는 국가 전략으로 중동 및 북 아프리카 지역의 교통과 물류의 허브로 성장 하려는 계획을 가지고 있다. 그 중 두바이 도매 시장 (Dubai Wholesale City) 는 약 5,000ha 면적에 자유 무역 지역으로 도매업자, 무역상, 호텔, 음식업 자들의 원스톱 거래가 이루어지도록 선적, 관세업무, 보험, 창고, 금융, 배후주거 도시, 호텔, 마켓, 전시장 등 의 서비스가 통합된 유통 무역 도시임



[그림 2-311] UAE 유통 구조, 자료: KOTRA 두바이 무역관

- UAE 농산물 유통 구조의 특징은 디스트리뷰터, 대형도매상, 대형 하이퍼 마트 등 대형 유통 업체들이 오래 동안 유통 시장을 지배해 왔다. 독과점 문제나 독점적 지위로 인해 간 호 농가 들은 산지 가격에 불만을 품고 있기도 하다. 그러한 문제점을 해결하기 위해 정부에서는 “로컬 허베스트” 라는 농산물 직판장을 운영하고 있다. 그러나 로컬 허베스트는 자국 생산 농산물만 취급하고 전국적인 유통 구조는 아니기 때문에 디스트리뷰터, 대형 도매업자, 대형 하이퍼 마켓 구매 담당자와의 거래가 주를 이루고 있다. UAE의 디스트리뷰터는 수입 수출을 병행하며 다양한 품목의 농산물을 취급할 수 있는 자본력이 바탕이 되는 업체들로서 해외 시장 개척 및 고품질의 농산물 수입처 개발, 국내의 대형 소비자 등을 확장하기 위한 마케팅 능력이 중요시 되며 비교적 보수적 성향을 갖고 있어 기존 취급품목의 변경은 쉽지 않은 편이므로, 인내심을 갖고 지속적인 관계 유지가 필요할 것이다. 또 다른 유통 채널로는 대형마트(하이퍼마켓)에 납품하는 방법으로 구매부와 직접 거래하는 방법과 벤더를 통해 납품하는 방법이 있음

□ 스마트 팜 진출 사례

- UAE 의 스마트 팜 활성화의 배경에는 국가식량안보전략(National Food Security Strategy)’이 기본 정책으로 국가식량안보전략이란 2021년 내 세계식량안보지수 상위 10개국에 진입하고 이후 2051년까지 동 지수 1위 달성을 목표로 하는 UAE 국가전략으로 정부는 이러한 목표를 달성하기 위해 첨단기술을 활용해 범국가적 지속가능 식량생산 체계를 구축하고 현지생산 역량을 제고하고 있음
- 정부 지원 사례로 재무부 주도로 조성된 민관합작 투자기금인 무함마드 빈 라시드 투자펀드(MBRIF, Mohammed Bin Rashid Innovation Fund)는 지난 2018년 알-아인 소재 스마트팜 스타트업인 Pure

Harvest에 AED 550만 (USD 150만) 가량을 투자 한 바 있으며 Pure Harvest는 온실재배 기술 선진국인 네덜란드의 제품과 기술을 활용해 연중 농작물 생산이 가능한 스마트온실 조성 하여 토마토를 시작으로 고추와 딸기, 가지, 오이 등 다양한 작물을 연중 생산해 UAE 시장에 공급하고 있으며 인근 GCC 국가 수출도 계획 중에 있음

- 또 다른 사례로 UAE 대표 국부펀드인 ICD(Investment Corporation of Dubai)는 지난 2017년 말부터 미국 보스턴 소재의 팜테크 스타트업인 Indigo Agriculture에 약 USD 2억원을 투자했으며 Indigo Agriculture는 작물의 수확량을 증대하기 위해 균류와 미생물 등을 활용하는 기술을 개발하여 기온과 염도 등에 강한 작물을 생산하고 있음
- 또 한 UAE 최대 항공사 Emirates Airline의 자회사인 Emirates Catering은 지난 2018년 미국 캘리포니아 소재 농업기업인 Crop-One과 USD 4천만 규모의 합작투자를 통해 알-막툼 국제공항 인근 지역에 세계 최대 (12,000m²) 수직농장(Vertical Farm)을 조성하였으며 이 수직농장에서는 하루 최대 2,700kg의 잎채소를 생산하여 Emirates 항공의 기내식 자재로 사용되고 있음
- 우리나라의 경우 약 600m²(약 180평) 의 테스트 베드 형식의 스마트 온실이 구축되어 첨단 ICT 기술들을 적용하였으며 에너지소비가 적고 온도를 효과적으로 낮추는 쿨링패드와 쿨링팬을 채택하여 실내 온도를 27~28°C로 유지하며 물 순환 시스템을 통해 사용하는 농업용수의 70%가량을 재활용할 수 있게 하였음
- 증강현실(AR) 글라스를 통해 원거리의 관리자가 현장의 작업자에게 실시간 교육과 솔루션을 제공할 수 있도록 하였다. 또 다른 사례로는 컨테이너 식물 공장 방식으로 UAE 현지 기업과 함께 시장 진출에 착수해 나가고 있음
- UAE 수출 후 1년간은 한국측에서 직접 컨테이너를 운영하며 재배된 작물을 호텔에 식자재로 납품할 예정이며 시험 운영 후 현지 파트너사가 스마트팜을 인수할 예정으로 스마트팜 장비 수출과 함께 현지 파트너의 원활한 운영을 위해 사후 서비스를 제공하는 방식으로 수출 시장을 확대해 나가고 있음
- 우리나라 정부 차원의 스마트 팜 진출 노력으로는 한-아랍에미레이트(UAE) 간 농업협력위원회 추진 사례가 있다. 양국간 지난 2015년 체결한 농업협력에 관한 양해각서(MOU)에 따라 2015년 11월 1차 회의(두바이)에 이어 두 번째로 2019년 6월 19일 제2차 한-UAE 농업협력위원회를 개최하여 양국간 양국간 농업현황 및 정책에 대한 이해 확대, 현재 추진 중인 스마트팜 협력 현황 및 계획 공유, 상호간 농식품 교역 확대를 위한 정부간 협력 강화 등을 조율하고 있음
- 아랍에미리트의 스마트 팜 도입에 대한 관심 증대는 국가적인 지원을 배경으로 첨단 기술의 적용으로 새로운 비즈니스 기회로 성장하려는 스타트업 창업 기업들을 주축으로 국부펀드의 이용, 벤처캐피털 투자, 대기업들의 참여 등으로 다양하게 사업이 추진되고 있음
- 스마트 팜 도입을 위한 정부의 다양한 농업 인프라 개선 사업이 진전되고 있다. 관개시설의 현대화 사업을 추진하여 스프링쿨러나 점적 관개 사용이 1999년 32%에서 2011년 91%까지 증대하였음

- 건강한 먹거리 현지 생산을 위해 유기농 식품 인증마크를 도입하여 수입 농산물에 대한 견제 정책을 수립하였음
- 특히 농업용수를 70% 이상 크게 절약할 수 있는 수경재배 시스템을 적극 장려하고 농약 및 화학약물의 사용을 줄일 수 있는 농업 기술에 대해 적극적인 지원을 하고 있음
- 이러한 농업 기술 혁신을 위한 정부 지원 연구 기관으로는 “해수농업 국제 센터” 설립하여 염수를 사용한 지속가능한 농업을 기술 수립을 목표로 하고 있으며 2009년 아부다비 농업 식품 안전청이 설립한 “아부다비 파머스 서비스 센터”에서는 농업용수 사용 절감, 혁신 농법 개발, 생산량 증대 방안 등을 연구하고 있다. 2014년에 UAE 기후변화 환경부에서 설립한 “샤르자 농업 혁신 센터”는 농업 기술 선진화 및 지속 가능한 농업 실현을 목표로 연구를 진행하고 있음
- 아부다비 투자 진흥청 (Abu Dhabi Investment Office)의 지원을 받은 스마트 팜은 총 4개로 미국의 수직 농장 기술을 바탕으로 하는 에어로 팜은 60여명 이상의 농업전문가, 재배사 및 과학자가 포함된 연구센터와 수직농장이 동시에 운영되면서 첨단 농업 기술을 연구하고 있다. 마라르 팜은 현지 전문가 그룹의 기술로 전문적인 토마토 생산 및 신선 채소를 지역에 공급하는 첨단 농장이다. 3번째 지원 기업은 RDI (Responsive Drip Irrigation)로 전문적인 관수 업체로 열악한 환경에서의 생산성 향상을 위한 연구를 수행한다. 4번째의 지원 기업은 현지 업체인 RNZ 인터내셔널 사는 농업의 부가가치를 높이는 R&D 센터를 운영한다. 즉 정부 지원 사업은 우선 농업 생산성을 높이는 기술, 상용화 기술에 역점을 두기 위한 연구와 생산을 동시에 추진하고 있음

[표 2-226] 수직 농장 진출 사례

기업	시설형태	투자 형태	비고
에어로팜 (Aero Farms)	수직농장	아부다비투자진흥청투자	미국 식량 및 농업 연구 기금(FFAR)과의 협력 사업
에미레이트항공 하이드로 포닉스팜	수직농장	미국 CROP ONE 수직농장과 에미리트 항공 자회사 간의 조인트 벤처 투자	세계 최대 수직 농장 1.2ha 일 3톤 신선채소 생산
유엔에스팜 (UNS Farm)	수직농장	인도계 민간 직접 투자	면적 2787㎡(약 844평) 일 1톤 생산
바디아팜 (Badia Farms)	수직농장	대기업 직접 투자	면적 4,645㎡(1,407평) 일 3톤 생산
플렌티 (Plenty)	수직농장	일본 소프트뱅크 투자 펀드(다수의 투자 펀드결합)	면적 18,500㎡ (약 5,600평)
아그리쿨 (Agricool)	수직 농장	프랑스계 대기업 직접 투자(다농)	컨테이너 형 수직 농장, 딸기 재배 생산량 120배
살리마 바이오테크 수직농장	수직농장	UAE 기후변화 환경부와 민간 업체 공동 투자	부지 706㎡(약 213평부지) 12개동 수직 농장
마다르 팜 (Madar Farm)	수직농장	아부다비투자진흥청투자	토마토 수직 농장

자료: 한국농수산물유통공사, UAE 스마트 팜 운영현황에 따른 한국산 종자 수출 방안

[표 2-227] 스마트 팜 진출 사례

기업	시설형태	투자 형태	비고
Pure Harvest	스마트 팜	다수의 벤처캐피털 투자	약 1ha 토마토 첨단 온실
바니야스 아쿠아포닉스 농장	스마트 팜	칼리파 펀드 및 아부다비 자이드 농업센터 투자, 민간 합작 투자 형태	세계최대 규모의 아쿠아 포닉스 농장 면적 2,400㎡(약 730평) 생산 12톤/년, 신선 채소 40톤/년 생산
알다라베이와 온실 (Al Dahra Baywa Greenhouse)	스마트 팜	독일과 현지 기업 간의 민간 투자	면적 10ha 연간 생산량 300톤/ha
엘리트 아그로 팜 (Elite Agro Farm)	스마트 팜	대기업 민간 투자	면적 20 ha, 토마토, 파프리카, 오이 생산 토마토 생산량 300톤/ha
티마 알 에마랏 온실 (Themar Al Emarat)	스마트 팜	스페인 민간 투자	면적 5ha, 태양열 에너지 활용 냉방기술 적용
알 자비 팜 (Al Zaabi's Farm)	스마트 팜	칼리파 펀드	면적 3.3ha, 토마토, 파프리카, 오이, 가지, 멜론 생산, 정부 구매, 스페인 재배 기술 적용

자료: 한국농수산식품 유통공사

- UAE의 스마트 팜 적용은 아직까지 정부 주도로 이루어 지고 있으며 대다수의 농가는 전통방식에 의존하고 있으며 일부 농가는 정부 지원 온실 사업의 수익성 악화로 온실 운영에 어려움을 호소하고 있기도 하다. 농업 선진국의 진출 사례에서는 현지 기업과의 조인트 벤처를 통한 진출 사례가 많고 수익성이 보장된 농업 기업인 경우 벤처 캐피털 투자를 통한 진출 사례가 있다. 선진 농업 기술을 바탕으로 한 진출 국가들은 네덜란드, 미국, 스페인, 독일 등 각 나라마다 절수형 관수 기술, 태양열을 이용한 냉방 기술, 아쿠아 포닉스 기술 등 첨단 농법을 통한 진출 사례가 대부분을 차지함
- 우선 조인트 벤처 방식을 통한 진출 사례로는 알 다라 베이와 온실 (Al Dahra BayWa greenhouse) 은 총 10ha 규모로 예산은 US\$47,568,000 (약 560억원) 이며 독일의 BayWa AG 사와 현지의 Al Dahra 사가 공동으로 추진 한 사업으로 1ha 당 약 300톤 이상의 토마토를 생산하고 있다. 지속 가능한 농업을 목표로 자원을 최대한 절감할 수 있는 기술 도입 하여 100여명 이상의 고용 창출을 하고 있음
- 퓨어 하베스트 온실은 UAE 에 약 10ha 규모의 온실 사업의 성공에 따라 쿠웨이트 및 사우디 아라비아에 각 각 네덜란드 온실 기술로 사업을 확장하고 있는데 각 국가의 벤처 캐피털 투자를 통해 사업을 추진 하는 경우 이다. 네덜란드의 기술 영향으로 초기 자금이 많이 투입되는 유리 온실 스마트 팜으로 안정적인 생산과 고품질의 작물을 저렴하게 생산 할 수 있어 주변 국가로의 수출까지 염두에 두고 있다. 프랑스의 아그리쿨(Agricool)은 컨테이너 수직 농장 스타트업으로 프랑스 대기업 다농 및 투자은행으로부터 자금을 받아 UAE 에서 딸기를 생산하고 있음
- 알 자비 팜 (Al Zaabi's Farm)은 현지 농가가 정부의 자금을 지원 받아 스마트 팜을 운영하는 경우인데 약 3.3 ha 온실에서 토마토, 파프리카, 오이, 가지, 멜론 등을 생산한다. 정부에서 운영하는 칼리파 펀드 중 자국 국민을 위한 대출 제도로서 최대 US\$ 27.2만 달러까지 자금을 융통하며 이자율을 0%임

- UAE의 스마트 팜 진출을 위해서는 에너지 저감 기술, 농업용수 절약 기술, 기존과 다른 차별화된 기술이 준비되어야 다양한 지원 프로그램을 이용할 수 있을 것이며 아직 정부 주도의 스마트 팜 확산 정책이 우세하기 때문에 정부 기관과의 협력 및 현지 농업 기업이나 농가와의 협력이 필요함

[표 2-228] 주요 Ag Tech 벤처 캐피탈

기관명	웹사이트	투자분야	비고
Investment Corporation of Dubai(ICD)	www.icd.gov.ae	미생물 활용정밀 농업	UAE 2대 국부 펀드
Mohammed Bin Rashid Innovation Fund(MBRIF)	https://mbrif.ae/	스마트 온실	UAE 재무부 주도로 조성된 민관공동 투자 기금
Shorooq Investment	https://shorooq.ae/	스마트 온실	현지 유망 벤처 캐피탈
Emirates Flight Catering	www.emiratesflightcatering.com	수직농장	항공 기내식 자재 생산 목적

자료: KOTRA

□ 한국형 스마트 팜 단지 설계

- 아랍에미리트와 같은 사막 기후의 특징은 심각한 농업 용수 부족, 극심한 온도 및 병해충 퇴치를 감안하여야 한다. 대부분의 선진 농업 기술에서는 관수 시스템을 통과한 농업 용수를 재활용하는 방식으로 물 부족 문제를 해결하고 있고 온도 조절 기술로는 보편적으로 팬 앤 패드 시스템을 많이 사용하고 있으나 에너지 비용 및 과도한 농업 용수 사용으로 인해 차광 단열 스크린 및 포그 시스템을 적용하는 연구도 진행되어 있다. UAE 지역의 특징은 10월에서 5월까지 약 8개월 간에는 별도의 냉방 시설 없이도 충분히 작물 재배가 가능한 기후 조건으로 네트 하우스 구조에 차광 단열 스크린 및 포그 시스템을 적용할 경우 팬 앤 패드를 작동 시 소요되는 물의 양을 4배 이상 절감 할 수 있다고 결론 지었다. 사막 지역의 시설원에 농업에서 우선 해결해야 할 현안은 지속 가능한 에너지를 개발하는 것으로 현재 태양열을 이용한 발전을 통해 담수화 설비 운영하거나 공기 중 수분을 응축하여 농업용수를 저장하고 냉난방 가동하는 기술이 개발 시험 중에 있으나 그 비용이 상당히 높기 때문에 자원 마련에 어려움이 있을 것으로 판단됨
- 한국에서 개발하고 있는 “ 고온극복혁신형 스마트 쿨링하우스”의 핵심 기술은 포그 시스템, 공기열 히트펌프, 차광커튼, 천창, 나트륨등 보광 등을 설명하고 있는데 냉난방에 사용되는 공기열 히트 펌프의 설치 비용 및 전기 사용량은 별도로 다른 에너지 비용과 비교 하여 검토해 볼 필요가 있다. 세계 식량 기구(FAO)의 중동 지역 온실 연구 보고서에서는 중동 지역 온실의 환경 관리 조건에 대해 설명하고 있다. 우선 과도한 태양열을 막아 줄 수 있는 차광스크린 및 백색도료의 도포, 온실 환풍기 설치, 포그 시스템이나 팬 앤 패드 시스템 설치, 히트 펌프나 열교환 시스템의 설치 등을 제안하고 있는데 히트 펌프나 열교환 장치는 초기 투자 비용이 과다하여 중동 지역에서는 활성화 되지 않는다고 밝히고 있음
- UAE 정부는 기본 시설원에 정책은 지속 가능한 농업 구현 및 지속 가능한 에너지 솔루션이므로 히트 펌프나 팬 앤 패드 시스템의 비효율적인 방식은 바람직하지 않을 것이다. 지속 가능한 에너지원에 대한 연구와 더불어 염분이 있는 지하수나 해수를 담수화하는 기술이 연구 진행 중에 있다. 이 연구는 비영리 단체인 “ 바이오염수 농업 국제 센터 (The International Center for Biosaline Agriculture, ICBA)에서 연구 중에 있으며 재원은 이슬람 개발 은행 (Islamic Development Bank, IsDB)의 지원을 받고 있다. 지속 가능한 에너지원을 이용한 냉난방 기술 및 부족한 농업 용수를 해결할 수 있는 혁신적인 기술이 UAE 수출용 온실 기술의 핵심 요소임

□ 대상지 및 대상 작물 선정

- 아부다비 전체 시설원에 면적은 총 497ha 이며 이중 68%인 338ha는 알 아인 지역에 있으며 알 다프라 지역이 92.7ha 로 18.6%를 차지한다. 아부다비 지역은 66.6ha 로 13.4%이다. 아부다비 토호국의 시설작물 생산량은 2019년 총 78,425톤으로 알아인 지역이 54,893톤으로 거의 70%를 차지하고 알 다프라가 12,517톤으로 16%를 생산하며 아부 다비는 11,015톤으로 14%를 차지함

[표 2-229] 아부다비 시설작물 생산 주요 지역

지역	시설작물 생산량 (톤)	시설원에면적 (ha)
아부 다비(Abu Dhabi)	11,015	66.6
알 다프라(Al Dhafra)	12,517	92.7
알 아인(Al Ain)	54,893	338.3
총계	78,425	497.6

자료: 아부다비 농업 및 식품 안전청 (Abu Dhabi Agriculture and Food Safety Authority, ADAFSA)

- 알아인(Al Ain)이 시설원에 농업이 활성화 될 수 있었던 장점은 대도시들인 아부 다비, 두바이, 알 아인이 각각 약 130km 정도 떨어져 있으면서 고속도로로 쉽게 접근 할 수 있는 교통의 요지 역할을 하고 있다. 알 아인 지역이 대도시와의 접근 성이 좋은 장점과 함께 농업 용수에 필요한 풍부한 오아시스 수자원을 보유하고 있다. 인구 증가가 급격히 늘고 있는 대도시 아부다비 주변의 농업 지대로는 알 아인 지역이 가장 농지 면적이 넓게 분포한다. 알 아인의 농지 면적은 약 45,250ha 이고 그 다음으로 알 다프라(Al Dhafra) 지역으로 20,768ha 이고 아부 다비 지역이 8,967ha 를 차지 한다. 알 아인의 농가 당 농지 면적은 약 3~3.9ha 이다. 농지의 대부분은 대추 야자, 오렌지, 망고 등 과일류가 주로 생산 되고 있고 시설 작물로는 오이, 토마토, 파프리카, 가지, 호박 등이 재배되고 있다. 2017년에 아부다비 토호국 내 15,340 개의 온실 중에 알 아인 지역에 9,394개가 분포 되어 있고 알 다프라 지역에 3,816개 온실이 있고 아부 다비 지역에 약 2,130개의 온실이 분포되어 있음



[그림 2-312] 아부다비 3개 지역

- 아랍에미리트의 시설원예 농업의 특징은 산유국의 재원을 이용한 첨단 농업의 도입을 통해 유기농 고품질의 농산물 생산이 이루어지고 있으나 고온기 극복을 위한 에너지 비용 및 농업 용수 공급 비용 등으로 생산 단가가 높아 전문적인 시설원예 농가가 아니면 온실 수익성 확보의 어려움이 있다. 이에 대한 또 다른 접근 방식으로 초기 투자 비용을 줄이면서 에너지 비용을 최소화 하기 위한 연구가 이루어지고 있는데 고온기 작기를 피해 10월에서 5월 까지 약 8개월간은 저 비용의 온실 구조인 네트 하우스 온실에 방충망, 차광막, 포그 시스템을 이용해서 다양한 시설 작물을 재배하는 연구가 좋은 사례이다. 따라서 한국형 온실 설계에서도 이러한 연구를 반영하여 초기 자본이 적게 드는 방식을 검토할 필요가 있음

□ 토마토

- 사막 기후인 아랍 에미리트의 시설 토마토 생산량은 온실 구조 및 재배 능력에 따라 큰 차이가 있어 1ha 당 100톤 미만에서 최고 수준인 800톤까지 다양하게 나타나지만 평균 200톤에서 300톤 정도를 생산한다. 1kg 당 산지 가격은 품질에 따라서 차이가 있으며 US\$ 0.3~1.36 정도이며 평균 \$1.00 에 거래 된다. 생산비는 1ha 기준 US\$ 20,000~130,000 이며 평균 \$30,000 정도로 조사 되었다. 아랍 에미리트 정부는 생산과 소비가 많이 이루어지는 토마토 현지 재배를 늘리기 위해서 정부 조직인 아부 다비 농업 기술 센터 (Abu Dhabi Farmers Services Centre, ADFSC)를 통해 최대 유통 업체인 엘리트 아그로(Elite Agro)사와 공급 계약을 맺어 현지 생산 토마토의 유통을 촉진 하려는 노력에 힘입어 많은 시설 농가들이 토마토 생산에 참여하고 있는 실정이다. 토마토는 아랍 에미리트에서 매일 식단에 오르는 주요 채소로서 양파, 가지와 함께 주요 식단 메뉴이다. 건강과 유기농 시선 채소에 대한 관심이 높아지면서 시설 토마토의 수요는 점 차 증가할 것으로 예측된다. 그러나 토마토의 경우 일상 소비하는 채소이기 때문에 가격 또한 소비자의 관심 사항이다. 토마토는 주로 주변 국가인 요르단, 시리아, 인도 등에서 수입되고 있으나 산지 생산량의 변동에 따라 수입 가격의 변동이 1kg 당 US\$ 0.80에서 US\$ 1.60 이상으로 2배 이상의 변동폭이 크게 나타나는 불안정한 공급 실태가 있어 왔다. 수입 공급량 및 가격의 불안정과 더불어 이집트, 오만, 요르단, 레바논, 예멘 등에서 수입되는 농산물의 잔류 농약 기준 초과가 문제시 되고 있어 정부에서는 엄격한 수입 규제를 실시 하고 있다. 토마토의 경우 주변 국가에서 수입되는 양이 많을 경우 내수 가격이 영향을 받게 되어 시설 재배 시 생산비를 내려 가격 경쟁력을 확보하는 노력이 필요한 작물이다. 가격과 함께 건강 및 환경에 대한 소비자의 관심이 소비 패턴에 영향을 주기 때문에 유기농 및 친환경 재배 기술이 적용되어야 시장에서 경쟁력을 확보 할 수 있음

[표 2-230] UAE 시설 토마토 수익성 예측

항목	단위	내용	비고
생산량	Kg	300,000	
단가	US\$/Kg	1	최고 도매가는 US\$ 5
매출	US\$	300,000	
생산비	US\$	100,000	최고 생산비는 US\$ 50,000
수입	US\$	200,000	

자료: 아랍 에미리트 대학교 조사 자료 참조하여 필자 작성

□ UAE 시설 오이

- 아랍 에미리트에서 토마토와 같이 주요 생산 소비 작물이다. 오히려 생산에 있어서는 토마토보다 면적이 앞서고 있다. 오이 생산 면적은 약 404ha 이고 이 중 394ha 는 시설 재배이고 토마토는 386 ha 중 69ha 가 시설 재배이다. 시설오이 생산 수준은 네덜란드가 1ha 당 약 600톤으로 세계 1위 이고 한국이 약

170톤을 생산하는데 UAE는 최고 수준의 오이 재배 농가에서는 네덜란드와 같은 수준인 1ha 당 600톤 이상을 생산하고 평균 생산량도 한국을 뛰어 넘는 180톤을 생산한다. 한국의 경우 시설작물 중 가장 높은 소득을 올린 축성오이의 경우, 10a 기준으로 1만 7,329kg을 생산해서 수취가격은 1kg당 1,588원으로 계산하면 총수입은 2751만5,700원이었다. 이 중 경영비는 1464만 9,126원으로 실제 소득은 1286만 6,574원을 기록하여 소득율은 46.8%였다. UAE의 경우 시설오이의 경영비는 최고 1ha 당 US\$ 75,611 였으며 평균 US\$ 30,524로 조사 되었으며 산지 가격은 높은 가격은 US\$ 0.82 였으며 평균 US\$ 0.57로 한국의 산지 가격인 1kg 당 US\$ 1.34보다 낮은 것으로 조사 되었다. UAE 오이 시설 농가 중 수익성이 높은 농가의 경우 1ha 에서 약 660톤을 생산하였으며 산지 가격은 US\$ 0.82 로 총 매출은 US\$541,200 이었으며 생산비 US\$75,611 가 투입되어 수익은 US\$465,589로 소득율은 약 86%를 기록하였다. 이러한 높은 소득율은 판매 가격이 한국 보다 낮으면서도 경영비가 한국보다 적게 투입되기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 한국형 스마트 팜의 도입을 통해 UAE 현지에서 시설 오이를 생산 할 경우 1ha 당 약 170톤을 생산하여 산지 가격 평균인 1kg 당 US\$0.57 로 산정하여 수익성을 예측 하면 아래 표와 같다. UAE 시설오이 농가의 평균 수익은 US\$ 75,140으로 평균 수익 이상을 기록하기 위해서는 생산량을 높이거나 오이 품질을 높여 산지 판매가격을 높이거나 생산비를 절감하는 방안을 검토해야 함

[표 2-231] UAE 시설오이 수익성 예측

항목	단위	내용	비고
생산량	Kg	173,000	
단가	US\$/Kg	0.57	최고 도매가는 US\$ 0.82
매출	US\$	98,610	
생산비	US\$	30,000	최고 생산비는 US\$ 75,000
수입	US\$	68,610	

자료: 아랍 에미리트 대학교 조사 자료 참조하여 필자 작성

□ UAE 파프리카

- UAE 단고추 수출 시장에 주로 수출하는 국가들은 이집트, 스페인, 네덜란드, 모로코 등이며 가격 경쟁이 치열한 작물이다. 그 중 네덜란드는 물류, 포장 및 연중 안정적인 공급으로 경쟁력을 확보하고 있다. 아랍에미리트 토호국 내의 매운 고추 생산 면적은 약 25ha 이며 생산량은 793톤 정도 이고 단고추 재배 면적은 약 100ha 에 생산량은 3,700톤으로 두바이 지역의 3,500톤 보다 약 간 높은 편이다. UAE 의 단고추 생산량은 선도 농가의 경우 네덜란드의 수준인 1ha 당 300kg 이상을 생산하는 농가에서부터 평균 130톤을 생산하며 보통 100톤 이상을 생산한다. 한국의 생산량도 비슷한 수준이지만 한국의 경우 생산비가 1ha 당 1억 5천만원에서 2억원 이상이 투입되기 때문에 수익성 측면에서 가격이 최소 1kg 당 3천원 이상이 유지 되어야 한다. 그러나 아랍에미리트는 경영비가 한국보다 낮고 판매 가격도 한국 보다 낮은 특징이 있음

[표 2-232] 한국의 파프리카 수익성

구분	파프리카	오이(축성)	토마토(축성)	딸기(축성)	시설참외
조수입	42,430	29,779	25,673	22,123	9,736
경영비	26,548	15,800	13,248	10,284	3,925
소득	15,883	13,980	12,425	11,839	5,811
소득비교(%)	100	88.0	78.2	74.5	36.6

자료: 농촌진흥청(2015), "2014 농축산물 소득 자료집"

- 한국의 단고추 농가 자료와 아랍에미리트 농가 자료의 수익성을 비교하여 보면 아래 표와 같다. 한국의 생산량은 1ha 당 평균 100톤을 기준으로 했고 아랍 에미리트는 약 300톤을 기준으로 산출 하였으며 생산량의 차이에도 불구하고 조수입이 비슷하게 산출된 것은 가격에서 차이가 나기 때문이다. 즉 한국은 평균 가격이 1kg 당 약 US\$ 2~3 이지만 UAE 는 US\$ 1 정도에 거래되고 있다. 한국의 경우 경영비가 상대적으로 높게 투입되기 때문에 수익율에 있어서는 UAE 보다 훨씬 낮게 나타나고 있다. 따라서 한국의 온실 설계 시 생산량을 높일 수 있는 기술이 투입 된다면 낮은 가격에도 불구하고 높은 수익율을 기대할 수 있을 것으로 판단됨

[표 2-233] 단고추 수익성 상대 비교

구분	항목	한국	UAE	비고
1	조수입(US\$)	357,230	353,160	1ha 기준
2	경영비(US\$)	223,515	41,688	
3	소득(US\$)	133,723	311,472	
4	소득률(%)	37	88	

자료: 한국의 경영비는 농촌진흥청 자료를 참조. UAE는 아랍 에미리트 대학 자료 참조

- 상기 단고추 수익성 비교에서는 UAE의 선도 농가를 기준으로 경영비를 산출한 것으로 아래 표는 한국의 온실 기술을 통해 단고추를 생산 했을 때의 수익성 예측 자료이다. 아랍에미리트 단고추 가격이 낮은 이유는 주변 국가들로부터 수입량이 많기 때문인데 지난 2017년 UAE 정부 부처인 기후변화 및 환경부 (UAE Climate Change and Environment Ministry) 는 잔류 농약 초과로 이집트, 오만, 요르단, 레바논 및 예멘에서 들여오는 단고추의 수입을 금지한 바 있다. UAE의 자국 내 시설 작물 생산이 부족한 실정이기 때문에 자국 내 생산이 이루어 질 경우 가격은 여러 가지 이유로 변동할 수 있는 요소가 있음

[표 2-234] UAE 파프리카 수익성

항목	단위	내용	비고
생산량	Kg	130,000	
단가	US\$/Kg	0.87	최고 도매가는 US\$ 1.09
매출	US\$	113,100	
생산비	US\$	23,000	최고 생산비는 US\$ 42,000
수입	US\$	90,100	

자료: 아랍 에미리트 대학교 조사 자료 참조하여 필자 작성

□ 고온 극복형 스마트 팜 설계

- 아랍에미리트는 사막 기후로 작물 생산에는 맞지 않는 더운 날씨에 연중 강수량이 부족하여 시설재배를 하여도 생산비가 높은 불리한 조건이다. 전체 국토의 1%만이 작물 재배에 이용되고 식품 소비량의 80~90%를 수입에 의존해야 하는 열악한 상황이다. 기존의 온실 운영에 적용되었던 화석에너지와 냉방 방식, 과도한 농업 용수를 필요로 하는 관수 시스템은 더 이상 정부의 지원을 받을 수 없는 실정으로 정부에서는 온실에 필요한 자원을 최대한 친환경적이며 지속 가능한 농업이 될 수 있도록 새로운 에너지원, 절수형 관수 시스템 개발, 새로운 냉방 방식 등에 대한 연구를 진행하고 있다. 이 연구의 핵심은 태양열을 이용하여 전기를 공급함으로써 농업용수를 공급하고 환경 관리에 필요한 에너지를 제공하여 화석연료를 이용하는 기존 에너지원 및 고비용의 담수화 공정을 거친 농업 용수를 대체하는 방식이다. 이 연구에서의 부족한 농업 용수를 대체하는 신기술로는 염수를 담수화하는 과정, 염분이 포함된 지하수의 정수 과정 또는

공기 중의 수분에서 담수를 집적하는 과정을 제시하고 있다. 이러한 연구 결과는 정부 기관인 아부다비 식품 안전청(Abu Dhabi Food Control Authority) 과의 협력을 통해서 검증 작업이 진행되고 있다. 시설원에 기술의 선진국인 네덜란드의 고온 사막형 온실 기술은 크게 경제적인 재배환경 관리 기술, 절수형 관수 시스템 개발, 화학비료 및 농약의 절감 기술 등을 연구하고 있다. 네덜란드는 온도 관리 및 해충 방지를 위해 방충망의 활용을 연구하고 있고 냉방 방식으로는 팬 앤 패드 방식을 제시하고 있다. 절수 기술로는 드립 관수 시스템 및 수경재배 방식을 선택하고 있다. 해안가의 습한 환경에서는 순환 팬을 이용한 방식을 적용하고 있다. 세계 식량기구 (FAO)의 고온 사막 지역 온실 기술 연구에서는 크게 3가지 방식의 온실 구조를 제안하고 있다. 투자비가 가장 적게 드는 네트 하우스 방식, 플라스틱 온실, 유리온실 등으로 각 형태별 장단점을 제시하였다. 네트 하우스의 경우 투자 비용이 적게 드는 반면 재배환경 관리가 부족하여 비교적 기후가 재배환경에 적절한 지역을 위한 선택 방식으로 제안하였으며 플라스틱 온실의 경우 투자 비용이 기존 네트 하우스 온실 보다 많이 드는 반면 재배환경 관리에 유리하여 장기간의 운영 효과를 기대할 경우 선택할 수 있다. 투자비용이 많이 드는 유리온실의 경우 재배 환경 관리에 적절하지만 초기 투자 비용이 과다하여 현지에서는 선호되지 않는 방식이라고 밝히고 있다. 한국 정부의 고온극북형 온실 설계에서는 일반 광폭형 온실(높이 7m)보다 높이를 높여(높이11.5~16m) 태양열 집적으로 인한 온도 상승 효과를 감소 시키고 하우스 천정에는 대형 환기창을 설치하여 더운 공기를 효율적으로 환기할 수 있도록 했다. 온실 내부는 포그분무(안개분무), 차광커튼, 냉방 시설을 갖춰 재배 환경 관리의 효율화 설계가 이루어 졌다. 다만 초기 투자비가 유리온실과 같은 수준이고 냉방 방식의 에너지원이 단점으로 작용 할 수 있음

□ 온실의 재배환경 관리 및 친환경 에너지 적용 기술

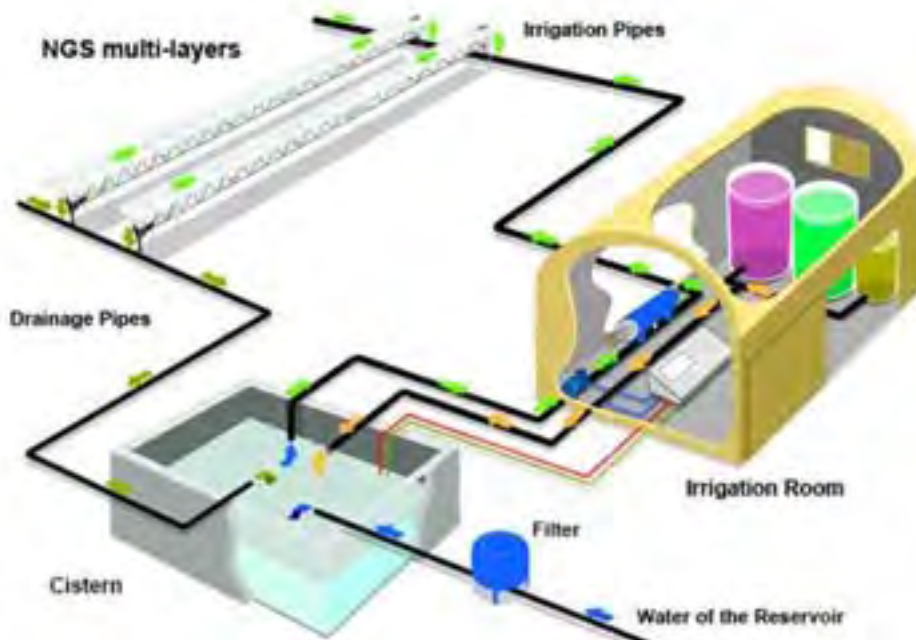
- 고온 사막 기후인 아랍 에미리트의 온실 재배환경 관리 기술의 시작은 고온기에 작물 재배에 적합한 온도인 17~27°C 를 유지하기 위한 친환경 에너지원의 활용 기술이다. 시설작물 수익성에 영향을 주는 생산량, 가격, 생산비 항목 중에 냉난방 비용이 일반적으로 40%~60%를 차지 하므로 비용이 적게 드는 에너지원의 개발은 시설농업의 수익성 창출과 직접적으로 연관이 있다. 기존의 네트 하우스 온실의 경우 온도 관리를 위해 포그시스템, 차광 스크린, 순환팬을 적용하여 비용을 줄이고 있다. 고온 건조 사막 지역에서 흔하게 사용하는 팬 앤 패드 시스템의 단점은 에너지 비용 및 과도한 농업 용수의 이용이다. 아부다비 식품 안전청 (Abu Dhabi Food Control Authority) 에서 추진하는 태양열 유리 온실의 경우는 생산비에 큰 영향을 주는 농업 용수 및 냉난방에너지를 유리 온실의 태양열 발전 패널을 이용하여 생산하는 전기로 해결하려는 연구가 진행되고 있다. 즉 온실 운영에 들어가는 전기 및 농업 용수를 외부의 자원에서 사용하지 않고 온실 자체에서 생산하는 새로운 개념의 온실 설계이다. 태양열로 발생하는 전기는 염수나 염분이 많은 지하수를 멤부레인 담수 시스템을 이용하여 농업 용수를 생산하거나 공기 중의 수분을 응축하는 시스템을 운영하여 필요한 농업 용수를 저장하는 기술이다. 유리 온실의 선진국인 네덜란드도 태양열을 이용하는 유리 판넬을 기존 유리 온실에 적용하는 연구를 진행하고 있다. 이러한 연구의 목표는 화석 연료를 사용하는 에너지원에서 탈피하여 친환경적이고 지속적인 농업의 실현을 위해 정부의 지원 사업으로 추진하고 있다. 또 다른 연구는 기존의 팬 앤 패드 냉방 시스템의 단점인 과도한 농업 용수의 사용을 줄이기 위해 염수를 사용하는 새로운 방식의 소개이다. 사우디 아라비아 킹 압둘 대학교 (King Abdullah University of Science and Technology)에서 수행하는 연구는 기존의 냉방 시스템 운영에 활용되는 농업 용수를 염수나 염분이 많은 지하수로 대체하는 방식임



[그림 2-313] 사우디 아라비아 증발 냉각 시스템

자료: 사우디 아라비아 킹 압둘 대학교
(King Abdullah University of Science and Technology, Saudi Arabia)

- 농업용수가 절대적으로 부족한 UAE 시설원에 농업 환경에서 물을 절약하는 기술은 새로운 온실 기술 개발의 핵심 기술 사항이다. 스페인의 농업용수 절약 기술인 순환형 수경재배 시스템(Recirculating Hydroponic System)은 작물의 뿌리가 안착하는 베드 부분을 다층 레이어로 구성하여 뿌리의 활착을 안정화 시키고 영양분의 손실을 막으면서 관수 후 잉여 농업용수를 재활용하는 시스템임



[그림 2-314] 스페인 양액 재활용 시스템 (자료: 스페인 NGS 시스템 사)

- 또 다른 농업용수 절약 기술은 지능형 드립 관수 기술로서 작물의 물공급 시그널에 따라 드립퍼에서 적절한 수분과 영양분을 통제하여 공급하는 첨단 기술로서 뿌리가 흡수하는 양에 따라 수분과 영양분을 서서히 관수하여 과도한 수분과 영양분의 공급으로 작물에 주는 스트레스를 경감 시킴으로써 최적 환경을 제공하여

생산량을 높이고 불필요한 농업용수 및 양액의 소비를 줄이는 기술이다. 기존 드립 시스템보다 30~50% 적은 관수량을 보이고 있다. 미국에서 개발된 새로운 관수 튜브는 별도의 물구멍이 없는 대신 미세한 투과형 재질을 사용하여 전체 튜브에서 수분과 영양분이 분출되는 방식임



[그림 2-315] 반응형 드립 튜브 시스템

(자료: 미국 Responsive Drip Irrigation 사)

□ 한국형 스마트팜 수출 모델

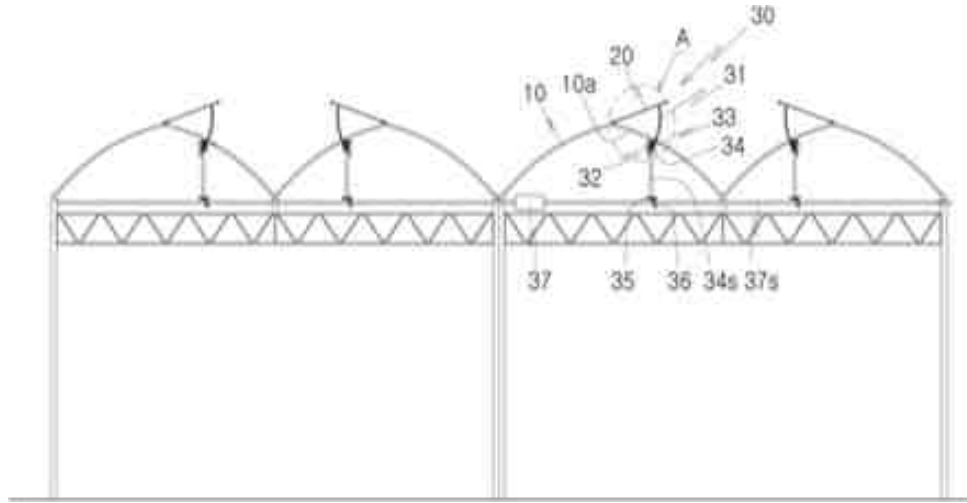
- 스마트팜은 우리나라 정부의 8대 혁신성장 선도과제의 하나로 스마트팜 수출 확대를 전후방산업 발전을 기할 수 있다. 기존 농업에 인공지능 정보통신 빅데이터 사물인터넷 등 첨단기술을 접목한 스마트팜은 국내뿐 아니라 세계 시장 규모가 급격하게 증가하고 있어 각국의 해외 시장 선점 경쟁이 격화되고 있다. 스마트팜 세계 시장 규모는 지난 2018년 75.3억불에서 2020년 125억불로 늘어 연평균 12.4% 성장을 보이고 있다. 스마트팜은 온실 설비 기자재 즉 복합환경제어기, 양액기, 센서, 냉난방 장치, 피복 및 차관 스크린 설비 등 연관 산업이 넓고 새로운 소재 및 온실 구조 설계 및 제작 등 고급 인력 등이 포함된 플랜트형 특징을 가지고 있어 수출 시 높은 부가가치 달성이 가능하고, 기자재의 공급 및 설비의 유지보수를 통해 지속적으로 수입을 발생시킬 수 있는 장점이 있다. 그러나 스마트 팜 수출 시장의 선점 국가들인 네덜란드, 미국, 스페인, 이스라엘 등의 국가 등은 지역에 맞는 온실 기술을 개발하여 다양한 형태로 스마트 팜 수출 시장에 이미 진입하여 있는 실정으로 UAE 를 포함한 고온 사막형 기후 조건에 맞는 온실 형태의 설계 및 운영에 있어서는 아직 수출 경쟁력이 약한 현실이다. 이상에서 살펴 본 바와 같이 UAE는 식량 안보 차원에서 스마트 팜의 활성화를 위한 정부의 지원이 잘되고 한국과는 스마트 팜 공동 연구 MOU를 체결하여 한국형 스마트 팜 기술 도입을 기대하고 있는 실정이다. 고온 건조한 사막 기후인 UAE의 온실 운영에는 우선 태양열을 포함한 새로운 에너지원에 대한 검토가 포함되어야 하고 냉방 방식도 절수형이나 해수 또는 염분이 많은 지하수를 이용하는 기술 또한 필요하다. 양액 및 관수 시스템에서도 경쟁 업체에서는 이미 경제적인 양액 재활용 시스템을 개발하여 실제 농업에 이용하고 있다. 한편으로는 기존 초기 투자비가 많이 투입되는 네덜란드의 유리 온실 형태의 사업과 기존 네트 하우스 온실과 같은 경제적인 구조에 방충망, 포그 시스템, 절수형 수경재배 시스템을 적용하여 연중 생산 가능한 유리 온실 수익성과 작기를 8개월로 계획하여 수익성을 비교하는 연구가 진행되어 온실 설계에 있어 초기 투자비를 적게 하는 기술 검토 또한 필요함

□ 규격 및 골조 자재

- 수출용 온실 설계의 기준은 “원예특작시설 내재해형 규격 시방서”의 설계 조건을 만족하면서 수출 시장의 기후 조건, 가격조건, 현지 정부의 요구 사항 등을 반영하여 설계 하여야 한다. 구조적으로는 이미 네덜란드의 유리 온실이 UAE 시장에 분포되어 있으나 유리 온실의 특성 상 초기 투자비용이 많이 드는 문제점들이 지적되어 왔다. 따라서 한국의 플라스틱 온실 중 이미 중앙 아시아 지역의 고온과 건조한 기후 조건에서 수익성이 검증된 온실 골조 구조에 수출 지역에 이미 진출해 있는 농업 선진 국가들의 온실의 장 단점을 반영하여 수출 모델이 계획되어야 한다. 초기 투자비가 적게 들고 이미 중앙아시아 사막 기후에 수출되어 성능이 검증된 플라스틱 연동형 방식으로 측고 6~8m, 폭 8m, 높이 7.4 이상으로 설계하고 작물의 특성에 따라 작물의 생산성 향상을 위해 측고는 딸기 6m, 토마토 8m 이상으로 검토 할 필요가 있다. 골조 자재로는 사막의 염분에 대한 내구성을 고려하여 포스맥 (Pos Mac) 소재를 적용하였다. 포스맥(PosMAC, POSCO Magnesium Aluminiumalloy Coating product)은 아연, 마그네슘, 알루미늄을 합금 도금한 포스코의 제품 브랜드로 기존 용융아연도금 하우스용 파이프 보다 5배 이상 부식에 강한 내구성을 보이며 온실의 골조의 경우 내부에서 발생하는 화학 물질 및 염소(Cl), 강알카리 및 유해가스 환경은 물론, 고온다습하고 비바람을 많이 맞는 일반적인 환경 등에도 견딜 수 있다. 한국 정부에서 개발 중인 고온극복 혁신형 스마트 쿨링하우스는 폭염·가뭄·집중호우 등 기후변화에 적합하도록 높이를 기존 광폭형 온실 내재해 규격(비닐온실 높이 7m)보다 4~9m쯤 높여서 연구 중이며 온실 내부에 포그(안개) 분무, 차광커튼, 냉방 등의 설비를 갖추고 있으나 초기 투자비가 유리 온실에 비해 크게 차이가 나지 않으면 가격 경쟁력에서 단점으로 작용 할 수 있을 것임

□ 일체형 천창개폐장치

- 시설하우스의 천창 및 측창을 통한 공기 순환은 작물 재배 환경에 중요한 온도, 습도, 병충해 방지를 위해 중요한 메커니즘이다. 플라스틱 온실에서 천창 구조는 주로 랙 앤 피니언 방식을 주로 적용하고 있으며 지속적인 마찰 부하로 인하여 피복의 손상이 빈번히 발생하는 취약한 부분이지만 최근에는 실링 자재와 함께 시공함으로써 피복의 내구성을 보장하면서도 외부 공기가 침입하지 못하도록 밀폐성을 보장한다. 천창 1쪽의 길이가 보통 1.5m 로 양 창을 개폐하였을 때는 최대 3m 의 환기 효과를 가져 올 수 있다. 천창의 구조는 온실 곡선 구조와 일체감을 유지하기 위한 기술적인 요소가 필요하다. 천창을 통한 해충의 진입을 방지하기 위해 천창 작동에 지방을 주지 않으면서도 확실한 해충 방지 기능을 수행 할 수 있는 방충망의 설치 기술이 적용되어야 한다. 온실 내의 온도 조절 기능과 함께 천창 개폐 시스템의 또 다른 기능은 습도 조절이다. 지속적으로 높은 습도가 유지 될 경우 곰팡이 발생, 과도한 습도의 피복 내부 응결로 인한 병충해 발생 등을 방지하기 위해 균일한 내부 환경 관리에 있어서 천창 개폐 시스템의 역할이 중요함



[그림 2-316] 일체형 천창 개폐 시스템 (자료: 농어촌연구원)

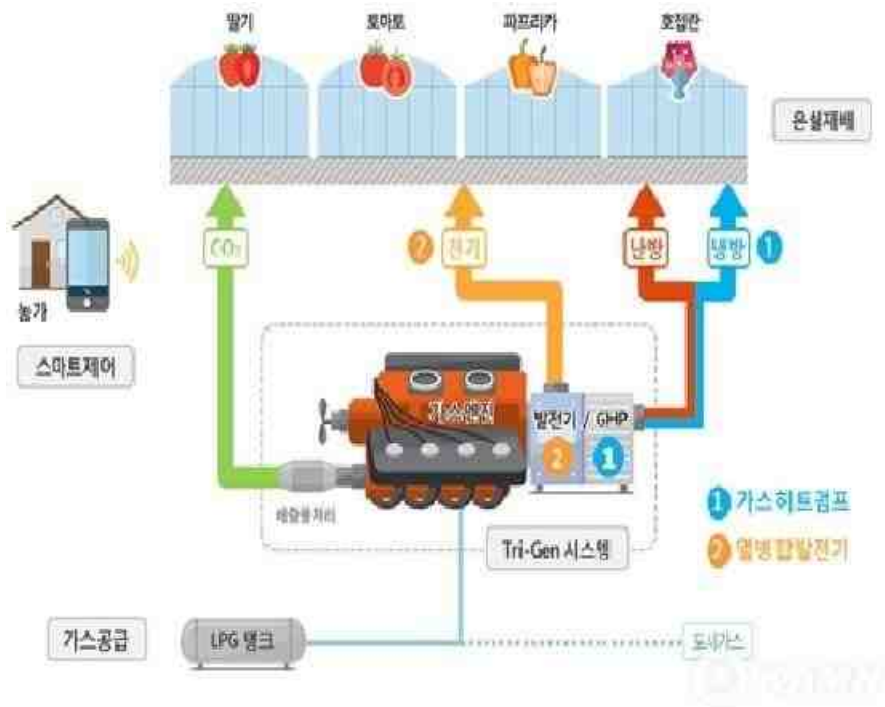
□ 시설원예용 냉난방 시스템

- 중동 사막 기후에 적용되는 대부분의 온실 냉 난방 시스템은 패드 앤 웬 냉방 방식이다. 그러나 UAE는 절대적인 물 부족 국가이면서 화석 연료의 소비를 줄이는 정책을 추진 하고 있다. 패드 앤 웬 방식의 냉방 시스템은 보편적으로 많이 적용하는 기술이긴 하지만 농업 용수의 소비가 많고 에너지 비용이 큰 단점이 있다. 그러나 태양열 발전을 통한 에너지원은 초기 투자비가 크고 지열히트 펌프 방식 또한 투자비가 큰 문제점을 안고 있다. UAE는 초기 투자비가 적게 들고 농업 용수의 사용이 적으면서 에너지 소비가 적은 포그 및 스크린 시스템만을 활용하여 냉방을 하는 연구를 진행하고 있다. 아랍에미리트의 냉방 시스템 적용은 농업 용수 사용량, 에너지 사용량, 초기 투자비의 절감 등 을 동시에 검토 하여야 함

□ 가스 히트 펌프 냉난방 시스템

- 아랍에미리트의 주 에너지 공급원은 석유 및 가스를 활용한 화력발전이었다. 그러나 MENA 국가들이 탈석유화 정책과 더불어 이산화탄소 감소 등 발전원 다변화하려는 정책을 강화하면서, 재생에너지 개발로 급격히 전환되는 추세이다. 특히 아랍에미리트(UAE)와 사우디아라비아가 신재생에너지 개발을 주도하고 있다. 이러한 중동 지역의 신재생 에너지원을 활용한 시설원예 냉난방 기술의 요구를 반영하여 시설원예 농업 선진국인 네덜란드는 유리 온실 기반으로 신재생 에너지를 이용하기 위해 유리판에 전기를 생성할 수 있는 연구를 진행 하고 있으나 아직 상용화 단계에 이르지 못하고 있다. 우리나라는 플라스틱 온실 기반의 시설원예 농업 기술을 추진하고 있기 때문에 신재생 에너지원으로 크게 태양열, 지열, 가스를 활용한 냉난방 기술을 검토 할 필요가 있으나 태양광 발전을 통한 방안은 과도한 초기 투자비를 선호하지 않는 아랍에미리트 농정 정책을 반영하여 비교적 초기 투자비가 저렴하면서 냉난방 효과가 뛰어난 가스 히트 펌프 방식을 검토 하였다. 가스히트펌프는 가스엔진의 동력으로 냉매 압축기를 구동하는 냉난방기로서 기존 유류 보일러 대비 30% 이상 난방 효율이 높고, 상대적으로 저렴한 가스를 연료로 사용하기 때문에 기존의 유류보일러 대비 난방비의 상당한 절감이 가능하다. 또한 작물 성장에 필수적인 이산화 탄소의 공급을 위해 연소 배기가스에 포함된 이산화탄소를 이용할 수 있기 때문에 액화탄산 시비비용을 절감할 수 있다. 특히 중동 지역의 온실 냉방을 위해 주로 적용하였던 팬 앤 피드 시스템의 높은 에너지 비용 및 농업 용수의 사용의 단점을 보완 하여 냉방-제습의 기능을 동시에 제공 가능하기 때문에 작물의 생산성을 향상시킬 수 있다. 따라서 가스히트펌프 시스템을 이용하여 난방/CO2/냉방/제습 등 온실이 요구하는 에너지를 통합 관리할 경우 생산성 향상 및 운영비 절감이 가능하며 태양광 발전 시설 투자비와 비교하면 투자비용 감소가

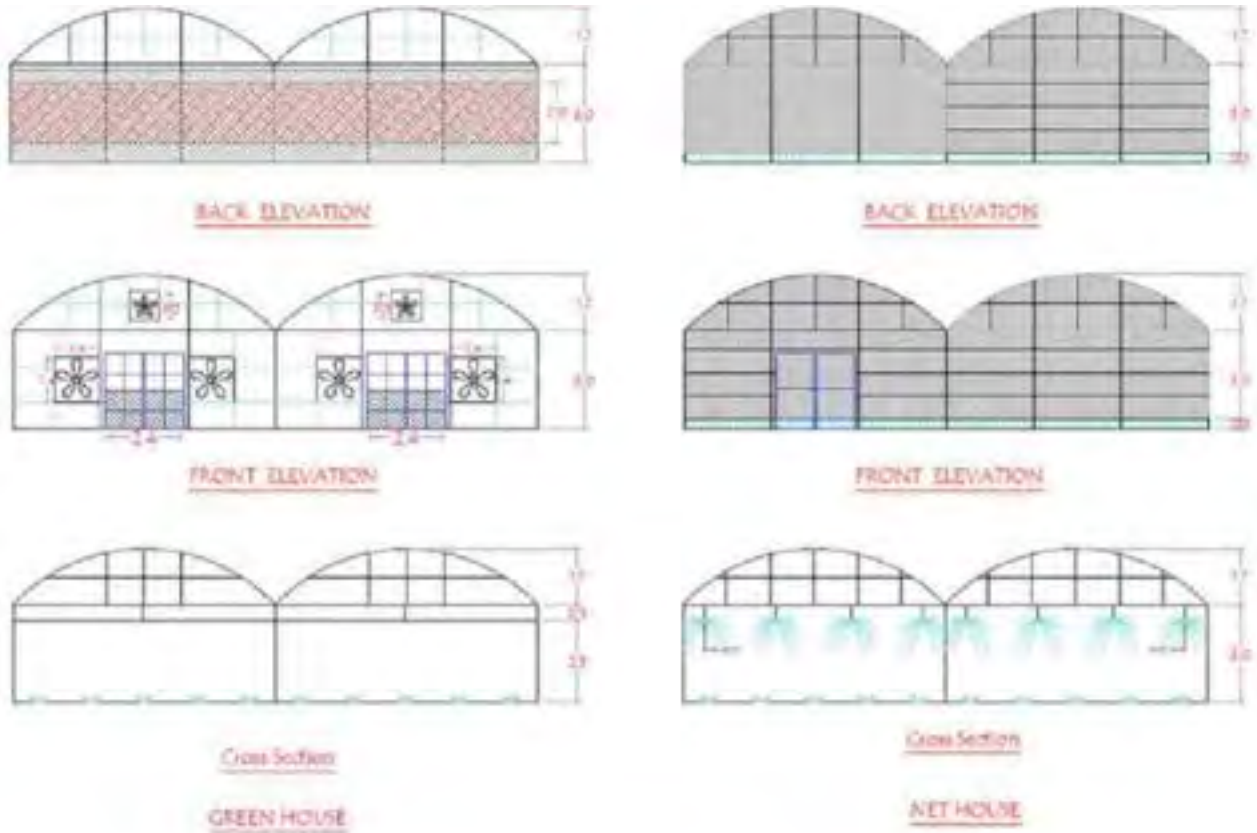
가능하다. 부수적으로 탄산시비 비용을 약 70% 정도 절감하는 효과가 있다. 그러나 1ha 당 약 3억 5천만원의 설치비가 필요하므로 초기 투자비가 늘어나는 단점이 있음



[그림 2-317] 한국형 가스히트 펌프 이용 온실 에너지 공급 시스템 (자료: 농촌진흥청)

□ 포그 및 단열 스크린을 활용한 냉방

○ 걸프협력회의(Gulf Cooperation Council) 국가들인 바레인, 쿠웨이트, 오만, 카타르, 아랍에미리트, 사우디아라비아 전체 온실 면적은 약 13,000ha 에 이르며 대부분의 온실은 패드 앤 팬 냉방 시스템 (Pad-fan cooling system)을 적용하고 있는데 이 시스템은 에너지 소모 및 물 소비량이 많아 문제점으로 지적되어 왔다. 그러나 태양광 발전 시설이나 가스냉온방 시스템, 지열 시스템 등은 새로운 에너지원을 찾으려는 걸프 협력 국가들의 요구에 맞지만 초기 투자비가 상당한 단점이 있다. 부족한 농업 용수의 문제점, 패드 앤 휠 냉난방 시스템 (Pad & Fan cooling system)의 과도한 에너지 사용의 문제점 등을 보완하고 가스 히트 펌프 냉온방 시스템이나 지열 시스템 등의 높은 초기 투자금에 대한 대안으로 비록 포그시스템(Fog system) 에 차광 단열 스크린을 설치하는 방식도 검토되어야 한다. 이러한 연구는 이미 아랍에미리트 두바이에 있는 국제바이오살린 농업 센터 (International Center for Biosaline Agriculture, Dubai, UAE) 에서 연구가 진행되어있다. 이 연구는 기존의 패드 앤 휠 냉난방 시스템을 갖춘 온실과 포그시스템(Fog system) 에 차광 단열 스크린만을 설치한 온실의 작물 재배 성과를 비교한 것으로 온실의 규격은 폭 8m, 측고 5m, 길이 35m 의 테스트 베드에서 이루어졌다. 2개 온실의 규격은 아래 그림과 같음



[그림 2-318] 아랍에미리트 일반 온실과 네트하우스 골조 구조

(자료: 국제바이오살린 농업 센터)

- 일반 온실 및 네트 하우스 모두 재배환경관리는 온도 및 습도 센서를 설치한 컴퓨터 제어 방식을 채택하였고 냉방 시스템의 작동 값은 아래 표와 같이 설정하였음

[표 2-235] 냉방시스템 설정 값

네트 하우스(포그시스템) 작물: 오이	일반 온실 (패드 앤 웬 냉방 시스템) 작물: 방울 토마토 및 파프리카
포그시스템 작동 온도: 29°C 상대 습도 : 75% 포그시스템 정지 최소온도: 15°C 최소 포그 작동 시간: 20초 최대 포그 작동 시간: 30초 최소 포그 작동 간극: 300초 포그 시작: 오전 10시 포그 정지 : 오후 5시	냉방작동 온도 설정 값: 방울토마토 26°C / 파프리카 27°C 상대습도: 75% 웬작동 최소 온도: 30°C

자료: 국제바이오살린 농업 센터

- 이 연구에서는 패드 앤 웬 냉방 시스템을 설치한 온실이 냉방 과정에서 소비된 물의 소비량이 재배 작물인 방울 토마토나 파프리카 재배에 필요한 농수량의 평균 약 3배 이상을 소비하였다. 반면 포그 시스템 냉방 시스템을 갖춘 네트 하우스의 경우 오이 재배에 필요한 용수량의 75%정도만 소비 하였다. 에너지 비용면에서는 패드 앤 웬 냉방 시스템을 설치한 온실이 비교 대상인 포그 시스템 냉방 시스템을 갖춘 네트

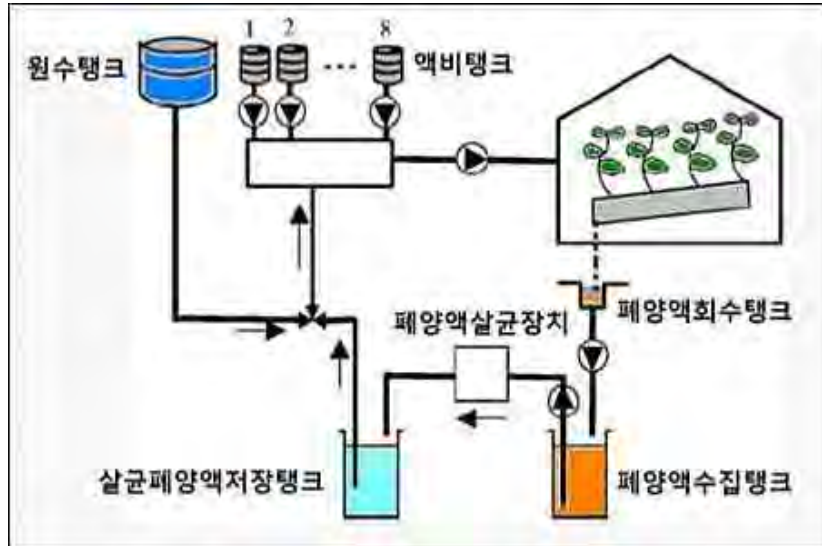
하우스 보다 거의 32배의 에너지 비용이 소비되었다. 즉 패드 앤 웬 냉방 시스템을 설치한 온실은 생산비에서 냉방비의 비중이 높아지면서 수입 농산물과 가격 경쟁에서 떨어지는 것으로 조사 되었음

□ 방충망의 설치

- 온실 내부 환경 관리를 위해 대부분의 온실에는 환기창을 설치하게 되는데 사막 기후인 중동의 경우 환기창의 설치와 함께 중요한 것은 방충망의 설치이다. 그러나 환기창에 설치된 방충망은 해충의 침입을 막는 장점과 환기 기능을 낮추는 단점을 가지고 있다. 이를 보완하기 위해서는 방충망의 설치와 함께 전기 및 기타 방충 장치를 함께 사용하는 방안이 있고 최대한 방충망이 설치된 환기창의 면적을 넓힐 수 있도록 설계에 반영하여야 한다. 한편 일반적으로 해충은 자외선이 높은 환경을 선호하기 때문에 온실 내부에 자외선을 낮출 수 있는 자외선 차단 기능의 방충망을 선정하여야 한다. 또한 자외선을 반사하는 알루미늄 스크린은 해충의 침입을 방지하는데 도움이 되는 것으로 알려져 있다. 방충망의 색상의 선택에서도 해충이 선호하는 방충망을 설치하면 해충이 방충망에 달라 붙게 되어 작물을 보호 할 수 있게 된다. 따라서 온실을 설치하려는 지역의 번창하는 해충의 종류에 따라 방충망의 선택이 필요하다. 해충 방지를 위한 방충망의 종류에 따라서 환기 기능의 차이가 발생하므로 현지 지역의 해충 조사에 따라 방충망의 종류를 선택하여야 한다. 국제식량기구 (F.A.O.) 보고서에 조사에 의하면 총채벌레 방지용 방충망은 환기능력을 70% 정도 감소 시키고 향진디 방충망은 40% 정도 감소 시키는 것으로 밝히고 있다. 현지 환경에 따라 환기 기능이 떨어지는 방충망을 설치 할 경우 온실 전체 면적에서 방충망을 설치한 설치한 환기창의 면적을 넓힘으로써 단점을 극복할 수 있다. 선풍성 방충망(Photo-selective screen) 을 설치할 경우 방충 효과를 높일 수 있으므로 온실 설계 시 반영하여야 한다. 또한 방충망의 망사 굵기가 가늘수록 통기성이 향상 되므로 이 또한 방충망 선택 시 검토해야 함

□ 순환식 수경재배 시스템

- 중동 사막형 온실 시스템에서 수출 경쟁력 확보 요소로서 화석 연료를 사용하지 않는 에너지원, 절수형 수경재배 시스템, 해충 방지 시스템, 초기 투자비 절감 등의 기술적인 검토 사항 들이 있으며 절수형 수경재배 시스템의 적용은 필수적이다. 현재 아랍에미리트에 적용되고 있는 절수형 수경 재배 시스템은 양액 순환형으로 이루어져 있어 농업용수 및 양액의 손실을 최대한 줄 일 수 있다. 즉 작물재배 과정 중에 배출되는 폐양액을 회수해 재활용하는 방식인 순환식 수경재배 방식은 물부족 국가인 아랍에미리트의 온실 설계에서는 필수적이며 환경보전과 자원절약을 동시에 해결할 수 있음



[그림 2-319] 순환식 수경재배 시스템 (자료: 농촌진흥청)

- 양액과 농업 용수를 재활용하는 기술과 함께 UAE 에 적용되고 있는 기술은 절수형 베드 기술이다. 이 시스템은 작물의 뿌리가 여러 겹의 막을 통해 자라게 함으로써 양액과 수분의 흡수를 극대화할 수 있음



[그림 2-320] 다겹 루팅 시스템 (자료: New Growing Systems)

- 아랍에미리트의 건조하고 고온의 사막 지역 온실에서 관수 시설로 스프링쿨러 시스템을 설치할 경우 분무된 농수의 60%는 작물이 흡수하기 전에 증발하기 때문에 관수 시스템은 드립퍼 방식을 선택하여야 함
- 한국형 스마트팜 수출 모델
 - 중동 수출형 온실 모델 설계에서 고려할 사항은 크게 에너지 절감형, 농업용수 절감형, 해충방지 설계로 요약할 수 있으며 네덜란드를 포함한 온실 수출 경쟁 업체들도 중동 지역 온실 발전에 필요한 이러한 기술들을 개발하기 노력하고 있다. 이러한 기술적인 측면 외에 온실 수출 시장 확대에 중요한 요소 중 또 다른 측면은 초기 투자비의 절감 기술이다. 중동 지역에 시공되어 있는 온실 형태를 살펴 보면 아래와 같음

[표 2-236] 중동지역 온실 형태

구분	온실 형태	투입 기술	한국형 수출 온실
저가 온실	플라스틱온실	- 냉방 시설 없음 - 절수형 시설 없음	- 플라스틱 온실 구조 - 절수형 수경재배 시스템 채택
중저가 온실	플라스틱 온실 또는 유리온실	- 패드 앤 휠 냉방 방식 - 절수형 수경재배 시스템	- 포그시스템 및 차광보온 스크린 냉방 시스템 채택
고가 온실	유리온실	- 에어컨 냉방 방식 - 절수형 수경재배 시스템	- 가스히트 펌프 시스템이나 지열 히트 펌프 시스템 선택 사항

- 따라서 아랍에미리트의 수출형 온실은 플라스틱 다연동 수경재배형 스마트 온실 구조에 냉방 방식은 포그시스템 및 차광 보온 스크린으로 하는 방식과 초기 투자 비용이 높아지더라도 지열 히트 펌프 냉난방 방식을 선택할 수도 있다. 천창이나 측창의 사이즈도 충분한 환기가 가능하도록 사이즈를 크게 하여 현지 해충의 방제를 효율적으로 방제 할 수 있는 방충망 시설을 갖추어야 함

2) 스마트 팜 단지 계획

□ 스마트 팜 단지 구성의 배경

- 시설원에 농업 선진국들의 대규모 온실 단지의 특징은 대단위의 생산성이 높은 온실들이 집적되어 있다. 네덜란드의 애그리포트(Agriport) A7 은 대규모 첨단 유리온실 단지로 부지가 1,000ha에 이르고 입주한 농가 당 시설면적은 보통 50~100ha 이다. 전체 농가의 에너지원으로는 천연가스를 이용한 열병합 발전소를 활용하여 전기 및 작물 재배에 필요한 탄산 시비를 자체적으로 활용하도록 되어 있다. 이와 함께 농산물 생산의 부가가치를 높이기 위해서는 푸드 밸리와 같은 산관학이 협업을 이룰 수 있는 시스템을 구성하여야 한다. UAE 정부의 시설원에 발전 전략의 목표는 식량안보의 확보와 주변 국가들에 신선 농산물의 수출에 있다. 따라서 아랍에미리트 시설원에 단지는 높은 생산성이 있는 대규모의 온실 단지과 농산물 수출 경쟁력을 확보 할 수 있는 시스템이 포함되어야 한다. 이를 위해서는 네덜란드에서 성공적으로 경쟁력을 확보한 푸드 밸리와 같은 시스템을 검토할 필요가 있다. 네덜란드 정부는 어려운 여건에서 국제적인 경쟁력을 확보하기 위해 산업체, 공무원, 농업경영인을 한데 모아 협업을 통하여 기술 개발을 유도 하였다. 농업 클러스터인 “푸드밸리(Food Valley)”를 구축하여 시너지 효과를 창출하였다. Food valley의 목적은 농업 분야에서 수출 경쟁력을 확보하는 것인데 이를 위해 지식 기반의 협업 체제로 수출 시장 진출을 위한 네트 워크를 구성하였다. 글로벌 파트너를 연결하여 투자자들에게 새로운 사업 기회를 제공하고 있다. 회원제로 운영하면서 회원 기업에게는 새로운 지식, 지원체제, 파트너쉽 등의 기회를 제공한다. 이러한 글로벌한 네트 워크 및 파트너 쉽을 통해 전 세계의 회원사들에게 기술 혁신의 기회를 제공하고 있으며 네덜란드만의 기술 및 노하우가 기반이 되고 있음

[표 2-237] 네덜란드 푸드밸리 內 산관학 구성

구분	내 용
입주기업(産)	- 1,440개 식품관련 기업 - Heinz, Campina, Mead Johnson, Sovel, Heineken, Givaudan, Grolsch, Monsanto, Abboto, Laboratirose, Numico, Research, Royal Firesland Foods 등
유관기관(官)	東네덜란드개발청(Oost), 바이오파트너센터 등
연구소(學)	- 20개의 연구소와 70개의 과학 기업 - 바헤닝언대학(Waheningen University) 및 연구기관 (DLO), NIZO 식품연구소, TNO 연구소, RIKILT 식품안전연구소 등 - 15,000 명의 과학자 (1,200 명 박사학위 소지자)

자료: 전국경제인연합, 네덜란드 농업이 우리나라 경제에 주는 시사점, 2016

- 네덜란드의 애그리포트(Agriport) A7은 시설원에 선진국의 생산단지 구성을 보여 준 사례이며 네덜란드의 푸드 밸리는 산관학의 집적으로 1차 산업인 농업의 부가가치를 높일 수 있는 R&D 기능을 보여 주고 있는 것이다. 또 다른 경쟁 요소로서는 생산에서 소매까지 체계적인 판매망을 갖추고 일괄적인 품질관리, 연중 상시 공급, 마케팅 및 수출전략 수립 등을 추진 할 수 있는 유통망의 구축이다. 체계적인 유통망의 구축은 물류비용을 절감할 수 있고 협상 때 가격 결정력을 확보할 수 있는 장점이 있다. 특히 유통, 판매, 수출, 전산망 구축 등에 있어 전문화를 시킴으로써 시장 지배력을 강화시킬 수 있다. 유통체계의 구축과 함께 수출을 위해서는 물류 시스템의 효율적인 운영이 필요하다. 네덜란드의 경우 시설원에 농업 생산량이 높으면서도 전 세계적인 물류 네트워크가 형성되어 농산물을 수입한 후 부가가치를 높여 재 수출 하는 시스템을 구축하였다. UAE는 유럽, 아시아, 아프리카 대륙이 만나는 지정학적 요충지에 위치하고 있으며 두바이 국제공항은 세계에서 가장 바쁜 공항으로 불리고 있으며 알막툼 신공항은 두바이 국제공항의 약 2배에 달하는 규모로 세계 최대 공항으로 거듭날 전망이다. 또한 세계 9위 컨테이너항인 두바이 제벨알리항을 비롯, 월드센트럴 지역의 로지스틱 시티에는 대규모 물류단지가 들어 설 예정이며 UAE 전역과 중동지역을 연결할 에티하드 철도가 완공되고 나면 제벨알리항은 해상·육상·철도·항공운송이 연계된 지역 대표 항구로 자리매김할 전망이다. 또 다른 시설원에 발전 요소로 농업 교육 시스템의 구축이 필요하다. UAE 는 열악한 농업 기술을 극복하기 위해 농업기술 혁신을 위한 연구기관을 설립하였다. 해수농업국제센터(ICBA, International Center for Biosaline Agriculture)와 아부다비 파머스 서비스센터(Abu Dhabi Farmers 'Services Centre), 샤르자 농업혁신센터(Center For Agricultural Innovation in Sharjah) 등이며 이와 협력하여 농업 교육을 실시 할 수 있는 교육 프로그램이 단지 내에 설게 되어야 한다. UAE의 농산물 수출 정책을 만족 시킬 수 있는 단지 구성이 되기 위한 요소들을 정리하면 아래 표와 같음

[표 2-238] UAE 스마트 팜 단지 구성 요소

구성 요소	특징
생산단지	플라스틱 스마트 팜 온실 단지
산관학 입주 시설	식품기업 입주단지, 시설원에 유관 기관 입주 단지, 농식품관련 연구소 및 기업단지
농업 교육 시설	농업기술센터 및 농식품관련 대학
유통 단지	산지 APC 센터, 사이버 거래소, 직거래 장터
물류단지	물류저장창고, 포장센터

□ 아랍에미리트 한국형 스마트 팜 온실 단지 구성

- 시설원에 농업의 선진국인 네덜란드는 유리온실을 중심으로 생산 단지를 구성하여 글로벌한 물류 시스템을 이용하여 농산물의 수입과 수출을 촉진 하는 시스템으로 운영되고 있다. UAE 정부도 아랍에미리트를 네덜란드와 같이 농업 생산을 바탕으로 중동 지역의 물류허브 역할을 할 수 있는 발전 계획을 가지고 있다. 이러한 시설 농업의 물류 허브 역할을 위해서는 대단위의 생산 시설이 필요하고 스마트 팜 환경의 농업 생산을 위해서는 교육과 연구 시설이 동반 되어야 한다. 과거 우즈베키스탄이나 카자흐스탄에 한국의 플라스틱 온실이 수출되어 농업 생산성을 높이는 효과를 보기는 했어도 초기 투자비를 낮추려는 현지 지역의 상황으로 온실 운영의 어려움을 겪었던 경험을 반복해서는 안될 것이다. UAE 의 시설 농업의 물류 허브를 위한 한국형 스마트 팜 단지 구성 요소를 정리하면 아래 그림과 같음



[그림 2-321] 한국형 스마트 팜 온실 단지 구성도

□ 스마트 팜 온실 생산 단지

- 아랍에미리트의 주요 시설원에 작물은 토마토, 파프리카, 오이, 가지, 애호박, 고추 등으로 UAE의 생산 단가가 높기 때문에 주로 수입에 의존하고 있다. 수입되는 시설 작물의 문제점은 신선도, 가격, 수급안정성, 잔류 농약 등으로 신선도 유지를 위해 일부 유통 업자들은 지리적으로 가까운 오만에서 육로로 운송하기도 한다. 따라서 아랍에미리트의 시설 농업은 생산비를 절감하여 가격 경쟁력을 확보하고 수입 농산물보다 신선한 작물을 공급할 수 있어야 한다. 가격과 신선도와 함께 UAE 소비자들의 요구 사항 중 지속 가능한 농업이 가능한 유기농 농산물에 대한 선호가 높아지고 있다. 아래 그림은 한국의 혁신 벨리 생산 단지를

참조하여 UAE 의 스마트 팜 온실 생산 단지 작물별 온실 단지 구성안을 제시하였음

- ① 토마토 온실, ② 파프리카 온실, ③ 오이 온실, ④ 가지 온실, ⑤ 애호박 온실 ⑥ 고추 온실 ⑦ 버섯 재배사 ⑧ 노지 재배



[그림 2-322] UAE 스마트 팜 온실 생산단지 구상

자료: 경상남도 혁신 밸리 계획을 참조하여 재 작성

- 한국 플라스틱 온실의 특징은 품질 대비 가격 경쟁력이 우수하고 재배환경 관리 기술이 스마트 팜 기술의 확대와 더불어 점차 첨단화 되어 가는 추세이다. 한국의 플라스틱 온실 기술의 핵심은 ICT 기술의 융합으로 스마트 팜 기술의 혁신성에 있다. 최근의 한국 온실은 자연 친화적이고 생산비가 적게 드는 에너지원을 활용하고 있고 농업 용수의 공급 비용의 최적화, 온실 내 작물 재배 환경 관리 데이터 처리 시 인공지능을 적용하여 좀더 정밀한 환경 관리로 고품질 작물 생산이 가능해 졌음

□ 농업 교육 센터

- UAE 농업 교육 정책을 주관하는 부서는 크게 UAE 교육부 (The Ministry of Education) 과 아부다비 식품 안전청(the Abu Dhabi Agriculture and Food Safety Authority) 이며 농업 교육의 목적은 국제적인 기준에 맞는 교육 프로그램 및 교육 과정을 수립하여 국내 소비 농식품의 90%를 수입에 의존하는 문제점을 해결하기 위해 농업 생산성을 향상할 수 있는 농업 분야 전문가를 양성하는데 있다. 특히 지속가능한 농업 기반을 형성하기 위한 농업 기술 교육에 중점을 두고 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해 생산단지 내에 입주하게 되는 농업 교육 센터에서는 지속 가능한 농업 생산 기술, 식품안전, 농업용수 전략형 시설 원예 기술 개발, 화석 연료를 대체 할 수 있는 새로운 에너지원을 활용한 시설원예 단지 조성 등에 대한 교육을 실시하여야 한다. 또한 평생학습 패러다임 구축을 구축하여 생산 단지에서 현장 학습을 통한 농업 기술 교육이 이루어지게 된다. UAE 정부가 계획하고 있는 국제적인 농업의 허브 역할을 위해서는 국제간의 교류를 바탕으로 해외 네트워크를 형성할 수 있는 교육 시스템을 구축하여야 한다. 생산 단지 내의 농업 교육 센터의 교육 프로그램은 크게 지속 가능한 농업 기술, 수경재배 기술, 수출 농업 기술 분야로 이루어지게 된다. 교육 프로그램의 세부 내용은 우선 원예 작물에 대한 교육, 시설원예 운영 기술, 수경재배 기술, 친환경 농업 기술, 국제 농업 등으로 이루어지게 된됨



[그림 2-323] UAE 농업 교육 센터 교육 프로그램 (자료: 국제원예연구원)

□ 스마트 팜 단계별 사업화 계획

- UAE 스마트 팜 단지 설계는 크게 4단계로 이루어 질 수 있다. UAE 농업 정책의 목적은 첫째 식량 안보의 확보이다. 즉 소비되는 농산물의 90%를 수입에 의존함으로써 농산물 공급이 불안정하고 외부 요인에 의해 가격의 변동이 심할 수 밖에 없다. 신선 농작물의 경우 운송 과정에서 신선도가 떨어지며 잔류 농약의 불안도 부정적인 측면이다. 따라서 1단계 사업에서는 농업 생산력을 확보 하고 수익성을 제고 할 수 있는 테스트 베드 형식의 사업 계획을 수립하고자 한다. 1단계 사업에서는 우선 토마토 온실 4ha를 추진 하여 안정적인 생산 기반을 마련하고 수익성 확보를 위한 스마트 온실 운영 기술을 이전하여야 한다. 이와 함께 4ha 토마토 온실을 운영 할 수 있는 교육 센터 및 교육 프로그램 운영은 기술 이전 및 재배 기술 교육을 위해 필수적일 것이다. 토마토 온실 4ha 운영에 대한 수익성 예측은 아래 표와 같음

[표 2-239] 1단계 시설토마토 4ha 수익성 예측

번호	구분	시설토마토	비고
1	생산량(kg/1ha)	1,200,000	1ha 당 300톤 생산량
2	수출단가(US\$/KG)	1.00	품종에 따라 US\$0.76~1.9
3	수입(A) (1*2)	US\$1,200,000	
4	생산비(B)	US\$458,769	경영비 UAE 기준
5	수익(A-B)	US\$741,231	

4ha 기준
자료: College of Food and Agriculture, United Arab Emirates University

- 한국의 시설 토마토 생산량은 네덜란드 유리 온실 생산량의 60~70% 수준으로 네덜란드 첨단 유리 온실의 경우 1ha 당 600톤~800톤을 생산하고 있다. 우리나라의 경우 플라스틱 온실의 경우 1ha 당 300톤~400톤

생산이 일반적이다. UAE의 경우 한국 플라스틱 온실을 기준으로 1ha 당 300톤 생산으로 예측하였음

[표 2-240] 시설작물의 생산량 비교

구분	토마토(kg/m ²)	파프리카(kg/m ²)	오이(kg/m ²)	딸기(kg/m ²)
한국	40	20	17	7
네덜란드	60	30	60	8

자료: 농림축산식품부

- 토마토 가격은 아부다비 식품 안전청 (The Abu Dhabi Agriculture and Food Safety Authority) 농산물 가격을 참조하였으며 토마토 경영비는 College of Food and Agriculture, United Arab Emirates University의 자료를 참조 하였다. 2단계 스마트 팜 단지는 12ha 규모로 파프리카 온실 4ha와 오이 4ha 및 고추 4ha 로 계획하고 있으며 농산물 산지 유통 센터 건립이 포함 된다. 3단계 스마트 팜 단지는 총 12ha 로 가지 4ha, 호박 4ha 및 버섯 4ha로 계획하고 있음

[표 2-241] 2단계(12ha) 스마트 팜 단지 수익성 예측

번호	구분	파프리카 (4ha)	비고
1	생산량(kg/4ha)	800,000	1ha 당 200톤 생산량
2	수출단가(US\$/KG)	1.63	
3	수입(A) (1*2)	US\$1,304,000	
4	생산비(B)	US\$692,041	경영비 UAE 기준
5	수익(A-B)	US\$611,959	
번호	구분	오이(4ha)	비고
6	생산량(kg/4ha)	692,000	1ha 당 170톤 생산량
7	수출단가(US\$/KG)	0.61	
8	수입(A) (1*2)	US\$422,120	
9	생산비(B)	US\$300,000	경영비 UAE 기준
10	수익(A-B)	US\$122,120	
번호	구분	고추(4ha)	비고
11	생산량(kg/4ha)	520,000	1ha 당 130톤 생산량
12	수출단가(US\$/KG)	0.68	
13	수입(A) (1*2)	US\$353,600	
14	생산비(B)	US\$168,000	경영비 UAE 기준
15	수익(A-B)	US\$185,600	
총계	시설면적 총 12ha	US\$919,679	

- 2단계 스마트 팜 생산 단지 12ha 조성과 함께 필요한 것은 생산된 농산물의 상품성을 높이고 신선도를 유지 시키기 위해 선별, 포장, 저장, 저온저장, 저온 수송 등이 전문적으로 이루어 질 수 있도록 농산물 산지 유통 센터 (APC) 시설이 필요할 것이다. 3단계 스마트 팜 단지 계획은 총 12ha 규모로 가지 온실 4ha, 호박 온실 4ha 및 버섯온실 4ha 로 계획하고 있다. 1단계 4ha, 2단계 12ha와 3단계 12ha 로 조성할 경우 총 28ha의 시설원예 단지가 형성되며 노지 재배 면적은 별도로 하고 있음

[표 2-242] 3단계 스마트 팜 단지 수익성 예측

번호	구분	가지 (4ha)	비고
1	생산량(kg/4ha)	441,680	110,420kg/1ha
2	수출단가(US\$/KG)	0.47	
3	수입(A) (1*2)	US\$207,590	
4	생산비(B)	US\$166,752	경영비 UAE 기준
5	수익(A-B)	US\$40,838	
번호	구분	호박(4ha)	비고
6	생산량(kg/4ha)	200,000	50,000kg/1ha
7	수출단가(US\$/KG)	1.00	
8	수입(A) (1*2)	US\$200,000	
9	생산비(B)	US\$173,010	경영비 UAE 기준
10	수익(A-B)	US\$26,990	
번호	구분	버섯 (4ha)	비고
11	생산량(kg/4ha)	3,200,000	800,000kg/1ha
12	수출단가(US\$/KG)	2.00	
13	수입(A) (1*2)	US\$6,400,000	
14	생산비(B)	US\$4,800,000	경영비 한국기준
15	수익(A-B)	US\$1,600,000	
총계	시설면적 총 12ha	US\$1,667,828	

- 아랍에미리트의 한국형 스마트 팜 모델은 1세대 스마트 팜 시스템부터 시작하여 우선 시설원에 생산성을 높이는데 목적을 두고 있다. 1세대 스마트 팜 모델은 원격 모니터링과 제어를 통해 편의성 향상을 위한 것으로 향후 온실 재배환경의 지능형 자동제어 알고리즘을 적용하고 Big Data 분석 및 영농 의사결정 클라우드 서비스가 추가되는 2세대 스마트 팜 모델로 가는 기반을 형성하게 됨
- 따라서 1단계 사업에서는 한국형 스마트 팜 모델 1세대 기술로 온실 단지를 구성하여 사업의 타당성을 검증하게 될 것이고 2단계에서는 본격적으로 1세대 기술을 적용한 스마트 팜 생산 단지를 구축할 계획이다. 3단계 12ha 에서는 2세대 기술의 적용을 계획에 두고 있음



[그림 2-324] 한국형 스마트 팜 모델 (자료: 농촌진흥청)

- 스마트 팜 사업비 산출
 - 아랍에미리트에 진출한 시설원에 선진국 들은 네덜란드, 스페인, 독일, 미국 등 등 다양한 국가들이 스마트 팜 기술을 수출하고 있으며 UAE 정부는 ‘국가식량안보전략’(National Food Security Strategy)을 수립해

첨단농업 부문에 대해 정부차원의 지원을 추진하고 있다. UAE 재무부 주도로 조성된 투자펀드 MBRIF는 지난해 스마트팜 스타트업인 Pure Harvest에 150만 US 달러 가량을 투자했다. Pure Harvest는 네덜란드 기술을 활용해 연중 농작물 생산이 가능한 스마트온실 조성 및 운영을 목표로 하고 있다. UAE 대표 국부펀드인 ICD는 2017년 말부터 미국 보스턴 소재의 팜테크 스타트업 Indigo Agriculture에 투자했으며 이를 바탕으로 작물의 수확량을 증대하기 위해 균류와 미생물 등을 활용하는 기술을 개발하고 있다. 즉 아랍에미리트의 스마트 팜 수출 시장은 크게 기술적인 경쟁력과 가격적인 측면을 동시에 고려해야 함을 의미한다. 한국형 플라스틱 스마트 온실 가격은 일반적으로 평당 25~60만원으로 형성되고 있으며 온실 가격은 설계조건 즉, 적설, 풍속, 기초, 골격, 피복, 장치, 위치 등 및 소프트웨어, 내부 설계 및 자동화 수준 등에 의해서 가격에서 차이가 나타날 수 있다. 가격 경쟁력 측면에서 가장 저가의 온실을 수출하는 국가는 중국으로 평 당 10~20만원 수준이나 기술적인 경쟁력이 부족하여 온실 수출 경쟁력은 떨어지고 있다. 그러나 터키 온실은 평당 20~40만원으로 가격 경쟁력 및 기술 경쟁력에서 우리나라와 경쟁 관계에 있다. 따라서 스마트 팜의 수출 경쟁력을 강화 하기 위해서는 경쟁 국가들과의 가격 경쟁력이 매우 중요하다. 중국이 저가 정책 만으로 수출 경쟁력에서 뒤쳐진 반면 터키는 가격과 기술 경쟁력을 고려한 온실 수출 정책을 추진하여 우리나라와 경쟁 관계에 있게 되었으며 터키 온실과의 가격 경쟁력의 비교 우위를 확보하기 위해서는 기술 측면을 보강 할 필요가 있다. 시설 설계, 장치, 기자재, 자동화, 종합운영관리시스템, 작물생육 및 병해충 진단시스템, 복합환경제어기 등에서 기술적인 우위를 확보 할 수 있도록 온실 설계 시 반영하여야 함

[표 2-243] 단계별 사업비 예측 (1단계 한국형 스마트 온실 4ha 투자비 예측)

구분	항목	수량	단위	단가(US\$)	금액(US\$)	비고
1	자동화온실	4	ha	800,000	3,200,000	
2	저온저장창고 및 선별	1	동	30,000	30,000	9m*40m
3	재배기술자	1	인	120,000	120,000	12개월
4	보조재배기술자	1	인	70,000	70,000	12개월
5	소계				3,420,000	

[표 2-244] 단계별 사업비 예측(2단계 한국형 스마트 팜 온실 12ha 투자비 예측)

구분	항목	수량	단위	단가(US\$)	금액(US\$)	비고
1	자동화온실	12	ha	800,000	9,600,000	
2	APC 센터	1	ha	3,000,000	3,000,000	
3	재배기술자	2	인	120,000	240,000	12개월
5	소계				12,840,000	

[표 2-245] 단계별 사업비 예측(3단계 한국형 스마트 팜 온실 12ha 투자비 예측)

구분	항목	수량	단위	단가(US\$)	금액(US\$)	비고
1	자동화온실	12	ha	1,500,000	18,000,000	
2	보육센터	1	ha	3,000,000	3,000,000	
3	재배기술자	3	인	120,000	360,000	12개월
5	소계				21,360,000	

3) 한국형 스마트 팜 사업화 방안

□ 농촌진흥청의 ICT융합 스마트 팜 추진방향

- 한국형 자동화 온실 수출 경쟁력 확보를 위한 정부의 방침은 한국형 스마트 팜 모델 개발, 빅 데이터 기반 최적 생육 관리 시스템의 개발, 스마트 팜 전문가 양성 등으로 이루어 지고 있다. 중앙아시아 자동화 온실 시장 진출은 사실 민간 주도로 수출이 이루어져 왔기 때문에 한국형 표준 모델의 기준이 제시되지 않아 현지 시장 상황에 따라 온실의 설계가 이루어지거나 가격 경쟁 위주로 수출이 이루어지다 보니 한국형 자동화 온실의 수출 경쟁력이 왜곡되는 현상이 발생하기도 하였음
- 따라서 정부가 추진하는 한국형 수출 모델의 개발은 향 후 온실 수출 시장의 확대에 기여할 것으로 예측된다. 현재 한국형 온실 설계, 시공, 사후 관리의 어려움으로 각 종 시설 및 기기의 표준화 부족으로 효율적인 운영이 어렵다는 것도 개선할 부분임
- 사실 첨단 유리 온실과 높은 생산성을 검증한 네덜란드의 온실 수출 시장에서 한국의 장점을 살리기 위해서는 플라스틱 온실 기반, 중저가 가격 정책, ICT 기술과의 융합이 효과적일 것으로 판단된다.
- 스마트 팜 설계, 시공, 운영과 함께 작물 재배 교육 시스템의 개발이 필요하다. 자동화 온실 수출 시장 중 상당 부분은 재배 기술이 부족한 지역이 많다. 자동화 온실을 시공하고도 재배 및 운영 미숙으로 소기의 생산량 및 품질을 유지하지 못하는 사례가 많다. 한국형 스마트 팜 생산 단지가 운영과 함께 농업 생산의 부가가치를 높이는 방안으로 유통, 물류, 수출 지원 등의 지원 업무가 수반 되어야 함



[그림 2-325] 농촌진흥청의 ICT융합 스마트 팜 추진방향 (자료: 농촌진흥청)

□ 스마트 팜 플랜트산업 육성

- 농업 분야 수출과 관련해서는 한국농수산물유통공사(aT)와 NH무역 등에서 주로 신선 농식품 중심의 수출을 지원하는 정책이 주를 이루고 있었으나 스마트 팜 플랜트산업의 세계적인 시장 규모는 2018년도 75.3억불에서 2020년 125억불로 연평균 12.4%로 급격하게 성장하는 시장이며 스마트 팜 플랜트 수출 시장의 확대를 통해 연관 기자재 생산 업체들의 동반 성장과 고급 인력의 새로운 일자리를 제공하는 효과를 보여 주고 있다. 즉, 온실 설비·기자재(복합환경제어기·양액기·센서 등)·데이터·인력 등이 포함된 플랜트형 특징을 가지고 있어 수출 시 높은 부가가치 달성이 가능하고, 기자재의 공급 및 설비의 유지·보수를 통해 지속적으로 수입을 발생시킬 수 있을 것으로 기대됨
- 이에 따라 정부에서는 수출 시장의 확대를 위하여 수출업체 협회, 유관기관(실용화재단, 코트라, 농정원,

수출입은행) 등이 참여하는 수출 지원 프로그램을 추진하고 있다. 우리나라 스마트 팜 플랜트 수출 국가들로는 우즈베키스탄, 카자흐스탄, 베트남 등이 있으며 신규 진출 국가로는 러시아, 미얀마, 태국, 인도네시아, 말레이시아 등이 새로운 시장으로 주목 받고 있다. 아프리카 지역에서는 화훼를 중심으로 한국의 스마트 팜에 대한 관심이 높다. 그러나 스마트 팜 플랜트 수출을 위해서는 개선해야 할 문제점들이 많은 것도 사실임

[표 2-246] 스마트 팜 플랜트 수출 사업화의 문제점

문제점	개선 방안
한국형 스마트 팜 모델 기준	현지 밀착형 표준 모델 제시
온실 설비 기자재 표준화 미흡	설비 및 기자재 사양서 제시
수출 시장 가격 경쟁력 확보	표준화를 통한 대량 생산으로 가격 경쟁력 확보
재배 교육 프로그램 미흡	스마트 팜 플랜트 수출과 연계하는 재배 교육 프로그램 개발
유통, 물류, 수출 지원 프로그램 미흡	온실 운영 이후 부가가치를 높일 수 있는 지원 프로그램 개발

□ 스마트 팜 플랜트 수출을 위한 자원 확보

- 우리나라 정부의 스마트 팜 플랜트 수출 사업의 재정적인 지원 사업으로는 대표적으로 ODA 사업 및 수출입 은행의 전대 금융 제도가 있으나 스마트 팜 플랜트의 수출 경쟁력이 충분하다면 수출 시장의 소비자들로부터 정부의 금융 지원을 받지 않고도 수출이 확대 될 수 있으므로 정부의 금융 지원보다는 수출 경쟁력 확보를 위한 노력이 선행되어야 함
- 네덜란드의 경우 유리 온실의 시장 경쟁력이 높기 때문에 별도의 지원 정책 없이도 수출 시장에서 시장 점유율이 높을 수 있다. 우리나라 ODA 사업의 경우 저가 입찰 방식이기 때문에 스마트 팜 온실의 표준 기준이 마련되지 않은 현실에서는 온실의 기술적인 경쟁력이 떨어질 수 밖에 없음
- 수출입 은행의 전대 금융도 일부 국가에 국한되어 있기 때문에 수출 시장 확대를 위한 방편이 될 수 없는 한계가 있다. 따라서 스마트 팜 플랜트 수출 기업은 우선 수출 시장에서 선호될 수 있는 가격, 기술, 운영, 재배 등의 경쟁력을 키워야 한다. 시설원에 농업에 대한 국가별 지원 정책은 다양하게 있기 때문에 진출하기 위한 수출 국가의 정부 지원 제도에 대한 사전 연구가 필요하다. 다음은 수출 확대를 위한 금융제도임

[표 2-247] 수출 금융

구분	수출금액 확보 방안
1	수입국의 정부 지원 금융 활용
2	수입국 은행 융자
3	수입국 수출국 상호 투자 (예; 우즈베키스탄 80: 한국 20)
4	한국 수출입 은행의 차관 제도
5	IBRD 등 국제기구 지원
6	한국 ODA 사업
7	한국 투자 후 생산물 판매 대금 회수 (* 계약 시 명확한 계약서 작성: LOI, MOU, 계약)

자료: 국제원예연구원

□ 스마트 팜 수출확대 방안

- 스마트팜 플랜트 수출을 확대하기 위한 초석은 수출 기업의 가격경쟁력, 기술경쟁력, 재배교육 프로그램,

유통, 물류, 수출 지원 등의 경쟁력 확보가 우선 되어야 한다. 이를 위해서는 온실 수출 업체들과 정부, 재배 교육 연구 기관, 재원 및 마케팅 능력을 갖춘 업체들 간의 제휴가 필요하다. 우리나라 온실 수출 업체들의 영세성을 감안할 때 수출 지역에 맞는 수출기업 컨소시엄의 구성이 필요함

- 대부분의 온실 수입 국가에서는 현지 기업과 한국 기업과의 컨소시엄을 강제하는 경우도 있으므로 스마트 팜 플랜트 수출 사업의 확대 방안에서 국내 컨소시엄 구성은 상호 단점을 보완 할 수 있는 방안이 될 것이다. 우리나라 정부에서 추진하는 수출 확대 지원 정책도 수출 기업에 큰 도움이 될 것이다. 정부에서 지원하는 홍보 자료 제작 지원 및 온라인 상담회를 이용할 수 있고 코트라 해외 무역관 및 공관에 수출 기업의 홍보물을 배포해 주는 지원 사업을 활용 할 수 있다. 또한 수출 유망지역의 스마트팜 수출 전시회 참석하는 것도 큰 도움이 된다. 스마트 팜 수출 기업의 수출 확대 방안을 정리하면 다음과 같음

[표 2-248] 스마트 팜 수출 기업의 수출 확대 방안

구분	확대 방안
1	수출 시장에 맞는 가격, 품질, 기술, 재배교육, 마케팅 지원 경쟁력 확보
2	스마트 팜 브랜드 관리(회사 신뢰도 향상)
3	현지 농민 교육 및 전문가 양성 프로그램 개발
4	KOTRA, 농진청, 농어촌공사, 기업체, 정책부서 간 네트워크 형성
5	현지 정부, 기업, 농민 단체 등이 참여하는 컨소시엄 구성

자료: 국제원예연구원

- 네덜란드의 유리 온실 기반의 스마트 팜 생산 단지의 장점은 높은 생산성과 품질이지만 단점으로는 높은 초기 투자비 이다. 한국의 플라스틱 온실 기반의 생산단지는 네덜란드 유리 온실 보다 초기 투자비가 적게 드는 장점이 있다. 다만 중국, 터키, 이란 등 국가들이 낮은 가격으로 한국 플라스틱 온실 시장에서 경쟁해야 하지만 한국의 강점이 IT 기술을 스마트 팜 온실 기술에 융합 시킴으로써 기술적인 경쟁력을 차별화 한다면 초기 투자비가 많이 드는 네덜란드 유리 온실 시장과 차별화 하여 수출 시장을 확대 할 수 있을 것임
- 따라서 정부 차원에서는 표준화된 한국 스마트 팜 온실 기준을 수립하여야 하고 각 수출 기업은 이를 바탕으로 수출 시장 지역에 맞는 차별화된 수출 기업만의 온실을 설계하여야 함



[그림 2-326] 스마트 팜 플랜트 수출 시장 (자료: 국제원예연구원)

3.10. 스마트팜 K-Plant 수출 모형 검증 및 사업화 방안

3.10.1. 스마트팜 K-Plant 수출 모형 검증

(가) K-Plant 수출 모형 매뉴얼 작성

□ 작성 배경

- 지능형 스마트팜 플랫폼 수출연구사업단”은 농림축산식품부 과학기술정책과 주관으로 농림수산물식품기술기획평가원에서 2017년에 “수출전략 기술개발사업”의 R&DB 사업으로 시작되었음
- 본 매뉴얼은 “지능형 스마트팜 플랫폼 수출연구사업단”에서 개발한 “한국형 스마트팜 K-Plant 수출모형, 통합관제시스템, 요소기술 등 연구성과와 관련기술을 정리하여 한국형 스마트팜 설계에 활용할 수 있도록 정리하여 제시하였음

□ 매뉴얼 내용 구성

- 본 “한국형 스마트팜 K-Plant 수출모형 설계·운영 매뉴얼”은 총 8개 장으로 구성되어 있으며, 각 장은 한국형 스마트팜 K-Plant의 개념, 설계요령, 재배설비, ICT 장비, 냉난방 설비, 자동화 장비, 스마트팜 클러스터 구축, 스마트팜 ICT 장비 사용 요령으로 구성되어 있으며, 한글과 영문으로 작성되어 별도로 책자로 제시함

□ 매뉴얼 세부 내용

- 제1장 한국형 스마트팜 K-Plant 개념에서는 K-Plant의 정의, 세대구분, 특징 설명하고, 스마트팜 수출을 위한 글로벌 수출 권역을 구분 5개의 권역으로 나누어 권역별 설계 적용 기술을 제시하고, 한국형 스마트팜 수출모형을 제시하여 설계에 참고할 수 있도록 함
- 제2장 한국형 스마트팜 K-Plant 설계 요령은 한국형 스마트팜 온실 구조 설계, 피복제 선정요령, 공통설비 설계 요령을 정리하여 제시함
- 제3장. 한국형 스마트팜 재배설비 설계 요령은 작물재배설비(배지, 양액공급, 베드, 줄기유인, 방제), 환경제어설비(환기, CO2, 스크린, 포그, 팬 등), 함수율관리설비(양액기, 관수설비) 등 재배설비 설계에 필요한 내용을 정리하여 제시함
- 제4장 한국형 스마트팜 ICT 장비 설계 요령은 통합관제시스템, 복합환경제어시스템, 양액재활용시스템에 대한 설계 기술을 정리함
- 제5장 한국형 스마트팜 냉난방 설비 설계 요령은 에너지 설비 종류, 열원 설비별 특징, 액티브 에너지 설비 설계요령에 대하여 정리함
- 제6장 한국형 스마트팜 자동화 장비 설계 요령은 자동화 필요성, 스마트팜 온실 자동화 시스템, 스마트 온실을 위한 센서 인터페이스, 스마트팜 구동기의 설계, 양액 공급제어 ICT장비, 장비 설치 유의 사항에 대하여 정리함
- 제7장 스마트팜 클러스터 구축 요령은 스마트팜 클러스터 유형 정의, 스마트팜 클러스터 모델 분류, 스마트팜 클러스터 모델 설계 기준에 대하여 정리함
- 제8장. 한국형 스마트팜 ICT 장비 사용 요령은 통합관제시스템 사용방법, 복합환경제어시스템 사용방법, 양액재이용시스템 사용방법, 스마트팜 에너지관리시스템 사용방법 등 각 장비의 사용요령에 대하여 정리함

□ 활용대상

- 본 매뉴얼은 한국형 스마트팜 K-Plant 재배설비, ICT 장비, 냉난방 설비, 자동화 장비, 스마트팜 클러스터 구축, 스마트팜 ICT 장비 사용 요령 등이 정리되어 있어 한국형 스마트팜을 수출하는 기업, 설계자,

해당국가 담당자가 활용이 가능함

한국형 스마트팜 K-Plant 수출모형 설계·운영 매뉴얼

제1장. 한국형 스마트팜 K-Plant 개념 1.1 정의, 세대구분, 특징 설명 1.2 글로벌 수출 권역 구분 1.3 한국형 스마트팜 수출모형	제6장. 한국형 스마트팜 자동화 장비 설계 요령 6.1 자동화 필요성 6.2 스마트팜 온실 자동화 시스템 6.3 스마트 온실을 위한 센서 인터페이스 6.4 스마트팜 구동기의 설계 6.5 양액 공급제어 ICT장비 6.6 장비 설치 유의 사항
제2장. 한국형 스마트팜 K-Plant 설계 요령 2.1 한국형 스마트팜 온실 구조 설계 2.2 피복제 선정요령 2.3 공통설비 설계 요령	제7장. 스마트팜 클러스터 구축 요령 7.1 스마트팜 클러스터 유형 정의 7.2 스마트팜 클러스터 모델 분류 7.3 스마트팜 클러스터 모델 설계 기준
제3장. 한국형 스마트팜 재배설비 설계 요령 3.1 작물재배설비 (배지, 양액공급, 베드, 줄기유인, 방제) 3.2 환경제어설비 (환기, CO2, 스크린, 포그, 팬 등) 3.3 함수율관리설비 (양액기, 관수설비)	제8장. 한국형 스마트팜 ICT 장비 사용 요령 8.1 통합관제시스템 사용방법 8.2 복합환경제어시스템 사용방법 8.3 양액재이용시스템 사용방법 8.4 스마트팜 에너지관리시스템 사용방법
제4장. 한국형 스마트팜 ICT 장비 설계 요령 4.1 통합관제시스템 4.2 복합환경제어시스템 4.3 양액재활용시스템	
제5장. 한국형 스마트팜 냉난방 설비 설계 요령 5.1 에너지 설비 종류 5.2 열원 설비별 특징 5.3 액티브 에너지 설비 설계	

3.10.2. K-Plant 수출모형 요소기술 검증

가. 지하수 겸용 지열에너지 시스템 검증

(1) 개요

- 국내 원예재배시설에 사용되는 에너지는 대부분 화석에너지에 의존하고 있으며, 시설원에 생산비 중 난방연료비 비중은 30~40%를 차지하고 있어 고효율의 에너지 관리시스템이 필요함
- 본 연구에서는 지하수를 관수레 사용이 가능하면서도 스마트팜에 사용이가능한 함몰 우려가 없는 지하수겸용 스마트팜 지열에너지 시스템을 개발함

(2) 지하수 겸용 스마트팜 지열에너지 시스템 설명

(가) 지하수 겸용 스마트팜 지열 시스템 개발의 필요성

- 수직밀폐형 지열시스템 보다 효율이 10배 가량 높은 개방형 시스템에서 발생하는 문제점을 개선하여 효율이

높고 장애가 거의 없는 새로운 개방형 시스템 개발의 필요성이 대두됨

구분	개방형(SCW)	수직밀폐형	기술개발 타당성
굴착깊이	500m	150~300m	개방형: 장심도 굴착에 따른 비용증가
사용유체	지하수	브리안	
열교환방식	직접 교환	간접 교환	
열용량	25 RT	2~5 RT	밀폐형: 열용량 증대방안 필요
부지면적	수직밀폐형의 1/10	약 20~28㎡/공 소요	밀폐형: 넓은 소요부지 절감방안 필요
유지관리	수중모터 소손 지하수영향조사 및 수질검사 (1회/매5년)	해당 없음	장기 운전시 지하수 주입과정에서 주입형의 물넘침 현상, 수량 부족에 따른 저수위 현상 발생 → 에너지 효율 증진 및 장애 극복 방안 필요성 대두
수질 및 수량	수량 및 수질부족시 폐공	해당 없음	

○ 개방형과 수직밀폐형의 장점을 부각하고, 단점을 보완한 기술 개발

- 지하수 겸용 스마트팜 지열시스템을 개발하게 됨

① 250m 이의 저심도 깊이로 굴착

- 개방형 대비 굴착 비용 감소 등 경제성 향상
- 기존 개방형 굴착 심도는 대부분 500m임
- 굴착심도가 절반으로 줄면, 굴착비용은 약 1/3이상 줄어듦

② 개방형 지열공에서 수중모터펌프를 생략함

- 굴착심도를 감소 이유는 개방형 지열공에서 필수인 수중모터펌프를 생략하고, 여러 개의 지열공을 한 개의 집수정으로 연결하여 단일 급수방식(1개의 순환펌프)으로 전환했기 때문임
- 1개 집수정(1개 순환펌프)에 최대 10개 지열공이 적정함

③ 지하수로 직접 순환하여 밀폐형보다 열용량 증대

- 순환수(brain)의 열전달 효율 증가
- 수직밀폐형(2.5 RT/공)→개방형(25 RT/공)
- 지하수 겸용 스마트팜 지열시스템 (약13 RT/공)
- 개방형 대비 굴착 심도가 절반정도 이기 때문이며 단위 길이당 열전달 효율은 개방형과 동일함

④ 저수위, 물넘침 현상 없는 안정적인 지하수량 확보

- 저수위 및 물넘침 현상은 기존 개방형 지열시스템의 단점임
- 지하수 겸용 스마트팜 지열시스템에서는 기존 개방형의 단점인 자연적인 물넘침 현상을 역으로 이용함

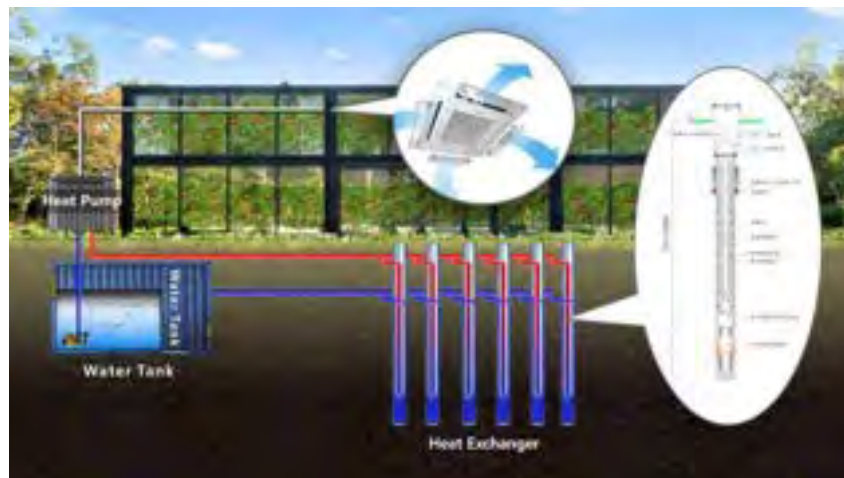
⑤ 지하수 겸용 스마트팜 지열시스템의 장점

- 지열공에서 수중모터펌프를 생략하고 집수정에서 단일급수방식을 이용하므로, 유지관리가 편해지고, 운전동력비가 줄어듦
- 지열시스템 설치비가 대폭 감소되어 경제성이 매우 높아짐
- 경제성 높고, 유지관리비가 적어 농업분야 에너지 부분에 매우 유리함(스마트팜에 특화된 시스템임)

나. 지하수 겸용 지열 시스템의 특징

(1) 주요 특징

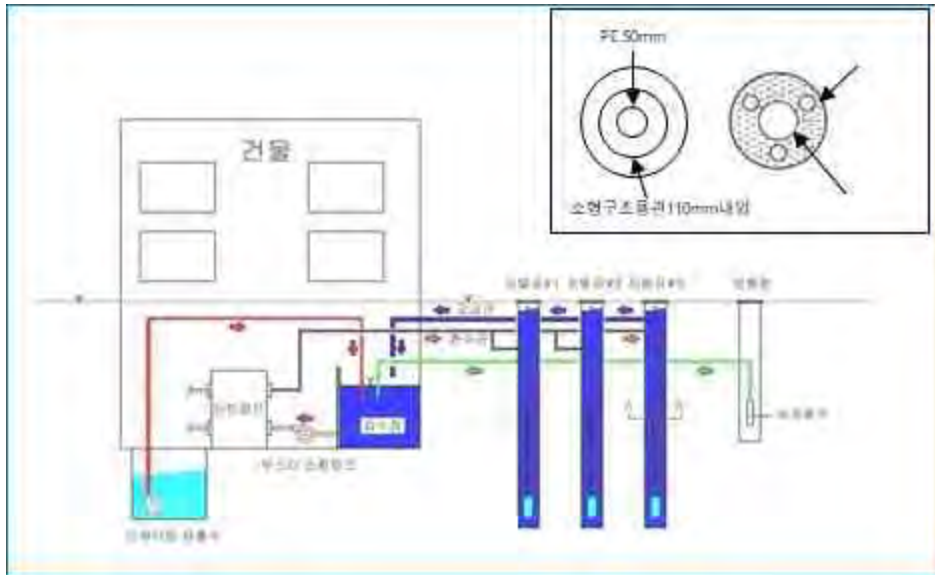
- 지하수 겸용 스마트팜 지열에너지 시스템(이하 “스마트팜 지열시스템”)은 건축물의 실내와 스마트팜의 농작물 재배 등을 위해 열원으로 지하수를 이용하여 냉난방하고자 할 때, 여러 개의 지열공에서 지하수를 동시에 취수한 후 단일 급수계통을 통해 히트펌프에 급수하는 방식 즉 스마트팜 및 건축물 등의 냉난방을 위해 단일 급수방식을 이용한 지열시스템을 개발하는 것임
- 지중 열교환을 위한 순환수의 순환을 위해 집수정을 설치하고, 집수정에서 순환펌프를 가동하여 수평 배관에 의해 히트펌프와 연결됨
- 히트펌프에서 열교환된 순환수는 여러 개의 지열공으로 보내지며, 지열공에서 자연적인 물넘침 현상을 통해 지중과 열교환을 하도록 구성되며, 집수정으로 되돌아오도록 구성됨
- 스마트팜 지열시스템의 초기 가동을 위해 필요한 집수정의 순환수를 보충하거나, 히트펌프에서 열교환을 마친 순환수가 지열공으로 유동할 때 지층의 특성에 따라 유실되는 양을 보충하기 위하여 집수정마다 하나의 보충정(지하수 관정)을 배치시키도록 함



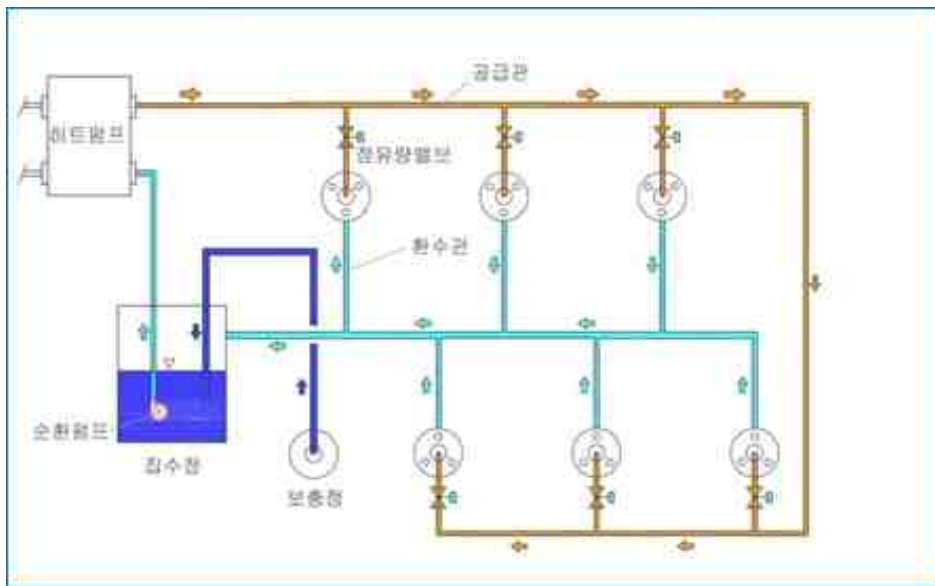
[그림 2-327] 단일 급수 방식 지열시스템

- 집수정 1개에 연결되는 지열공 및 보충정은 지중열전도시험결과 등을 바탕으로 한 설치 현장의 특성을 토대로 각 단위(zone)를 결정토록 하되, 기본적으로 지열공 3~5공, 보충정 1공으로 구성함

(가) 구성요소 : 지열공, 집수조, 보충정, 히트펌프, 열교환기, 단일순환펌프 등



[그림 2-328] 스마트팜 지열시스템 구조도



[그림 2-329] 스마트팜 지열시스템 평면도

- 스마트팜 지열시스템은 지열 굴착공의 무너짐 현상을 예방 하고, 열교환 효율을 극대화하기 위해 환수관을 지열공 전체 깊이까지 설치함
- 지열공 내부에 폐쇄이 발생하여도 지하수 순환이 가능하도록 하고, 지열공 내부에 충전재를 설치하여 공함물 방지 및 열전도율을 향상시키고, 수중심정펌프가 없어 운용 및 관리가 편리한 지중열교환기 기술임

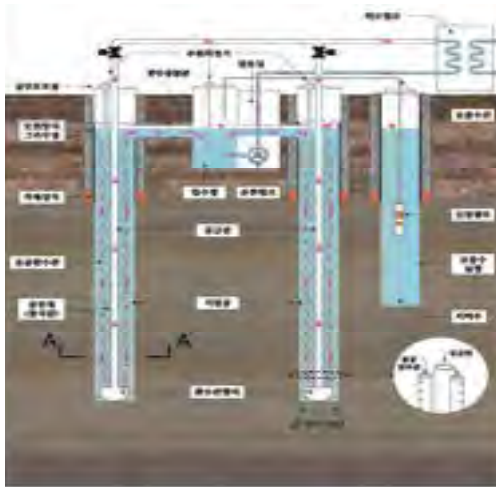
(나) 특성 및 효과

- 기존 개방형 시스템에서 꼭 필요하던 지열공 내 수중모터펌프를 과감하게 생략하고, 여러 개의 지열공을 하나의 집수정으로 연결하여, 단일 순환 펌프를 이용하여 냉난방을 위한 급수를 실시하는 것이 스마트팜 지열시스템의 가장 큰 특징임

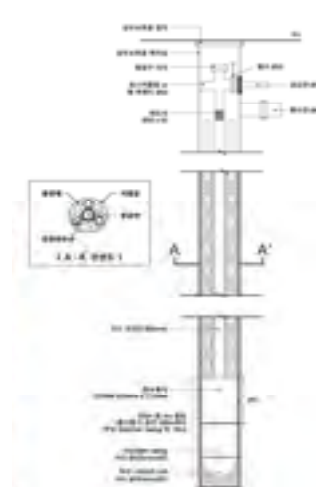
- 개방형 지열공마다 설치되던 수중모터펌프가 없고, 집수정을 통한 단일 순환펌프를 사용하기 때문에, 1) 설치비 및 동력비를 줄일 수 있고, 2) 지열공 마다 다른 투수성능으로 인해 자주 발생하는 물넘침 등의 사고를 방지할 수 있으며, 3) 집수정을 통한 단일 급수 방식으로 열효율을 높이는 등 성능이 향상되며, 4) 순환수인 지하수의 지속적인 사용으로 인한 자연수위 저하를 방지할 수 있어 친환경적이며, 5) 전체 시스템에서 관리해야하는 지점이 줄어들어 유지관리 측면에서 유리하며, 6) 지열공 굴착심도를 250m 전후로 시공하여 종래 개방형 굴착비용 대비 단가를 50% 이상 절감할 수 있어 경제적 시공이 가능하게 됨

(2) 수중모터펌프의 설치 배제로 유지관리비를 절감할 수 있음

- 본 연구에서 개발된 스마트팜 지열시스템을 구동할 때, 초기 순환수 및 지하로 자연 감소되는 순환수는 보충정(지하수 관정) 1공을 개발하여 해결하게 되며, 이러한 경우 기존 개방형 지열공의 경우 500m의 심도로 설치되지만, 스마트팜 지열시스템의 경우 지열공 및 보충정은 대략 200~300m 정도의 심도로 개발하여 전체적인 경제성 측면에서도 기존 지열시스템에 대비하여 매우 유리함



[그림 2-330] 스마트팜 지열시스템 모식도



[그림 2-331] 스마트팜 지열시스템 지열공 구조도



[그림 2-332] 스마트팜 지열시스템 설치 순서

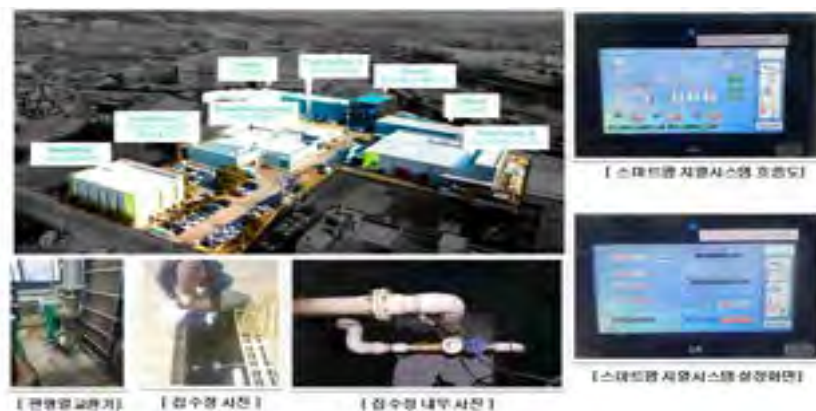
다. 기존 지열시스템과의 차별성

- 기존 지열시스템은 환수관이 지열공 저부에 있는 개방형 지열 시스템에서는 지열공과 급수정을 별도 구성하고, 유통관을 구성하여 지열공에서 열교환된 순환지하수와 급수정으로 유입하여 수중모터펌프를 통해 기계 실 내 히트펌프로 순환될 수 있도록 하였으나, 여러 개의 지열공이 구성과 집수(급수)정에서의 단일 순환펌프 운용에 대한 구체적인 기술을 기존 지열시스템에서는 찾을 수 없음.

나. 스마트팜 테스트 베드 운영

(1) 위치

- 경기도 평택 농업법인 팜8내에 위치한 테스트 베드인 K-온실과 바로 옆에 위치한 식물공장의 냉난방을 위하여 K-온실 부지에 지열공 21공을 설치하고 전체 지열시스템을 구축함.



[그림 2-333] K- Plant 테스트 베드, 평택 팜8

(2) 테스트 베드 설비 운영 경위

- 스마트팜 지열시스템 설치 : 3차년도 ~ 4차년도 (2019.5~2020.)
- 온도 모니터링시스템 설치 : 4차년도 (2020. 6. ~ 7.)
- 지열시스템 운전 : 3차년도 ~ 5차년도 (2019. 9 ~ 현재)
- 온도 모니터링 : 4차년도 ~ 5차년도 (2020. ~ 현재)
- 운전 이력 자료 : 3차년도 ~ 5차년도 (2019. 9 ~ 현재)

[표 2-249] 스마트팜 지열시스템 주요 경과

구분	일 자	공 종	내 용	비 고
1	2019.05.28.~20 19.07.10	지열이용검토서 작성	팜8(식물공장, K-온실)에 대한 지열시스템 설치 계획서 등 작성	3차년
2	2019.06.18. ~2019.07.02	시험 천공 (카메라 촬영 등)	4개공 (지열공 총 21공)	3차년
3	2019.08.03. ~2020.03.20	식물공장 기계실공사	히트펌프 4대, 순환펌프 6대, 판형열교환기	3차년 ~ 4차년
4	2019.08.29. ~2019.10.20	굴착공사	21개공 굴착 (K-온실 + 식물공장) (심도 250M * 직경 200MM)	3차년
5	2019. 9. ~ 현재	식물공장 지열시스템	시운전 후 냉방 시작	3차년 ~ 5차년
6	2019.08.21. ~2020.03.25	K-온실 기계실공사	히트펌프 2대, 순환펌프 2대, 판형열교환기	3차년 ~ 4차년
7	2020.05.25. ~2020.06.03	지열공 밸브박스 설치	지열공 12공에 개별 유량조절 밸브 및 온도 센서 설치	4차년
8	2020.06.03. ~2020.06.05	밸브박스 자동제어	지열공 12공에 자동 제어시스템 설치 (개별 지열공 제어 및 온도 모니터링 제어 시스템 설치)	4차년
9	2020.06 ~ 현재	K-온실 냉난방 시작	온도모니터링	4차년 ~ 5차년
10	2020.07.27. ~08.05	지열공 밸브박스 시운전	지열공 12공에 대한 온도 모니터링 시작	4차년
11	현재	정상 운전 중		3차년 ~ 5차년

(3) 테스트 베드 주요 시설

- K-온실과 식물공장 2곳을 대상으로 각각 설치함

(가) K-온실 지열시스템 설비

- 지열시스템 시설 용량 : 80 RT급
- K-온실에서 지열시스템 사용 : 2020년 6월부터 허브류, 엽채류 시설에 지열시스템을 이용한 냉난방을
사용해 오다가, 2021년 8월부터 토마토 재배에 냉난방을 사용하기 시작함
 - 적정지열시스템 사용 시간 : 10시간~12시간/일
 - 운전 방식 : 대기 온도에 따른 냉방, 난방 실시

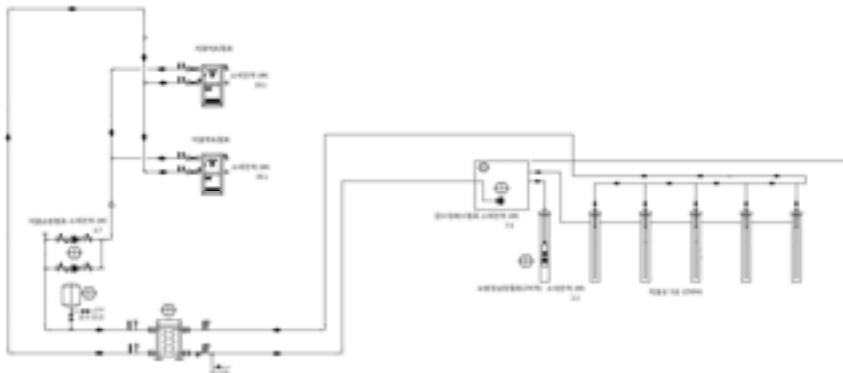
- 냉난방 주기
 - K-온실 작물 재배 시작 : 2021년 8월부터
 - 2021년 8월~9월 : 냉방 실시
 - 2021년 10월~현재 : 난방 실시
 - 전 주기 냉난방 자료는 내년(2022년) 가능

□ K-온실 지열시스템 설치 내용

구분	용량	수량	비고
지열히트펌프	40RT	2대	대성히트펌프
판형열교환기	241,000kcal/h	1대	태봉산업
냉온수순환펌프(1차)	5.5kw	2대(1대에비)	월로
집수정순환펌프	7.5kw	1대	월로
자동제어판넬		2대	제작
전기mcc판넬		1대	제작
팽창탱크	50리터	1대	-

- 지열시스템 운영 정보
 - 운전정보는 지열자동제어 판넬에 자동저장
 - Usb 백업이 가능
 - 운전정보 : 열원, 부하측 온도, 전기사용량, 에너지생산량, 시스템 COP 등
 - 지열히트펌프의 시간대별 가동 및 정지 정보 : 히트펌프 본체에서 확인이 가능 (별도의 백업 기능이 없음)
 - MCC판넬 : 각 전기 장비의 누전차단기 및 전력량계 등이 설치됨

□ K-온실 스마트팜 지열시스템 구성도



[그림 2-334] K-온실 스마트팜 지열시스템 구성도

(나) 식물공장 지열시스템 설비

- 지열시스템 시설 용량 : 150 RT급
- 식물공장에서 지열시스템 사용 : 2019년 9월부터 식물공장의 냉방용 사용
 - 적정지열시스템 사용 시간 : 10시간~12시간/일
 - 현재 식물공장 냉방 사용 시간 : 24시간/일

○ 운전 방식 : 식물공장의 특성상 365일(24시간) 냉방만 실시하게 되므로 현재 냉각탑을 설치하여 지열시스템과 교번 운전을 실시하고 있음

□ 냉난방 주기

○ 주간 : 지열 가동, 야간 냉각탑 운전

○ 냉각탑 시설 용량 : 150 RT

□ 식물공장 지열시스템 설치 내용

구분	용량	수량	비고
지열히트펌프	50RT	3대	대성히트펌프
판형열교환기	450,000kcal/h	1대	태봉산업
냉온수순환펌프(1차)	5.5kw	2대(1대예비)	일로
집수정순환펌프	5.5kw	3대	일로
냉온수순환펌프(2차)	5.5kw	2대(1대예비)	일로
자동제어판넬		1대	제작
전기mcc판넬		1대	제작
냉각탑	150RT	1대	성광CT
팽창탱크	50리터	2대	-
냉각탑순환펌프	5.5kw	1대	일로

□ 지열시스템 운영 정보

○ 운전 정보는 지열자동제어 판넬에 자동저장

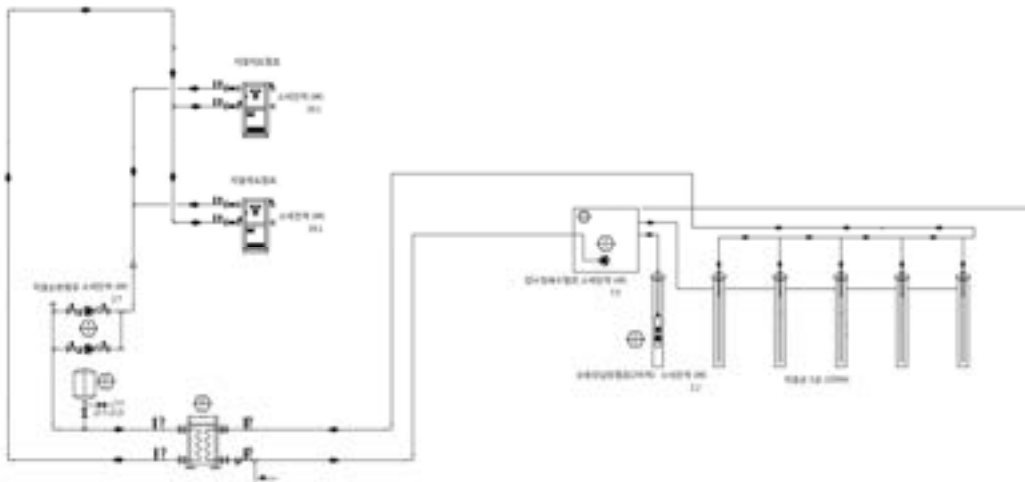
○ Usb 백업이 가능

○ 운전정보 : 열원 부하측 온도, 전기사용량, 에너지생산량, 시스템 COP 등

○ 지열히트펌프의 시간대별 가동 및 정지 정보 : 히트펌프 본체에서 확인이 가능 (별도의 백업 기능이 없음)

○ MCC판넬 : 각 전기 장비의 누전차단기 및 전력량계 등이 설치됨

□ 식물공장 스마트팜 지열시스템 구성도



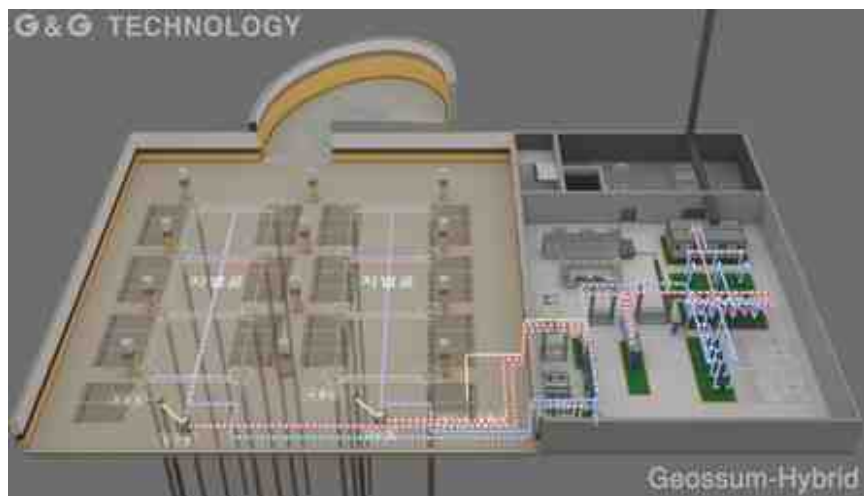
[그림 2-335] 식물공장 스마트팜 지열시스템 구성도

다. 스마트팜 지열시스템 운영 결과

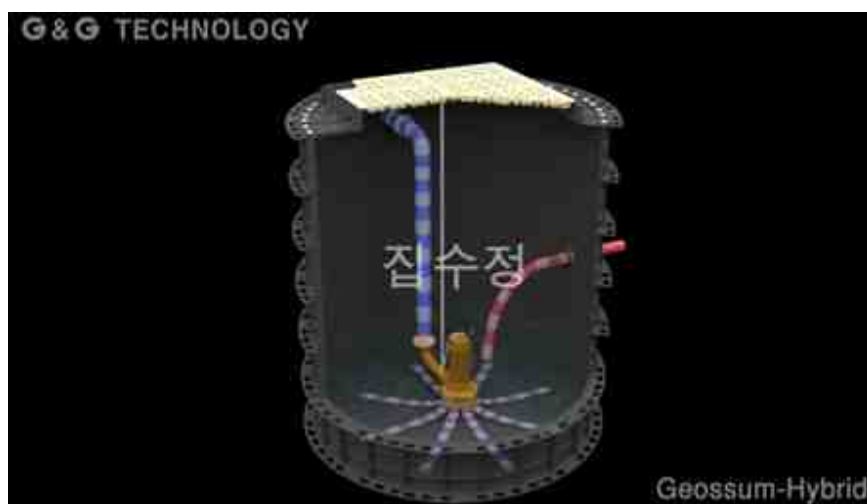
(1) 시험 설비

□ K-온실

- 설치 위치 : 팜8 내 온실 (K-Plant)
- 설치 용량 : 80RT (40RT급 Heat pump 2대)
- 설비 타입 : 물대 물 (개별 FCU 공조 방식)
- 지열공 수 : 지열공 5공, 보충정 1공, 집수정 1개소
- 설치 목적 : 온실 내 식물 재배용 냉난방
- 운전 기간 : 2021.8~현재 운전 중
- 운전 범위 : K-Plan 온실 냉방 및 난방
- 운전 방법 : 자동제어 시스템에 의한 냉난방 운전
- 운영 결과(히트펌프 공급 온도 기준, 자세한 결과는 다음 절 참조)
 - 냉수 공급온도 : 평균 20°C (2021년 10월 기준)
 - 온수 공급온도 : 평균 28.3°C (2021년 10월 기준)
 - 열원 공급 안정성 : $\Delta T = 2\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 로 안정적 공급



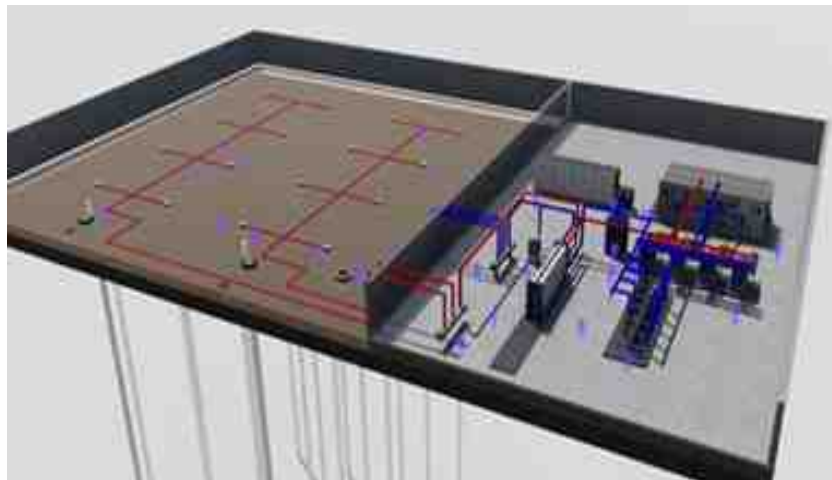
[그림 2-336] K-온실 스마트팜 지열시스템 모식도



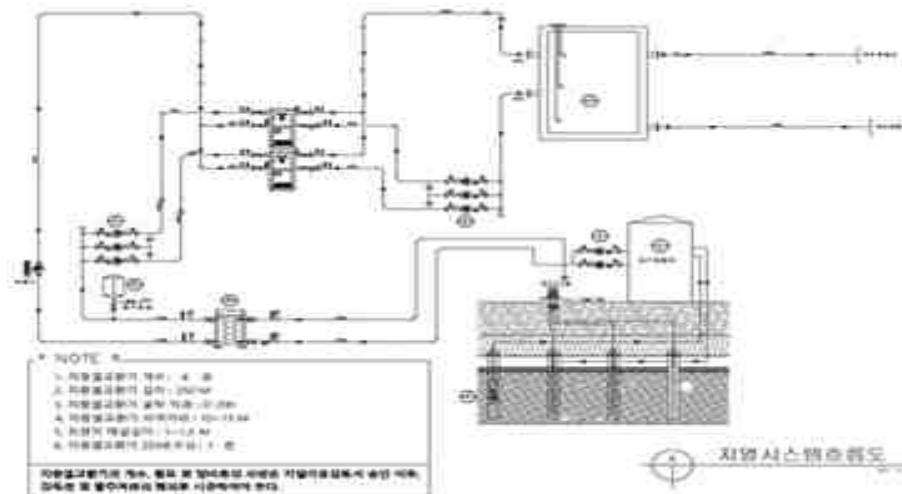
[그림 2-337] 집수정 및 단일순환펌프 모식도

□ 식물공장

- 설치 위치 : 식물공장
- 설치 용량 : 150RT (50RT급 Heat pump 3대)
- 설비 타입 : 물대 물 (개별 FCU 공조 방식)
- 지열공 수 : 3 존으로 구성 (부지내 지열공 총12공), 1존당 (지열공 4공, 보충정 1공, 집수정 1개소)
- 설치 목적 : 식물공장에 필요한 냉방 제공(365일)
- 운전 기간 : 2019.9 ~ 현재 운전 중
- 운전 범위 : 식물공장 전체 운영에 대한 냉방 공급
- 운전 방법 : 자동제어 시스템에 의한 냉방 운전
- 운영 결과(히트펌프 공급 온도 기준, 자세한 결과는 다음 절 참조)
 - 냉수 공급온도 : 평균 9.6°C
 - 온수 공급온도 : 해당 없음(냉방만 운전)
 - 열원 공급 안정성 : $\Delta T = 2\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 로 안정적 공급



[그림 2-338] 식물공장 스마트팜 지열시스템 모식도



[그림 2-339] 식물공장 스마트팜 지열시스템 지열 흐름도

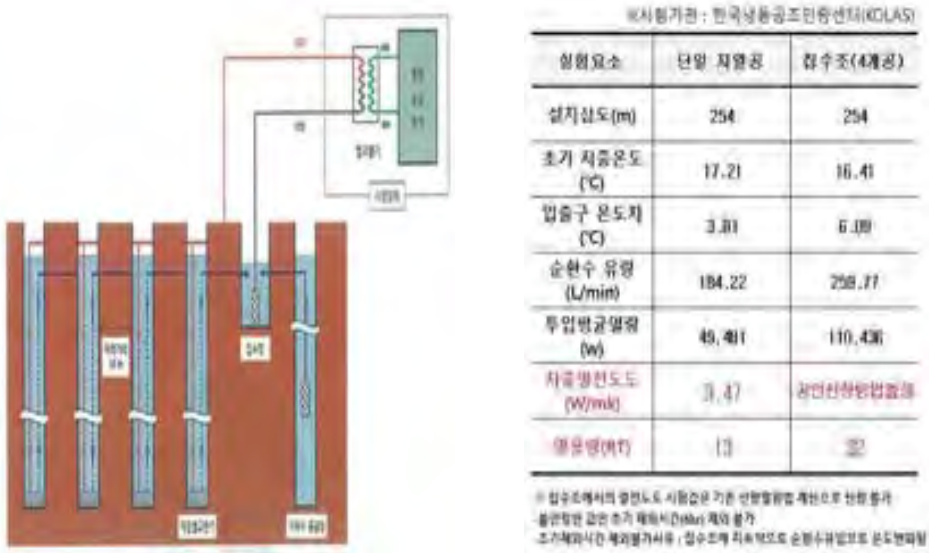
(2) 스마트팜 지열시스템 열전도 시험 결과

□ 시험방법

- 전체 스마트팜 지열시스템 설치 전, 4공의 지열공 및 1개의 집수정으로 구성된 지열시스템에 대해 열전도 시험을 실시함
- 시험방법 : 현재 스마트팜 지열시스템에 대한 공인 시험방법이 없어 공인된 열전도 시험을 실시할 수 없어, 열용량 시험으로 대체함
- 지열공 1공에 대해 기존의 개방형 열전도 시험을 실시하여, 스마트팜 지열시스템에 대한 열용량 시험과 비교를 실시함
- 비교 결과 : 열전도 시험 장비가 입력할 수 있는 열용량이 제한되어, 입력하는 열용량 값이 빠르게 수렴하는 결과를 보임
 - 추가적인 열용량 입력이 가능하다는 뜻으로, 스마트팜 지열시스템의 열용량은 기존 개방형과 열용량에서 차이가 없다는 것을 의미함

□ 열전도 시험 결과

- 열전도 시험 결과, 단일 지열공에 대한 지중 열전도도는 3.47 W/m·K로 나타났고, 열용량은 13 RT/공으로 나타났다. 집수조(지열공 4공) 전체에 대한 지중열전도도는 현재 공인시험방법이 없는 관계로, 열용량 시험만 실시 할 수 있었고, 그 결과는 36 RT/집수정으로 나타났다.
- 집수조에 대한 시험결과를 살펴보면, 현재 시험설비로 투입할 수 있는 최고 열용량이 32 RT 로서 열량값이 빠른 수렴을 하고 있음을 알 수 있는데, 이는 열량 투입과 관련한 시험설비의 한계 때문에 발생하는 것으로서 투입 열용량이 더욱 증대된다면 스마트팜 지열시스템에 대한 정확한 평가가 이루어질 것으로 판단된다.
- 단일 지열공에 대한 열용량 및 집수조에 대한 열용량 시험 결과를 분석해 보면, 기존 개방형과 스마트팜 지열시스템의 열전달 효율은 큰 차이가 없는 것을 알 수 있다.



[그림 2-340] 지중 열전도 시험 결과



[그림 2-341] 열전도 시험 결과, 단일 지열공



[그림 2-342] 열전도 시험 결과, 단일 지열공

(3) 스마트팜 지열시스템 운전 결과 분석

□ 데이터 취득

- 현재 테스트 베드인 팜8에 설치된 스마트팜 지열시스템의 운전 관련 자료는 매 분마다 자동으로 시스템에 저장되어 관리되고 있으며, 한국에너지공단 신재생에너지 통합모니터링시스템(REMS)에 자동으로 전송되고 있음



[그림 2-343] 지열시스템 자동제어 화면

(가) K-온실 운전자료

- 스마트팜 지열시스템의 자동제어시스템 내에 저장되고 있는 자료 는 매분마다 기록되고 있으며, 그 자료 중에서 한국에너지공단에서 제시한 운전 이력 항목을 신재생에너지 통합모니터링 시스템(REMS)에 자동으로 전송하고 있음.
- 운전 자료의 축적을 위해, 매시간을 기준으로한 각종 자료를 지열 일보로 생성하여 저장 관리하고 있음.

지열 일 DATA (K-온실)

시 권	지열액		부하액		유량	생산량		소비량		EDF		생성시간
	입출온도 ℃	출입온도 ℃	출입온도 ℃	출입온도 ℃		PL	전기량(Wh)	유기량(kWh)	전기량(Wh)	유기량(kWh)	전기	
0000	11.70	11.70	11.70	11.70	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 00:00
0100	11.60	11.40	11.40	11.20	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 01:00
0200	11.40	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 02:00
0300	11.40	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 03:00
0400	11.20	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 04:00
0500	11.00	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 05:00
0600	11.00	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 06:00
0700	11.00	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 07:00
0800	11.00	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 08:00
0900	11.00	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 09:00
1000	11.00	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 10:00
1100	11.00	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 11:00
1200	11.00	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 12:00
1300	11.00	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 13:00
1400	11.00	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 14:00
1500	11.00	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 15:00
1600	11.00	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 16:00
1700	11.00	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 17:00
1800	11.00	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 18:00
1900	11.00	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 19:00
2000	11.00	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 20:00
2100	11.00	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 21:00
2200	11.00	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 22:00
2300	11.00	11.40	10.60	10.40	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2021-11-27 23:00

[그림 2-344] K-온실 지열시스템 일보, 자동제어 서버에 저장

(나) 식물공장 운전자료

- 식물공장에 대한 스마트팜 지열에너지 시스템은 K-온실에 대한 방법과 동일하게 저장 관리되고 있음.

No	CO2	장르명	시작시간	종료시간	부하(Wh)	생산량(kWh)	소모량(kWh)	잔량(kWh)	전기	유기	비율(%)
724	30014801200	장미식물공장	2021-11-27 오전 11:42	종료	2,628,542	369,420.00	369,420	28	34	8	12
725	30014801200	장미식물공장	2021-11-27 오전 11:41	종료	2,628,296	369,420.00	369,420	28	31	8	12
726	30014801200	장미식물공장	2021-11-27 오전 11:38	종료	2,628,221	369,420.00	369,420	28	31	11	12
727	30014801200	장미식물공장	2021-11-27 오전 11:36	종료	2,628,228	371,225.00	369,420	27	31	11	12
728	30014801200	장미식물공장	2021-11-27 오전 11:33	종료	2,628,226	369,174.00	369,420	27	35	10	12
729	30014801200	장미식물공장	2021-11-27 오전 11:30	종료	2,628,214	369,120.00	369,420	27	34	8	12
730	30014801200	장미식물공장	2021-11-27 오전 11:28	종료	2,628,208	369,279.00	369,420	28	36	8	12
731	30014801200	장미식물공장	2021-11-27 오전 11:24	종료	2,628,202	369,225.00	369,420	27	31	8	12
732	30014801200	장미식물공장	2021-11-27 오전 11:22	종료	2,628,248	369,424.00	369,420	27	31	10	12
733	30014801200	장미식물공장	2021-11-27 오전 11:19	종료	2,628,201	369,370.00	369,420	28	30	10	12
734	30014801200	장미식물공장	2021-11-27 오전 11:16	종료	2,628,216	369,225.00	369,420	27	30	10	12
735	30014801200	장미식물공장	2021-11-27 오전 11:25	종료	2,628,276	371,221.00	369,420	27	30	11	12
736	30014801200	장미식물공장	2021-11-27 오전 11:28	종료	2,628,276	369,246.00	369,420	27	31	11	12
737	30014801200	장미식물공장	2021-11-27 오전 11:27	종료	2,628,222	369,280.00	369,420	28	31	10	12

[그림 2-345] 식물공장 운전이력 자료 (일부분 발췌), 한국에너지공단 REMS 시스템

지열 열 DATA (식물공장)

2021년 11월 27일

시 간	지열측		부하측		유형	발전열량		수배전량		COP		발전시간
	입수온도 ℃	환수온도 ℃	공급온도 ℃	환수온도 ℃		HR	순시발전 kW	누적발전 kWh	순시배전 kW	누적배전 kWh	순1	
00:00	20.70	27.87	20.07	29.72	1.48800	177.54	3,677,192.75	48.17	983,320.78	2.53	2.89	983,320.78
01:00	20.81	27.75	20.10	29.65	1.48800	176.26	3,657,316.05	47.77	980,844.84	2.51	2.87	980,844.84
02:00	19.86	28.40	20.05	29.40	1.48800	175.07	3,637,381.25	47.33	978,368.87	2.50	2.86	978,368.87
03:00	19.81	28.42	20.40	29.40	1.48800	173.81	3,617,280.00	46.90	975,892.92	2.51	2.86	975,892.92
04:00	19.77	28.33	20.25	29.27	1.48800	172.57	3,597,280.00	46.47	973,416.97	2.49	2.85	973,416.97
05:00	19.40	28.87	21.00	29.80	1.48800	171.31	3,577,280.00	46.04	970,941.02	2.50	2.86	970,941.02
06:00	19.24	29.29	20.12	29.15	1.48800	170.05	3,557,280.00	45.61	968,465.07	2.50	2.86	968,465.07
07:00	19.40	29.40	20.40	29.80	1.48800	170.88	3,537,280.00	45.18	965,989.12	2.50	2.86	965,989.12
08:00	20.00	29.40	20.40	29.40	1.48800	170.68	3,517,280.00	44.75	963,513.17	2.50	2.86	963,513.17
09:00	20.27	29.47	21.12	29.12	1.48800	170.27	3,497,280.00	44.32	961,037.22	2.49	2.86	961,037.22
10:00	20.33	29.20	20.60	29.20	1.48800	169.81	3,477,280.00	43.89	958,561.27	2.49	2.86	958,561.27
11:00	20.44	29.07	21.40	28.80	1.48800	169.41	3,457,280.00	43.46	956,085.32	2.49	2.86	956,085.32
12:00	20.23	29.48	20.80	29.40	1.48800	169.02	3,437,280.00	43.03	953,609.37	2.49	2.86	953,609.37
13:00	20.80	29.20	20.80	29.20	1.48800	168.61	3,417,280.00	42.60	951,133.42	2.49	2.86	951,133.42
14:00	20.77	29.47	20.80	29.20	1.48800	168.20	3,397,280.00	42.17	948,657.47	2.49	2.86	948,657.47
15:00	20.64	29.77	20.80	29.40	1.48800	167.79	3,377,280.00	41.74	946,181.52	2.49	2.86	946,181.52
16:00	20.07	29.40	20.20	29.10	1.48800	167.37	3,357,280.00	41.31	943,705.57	2.49	2.86	943,705.57
17:00	20.83	29.40	20.20	29.40	1.48800	166.95	3,337,280.00	40.88	941,229.62	2.49	2.86	941,229.62
18:00	20.47	29.27	20.20	29.20	1.48800	166.53	3,317,280.00	40.45	938,753.67	2.49	2.86	938,753.67
19:00	21.00	29.67	20.80	29.40	1.48800	166.12	3,297,280.00	40.02	936,277.72	2.49	2.86	936,277.72
20:00	20.13	29.80	20.20	29.20	1.48800	165.70	3,277,280.00	39.59	933,801.77	2.49	2.86	933,801.77
21:00	20.40	29.27	20.20	29.20	1.48800	165.28	3,257,280.00	39.16	931,325.82	2.49	2.86	931,325.82
22:00	20.77	29.77	20.20	29.20	1.48800	164.86	3,237,280.00	38.73	928,849.87	2.49	2.86	928,849.87
23:00	20.71	29.87	20.20	29.20	1.48800	164.44	3,217,280.00	38.30	926,373.92	2.49	2.86	926,373.92

[그림 2-346] 식물공장 지열시스템 정보, 자동제어 서버에 저장

□ 시험운영 결과 분석

- K-온실의 냉난방을 위한 스마트팜 지열시스템은 2021년 8월에 본격적으로 가동되기 시작하였기 때문에, 오랜 기간 운전되고 있는 식물공장 시스템의 운전 자료를 분석함

(가) 운전 자료 기본 사항

- 자료 저장 : 2019. 9월부터 매1분 단위로 저장 중
- 기타 사항 : 취득한 운전 자료 중 지열 가동시간 외 자료는 무시

(나) 운전 자료 분석 내용

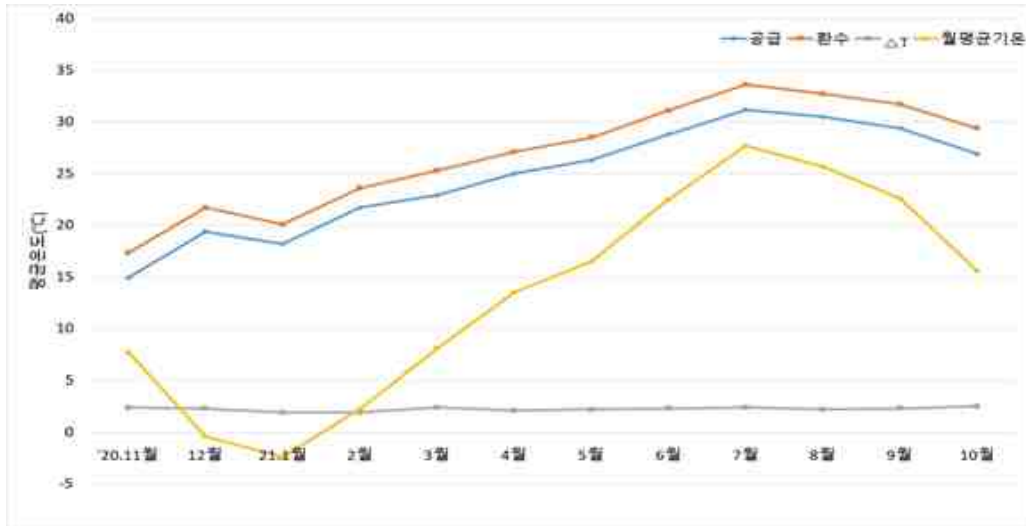
- 지열시스템 평균온도자료를 살펴보면, 외기(대기온도)에 영향을 받지만, 바로 반응하지 않고 서서히 증가 및 감소를 하는 경향을 보이고 있으며, 식물공장 내부 필요 온도 조절을 위한 공조 시스템에 안정적으로 공급 중임
- 지열열 평균온도 자료는 히트펌프 공급부 온도와 환수부 온도를 기준으로 하였고, 공급부와 환수부 온도 차이(ΔT) 및 대기 온도(인근 수원지방기상청 기상자료)의 일 값으로 비교하였음
- 비교 자료를 살펴보면, 지열시스템의 공급온도는 대기온도에 직접 영향을 받지 않고, ΔT= 평균 2.2°C 범위 내에서 지열시스템이 안정적으로 운영되고 있는 것으로 판단됨

[표 2-250] 스마트팜 지열시스템 온도 자료

평균온도(°C)	전체	20년11월	12월	21년 1월	2월	3월	4월
공급	24.6	14.95	19.4	18.2	21.7	22.9	25
환수	26.7	17.35	21.7	20.1	23.6	25.3	27.1
ΔT	2.2	2.4	2.3	1.9	1.9	2.4	2.1
월평균기온		7.7	-0.4	-2.4	2.2	8.1	13.5

[표 2-251] 스마트팜 지열시스템 온도 자료 (계 속)

평균온도(°C)	5월	6월	7월	8월	9월	10월
공급	26.3	28.8	31.2	30.5	29.4	26.9
환수	28.5	31.1	33.6	32.7	31.7	29.4
ΔT	2.2	2.3	2.4	2.2	2.3	2.5
월평균기온	16.5	22.5	27.7	25.7	22.6	15.6



[그림 2-347] 스마트팜 지열에너지 시스템 온도 그래프

□ 지열시스템 성능 검증

- 스마트팜 지열시스템의 성능 검증은 테스트베드의 냉난방을 위해 설치된 장비들의 전기사용량 대비 생산되는 에너지량을 비교하여 시스템의 COP를 구하는 방법을 이용하고자 함
- 성능 측정 방법
 - 보편적으로 성능(COP)은 다음 식으로 측정함

$$\text{시스템성능계수}(COP) = \frac{\text{난방열량}(kW)}{[\text{히트펌프소비전력}(kW) + \text{순환펌프소비전력}(kW)]}$$

- K-온실의 지열시스템 성능 : 평균 COP = 4.81
 - 대상 기간 : 2021. 8. ~ 10. (K-온실 가동 일 기준)
 - 총생산열량 : 33,054.4 kW
 - 총소비전력 : 6,870 kWh
 - 지열 시스템 COP = 33,054.4 / 6,870 = 4.81

□ 온도 모니터링 결과

(가) 시험 방법

- 테스트 베드에 설치한 스마트팜 지열시스템의 성능 및 효율과 관련하여 식물공장에서는 연중 24시간 냉방만 가동하게 되므로, 지중열교환기가 냉방 및 난방의 교호 운전에 의한 지중 온도 평형이 맞지 않게되므로 장기적인 지중열교환기의 효율성을 파악하고, 지열 시스템의 자동운전을 위한 기초 자료를 취득하기 위하여 전자식 밸브와 온도 센서(이하 “온도 모니터링 시스템”)를 지열공 마다 설치하고, 모니터링을 실시하였음
- K-온실에 대한 스마트팜 지열시스템은 작물 재배에 따른 냉방과 난방이 교호로 이루어지기 때문에,

식물공장 시스템에 연결된 지열공 총 12공에 대해서 각각 전자식 밸브와 온도 센서를 설치하였음

(가) 모니터링 데이터 취득

- 용도 : 지열시스템 성능 및 효율 검증을 위한 기초자료 획득
- 지열공 마다 설치된 온도 센서 자료를 매 10분 단위로 저장
- 지중열교환기의 각 지열공마다 설치한 온도센서의 모니터링 자료로 원위치 열교환 변화(온도 변화) 자료를 축적 중
- 자료 축적 기간 : 2020년 10월 ~12월, 2021년 7월 ~ 현재
- 자료 결측 사유 : 테스트 베드에 모니터링 시스템을 설치하고 자료 저장을 시작하였으나, 2020년 혹한기 한파에 의해 모니터링 시스템에 고장이 발생하였고, 시스템 보수 및 재정비로 인해 자료의 결측이 발생함
- 온도 모니터링 시스템 재정비 후 2021년 7월부터 자료가 현재까지 이상 없이 재 저장 중임



[그림 2-348] 자동 밸브 및 온도 센서 설치 위치도

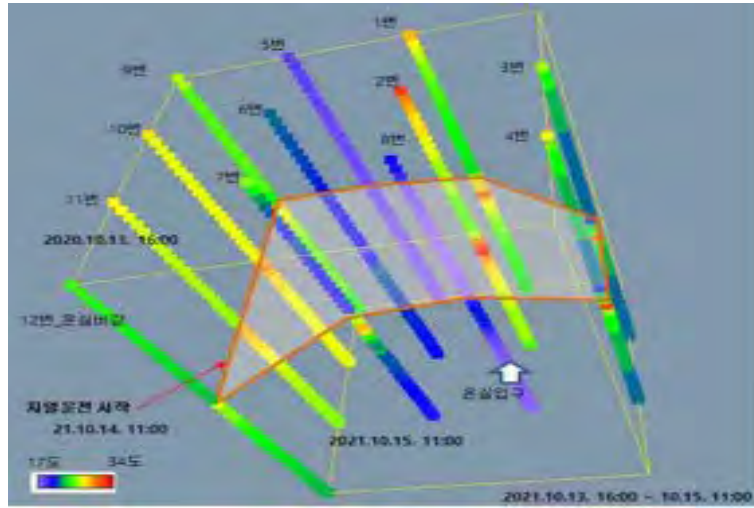
No.	Status	Date	1공	2공	3공	4공	5공	6공	7공	8공	9공	10공	11공	12공
1	Logging Corr	2021-08-18 15:00	29.3	32	29	24	27.2	29.8	29.8	30	28	29	28.3	27.2
2	Logging Corr	2021-08-18 15:09	29.4	32	29	24	27.2	29.7	29.6	29.9	28	29	28.3	27.2
3	Logging Corr	2021-08-18 15:18	29.3	32	28	24	27.2	29.6	29.5	29.7	28	29	28.3	27.2
4	Logging Corr	2021-08-18 15:29	29.1	32	28	24	27.1	29.6	29.3	29.6	28	29	28.3	27.2
5	Logging Corr	2021-08-18 15:39	29.1	32	28	24	27.1	29.6	29.2	29.6	28	29	28.3	27.2
6	Logging Corr	2021-08-18 15:50	29	32	28	24	27	29.5	29.1	29.3	28	29	28.3	27.2
7	Logging Corr	2021-08-18 16:00	28.8	31	28	24	27	29.4	29	29.4	28	29	28.3	27.2
8	Logging Corr	2021-08-18 16:10	28.8	32	28	24	26.9	29.4	28.8	29.3	28	29	28.3	27.2
9	Logging Corr	2021-08-18 16:20	28.7	32	28	24	26.9	29.3	28.8	29.3	28	29	28.4	27.2
10	Logging Corr	2021-08-18 16:30	28.6	32	28	24	26.9	29.3	28.7	29.2	28	29	28.4	27.2
11	Logging Corr	2021-08-18 16:40	28.5	31	28	24	26.8	29.3	28.6	29.1	28	29	28.4	27.2
12	Logging Corr	2021-08-18 16:50	28.5	31	28	24	26.8	29.3	28.5	29.1	28	29	28.4	27.3
13	Logging Corr	2021-08-18 17:00	28.4	31	28	24	26.8	29.3	28.5	29	28	29	28.4	27.3
14	Logging Corr	2021-08-18 17:10	28.4	31	27	24	26.8	29.2	28.4	28.9	28	29	28.4	27.3
15	Logging Corr	2021-08-18 17:18	28.3	31	27	24	26.7	29.2	28.4	28.7	28	29	28.4	27.3
16	Logging Corr	2021-08-18 17:30	28.3	31	27	24	26.7	29.1	28.3	28.6	28	29	28.4	27.3
17	Logging Corr	2021-08-18 17:39	28.2	31	27	24	26.7	29.1	28.3	28.5	28	29	28.4	27.3
18	Logging Corr	2021-08-18 17:50	28.2	31	27	24	26.6	29.1	28.2	28.4	28	29	28.4	27.3
19	Logging Corr	2021-08-18 18:00	28.1	31	27	24	26.6	29.1	28.1	28.4	28	29	28.4	27.3
20	Logging Corr	2021-08-18 18:09	28.1	31	27	24	26.6	29.1	28.1	28.3	28	29	28.4	27.3
21	Logging Corr	2021-08-18 18:20	28	31	27	24	26.6	29.1	28	28.3	28	29	28.4	27.3
22	Logging Corr	2021-08-18 18:29	28	31	27	24	26.5	29	28	28.3	28	29	28.4	27.3
23	Logging Corr	2021-08-18 18:40	28	31	27	24	26.6	29	28	28.3	28	29	28.4	27.3
24	Logging Corr	2021-08-18 18:49	27.9	31	27	24	26.5	29	27.9	28.3	28	29	28.4	27.3
25	Logging Corr	2021-08-18 19:00	27.9	31	27	24	26.6	29	27.9	28.3	28	29	28.4	27.3
26	Logging Corr	2021-08-18 19:09	27.9	31	27	24	26.5	29	27.9	28.3	28	29	28.4	27.3
27	Logging Corr	2021-08-18 19:19	27.9	31	27	24	26.5	29	27.8	28.3	28	29	28.4	27.3
28	Logging Corr	2021-08-18 19:29	27.8	31	27	24	26.5	29	27.8	28.2	28	29	28.4	27.3
29	Logging Corr	2021-08-18 19:40	27.8	31	27	24	26.5	29	27.8	28.2	28	29	28.4	27.3
30	Logging Corr	2021-08-18 19:50	27.8	31	27	24	26.5	28.9	27.7	28.2	28	29	28.4	27.3

[그림 2-349] 온도모니터링 자료 (일부분 발췌)

(다) 온도 모니터링 결과

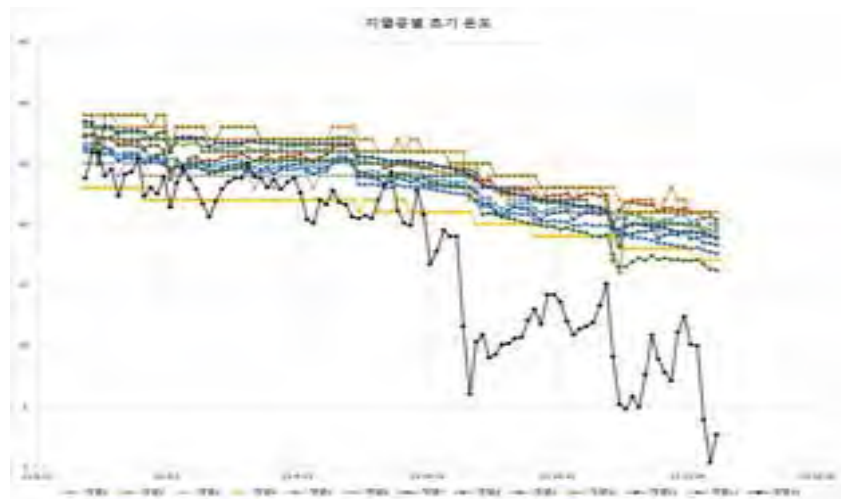
- 온도 모니터링 시스템에서 저장 중인 자료는 매10분 단위로 관리되기 때문에 자료의 양이 많아서 2021년 10월 13일 ~ 10월 15일 자료를 발췌하여 그림에 도시하였음

- 운전 시간 정보
 - 21.10.13. 16:00 ~ 10.14. 11:00 : 냉각탑 운전
 - 21.10.14. 11:00 ~ 10.14. 16:00 : 지열시스템 운전
 - 21.10.14. 16:00 ~ 10.15. 11:00 : 냉각탑 운전
- 그림에서 보는 바와 같이 지중 온도 변화를 일으키는 지열 시스템 가동 시작과 함께 지중 온도가 상승하지만, 지열 시스템 종료되면 지중 온도가 원상태로 회복되는 것으로 나타남



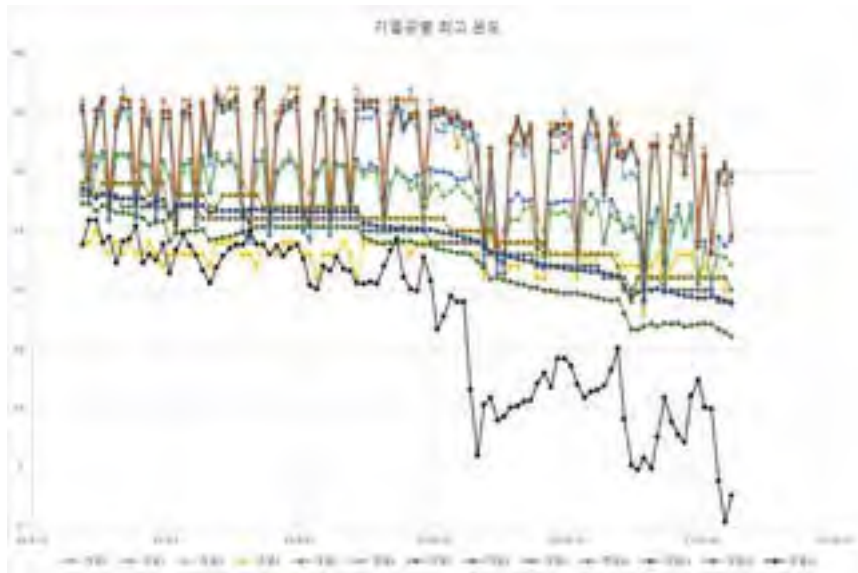
[그림 2-350] 온도모니터링 결과도 (2021.10.13.일 발췌)

- 지열공별 온도 차이는, 총 12공의 지열공에 대해서 3개의 존으로 구성하였으며(<자동 밸브 및 온도 센서 설치 위치도> 참조), 1개의 존에 4개의 지열공이 연결되어, 존별 지열시스템이 운전되기 때문임
- 위 그림의 우측에서부터 1번존, 2번존, 3번존으로 구성되어 있어, 결과도는 스마트팜 지열시스템에 주로 1번존과 2번존이 사용되었음을 나타내고 있음(3번존 또한 가동되어 약간의 온도 상승은 있었지만, 시스템 효율 향상을 위해 대부분 운전 대기 중으로 지중 열교환 회복 중인 상황을 의미하고 있음)
- 세부적인 분석을 위하여 지열공별 초기 온도와 대기 온도를 비교하여 본 결과, 대기 온도가 낮아 집에 따라 거시적으로는 지중 온도가 감소하고 있지만, 급격한 온도 변화는 나타나고 있지 않음을 볼 수 있음(초기 온도 : 지열시스템 가동 시작 시간의 지중 온도)



[그림 2-351] 지열공별 초기 온도

- 스마트팜 지열시스템에서 지열 에너지를 사용하여 지중 열교환기의 온도가 증가해야 하지만, 대기온도가 낮아짐에 따라 초기온도도 낮아지기 때문에 스마트팜 지열시스템의 효율은 저하되고 있지 않음을 알 수 있음
- 지열시스템 운영에 따른 지열공별 온도 변화를 살펴보면, 지열에너지 운전에 따른 지중 최고온도는 37 °C로 나타났고, 초기온도와 최고온도의 차이는 최대 11.3°C 인 것으로 나타났음



[그림 2-352] 지열공별 최고 온도

- 지열시스템 사용에 따라 각 지열공에서 증가된 지중 온도가 지열시스템 미사용 시간 동안 초기온도로 회귀하기 때문에 본 테스트 베드에서의 지열에너지의 활용은 매우 좋은 결과를 나타냄
- 대기 온도 변화 대비하면 지열공별 초기 온도는 안정적인 변화를 보이기 때문에, 즉 지열 냉난방시스템 운전에 다른 지중 온도는 증가되지 않고 있으므로 지열 에너지 활용 시간을 늘리는 것이 전체 에너지 활용 측면에서 유리할 것으로 판단됨

라. 결론

- 지하수 겸용 스마트팜 지열에너지 시스템(이하 “스마트팜 지열시스템”)은 건축물의 실내와 스마트팜의 농작물 재배 등을 위해 열원으로 지하수를 이용하여 냉난방하고자 할 때, 여러 개의 지열공에서 지하수를 동시에 취수한 후 단일 급수계통을 통해 히트펌프에 급수하는 방식 즉 스마트팜 및 건축물 등의 냉난방을 위해 단일 급수방식을 이용한 지열시스템을 개발함
- 구성요소는 지열공, 집수조, 보충정, 히트펌프, 열교환기, 단일순환펌프 등임
- 스마트팜 지열시스템은 경기도 평택 농업법인 팜8내에 위치한 테스트 베드인 K-온실과 바로 옆에 위치한 식물공장의 냉난방을 위하여 K-온실 부지에 지열공 21공을 설치하고, K-온실(80RT급)과 식물공장 (150RT급)에서 2019년 9월부터 현재 운영 중에 있음
- 테스트 베드에서의 지중 열전도 시험을 실시한 결과, 단일 지열공에 대한 지중 열전도도는 3.47 W/m·K로 나타났고, 열용량은 13 RT/공으로 나타났다. 집수조(지열공 4공) 전체에 대한 지중열전도도는 현재 공인시험방법이 없는 관계로, 열용량 시험만 실시 할 수 있었고, 그 결과는 36 RT/집수정으로 나타났다.
- 집수조에 대한 시험결과를 살펴보면, 현재 시험설비로 투입할 수 있는 최고 열용량이 32 RT 로서 열량값이

빠른 수렴을 하고 있음을 알 수 있는데, 이는 열량 투입과 관련한 시험설비의 한계 때문에 발생하는 것으로서 투입 열용량이 더욱 증대된다면 스마트팜 지열시스템에 대한 정확한 평가가 이루어질 것으로 판단됨.

- 단일 지열공에 대한 열용량 및 집수조에 대한 열용량 시험 결과를 분석해 보면, 기존 개방형과 스마트팜 지열시스템의 열전달 효율은 큰 차이가 없는 것을 알 수 있음.
- K-온실의 지열시스템 성능은 평균 COP는 4.81로 나타났음
 - 대상 기간 : 2021. 8. ~ 10. (K-온실 가동 일 기준)
 - 총생산열량 : 33,054.4 kW
 - 총소비전력 : 6,870 kWh
 - 지열 시스템 COP = $33,054.4 / 6,870 = 4.81$
- 테스트 베드에서 장기적인 지중열교환기의 효율성을 파악하고, 지열 시스템의 자동운전을 위한 기초 자료를 취득하기 위하여 전자식 밸브와 온도 센서(이하 “온도 모니터링 시스템”)를 지열공 마다 설치하고, 모니터링을 실시하였음
- 지열시스템 운영에 따른 지열공별 온도 변화를 살펴보면, 지열에너지 운전에 따른 지중 최고온도는 37 °C로 나타났고, 초기온도와 최고온도의 차이는 최대 11.3°C 인 것으로 나타났음
- 지열시스템 사용에 따라 각 지열공에서 증가된 지중 온도가 지열시스템 미활용 시간 동안 초기온도로 회귀하기 때문에 본 테스트 베드에서의 지열에너지의 활용은 매우 좋은 결과를 나타냄

나. 스마트팜 에너지 관리시스템 개발 및 검증

(1) 현황 분석

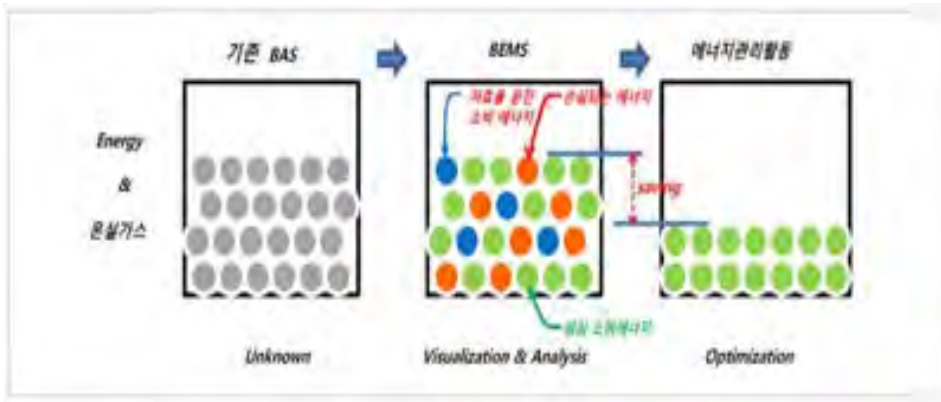
(가) 타 분야 에너지 관리시스템 분석

- 평택 스마트팜 테스트 베드에 적합한 에너지 관리 시스템을 구축하고 이를 분석을 위해서, 먼저 에너지 관리의 개념의 근간이 되는 빌딩에너지 관리 시스템에 대하여 분석함

(나) 빌딩에너지 관리 시스템 개요

□ 빌딩에너지 관리 시스템 정의

- 빌딩에너지 관리 시스템(BEMS: Building Energy Management System)에 대한 정의는 각 나라 별로 조금씩 다르나, 한국산업표준(KS)에서는 BEMS를 ‘건물의 쾌적한 실내 환경을 유지하고 에너지를 효율적으로 사용하도록 지원하는 제어·관리·운영 통합시스템’이라고 정의하고 있음
- 즉, 빌딩에너지관리시스템(BEMS)는 건물의 실내환경 및 에너지 사용 현황을 계량/계측하여, 수집된 데이터로 설비운영 분석과 에너지 소비분석을 통해 운영설비를 파악하고, 최적의 설비제어를 통해 쾌적한 환경을 제공하며, 에너지 절감을 극대화하는 시스템으로, 에너지 데이터를 관리하고 그 데이터나 BEMS에 탑재된 어플리케이션, 그 외 에너지 절약 제어와의 인터페이스에 의해 건물을 종합적으로 관리하는 시스템임



[그림 2-353] <그림1> BEMS의 개념

(나) BEMS의 목적 및 기대효과

□ BEMS의 목적

- BEMS의 목적은 에너지 소비량을 파악하여 에너지원별, 열원별, 계통별, 주요 장비별로 적정한 에너지가 소비되는지를 분석하여 효율적인 에너지 관리가 되도록 구축하는 것임
- 즉, 설비의 최적운전을 통한 에너지 사용량을 절감하고 효율적인 건물관리를 통한 유지관리 비용을 최소화하며, 사용자의 쾌적한 업무 환경을 지원하는 데에 그 목적임

□ BEMS의 기대효과

- 에너지 관리의 효율화
 - 건물의 에너지 비용 절감
 - 에너지비용 가시화를 통한 정성적, 정량적 관리 가능
 - 실시간 시스템 관리에 의해 장비 유지보수 관리비 및 인건비 절감
 - 전문가 서비스를 통해 에너지 효율을 높이기 위한 실시간 운영가이드 제공
 - 국가 및 도시 차원의 에너지 현황 파악을 통해 에너지의 사용 비율, 사용 용도를 분석하고 결과 분석을 통해 에너지 사용에 대한 기준을 설정하는 기준 데이터베이스로 활용 가능
- 건물 설비의 효율화
 - 자동고장진단 기능을 통한 장비 운영의 효율화
 - 설비의 효율적인 운전으로 장비 수명 연장
- 거주자의 쾌적감 증대
 - 빌딩 내 거주자에게 쾌적하고 건강한 환경 제공
- 건물 가치 향상
 - 에너지 비용 최소화로 인한 건물 자산 가치 향상 및 건물임대 활성화
 - 에너지 절감형 건물관리에 따른 그린 빌딩 이미지 강화

□ BEMS의 구분

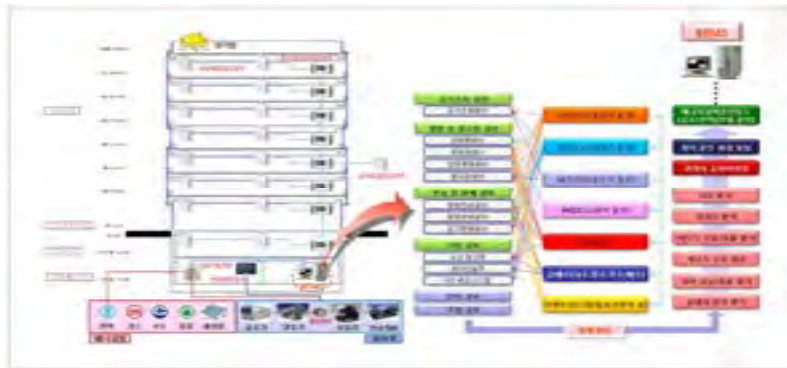
- BEMS는 아래와 같이 기능에 따라 4가지의 BEMS로 구분할 수 있음

[표 2-252] 기능에 따른 BEMS의 종류

구분	내용
Level 1 (기본 BEMS)	BA(Building Automation)로서 갖춰야 할 최소한의 기능 구비
Level 2 (확장 BEMS)	DDC(Direct Digital Control)를 포함하는 제어기능, 각종 제어·감시기능, 유지관리 정보가 충실함
Level 3 (고급 BEMS)	BA로서 갖춰야 할 최적제어기능, 개인대응제어, 유지관리시스템의 충실성 외 각종 보관리시스템·방법방재 등의 정보와 데이터베이스의 공유 가능
Level 4 (종합 BEMS)	정보통신 네트워크와 컴퓨터가 유기적으로 결합되어 관련 데이터베이스의 공유 및 효과적인 활용을 도모, 시스템의 개방 추구, 기상 데이터 등 외부로부터의 정보 도입 가능, 군관리 등의 네트워킹 추구

□ BEMS의 시스템 구성

- BEMS는 건물 내 관련 상황을 표시하고 데이터를 자동적으로 수집·집약·보존하며 그 기능을 분석할 수 있는 장치 또는 시스템임
- 건축물의 열원 및 공조, 전력 및 조명 기타 위생설비 등의 에너지사용량과 실내 온·습도 및 조도와 외기 등의 상태에 대한 에너지·환경 정보를 기반으로 건물의 에너지를 관리함



[그림 2-354] BEMS의 구성



[그림 2-355] BEMS의 시스템 구성 사례

□ BEMS의 구성 요소

[표 2-253] BEMS의 구성 요소

분류		내용
하드웨어	계측장비	전력량계, 유량계, 열량계, 온습도 센서, 풍속계, CO2센서, 재실감지센서, 조도센서 등
소프트웨어	통신·제어장비	계측정보 전송장치, 통신장치, 컨트롤러(controller) 등
소프트웨어	모니터링 장비	모니터, PC, 데이터 저장서버 및 분석 소프트웨어, 알고리즘

□ BEMS의 기능

- BEMS는 에너지 소비와 관련된 각종 데이터의 획득, 전달, 수집 및 관리를 통해 건물의 에너지 소비내역을 파악할 수 있도록 하며, 건물의 에너지 관리에 필요한 각종 분석, 진단 및 제어에 관한 방법과 도구를 제공
- BEMS의 기본적인 기능으로는 데이터 표시 기능, 정보 감시 기능, 정보조회 기능이 있으며, 효율적인 에너지 관리를 위한 분석 및 제어 기능이 있으며, BEMS의 기능에 대한 설명은 아래와 같음

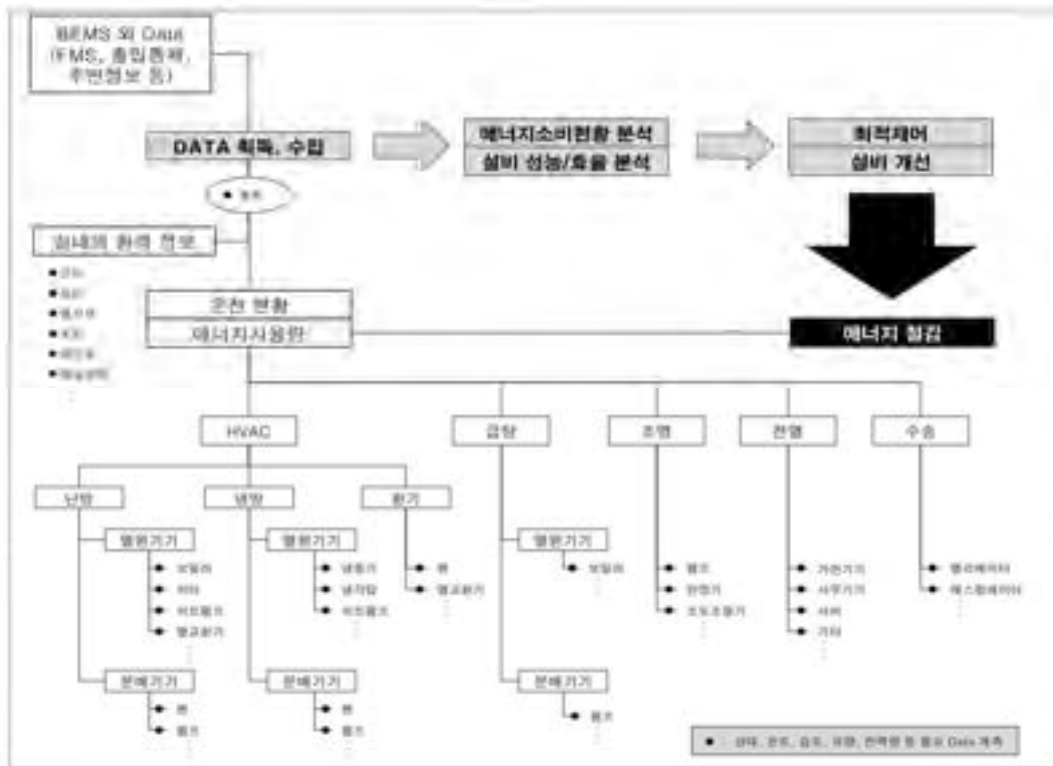
[표 2-254] BEMS의 기능

기능		내용
조회 및 모니터링	데이터 표시 기능	획득·수집한 건물에너지 소비 및 관련 데이터를 알기 쉽게 컴퓨터 화면 등을 통해 표시하는 기능
	데이터 및 정보 조회 기능	- 일정 기간 및 기간별 정보 조회 기능 - 2개 이상의 기간별 정보 동시 조회 기능
	실내·외 환경 정보 제공 기능	- 외기 온도, 습도 - 실내 공기의 온도, 습도, CO2 농도 - 실내 조도
데이터 분석	건물에너지 소비 현황 분석 기능	- 에너지원별, 용도별, 수요처별 소비량 - 석유환산톤으로 환산한 1차 에너지 소비량 - 이산화탄소 배출량 - 에너지 소비 원단위 - 최대 전력수요 - 건물에너지 효율 수준 - 에너지 소비 절감량 및 절감률
	설비의 성능 및 효율 분석 기능	- 설비의 성능 - 설비의 효율
	에너지 소비량 예측 기능	에너지를 절약하고 건물과 설비의 계획적인 운영에 도움을 주기 위한 에너지 소비량 예측 기능
	에너지 비용 분석 기능	- 에너지 비용 체계 선택 및 단가 수정 - 기간별 에너지 비용 조회 - 예상 에너지 비용 조회
제어	정보 감시 기능	- 기준값 및 운전범위 입력 기능 - 입력값과 운영결과 비교 기능 - 경보발령 기능
	제어 시스템 연동 기능	자체적으로 제어기능 수행 또는 BAS(건물자동화시스템)와 연동하여 자동 제어 기능 제공

나. 스마트팜 시스템 구성

(1) 스마트팜 시스템 개요

- 스마트팜은 자동화 설비와 정보통신기술을 활용하여 시간과 공간의 제약 없이 생육환경을 최적상태로 관리하는 편리하고 효율적인 농업형태이며, 농업에 정보통신기술(ICT)을 접목하여 만들어진 지능화된 농장임
- 스마트 팜은 사물인터넷(IoT: Internet of Things) 기술을 이용하여 농작물 재배 시설의 온도·습도·햇빛량·이산화탄소·토양 등을 측정 분석하고, 분석 결과에 따라서 제어 장치를 구동하여 적절한 상태로 변화시키며, 스마트폰과 같은 모바일 기기를 통해 원격 관리도 가능함
- 스마트 팜으로 농업의 생산·유통·소비 과정에 걸쳐 생산성과 효율성 및 품질 향상 등과 같은 고부가가치를 창출시킬 수 있음



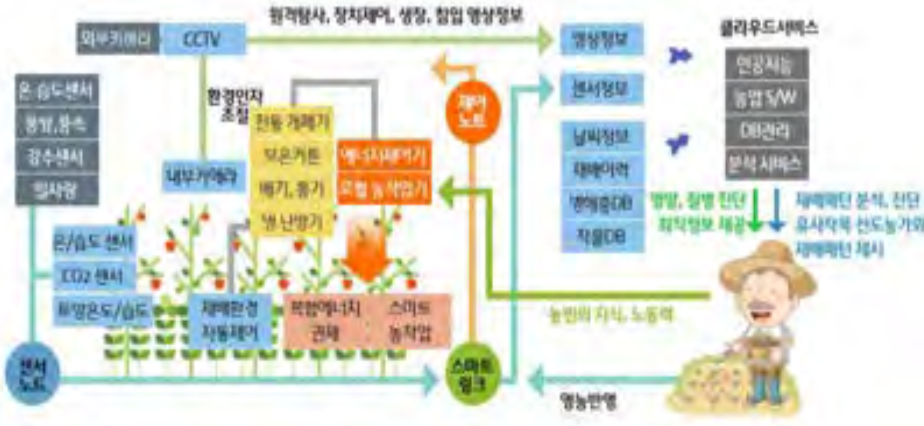
[그림 2-356] 건물의 에너지 사용처와 BEMS를 활용한 에너지절감 프로세스의 예

(2) 스마트팜 시스템 구성요소

- 스마트팜의 구성요소는 크게 현장의 환경정보와 영상정보를 수집하는 수집부, 수집된 데이터를 저장하고 필요한 형태로 가공/분석하는 저장부, 가공/분석된 정보를 이용하여 온실 관리에 필요한 정보를 표출하고 장비를 제어하는 활용부로 나눌 수 있음

- 데이터 수집부
 - 센서(환경정보), CCTV(영상), 노드(Node)장비(데이터 일괄수집/전송)
 - 감지기에 의해 외부환경의 데이터를 수집
- 데이터 저장부
 - 클라우드 또는 기업 서버(수집데이터 저장 + 활용서비스로 데이터 송출)

- 최적 생육을 위한 조건에 부합하는지 판단하고 최적 조건이 될 수 있도록 하는 제어 신호를 활용부의 제어기 모드(Node) 장비로 전송
- 데이터 활용부
 - 노드(Node) 장비(개별 제어기)로 데이터 전송, 제어기(창/팬/CO2 시비기 관수기, 양액기, 급이기), 어플리케이션(모니터링 및 분석 서비스)
 - 개별 제어기들이 최적 조건을 유지하도록 동작



[그림 2-357] 스마트팜 시스템 구성요소



[그림 2-358] 스마트팜 시스템 요소 별 세부 구성

다. 타 국가 에너지 관리시스템 분석

(1) 네덜란드 스마트팜 에너지

- 네덜란드 스마트팜은 다양한 과학기술 접목하여 세계 스마트 농산업을 주도하고 있으며, 특히 관련 기술을 수출한다는 것이 특징

(가) 네덜란드의 스마트팜 현황

- 네덜란드는 농식품 클러스터 구축으로 농업 첨단기술 및 시설원에 분야 선도

- 정부·기업·대학 간 협력을 통하여 농식품 클러스터를 구축
- 바헤닝헌 대학 연구소를 중심으로 글로벌 식품기업, 농약회사 등이 밀집된 농식품 클러스터인 '푸드밸리(Food Valley)*'를 조성
 - '19년 푸드밸리의 매출은 약 66조원, 네덜란드 GDP의 10%에 달함
 - 현재 푸드밸리 안에 200개 이상의 농식품기업과 연구소가 있으며, 혁신과 협업의 기반을 마련
- 네덜란드의 기후와 일조량 측면에서 불리한 농업환경을 유리온실로 극복함으로써, 시설원예의 규모화·집단지화·첨단지화 실현
 - 유럽형 온실로 불리는 '벤로형(Venlo) 온실'은 추가 증축이 용이하고 구조상 모든 농작업의 기계화가 가능
 - 네덜란드는 유리온실의 개발을 통해 시설 내부 설비분야, 통합관리 시스템, 관수 및 비료 공급 설비 등 해당 산업을 선도

(나) 온실열의 재활용을 통한 에너지 효율 증대 개발

- 온실의 에너지 사용량 절감 방법에 대한 개발
 - 온실 재배지역 내 IT 데이터센터나 비료 공장과 같은 곳에서 생산되는 열을 재사용하는 방법이 강구됨.
 - 태양 전지패널을 이용해 생산되고 남은 에너지를 모아 학교나 퇴직자의 주택에 공급해주는 방법도 사용됨.
- Warm CO₂ 프로젝트
 - 네덜란드 테르누젠(Terneuzen)시 내에서 진행되는 지속가능한 온실사업 중 하나
 - 이 프로젝트는 열네트워크(heating network)를 구축해 남은 열을 활용하는 방안으로 네덜란드의 원예사업에서 가장 주목받는 프로젝트 중 하나임.
 - 이 시스템은 인공비료를 생산하는 공장에서 부가로 생산되는 열과 이산화탄소를 5km 파이프라인을 통해 주변 온실로 분배함.
 - 매년 최대 84MW의 열과 이산화탄소 7만 톤을 만들어냄.
 - 이 프로젝트는 온실과 교육센터가 자리 잡은 BioPark Terneuzen의 일부로 이 지역의 온실업계는 Warm CO₂시스템을 이용해 화석연료 사용을 90%가량 줄여 탄소배출량(Carbon Footprint)을 줄임.
- IT 데이터센터에서 생산되는 열을 활용
 - 네덜란드 Wieringermeer에서 IT 데이터센터에서 생산되는 열을 이용해 온실의 에너지 절약
 - 네덜란드 회사 Parthenon은 세계 최초로 'Green' IT 해결책을 제시함.
 - 이 기업은 방대한 온실지역 한가운데에 데이터센터를 설치하고 이 센터의 열을 온실로 전달해 후추와 토마토 재배에 사용함.
 - 데이터센터의 넓이는 1만s/m에 달하며 1s/m당 5kW 전력에 해당하는 열을 생산 할 수 있으며, 이를 통해 매년 최대 800톤의 이산화탄소 방출을 막을 수 있음.
- Venlo시(네덜란드 남부 Limburg주의 도시), 온실에서 생산된 열을 외부에 제공
 - 전통적인 방법은 태양열이나 가스에서 나온 열을 온실에서 사용하고 끝나는 것이었으나 Venlo시의 온실에서는 지하의 대수층에 열을 저장할 수 있도록 함. 여름에 남는 잉여열을 온실을 시원하게 하는데 사용하거나 저장해 놓았다가 겨울에 온실의 온도를 조절하는데 사용하기도 함.
 - 또한 주변의 노인주택, 장애아동학교, 공공 수영장에 열을 공급해주기도 함.

(다) 온실 아래 공간에 물을 저장하는 Gaasboxx 시스템 연구 활동

- 네덜란드 유일의 대형 종합 연구기관 TNO와 네덜란드 기업 JES Product는 온실에 필요한 물·열을 저장하기 위해 만든 Gaasboxx 시스템 이용 방법을 연구.
- 온실 근처에 물 저장시스템 설치비용이 크에 따라 별집모양의 폴리프로필렌 블록으로 만들어져 온실 아래 저장하는 Gaasboxx 시스템이 대안으로 떠오름.
- 빗물을 저장하는 것뿐만 아니라 대수층과의 거리에 따라 따뜻한 물과 차가운 물의 저장이 모두 가능함.
- 지하수에 아무런 해가 없으며 개인 온실에 설치될 수 있고 원예업자의 노동시간을 줄여줌.

(라) 스마트팜 관련 네덜란드 회사

- 스마트팜 관련 회사 네덜란드들은 생육분석 플랫폼, 영상분석 등 데이터기반 생산기술과 자동화, 생산·품질관리, 수출까지 전 과정에 과학영농 실현함.
- 네덜란드의 회사들은 작물생산과 관련된 재배환경과 에너지 등을 통합하여 운용하고 농가에게 다양한 서비스를 제공함.
- Priva라는 회사는 세계 최고수준의 온실 환경제어시스템회사로 세계 시장에서 브랜드 인지도와 제품완성도 매우 높음.
- 복합환경제어기술로 최적의 환경을 제공하고 에너지도 절감, 정밀도와 완성도가 높음
- Hortimax라는 회사는 양액공급과 시설환경을 통합 제어하며, 축적된 날씨 정보를 기반으로 온도편차 최소화하는 기술이 강점
- 우리나라 파프리카 온실에 다량 보급되어 있으며, 한글화 메뉴얼도 제공
- Lely라는 회사는 세계 착유로봇시장 65% 이상 점유하고 있으며, 우유 생산에서 관리까지 전 과정의 자동화로 시간과 노동력 절감
- 자동 착유시스템으로 우유생산에서 품질관리까지의 데이터를 수집하고 활용하며, 젖소별 건강측정과 맞춤형관리까지 수행

(2) 캐나다 스마트팜 에너지

(가) 캐나다의 스마트팜 현황

- 캐나다 스마트팜 시장은 그린하우스, 인도어팜, 컨테이너팜 등의 밀폐형 시설에 첨단 기술을 융합한 농업방식이 주도
- 온실재배 내 환경 센서를 통해 양분, 온도, 습도, 이산화탄소 등의 수준을 측정하고 작물의 최적 생장 환경을 유지 및 관리
- 또한, 식물 성장을 극대화하도록 고안된 특수 LED 조명 사용과, 물을 재활용하여 전통 재배방식과 비교해 물과 에너지 소비량을 감축할 수 있어 친환경적
- 캐나다 스마트 온실농장의 가장 큰 장점은 품질향상, 생산증대, 노동시간 감소, 고객과의 거리 단축 등
- 특히, 북부 및 도심 외곽지역은 기후 및 지리적 접근성 때문에 향후 컨테이너 또는 온실형 수직농장에 대한 시장성이 클 것으로 전망

- 시장조사기관 얼라이드(Allied)는 미국 스마트팜 규모가 2019년 US\$25억에서 연 9.6%씩 성장해 2027년에는 약 US\$44억에 달할것으로 전망
 - 미국 농무부(USDA, United States Department of Agriculture)의
 - 2019 Agricultural Resources and Environmental Indicators 보고서에 따르면 트랙터와 콤바인 등 노동 절약형 자가 조종 시스템이 가장 널리 적용되고 있는 정밀농업 기술로 조사됨.
 - 그 외에도 사물인터넷(IoT, Internet of Things), 빅데이터, 클라우드, 인공지능 등을 이용해 실시간으로 농작물 데이터를 수집하며 보다 능동적으로 농업 생산 시스템이 변화하는 추세
 - 시장조사기관 스테티스타(Statista)에 따르면 2024년까지 미국 스마트팜 하드웨어 시장은 US\$16억 8천만으로 2016년 대비 58.5% 성장할 것으로 전망
 - 미국 내 스마트팜 소프트웨어 시장은 US\$7억 3천만으로 2016년 대비 약 198% 성장할 것으로 예상
- 바이든 행정부의 적극적인 기후변화 대응 정책과 함께 스마트팜 도입 활성화 예상
 - 농업은 미국 내에서 약 10% 가량의 온실가스 배출 비율 차지
 - 바이든 행정부는 농장의 탄소 배출량 감소와 지속가능한 농업 시스템 적용을 장려하기 위해 농무부의 상품 신용 공사(Commodity Credit Corporation)를 통해 지원금 지급 논의 중
- 캐나다는 넓은 영토에 비해 농경지 면적이 작으며, G7 국가 중 가장 빠른 속도로 인구가 성장하고 있어 앞으로 안전한 식량 대한 중요성이 더 커질 것으로 전망
 - 정부는 생산에서 유통, 소비에 이르기까지 농·축산업 및 농식품 산업의 밸류체인 전반에 적용할 수 있는 스마트팜 기술에 많은 재원을 투자 중
- 스마트팜은 일반적으로 전통적인 밀폐형 시설에 스마트 기술을 적용한 농업 방식으로, 그린하우스, 인도어팜, 컨테이너팜 (또는 큐빅팜) 등의 시설재배가 해당됨.
 - 특히, 캐나다의 온실 채소 생산 분야는 매우 빠르게 성장 중
 - 온실재배의 특성상 통제된 환경(Controlled Environments)에서 열, 물, 영양분, 환기, 자연조명 및 인공조명 등의 각종 다양한 제어 기술들이 추가되어 체계적인 재배관리가 가능함.
- 캐나다 온실재배 산업에서는 토마토, 오이, 양상추, 완두, 가지, 페퍼, 그리고 다양한 허브와 소채류를 주로 생산하고 있음.
 - 특히, 토마토, 오이, 피망 종류가 가장 많이 생산되고 있음.
 - 캐나다 내 소수계와 이민자의 인구 유입 증가로 다양한 에스닉(Ethnic) 인구는 지속 상승 중이나, 상대적으로 에스닉 시장을 겨냥한 상품의 생산량은 미미한 편
- 온실재배 외에도 GPS, 센서 등 사물인터넷(IoT) 관련 기술기반의 스마트 트랙터, 드론, 로봇 등 자동화기기 또한 사용 중
 - 첨단 기술은 농작물 경작과 축산물 생육에 적합한 기후 조건, 환경 등의 데이터를 수집 및 분석할 뿐 아니라, 소비자 구매 패턴예측으로 생산량을 조절하는 등 사용 분야가 확대되고 있는 추세

(나) 캐나다 온실재배 산업

- 캐나다의 온실재배 산업은 소규모 특수작물에 대해서 시설 내 노지를 이용하나, 대량재배의 경우 흙을 사용하지 않고 물과 비료 등의 양분을 조절해 투입해 재활용할 수 있는 수중 재배(Hydroponic) 시스템을 선호
 - 재배 기간을 늘리기 위해 시설 내 온도 관리를 위한 난방, 식품등급을 위한 탄소 공급이 필요
 - 이러한 요소들을 효율적으로 관리하기 위해 대부분의 상업 규모 온실들은 중앙 환경제어 시스템을 도입
 - 과거에는 컴퓨터로 제어하는 방식이었던 반면 오늘날은 클라우드 방식으로 관리하는 추세

- 또한, 일 년 상시 재배를 위해 점진적으로 더 많은 상업규모 온실들이 보조 광원에 투자하고 있음.
 - 보조 광원의 경우, LED 기술 장비가 대세인 가운데 이들 중에도 최소전력으로 최대광원을 제공하는 합리적인 제품이 인기
 - 그 외에도 복사열 최소화, 장비의 소형화를 통해 운용 및 설치 비용을 감소시킬 수 있는 방향으로 개발 진행 중.
- 난방의 경우, 천연가스 이외의 태양열, 우드칩, 바이오매스, 수열, 지열 등을 사용할 수 있는 보일러(Boiler) 또는 히트 펌프(Heat Pump) 개발
 - 시설과는 별도로 병해충 종합관리(IPM, Integrated Pest Management), CFIA Food Safety 등의 바이오 시큐리티 분야의 기술 또한 점차 고도 개발화되고 있음.
- 캐나다 온실재배 산업은 전체 농업인구의 15% 수준인 약 52,000 여명이 종사하고 있지만, 수요 대비 공급난이 가중되고 있는 상황
 - 2025년 온실재배 산업의 필요 인력이 71,000여명에 이를 것으로 전망되는 가운데 부족한 공급 인력은 약 26,600 여명으로 증가 할 것으로 예상
 - 안정적인 공급을 위해 온실재배 산업 내 규모화, 자동화의 필요성이 크게 대두

다. 스마트팜 온실 에너지 관리시스템 설계

(1) 에너지 계측 정보 저장 및 모니터링 구성 화면 설계

(가) 목적 및 개요

- 친환경과 에너지효율 제고를 목표로, 최근의 스마트팜에는 지열, 태양광 등의 각종 신재생에너지원의 활용이 적용되고 있지만 완전한 에너지 자립까지는 아직 현실적인 거리가 남아있음
- 일례로 지열에너지가 기존에 난방을 위해 에너지원으로 직접 투입되던 석유, 전기 등을 대체한다고 해도 지열에너지를 활용하기 위한 펌프가동, 시스템운영 등에는 여전히 전력이 투입되어야 함
- 따라서 스마트팜의 경제성을 높여가는 과정에는 신재생에너지의 비중, 효율을 높이기 위한 노력과 함께 전력사용비용을 낮추기 위한 고민이 병행될 수밖에 없음
- 그러나 이러한 노력과는 반대로 스마트팜의 전력사용비용을 둘러싼 상황은 낙관적이지 않으며, 이는 한국전력이 용도별 요금제 통폐합을 포함한 전력요금제 개편안을 발표했기 때문임
- 기존 용도별 요금제는 농업용 전기를 저렴한 요금으로 공급하는 혜택을 주고 있었기에, 용도별 요금제의 통폐합은 농업용 전력 사용비용의 상승으로 직결되는 상황임
- 따라서 이번 연구에서는 스마트팜 에너지관리의 초점을 경제성 제고, 구체적으로는 전력요금을 낮추는 것으로 보았음
- 에너지 계측대상의 선정과 데이터 수집/가공방식, 모니터링 화면의 구성에 있어서도 요금과 연동된 전력사용량의 감시와 관리 최적화에 중점을 두었음



[그림 2-359] 평택 테스트베드 스마트팜 구성요소

(2) 계측대상의 선정 및 시스템 구성

- 금번 연구가 수행된 현장인 평택 스마트팜 테스트 베드 온실에서 전력을 사용하여 운영되는 주요 장비로는 양액기, 전동창제어기, 지열냉난방기, 팬코일유니트가 있음
- 평택 스마트팜 에너지관리시스템(SF-EMS: Smart Farm - Energy Management System)은 이들 장비별 전력량을 취합하여 온실의 전체 전력소비량을 파악하고자 했으며, 이를 위해 각 장비시스템에 전력을 공급하는 분전반의 메인측에 전력량계를 설치하였음
- 장비별 전력량계에서 측정된 값은 Modbus-RTU(Remote Terminal Unit) 통신방식으로 통합제어기에서 취합되어 탑재된 알고리즘을 통해 에너지사용량 관리에 필요한 각종 지표들로 연산됨
- 이들 데이터는 다시 시스템 상단에 위치한 SF-EMS 서버로 전달되는데, SF-EMS 서버는 취합된 데이터들을 데이터베이스화하여 저장, 관리하는 한편 모니터링 화면을 통해 운영자에게 에너지 효율 관리를 위한 각종 정보들을 제공하게 됨



[그림 2-360] 평택 테스트베드 에너지 관리시스템 구성

(3) 에너지관리 모니터링 구성화면 설계

(가) 스마트팜 EMS(Energy Management System)의 설계방향 수립

- 농업용 요금제의 통폐합 이후 새로 개편될 전력요금체제가 확정되지 않았기에, 요금변화가 스마트팜의 경제성에 미치게 될 영향을 상세히 분석하는 것에는 무리가 있음
- 그러나 요금제 개편을 내세운 한전의 내부사정이나 스마트팜의 발전방향을 살펴보면 스마트팜 전력관리시스템이 지향해야 할 방향은 수립이 가능함
- 우선 한전이 요금제 개편을 내세우는 표면적인 요인은 석탄, 천연가스, 유류 등의 원자재 비용상승에 따른 수익성 악화임
- 농업용 요금제 등 기존의 혜택부과 요금제를 없애고자 하는 것도 이 때문이며, 기본 요금제에 전력 원자재 가격상승분을 연동하는 등 전반적인 요금 자체의 상승이 동반될 것으로 예상됨
- 다른 한편으로 한전의 고민은 냉/난방철 등 특정수요시간에 집중된 고질적인 전력부족 현상임
- 이에 따라 한전은 부하 수준에 따라 계절/시간대별 요금을 차등 적용하거나, 에너지저장 장치(ESS: Energy Storage System) 등의 에너지저장장치 활용을 독려하는 등 전력 주요사용처에 부하를 분산하도록 유도하고 있음
- 스마트팜이 전체적인 에너지 소모를 줄이고 효율화, 자립화를 추구하는 것은 사실이지만 아직 현실적인 장벽이 남은 상태에서 스마트팜의 유료 에너지원중 전기가 차지하는 비중은 점차 커지고 있음
- 또한 스마트팜이 연구, 시험적용 단계를 넘어 본격적으로 상업화 단계에 들어서면서 재배 집약화, 기술고도화에 따라 스마트팜이 사용하게 될 전력량은 오히려 산업 규모로 커지게 될 상황임
- 따라서 전력요금 상승, 전력사용량 증가가 예상되는 상황에서, 스마트팜의 전력관리는 ① 전체적인 전력사용량을 비용으로 가시화하여 목표관리, 절감 시도 ② 전력사용 부하를 분산하여 피크 수요대 패널티를 피하고, 부하관리 요금 혜택을 추구 이상의 큰 방향을 염두에 두고 구성되어야 할 필요가 있음

(나) 스마트팜 EMS의 메뉴 구성

- 위에서 정리한 평택 스마트팜 EMS의 설계방향을 고려했을 때, 해당 목적을 달성하기 위해 구현해야 할 기능은 크게 아래의 4가지로 정리할 수 있음
 - 스마트팜의 전체 에너지사용량을 계측하여 기간/장비 등의 분류에 따라 가시화하여 제공
 - 전력사용 부하가 편중되는 것을 막기 위한 피크전력 감시 및 경보
 - 외/내부 요인에 따른 에너지사용량의 증감을 비교분석하기 위한 변화추이 감시
 - 에너지사용량을 비용화하여 파악/관리하기 위한 예상요금분석
- 스마트팜 EMS는 네가지 주요 기능으로 하여 주메뉴 상의 분류로 나누어 구현하였음
 - 에너지 사용 현황 모니터링
 - 피크전력 관리
 - 에너지사용량 비교 분석
 - 예상 요금 조회
- 각 메뉴 구성이 포함하고 있는 주요기능은 아래와 같음



[그림 2-361] 스마트팜 EMS 주메뉴 구성 및 주요 기능 정리

(4) 스마트팜 EMS 메뉴 별 실제 화면구성 및 기능

□ 에너지 사용현황 모니터링

- 스마트팜의 에너지사용 효율 관리를 위해, 전체 에너지사용량을 계측하여 기간/장비 등의 분류에 따라 가시화하여 제공한다는 목표를 구현하기 위하여 ‘에너지 사용현황 모니터링’에 적용된 특징점은 다음과 같음
 - 대시보드 화면 구성
 - 관리자가 필요로 하는 에너지관리 핵심정보들(장비별 사용량/기간별 사용량)을 한 화면에서 일목 요연하게

- 파악할 수 있도록, 탭 별로 요약정보를 배치하여 제공함
- 목표사용량 관리 기능
- 장비별/기간별 목표사용량을 설정하고 목표대비 현재 사용률을 제공하는 한편, 목표 초과시, 경보를 전달함으로써 목표에 맞춘 에너지사용량 관리를 지원함



[그림 2-362] 에너지 사용현황 모니터링 화면구성 실제

○ 피크(Peak) 전력 관리

- 전력사용 부하가 편중되는 것을 막기 위한 피크 전력 감시 및 경보전달 수행을 위하여 '피크(Peak) 전력 관리'에 적용된 특징점은 다음과 같음
- 5분 피크(Peak) 전력 연산
- 전력량계로부터 수집된 장비별 전력량을 기초로 하여 한전에서 전력부하 집중 및 초과 여부를 판단하는 계약기준인 '15분 최대수요전력량'을 자동으로 산출/제공함
- 목표 피크 전력 관리 및 그래프 모니터링
- 목표 피크 (주로 한전 계약기준치)를 입력시, 자동으로 시간축 그래프 위에 기준을 맞추기 위한 목표사용량과 현재 사용량을 비교표시함으로써 피크 초과가 발생하는 양상을 가시적으로 파악할 수 있도록 함
- 4시간 피크 전력 모니터링
- 하루중의 피크 전력 변화 양상을 15분 단위의 표형태로 기록함으로써 피크 초과 시점, 횟수, 하루중 최고 피크, 평균 피크 등의 통계를 일목요연하게 파악할 수 있도록 함



[그림 2-363] 피크전력 관리 화면구성 실제

○ 에너지 사용량 비교분석

- 외/내부 요인에 따른 에너지사용량의 증감을 비교분석하고 변화 추이를 감지하기 위해 '에너지 사용량 비교 분석'에 적용된 특징점은 다음과 같음
- 전일/전주 대비 사용량 추이 분석
- 전체 혹은 장비별 전력사용량의 추이를 전일/전주와 대비하여 보여줌으로써 계절변화 등의 외부요인, 목표 사용량 변경 등의 내부요인 등에 따른 전력사용량 변화를 표와 그래프 형태로 손쉽게 파악할 수 있도록 함



[그림 2-364] 에너지 사용량 비교분석 화면구성 실제

(2) 에너지원 별 에너지 사용량 분석처리 알고리즘 설계

(가) 피크(Peak) 전력 15분 관리의 의의와 목표

- 한전에서 책정한 방식에 따르면 피크 전력의 산출은 15분 (900/sec)을 기준으로 하여 0초로부터 전력을 누적하다가 900초에 이르는 시점까지 누적되는 전력의 합을 계산하고, 이를 1/4로 나눔(15분 측정값을

1시간 기준으로 환산)으로써 이루어짐

- 이렇게 15분 단위로 최대전력 피크를 반복적으로 계산하고 월 또는 여름철(3개월)중 최대가 되는 값을 최대 피크로 규정하여 전력요금을 책정하는 방식임
- 이 15분 단위로 측정되는 피크값의 최대치를 관리하는 것은 전력요금 관리에서 매우 중요함
- 한전은 피크제 산정 기간인 여름철(7~9월), 겨울철(12~2월)과 검침 당월분의 최대 수요전력 중 가장 큰 최대수요전력을 요금적용 전력으로 해 기본요금을 산정하는데, 피크제 산정 기간 중 단 하루라도 최대 수요전력(피크)이 나오면 1년간 매월 최대 수요전력이 급격히 감소해도 고정적으로 가장 높은 기본요금(피크 기간)이 부과되기 때문임
- 따라서 피크와 연동된 전력요금을 관리함에 있어 최대수요전력이 계약치를 넘어버리는 것은 그 자체로 낭패가 됨
- 이를 방지하기 위해서는 예측수요와의 비교를 통한 실시간 피크 관리와 경보시스템이 필요함

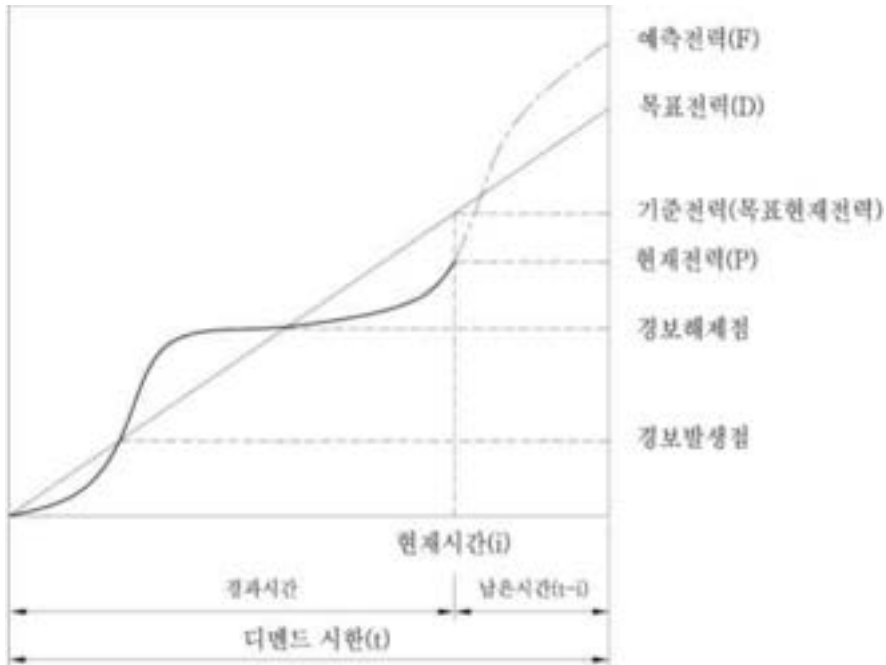
(나) 스마트팜 15분 최대 수요전력 관리시스템 알고리즘

- 아래는 스마트팜 EMS가 구현하고 있는 예측수요와의 비교를 통한 실시간 피크 관리와 경보시스템의 알고리즘을 도식화한 것이임
- 이 알고리즘이 피크 관리상의 경보지점을 파악하고 전달하는 과정은 크게 아래의 3단계 절차로 나누어 요약할 수 있음
 - 전력량을 기반으로 15분 최대전력 피크를 연산하고,
 - 목표 피크(기존계약전력)를 기준으로 예측수요전력을 연산하여
 - 둘을 지속적으로 비교하여 실시간전력량이 예측전력량을 넘어서는 순간 경보를 전달하여, 피크 관리를 위한 조치를 실행한다.
- 이상의 3개 절차는 실시간으로 15분 간격의 반복을 거듭하여 이루어진다.

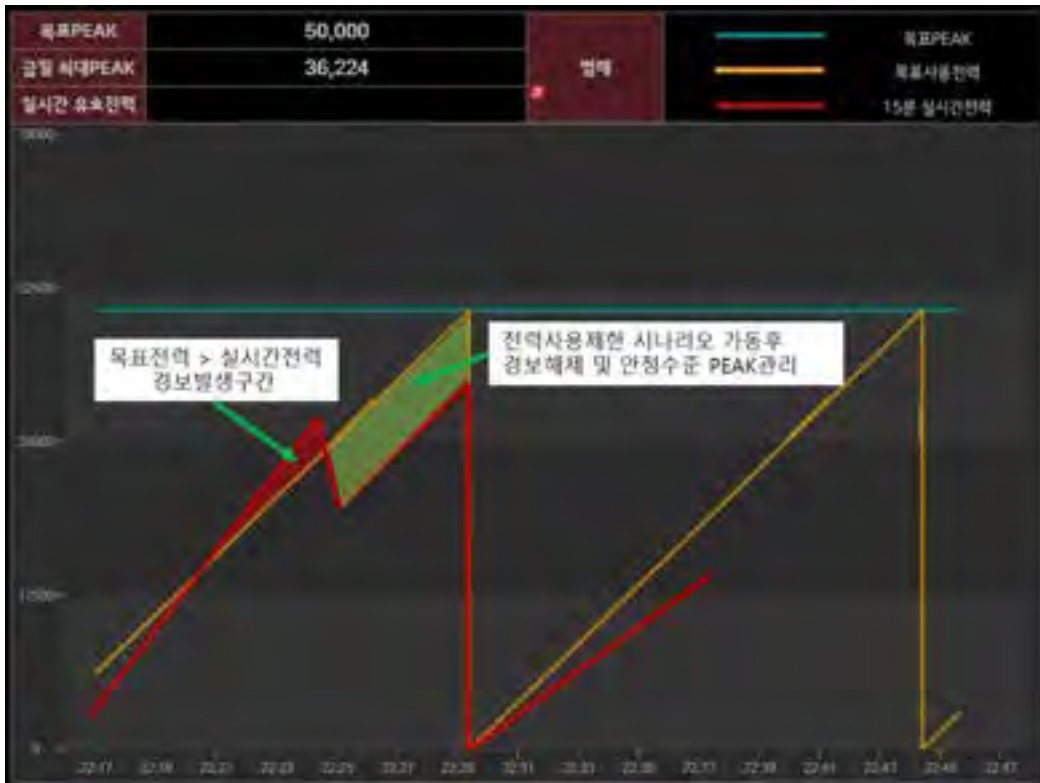


[그림 2-365] 스마트팜 15분 최대수요전력 관리시스템 알고리즘도

- 위에서 설명한 3개의 과정을 시간축 위에 요약한 그래프와 스마트팜 EMS 상에 실제로 구현한 화면은 아래의 두 그림과 같음



[그림 2-366] 스마트팜 최대수요전력 알고리즘에 따른 경보 발생 시간축 그래프



[그림 2-367] 스마트팜 EMS에 구현된 피크 초과 경보 관리화면 실제

- 이와 같은 프로그램 로직 기반의 스마트 최대수요전력 관리 시스템을 통하여, 현장의 사용전력량이 수집되고 있는 상황에서 운영자는 목표 피크(계약전력) 설정이라는 간단한 과정만으로 피크 초과에 따른

요금상승과 같은 상황을 실시간으로 관리하며 위험상황을 예측하고, 경보를 통한 실시간 조치를 취하는 등의 능동적인 요금 관리를 실행할 수 있음

- 별도의 전력관리용 장치나 회로 없이, 알고리즘만으로 통합 EMS 시스템과 연동된 피크 관리가 이루어질 수 있다는 점에서, 스마트팜 EMS의 최대수요관리 시스템은 전력요금 상승, 전력사용부하 분산요구, 기업화에 따른 스마트팜 내 전력사용량 증가에 대한 효율적인 대응책으로 기능할 수 있을 것임

라. 평택 스마트팜 테스트 베드 에너지 관리 효율 분석

(1) 에너지 사용량 대비 생산량 추이 분석

(가) 평택 스마트팜 테스트 베드 평균전력사용량 추이 분석

- 앞서 스마트팜 EMS의 설계 방법론을 정리하면서 평택 스마트팜 테스트베드 EMS의 에너지 관리 방향을 피크 수요관리를 통한 전력비용 절감과 이에 따른 스마트팜 경제성 제고로 요약한 바 있음
- 피크 수요관리란 결국 15분 단위로 관리되는 평균 전력사용량이 한전과의 계약 기준치를 초과할 경우 기준요금상승, 초과분에 대한 할증이 발생하기에 이를 억제하고자 하는 에너지 관리법임
- 이를 좀 더 구체적으로 푼다면 15분 평균 전력사용량이 치솟는 지점과 원인을 예측하고, 피크 초과가 예상될 경우 전력사용량을 억제하여 기준치 밑으로 관리하는 것이라 할 수 있음
- 따라서 스마트팜 현장에 유용한 에너지관리 알고리즘을 짜기 위해서는 아래의 항목 등을 포함한 스마트팜의 운영구조 및 에너지사용 추이를 정확히 분석해야 함
 - 어느 시점 혹은 어떤 상황에서, 어느 장비들로 인해 사용량 초과가 발생하는지
 - 초과우려시 어떤 장비의 전력량 억제하는 것이 운영상의 악영향을 적게 미칠지 평택 스마트팜 테스트베드의 에너지사용량 추이 분석은 전체 연구기간 중 8월과 11월의 사용량을 주 표본으로 이루어졌음
- 스마트팜 에너지사용에 있어 냉/난방용도의 사용비중이 크며, 이에 따라 기온변화가 심한 시간대에 피크초과의 우려와 함께 관리의 필요성이 높아질 것이라 예상했기 때문임
- 실제 데이터 분석 결과는 예상과 대체로 일치했으며, 여름, 겨울철 냉/난방 부하가 높아지는 시간에 전력사용량이 집중적으로 높아지는 양상을 보인 것임

시간	전력사용량 (kWh)
1시	45
2시	47
3시	43
4시	48
5시	41
6시	55
7시	98
8시	130
9시	147
10시	187
11시	201
12시	230
13시	255
14시	243
15시	259
16시	226
17시	205
18시	178
19시	155
20시	140
21시	115
22시	85
23시	67
24시	58



[그림 2-368] 평택 스마트팜 테스트베드 '21년 8월 시간대별 평균전력사용량 추이

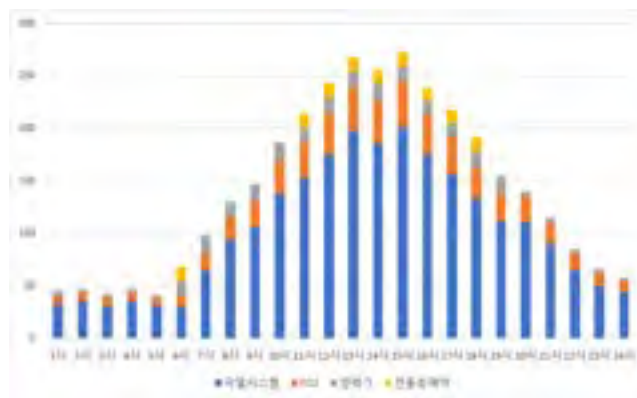
시간	전력사용량 (kWh)
1시	123
2시	95
3시	113
4시	153
5시	160
6시	126
7시	190
8시	251
9시	130
10시	186
11시	85
12시	67
13시	45
14시	47
15시	43
16시	48
17시	58
18시	53
19시	90
20시	101
21시	115
22시	168
23시	182
24시	182



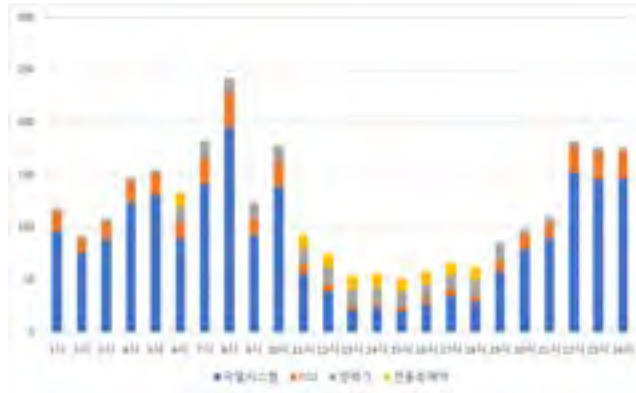
[그림 2-369] 평택 스마트팜 테스트베드 '21년 11월 시간대별 평균전력사용량 추이

(나) 장비별 운전특성에 따른 에너지사용추이 분석과 피크억제 알고리즘

- 피크 초과 위험성이 높은 기간이 냉/난방 부하가 커지는 시간대라는 예상이 맞았다면 다음으로는 피크 억제를 위한 제어대상과 방법을 고민하기 위해 각 시간대 마다의 구체적인 용도별 전력사용 비중을 파악할 필요가 있음
- 이 같은 분석의 결과, 지열시스템, FCU, 양액기, 전동창제어기라는 스마트팜의 네가지 주요 설비의 에너지사용추이와 관련 아래와 같은 패턴이 도출되었음
 - 지열시스템과 FCU의 전력사용량은 기온 변화에 따른 냉/난방 부하의 증감 추이를 대체로 따라감 (겨울의 경우 새벽, 여름의 경우 정오경에 사용량이 급격히 늘어난다.)
 - 양액기의 전력사용량은 주간 시간대에 균일하게 발생함
 - 전동창제어의 전력사용량은 아침과 낮 시간에 규칙적으로 발생함



[그림 2-370] 평택 스마트팜 테스트베드 '21년 8월 시간대별/장비별 평균전력사용량 추이



[그림 2-371] 평택 스마트팜 테스트베드 '21년 11월 시간대별/장비별 평균전력사용량 추이

- 위의 분석결과는 지열시스템과 FCU의 경우 외부의 온도 변화에 맞춰 설정 온도를 유지하려는 비례제어 방식을 택하고, 양액기와 전동장치제어기의 경우 사전에 파악된 규칙(재배 식물에 따른 적정 양액공급주기, 일사량 변화가 많은 시간에 맞춘 전동장치제어주기)에 따른 예약 시간 제어 방식을 택함에 따라 나타난 것으로 보임
- 결국 지열시스템과 FCU는 외부 온도와 설정 온도 사이의 편차에 따라 전력 소모량이 변동하고, 양액기와 전동장치 제어기의 경우 사전에 설정된 예약 시간에 맞춰 전력소모량이 변동됨
- 따라서 피크부 하를 억제하기 위하여 전력소모량을 억제하고자 할 때 지열시스템과 FCU에는 설정온도를 변경하는 조치가, 양액기와 전동장치제어기에는 예약 시간 동작에 지연을 주는 조치가 필요함
- 다만 온실 내 설정 온도의 변화가 재배 환경에 직접적 영향을 미치는 것에 비하여 양액기와 전동장치제어기의 동작시간 조정은 재배환경에 미치는 영향이 상대적으로 적을 것으로 예상됨
- 위에서 분석한 스마트팜의 기간별 전력량 사용추이, 장비별 운영 특성, 영향관계를 종합적으로 고려하면 피크 초과가 우려되는 상황에서 이를 억제하기 위한 EMS 운영알고리즘은 아래와 같이 정리할 수 있음
 - 피크초과의 우려시, 예정되어 있던 전동장치제어와 양액 공급의 타이밍을 15분 주기 내에서 미룸
 - 위의 조치에도 1시간 단위로 피크 부하가 지속되어 전동장치, 양액제어를 더 이상 미룰 수 없을 시에는 지열시스템과 FCU의 설정온도를 조정함

(2) 에너지원 별 일별, 월별 분석

(가) 피크타임 전기요금제의 이해

- 한전의 '피크타임 전기요금제'란 피크제 산정 기간인 여름철(7~9월), 겨울철(12~2월)과 검침 당월분의 최대 수요 전력 중 가장 큰 최대수요전력을 기준으로 다음해 1년간 적용되는 기본요금을 산정하는 방식임
- 스마트팜처럼 냉/난방의 에너지사용 비중이 높은 시설은 특정 시기, 특정 시간대에 피크전력이 높아지게 되는데, 이 중 가장 높은 시점을 기준으로 1년의 기본요금을 산정하게 되면 요금 산정에 큰 불이익을 받을 수밖에 없음
- 물론 현재는 스마트팜이 종별 요금제 중 농업용 요금제의 적용을 받아 요금제혜택을 받는 상황이고, 계약전력 20kW 미만인 시설은 피크타임 요금제의 적용을 받지 않기에 피크전력 요금제가 스마트팜의 당면문제인 것은 아님
- 그러나 앞서 밝혔듯 한전이 종별 요금제 폐지를 필두로 한 요금개편계획을 밝힌 바 있고, 스마트팜의 규모 또한 기존의 중,소형을 벗어나 이미 평균 재배면적 1,826평을 넘어 기업형, 산업형으로 발전하고 있는 상황하기에 스마트팜이 피크전력 요금제의 대상에 포함되는 것은 필연적인 과정이라 할 수 있음

- 스마트팜이 피크전력 요금제의 대상에 포함될 경우 받게될 요금산정상의 불이익은, 평택테스트 베드에서 수행한 전력 사용추이를 통해서도 확인해볼 수 있음
- 아래의 표는 3장에서 분석한 평택 스마트팜 테스트베드의 8월 시간대별 평균전력사용량을 기준으로 피크 전력요금제 관련 지표들을 적용해 본 예임

[표 2-255] 평택 스마트팜 테스트베드 피크전력요금 지표 계산('21.8)

구분	측정내용	산출식	산출값
㉑	8월 한달 중 사용전력량 (테스트베드 300명 기준)	테스트베드 8월 시간대별 평균 전력사용량의 총합	3258 kWh
㉒	8월 한달 중 사용전력량 (스마트팜 평균재배면적 1800평 기준)	㉑ × 6	19548 kWh
㉓	평균사용량에 따른 계약전력량	㉒ / (15시간 × 30일)	44 kW
㉔	피크전력 요금제에 따른 계약전력량	테스트베드 8월 시간대별 평균 전력사용량 중 최대치	259 kW
㉕	평균사용량 계약기준 월 전력기본요금	38 × 7,220(기본요금)	274360 원
㉖	피크전력 계약기준 월 전력기본요금	251 × 7,220(기본요금)	1812220 원

- ㉓에서 전국 평균재배면적 1,800평을 기준으로 스마트팜의 평균전력 사용량은 44kW, 계약전력 20kW 이상으로 피크전력 요금제의 대상에 포함이 됨을 다시 확인할 수 있음
- 평균기준으로 계약 전력을 산정한 ㉓과 피크전력요금제 기준으로 계약전력을 산정한 ㉔의 산출값 차이가 210kW에 달한다는 점은 스마트팜이 피크전력 적용시 받게될 요금부담과 피크제어의 필요성을 짐작하게 해줌
- ㉕와 ㉖에서 실제 요금 기준으로 환산했을 때 두 요금제 사이의 차이는 150만원 가량이 되며, 이를 단순히 곱하여 1년 요금으로 환산할 경우 차이는 1,800만원에 이르게 됨
- 8월이 전력사용량이 많은 시기임을 감안했을 때 전력사용이 적은 달과의 차이를 고려하면 피크전력 적용에 따른 비용부담 차이는 더욱 커질 것임

(나) 피크제어 알고리즘 적용운영에 따른 비용절감 효과

- 피크 제어를 위해 평택 스마트팜 EMS 운영에 반영하기로 한 알고리즘의 실제 피크억제 효과를 파악하기위하여, 8월 중의 기상조건이 비슷한 3일을 뽑아 아래와 같이 조건을 달리하며 시간대별 피크 전력량을 수집·비교하였음
 - 피크제어 알고리즘 미적용
 - 냉방부하가 커지는 낮시간(13-16)을 피하여 양액분배 스케줄과 투여량을 조절하고 해당시간의 전동창 제어를 사용하지 않음.
 - ③ ②번의 조치에 더하여 지열시스템과 FCU의 설정온도를 1도씩 높임.

[표 2-256] ①의 실험조건에 따른 시간대별 피크량 <표 > ②의 실험조건에 따른 시간대별 피크량

시간	전력사용량				
	지열시스템	FCU	양액기	전동장치	합계
1시	28	5	5	0	38
2시	22	4	3	0	29
3시	17	3	5	0	25
4시	25	5	4	0	34
5시	31	6	3	0	40
6시	19	4	15	11	49
7시	52	9	16	0	77
8시	85	15	14	0	114
9시	99	17	16	0	132
10시	133	23	11	0	167
11시	152	26	10	13	201
12시	161	27	9	12	209
13시	191	32	11	10	244
14시	172	29	14	11	226
15시	188	32	15	11	246
16시	174	29	15	10	228
17시	155	26	14	13	208
18시	130	22	15	11	178
19시	99	17	17	0	133
20시	102	17	5	0	124
21시	78	13	5	0	96
22시	56	10	4	0	70
23시	35	6	5	0	46
24시	39	10	4	0	53

시간	전력사용량				
	지열시스템	FCU	양액기	전동장치	합계
1시	21	4	5	0	30
2시	11	2	3	0	16
3시	17	3	5	0	25
4시	19	4	4	0	27
5시	20	4	3	0	27
6시	9	2	15	11	37
7시	39	7	22	0	68
8시	83	14	25	0	122
9시	93	16	28	0	137
10시	124	21	20	0	165
11시	141	24	21	0	186
12시	150	25	22	0	197
13시	177	30	4	0	211
14시	160	28	2	0	190
15시	184	31	3	0	218
16시	170	29	3	0	202
17시	145	25	14	13	197
18시	129	22	15	11	177
19시	85	15	17	0	117
20시	87	15	5	0	107
21시	73	13	5	0	91
22시	43	8	4	0	55
23시	20	4	5	0	29
24시	25	10	4	0	39

[표 2-257] ③의 실험조건에 따른 시간대별 피크량

시간	전력사용량				
	지열시스템	FCU	양액기	전동장치	합계
1시	19	4	5	0	28
2시	16	3	3	0	22
3시	11	2	5	0	18
4시	9	2	4	0	15
5시	22	4	3	0	29
6시	12	2	15	11	40
7시	42	7	22	0	71
8시	80	14	25	0	119
9시	87	15	28	0	130
10시	95	16	20	0	131
11시	126	21	21	0	168
12시	130	22	22	0	174
13시	161	27	4	0	192
14시	138	23	2	0	163
15시	162	27	3	0	192
16시	143	24	3	0	170
17시	118	20	14	13	165
18시	90	15	15	11	131
19시	74	13	17	0	104
20시	78	13	5	0	96
21시	63	11	5	0	79
22시	38	7	4	0	49
23시	24	4	5	0	33
24시	33	10	4	0	47

[표 2-258] 실험조건별 피크전력요금 기준 전력요금산출량

구분	최대피크치	총 사용전력량	기본요금	전력량요금	요금합계
㉠	245 kW	2,967 kWh	1,763,820 원	343,875 원	2,107,695 원
㉡	218 kW	2,680 kWh	1,563,060 원	310,612 원	1,873,672 원
㉢	192 kW	2,366 kWh	1,376,640 원	274,219 원	1,650,859 원

○ 실험결과, 피크 제어 알고리즘 설계시 예상했던 바와 같이 ②와 ③ 각각의 피크억제 시나리오는 최대피크치와 총사용전력량의 동시적 절감을 가져왔으며 두 가지 시나리오가 동시에 적용될 경우

절감효과가 중첩되어 더 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었음

- 이를 비용으로 환산할 경우, ②의 양액-전동차를 통한 단독 피크제어 기준 월 23만원 ③의 지열-FCU를 통한 병행 피크제어 기준 월 45만원의 전력요금 절감효과가 예상되었음
- 연비용으로는 각각 276만원, 540만원에 해당하는 절감효과가 기대되며 위의 실험 및 산출은 300평 테스트 베드 기준으로 이루어진 것이기에 실제 스마트팜 현장, 특히 중대규모 이상의 재배현장에서는 더욱 큰 절감효과를 기대할 수 있을 것으로 예상되었음

(다) 결론

- 본 연구에서는 스마트팜의 발전추세를 화석에너지사용 탈피, 전력으로의 에너지사용 비중 이동, 중대규모 산업화로 바라보는 한편 이에 따른 에너지관리상의 난관으로 한전의 요금제 개편에 따른 전력요금 상승을 예상해보았음
- 이러한 예측을 기반으로 스마트팜의 에너지관리를 위한 EMS 시스템의 초점을 전력 비용절감을 통한 스마트팜의 전반적인 산업경제성 제고로 맞추어 설계하였으며 관리의 방법론에 있어서는 피크관리 알고리즘을 통한 전력요금 관리를 선택하였음
- 실험 및 적용은 5~11월에 거쳐 평택 스마트팜 테스트베드에서 이루어졌으며, 이 기간 중 전력피크가 가장 클 것으로 예상되는 8월(하절기), 11월(동절기)를 중심으로 데이터를 수집하였음
- 데이터 분석 결과, 현재 스마트팜의 운영특성상 별도의 피크관리 없이 피크전력 요금제 적용시 1,800평의 평균규모 재배현장 기준으로도 연간 1,800만원 이상의 추가전력요금이 발생하게 될 것으로 예상되었음
- 스마트EMS 피크제어 알고리즘의 실제 비용절감효과 분석은 8월 중의 유사기상일 3일을 대상으로 피크제어 알고리즘 적용에 따른 피크치, 전력사용량의 변화와 요금차이를 비교해 보았으며, 300평 테스트베드 규모 기준으로도 연간 500만원에 가까운 전력비용절감효과를 가져오는 것으로 분석되었음
- 이번 연구에서는 피크제어의 필요성을 조명하고 이를 기존 스마트팜 환경에서 구현하는데 초점을 두었지만, 향후 피크제어 필요성이 더 주목될 경우 ESS, 축열조 등 설계단계에서 부터 피크제어 및 분산을 염두에 둔 스마트팜과 그에 맞는 EMS 시스템이 연구가 필요할 것으로 보인다. 또한 스마트팜의 전력사용억제는 재배환경변화와 생산량변화로 이어질 수 있기에, 피크제어관리에 따른 실제 재배환경의 변화와 이에 따른 생산량변화 또한 엄밀히 분석해볼 필요가 있음

3.10.3. 수출 대상국 K-Plant 시범사업 추진

- 한국형 스마트팜 시범사업추진을 위하여 “스리랑카 스마트팜 K-Plant 시범사업”을 계획함

가. 스리랑카 농업 중장기 전략 및 정책 조사

(1) 스리랑카 농업 중장기 전략 조사

- 농업이 경제에서 차지하는 비중이 2010년 11.9%에서 2019년 7%로 감소했지만 여전히 총 노동인구의 25.3%가 농업에 종사하고 있는 현황이다. 2010~2019년 농업 수출액(차, 향신료, 채소 포함)은 연간 약 20~30억 달러 사이로 전체 수출액의 약 23.5%를 차지함
- 스리랑카는 해외원조를 받기 위해 국제기구와 협력하여 2002년과 2004년, 2006년에 각각 빈곤감소 전략 계획(Poverty Reduction Strategy Paper)을 세웠음
- 1차, 2차 전략은 기간이 짧게 선정되어 농업 발전에 별다른 역할을 하지 못했으며 제3차 빈곤감소 전략계획인 2006-2016 10개년 국가개발계획(National Policies Mahinda Chintana-Vision for a New

Sri Lanka: The Ten Year Horizon Development Framework 2006-2016)을 진행하였음

- 국가 전반의 고른 성장을 위해 수입이 낮은 농촌의 수입 증가와 식량안보 확보에 중점을 두고 있다. 농가 소득 증대를 위해 농가의 직접적인 시장 접근성을 향상 시키고 소규모 영세농 위주의 농업을 상업적으로 전환하며 중장기적 농업 생산량을 확대하는 목표를 가지고 있음
- 2015년 시리세나 대통령이 취임 후 스리랑카 정부는 농업을 국가개발 우선순위에 두고 증가하는 농업 수요에 대응하며 수출경쟁력을 확보하려 노력하고 있다. 이를 위해 농산물의 시장성 확보를 중점에 두고 전통적인 농업방식을 보전 하면서도 해외 시장의 기준에 맞는 농업 기술과 지식을 확보하기 위한 농가 교육을 실시하고 있다. 현 정부는 5개년 국가농업정책을 개발 중으로 전자농업(e-agriculture)과 농산물 시장개발, 비료 규제 등 다각적인 접근을 통해 장기적인 농업 발전의 기틀을 마련한다는 방침임

(2) 스리랑카 친환경 농업 정책 조사

□ 농업정책 관할부서

- 스리랑카 농업 전반과 식량안보 정책은 스리랑카 농업부(Ministry of Agriculture)에서 다루고 있다. 산하에 국가식량진흥위원회, 농업수출부, 농업연구정책위원회 등 다양한 기관이 있으며 스리랑카수출개발위원회에서 농산물 수출과 관련된 정책을 다루고 있음
- 농작물 생산 목표치를 관리하기 위해 농업 통계의 중요성이 커지고 있는데, 이와 관련된 통계는 국가 통계청(Department of Census and Statistics, DCS)에서 수집하고 있음
- 그 외에도 주요 작물의 생산과 판매촉진을 위해 코코넛개발청 (Coconut Development Authority), 코코넛 경작위원회 (Coconut Cultivation Board), 코코넛 연구소 (Coconut Research Institute), 차 연구소(Tea Research Institute) 등 다양한 정부 기관이 설립되어 정책연구와 기술 개발을 하고 있음
- 농산물과 식품의 소비자 보호는 소비자 보호원에서 스리랑카 표준위원회 (Sri Lanka Standards Institution, SLSI)가 농산물과 식품에 대한 표준을 담당하고 있으며, 스리랑카 적합성평가 인가위원회 (Sri Lanka Accreditation Board for Conformity Assessment) 에서 개인과 업체에 대한 적합성 평가 업무를 수행함

□ 친환경 농업정책 현황

- 2012년 스리랑카의 농업부와 환경부는 농업의 청정생산을 위한 국가전략(National policy and strategy on cleaner production for agriculture sector)을 공동으로 설립하였음
- 지속 가능한 개발을 달성하기 위해 생태학적이고 경제적으로 실현 가능한 농업시스템을 구축, 식량안보를 확보하는 것을 목적으로 한다. 친환경 농업 확산을 통해 식량 확보는 물론 농가의 소득을 확대하고 자원을 효율적으로 이용하며 공급망과 가치사슬 관리에서 청정생산 확대 방안을 담고 있음
- 농업뿐만 아니라 수자원 관리, 폐기물 관리, 농약사용, 환경오염 등의 내용도 함께 다루고 있음
- 국가 전자농업 정책전략(National e-Agriculture Strategy)을 필두로 스리랑카 정부는 농업에 정보통신 기술을 접목하기 위해 노력해왔다. 2015년부터 FAO와 국제전기통신연합(ITU)과의 협력을 통해 전자농업전략을 개발해오고 있는데 현재까지 전자농업 전략 가이드는 요약본만 발표된 상태이며 방법론과 실행전략을 포함한 국가전략은 아직 개발 중임
- 현재 스리랑카는 최첨단 기술을 매우 제한적으로 도입하고 있다. 온실농업과 수경재배에 대한 수요가 증가하고 있지만 현재 가장 널리 쓰이는 방법은 점적 관개(drip irrigation) 시스템이다. 대부분 중소규모 농업인들은 외국 자금을 지원받아 점적 관개 시스템으로 설치해 물의 사용을 줄이고 환경을 보호하는 방식으로

- 농지를 운영한다. 현재 건조한 지역에도 이 시스템이 다수 설치되어 있어 물 부족을 해결할 수 있음
- 스리랑카의 대표 농작물인 차, 쌀(벼) 재배에 있어서도 토질개선, 농지 및 재고관리 등 분야에 스마트팜 기술이 절실한 상황이다. 새 정부는 민생경제 활성화를 중점으로 농업에서 미래를 찾고자 함
- 따라서 농업 산업의 발전과 식량 안보 확보를 위해서는 농업 기술의 현대화 및 디지털로의 전환에 대한 필요성을 인식하고 있다. 현재 낮은 생산성, 제품 품질의 저하로 국제 기준에 미달하고 있는 상황이며, 계속해서 변화하고 있는 기후와 기술의 흐름을 직시하여 시장에 적용할 필요성이 있다고 판단함
- 새 정책을 실행할 수 있는 새로운 기관 및 제도를 편성하여 농업 기업들이 비즈니스를 활발하게 추진할 수 있도록 제도적인 보장, 근대화 작업에 대한 농업인들의 참여를 독려하는 대책 마련을 고심하고 있음

(3) 스리랑카 농산물 수급현황 및 유통체계 조사

(가) 스리랑카 농산물 수급현황 조사

- 스리랑카는 자국 농업 보호를 위해 일부 농산물의 수입을 규제하고 있다. 감자, 마른고추 등과 같은 농산품은 식품수입상만 수입이 가능하다. 2003년 WTO에 수입쿼터를 부과하지 않는다고 신고한 바 있으나, 파키스탄과 FTA 체결 후 2014년 5월부터 비스마티 쌀과 감자에 한해 쿼터를 적용 중임
- 또한 쌀, 캐슈넛 등의 품목은 국내 생산업체를 보호하기 위해 수입허가제도를 실시하고 있으며 차 수입에는 수입 라이선스가 필요하다. 자국 농산물을 보호하기 위해 쌀, 감자, 양파 등에는 높은 관세를 부과하고 있음
- 농산품 관세정책은 정부의 물가안정을 통한 소비자보호와 가격 보호를 통한 생산자 보호라는 상충된 목표에 따라 시시때때로 변해왔다. 이러한 국내산업 보호정책으로 인해 스리랑카의 농산물, 식품 수입액은 큰 변화 없이 유지되고 있다. 스리랑카 연도별 미가공 농산물 수입 비중은 10% 초중반으로 자국의 작황 상황에 따라 매년 차이가 나며 식품의 경우 1%대를 유지하고 있다. 쌀의 경우 매해 경작량에 따라 수입량에 차이가 나고 유제품의 경우 가격 상승으로 인해 수입액이 크게 증가하였으나 수입량은 큰 변동이 없는 상태임

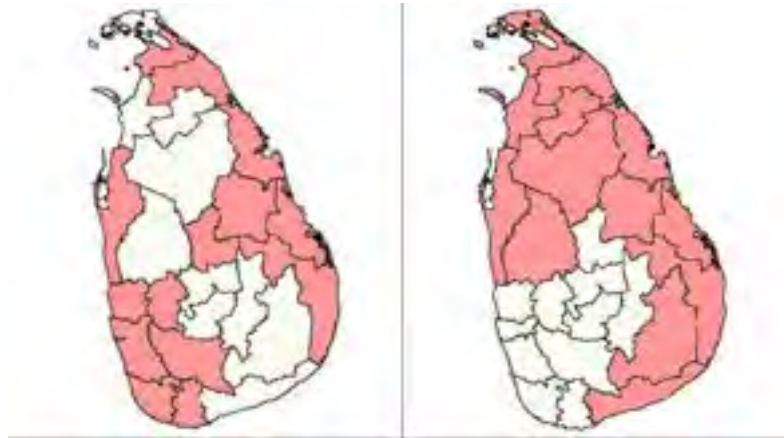
(나) 스리랑카 농산물 유통체계 조사

- 국내의 농산물 유통망이 제대로 갖추어져 있지 않으며 저장기술이 발달하지 않아 당분간은 해외시장을 겨냥한 수출작물과 국내 식량자급을 위한 곡물 위주의 농업이 지속될 것으로 보인다. 다만 정부가 도로와 교량 건설 등 인프라 확충을 위한 투자를 확대함에 따라 농업의 상업화가 인프라 확대와 함께 진행될 것으로 보임

(4) 스리랑카 스마트팜 수출단지 대상지 현황 조사

(가) 스마트팜 수출단지 대상지 기상/토양 현황 조사

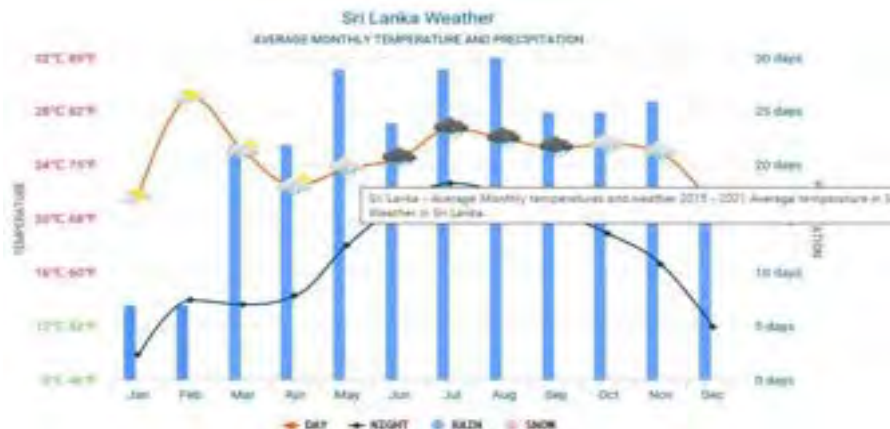
- 연평균 기온이 26~30°C인 열대도서 국가로 고온다습한 열대 몬순기후를 지니고 있다. 대부분 지역의 습도가 매우 높으나 기온이 온화하며 지역에 따른 연간 기온의 변화도 작은편이다. 5~9월에는 남서 몬순이 불고, 11~3월에는 북동 몬순이 부는데, 전자는 남서부에 다량의 비를 내리게 하여 농작물의 성장을 도움
- 강수량은 몬순 시기에 집중되어 있으며 지역에 따라 강우량과 시기가 큰 차이가 나며, 수도 콜롬보의 기온은 24~31°C이며 연강 강수량은 2,365mm (93 inch)이며 기온이 가장 낮은 12~1월의 평균기온은 25.5°C, 기온이 가장 높은 4~5월의 평균 기온은 29°C로 연중 고른 기온분포를 보임
- 동북해안은 비교적 건조하여 연강수량이 약 600~1,800mm, 남서부지방은 약 2,000~4,000mm이나, 중부지방은 습윤지대로 약 5,000mm 이상의 강수량을 보임



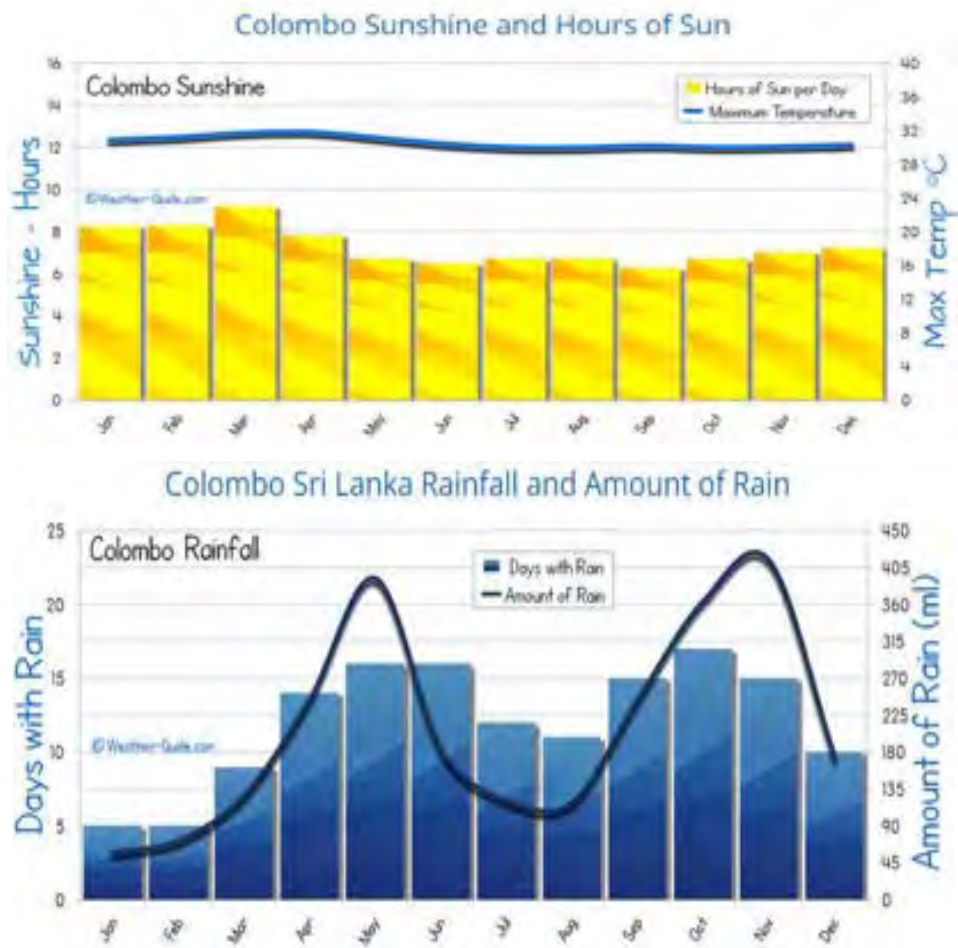
[그림 2-372] 스리랑카의 자연재해 취약지역

출처 : Sri Lanka Diaster Knowledge Network

- 몬순의 영향으로 인해 홍수와 가뭄 등 자연재해가 자주 발생하여 국토의 대부분이 홍수와 가뭄에 매우 취약한 편이며, 남서 계절풍으로 인해 남서부 평야와 산악지대에 많은 비가 내려 전화불통, 도로침수, 농작물 피해등이 자주 발생한다. 홍수로 인해 중앙 산악지대와 남서부 지역의 산사태가 발생하기도 한다. 총 강수량은 많으나 지역별, 계절별 편차로 인해 북부와 남동지역은 가뭄 문제를 안고 있음



- 국토는 중남부 산악지대 (Hill Country)를 중심으로 남부와 서부는 급경사, 동부와 북부는 대체로 완만한 평지로 구성되어 있다. 평야지대는 주로 해안을 따라 전개되면, 북부지역에 광활한 평야가 있음
- 전 국토의 32%가 산림지대이며 경작 가능한 토지는 19%, 초원은 7%를 차지한다. 산지의 배후인 북동부는 강수량이 적은 건조지대로 불모지가 많으며, 전 인구의 70%는 국토의 1/4인 남서부의 습윤지대에 밀집해 있다. 건조지대에서는 관개수로 및 하천을 중심으로 수도작 및 전답농업이 발달하였으며, 습윤지대는 전통적인 작물인 홍차, 고무, 코코넛의 주산지임
- 상기에 근거 스마트팜의 적합한 지역으로는 동부와 북부를 우선으로 추천하는 바임.



나. 스마트팜 수출단지 대상지 여건 조사

(1) 시장현황

- 농업이 경제에서 차지하는 비중이 2010년 11.9%에서 2019년 7%로 감소했지만 여전히 총 노동인구의 25.3%가 농업에 종사하고 있음
- 2010~2019년 농업 수출액(차, 향신료, 채소 포함)은 연간 약 20~30억 달러 사이로 전체 수출액의 약 23.5% 차지하고 있으며, 농업에 포함된 주 수입품목은 소비재(식품, 음료, 쌀, 설탕, 제과, 유제품, 렌즈콩 등), 중간재(밀, 옥수수, 비료 등), 투자재(기계·장비)로 분류되는데 2010~2019년 수입액은 약 29~50억 달러로(연평균 약 40억 달러), 이 중에서도 소비재 부분 수입이 19.8%로 가장 높음

(2) 정부정책

- 새 정부는 민생경제 활성화를 중요하게 생각 → 농업에서 미래를 찾고자 하며, 농업 산업의 발전과 식량 안보 확보를 위해서는 농업 기술의 현대화 및 디지털로의 전환 필요성을 인식, 현재의 낮은 생산성, 제품 품질 저하로 국제 기준 미달에 직면함
- 계속 변화하고 있는 기후와 기술의 흐름을 직시해 시장에 적용 필요하고, 새 정책을 실행할 수 있는 새로운 기관·제도 편성, 농업기업들이 비즈니스를 활발하게 추진할 수 있도록 제도적 보장, 근대화 작업에 대한 농업인들의 참여를 독려하는 대책 마련 고심

(3) 현재 농업방식

- 스리랑카는 최첨단 기술을 매우 제한적으로 도입하여 온실농업과 수경재배에 대한 수요가 증가하고 있지만 현재 가장 널리 쓰이는 방법은 점적 관개 (drip irrigation) 시스템이다. 대부분 중·소규모 농업인들은 외국 자본을 지원받아 점적 관개 시스템을 설치해 물의 사용을 줄이고 환경을 보호하는 방식으로 농지 운영함. 현재 건조 지역에도 이 시스템이 다수 설치돼 있어 물 부족을 해결하고 있다. 스리랑카의 대표 농작물인 차, 쌀(벼) 재배에 있어서도 토질개선, 농지 및 재고관리 등 분야에 스마트팜 기술이 절실한 상황임

다. 스마트팜 수출단지 대상지 여건 분석 (SWAT)

Strength	저렴한 인건비등 양호한 농업 환경 아시아 물류허브의 지리적 이점 광활한 평야지역 존재 서남아에서 가장높은 교육수준 (식자율 92%)	Weakness	인프라 개발부진 내수시장 협소 및 기계농업 기술력 약화 스마트팜에 대한 인지도 저하 문순등 기후적인 문제 열악한 공공기반으로 유통에 불리
Opportunity	현정부의 경제개발 노력 투자자 권리보장관련 법 투자인센티브 (세금등)농업이 발달한 국가 농업이 주 사업인 국가 농업인력 고요 증가	Threat	경직된 노동법 및 근로정신 부재 정부 전산화 미비 및 행정처리 지연 지속적인 국가 부채증가

라. 스리랑카 스마트팜 수출단지 계획 수립

(1) 스마트팜 수출단지 비전/전략 수립

- 스리랑카에서 농업은 지난 수십 년 동안 기술적인 변화를 겪었으며 농업을 더욱 편리하고 효율적이며 수익성 있는 사업으로 만들었다. 그러나, 농부들은 낮은 생산성, 열악한 제품 품질, 기후 변화를 포함하는 점점 더 많은 문제와 제약에 직면해 있습니다. 그들은 무료 관개 및 확장 서비스, 대규모 비료 보조금, 지원 가격 및 임시 무역 보호 조치와 같은 정부의 직간접적인 지원으로 인해 생존합니다. 이러한 조치의 경제적 비용은 연속 행정부에서 채택한 지속 불가능하고 잘못된 방식을 반영합니다. 스리랑카는 농업 부문이 경제에 보다 생산적으로 기여할 수 있도록 기술 혁신을 지속적으로 개발하고 적용해야 합니다. 새로운 기술, 도구, 기계 및 방법은 농업을 보다 효율적이고 편리하게 만들었습니다. 수십 년 전, 농부들은 땅을 준비하고 수확한 곡식을 타작하기 위해 쟁기나 씨레를 끌기 위해 버팔로를 사용했음
- 이제 이륜 트랙터는 전통적으로 동물이 하던 일을 수동으로 수행합니다. 작물 개발, 토지 관리, 육종, 농약 사용, 도매 및 유통, 가공, 저장 및 마케팅과 같은 농업 시스템의 각 단계에서 스마트 기술의 가용성은 해당 부문의 성장 기회를 열어줌
- 농업의 디지털화는 관리 의사 결정 서비스를 제공하기 위해 모바일 장치와 플랫폼을 사용하는 저영향 솔루션에서 중,고 영향력 스마트 디지털 농업에 이르기까지 광범위한 스펙트럼에 걸쳐 점진적으로 발생합니다. 과거에는 스리랑카 농부들이 농업 활동에 휴대전화를 채택할 것이라고는 아무도 예상하지 못했을 것입니다. 오늘날 많은 젊은 중년 농부들이 마케팅 및 날씨 알람을 위해 단문 메시지 서비스, 음성 메일 및 기타 앱을 사용함
- 농업 부문과 관련된 공공 기관은 기술 혁신을 도입하기 위해 개입했으며, 스리랑카의 대규모 농업 기업들도 드론, 센서, 위성 이미지 및 나노 기술을 사용하기 시작했습니다. 식량농업기구(FAO)와 국제전기통신연합(ITU)이 제안한 프레임워크에 따라 스리랑카 전자 농업 전략 및 전자 농업 실행 계획 2016-2020

정보 통신 기술(ICT)을 활용하여 농업 목표를 달성하기 위해 개발되었음

- 농무부 및 기타 조직에서는 정보를 보급하기 위한 대화형 ICT 및 모바일 플랫폼 및 소프트웨어 응용 프로그램을 포함하는 여러 전자농업 프로그램을 시작했습니다. 전자농업 서비스 외에 종자 및 식재 관리 정보시스템, 국가식량 생산계획 (National Food Production Programme)의 진행 상황, 모니터링 시스템, GAP(Good Agricultural Practices) 인증 프로그램을 위한 QR코드 시스템 등도 개발 중에 있음
- "E-agriculture" 전략은 기존 농업 시스템 정보 수집, 효율성 및 서비스를 개선하기 위한 ICT의 잠재적인 응용 프로그램 중 일부를 식별했으며, 여기에는 다음이 포함됨
 - 모바일 기반 통합 농업 자문 서비스;
 - 식량 작물 예측 및 마케팅 정보 서비스;
 - 살충제 등록 및 살충제 정보 전자 서비스;
 - 식물 보호 전자 서비스;
 - 연구 정보 관리 시스템;
 - 토양 테스트 결과 전자 서비스;
 - 전자 농업 도서관 서비스;
 - 천연 자원 관리 정보 서비스;
 - 식물유전자원정보서비스;
 - 식물 검역 전자 서비스;
 - 일기 예보 및 자문 서비스;
 - 토지 이용 및 토양 보존 매핑 및 전자 정보 시스템;
 - 공간정보서비스;그리고
 - 농기계 전자정보 서비스.
- 스리랑카의 민간 부문은 첨단 농업 기술 솔루션을 개척하고 있습니다. 획기적인 "Govi Mithuru"(신할라어) 또는 "Ulavar Tholan"(타밀어) 서비스는 토지 준비, 경작, 작물 보호, 수확 및 영양 안보와 관련하여 농민에게 시기적절한 맞춤형 조언을 제공하기 위해 2015년에 시작되었음
- 이 서비스는 농업부, 스리랑카의 보건, 영양 및 원주민 의학부, 국제 농업 및 생명 과학 센터와 함께 개발되었습니다. 지원과 국제 개발 영국의 부와 외교 통상부 투자 GSMA AGRITECH 프로그램의 후주의 부 CIC PLC(링크는 외부에 있습니다)인간의 개입과 낭비를 최소화하면서 밭을 스캔하고 농약 및 비료를 배포하는 것과 같은 "스마트 농업 관행"을 위한 농업용 드론의 사용이라는 최신 혁신을 발표했음
- Hayleys 농업 홀딩스(HAH) DJI Technologies와 함께 험난한 지형과 고도에서 DJI Agras MG-1 농업용 드론의 공중 살포 기능을 평가하기 위해 사전 승인된 위치에서 일련의 현장 시험을 수행했습니다. 농무부 및 관련 연구 기관과 협력하여 이 기술을 지역 조건 및 작물 적용 요구 사항에 맞게 미세 조정할 예정임
- 크롭위즈 약 10억 루피 (1,300만 달러 이상)를 투자한 미국 최대 농업 프로젝트 중 하나인 이 프로젝트는 자동 기후 제어 및 비료, 수경 재배와 같은 최첨단 온실 기술을 사용하는 국제 합작 투자 회사입니다. 이 시스템은 기후 변화의 영향을 완화하는 "기후 스마트", 연중 내내 생산을 가능하게 함
- 전통적인 농업에서 벗어나 하이테크 솔루션을 채택하는 것은 국가 농업 발전의 긍정적인 단계로 식별될 수 있지만 스리랑카는 여전히 더 많은 일을 해야 함
- 스리랑카의 식량 체계는 변화가 필요합니다. 새로운 기술 혁신은 현재 농업 시스템의 구조적 약점을 극복하고 보다 정확하고 자원 효율적인 접근 방식을 사용하여 보다 생산적이고 경쟁적이며 지속 가능한 결과를 제공할 가능성이 있음

- 스마트 농업은 생산량을 최적화하고 희소한 자원을 보존하는 데 중점을 둘 뿐만 아니라 파종에서 전체 가치 사슬에 영향을 미치는 기후 변화, 노동력 부족, 수확 후 손실 문제를 해결할 것이라는 기대가 높습니다. 기아를 제거하면서 수확 및 유통·농업 부문에서 현대 기술의 사용을 개선하기 위해 더 많은 연구와 개발이 수행되어야 함
- 기술 R&D에 대한 정부 및 민간 부문의 참여는 현지 대학 및 연구 기관 및 외국 기관과의 협력을 통해 강화되어야 합니다. 자본 및 기타 자원의 부족, 확장 서비스를 포함한 시장 및 기관에 대한 열악한 접근과 같은 소규모 자작농의 낮은 자원 기부는 농업의 기술 혁신과 관련된 혜택을 얻는 데 영향을 미치고 불이익을 줄 수 있음
- 따라서 정부는 이러한 변화를 촉진하기 위해 그러한 농부들에 대해 다른 접근 방식을 구현해야 합니다. 정부 지원은 공유 플랫폼, 자금 조달 계획 및 보조 서비스와 같은 다양한 관리 및 인센티브 계획을 사용하여 기술 비용을 줄이는 데 매우 중요함
- 기술 사용에 대한 농부의 참여는 계약 농업 시스템을 통해 강화될 수도 있습니다. 또한 농업에서 디지털 기술을 사용할 수 있는 능력은 기본 인프라 연결에 대한 액세스뿐만 아니라 데이터 수집 및 분석 서비스의 개발과 규제 환경에 달려 있습니다. 따라서 활성화 정책 및 규제 환경을 만드는 데 필요한 단계도 중요함

마. 스마트팜 수출단지 계획 (복합단지)

(1) 농작물 생산성 향상·스마트팜 개발 등의 경험 풍부

- 품종개량 등을 통한 농업 생산성 향상 기술과 IoT, 빅데이터 등 ICT 기술을 기반으로 한 스마트 농업 개발 등에서 노하우 보유하고 있음
- 농촌진흥청은 아프리카 등에서 시범마을 조성으로 농작물 생산성 향상 경험 풍부함. 2013년 『농식품 ICT 융복합 확산 대책』 마련 이후, 농업분야에서 스마트팜의 본격적인 현장 확산을 추진하였고, 스마트팜 도입 농가의 확대에 『정부투자 → 시장 확대 → 산업발전』의 선순환 생태계 조성

(2) 협력방안

- 한국의 집약적 영농기술·농업인력 개발 경험 전수 및 공동 R&D 생산, 농산물 상업화 및 기반시설 현대화 등 포괄적 협력체계 마련하여, 단독 진출보다는 농업기술실용화재단 등 관련 기관의 도움을 받아 현지 진출 모색

(3) 참여 주체

- (스)농업부, 관련 연구기관 및 협회 / (한) 농촌진흥청, 농업기술실용화재단, 농수산물유통 공사(aT), 주요 기업 등 협력 과정에서 양국 주체가 추가로 검토해야 할 사항: 세계은행 금융 활용 세계은행이 스리랑카에서 스마트팜에 대한 민관 파트너십(Private Public Partnership)이 있을 경우 대출과 보조금을 지급한다는 'Agriculture Modernization Projects'를 제정하여 농업 밸류 체인 개발, 생산성 향상과 다양성 시연, 프로젝트 관리·관찰·평가, SAPP (Smallholder Agriculture Partner Program) 등 지방 농업인과 기업을 연계하는 프로그램을 추진하며, 스마트팜 협력 파일럿 실행 후, ICT-농기계-식물관 유통, 토지 및 비료개발 등 분야로 협력 분야 확대 계획임

바. 가공, 저장, 유통, 판매 계획

- 스리랑카 농업분야의 이해관계자들과의 협업을 통해서 가공, 저장, 유통 및 판매 계획을 수립한다.

농식품부는 지속 가능한 농업발전을 위해 필요한 지도와 조정 활동을 통해 번영을 이루기 위해 최선을 다할 것을 명시하고 있다. 농업 채석장을 법에 따라 감독하고 관리한다.

- 국가임차농장 이행 감독
 - 농약, 비료, 농경지 토양개량 관련 기술조건 및 규격서 작성
 - 해충과 해충으로부터 농업재산을 보호
 - 기술을 전수하고 농업인에게 현대 생산 및 마케팅 방법을 안내하기 위한 지도·훈련 프로그램 작성 및 시행
 - 농업인에 대한 농업서비스 제공 및 평가 최신 동향에 부합
 - 농식품부 농업서비스센터 및 보육원 모니터링 및 관리 면적증대 및 농지허가 취득을 위한 농경계의 구분 및 허가증 발급.
 - 이와 관련하여 발행된 법률의 농업지주업무 및 집행통제 규정
 - 영농허가 발급, 농가 내 위반사항 모니터링 및 신고
 - 농업분야의 성과개발 및 개선과 관련된 마케팅 연구 등 기술 및 경제연구 수행
- Sabragamuwa의 Agricultural 과학 대학교는 농업분야 취업을 희망하는 학생들에게 학위 및 졸업장을 수여하고 있다. 그들은 다양한 농산물을 연구하여 농업 기술을 향상시키기 위한 현대적인 방법과 종자를 개발하여 농작물을 늘리기 위해 농업 공동체에 도입함
 - 수출농업부(The Department of Export Agriculture-DEA)는 사탕수수, 옥수수, 캐슈넛, 페퍼, 시나몬, 클로브, 베텔 관련 산업, 수출촉진 등 소작물 개발부 산하 주요 정부기관으로 생산수단의 연구개발을 담당한다. 시나몬, 페퍼, 카다멈, 클로브, 넛메그, 커피, 코코아, 바닐라, 베텔, 시트로넬라, 레몽그라스, 진저, 투르메릭, 고라카, 아레카누트와 같은 다년생 수출농작물의 품질을 향상시킴
 - 유럽연합(The European Union-EU)은 스리랑카 농업 현대화 프로그램(TAMAP)에 대한 기술 지원을 통해 스리랑카의 보다 생산적이고 지속 가능하며 다각화된 기후 복원력, 시장지향적이고 포용적인 농업 부문에 기여하기 위해 시작되었다. 이 프로젝트는 2018년 1월 8일 총 36개월 동안 시작되었다. Ecorys BV가 이끄는 컨소시엄은 주요 전문가들로 구성된팀과 다수의 비키 전문가들로 구성된 이번 서비스 계약을 수주했음
 - Peradeniya 농업대학 교수진은 농업분야에 취업을 희망하는 학생들에게 학위 및 졸업장을 수여하고 있다. 그들은 다양한 농산물을 연구하여 농업 기술을 향상시키기 위한 현대적인 방법과 종자를 개발하여 농작물을 늘리기 위해 농업 공동체에 도입함
 - Hayleys 농업은 1950년대부터 스리랑카 농업부문을 이끌고 있다. 게다가, 선도적인 다국적 기업들에 대한 우리의 부가가치 농업 수출은 국가의 가공 과일 및 채소 수출에 실질적으로 기여하고 있음
 - CIC 홀딩스는 스리랑카에서 유일하게 농촌농부와 도시소비자를 연결하고 CIC 품질 보증으로 농촌사회의 사회경제적 진보를 촉진하는 씨앗부터 선반까지 전체공급망을 관리하고 있음
 - Ceylon 비료 회사는 스리랑카에서 50년 이상 운영 중인 농림부의 관리하에 있는 완전한 정부 소유 ISO 9001:2008 인증 회사이다. 실론 비료 회사는 화학 비료의 수입에 관여하고 있으며, 양질의 비료 혼합물을 생산 및 마케팅하고 있으며, 섬 전체에 걸친 창고 네트워크를 통해 유통되어 스리랑카 농부들의 비료 수요를 충족시키고 있다. 모든 스리랑카 제품의 브랜드화를 담당하고 있음
 - 체계적이고 통합적인 프로그램을 통한 농수산물 및 아쿠아 문화상 수출실적 개선 중 분류에서 취급하는 주요 생산품에는 차, 가공식품, Coir 및 Coir 기반 제품, 향신료 및 제휴 제품, 해산물, 과일 및 야채, 수족관 식물, 기름종자 & 펄스, 생수병, 유기농 식품 및 허브류 등 1차 가공식품 및 부가가치가 높은 제품이 포함됨
양생제품(꽃, 식물, 씨앗, 장식용 잎)

- 또한, 스리랑카의 식량 생산 분야는 소규모의 자영업자 (스몰홀더)가 전국에 흩어져 있는 것이 특징이다. 이 분야는 쌀, 채소, 콩과자, 덩이줄기, 향신료, 과일을 생산함
- 우리의 인구증가, 수입 식량의 비용증가, 식량 생산의 자원감소, 특히 토지감소로 인해 생산 증대가 상기인들의 목표임
- 이러한 농업 생태계로부터의 생산물의 수출은 자원, 특히 그들의 생태학적 안정성, 생산 그리고 지속가능성을 유지하는 데 필요한 식물 영양분을 부족하게 만듦
- 대부분의 연간 식량 생산 단위는 문순에 의해 결정되는 계절에 매년 두 번의 작물을 재배한다. 이것들은 마케팅과 수출을 통해 손실된 식물 영양분을 보충하기 위해 화학 비료에 의존한다. 스리랑카의 쌀 생산 분야는 화학비료, 특히 질소와 칼륨에 크게 의존하고 있음
- 대부분의 농부들은 질소를 사용하는데, 이는 질소의 입증된 효능 때문이다. 화학 비료와 종제의 사용이 증가하는 것은 이러한 투입물에 반응하는 향상된 고수익 품종의 사용에 기인함
- 정부의 확장 프로그램은 수확량을 늘리고 자급자족하기 위해 화학 비료의 사용을 장려한다. 따라서 화학 물질 투입은 스리랑카의 쌀 생산 분야에서 필수적인 요소이다. 농약 또한 스리랑카의 고지대에 있는 식량 작물 생산 단위에 중요한 투입물이다. 다시 말하면, 이것은 제품의 질적인 향상보다는 늘어나는 인구를 위한 더 많은 양의 식량에 대한 수요 때문임
- 예를 들어, 고지대의 채소 부문은 화학 비료와 살충제를 매우 많이 사용한다. 건조한 지역의 농부들은 또한 더 높은 수확량을 얻기 위해 비료, 특히 질소를 사용한다. 이러한 관행은 식량에 대한 수요 증가와 더 높은 수확량을 생산하고 경제적 생존력을 달성하기 위한 긴급성 때문에 점점 더 흔해졌음
- 농업용 화학물질을 이용한 집중 생산 시스템의 개발은 농부들에게 화학제품 사용의 이점 보여주는 확장된 프로그램을 통해 촉진된다. 비료와 농약업체들도 농민 참여를 유도하는 고와 홍보 캠페인을 통해 제품 사용을 독려하고 있음
- 또한, 그들의 제품을 더 많이 사용하도록 장려하는 연구 프로그램에 자금을 지원함
- 국제 자금 기관들은 농약학을 사용하는 연구 프로젝트를 지원하는 경향이 있다. 따라서 스리랑카의 식품 생산 분야에서 화학 기반 농업이 빠르게 보편화되고 있다. 모든 식품 상품 중에서 과일과 가정 정원 부문은 매우 낮은 농약 투입물을 사용하고 있음
- 비료 사용이 증가하고 있지만 대부분의 과수농가는 농약을 사용하지 않는다. 가정에서 소비하기 위해 채소와 과일을 생산하는 가정 텃밭은 일반적으로 화학비료로 비료를 주지 않음

사. 수출단지 운영 계획

(1) 농업 서비스 센터의 현대화

- ASC 현대화의 주요 목표는 커뮤니티 센터를 지역 농업 커뮤니티의 실제 요구를 충족시키는 원스톱 서비스 센터로 전환하는 것입니다. 다음의 주요 영역은 6개 지역 모두에서 ASC 의 현대화를 위한 우선순위 기반으로 확인되었음
- 이것은 CSIAP에 속하는 가장 큰 하위 프로젝트 중 하나로 간주됩니다. 그것은 많은 구성요소를 가지고 있으므로 이 프로젝트는 ASC를 원스톱 서비스 센터로 개발하기 위해 다음과 같은 주요 개입을 구현하는 것과 관련이 있습니다. 문제는 생산성을 저해합니다. 주요 개입은 다음과 같음
- 매력적이고 생산적인 원스톱 서비스 센터로 기능하기 위해 CSIAP 지역 내 ASC의 기존 47개 사무실 건물을 개조, 확장 및 개조 ASC의 디지털화 중인 농부들에게 일기예보, 시장, 신기술과 관련된 필수 데이터를 제공하기 위해 훈련된 공무원과 필요한 장비를 갖춘 47개 ASC 내에 완전한 ICT 유닛을 구축함

- ASC의 농업 개발 위원회(ADC)가 관리하는 47개의 ASC 각각에 Farm Machinery Hub (FMU)를 설치하여 중개인으로부터 농부의 착취를 방지하고 농업 위원회가 농업 기금을 개발할 기회를 제공합니다. CSIAP는 이미 ASC 현대화의 토목 작업을 시작했습니다. 농업 서비스 센터의 토목 작업은 현대화 프로세스의 첫 번째 단계로 시작되었습니다. 모든 토목 작업은 이미 식별된 47개의 ASC를 현대화하기 위해 11개의 패키지로 나뉩니다. 모든 패키지의 총 민사 비용은 336.18백만 Rs임
- 이러한 주요 개입은 이 프로젝트의 구성 요소로 간주될 것이며 각 개입은 협의 회의, ASC 방문 및 ASC 개발을 위한 두 번의 워크숍을 통해 수행되는 필요성 평가 프로세스 동안 식별된 문제에 대응하기 위한 많은 활동을 가질 것입니다. 그러나 이러한 개입은 실질적인 어려움을 피하기 위해 단계적으로 시행된다는 점에 유의해야 함
- 따라서 긴급성, 중요성 및 실행 가능성을 고려하여 CSIAP의 프로젝트 관리 부서는 먼저 주요 개입 즉, 지원을 결정했습니다. 기존 ASC에 대한 확장 또는 개조/재건. 따라서 이 첫 번째 개입에는 다음과 같은 주요 활동이 포함될 것으로 확인되었음
 - 농민에게 지속적인 서비스 제공을 위해 ASC를 개조 및 수리
 - 사업부별 프로젝트 활동을 위한 적절한 공간 제공
 - 타 부서 직원 및 방문 직원을 위한 사무공간 및 휴게시설 건립 및 복구
 - 농가 데이터뱅크, 마케팅/사업연계/기술이전 등을 위한 E-unit에 충분한 공간 제공
 - 농민을 위한 법률 자문 및 분쟁 해결을 위한 공간 제공
 - 투입물을 위한 적절한 저장 시설 제공(종자, 비료 및 냉장실)
 - 시연 및 실습 장소 마련
 - 농민을 위한 세미나, 워크숍등을 수행할 수 있는 장비를 갖춘 적절한 공간을 제공
 - 토양 검사 장치를 위한 공간 제공
 - 적절한 주차장 및 차고 건설
 - 필요한 경우 코끼리 등이 중앙에 들어오지 않도록 전기 울타리 설치
 - 헬라보존 및 지역 특산물 판매센터를 위한 공간을 적절하게 제공
- 기후 스마트 관개 농업 프로젝트는 Anuradhapura, Polonnaruwa, Kurunegala, Puttalam, Kilinochchi, Modragam Aru, Yan Oya, Mee Oya, Kala Oya, Peru Aru, Mandakal Aru, Hada Oya, Karanda Oya, Kirindi Oya 및 Manik의 10개 강 유역의 18개 소유역을 포함하는 Mullaitivu, Trincomalee, Batticaloa, Ampara, Moneragala 및 Hambantota임

아. 스리랑카 스마트팜 수출단지 사업추진 전략

(1) 수출단지 컨소시엄 구성 설계 (SPC 포함)

- 우리나라 온실 수출업체들의 영세성을 감안 시 수출 지역에 맞는 수출기업 컨소시엄의 구성이 필요하다. 대부분의 온실 수입 국가에서는 현지 기업과 한국 기업과의 컨소시엄 구성이 필수 조건인 경우도 있으므로 스마트팜 플랜트 수출 사업의 확대 방안에서 국내컨소시엄 구성은 상호 단점을 보완 할 수 있는 좋은 방안으로 판단이 됨
- 스리랑카에 진출코자 하는 한국 기업들도 사업의 형태에 따라 다양한 컨소시엄을 구성하여 중/대형 사업을 추진하고 있으므로 스리랑카 내 스마트팜 단지 조성 사업에도 현지 법인과 한국 내 온실 전문 업체와의 컨소시엄 구성이 필요할 것임

- 스리랑카 컨소시엄 구성의 핵심은 한국의 컨소시엄의 풍부한 경험과 운영 능력에 지역 컨소시엄의 현지 네트워크를 활용하는 방식으로 추진되어야 상호 시너지 효과를 볼 수 있을 것으로 보임
- 국내 컨소시엄사의 구성은 우선 스마트팜 설계업체, 스마트 온실 업체, 스마트팜 자재 업체, 스마트팜 관련협회, 스마트팜 온실 운영 및 교육 프로그램을 운영할 업체로 구성될 것이며, 현지 컨소시엄은 현지 온실 업체, 연구단체, 지방정부 대표로 구성하는안이 좋을 것으로 판단이 됨

(2) 수출단지 재원 확보방안 설계 (민간 투자유치 등)

- 스리랑카의 열악한 금융제도 및 재정 상태를 감안 할 때 스마트팜 플랜트 수출을 위해서는 다양한 금융 지원 제도를 검토 해 봐야 함

구분	사업비 확보 방안
1	수입국의 정부 지원 금융 활용
2	수입국 은행 융자
3	수입국 수출국 상호 투자 예) 스리랑카 70 : 한국 30)
4	한국 수출입 은행의 차관 제도
5	IBRD 등 국제기구 지원
6	한국 ODA 사업 (KIND 지원제도 활용)
7	한국 투자 후 생산물 판매 대금 회수 (사전에 명확한 계약서작성 : LOA, MOA등)

- 한국의 ODA 사업은 특성상 스마트팜 확산 정책에는 부적절하며 다른 금융지원제도를 검토해 봐야 한다. 스마트팜 플랜트 확산 단계 시 검토해 봐야할 금융 지원제도이다. 스리랑카의 경우 한국 수출입은행이 EDCF론으로 다양한 사업을 진행하고 있으므로 수출입 은행의 EDCF 금융을 활용할 가능성이 많을 것임
- EDCF 금융은 최종 결정에 이르기 까지 최소 3~5년의 기간이 소요되기 때문에 장기적인 계획이 필요하다. EDCF는 양허성 차관으로 개도국의 경제 발전의 기초가 되는도로, 철도, 항만, 공항, 통신, 전력 등 대규모 자금을 필요로 하는 사회 간접자본 건설 등의 수원국 정부의 개발우선 순위가 높은 국책사업을 위주로 지원하고 있음
- 통상적으로 사업당 EDCF 평균 지원금액은 3~6천만 달러인 점을 감안할 때 사업규모 가동 범위를 초과할 경우에는 초과부분은 수원국 정부가 부담하도록 하거나, 사전에 정부기관등과 지원 규모를 협의할 필요가 있으므로 스리랑카에서 스마트팜 생산단지 사업 규모도 수출입은행의 한도 내에서 계획을 세울 것이다. 우선 지원분야 사업으로 기후변화, 식량위기등 글로벌 이슈 해결에 기여할 수 있는 사업이므로 스마트 팜으로 스리랑카의 식량 자급율을 높이면서 해외 시장에 수출을 통해 식량 문제를 해결할 수 있음
- 스리랑카 스마트 팜 생산단지 사업과 같이 소액인 경우 소액 차관제도를 활용 할수있으며, 이 수출 금융은 소규모 EDCF 차관의 지원절차를 간소화하고 우리나라 중소기업의 EDCF 지원사업 참여를 확대하기 위해 2007년 8월에 도입되었다. 차관규모 가 5백만 달러 이하인 소액차관사업은 사업 참여자를 우리나라의 중소기업으로 제한하고 사업의 원활한 진행을 위해 사업신청, 심사, 구매등 제반 절차를 대폭 간소화하여 시행하고 있다. 미얀마 스마트 팜 생산단지 1단계 사업 및 2단계 사업은 절차가 간소한 소액 차관 제도를 검토해 볼 필요가 있음

(3) 스마트팜의 성공을 위한 협력 추진방안

□ 스마트팜 사업부지 규모 협의 및 확정

- 약 1ha 규모의 스마트팜 시범사업을 정부간 민-관 협력과제로 추진
- 진행을 위한 한국측의 협력사업 개발 의향서 발급요청 (양국간 MOA선결)

□ 시범사업

- 스리랑카는 상기 1ha 시범단지 부지 무상제공하고, 한국은 K-스마트팜 시설 구축 및 기술 컨설팅 (환경 및 노동력 측면, 투자자본 수익률 및 물사용량 절감등) 추진, 상기 후속 사업으로 약 10ha 부지에 한-스 유망 민간업체 합작투자 및 상업화 프로젝트 추진 등 건과 병행하여 스마트 시티 건설 프로젝트, 민간 상업 프로젝트에서도 스마트팜 투자사업을 활성화하여 스리랑카 농업 현대화 및 스마트팜 사업화 추진 진행할 필요가 있음

□ 양국간의 협력사업 추진 목적 확정

- 수익성 품목의 재배기술 확보 (기술이전 등), Future Project, Food Security

□ 스마트팜 Project 추진 방향

- Pilot Project 및 확대 Project에 건설 이후 운영, 유지관리 등이 포함하고, In-land Fishery, Livestock을 포함한 전반적인 협력이 필요함. 또한 유제품과 Management, 미래를 위한 General Consultation 등에 대해서 포괄적인 협력이 필요함
- 또한, 관계부처 (농식품부, 농진청) 및 기관 (KOTRA, 농업기술실용화재단 한국농어촌공사 등) 과 공식적인 협력채널을 구축하는 것과 우수 K-스마트팜 시설 현장방문을 통한 사업협의 필요함
- 한국의 우수한 스마트팜 기술이 스리랑카의 Food Security 문제에 도움이 될 것이며 협력 방향으로는 실용화재단, 농정원, KOICA 등 정부지원 시범사업을 통한 프로젝트 추진이 필요함

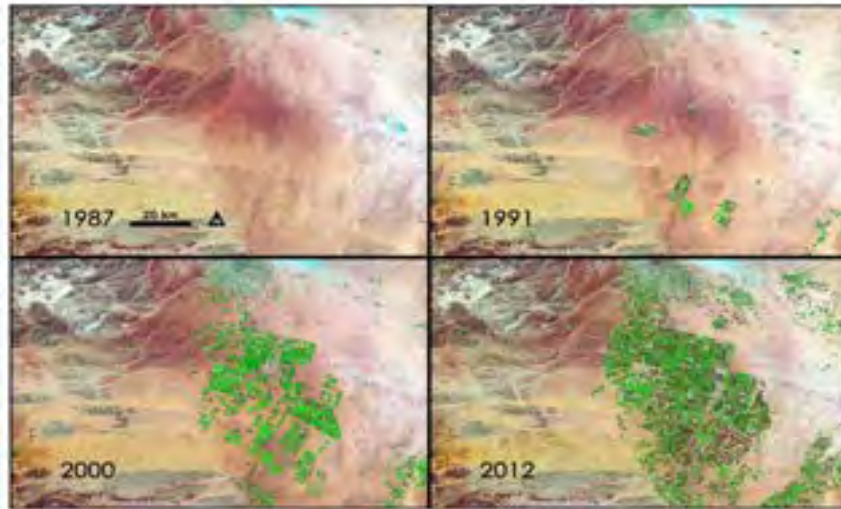
3.10.4. 한국형 스마트팜 K-Plant 사업화

가. 중등 K-Plant 프로젝트 계획 수립

(1). 사우디아라비아 스마트팜 프로젝트

(가) 스마트팜의 필요성

- 탈 석유 사업 추진
 - 2017년 사우디 현 왕세자는 왕자의 난” 방지 목적으로 친인척 왕족 재산 몰수(890조원 이상)로 국가재정 확충 후 석유사업 탈피 시도.
 - 몰수 재산인 기금을 경제발전에 사용하도록 독려하고 있으며, 현재 친 왕세자 측근 왕족 대상으로 사업 확대 중(농업분야 포함)
- 사우디 주요 농업개발 경과
 - 사막 기후로 비가 거의 오지 않아 경작에 필요한 물이 부족하고 토양이 단단함. 전체 물 소비량 중 95%는 농업용수로 사용되고, 지하수 고갈 및 사막화가 진행 중임.



[그림 2-373] 사우디 아라비아 년도별 농업개발

- 상기 사우디의 년도별 농업개발 사진과 같이 막강한 오일머니로 사막을 농업생산단지로 전환은 성공했으나 지하대수층 고갈 등 지속가능한 농업의 어려움으로 현재 물 사용이 엄격히 통제되고 있음
- 사우디는 막대한 농가 지원정책과 지하대수층 개발로 밀과 사료작물 수출국이 되었으며, 채소류도 노지배배 및 온실재배로 자체 생산 확보.

Crop	2017		2016		2015		2014	
	Production (Tons)	Area (Ha)	Production (Tons)	Area (Ha)	Production (Tons)	Area (Ha)	Production (Tons)	Area (Ha)
Cereals (Cereals) (Tons)	796221	277948	752812	261488	762220	269531	652111	211247
Wheat	620923	90517	618053	104414	693776	112906	718530	122189
Millet/Grain	3055	4726	7538	4487	7309	4222	8022	3990
Broomcorn	147353	55279	152341	26467	157754	60740	160033	63101
Rice	15079	2471	14768	2483	13040	2456	13401	2448
Barley	637812	95106	649020	97167	677964	96190	550355	101206
Sesame	3258	1729	2839	1933	3039	1943	3485	2090
Other	76951	21000	80272	22645	78391	24349	83287	26182
Vegetables (Vegetables) (Tons)	188720	6106	182017	6075	177066	6068	60629	7760
Tomato	207090	12084	207924	11949	190791	11816	184200	10534
Peas	476418	18756	466402	18160	459186	17522	429254	17073
Marrow	38107	2216	44072	2483	52986	2780	47083	2946
Eggplant	23850	1549	25844	1704	27372	1875	28310	1813
Onion	20084	1517	21499	1710	23004	1927	29337	2142
Carrot	15617	997	13780	926	12796	727	10477	832
Dry Onion	70962	2716	68896	2694	66141	2673	64863	2651
Cucumber	38876	2251	36786	2020	30262	1812	13113	741
Melon	45051	2269	49933	2726	67653	3230	75889	3824
Watermelon	606180	29699	574053	27874	606722	28162	494551	24651
Other	143070	7734	155289	8521	174130	9610	184743	10198
Vegetables (Vegetables) (Tons)	250773	2716	248936	3146	239151	3030	240786	3719
Tomato	99293	1233	97679	1204	91826	1175	90093	1149
Cucumber	71556	805	71786	865	70401	875	70101	885
Marrow	11504	144	12231	151	11911	159	14064	167
Other	69720	964	79671	926	57013	870	66270	818

[그림 2-374] 사우디 재배면적 및 생산량 통계(2014~2017)

출처: Ministry of Environment, Water and Agriculture.

- 채소류(2017년) : 노지재배 약 160만톤/8만ha 생산, 온실 재배 약 25만톤/3216ha 생산
- 물 부족분제 해결을 위하여 식수의 70%는 담수화플랜트에 의하여 제공되며, 재생가능한 수자원의 700~800% 이상을 소비하고 있다.



- 2018년 이후로 노지 스프링쿨러(피벗 농업) 사용금지가 되면서 시설농업이 증가하는 추세임.



[그림 2-375] 피벗농업에서 시설원으로 전환

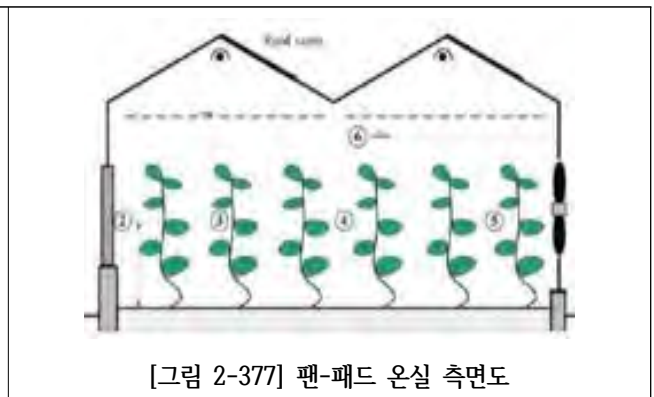
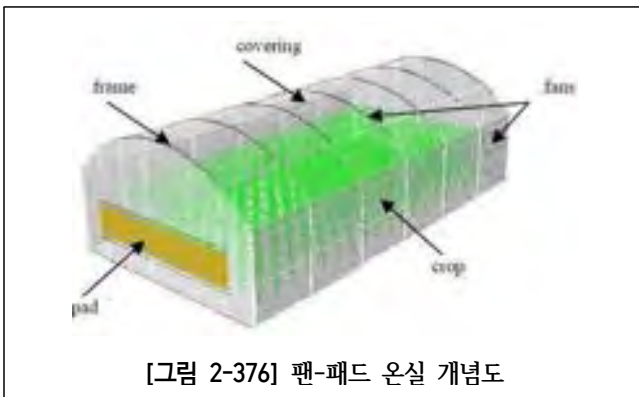
- 상기 사진과 같이 점차 노지 농업에서 시설농업으로 전환하고 있는 상태로 스마트팜 추진 적기임.
 - 곡물 등은 아프리카등 제3세계 임대농장 및 토지획득으로 계약재배로 생산하여 본국으로 역수입하여 확보.
 - 자국내 농업시설은 물절약 농업으로 시행을 장려하고 있어서 스마트팜 추진 적기임.

(2) 사우디 시설농업

□ 식량안보 차원의 시설원에 시장

- 2011년 “아랍경제회의(Arab Economic Summit)”에서 전체 아랍국가 지역대상으로, 각국 정부는 “비상 아랍식량안보 프로그램”을 선언
- 농업환경의 어려움의 대안은 시설농업 고도화가 유일한 해결책으로 결론이 나있는 상태임
 - 제한된 농지, 사막화 진행, 부족한 토사
 - 심각한 물부족, 수질 염분농도(3,000~16,000ppm)
 - 고온/극건조 기후, 재배기술 부족 및 인력문제
- 현지의 고도화 노력으로 다수의 연구 및 협력프로젝트가 수행되고 있음.
 - 네덜란드(와게닝겐 대학 연구소, 프리바, 홀티맥스, 호겐도프 등)
 - 이스라엘(네타팜)

- 일본(세이와, 후지쯔 등)
- UAE(해수농업연구소(ICBA) 등)
- 특히, 와게닝겐 대학은 2019년 사우디 환경청과 “수자원 이용효율 극대화/에너지 효율제고/ 농약 사용 절감” 목적으로 4년간 과제를 수행 중임.
- 따라서, 사우디도 인근 중동국가와 마찬가지로 스마트팜 선진 기업들의 시장 선점을 위한 각축의 장이 되고 있음.
- 현지 관행온실
 - 일반 농가는 중동지역 관행온실인 팬-패드 방식의 냉방방식 위주이며, 재배기간은 년중생산보다 10월~4월까지의 작기로 재배하고 있음



- 팬-패드 방식의 냉각은 팬에 물을 계속 흘려주면, 반대편 팬에서 빨아들이는 공기로 인하여, 기화열의 원리로 온실내부가 냉각이 된다. 상기 팬-패드 온실측면도의 경우 ②번 위치인 패드 근처와 ⑤번 위치인 팬 근처의 온도가 상이하여 정밀한 온도제어가 힘들며, 물 낭비가 많으며, 병충해 확산 등 유지보수 등의 관리가 어려우나 낮은 설치 비용으로 인하여 중동지역에서 많이 사용되는 냉각방식임

(참고 2) 팬-패드 냉각 방식의 문제점

1. 물 소비 과다
2. 온실내 온도/습도의 차이로 생산량 및 품질의 불균일성 발생(정밀 제어의 어려움, 아래)

- Fan and Pad Evaporative Cooling System for Greenhouses (Kittas, 2001)

시뮬레이션 모델 정의 : $V\rho C_{pad}T_{in} = [\tau(1-a)Rg - \beta p_{ws,in}]l dx - KcL [T_{in}(x) - T_{ext}]dx$

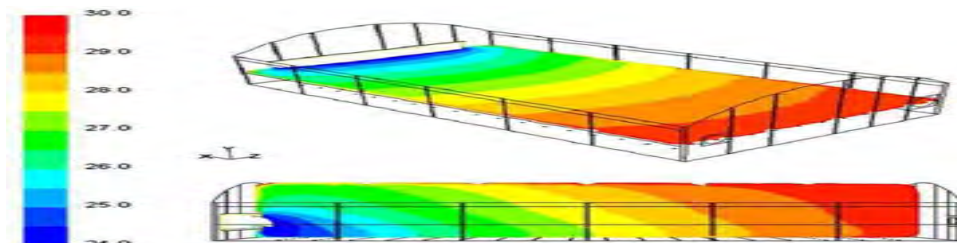
T_{in} - Internal greenhouse temperature(°C), a = fraction of the incident solar energy

l = greenhouse width (perpendicular to the air flow), (m), L = roof perimeter corresponding to the greenhouse width, (m)

V = rate of ventilation, ($m^3 s^{-1}$), Rg = outside global solar radiation, ($W m^{-2}$)

p_{ws} = water vapour saturation partial pressure, (Pa), Kc = heat loss coefficient of the greenhouse cover, ($W m^{-2} K^{-1}$)

C_{pa} = specific heat of air, ($J kg^{-1} K^{-1}$), β = characteristic coefficient of the crop



[그림 2-378] 팬-패드 냉각방식의 온실 내 위치에 따라 온도편차가 발생된 시뮬레이션 결과

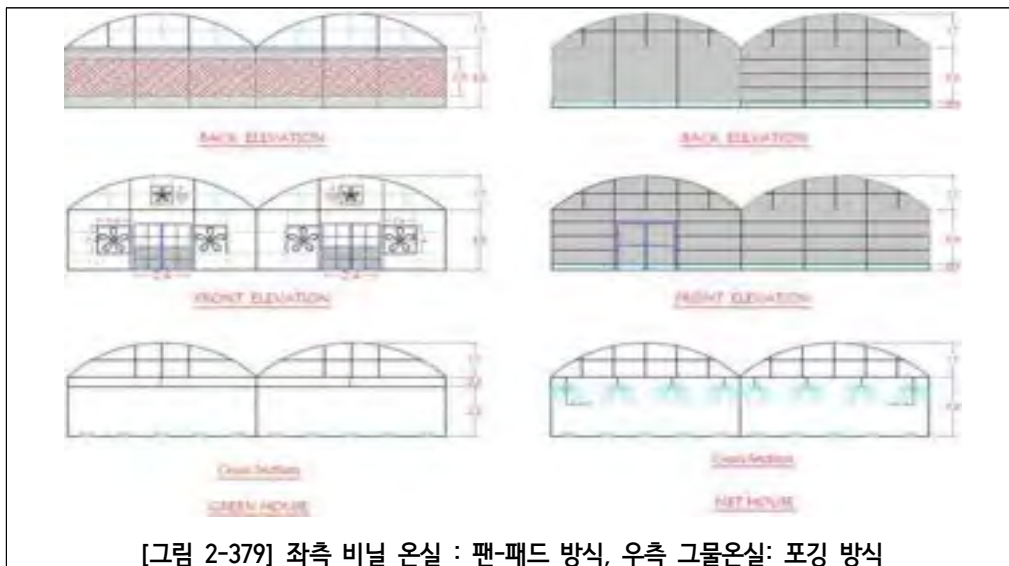
출처 : Fan and Pad Evaporative Cooling System for Greenhouses (Kittas, 2001)

- 농업용수는 지하수와 재처리수가 사용되고 있으며, 온실현황과 관련된 물 사용량 의 조사를 위하여, 인근 국가인 아랍에미리트(UAE)의 정확한 실험 데이터를 활용하여, 팬-패드 방식의 물 과다 사용에 따른 아래 실증시험 사례를 이용하여 경제성 관련 비용측면에서 분석하였다.

□ 현지 관행온실 경제성 관련 비용

- 논문자료 인용

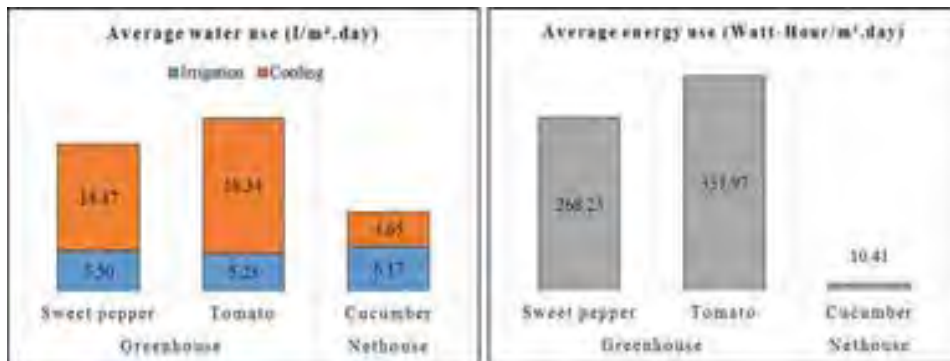
- 저자 : Adellaziz Hirsch. Redouane Choukr-Allah(해수농업연구소)
- 제목 : Water and Energy Use Efficiency of Greenhouse and Net house Under Desert Conditions of UAE: Agronomic and Economic Analysis.
- 1m³ 담수화 에너지 : 2.6Kwh 소요, 즉 2.6x0.25=0.65AED (197.5원)
- * Kwh당 정부 기준 금액 0.25AED/Kwh (75.98원)
- 농가 에너지 비용(Farmer Energy Cost) : 0.03AED/Kwh (9.12원, 88%할인)
- 시험온실 개요



[그림 2-379] 좌측 비닐 온실 : 팬-패드 방식, 우측 그물온실: 포깅 방식

실험을 위하여 작물 재배를 팬-패드 방식(방울토마토, 파프리카)과 포깅 (Fogging) 방식(오이)으로 구분하여 280m² 면적에서 각각 진행하였음.

- 물 사용량 비교
- 작물별 일일 평균 물 사용량 및 평균 에너지 사용량



[그림 2-380] 작물별 일일 평균 물 사용량(좌), 작물별 일일 평균 에너지 사용량(우)

(기간: 방울토마토: 8개월, 파프리카 5개월, 오이 4개월)

- 냉방 물 사용 예(방울토마토 경우)

* m^2 당 총 사용량 : 4,401.6 Liter (18.34 l/m^2 , 일 X 8개월 X 30일)

* 전체면적(280m^2) 당 하루 총 사용량 : $18.34 \text{ l/m}^2 \times 280\text{m}^2 = 5,135.2 \text{ Litre}$ (약 5.13 ton)

* 전체면적(280m^2) 당 8개월 사용량 : $18.34 \text{ l/m}^2 \times 280\text{m}^2 \times 240\text{일} = 1232.4 \text{ ton}$

(한국 토마토 농가 예 : 평균 $6.0 \text{ l/m}^2/\text{일}$ 사용, UAE 팬-패드 농가: 18.34 l/m^2)

- 에너지 비용 계산

* m^2 당 총 사용량 : 약 4.4 ton/m^2 사용.

* 1ton 당 0.65AED 이므로 $4.4 \times 0.65 = 2.86\text{AED/m}^2$ (약, 870원)

* 전체 면적 280m^2 이므로 $2.86 \times 280 \text{ m}^2 = 800.8\text{AED}$ (약, 243,474원)

(농가 정부 보조 88%적용 : $800.8 \times 0.12 = 96.1\text{AED}$, 약, 29,215원 지불)

- 작물별 총 에너지 비용 예(오이, 방울토마토, 파프리카 비교)

- 팬-패드 냉방방식의 온실 물 사용 결론

중동지역 현지 온실의 냉방방식인 팬-패드 방식은 물의 과다사용으로 경제성 측면에서 개선이 필요하다고 판단되며 새로운 기술도입 등을 고려할 필요가 있다.

(3) 사막형 스마트팜에 필요한 기술 분석

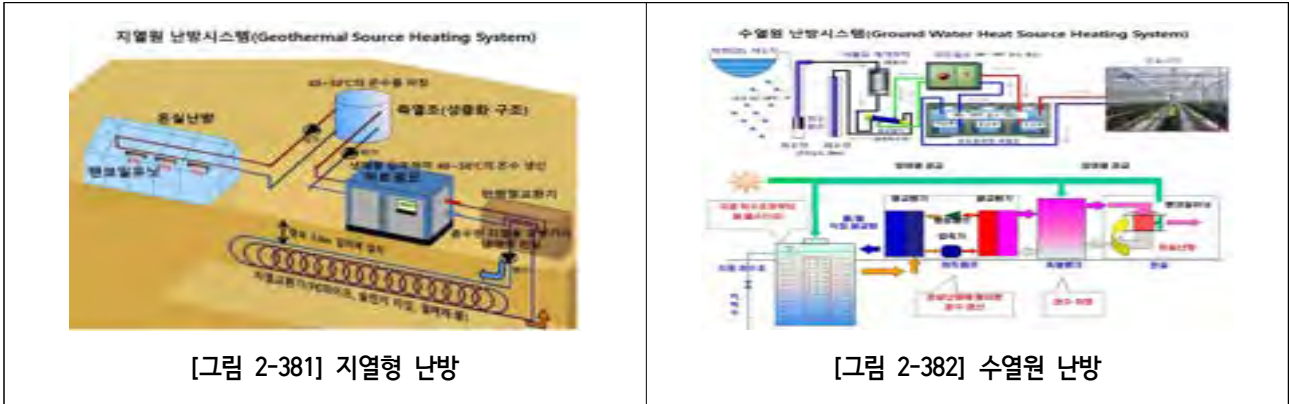
(가) 스마트 팜 주요기술

- HVAC 기술 , LED조명, 관개 시스템, 밸브 제어시스템, 센서 및 카메라 기술, 지리정보 기술, 스마트 예측 기술
- HVAC 및 LED는 스마트 온실의 주요 기술
 - HVAC(Heating, Ventilation and Air Conditioning :공기조화) 시스템은 식물 성장에 이상적인 온도를 유지하고 외부 온도의 변화로 인한 악영향을 없애고 일년 내내 재배를 가능하게 함으로써 온실에서 중요한 역할
 - LED 조명은 온실 환경에서 보조 조명으로 작동하고 HVAC는 환기 및 조명과 같은 다른 활동과 함께 난방 및 냉방을 제공하여 식물에 적절한 환경을 제공
- 스마트 온실 HVAC 기술 전망
 - 1980년 대비 온실 에너지 사용을 2010년 까지 40% 이하 절감 하였음
 - 2020년 까지 에너지 절감을 위해 재배법 개선과 인공광 이용기술 개발, 태양광, 지열, 바이오연료 등 다각적 접근 중
 - 소형 열병합 발전기(CHP), 공랭식 칠러를 이용한 냉난방, 반 밀폐형 온실 공조 시스템(Semi-closed air conditioning system), 인공광 기술

(나) 국내 냉난방기술 기술

- 하절기 온실냉방을 위해 차광, 환기 등 냉방부하 저감기술과 포그, 미스트, 팬-패드 등의 수동형 냉방이 주로 사용되고 있으며 최근 고부가가치 작목, 여름작형 등을 대상으로 히트펌프, 칠러 등의 냉방기를 이용한 국소냉방, 야간냉방 등의 능동형 냉방기술의 적용이 증가 추세임

- 농진청에서는 냉난방용 지열원, 수열원, 공기열원, 계간축열 히트펌프 및 개별 냉난방기술을 조합한 시설원에 냉난방패키지기술을 개발하였음(지열 히트펌프 보급면적은 약 231ha임)



[그림 2-381] 지열형 난방

[그림 2-382] 수열원 난방

- 증발식 냉방 방식 중 팬애파드 시스템은 고가의 설치비, 온실 내 온도경사 발생 등으로 국내에서는 잘 사용하지 않으며, 미스트나 포그 냉방이 파프리카, 토마토 등의 여름재배에 적용되고 있음
- 증발식 냉방은 다습한 국내 하절기 기후에 적합하지 않기 때문에 증발효율을 높이기 위한 환기와의 연동제어 기술, 냉수파이프 등을 이용한 제습 활용 기술, 저압포그 등 노즐 성능향상 기술 등이 상용화 되어있음



유리온실 냉방패키지 1

유리온실 냉방패키지 2

유리온실 냉방패키지 3

- 냉방에너지 절감과 냉방효율 향상을 위해 근권부, 생장점 등 작물체 온도 민감부 대상 국소냉방기술이 상용되었으며, 토마토 과실부, 알스트로메리아 근권부, 축성 및 사계성 딸기의 관부, 여름재배 파프리카 근권부 등 다양한 작목과 작물기관에 대한 연구가 수행되었음



[그림 2-383] 축성재배 딸기 국소 냉·난방 기술

- 국내 온실은 다양한 재질의 차광막(스크린)을 온실 내부에 설치하여 하절기 차광, 동절기 보온의 목적으로 활용하고 있으며, 추가적으로 국산 차광도포제, 적외선 흡수/차단 필름 등 고온대응 기술 개발이 수행되고 있음

(다) 국내 물절약 기술

○ 한국형 순환식 수경재배시스템 개발 (서울대 2014, 농진청, 2017)

- 현재, 수경재배 농가 대부분(95% 이상)은 비순환식 시스템으로 배출되는 양액의 잔여 비료 성분으로 인한 환경오염 및 비료의 불필요한 과다 사용이 문제.



[그림 2-384] 순환식 수경재배 시스템 개념도

- 비순환식 수경재배에 따른 연간 환경부하량 : 300일 재배, 30% 방출시 추정
- 방출량 : 물 6,000톤/ha, 질소 10톤/ha, 인 1톤/ha, 탄소 배출량 3,285톤/ha

○ 국내개발 경과 및 적용

- 배액 배출의 최소화화를 위해 수위센서에 의한 배액전극 급액 시스템, 유기배지용 함수량 측정센서(FDR 등)를 이용한 배지내 양·수분 조절기술 등이 연구되고 있음(2009~, 경남기술원, 서울시립대)
- 코이어 배지를 이용한 파프리카 순환식 수경재배 양액조성 개발과, 전기살균시스템 및 순환식 재활용 시스템 등 한국형 순환식 수경재배 연구를 수행하였음(2017, 원예연 시설연)
- 강진 ‘아트팜’, 논산 ‘팜슨’, 화성 ‘우일팜’ 등의 대규모 파프리카, 토마토 생산 농가에서 적산 일사량 기준의 관수방법과 다양한 근권환경 측정 센서를 이용한 수분 정밀 기술이 도입 시행되었음
- 토마토 생육기 증산작용에 따른 줄기의 직경과 과일직경 및 엽온 측정 센서를 이용한 온실 복합환경 제어시스템이 완성되어 현장 적용됨(2018년, 서울대)
- 최근 작물의 생체정보를 측정 개발하는 연구 지속 수행으로 작물 적용범위가 토마토와 파프리카 까지 확대 적용되었음(2018, 원예연)
- MEMS(Micro Electro Mechanical Systems) 및 나노기술의 통합을 이용한 최소침습 및 정밀 측정 구현에 필요한 기초 기술 확보
- 확보된 기초 기술을 이용하여 작물체 온도, 수액흐름(sap flow), 수액 EC 정보 측정기술 개발 (농진청)

○ 개발 결론

- 양액제어 프로그램은 기본적으로 살균 시스템 운영을 위한 기능과 살균된 배액을 재활용하기 위한 밸브 조정 기능이 탑재되어 있어 살균 장치와 연계 운영 가능
- EC(전기전도도) 및 pH(산도) 제어를 위한 인공지능이 탑재되어 매일 EC, pH 설정 값을 모니터링 하여 최적의 EC, pH 제어 값 적용 가능
- 파프리카 생육단계별 새롭게 조성한 양액으로 재배했을 때, 기존 암면재배용 순환식 양액에 비해 상품수량(kg/10a)이 4%~20% 증가

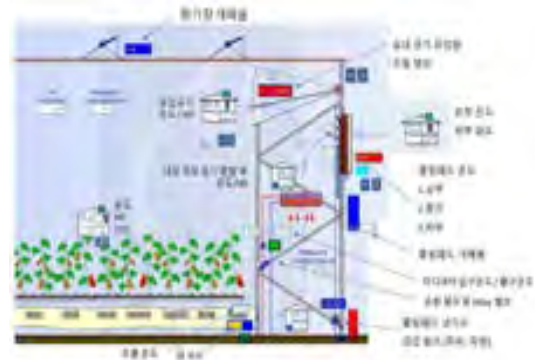
- 또한 기존 비순환식 재배와 생산성을 평가했을 때 상품수량, 상품과율에 있어서 비슷한 수준을 나타냈으며 병(배꼽썩음과) 발생은 감소

(라) 해외 냉난방기술

- 유럽, 미국 등 농업선진국에서는 고온기 온실냉방을 위해 차광, 환기, 기화 냉각(포그, 미스트, 팬-패드)이 주로 이용되고 있으며, 히트펌프에 이용되는 공기열, 지중열, 수열(해수열, 하천수열 등)이 신재생 에너지원으로 온실에도 도입되고 있음
 - 주요 기업: 캐나다 KOOLJET, 미국 Delta T, 네덜란드 Certhon, 영국 CMW Horticulture, 일본 Nepon 등
- 네덜란드의 KUBO, Van Der Hoven사 등에서 팬-패드, 믹싱밸브, 공조유닛 등으로 구성된 냉난방, 환기 복합환경관리가 가능한 반밀폐형 온실모델을 상용화하였음



[그림 2-385] 네덜란드형 반밀폐 온실 설치예



[그림 2-386] 반밀폐 온실 세부 구성도

- 기술적 특징
 - Fan & pad 방식의 단점을 보완. 온실 내 균일한 환경관리가 가능
 - 습도가 낮은 곳에서 적합 (60% 이하일 경우)
- 반밀폐온실 구동 원리
 - 쿨링패드 상부 및 중부 하부 온도 편차를 통해 공급수량을 조절 (편차가 크면 공급량 증가), 쿨링패드 개폐기를 통해 외부 공기 유입량 조절
- 일본은 2009년 히트펌프를 재생에너지에 포함, 에너지공급구조 고도화법을 시행 중이며, 대기업 등 공조기 전문기업을 중심으로 원예시설용 히트펌프 모델을 개발하였음. 초기의 장미온실 냉난방을 시작으로 토마토, 파프리카, 감귤, 딸기 등 다양한 작목으로 확대 보급하고 있으며, 하절기 야간냉방, 환절기 습도관리, 동절기 난방 등 다목적 공조기로 이용 분야확대 중에 있음
- 물절약형 냉방-수경재배를 위해 호주의 Port Augusta 지역에 20ha 규모의 Sundrop 농장이 설치되었으며, 집광형 태양광 발전(CSP, 39MW)으로 생산한 전기의 50%를 냉난방 공조에, 40%는 해수담수화에 사용하여 연간 15천톤의 토마토를 생산하고 있음



[그림 2-387] 호주 Sundrop 농장

- UAE의 ICBA(국제해수농업센터)에서는 팬앰패드 온실에 비해 물 및 에너지 효율이 각각 8배, 62배 높으며, 미스트 및 차광장치 등으로 구성된 그물온실(Net greenhouse)을 개발하였음



- 저온의 심층해수를 취수하여 팬앰패드와 열교환기에 공급함으로써 온실의 효율적 냉방과 응축수 재이용이 가능한 해수온실(Seawater greenhouse)이 개발되어 UAE와 오만 등에서 적용 시험이 수행되었음 (걸프뉴스, 2019)
- 최근 UAE에서는 일본에서 개발된 나노기술을 가진 하이드로겔을 작물 수경재배 배지로 이용하는 필름농법을 방울토마토 재배에 시험 적용하여, 물 및 농약 사용량이 절감되고 토마토 당도가 향상되었다고 보고됨
- 차광제를 온실 외부에 도포하여 시설내로 유입되는 빛을 차단하여 온도상승을 억제하는 기술은 유럽, 미국 등 농업선진국에서 활발한 연구가 진행 중이며, 아래와 같이 다양한 차광제가 출시되고 있음(2019.9월 현재)



- 적외선(IR) 광 반사 유리 검증 (쿠웨이트 KISR 연구소 과제, 대만산업기술협회 공동)
 - 목적: 적외선 반사로 온실의 냉방 효율 개선

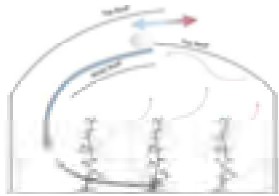




[그림 2-388] 적외선 IR 광반사 유리온실 검증 기사

□ 온실 냉방시스템 기술현황

○ 건축적 냉방 패키지 기술과 효과


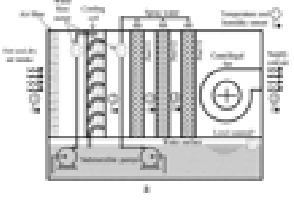



- 자연환기, 외부차양, 내부차양 등은 여름철 온실의 실내온도를 낮추기 위한 건축적 기술로 가장 많이 활용되고 있음
- 태양광은 온실의 실내온도를 상승시키는 주요 요인으로 차양을 통해 광량을 감소시킬 경우 실내온도는 하강시킬 수 있으나 작물 생육에 필요한 충분한 광량을 확보할 수 없어 냉방 기술로써 활용에는 한계가 있음


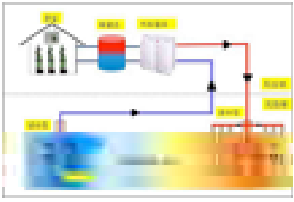
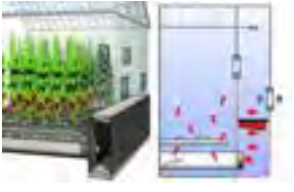
기술	개념도	설명	물성치	효과	평균효율	평가방법	위치	기후
자연환기		자연환기 모드에서 지붕과 문을 개방	-	기본				
외부 차양		검정 외부 차양은 실험 온실에서 70 % 음영을 제공하는 고밀도 UV 폴리에스테르 조각으로 구성	70% 차광	좋음	2~3 °C 감소	실험	중국	습한 아열대
내부 차양		내부 차양은 50 % 그늘 반사 알루미늄 섬유로 구성	50% 차광	우수				
다겹보온커튼		유리온실용 알루미늄 다겹보온커튼	알루미늄 다겹보온커튼	2.2 °C 감소 / 난방비용 87% 감소		실험	한국	-

- 일반적으로 온실 구조물과 내·외부 차양에 의해 실외의 광량에 15~50%가 감소하여 유입
- 자연환기는 지붕과 창문 등의 개방을 통해 실외의 공기를 실내로 유입하고, 이를 통해 작물의 적정 생육온도 및 CO2 농도, 습도 유지 등의 기능을 하지만 필요환기량과 온실 전체의 원활한 기류순환을 유도하는데 어려움이 있음
- 건축적 냉방 기술은 초기투자비가 상대적으로 저렴하고 동력 사용이 거의 없어 대부분의 온실 농가에서 적용하고 있지만, 설비적 냉방 기술과 대비하여 여름철 온실의 실내온도 하강 효과가 작음
- 건축적 냉방 기술을 활용한 온실의 실내온도 하강 효과는 위 표와 같음

○ 설비적 냉방 패키지 기술과 효과

- 강제환기팬, 증발냉각시스템, 히트펌프, 지하수 활용, 근권부나 작물체 주위 국부냉방, 지붕살수 등은 여름철 온실의 실내온도를 하강하기 위한 설비적 기술로 활용되고 있음
- 증발냉각시스템은 가장 경제적인 냉방 방법으로 패드시스템과 포그시스템이 대표적임
- 반밀폐형 공조시스템은 기본 팬-패드 대비 효율 200%(근거 : 네덜란드 D.L.V. 2000년)로 생육기간을 -1~+1 개월 늘리기 위하여 도입이 필수적임.

기술	개념도	설명	물성치	효과	평균효율	평가방법	위치	기후
기류 순환팬		공기와 식물 사이의 열교환을 향상시키기 위해 안정적이고 적당한 공기 흐름을 제공하기 위해 순환 팬 설치	90W	약함	2~3 °C 감소	실험	중국	습한 아열대
간접직접증발냉각유닛		증발식 냉각장치는 간접 증발식 냉각 열교환기와 3개의 패드로 구성되어 직접 증발식 냉각장치로 설계	물 25 L 용량, 2 개의 순환 펌프	12.1 ~ 21.6 °C 감소 / 효율 30.5%상승		실험	이라크	바그 다드
국소냉방장치		유리온실용 양액재배 배지 국소냉방장치	105kW (GSHP 난방용량)	4.7 °C 감소 / 난방비용 87% 감소		실험	한국	-
지하수 열원 히트펌프		지하수열원 히트펌프 파프리카 재배 벤로형 유리온실에 적용	105kW (GSHP 난방용량)	4.7 °C 감소 / 난방비용 87% 감소		실험	한국	-
증발 냉각 패드		길이 42.1m, 너비 1.9m의 셀룰로오스 종이 패드가 북쪽 벽에 위치. 남쪽 벽에는 10개의 1.1kW 강제배기팬이 설치	1.1 kW (10개)	보통	2~3 °C 감소	실험	중국	습한 아열대

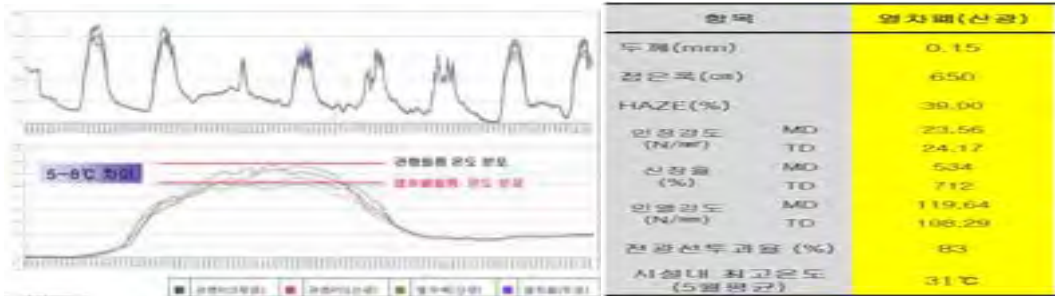
기술	개념도	설명	물성치	효과	평균효율	평가방법	위치	기후
포그 시스템		토마토 재배용 상업용 온실에 포그노즐 적용	2분 분사 1분 정지	온도 개선 크지 않음	0.9 °C 감소	실험	한국 논산	
계간축열 (히트 펌프)		냉열을 냉수로 전환하여 냉수정을 통해 저장하여 여름철 냉방에 사용 (야간만 냉방)	50RT 2대 히트펌프, 축열조40 m³	토마토 26% 증수		실험	한국 (부여)	-
반밀폐형 공조시스템		외부 공기가 흡입되어, 내부코일 로 흐르는 냉수로 인해 차가워진 공기가 전체 덕트를 통하여 온실 내부로 균일하게 공급 및 냉각	-	기존 팬-패드 대비 200% 효율		실험	네덜란드	-

□ 냉방기술 및 물절약 수경재배 시스템 의견

- 중동지역의 여름철 최고온도 45도/습도 10~60% 이상 및 물절감의 설계조건을 감안한다면, 반밀폐형 온실 시스템의 설치 및 물절약 시스템의 설치가 필수적으로 판단되며, 최대한 국산자재를 활용하여 적용 가능
- 차광도포제보다 국내업체 개발 피복재인 IR산광필름을 적용 가능

(참고 3) 농진청 권고 사막형 온실 피복재('19.10.16)

한국형 IR 차단 산광필름(PO), 농진청과제개발(일신화학, 삼동산업 등)

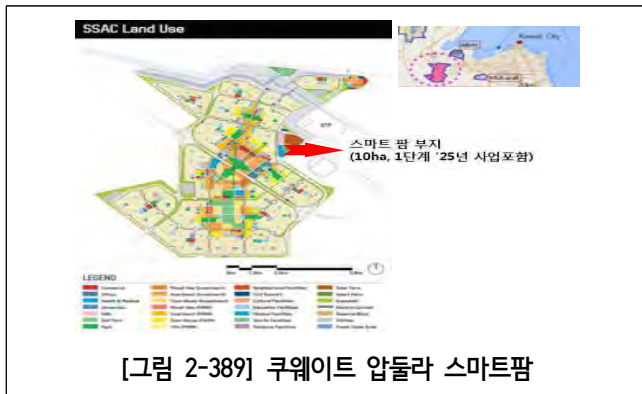


* 적외선 차단 소재를 필름에 적용하여 식물생장에 유용한 가시광선을 최대한 투과하고 근적외선 영역의 투과율 감소 (하절기 시설 내 온도상승 억제)

(4) 한국형 스마트팜 중동 프로젝트 추진 계획

- 중동지역의 국내 스마트팜 수출관련은 현재 초기 단계로 “물부족, 극 고온의 사막화 기후에 적합한 스마트팜 모델 정립 필요
- 중동에 한국형 스마트팜을 수출하기 위해서는 G2G, PPP 형태의 스마트팜 협력 사업 추진이 필요하며 사막 기후에 적합한 한국형 스마트팜 모델 개발 및 테스트 베드 사업 추진이 필요
- 제한된 농지, 사막화 진행, 심각한 물부족, 고온/극건조, 재배기술 및 인력부족·토양 등의 문제점은 사우디 및 인근 국가의 근원적인 장애요인으로 시설농업의 고도화가 필요함.
- (사업화 방안) 한국형 스마트팜을 쿠웨이트 고객을 대상으로 사업화하고 성공모델을 만든후 GCC 국가 수출

번호	대상 고객	사업명	진행 현황 및 향후 계획
1	쿠웨이트 농수산자원청(PAAFR)	시범온실 개선사업	· 농수산자원청 사업 협의('19.12.24)
2	쿠웨이트 주거복지청 & 한국NH공사	압둘라 스마트팜 (10ha 이상)	· 스마트팜사업 사전조사 완료(보고서) · NH공사 "마스타 플랜" 확정 ('19년 12월) · 10ha 기본사업 체결 협의 중('21년 상반기)



(5) 압둘라 신도시 스마트팜 사업

□ 사업위치 및 면적

- 쿠웨이트시 서쪽 30km지역으로 신도시 지역의 북측 6번도로 인접.
- 스마트팜 면적: 전체 6,440ha 신도시 면적(서울면적 약 1.1배) 중 10ha



□ 주요 시설계획

- (생산시설) 농산물 생산성 향상 및 품질제고를 위한 ICT 융복합 기술 적용한 스마트팜 온실 신축
- (배후시설) 산지유통센터(APC)에 ICT 기술을 접목하여, 자동 선별 및 포장, 저온저장, 이력추적 등이 이루어지는 스마트 물류시스템 구축
- (기반시설) 스마트팜 단지 조성을 위한 용수(시설, 생활), 전기, 부지 정리, 내부도로, 오폐수 처리 시설 등 기반시설 조성

내공사 쿠웨이트 압둘라 신도시 개발 : 본 사업은 쿠웨이트의 국가계획 신도시 입지 중 가장 우수한 지역으로 쿠 주거복지청과 내공공간 G2G 협력 구도하에 공동투자를 통한 특수목적회사를 설립하여, 내공사 최초로 디벨로퍼로서 해외신도시 투자사업 진행



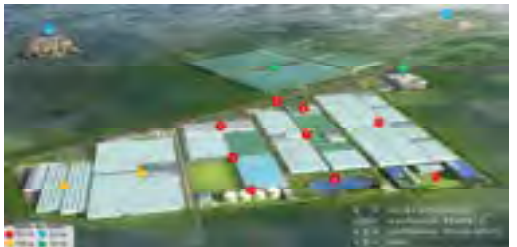
* 목표건설호수 25,000~40,000호 (4단계 개발로 2035년 완료 예정)

(6) 중동지역 특화 사업 추진 전략

(가) 한국형 스마트팜 혁신밸리사업 모델 수출

- 우리나라의 스마트팜 혁신밸리는 정부주도형 사업모형으로 쿠웨이트 등 국가의 식량안보를 위한 국가 스마트팜 단지를 조성하는 데 적합한 모델로 중동 국가에 생산단지, 유통단지, 교육단지, 주거단지 등을 포함하여 국가 스마트팜 단지조성 사업 모델로 수출할수 있다. 단지, 중동에 적합한 한국형 스마트 팜 조성이 중요하며 스마트 팜 온실 단지의 에너지 활용 기술은 스마트 팜 수출 경쟁력 확보에 중요한 요인이 될 것이다.

[표 2-259] 한국의 스마트팜 혁신밸리사업

구 분	경 북	전 북
위 치	· 경북 상주시 사벌면 일원 (총 부지 42.7ha, 총 1,326억원)	· 전북 김제시 백구면 일원 (총 부지 19.4ha, 총 907억원)
조감도 (잠정)		
주요 특징	· 스마트팜 주력품목과 플랜트 수출 거점화 · 청년 유입-성장-정착의 원스톱 지원 모델 구축 · 청년 임대주택 조성(‘20~), 복지 편의시설로 문화거리 조성(‘20~)	· 농생명 연구개발(농진청-종자센터-식품클러스터) 밸리 조성 · 품목(종) 다변화가능성 식품 개발 * 아스파라거스, 결구상추, 오이 등 · 인근 기존 농가 시설의 개보수 추진(~’22, 128개 온실)
구 분	경 남	전 남
위 치	· 경남 밀양시 삼랑진읍 일원 (총 부지 22.1ha, 총 876억원)	· 전남 고흥군 고흥만 일원 (총 부지 29.5ha, 총 1,056억원)
조감도 (잠정)		

자료: 한국농어촌공사

(나) 스마트팜 테마파크 사업 모델 수출

○ 개요

- 스마트팜 테마파크는 스마트팜 농업과 관광 등 6차 산업이 융합된 테마파크로, 농업(1차산업)과 식품, 특산품 제조가공(2차산업) 및 유통판매, 문화, 체험관광 서비스(3차 산업) 등을 연계하여 부가가치를 창출하는 사업 모델임

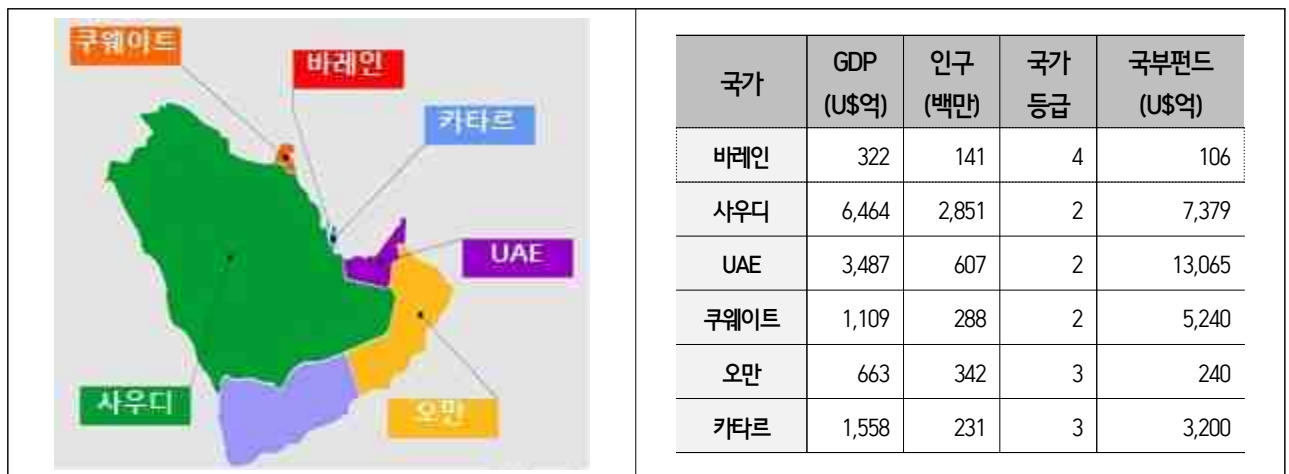
○ 성공 사례 (영국영국 콘웰 에덴프로젝트(Eden-Project))

- 콘웰 지역은 점토광산지역으로 영국의 도자기 산업 쇠퇴와 버려진 폐광으로 지역경제가 침체를 맞게 되었으나 정원 복원 사업으로 성공함. 친환경 교육 및 위락용 실내정원 및 야외 식물 전시장 등으로 구성되어 있음



(다) 걸프협력회의의 (GCC ; Gulf Cooperation Council) 국가로 확대 수출

- 걸프협력회의는 걸프(페르시아만) 연안의 산유국들이 회원국 간의 경제발전과 안전보장 확립 목적으로 1981년 결성.



[그림 2-394] 중동지역 GCC 6개 국가 개요

- 걸프협력회의 국가의 정치 . 사회 . 경제적 특성
 - 종교, 언어, 정치체제를 공유하는 단일 문화권(이슬람교, 아랍어, 왕정체제 군주국)
 - 모든 회원국들이 산유국으로, 국가경제가 국가유가 변동에 민감
 - 이란에 대한 각국의 정치적 이해관계 차이(사우디는 수니파의 맹주로 시아파의 맹주인 이란 견제, 아랍 에미리트와 쿠웨이트는 중립, 오만, 카타르는 이란과 우호적)
 - EU 수준의 연방체제 추진(걸프연합)에는 이견
 - 에너지자원의 최대 공급원(세계 원유 47.9%, 가스 43.2%) ; 연간 국내 원유 수입액의 83.7%, 천연가스 수입액의 56.6%임
- 한국의 해외 플랜트, 건설 부문의 전략 수출지역
 - 현재, 제조업 기반 확충을 위하여, 자유 무역지대, 금융, 물류, 교육 및 신도시 건설 사업을 추진(최대 공공 발주 시장임)
- 한국 경제 성장의 다양한 경험과 노하우의 관심으로 신규분야 진출에 우호적임.
- 걸프협력기구(GCC) 6개국 최우선 정책
 - 걸프협력기구(GCC) 국가들은 인구증가, 물 부족, 농산물 수입의존, 등의 여건으로 “식량안보”가 국가 최우선 정책임.
 - 중동 6개국의 식량 총수입액은 59조원(2020년 예상)
- 중동 6개국 농업 현황
 - 1인당 GDP는 4만7,500달러(2016년) 의 높은 수준임. 곡물, 채소 등의 식량 수입이 평균 85% 이상으로 채소 수입은 23만톤임



- 온실 면적은 13,000ha이며, 현지 냉방은 물/에너지 소비가 많은 패드-팬 방식임.
- 중동국가는 한국 건설부문의 근면성과 신뢰성을 바탕으로 농업분야로의 확대와 한국의 “농업경험”과 “스마트팜” 도입에 관심이 있음

나. 쿠웨이트 스마트팜의 필요성

(1) 필요성

□ 농업 특징

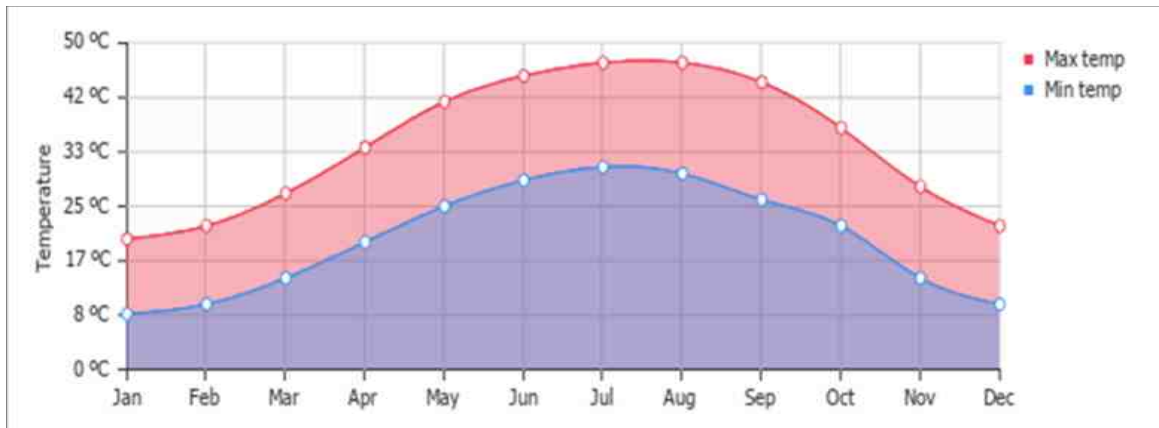
- 전체 국토의 약 0.6%에 해당하는 약 10,600ha를 경작지로 활용
- 국내 생산능력으로는 국민들이 소비하는 과일과 채소에 대한 수요 증가를 맞추지 못해 대부분의 농산물을 수입에 의존하고 있음.
- 쿠웨이트에서 생산 하는 농산물의 종류는 오이, 가지, 파프리카, 토마토, 호박, 딸기, 감자 등으로 제한적이며, 토양은 유기물 함유량이 적어 영양소 보유능력이 낮고 수분 보유 능력이 떨어져 과일과 채소의 생산능력이 낮음.

- 관개에 필요한 천연 수자원이 미미해 대부분의 물은 전기를 많이 소비하는 담수화 플랜트에서 생산됨.
- 국내 농부들은 전기 보조금이 없기 때문에 그 비용을 감당할 수 없는 농업인들이 많음
- 따라서 혹독한 기후 조건과 취약한 물과 토양 자원은 쿠웨이트의 농업 부문이 직면한 주요 제약 조건임.

□ 쿠웨이트 날씨

- 사막 지형에 위치하며 고온건조하고 여름이 길며 겨울은 짧음
- 가끔 비가 내리는 것이 특징인 대륙성 기후를 가지고 있음.
- 샌드스톰은 여름 동안 종종 발생함.
- 여름 최고 기온은 50°C 이상 도달하는 경우도 있음.
- 겨울은 짧은 기간에도 불구하고 따뜻하며 온도는 18°C에서 0°C임.

[월별 평균 최소 및 최대 기온 (oC)]



평균 최고 기온 : 20~48 oC
 평균 최저 기온 : 8~32 oC

- 겨울의 강수량은 불규칙하고 양적으로 1년마다 다름.
- 가을 및 봄철에는 짧은 기간으로 구분됨.

[월별 평균 강수량 - 2019년]



평균 최대 강수량(월) : 1월 (약 27mm)
 평균 최소 강수량(월) : 6월~9월 (약 2~3mm)

□ 쿠웨이트 수경농업

- 토양의 높은 염분함유율을 극복하기 위한 대안으로 수경농업을 도입해 시도하고 있음
- 저비용으로 생산성 증대 및 쿠웨이트의 자연적 제한요소를 극복할 수 있는 방법임.

- 1955년 걸프 국 중 최초로 수경농법을 도입해 첫 해 500평방 미터를 시작으로 1962년 2000평방미터로 확장
- 쿠웨이트를 시작으로 1976년 중동 시장에 처음으로 수경농법이 화훼와 채소 생산에 도입

□ 주요 작물·과일 생산현황

- 주요 생산 식량과 농산물은 야채, 우유, 가금육 등임.
- 겨울&여름 그리고 반년 제 작물들은 과일, 잎이 무성한 채소, 감자, 뿌리채소 등 포함됨.
- 고추, 가지, 호박, 토마토, 오이, 상추, 피망 등 채소나 딸기 같은 과일을 Green House에서 재배하고 또는 이웃나라로 수출도 하고 있음

□ 주요 작물 수입 및 수출 유통 현황

- 쿠웨이트 내 소비되는 야채, 과일에 대한 통계자료가 부족함
- 조사내용에 의하면 쿠웨이트 생산 야채류의 가격은 수입 야채와 비교해 상당히 저렴한 수준임
- 쿠웨이트 내 생산되는 야채나 과일을 제외한 전체 소비량은 수입에 의존하고 있으며, 주요 수입국은 2017년 기준 이집트, 인도, 미국, 남아공 순위임
- 쿠웨이트산 야채는 자국은 물론, 해외 수출도 이뤄지고 있으며, 주요 수출국은 2017년 기준 이라크, 카타르, 요르단 순임.

(2) 쿠웨이트 농업 정책

□ 관련 정부 기관

- 기관명 : 쿠웨이트 농수산청 (PAAFR)
- The Public Authority of Agriculture Affairs & Fish Resources
- 홈페이지: www.paaf.gov.kw
- 농어업 부문의 발전을 위해 만들어진 정부기관
- 직접 및 간접적 지원을 통해 농민들의 농산물 생산을 지속 하도록 다양한 인센티브를 제공하고 있음
- 쿠웨이트 농업 분야를 전반적으로 조정 및 모니터링 하고 있으며 쿠웨이트 식량안보를 목표로 함.
- Smart Farm에 대한 정책은 농수산청에서만 관리함

□ PAAFR 정책

- 2017년 농업 (어업 포함)은 GDP의 0.4%를 차지하였으나, 경제 활동 인구의 약 4 %가 농업인구이며 거의 모두 외국인임
- 농장주 대부분은 투자자이며, 농업 부문은 과일과 채소를 현지 마켓에서 판매를 하고 있는 실정
- 2017년 총 농지 면적은 178 ha이나 물과 경작지가 부족하여 농업개발은 제한적임
- 또한, 쿠웨이트 중남부 지역에 있는 농업에 적합한 대부분의 토양 역시 이라크 군인이 지역의 유정에 불을 피우고 광대한 “오일호수”를 만들면서 파괴되었음

□ 스마트팜 관련 정부 지원사업

- 현재로서는 정부가 지원해주는 국내 및 해외프로젝트가 수행되고 있지는 않지만, 총 10,000ha의 토지 면적이 경작을 위해 개별 지역 회사에 분배되고 있으며, 관심 있는 기업들의 참여 권장



(3) 스마트팜 시장분석

□ 스마트팜 수요동향

- 쿠웨이트는 지구 온난화 문제를 해결하기 위한 하나의 해결책으로 통합농업 시스템을 구축하고자 함
- 통합 농업 시스템은 온실 가스 배출량을 줄이면서 천연자원을 효율적으로 사용하고 폐기물을 줄여 농장을 드나드는 자재의 필요성을 줄일 것임.
- 통합 농업 시스템 사용은 건강하고 깨끗한 식량 생산의 질과 양을 향상시키며 식품 품목의 수입 의존도를 절감할 수 있음
- 농업기술 전문가들에 따르면 저렴한 비용으로 생산량을 늘리는 등 다양한 장점을 지닌 수경법 농업을 기존 농업방식의 문제점을 극복할 수 있는 대안 방법으로 보고 있음
- 쿠웨이트 정부는 농업 분야에 개혁의 필요성은 인지하고 있으나 아직은 구체적인 개발 계획이 없는 상황이며 농업 분야에 대한 정부 관심이 타 분야에 비해 매우 낮은 편임.
- 정부가 아닌 민간 기업에서 쿠웨이트 농업의 제약적인 조건을 개선해 농산물 생산을 증진시킬 수 있는 스마트팜 기술 대안이 있다면 적극적으로 내용을 검토하고 적합 시 도입할 의향은 있음
- 하지만 쿠웨이트는 외국인 인건비가 저렴해 인력 농업생산이 오히려 경제적인 이 점이 크기 때문에 초기 투자비용이 큰 스마트팜 사업 도입이 어려운 것이 현실임.
- 쿠웨이트에서 큰 규모를 가지고 있는 농업 관련 민간기업인 Finance Manager Shrief Ahmed Bader Al-den 인터뷰에 따르면 "쿠웨이트 농업시설에서 최고의 관심기술은 온도 조절 기술과 자동급수 시스템 순이다. 토양과 수자원의 염분농도 문제해결 등도 주요 과제라고 생각하며 한국의 스마트팜 기술에 대해 관심이 많고 정보를 원한다"고 함.

□ 농산물 소비량 및 자체 생산량

종류	자체생산율 (%)	수량 (톤)			비고
		소비량	수입량	자체생산	
토마토	64%	162	57	104	
감낭콩	30%	17	12	5	
가지	78%	41	9	32	
오크라	60%	8	3	5	
호박	76%	24	6	19	
피망	42%	33	19	14	
양배추/브로콜리	45%	24	13	11	
오이	99%	70	1	70	
감자	36%	144	92	52	
양파	7%	104	96	8	

□ 농산물 수출입 동향

[표 2-26] 신선 야채 수입 및 수출현황 - 2018

상품명	수출		수입		비고
	Value(1,000 KD)	수량(톤)	Value (1,000 KD)	수량(톤)	
토마토	484	3,960	11,178	61,433	
애호박	0.4	2.0	1,929	11,940	
가지	19	245	1,784	9,113	
오크라	0.3	5.0	2,311	3,211	
호박	0.3	5.0	1,025	5,946	
피망	29	260	5,669	19,652	
양배추/브로콜리	1.0	8.0	2,070	12,939	
오이	210	1,266	678	1,837	
감자	896	9,749	11,610	102,107	
양파	159	1,888	9,620	97,923	
마늘	163	1,933	3,512	9,858	
당근/무	29	367	3,316	20,984	
옥수수/옥수수	1.0	1.0	4,073	1,658	
사탕무	2.0	10.0	779	3,588	
양배추	0.3	2.0	1,220	10,052	
상추	6.0	39.0	6,054	17,217	
샐러디	-	-	390	372	
완두콩	-	-	79	111	
감낭콩	11	87	828	2,449	
누에콩	114	265	338	2,242	
열매	271	2,703	9,652	56,969	
딸기	-	-	6,259	3,073	
기타	515	4,625	11,402	18,056	
Total	2,911	27,440	95,776	472,730	

(4) 스마트팜 기업체 현황

[버섯 농장]

- 사우디에 본사를 둔 Al Faisaliya사는 쿠웨이트에 일년내내 통합 된 기후 제어 버섯 생산 개념을 계획한 최초의 회사로 버섯 생산은 흰색 버튼 버섯, Portabella (포르타 벨라) 등임
- 현재의 목표는 쿠웨이트에서 가장 바람직한 흰색 버튼 버섯을 국내 수요를 충족시키기 위해 생산하는 것임
- 현지 회사가 NPP (Native Plant Project)를 수행하고 있으며 이 프로젝트의 주요 목표는 인프라를 개발하고 KISR (쿠웨이트 과학연구소)과 협력하여 다양한 식물재배를 목표로 대규모 운영을 시작하는 것이며, 토종 식물을 통해 생물 다양성을 보존하는 것임

[파이살 술탄 Al Essa Estd]

- Al-Faisaliya Farm PO Box 24080 Safat 13101 Kuwait
- 농장 위치 : Wafra, Block 9, Off Road No.800
- 수경재배
 - 수경법 또는 토양이 없는 배양은 자갈, 질석, 암면, 이끼, 톱밥, 야자 껍질과 같은 비활성 매체를 사용하고, 최적의 식물 성장에 필요한 모든 영양소 요소를 공급하는 영양 용액으로 식물을 재배하는 기술
 - Al Faisaliya의 수경법 시스템은 소유자가 자랑할 수 있는 최첨단 기술 모델
- 쿠웨이트의 다른 농장에는 이와 같은 고급 농산물 생산 시스템이 없으며, 이 기술은 한국에서 왔으며 쿠웨이트 조건에 맞는 추가 옵션이 있음
- 기존 생산 시설은 전자동 마이크로 프로세서 보조 발효 컨트롤러 외에도 기후 컨트롤러 및 재활용 시스템을 갖춘 약 2ha 규모
- NFT (Nutrient Film Technique)와 폐쇄 형 이탄 매체와 같은 두 가지 수경법 활용
- 주요 작물은 양상추, 토마토, 오이, 고추 및 엽채류임
- 버섯 : Al Faisaliya는 쿠웨이트에 일년 내내 통합 된 기후 제어 버섯 생산 개념을 계획한 최초의 회사로 버섯 생산은 흰색 버튼, 포르타 벨라 및 굴에 중점을 두고 쿠웨이트에서 가장 바람직한 흰색 버튼 버섯을 국내 수요를 충족시키기 위해 생산하는 것임
- 야채생산 : 발아, 번식, 수정, 식물 보호, 수확 및 수확 후 작업은 관리자의 엄격한 감독 및 통제하에 수행되며, 수확 후 처리는 특수 실에서의 세척, 세척 및 분류로 구성, 채소 저장하고 유통 기한을 향상시키기 위해 Faisaliya 농장은 온도 제어 냉장 제공



□ 재원 확보방안

- 스마트팜에 대한 국제 프로젝트는 제한적이지만 정부 프로젝트 안에 한국토지주택공사(LH)가 총 4만 가구 규모의 압둘라 신도시가 개발되는 지역에 개발 가능하며, 재원은 개인 팜 사업자가 국제 협력 사업을 통하여 확보하여 추진 권장함

(5) 한국형 스마트 팜 생산단지 계획

- 쿠웨이트의 한국형 스마트 팜 생산단지 구축의 목표는 안정적인 생산기반 구축을 통해 농업 생산의 수익성을 제고 하는데 있음.
- 안정적인 생산기반으로 내수 시장의 식량 공급을 확대하고 온실의 기술 수준을 높여 시설 농업의 토대를 마련해야 함.
- 농산물의 생산성, 품질의 안정성과 동시에 부가가치를 높일 수 있는 농업의 6차 산업화 기반을 구축해야 함.

(가) 1단계 스마트 팜 생산 단지 (토마토 온실, 1ha)

- 목표 : 토마토의 안정적인 생산 능력 및 품질 향상으로 한국형 스마트팜 온실 단지 구축
- 시설 토마토 생산성은 유리 온실 기반의 네덜란드가 세계 최고 수준의 생산량을 기록하고 있으나 일본은 토마토의 품질을 높여 가격 경쟁력으로 수익성을 높이고 있음.

[표 2-261] 토마토 생산성 비교

항목	네덜란드 (1ha)	한국 (1ha)
생산성	600톤~800톤	300톤 ~ 600톤
온실 구조	유리 온실	플라스틱 온실
생산비	US\$ 200,000~300,000	US\$ 100,000~200,000

- 시설토마토 1ha 운영 시 수익성 예측

[표 2-262] 토마토 1ha 수익성 예측

번호	구분	시설토마토	비고
1	생산량(kg/ha)	300,000	1ha당300톤 생산량
2	단가(US\$/kg)	1	품종에 따라2~3\$
3	수입(A) (1*2)US\$	300,000	
4	생산비(B)US\$	180,000	경영비 한국 기준
5	수익(A-B)	120,000	

- 1 단계 토마토 1ha 스마트 팜 생산 단지 사업비 예측

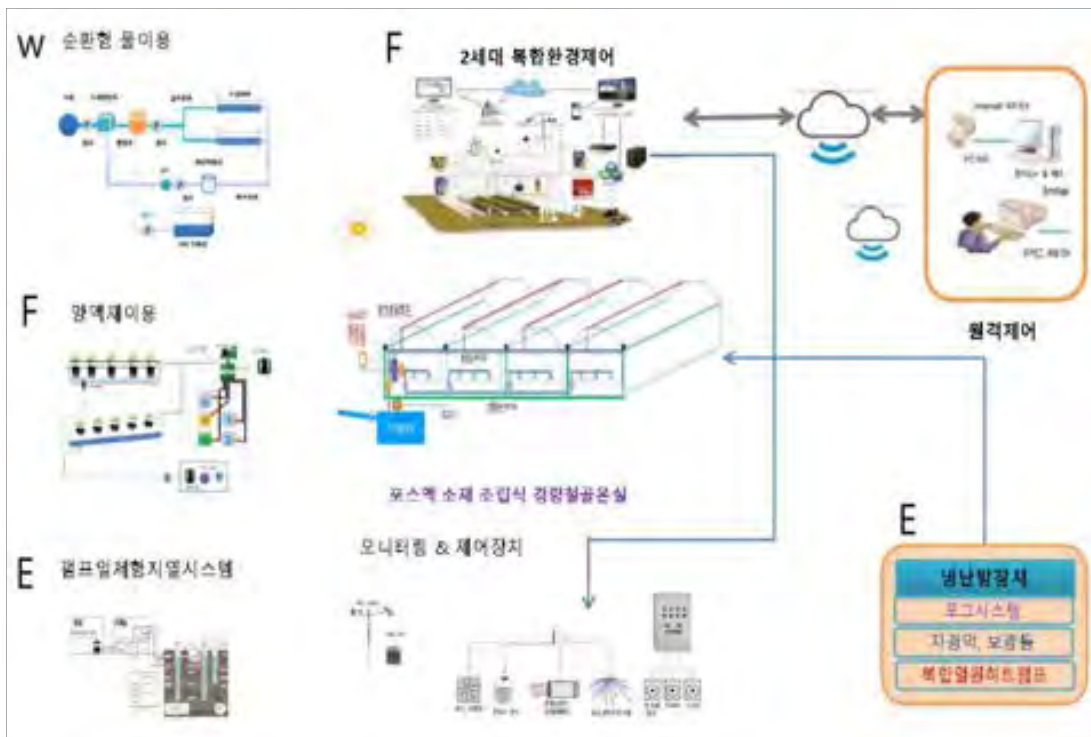
[표 2-263] 1단계 토마토 스마트 팜 1ha 사업비 예측

구분	항목	수량	단위	단가 (US\$)	금액(US\$)	비고
1	자동화온실	1	ha	2,100,000	2,100,000	
2	저온저장창고 및 선별장	1	동	50,000	50,000	9m*40m
3	재배기술자	1	인	120,000	120,000	12개월
4	보조재배기술자	1	인	70,000	70,000	12개월
5	소계				2,340,000	`

- 1단계 토마토 4ha 생산 단지 구축에서 재배기술 및 스마트 팜 운영 기술 교육 프로그램이 포함 되어야 함.
- 토마토 생산 단지에 구축 될 스마트 팜 기술 수준은 K-Plant 스마트 팜 분류 기준 1단계 스마트 팜으로 농가의 편의성을 향상 시키는데 목적을 두고 있음. 기술 수준 기본 구성으로 센서 노드(각종 센서의 데이터를 네트 워크에 연결), 스마트 링크(네트워크 구성 및 인터넷 연결), 제어기 노드(네트워크로부터 제어 명령 수신), 스마트 영상(원격지에서 농업 시설 영상 모니터링)으로 구성 함.
- 1 단계 사업은 한국형 스마트 팜이 중동 시장에 진출하기 위한 기본 단계로 기존 스마트 팜 시장에 진출한 네덜란드를 포함한 경쟁국들과의 가격 및 기술에서 우위를 확보 해야 함.
- 스마트 팜 해외 시장의 선두로 네덜란드가 있으며 각 국가들은 가격 및 기술 수준으로 치열한 경쟁을 벌이고 있음.
- 한국은 ICT 기술 경쟁력을 스마트 팜에 접목 시킴으로써 네덜란드의 기술 수준을 추격 하고 있음.

[표 2-264] 국가별 스마트 팜 경쟁력

기술수준	국가	낮은가격	국가	금액(US\$/ha)
1	네덜란드	1	중국	300,000~750,000
2	일본	2	터키	500,000~1,000,000
3	한국	3	한국	750,000~2,100,000
4	터키	4	일본	975,000~1,950,000
5	중국	5	네덜란드(유리온실)	1,500,000~2,600,000



[그림 2-395] 중동형 K-Plant 개념도

(나) 2단계 스마트 팜 생산 단지 (파프리카, 딸기) (7ha)

- 목표: 총 7ha 의 스마트 팜 단지로 안정적인 생산과 수출 시장이 요구하는 품질 기준을 만족하는 작물 생산
- 2단계 주요 시설은 스마트 팜 재배환경 설비를 보완하여 생산성과 품질을 국제 기준에 맞추기 위해 1 단계 스마트 팜 보다 재배 환경 관리 시스템 기술력이 향상된 스마트 팜을 적용 함.

[표 2-265] 2단계 스마트 팜 생산단지 8ha 수익성 예측

번호	구분	파프리카(4ha)	비고
1	생산량(kg/4ha)	800,000	1ha당200톤 생산량
2	수출단가(US\$/KG)	5	
3	수입(A) (1*2)	4,000,000	
4	생산비(B)	2,400,000	한국 생산비 적용
5	수익(A-B)	1,600,000	
번호	구분	딸기(3ha)	비고
6	생산량(kg/4ha)	180,000	1ha당60톤 생산량
7	수출단가(US\$/KG)	7	
8	수입(A) (1*2)	1,260,000	
9	생산비(B)	756,000	한국 생산비 적용
10	수익(A-B)	504,000	

- 2단계 생산단지는 시설작물의 수출을 목표로 하고 있기 때문에 수출에 필요한 유통, 물류, 마케팅 조직을 함께 운영 하여야 함.
- 네덜란드의 경우 생산된 작물을 자국의 발전된 유통 채널을 통해 해외 시장으로 유통 시킴으로써 수익성을 제고 하고 있음.
- 2단계 스마트 팜 생산단지 사업비는 스마트 팜 온실의 고품질화로 초기 투자금이 상승하였고 수출 기반의 생산 단지에 필요한 산지농산물 유통 센터(APC)가 계획되어 있음.

[표 2-266] 2단계 8ha 사업비 예측

구분	항목	수량	단위	단가(US\$)	금액(US\$)	비고
1	자동화온실	8	ha	2,100,000	16,800,000	
2	APC 센터	1	ha	3,000,000	3,000,000	
3	재배기술자	3	인	120,000	360,000	12 개월
4	소계				20,160,000	

(나) 3단계 스마트 팜 생산 단지 (토마토, 딸기, 파프리카) (12ha)

- 목표: 3단계 스마트 팜 생산 단지는 총 12ha 이며 2단계에서 수출기반 생산단지를 통해 수출을 위한 작물의 안정적인 생산성 검증, 품질 기준 확보, 스마트 팜 운영 인력의 교육 및 양성된 자원을 바탕으로 향후 수출 전문 생산 단지 전국 확산을 위한 중동 현지 사정에 맞는 표준 모델을 제시 함에 있음.
- 3단계 스마트 팜 생산단지는 12ha의 스마트 팜 온실, 교육 및 R&D 센터로 이루어져 있으며 교육 센터에서는 한국 스마트 팜을 운영할 수 있는 인력을 양성하고 R&D 센터에서는 부가가치를 높일 수 있는 시설 작물재배 연구를 한국과 국제공동으로 수행 하게 됨.
- 3 단계 스마트 팜 생산 단지를 통해서 개발되는 스마트 팜의 설계는 중동 현지 실정에 맞는 표준형 모델로서 향후 양산체제를 갖추 수 있도록 현지 온실업체, 연구단체, 농업회사, 정부 대표 등이 공동으로 수행하는 연구가 진행 되어야 함.
- 온실 단지 12ha 의 재배 작물은 토마토 (4ha), 파프리카 4ha, 딸기 4ha로 계획 됨.

[표 2-267] 3단계 스마트 팜 12ha 수익성 예측

번호	구분	토마토(4ha)	비고
1	생산량(kg/ha)	800,000	1ha 당 200 톤 생산량
2	수출단가(US\$/kg)	5	
3	수입(A) (1*2)US\$	4,000,000	
4	생산비(B)US\$	2,400,000	1ha 생산비 US\$200,000
5	수익(A-B)	1,600,000	
번호	구분	파프리카(4ha)	비고
6	생산량(kg/4ha)	800,000	1ha60 톤 생산량
7	수출단가(US\$/KG)	5	현지소매가 15~20\$
8	수입(A) (1*2)	4,000,000	
9	생산비(B)	2,400,000	한국생산비 기준
10	수익(A-B)US\$	1,600,000	
번호	구분	딸기(4ha)	비고
11	생산량(kg/ha)	240,000	1ha 당 200 톤 생산량
12	수출단가(US\$/kg)	7	
13	수입(A) (1*2)US\$	1,680,000	
14	생산비(B)US\$	1,008,000	한국생산비 기준
15	수익(A-B)US\$	672,000	

- 3단계 스마트 팜 생산단지 12ha 는 수출 주도형 작물 토마토, 파프리카, 수출 및 내수용 딸기가 포함되어 있음

[표 2-268] 3단계 스마트 팜 생산단지 12ha 사업비 예측

구분	항목	수량	단위	단가 (US\$)	금액(US\$)	비고
1	자동화온실	12	ha	2,100,000	25,200,000	
2	교육 및 R&D 센터	1	ha	3,000,000	3,000,000	
3	재배기술자	3	인	120,000	360,000	12 개월
4	소계				28,560,000	

(나) 결론

- 한국의 스마트 팜 기술의 장점은 ICT 기반과 플라스틱 온실 구조로 가격 및 품질 경쟁력이 있음.
 - 냉방을 강화한 플라스틱 온실 구조로 ICT 1.5세대 수준의 한국형 스마트팜으로 재배하면 쿠웨이트에서 사업성이 있는 것으로 나타났음.
 - 단지, 수익성은 농산물 가격에 좌우되고 품질에 따라 달라지므로 고품질, 고가 전략으로 사업을 추진할 필요가 있음
 - 본 사업비에는 토목, 전기, 상하수도 등 인프라 비용은 포함되어 있지 않음

< 사업비 회수기간 >

단계	면적(ha)	단가(US\$)	사업비 US\$	수익 US\$	회수기간(년)
1	1	2,100,000	2,100,000	600,000	3.5
2	7	2,100,000	14,700,000	2,104,000	7.0
3	12	2,100,000	25,200,000	3,872,000	6.5
계	20	6,300,000	42,000,000	6,576,000	6.4

- 사업비에 대한 정부 보조율 30% 적용시 사업비 회수기간은 6.4년에서 4.5년으로 단축할수 있으며, 50% 적용시 3.2년으로 줄일수 있어 농가를 위한 쿠웨이트 정부의 보조금 정책이 필요함

< 정부보조율과 회수기간 관계 >

정부 보조율(%)	사업비	회수기간
0	42,000,000	6.4
30	29,400,000	4.5
50	21,000,000	3.2

다. K-Plant 수출사업화 조직 계획 수립

□ 추진배경

- 스마트팜 수출연구사업단의 조직화를 위하여 법인유형, 법인특성, 법인 설립프로세스, 법인 주무관청 허가 전후 과정, 주식회사, 조인트벤처, SPC 등 다양한 법인유형을 분석하여 수출사업단 법안화 방안 마련함

□ 법인 설립을 위한 준비

(1) 재단법인 사단법인 민간법인 등의 비교

- 법인 설립 5가지 종류의 법인이 있으며, 다음과 같은 형태의 차이가 있음

구 분	주식회사	협동조합	비영리 사단법인	비영리 재단법인	공유기업
근거법률	상법	협동조합기본법	민법	민법	상법
사업목적	이익 극대화	조합원 실익	공익	공익	공유 이익 극대화
운영방식	1주1표	1인1표	1인1표	정관 기준(기부금 납부액 기준 vs 1인 1표 기준) 총회	1주 1표
설립방식	법원 신고	신고 또는 인가	주무부처/지자체 인가	주무부처/지자체 인가	법원 신고
책임범위	유한책임	유한책임	해당없음	유한책임	유한책임
규 모	다양	주로 소규모	주로 대규모	소규모, 대규모 병존	주로 소규모
성 격	물적결합(자본금)	인적결합	인적결합	물적결합(출연금)	물적결합(자본금)
법인 해산	주주총회 결의	조합원 결의	사원총회 결의	임의 해산 불가	주주총회 결의
사업(예)	업종 불문 (불법 업종 제외)	금융, 보험 분야를 제외한 모든 분야	학회, 협회, 학교, 병원, 자선단체, 종교단체 등	공익적 재단, 연구소, 병원 등	공유 자원 기반 업종
장점	책임과 소유 분리 용이한 자금 조달	일자리 창출 효과 큼 1노동자 1주주	기부금 처리 가능 다양한 형태 가능	기부금 처리 가능 공익성 추구 시 용이	초기 투자 비용 적음 공유자원 활용 용이
단점	상법 적용으로 회계 투명 기준 높음	느린 의사결정 속도 대표의 리더십 중요	자금 조달 어려움 사업 규모 제한성	주무부처의 감사와 관리가 부처별 다르며 까다로움	사업모델의 제한성

(2) 사단법인 VS 재단법인 특성 비교

사단법인	<ul style="list-style-type: none"> - 다수의 사람들이 일정한 공동목적을 위하여 결합한 사람의 집합체 - 총회에 의하여 자기의사를 결정하고, 집행기관에 의해 대외적으로 집행
재단법인	<ul style="list-style-type: none"> - 일정한 목적을 위하여 출연한 재산에 대하여 법인격이 인정된 단체 - 설립자의 의사에 의하여 구속되며, 비영리를 추구하는 경우에만 설립가능

구분	사단법인	재단법인
법인의 구성	일정한 목적을 위해 결합한 사람	일정한 목적을 위해 출연된 재산
법인 형태	영리 및 비영리 모두 존재	비영리 형태만 가능
설립 행위	2인 이상의 설립자가 정관을 작성해 주무관청 허가 得	설립자가 재산 출연 후 정관 작성해 주무관청 허가 得
정관변경	사원총회의 결의 + 주무관청 허가	주식청약서에 기재한 은행 그 밖의 금융기관에 납입
납입의 해태	민법의 일반원칙에 따름	정관에 정관변경방법 기재 + 주무관청 허가
법인의 기관	사원총회의 의사결정	설립자의 의사
법인 해산	임의 해산 가능	임의 해산 불가

(3) 법인 설립 프로세스

○ 사단법인 및 재단법인 설립은 다음과 같은 프로세스로 진행됨

사단법인	재단법인
목적 설정	목적 설정
설립자 구성 (2인 이상 필요)	설립자 재산 출연
명칭 설정	정관 작성 (목적, 명칭, 소재지, 각종 규정)
정관 작성 (목적, 명칭, 소재지, 각종 규정)	재단법인 주무관청 확인
창립총회 개최	주무관청에 재단법인 설립허가 신청 및 받기
주무관청에 설립허가	관할법원에 설립등기
관할법원에 설립등기	설립신고(사업자등록)
설립신고(사업자등록)	

(4) 사단법인 주무관청 허가 전후 과정

- 실무적 차원에서 다음과 같은 단계를 거침
 - 주무관청 허가 전후 과정(발기인, 사업계획서 등이 매우 중요)



(5) 주식회사

- 주식회사 설립은 설립 투자자와 유상증자 투자자 관점에서 다음과 같은 프로세스로 진행됨



(6) 조인트 벤처

- 조인트벤처는 2개 이상의 기업이 공동의 목표를 달성하고자 상호 간의 출자(현물, 현금 등)로 이루어진 법인을 의미함
- 일반적 형태(2개 회사 합작 투자 방식)



○ 3개 이상이 참여(콘소시엄 형태 합작 투자)



[조인트 벤처의 장점]

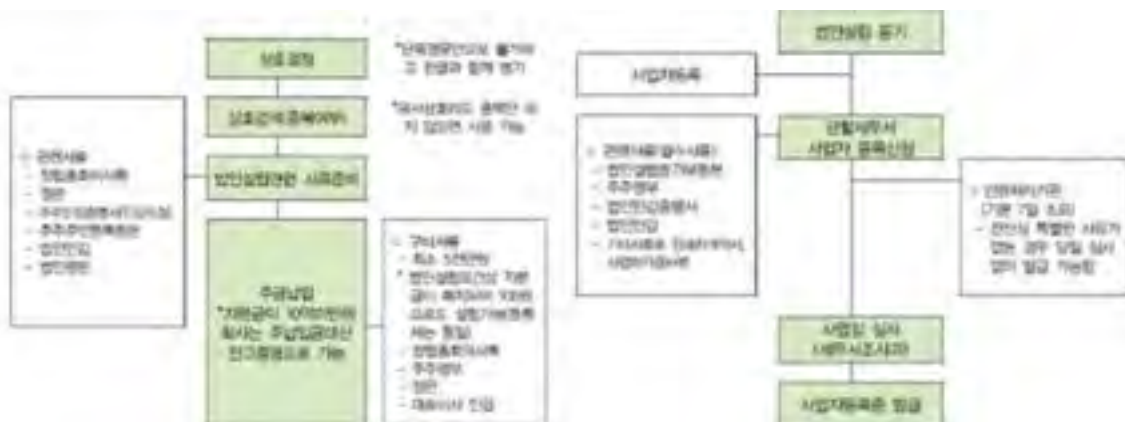
- 사업을 시작할 때 그에 소요되는 비용이나 인적, 물적 자원을 타인과 분담함으로써 비용과 위험의 분산 가능
- 단독으로 조달하기 어려운 자금이나 기술을 보다 용이하게 조달 가능
- 사업체에 직접 투자한 합작 파트너들로부터 적극적인 협력을 기대할 수 있음
- 새로운 시장 진출에 따른 위험 감소 가능
- 현지 파트너가 가진 자산, 즉 시장지식이나 현지문화에 대한 이해, 현지 마케팅 관련 자산, 현지 유통경로나 브랜드 인지도의 공동활용이 가능한 부분이 실리가 큼

(7) SPC 설립

□ SPC 설립 과정

- 특수목적법인은 특정 목적을 달성하기 위해 설립된 회사로 최소 5천만원의 자본금으로 시작됨
- 특수목적법인은 영어로 Special Purpose Company(SPC) 설립하는 모회사와 독립된 실체를 가지며,
- 프로젝트 자체의 상환능력을 가지고 자금을 조달하는 특징
- 따라서 모기업의 신용도와 재무상태에 상관없이 사업을 할 수 있다는 장점
- 특수목적법인이 대출을 받더라도 그것이 모기업 부채로 잡히지 않음
- 일반적으로 서류상으로 존재하는 페이퍼 컴퍼니 형태여서, 사업목적이 달성되면 언제든지 쉽게 법인을 청산

□ SPC 설립 절차(최소 자본금 5천만원)



- SPC 설립 유형(사례)
 - 기업구조조정투자회사(CRV-기업구조조정투자회사법)
 - 금융기관에서 발생한 부실채권을 매각, 정리하기 위해일시적으로 설립하는 자산유동화전문회사
 - 자산유동화회사(ABS- 자산유동화법)
 - 도로, 항만 등 사회간접자본에 대한 민간투자(BTL사업)을 위한 회사형태
 - 부동산투자회사(위탁관리형, 자기관리형 REITs - 부동산투자회사법)
 - 개별 영화 제작 또는 공연 등 하나의 문화콘텐츠를 위한1회용 회사(문화산업전문회사)로 활용

구분	SPC	PFV(프로젝트 파이낸싱)
법	상법 준용	상법 준용 법인세법 51조 - 소득공제 조세특례제한법 119조 120조 - 등록세 및 취득세
구성원	2~3개 업체	2개 이상 출자자 및 금융기관5% 출자
자본금	최소 5천만원	최소 50억원
사업규모	중소형 규모사업	중대형 규모사업
운영기간	2~3년(중도하차 가능)	2년 이상 반드시 운영
세제	이중과세	등록세 50/100 감면, 취득세 50/100 감면
업무관리	SPC에서 운영(출자사가 결정)	자산관리업무: 출자법인 등 자산관리회사에 위탁 자금관리업무: 신탁업을 영위하는 금융기관에 위탁

다. 스마트팜 수출사업단 법인화 방안

- 글로벌 K-스마트팜 센터 설립
 - 글로벌 K-스마트팜 센터 조직



○ 비전 및 전략

비전	K-스마트팜의 세계화와 국가 별 스마트팜 생태계 구축			
추진 방향	K-스마트팜의 지속적인 혁신과 우수성 전파	내외부 스마트팜 직/간접 일자리 창출		
추진 전략	K-스마트팜 국제표준	K-ICT와 농어업 융합적 혁신	지속가능한 프로그램 개발 및 환경조성	
핵심 가치	표준	혁신	협력	
혁신 만프러	국제법제도 및 표준 인증 제도	K-스마트팜 실험 단지	K-스마트팜 소부장 연계 개발 네트워크	
	글로벌 컨퍼런스 및 포럼	MOU 체결 국가 별 실험 단지	각 국가 대학 산학 교류 프로그램	
추진 과제 (내외부 시장별 추진)	글로벌 K-스마트팜 센터의 비현실적인 추진 과정 (내재형 수 고도화)			
	R&D 방안	실험 방안	표준화 방안	수출 및 진출 지원 방안
	K-스마트팜 수출 고도화	실험 고도화 개발	국제적 이해 확대	수출 지원 프로그램 개발
	K-스마트팜 요소 기술연구	상용화 실험 체계	국제인증 확보	현지 시장 조사 강화
	ICT 융합 및 데이터적용 확대	요소 기술 별 실증체계	양육, 세미나, 포럼 발표	에이커 집중 확대
	K-스마트팜 소부장개발	ICT 융합 실증체계	글로벌 마케팅 투어 프로그램	해외 진출 역량 강화
K-스마트팜 운영법	에너지 효율 실증체계	글로벌 기업 투어 프로그램	타겟 국가 진출 준비과정	
	지질, 기후 기반 실증체계		모인드 현지 실험거점	
			연계 국가, 시범 사업 지원	

○ 해외 시장 진출 컨설팅 사업

- K-스마트팜 관련민간기업 해외 시장 진출 전략 수립 컨설팅 범위체계도



- 글로벌 K-스마트팜 센터 바이어 발굴
 - 글로벌 K-스마트팜 센터 바이어 발굴 및 사업 추진 대안 도출



라. 연구결과

- 수출연구사업단 종료 후 수출사업의 지속추진을 위한 법인 유형과 사단법인, 재단법인, 주식회사와 사업추진시 필요한 JV, SPC 등 사업추진 조직 및 수출사업단의 조직화 방안으로 “글로벌 K-스마트팜 센터” 설립에 필요한 제반사항을 검토함
- 스마트팜 수출연구사업단에서 설립한 (사)한국스마트팜협회와 설립후 한국ICT융복합협회의 제안으로 통합된 (사)한국스마트팜산업협회에 “글로벌 K-스마트팜센터”을 내부조직으로 두는 것을 협회와 협의하고 있음

제2절. ICT 기반 자율형 물순환 시스템 개발

1-2 공동

[나래트랜드] ICT기반 자율형 물순환 시스템 개발

1. 최종 목표

구분 (연도)	세부과제명	구분	내용
1, 2차 년도 (나래 트랜드)	ICT기반 자율형 물순환 시스템 개발	최종목표	스마트팜 시설내부의 근권부 수분을 측정하여 재배작물에 따라 물공급이 가능한 자율형 물순환 제어시스템 개발
		세부목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ ICT 기반 자율형 물순환 시스템 개발 ○ ICT기반 근권부 측정 및 증발산량을 이용한 물관리 시스템 시작품제작 ○ 시설용 증발산량 알고리즘 개발 ○ 시설용 증발산량 알고리즘 시험 ○ 시스템 고도화 ○ 시스템 설계 및 운영 매뉴얼 제작

2. 목표 및 결과

구분 (연도)	세부 과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
1차 년도	ICT 기반 자율형 물순환 시스템 개발	ICT기반 자율형 물순환시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트팜 농장에 유입될 수 있는 물의 종류를 파악하고 관리방법 확인 ○ 물관리 모니터링 시스템 개발 ○ 자료확인 및 중복성 검토 (특허 및 논문) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 근권부 측정을 통한 물관리 시스템 개념 정립 ○ 근권부 측정을 통한 물관리 적용 모식도 ○ 자료확인 및 중복성 검토
2차 년도	ICT기반 자율형 물순환 시스템 개발	ICT기반 근권부 측정 및 증발산량을 이용한 물관리 시스템 시작품 제작	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물관리 시스템 시작품 제작 ○ 관제시스템과의 연동 API 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시작품 제작 완료 ○ 나래트랜드 운영 중인 테스트베드에 설치 완료 ○ 제어 프로그램 제작 완료 ○ 연동 API 프로토콜 정의 완료
		시설용 증발산량 알고리즘 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시설용 증발산량 알고리즘 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시설용 증발산량 개량형 알고리즘 개발 ○ 특허 진행

3. 세부 연구결과

3.1. 스마트팜 물의 종류

(1) 개요

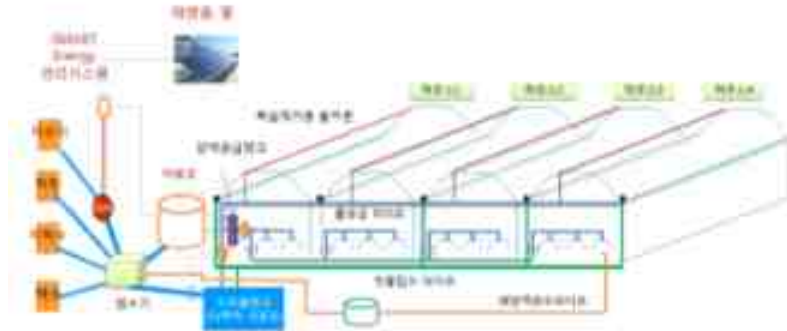
- 스마트팜 농장에 유입될 수 있는 물의 종류를 파악하여 지하 저류조에서 관리할 수 있는 물을 재생산할 수 있는 방법론 확인

(2) 접근방법

- 자료를 바탕으로 확인된 구조를 기반으로 구성도 작성
- 대형, 소형의 농업용지를 구성하는 방법에 대한 자료 확인

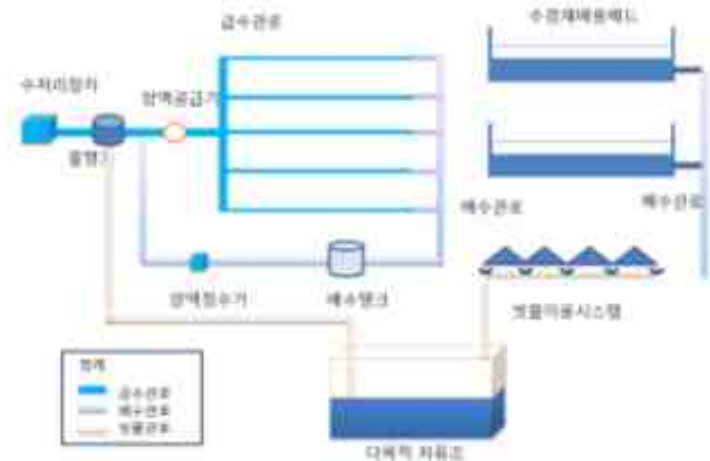
(3) 연구내용

- 유입되는 물의 종류 : 저수지, 하천, 지하수, 해수, 빗물, 표면수 등
- 물의 형태는 다양하나 사용할 수 있는 물의 종류는 제한적
- 현재는 빗물 및 지하수, 하천 등의 물을 농업용수로 이용함



[그림 2-396] 다양한 경로로 유입되는 물과 시설에 사용하는 방법 예시

- 정수기-저류조-관수시스템으로 연결되는 관수 시스템으로 구성됨



[그림 2-397] 스마트팜에 사용되는 수경재배용 관수 시스템

- 스마트팜에 사용되는 관수 시스템의 예시
- 수처리장치를 통해 인입되는 물을 물탱크에 저장한 후 다목적 저류조에서 물을 끌어와 양액과 함께 공급되는 시스템으로 구성됨
- 목수개의 급수관로를 통해 물이 공급이되고 배수관로를 통해 폐액은 양액 정수기를 거쳐 다시 공급됨
- 그러나, 정확한 살균을 처리하지 못하면 병원균 등에 감염될 수 있으므로 철저한 관리가 필요함

3.2.물관리 모니터링 시스템 개발

(1) 개요

- 관수제어 시스템의 모니터링 시스템 구현

(2) 접근방법

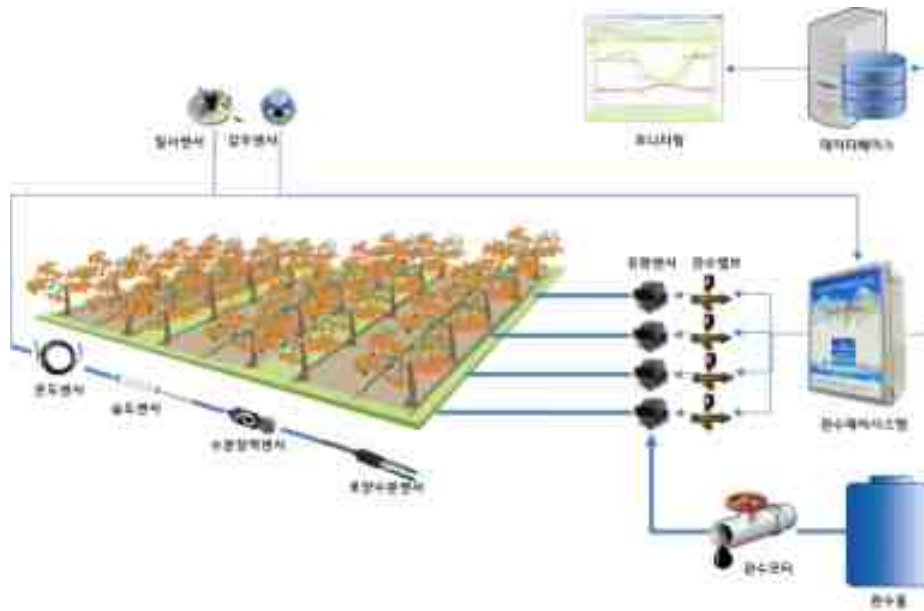
- 시설 내의 물관리 모니터링 시스템에 대한 구성
- 센서 및 제어 종류 확인
- 물관리시스템 제어장치 구성 확인
- 물관리 시스템과 수출 시스템의 연동 구성

(3) 연구내용



[그림 2-398] 물관리 모니터링 시스템 구조도

- 시설 내부 환경정보 및 외부 환경 센서를 이용하여 환경정보를 획득
- 환경 센서의 종류 : 온도, 습도, 우적센서, 일사센서
- 토양 센서의 종류 : 토양 온습도 센서, 수분장력센서
- 관수 센서의 종류 : 유량센서
- 관수 제어기 종류 : 전자식 유량밸브
- 데이터 관리에 필요한 장비 : 데이터베이스, 물관리시스템 제어장치



[그림 2-399] 근권부 측정을 통한 물관리 적용 모식도

- 다단의 유량센서 및 관수 밸브를 통해 관수를 제어
- 시간제어 및 근권부 알고리즘에 의한 관수 제어 모드
- 환경센서의 입력을 받을 수 있는 관수제어 시스템 적용
- 데이터베이스에 지난 데이터 수집 및 모니터링 프로그램을 통한 데이터 검색



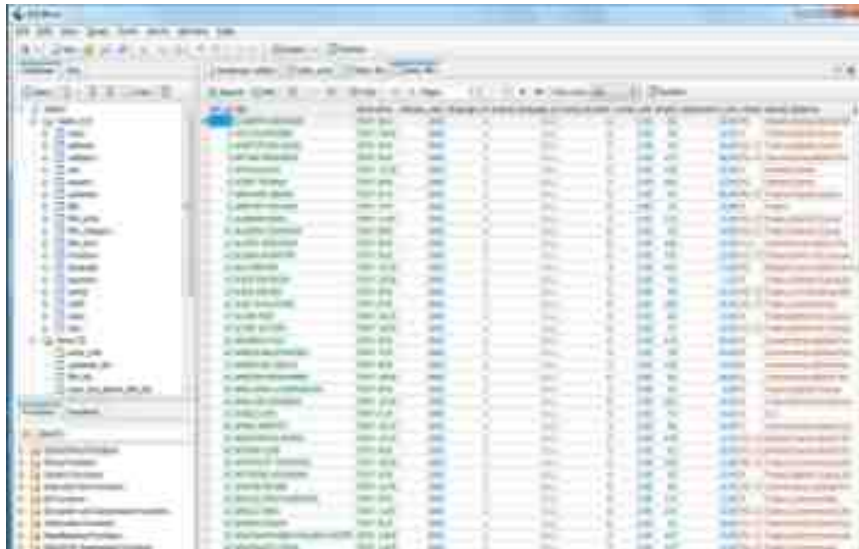
[그림 2-400] Main control 보드 시험

- Main Control 보드 제작
- Sensor Interface 보드 제작
- 데이터 연동 시험 및 서버로 데이터 전송 시험



[그림 2-401] 토양센서 시험 및 모니터링 프로그램

- 토양센서 시험 및 모니터링 프로그램 제작
- 데이터 서버 제작 (1차) 및 연동 시험 진행
- Main Control 보드와 데이터 연동 시험 완료 (1차)



[그림 2-402] 데이터베이스 설계

- 관수제어시스템과의 통신을 통해 데이터베이스에 데이터를 저장할 수 있는 저장소를 개발
- MySQL을 이용하여 데이터베이스 개발
- 센서데이터의 수량과 역할을 정의하여 추후 확장할 예정임



[그림 2-403] 모니터링 프로그램 제작

- 모니터링 프로그램 제작 (1차)
- 데이터를 화면에 그래프로 표시
- 사용자가 쉽게 볼 수 있도록 표현
- 데이터 구간 탐색을 통해 관심 있는 기간에 발생한 데이터를 화면에 표시

(4) 연구결과

- 센서 연동 및 구성 SW의 프로토타입 개발 완료
- 제어기의 하드웨어 보드의 구성 프로토타입 개발 완료

3.3. 자료 확인 및 중복성 검토

(1) 개요

- 관수제어 시스템에 대한 특허 및 논문에 대한 유사성 검토 확인

(2) 접근방법

- KIPRIS에서 확인될 수 있는 특허 자료 확인
- 시설원예협회 등의 논문 및 기고문 자료 확인


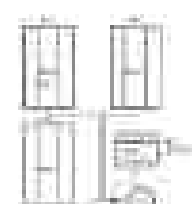
(3) 연구내용

- 특허 내용을 확인하였으나 본 과제와 비슷한 개념을 가진 내용은 없음

[표 2-269] 관련 특허 리스트

분류	번호	제목	내용
특허	1020100115114	토양수분거동특성을고려한관수제어방법및 그에 적용되는 깊이조절형토양수분퍼텐셜 측정장치	<ul style="list-style-type: none"> • 토양의 서로다른 깊이에서의 수분 침투 속도를 실시간 측정 • 침투 특성을 고려한 관수 제어
	1020110117175	토양의수분장력을근거로이루어지는능동형 관수제어방법 및관수제어장치	<ul style="list-style-type: none"> • 텐시오미터로 측정하여 정확한 시점에 관수 개시 • 관개수량 결정
	1020110134635	일사누적속도에 따른 양액공급방법	<ul style="list-style-type: none"> • 일사누적속도에 따른 양액공급방법 • 식물의 수분흡수 패턴 측정
	1020120057694	근권환경최적화를위한관수제어방법 및 그 제어시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 근권 환경 최적화 • 임계값 설정 및 관수제어
	1020130086095	양액재배에서 LED광원의 열에너지를 이용한 근권부가열 및 냉각장치 및 그 방법	<ul style="list-style-type: none"> • 근권부에 열에너지를 이용하여 가열 및 냉각을 통해 식물 활성화
	1020140025461	식물의 근권부 함수율 측정장치	<ul style="list-style-type: none"> • 슬라브에 제공되는 양액량 측정하여 함수율을 측정
	1020140139377	작물의물스트레스특성을이용한용수공급시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 재배지의 토양 수분정보 및 강우정보를 측정 • 작물의 물 스트레스를 고려
	1020140160081	식물의 근권부를 이용한 실내 환경개선 벽면녹화용화분조립체	<ul style="list-style-type: none"> • 실내 환경 개선을 위한 벽면 화분 조립체
	1020160093184	자동관개시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 기상데이터, 토양데이터, 수질데이터, 작물데이터, 영농 데이터 수집 • 일사량 및 증발산량 산출 • 필요 관개량 결정

[표 2-270] 관련 논문 및 기고 리스트

분류	저자	제목	내용
논문 및 기고	김종윤	화훼작물의 효율적 생산을 위한 토양수분센서 자동관수시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 근권부 측정을 통해 물의 양을 조절 • 명확한 식물의 생육환경을 측정 
	한국온실작물연구회	원예생산시설의 개보수 관리 시뮬레이션 프로그램 개발과 실용화 연구	<ul style="list-style-type: none"> • Flexible experimental greenhouse에서 실측 정보 수집과 이용 • 농가 현장 데이터 수집과 이용 • 시뮬레이션 알고리즘 분석 및 개발 • 하우스 내부의 온도 및 습도편차 자료로 유용함
	김학진 외6	자동점적관수에 의한 토성별 수분함량 및 장력변화 특성 비교 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 토양별 수분함량 자료 • 점적관수 및 데이터 수집 • 발작물 물관리기술 수분함량 산출식 

(4) 연구결과

- 기존 특허 및 논문에 대해 유사성이 떨어지며 본 시스템과의 차이점을 확인할 수 있음

3.4. ICT기반 근권부 측정 및 증발산량을 이용한 물관리 시스템 시작품 제작

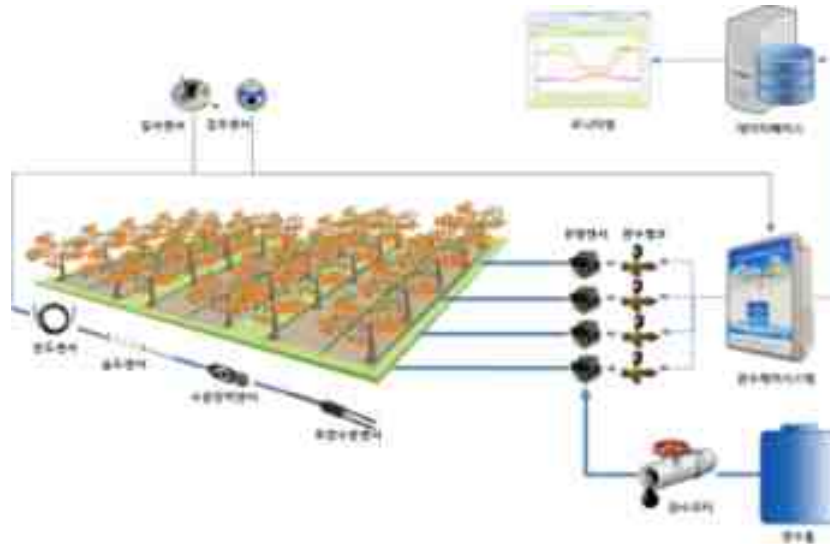
(1) 개요

- 스마트 관수제어 시스템에 대한 구성 및 시작품 제작

(2) 접근방법

- 1차년도에 구성하였던 HW를 기반으로 하여 시작품 제작
- 1차년도에 개발된 SW를 고도화하여 스마트 관수제어 시스템 제작

(3) 연구내용



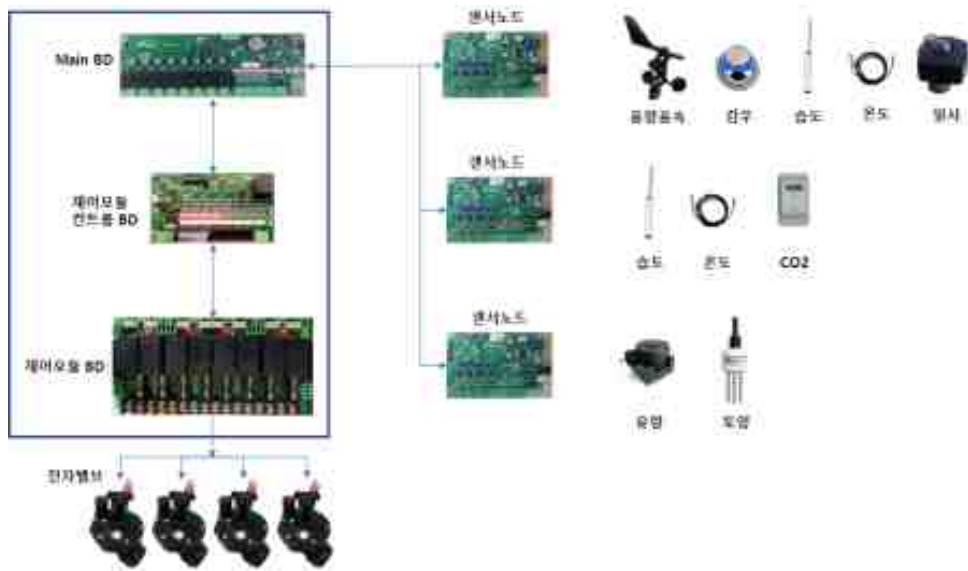
[그림 2-404] 근권부 측정을 통한 물관리 시스템 구조도

- 시설 내부 및 외부에 센서를 이용하여 환경정보를 획득
- 근권부 증발산량을 측정하기 위한 환경센서 데이터 획득



[그림 2-405] 스마트 관수제어 시스템 제작 및 설치

- 나래트랜드의 테스트베드인 동양동 시험장에 스마트 관수제어 시스템 설치
- 관수량을 측정하기 위한 전자밸브, 유량계 설치
- 토양을 측정하기 위한 토양센서 설치 : 지온, 지습, EC 측정
- 센서노드 연결하여 실내 환경 센서인 온도, 습도, CO2 측정
- 외부 환경센서인 풍향, 풍속, 온도, 습도, 일사, 감우 측정



[그림 2-406] 스마트 관수제어 시스템 장비 구성도


- 스마트 관수제어 시스템 장비 구성도를 나타냄
- 본체에는 메인보드와 제어모듈 컨트롤러 보드, 제어모듈 보드로 구성됨
- 센서노드는 최대 10개까지 확장 가능



[그림 2-407] 스마트 관수제어 시스템 센서 설치
(좌상 : 전자밸브 및 유량센서, 우상 : 실내 센서노드, 하: 외부 기상대)

- 나래트랜드에서 자체 운영 중인 테스트베드에 각종 센서노드 및 센서 설치 완료

[표 2-271] 관수제어 시스템에 사용되는 보드 : (주)나래트랜드 제작

보드사진	보드명	역할
	<p>메인보드 (Eyesen5)</p>	<ul style="list-style-type: none"> . 각종 센서의 입력데이터를 처리 . 조건을 판단하여 제어출력 보드에 명령을 내림 . 네트워크를 통해 데이터베이스에 접속하며 데이터를 전송 . 사용자 관리 프로그램 내장 . 규정된 프로토콜을 내장하여 모든 보드를 총괄하여 관리함 . 통신포트 : RS485, RJ45
	<p>센서 인터페이스 보드 (ES-06)</p>	<ul style="list-style-type: none"> . 센서의 다양한 입력에 대응하여 신호를 받을 수 있도록 구성 . 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 데이터화 . 프로토콜에 맞는 데이터로 변환 . 각종 센싱 신호에 대해 반응 . 메인보드와의 통신을 통해 데이터를 주고 받음 . 통신포트 : RS485
	<p>출력 제어 보드 (RX-32M)</p>	<ul style="list-style-type: none"> . 디지털 Input 신호를 받는 보드 . 다양한 기능을 가진 신호들을 받을 수 있도록 구성 . 다수의 보드로 확장 가능 . 통신포트 : RS485
	<p>제어출력 보드 (RX8S)</p>	<ul style="list-style-type: none"> . 릴레이로 구성된 제어출력 보드 . 전자밸브, 환풍기, 모터 등을 제어 . 8개의 출력제어를 제어 . 다수의 보드로 확장 가능 . 통신포트 : RS485

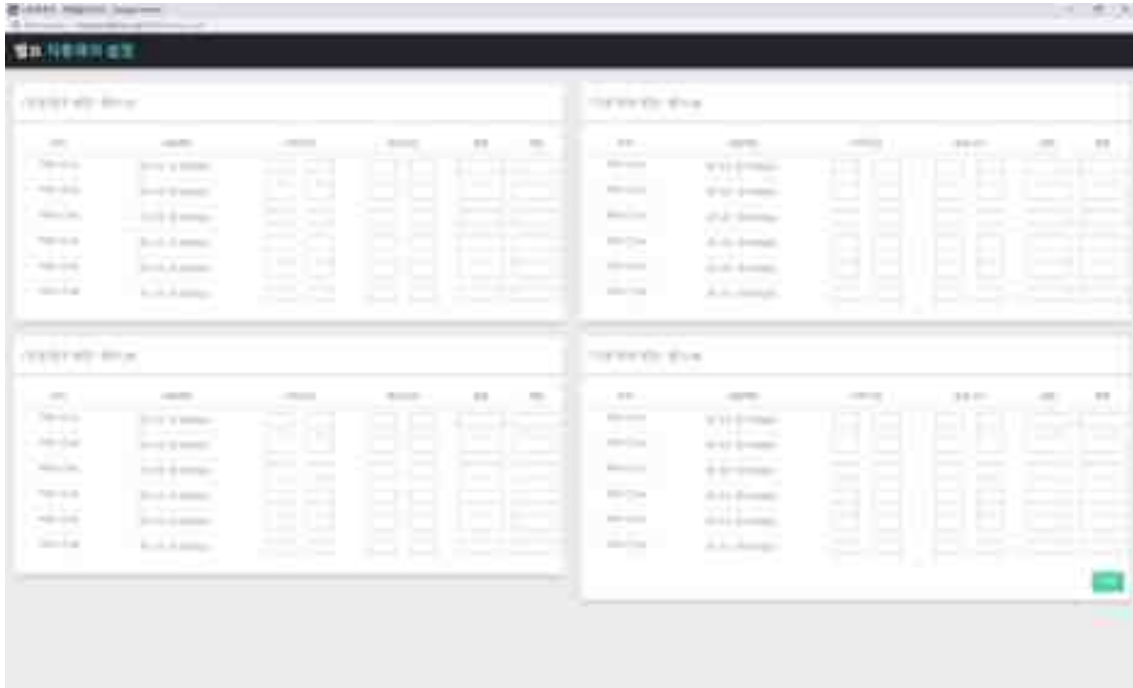
- 확장성을 고려한 보드 개발
- 각종 센서를 연결하기 위한 센서 인터페이스 보드에는 온도, 습도 등의 아날로그 신호를 디지털 데이터로 변경
- 통신용 데이터를 가지는 토양센서는 RS485 인터페이스를 가지며 데이터 전송방식에 맞도록 프로그램을 구성하여 데이터 취득

Real-time																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>시간</th> <th>온도</th> <th>습도</th> <th>CO2</th> <th>PH</th> <th>용수</th> <th>용수</th> <th>용수</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2019-03-05 15:19:37</td> <td>05.00</td> <td>2.50</td> <td>11.03</td> <td>63.00</td> <td>206.40</td> <td></td> <td>40137.00</td> </tr> </tbody> </table>								시간	온도	습도	CO2	PH	용수	용수	용수	2019-03-05 15:19:37	05.00	2.50	11.03	63.00	206.40		40137.00																								
시간	온도	습도	CO2	PH	용수	용수	용수																																								
2019-03-05 15:19:37	05.00	2.50	11.03	63.00	206.40		40137.00																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>내부온도</th> <th>구경</th> <th>온도</th> <th>습도</th> <th>CO2</th> <th>용수</th> <th>용수</th> <th>EC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2019-03-05 15:19:37</td> <td>1</td> <td>13.14</td> <td>55.40</td> <td>533.00</td> <td>14.50</td> <td>35.00</td> <td>0.27</td> </tr> <tr> <td>2019-03-05 15:19:37</td> <td>2</td> <td>13.58</td> <td>57.50</td> <td>167.28</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>2019-03-05 15:19:37</td> <td>3</td> <td>13.71</td> <td>54.60</td> <td>445.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>2019-03-05 15:19:37</td> <td>4</td> <td>12.82</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>								내부온도	구경	온도	습도	CO2	용수	용수	EC	2019-03-05 15:19:37	1	13.14	55.40	533.00	14.50	35.00	0.27	2019-03-05 15:19:37	2	13.58	57.50	167.28	0.00	0.00	0.00	2019-03-05 15:19:37	3	13.71	54.60	445.00	0.00	0.00	0.00	2019-03-05 15:19:37	4	12.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
내부온도	구경	온도	습도	CO2	용수	용수	EC																																								
2019-03-05 15:19:37	1	13.14	55.40	533.00	14.50	35.00	0.27																																								
2019-03-05 15:19:37	2	13.58	57.50	167.28	0.00	0.00	0.00																																								
2019-03-05 15:19:37	3	13.71	54.60	445.00	0.00	0.00	0.00																																								
2019-03-05 15:19:37	4	12.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>온도</th> <th>습도</th> <th>PH</th> <th>용수</th> <th>용수</th> <th>용수</th> <th>수분용량</th> <th>수분용량</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2019-03-05 15:27:35</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>-18.10</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>								온도	습도	PH	용수	용수	용수	수분용량	수분용량	2019-03-05 15:27:35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-18.10	0.00																								
온도	습도	PH	용수	용수	용수	수분용량	수분용량																																								
2019-03-05 15:27:35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-18.10	0.00																																								
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Valve 1</td> <td>Valve 2</td> <td>Valve 3</td> <td>Valve 4</td> <td>Flow</td> </tr> </tbody> </table>								Valve 1	Valve 2	Valve 3	Valve 4	Flow																																			
Valve 1	Valve 2	Valve 3	Valve 4	Flow																																											

[그림 2-408] 스마트 관수제어 시스템 프로그램 화면 (1차)



[그림 2-409] 스마트 관수제어 시스템 프로그램 화면 (2차)



[그림 2-410] 스마트 관수제어시스템 설정화면

- 현장에 설치된 함체에서 센서 모니터링을 위한 시스템 프로그램
- 기상대 센서 값 표시
- 내부환경 센서 값 표시
- 토양 센서 값 표시
- 전자밸브 제어 버튼
- 관수통에 물을 받기위한 펌프 제어 버튼

[표 2-272] 증발산량을 이용한 관수제어 시스템에 필요한 센서 종류

분류	사진	종류	모델명	기능
기상대		풍향풍속계	7911	풍향풍속 측정
		감우센서	BSR-307	비가 오는 상태를 측정
		온도센서	NTC-10K	온도측정
		습도센서	HM1500	습도측정

분류	사진	종류	모델명	기능
		일사센서	WSSL-506	태양광의 광량 측정
실내환경		습도센서	HM1500	습도측정
		온도센서	NTC-10K	온도측정
		CO2 센서	CD-300	CO2 측정
		일사센서	WSSL-506	태양광의 광량 측정
토양환경		토양수분센서	5-TM	토양의 수분을 측정
		수분장력센서	MPS-6	토양의 수분 흡수율 측정
관수		유량센서	SWF-15A	관수량 측정
		전자식 관수밸브	210S	전자식 밸브를 통해 관수량 조절

(4) 연구결과

- 센서 종류 및 기능 확인, 인터페이스 확인 시험 완료
- 제어장치 시험 확인 완료
- 스마트 관수제어 시스템 시작품 제작 및 나래트랜드의 테스트베드에 설치하여 시험 운영 중

3.5. 관제시스템과의 연동 API 개발

(1) 개요

- K-Plant에 적용되는 관제시스템과의 연동 API 개발

(2) 접근방법

- 씨슬 프라이머스에서 제작하는 관제시스템에 대해 데이터를 전송할 수 있는 API 협의 및 제작
- 나래트랜드에서 제작한 스마트 관수제어시스템에서 제공하는 데이터 프로토콜과 통신 방식에 대한 정의

(3) 연구내용

- 씨슬에서 제작하는 관제시스템과의 연동 API 제작 개발
- 복합환경 제어기와 스마트 관수제어 시스템의 연동 API 제작
- 통신방식은 TCP-IP 통신 방식 사용
- 기본 통신 구조는 STX와 ETX를 가지는 Modbus 방식을 사용



[그림 2-411] 장치 간 프로토콜 구성도

- 시스템 구성도를 참고하여 통신 프로토콜 작성
- 기상센서, 실내 환경센서, 토양센서 노드로 구성됨
- 단순 제어보드와 개폐기 제어보드로 구성하여 관제프로그램에서 제어 가능하도록 설계

통신규격 (COMSPEC)

COMMAND & DATA 규격

COMMAND	COMMAND	DATA	
0x01 (제어 모드 설정)	0x01 (설정)	요청	0x01 (제어 모드)
		응답	0x02 (나중 제어)
0x02 (제어 모드 변경)	0x01 (설정)	요청	0x01 (제어 모드)
		응답	0x02 (나중 제어)
0x03 (센서 작동 설정)	0x01-0x0A (#1-#10) (센서 노드 번호)	요청	-
		응답	0x01 (센서 작동) 1 byte + (센서 작동/비작동) 1byte (0x01: 센서 작동, 0x00: 비작동)
0x04 (ON/OFF 제어 상태 설정)	0x01 (설정)	요청	0x01 (ON/OFF) 1 byte + (ON/OFF 상태) 1 byte 0x01 (ON) 0x00 (OFF)
		응답	0x01 (ON/OFF) 0x00 (ON/OFF)
0x05 (ON/OFF 제어 작동 소거)	0x01-0x0A (#1-#10) (ON/OFF 번호)	요청	0x01 (ON/OFF) 0x00 (ON/OFF)
		응답	0x01 (ON/OFF) 0x00 (ON/OFF)
0x06 (제어기 제어 상태 설정)	0x01 (설정)	요청	-
		응답	0x01 (제어기 상태) 1 byte + (제어기 작동/비작동) 1 byte 0x01 (ON/OFF) 0x00 (OFF) 0x02 (CLOSE)
0x08 (제어기 제어 작동 소거)	0x01-0x0A (#1-#10) (제어기 번호)	요청	0x01 (ON/OFF) 0x00 (ON/OFF) 0x02 (CLOSE)
		응답	0x01 (ON/OFF) 0x00 (ON/OFF)

*장치 제어 명령 소거의 경우 0x04, 0x05, 0x08의 경우를 선택하여 및 필수는 제어 모드 무관



[그림 2-412] 장치 간 프로토콜 구성도

- 제어모드 상태 확인 데이터
- 센서 정보 읽기 데이터
- 단순 제어 상태 확인 데이터
- 개폐기 제어 상태 확인 데이터로 구성됨

- 센서 데이터 설명

센서 데이터 순서: (구분 코드) (데이터 길이) (데이터)

구분 코드	센서 종류
DaA1	대기온도 [°C]
DaA2	대기습도 [%]
DaA3	일사 [W m ⁻²]
DaA4	풍향 [Deg]
DaA5	풍속 [m s ⁻¹]
DaA6	CO2 [ppm]
DaA7	포장온도 [°C]
DaA8	포장습도 [%]
DaA9	포장BC [µg m ⁻³]
DaAA	수압 [MPa]
DaAB	풍향도 [min]
DaAC	수분장력 [kPa]

데이터 길이 형식: HEX NUMBER

센서 데이터 형식: ASCII

[그림 2-413] 장치 간 프로토콜 구성도

- 각 데이터에 따라 센서를 읽어 가거나 제어 명령을 내릴 수 있음
- 입력된 데이터에 따라 응답 데이터를 상대방에 전송됨
- 정상 (ACK), 비정상 (NAK)으로 구별하여 요청된 데이터가 정상적으로 수행하였는지 확인 가능
- 각 센서의 배치가 고정되어있으며 해당 표에 의해 원하는 데이터의 정보를 가져갈 수 있음

· 센서 정보 읽기 EXAMPLE

요청 packet:

02 09 01 01 31 01 34 04 03
STX 0x02
(길이 9 bytes) LENGTH 0x09
(장치 일치 코드 #1) CMD 0x01
(장치 #1) SYSTEM ID 0x01
(센서 정보 읽기) CMD1 0x31
(센서 번호 #1) CMD2 0x01
DATA -
CRC 0x34 0x04
ETX 0x03

응답 packet:

02 26 01 01 31 01 05 2d 31 70 2e 36 a2 34 32 30 2e 31 a3 05 36 39 31 2e 38 a4 05 31 25 30 2e 33 a5 04 32 2e 33 35 0d 39 03					
STX 0x02					
(길이 43 bytes) LENGTH 0x2B					
(장치 일치 코드 #1) CMD 0x01					
(장치 #1) SYSTEM ID 0x01					
(센서 정보 읽기) CMD1 0x31					
(센서 번호 #1) CMD2 0x01					
센서 수량 0x05					
DATA	센서 데이터	구분 코드	데이터 길이	데이터	설명
	센서 #1	0xA1	0x05	0x2D 0x31 0x70 0x2E 0x36	실온온도: -30.6 °C
	센서 #2	0xA2	0x04	0x32 0x35 0x2E 0xA1	실온습도: 25.7 %
	센서 #3	0xA3	0x05	0x36 0x39 0x31 0x2E 0x38	실온 압력: 992.8 W/m ²
	센서 #4	0xA4	0x05	0x31 0x35 0x30 0x2E 0x33	실온: 19.2.3 Deg
센서 #5	0xA5	0x04	0x32 0x2E 0x31 0x3E	실온: 2.35 m/s ²	
CRC 0x0D 0x03					
ETX 0x03					

[그림 2-414] 장치 간 프로토콜 구성도

- 센서의 데이터는 ASCII 코드로 되어있어 쉽게 데이터를 읽을 수 있음
- 센서 정보 읽기 예제를 위에 제시함
- STX(0x02)를 시작으로 ETX(0x03)까지의 Length 9bytes로 표시됨을 알 수 있음
- 2bytes CRC를 이용하여 데이터의 신뢰성 확보

(4) 연구결과

- 데이터의 전송방식 규정 완료
- 센서의 종류에 따른 데이터 정의, 데이터 크기 등의 프로토콜 정의 완료

3.6. 시설용 증발산량 알고리즘 개발

(1) 개요

- 스마트 관수제어시스템의 시설용 증발산량 알고리즘 개발을 통해 특허 진행

(2) 접근방법

- 실시간 센서를 이용하여 데이터를 취득하는 방식을 이용한 알고리즘 개발
- 시설에 적용할 수 있는 변형된 증발산량 알고리즘 개발

(3) 연구내용

증발산량 - PENMAN-MONTEITH법

증발산량 계산식:

$$ET_c = \frac{0.408 \lambda (R_a - G) + \gamma \frac{900}{u} (e_a - e_f)}{\lambda + \gamma (1 + 0.34 u)}$$

여기서,

ET_c = 실제증발산량 ($\text{mm} \cdot 5\text{mm}^{-1}$)

λ = 수증기압곡선 ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)

R_a = 순일사량 ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 5\text{min}^{-1}$)

G = 지중열전도량 ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 5\text{min}^{-1}$)

γ = 건조계수 ($\text{kJPa}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$)

T = 대기온도 ($^{\circ}\text{C}$)

u = 풍속 ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

e_a = 포화수증기압 (kPa)

e_f = 실제수증기압 (kPa)

여기서,

R_a = (중) 5분간의 누적 일사량 ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 5\text{min}^{-1}$)

G = (중) 5분간의 누적 열사량 ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 5\text{min}^{-1}$)

g. 지중열전도량 (G)

$$G = \frac{R_n}{T_s} (T_s - T_{s+1})$$

여기서,

T_s = 표면 온도 ($^{\circ}\text{C}$)

T = 최근 5분간의 평균 대기온도 ($^{\circ}\text{C}$)

T_{s+1} = 전 5분간의 평균 대기온도 ($^{\circ}\text{C}$)

h. 건조계수 (g)

$$\gamma = 0.00133 \frac{P}{T}$$

여기서,

P = 대기압 (kPa)

λ = 증발열 ($\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)

$$\lambda = 2.501 - (2.561 \times 10^{-6}) T$$

a. 수증기압곡선 (A)

$$A = \frac{6105 e_a}{(T + 273.15)^2}$$

여기서,

$$e_a = \frac{e^a(T_{max}) + e^a(T_{min})}{2}$$

$$e^a(T) = 0.6105 e^{17.625 T / (T + 273.15)^2}$$

$$T = \frac{T_{max} + T_{min}}{2}$$

T_{max} = 5분간의 최대 온도 ($^{\circ}\text{C}$)

T_{min} = 5분간의 최소 온도 ($^{\circ}\text{C}$)

g. 실제수증기압 (e_f)

$$e_f = \frac{RH_{max}}{100} e_a$$

여기서,

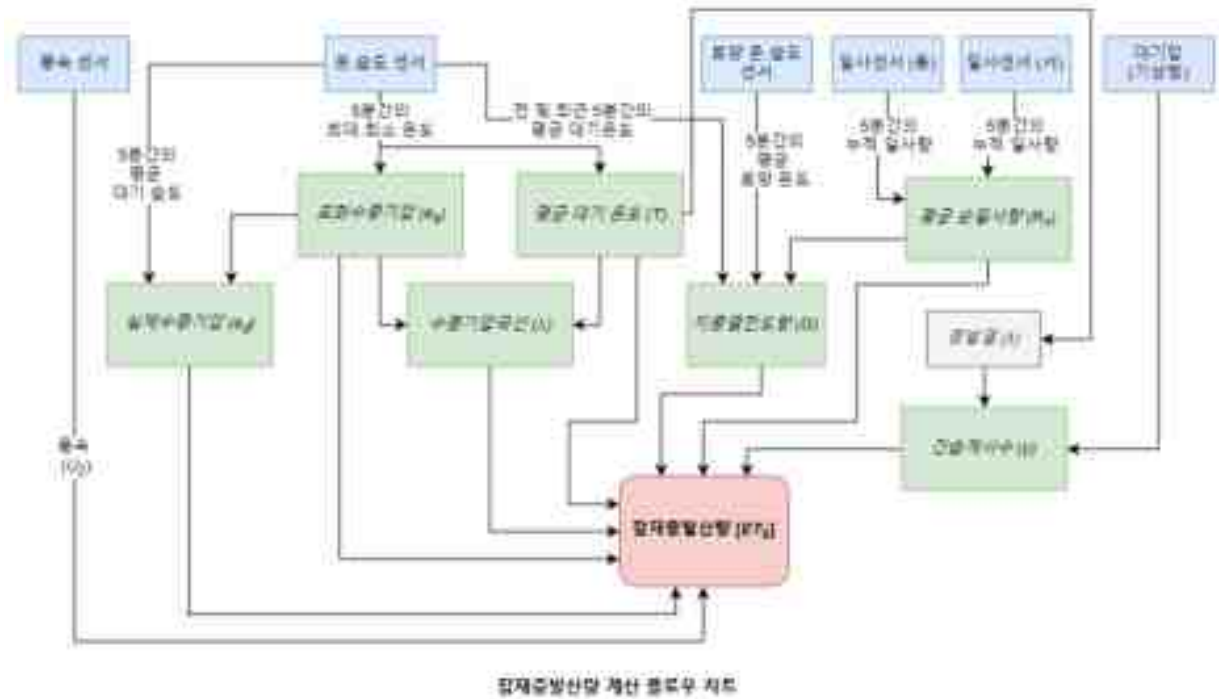
RH_{max} = 5분간의 평균 대기습도 (%)

h. 순일사량 (R_a)

$$R_a = \frac{R_1 + R_2}{2}$$

[그림 2-415] 증발산량 알고리즘 factor 설명도

- 기본적으로 노지용 증발산량 알고리즘인 PENMAN-MONTEITH 알고리즘을 이용하여 시설용 증발산량 알고리즘을 개발 진행 중
- 기본 개념은 실외 센서와 실내 센서 데이터를 통해 데이터를 2차 가공하여 시설용 증발산량 알고리즘을 구현함
- PENMAN-MONTEITH 알고리즘은 일/주/월 단위의 증발산량을 예측하는 것으로 시설용으로 사용하기에 한계가 있음
- 센서데이터가 실시간으로 입력되므로 5분 단위의 데이터를 이용하여 현재 변화하는 실내 온습도를 조절하여 최적의 관수를 통해 수자원의 절약을 이루어 낼 것으로 판단



[그림 2-416] 증발산량 알고리즘 구조도

- 증발산량 알고리즘 구조도에서 풍속, 온도, 습도, 토양 온도, 토양 습도, 일사센서, 대기압의 데이터를 이용
- 2차 데이터인 실제 수증기압, 포화수증기압, 평균순일사량 등을 계산하여 시설용 알고리즘에 factor로 입력
- 변형된 시설용 증발산량 알고리즘을 통해 시간단위 관수량을 예측

(4) 연구결과

- 시설에 적용될 수 있는 알고리즘 구조도 확인
- 실시간 센서 데이터를 이용하여 시간단위 관수량을 예측할 것으로 판단됨

제3절. K-Plant 통합관제시스템 개발

1-2 협동

[조인트리] K-Plant 통합관제시스템 개발

1. 최종목표

구분 (연도)	세부과제명	구분	내용
3차 년도	K-Plant 통합관제 시스템 개발	최종목표	K-Plant 및 관제시스템 연동
		세부목표	<ul style="list-style-type: none"> ○K-Plant 및 관제시스템 연동 ○연동 API 제작 및 프로그램 제작
4차 년도	K-Plant 통합관제 시스템 개발	최종목표	<ul style="list-style-type: none"> ○시스템 및 프로그램 운영 매뉴얼 제작 ○스마트팜 에코솔루션과 G-GAP 인증 앱 현지화 기능 개발
		세부목표	<ul style="list-style-type: none"> ○운영 매뉴얼 제작 (국문, 영문) ○BOM 작성 및 단가 산출 ○에코솔루션과 G-GAP 인증 앱 영문 ○사용자/설치 매뉴얼 작성
5차 년도	K-Plant 통합관제 시스템 개발	최종목표	<ul style="list-style-type: none"> ○통합관제시스템 해외 수출 지원 ○K-플랜트 에코솔루션과 G-GAP 인증 앱 글로벌 론칭
		세부목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해외 수출 지원 ○ 글로벌 적용방안 수립 ○ 글로벌 론칭 및 운영지원

2. 목표 및 결과

구분 (연도)	세부 과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
3차 년도 (2019)	K-Plant 통합관제시 스템 개발	K-Plant 및 관제시스템 연동	<ul style="list-style-type: none"> ○K-Plant 통합관제 알고리즘 개발 ○K-Plant 통합관제 프로그램 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○통합관제시스템 UI 설계 ○단위시스템과 연동 가능한 관제시스템 개발
		연동 API 제작 및 프로그램 제작	<ul style="list-style-type: none"> ○관제시스템 연동에 필요한 API 작성 및 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○연동 API 프로토콜 정의 완료 ○단위시스템간 API 방식을 통한 연동
4차 년도 (2020)	K-플랜트통 합관제 시스템 개발	운영 매뉴얼 제작(국문, 영문)	<ul style="list-style-type: none"> ○사용자 매뉴얼 제작 (국문, 영문) ○카탈로그 제작(국문, 영문) ○설치 매뉴얼 제작(국문 영문) 	<ul style="list-style-type: none"> ○사용자 매뉴얼 제작 ○카탈로그 제작 ○설치 매뉴얼 제작
		BOM 작성 및 단가 산출	<ul style="list-style-type: none"> ○BOM 추출 : 전산장비 리스 업 ○단가 산출 및 설치비용 확정 	<ul style="list-style-type: none"> ○전산장비 리스트업 ○단가 및 설치비용 산출
	스마트 팜에코솔루 션과 G-GAP 인증 개발	에코솔루션 현지화 기능 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○에코솔루션 영문 버전 개발 ○에코솔루션 사용자 매뉴얼 작성 	<ul style="list-style-type: none"> ○에코솔루션 영문 버전 제작 ○운영 매뉴얼 제작

구분 (연도)	세부 과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
		G-GAP 인증 앱 현지화 기능개발	○G-GAP 인증 앱 영문 버전 개발 ○G-GAP 사용자 매뉴얼 작성	○G-GAP 인증앱 영문 버전 개발 ○사용자 매뉴얼 작성 완료
	테스트베드 기능검증	GGAP 에코솔루션 TB 시험	○테스트베드 환경 내 개발된 솔루션 기능 검증	○테스트베드 구축을 위한 내부 안정화 프로세스 진행
5차 년도 (2021)	ICT 기반 통합관제 시스템 개발	해외 수출 지원	○테스트베드 데이터 연동 및 통합시험 ○지원 언어 확장 및 매뉴얼 제작 (국문, 영문 이외 지역)	- 테스트베드 內 데이터 연동을 통한 관제시스템 기능 고도화 - K-플랜트 에코솔루션과 G-GAP 인증앱 테스트베드내 기능검증 - 지원 언어 확장 및 매뉴얼 제작(국문, 영문 이외 지역)
	스마트 팜 에코솔루션 과 G-GAP 인증 개발	글로벌 적용방안 수립	○수출 국가 적용방안 상세화 ○스마트 팜 관련 규제 및 인증절차 조사 분석	- 수출국가 적용방안 상세화 - 스마트 팜 관련 규제 및 인증절차 조사 분석하여 적용방안 반영
		글로벌 론칭	○수출국가 현지 적용 ○현지 운영지원	- 수출국가 현지 적용 - 현지 운영지원 : 운전자 교육

3. 세부 연구결과

3.1. K-Plant 통합관제 프로그램 개발

(1) 개요

가. 스마트팜에 적용되는 통합환경제어시스템(양액제어), 물관리시스템, 에너지관리시스템, 생육환경 시스템을 중앙에서 관제할 수 있는 모니터링 시스템 구현

- 기존의 통합환경 제어시스템은 양액제어, 내/외부 환경제어, 생육환경을 관리하는 시스템으로 개발하고자 하는 “K-Plant 통합관제시스템”과의 차별점은 물관리시스템(특허등록 제 10-1656433호 : AMI 실시간 관망운영 관리기법 및 프로그램) 활용 및 지열에너지시스템 결합한 새로운 관제시스템임

나. 수출 Target 국가의 현지 환경에 맞는 프로그램 확장성 구현

- 현지 환경에 커스터마이징이 가능하도록 소스 설계

(2) 접근방법

가. 데이터 연동 단위시스템 설정

- 한국형 스마트팜 관제시스템 개발을 위한 단위시스템 간 연계방안 설정



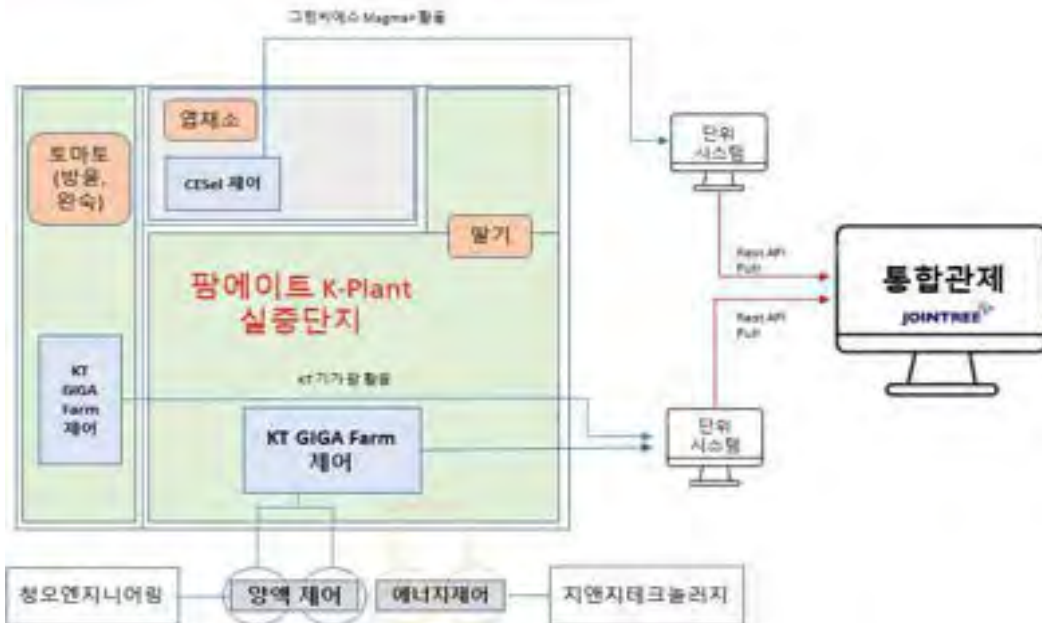
[그림 2-41] 단위시스템간 연계도

- 케이티의 복합환경정보, 청오엔지니어링의 양액제어시스템, 나래트렌드의 물관리 시스템, 지앤지테크놀러지의 지열에너지 관리시스템, 씨슬프라이머스의 작물프로파일 시스템의 단위시스템간 데이터 연계방안 구축

<연계 오퍼레이션>				<연계 데이터 공통 Header>		
기능	경로	방식	설명	KEY	VALUE	비고
데이터 등록	/api/vendor-collections/{vendorid}	POST	업체별 데이터 등록	providerName	"JOIN_TREE"	
데이터 조회	/api/vendor-collections/{vendorid}	GET	업체별 데이터 확인	systemName	"WaterManagemen t"	
데이터 삭제	/api/vendor-collections/{vendorid}/{seq}	POST	필 하는 데이터 (시퀀스번호 지정) 삭제	createAt	<each Value>	데이터 생성 시간
				category	"필프"	

[그림 2-418] 통합관제시스템 인터페이스(Rest API Collector)

○ 각 단위시스템의 연계도 파악

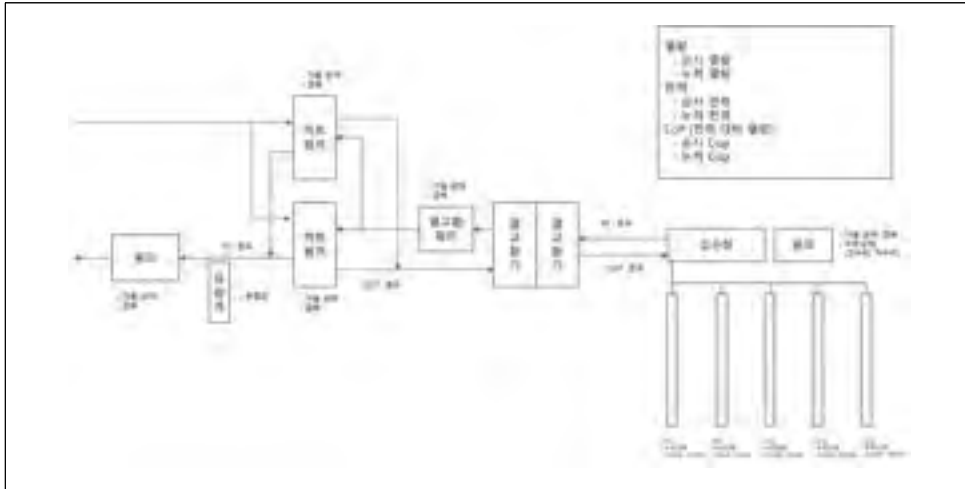


[그림 2-419] K-Plant 실증단지 통합관제시스템 개략도

- 토마토(방울, 완숙), 딸기 하우스는 각각 KT 기기팜의 환경제어시스템을 활용하며, 엽채소 하우스의 씨슬프라이머스는 그린씨에스사의 Magma+ 환경제어시스템을 활용
- 각 환경제어시스템의 데이터를 Rest API 방식을 활용하여 통합관제시스템 구현

○ 각 단위시스템 인터뷰를 통한 업무분석

- 지앤지테크놀러지
 - 내부 데이터 통신방식은 MODUBUS를 이용한 TCP/IP 방식을 사용
 - 수집요소로는 크게 공이, 집수정, 열교환기, 히트펌프, 펌프로 구성



[그림 2-420] 지열에너지시스템 세부 구성요소

- 세슬프라이머스
 - 플랫폼을 통해 생육모델에 따라 생장정보를 수집하며 인공지능 의사결정 시스템 환경 구축 중
 - 데이터 연동은 REST API를 기본적으로 사용할 예정
 - 약 13개의 센서에 대한 관제요소 연동(온도, 습도, 광량 등)
- 케이티
 - KT 기가팜의 데이터 연동
 - 통합관제시스템 데이터 연동을 위한 기존 플랫폼에서 신규계정 생성
 - 데이터 형태는 REST API 형태이며, 1회/1분 주기의 설정
 - 청오엔지니어링의 양액 관련 데이터 정보 공급



[그림 2-421] KT 기가팜 복합환경 대시보드



[그림 2-422] 양액 대시보드

- 나래트랜드
 - 1, 2차년도 수행 데이터 및 물관리 정보 데이터 연계

나. 단위시스템별 관제요소 설정

- 통합관제시스템을 구현하기 위한 단위시스템별 관제요소 설정
- 외부환경정보, 내부환경정보, 지열에너지 정보, 물관리 시스템, 구동기 환경정보, 양액정보, 생육환경 정보별 관제요소 설정
- 중요 관제 정보를 메인화면에 구현하였으며, 단위시스템의 세부 정보는 팝업을 통하여 설계

다. 관제 프로그램 개발

○ UI 개발

- 메인 관제화면에서 가장 중요한 데이터 항목을 도출하기 위해 각 단위시스템별 핵심 데이터 항목 도출

(2) 연구내용

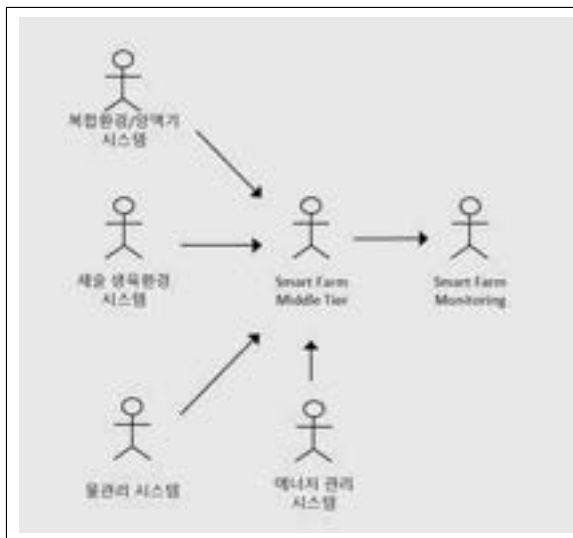
가. 시스템 설계

○ Service Flow 설계

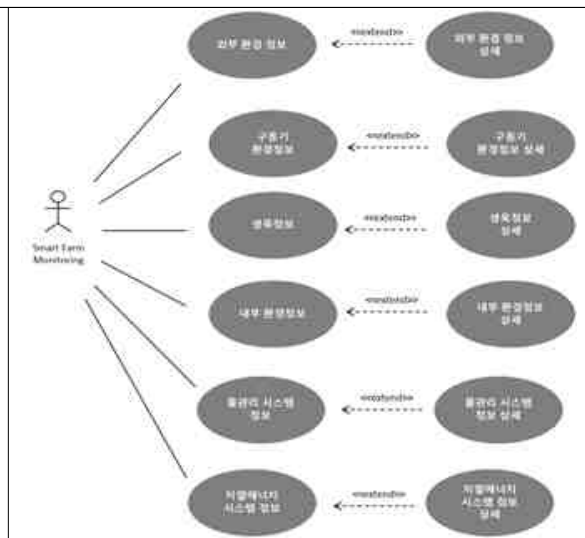
- 스마트팜 관제를 위한 Actor는 아래와 같음

Actor 명	구분	설명	비고
복합환경 / 양액기 시스템	시스템	복합환경제어 및 양액기 제어를 수행하는 시스템	KT
세슬 생육환경 시스템	시스템	생육환경 시스템을 관제	세슬프라이머스
물관리 시스템	시스템	물관리 시스템을 관제	나래트랜드
에너지 관리 시스템	시스템	에너지 시스템을 관제	지앤지테크놀러지
Smart Farm Middle Tier	시스템	단위시스템과의 데이터 연계 및 Routing을 수행하는 시스템	조인트리
Smart Farm Monitoring	시스템	단위시스템의 정보를 모니터링 하는 시스템	조인트리

- Actor Diagram 및 Use Case Diagram은 아래와 같음



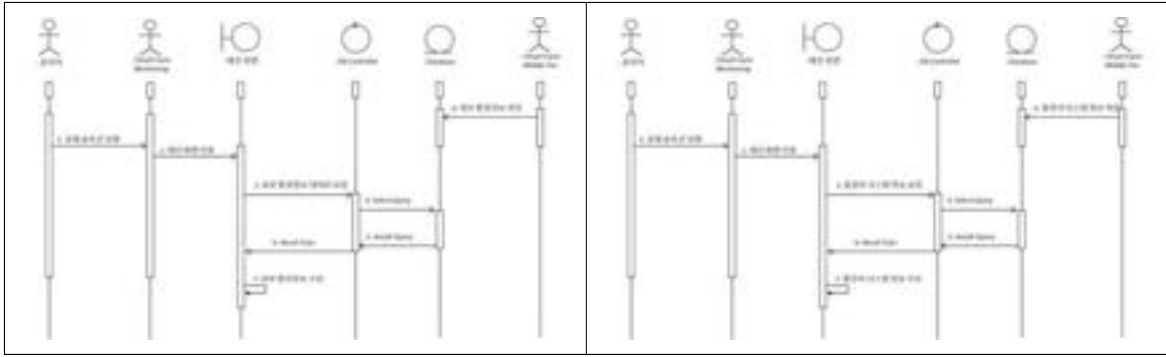
[그림 2-423] Actor diagram



[그림 2-424] Use case diagram

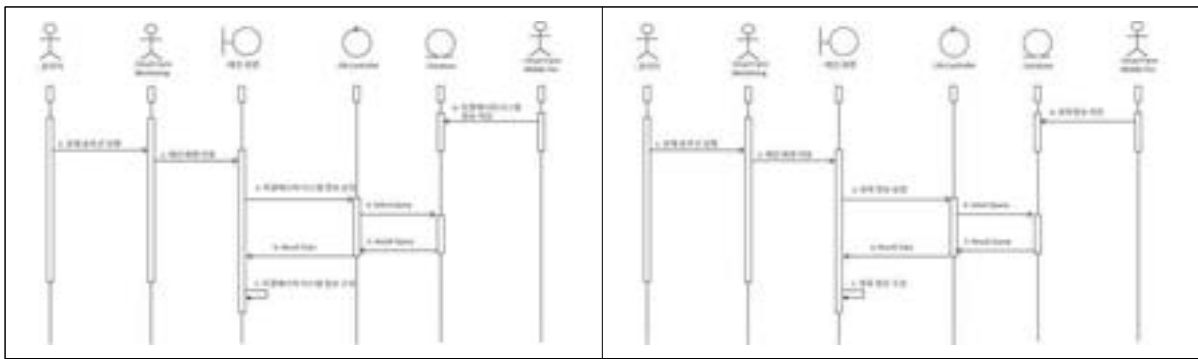
- K-Plant 통합관제시스템의 단위시스템의 확장을 통하여 상세 환경정보 구현

○ 단위시스템별 Service Flow 설계



[그림 2-425] 외부환경정보

[그림 2-426] 물관리 시스템 정보

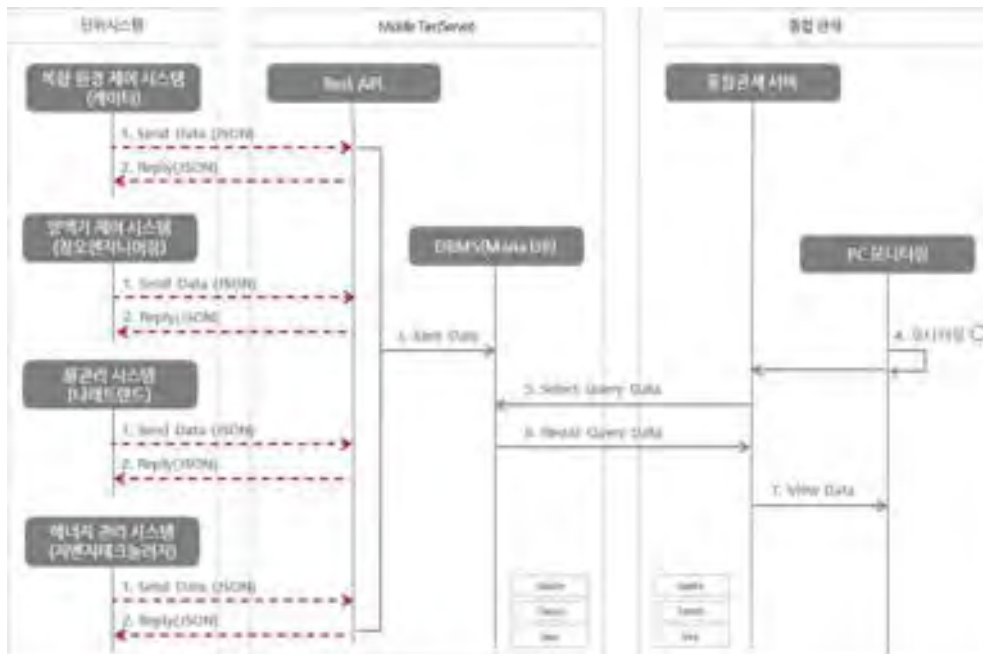


[그림 2-427] 지열에너지 시스템 정보

[그림 2-428] 생육 환경정보

- 각 단위시스템별 플로우 설계를 통한 데이터 관제 시스템 구축

○ 데이터 연계방안 설계



[그림 2-429] Basic Transaction

- 단위시스템과 Middle Sever는 JSON(JavaScript Object Notation)의 개방형 표준 포맷을 통하여 양방향 설계
- 수집된 정보는 DBSM을 통해 저장되며 Apache, Tomcat, Linux를 통해 통합관제서버로 전송
- 통합관제서버로 전송된 데이터를 팜에이트 실증센터와 농어촌연구원의 PC로 재전송되며 이를 모니터에 구현

○ AI(Information Architecture) 설계

프로그램	버전	1st depth	2nd depth	3rd depth	페이지 타이틀	비고
Middleware	1.0	관리화면				초기화면
	1.1		데이터 검색		연출할 기기별 데이터 검색	완료
	1.2		설정		환경설정	완료
	1.3		외부 환경정보		외부환경정보	완료
	1.4		지열에너지 정보		지열에너지 정보	완료
	1.5		물관리 시스템		물관리 시스템	완료
	1.6		A동(보일러) 정보			완료
	1.61			A동 내부 환경정보	A동 내부 환경정보	완료
	1.62			A동 구동기 환경정보	A동 구동기 환경정보	완료
	1.63			A동 압력 정보	A동 압력 정보	완료
	1.64			A동 생육환경 정보	A동 생육환경 정보	완료
	1.7		B동(양파) 정보			완료
	1.71			B동 내부 환경정보	B동 내부 환경정보	완료
	1.72			B동 구동기 환경정보	B동 구동기 환경정보	완료
	1.73			B동 압력 정보	B동 압력 정보	완료
	1.74			B동 생육환경 정보	B동 생육환경 정보	완료
	1.8		C동(양배추) 정보			완료
	1.81			C동 내부 환경정보	C동 내부 환경정보	완료
	1.82			C동 구동기 환경정보	C동 구동기 환경정보	완료
	1.83			C동 압력 정보	C동 압력 정보	완료
	1.84			C동 생육환경 정보	C동 생육환경 정보	완료

[그림 2-430] Information Architecture

- 한국형 스마트팜 통합관제시스템의 정보 설계하는 문서로서 웹의 사이트맵임
- 메뉴의 계층 구조를 표현하여 인터페이스의 전체 구조 파악

○ 아키텍처 설계



[그림 2-431] K-Plant 통합관제시스템 전체 아키텍처 설계

- 스마트팜 관제 솔루션은 단위시스템간 데이터 연계를 위한 Middle Tier와 함께 통합관제 서비스를 모니터링, 데이터 저장하는 DB 시스템으로 구성
- S/W Flamework
 - Linux 기반 Apache / Tomcat을 이용한 구축
 - JAVA / Spring Framework 활용
 - Kafka Produce, Kafka Broker, Kafka Consumer 구축을 통한 관제플랫폼으로 데이터 Routing
- 통합관제시스템 아키텍처는 위의 같은 형태로 구성하였으며, 각 단위시스템의 Rest API를 Push & Pull 방식을 통해 연동
- 특정시간에 데이터 연동을 주기적으로 수행시키는 CronTab 방식 활용

○ Middle Tier(Data Collect & Route)

티어 명	역할	비고
CronTab(Scheduler)	주기적으로 데이터 수집을 수행하는 모듈	
데이터 수집 Interface	서브 시스템간 데이터 수집을 위한 인터페이스 모듈	
통합관제 Interface	모니터링 시스템과의 연계를 위한 Interface 모듈	
REST API / JSON	데이터 수집(Receiver)를 위한 수집 모듈	
HTTP / Socket	MODBUS, TCP/IP 통신을 위한 연계 모듈	

○ 하드웨어 설계

- K-Plant 통합관제시스템을 구축하기 위한 하드웨어 설계
- WEB/WAS 서버, DB 서버를 조인트리 자사 구축을 통한 안정적 서버관리 시스템 구현
- PC 및 모니터 2세트를 구성하여 팜에에트 실증단지과 농어촌연구원 로비에 각각 설치

구분	항목	수량	사양
서버	WEB, WAS Server	1	Dell R440 [CPU Xeon 2.2G, Mem 32GB, HDD 600GB*2, FC 16Gb * 2P, DVD, Power 이중화]
서버	DB Server	1	Dell R440 [CPU Xeon 2.2G, Mem 32GB, HDD 600GB*2, FC 16Gb * 2P, DVD, Power 이중화]
PC	컴퓨터	2	Win 10 Home; i5-8500, SSD128, DDR4 2400 Mhz 8GB, GT730 1GB
PC 관제 모니터	관제 모니터	2	삼성전자 LH49DCJPLGA, TV화면크기 : 49인치, 형태 : 평면형, 해상도 : FHD급(1920 x 1080) 단자 : HDMI(2개), 컴포넌트, 컴포지트, USB(12개), Optical, LAN, RF 화면비율 : 16:9, 중량 : LED
모니터 스탠드	거치형 스탠드	2	삼성전자 STN-4075E



[그림 2-432] 통합관제모니터 및 서버

○ UI(User Interface) 설계

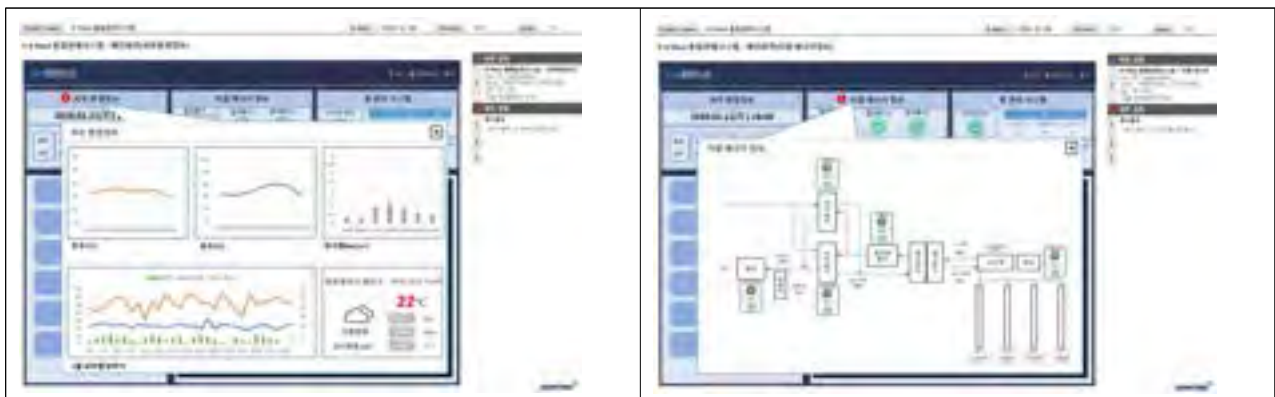
- 인터페이스는 직관적이며 사실적인 디자인으로 구현
- 50인치 모니터에 Full HD(1920×1080) 해상도를 고려하여 설계
- 구글 Chrome 웹브라우저 전체화면 메서드 활용
- 보안을 위한 관리자 P/W 화면 및 메인화면 인터페이스 설계 및 구성



- 메인화면의 통계정보 및 설정 인터페이스 설계



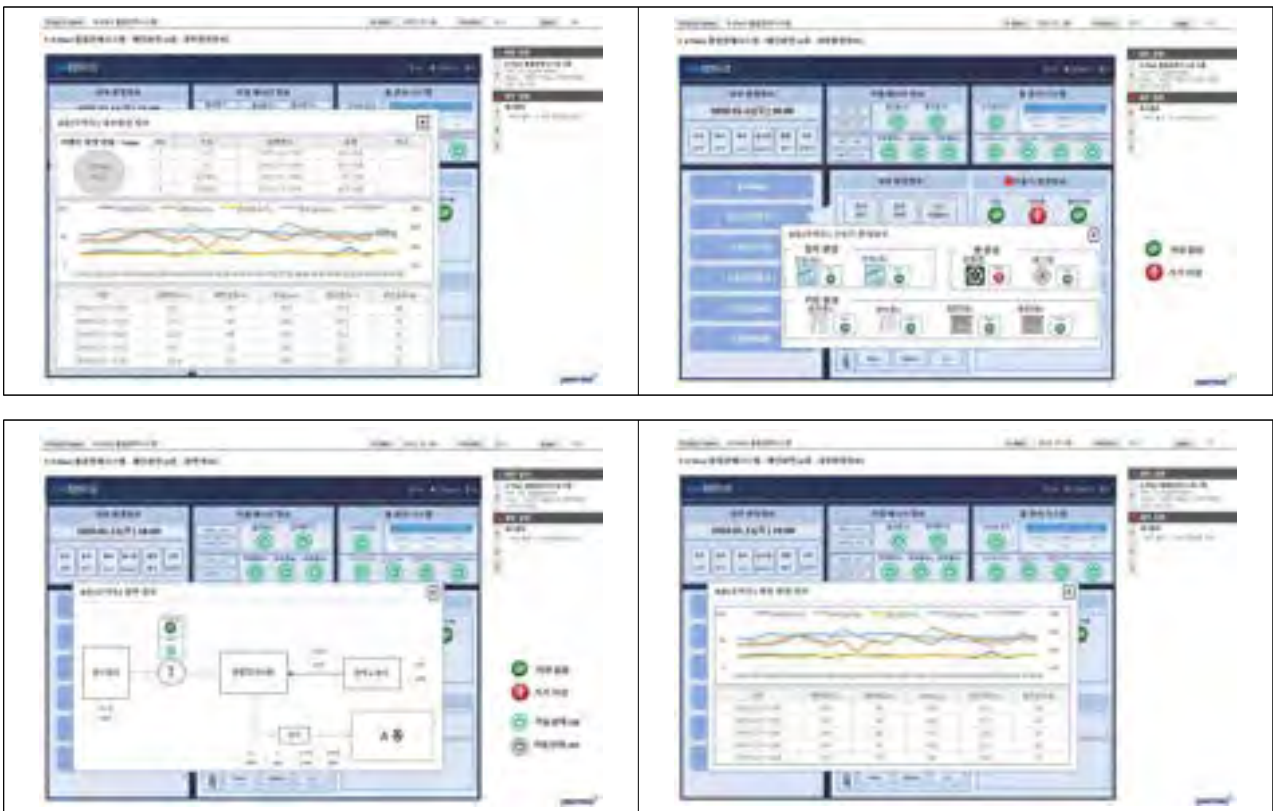
- 외부환경정보 및 지열에너지정보 인터페이스 설계



- 물관리 시스템 인터페이스 설계



- 내부환경정보, 구동기환경정보, 양액정보, 생육환경정보 인터페이스 설계



- 각 동별(작물별) 환경정보 관제 가능 및 해외 현지 환경에 적용 가능하도록 기능 추가

○ API 설계

- 각 단위시스템별 서비스 key를 생성하고 교환 데이터표준으로 XML과 JSON을 제공
- 인터페이스 표준으로 REST의 GET 방식으로 구현
- 메시지 교환 유형이 Request-Response이라는 것을 알 수 있고, 실시간 정보지만 매 초당이 아니라 1분마다 측정된 값을 반영
- JSON방식으로 응답을 받고 싶으면 &_returnType=json 을 추가하여 구현

등급	종류	보통	나쁨	매우나쁨
Grade 값	1	2	3	4

• 요청 / 응답 메시지 예제

REST(URI)
<pre>http://openapi.airkorea.or.kr/openapi/services/rest/AirPmInforInquireSvc/getMsrstnAcctoRltmMesureDnsty?stationName=종로구&dataTerm=month&pageNo=1&numOfRows=10&ServiceKey=서비스키&ver=1.0</pre>
응답 메시지
<pre><response> <header> <resultCode>00</resultCode> <resultMsg>NORMAL SERVICE</resultMsg> </header> <body> <items> <item> <dateTime>2016-04-20 14:00</dateTime> <manqName>도시대기</manqName> <so2Value>0.007</so2Value> <coValue>0.4</coValue> <p3Value>0.043</p3Value> <no2Value>0.024</no2Value> <pm10Value>73</pm10Value> <pm10Value24>55</pm10Value24> </item> </items> </body> </response></pre>

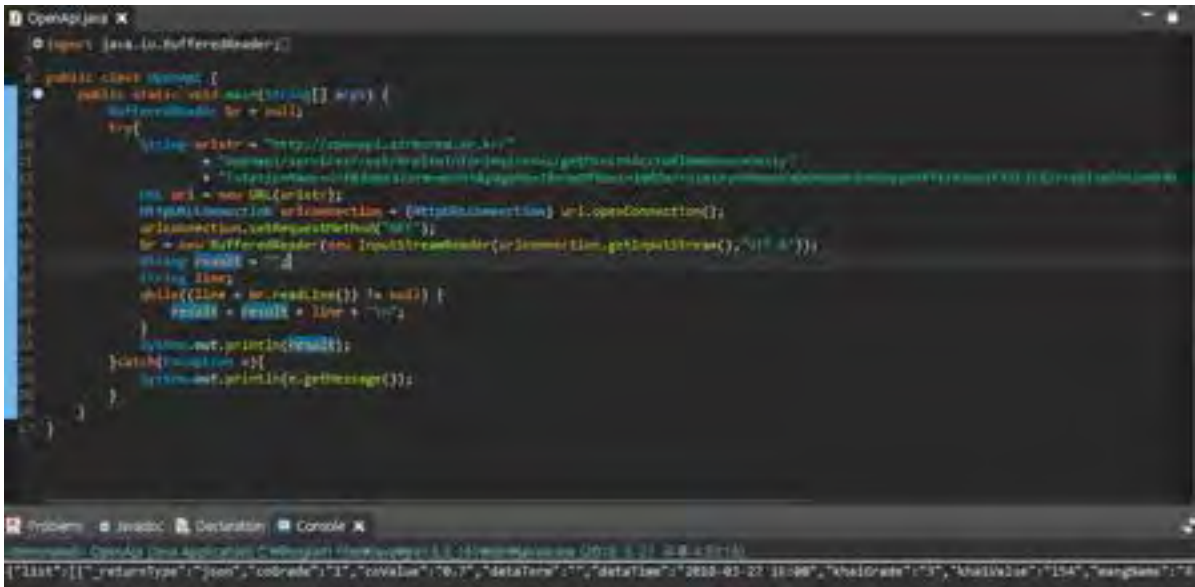
[그림 2-433] 메시지 sample

- 메시지 부분에서 서비스키만 api키를 넣고 해당 URL로 요청하여 응답
- 각 파라미터에 대한 이해도

일련 번호	서비스명(국문)	오퍼레이션명(영문)	오퍼레이션명(국문)	메시지명(영문)
1	대기오염 정보 조회 서비스	getMsrstnAcctoRltmMesureDnsty	측정소별 실시간 측정정보 조회	N/A
2		getInhaleEvanderServiceAboveMsrstnList	흡입대기환경지수 나쁨 이상 측정소 목록조회	N/A
3		getCtrprvRltmMesureDnsty	시도별 실시간 측정정보 조회	N/A
4		getMnuDustFrstDspth	미세먼지/오존 예보통보 조회	N/A
5		getCtrprvMesureList	시도별 실시간 평균정보 조회	N/A
6		getCtrprvMesureSidoList	시군구별 실시간 평균정보 조회	N/A

[그림 2-434] 파라미터 정보

○ 브라우저를 이용한 테스트



[그림 2-435] 테스트 코드

(4) 연구결과

가. 통합 관제시스템 UI 설계 및 개발

- 인터페이스 설계 기반 통합관제시스템 구축

나. 단위시스템과 연동 가능한 관제시스템 개발

- 각 단위시스템별 연동 데이터설정을 통한 필수 관제요소 구축

3.2. K-Plant 통합관제 프로그램 개발(계속)

(1) 개요

- K-Plant 통합관제 프로그램 개발

- 스마트팜에 적용되는 통합환경제어시스템(양액 제어), 물관리 시스템, 에너지관리 시스템, 생육환경 시스템을 중앙에서 관제할 수 있는 모니터링 시스템 개발
 - 기존 단위 시스템과의 데이터 연동 프로토콜의 변동으로 인하여 신규 프로토콜 개발
- 3차년도 완료된 스마트팜 통합관제 시스템의 사용자 매뉴얼 작성
 - 운영 매뉴얼 제작 (사용자 매뉴얼 제작, 카탈로그 제작, 설치 매뉴얼 제작)
- BOM 작성 및 단가 산출
 - BOM 추출을 통해 전산장비 및 부속부품 리스트업
 - 단가 산출 및 설치비용 계상

(2) 접근방법

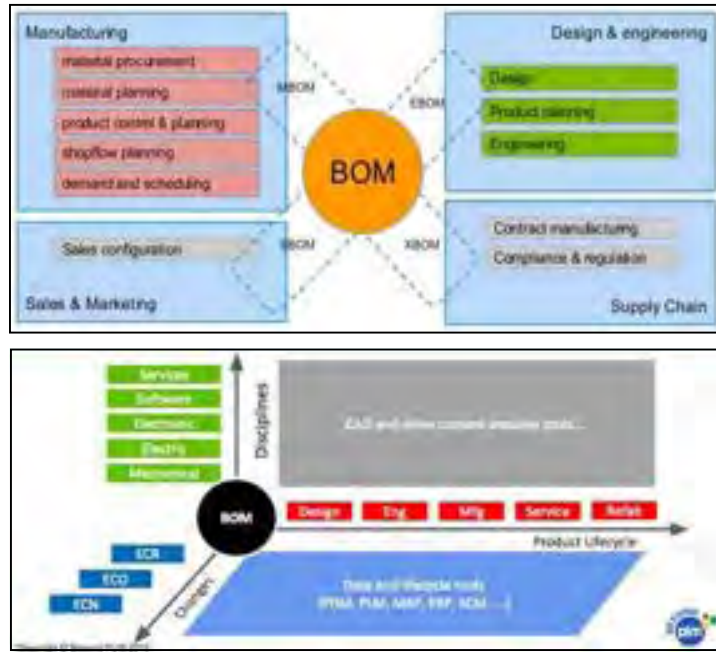
- K-Plant 통합관제 프로그램 매뉴얼 제작



[그림 2-436] K-Plant 통합관제 프로그램 매뉴얼

- 사용자 매뉴얼 제작
 - 사용자 매뉴얼이란 K-Plant 통합관제 프로그램을 사용하기 위한 절차 및 방법을 상세히 명시한 문서로서 프로그램을 처음 접하는 사용자를 위해 사용 방법을 요약, 안내하는 목적으로 작성되었으며, 영문 버전의 매뉴얼을 함께 제공하고 있음
- 카탈로그 제작
 - K-Plant 통합관제 프로그램의 카탈로그는 프로그램의 기본적인 설명을 바탕으로, 최종적으로 제공하고자 하는 서비스에 대한 내용을 글과 사진을 통해 알기 쉽게 소개하기 위해 사용자 매뉴얼과 동일하게 국문뿐 아니라 영문으로도 작성할 계획임
- 설치 매뉴얼 제작
 - 설치 매뉴얼에서는 K-Plant 통합관제 프로그램 설치에 대하여 누구나 쉽게 접근할 수 있도록 설치 방법이 상세히 작성되어 있으며, 다른 매뉴얼들과 동일하게 영문 버전의 매뉴얼을 제공하고 있음

□ 타겟 국가 수출 목적 BOM 작성 및 산출



[그림 2-437] BOM 개념

○ BOM 추출 : 전산장비 리스트업

- 일반적으로 BOM(Bill of material)이란 모든 품목에 대해 상위 품목과 부품의 관계와 사용량, 단위 등을 표시한 list, 도표, 또는 그림을 말하지만, K-플랜트 통합관제 시스템에서의 BOM이란 전산장비에 대한 리스트를 작성 및 관리하고 시스템 개발에 필요한 자재와 공사비용에 대한 관리적 차원을 말함

○ 단가 산출 및 설치비용 확정

- 단가 산출 및 설치비용 산출
- 비용 산출 확정

(2) 연구내용

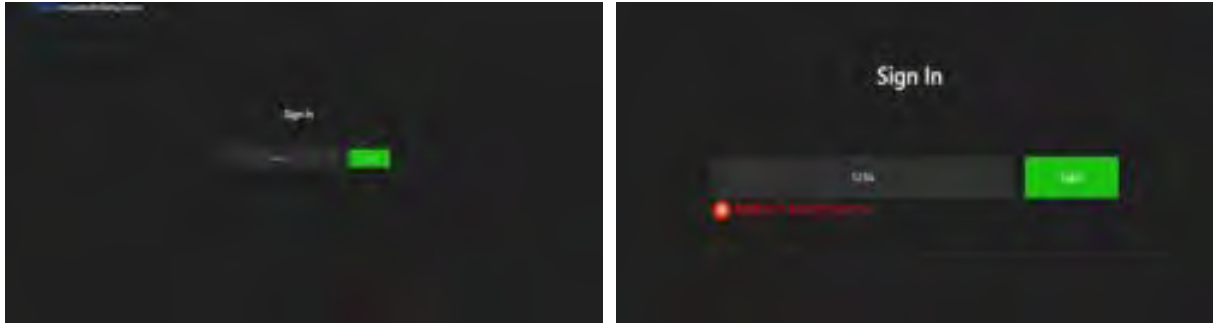
□ 운영 매뉴얼 제작

○ K-Plant 통합관제 프로그램 개발에 따라 운영에 필요한 구체적인 내용을 포함한 실용적인 운영 매뉴얼 제작

- 로그인 관리 : K-플랜트 통합관제 시스템의 로그인 권한 관리
- 환경관리 : K-플랜트 통합관제 시스템의 환경정보 및 단위 시스템 모니터링
- 경고 관리 및 설정 : 센싱되는 센서의 장애 발생 로그 및 기타 설정관리

1) 로그인 관리

- 175.201.40.91:8080 IP 접속
- 사용자 비밀번호를 통해 접속



[그림 2-438] 통합관제 프로그램 로그인

2) 환경관리

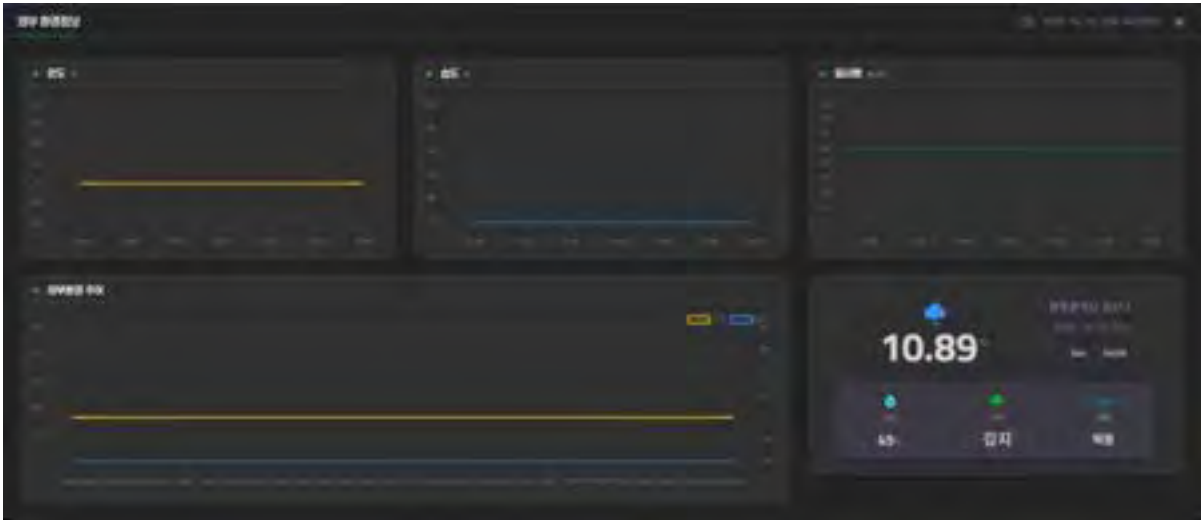
① 메인화면



[그림 2-439] 통합관제 프로그램 메인화면

- 온실의 외부 환경정보, 지열에너지 정보, 양액 정보, 각 동의 내부 환경정보 모니터링
- 시각화된 온실의 알람 상태 확인
- 메인화면 “더 보기” 선택 시 각 세부 환경정보 제공

② 외부 환경정보



[그림 2-440] 통합관제 프로그램 외부 환경정보

- 외부 환경정보는 1시간 기준으로 업데이트
- 온도, 습도, 일사량 정보는 현재시간 기준 이전 6시간의 데이터를 나타냄
- 통합그래프는 현재시간 기준 이전 30일간의 데이터 추이를 나타냄

③ 지열에너지 정보



[그림 2-441] 통합관제 프로그램 지열에너지 정보

- 지열에너지 시스템 모니터링은 펌프, 유량계, 열교환기 등의 가동상태를 나타내며, 이상 상태 발생 시 알람을 통해 메인화면으로 송출
- 매설된 지하 공이의 수위를 실시간으로 나타내며 수위에 따른 위험도와 알람을 제공
- 에너지 흐름과 관련하여 열량, 전력, CoP 상태량을 나타냄
 - 순시COP : 현재 1분간의 사용전력과 발생 열량을 기준으로 한 COP
 - 순시열량: 현재 1분간 발생시킨 열량을 기준으로 KW 단위
 - 누적열량 : 현재까지 시스템이 발생시킨 총 열량을 KWh 단위

- 순시전력: 현재 1분간 사용전력을 기준으로 KW 단위
- 누적전력 : 현재까지 시스템이 사용한 총 전력량 단위는 Kwh

④ 물관리 시스템(양액 정보)



[그림 2-442] 통합관제 프로그램 물관리 시스템

- 수처리 장치 및 센서, 펌프의 가동상태를 제공
- 각 동에서 처리되는 양액 시스템의 구동 여부 모니터링 화면 제공

⑤ 내부환경정보



[그림 2-443] 통합관제 프로그램 내부환경정보

- 온실 내 내부환경정보는 세부 양액 정보, 구동기 환경정보, 생육환경정보를 포함
- 내부환경정보는 온실 내 온도, 습도, Co2 정보를 제공하며, 온실 내 센싱되는 모든 센서의 정보를 나타냄
- 온도, 습도, Co2 정보는 현재시간 기준 이전 6시간의 데이터를 나타냄



[그림 2-444] 통합관제 프로그램 양액 정보

- 각 온실 내 양액에 대한 세부 정보제공
- 양액의 종류 및 투입량, 잔량 등을 표시하며 센싱를 통해 pH, EC, 유량을 실시간으로 나타냄
- 배출량, PH, EC 정보는 현재시간 기준 이전 6시간의 데이터를 나타냄

3) 경고 관리 및 설정

① 경고 관리



[그림 2-445] 통합관제 프로그램 경고 관리

- 통합관제시스템에서 센싱되는 센서의 장애 발생에 따른 로그화면 제공
- 경고의 복구 및 미복구 화면 제공 및 알람 세부 내역 제공
- 경고 내역 검색기능을 제공하며, 내역 Export 기능 제공

② 통계 정보

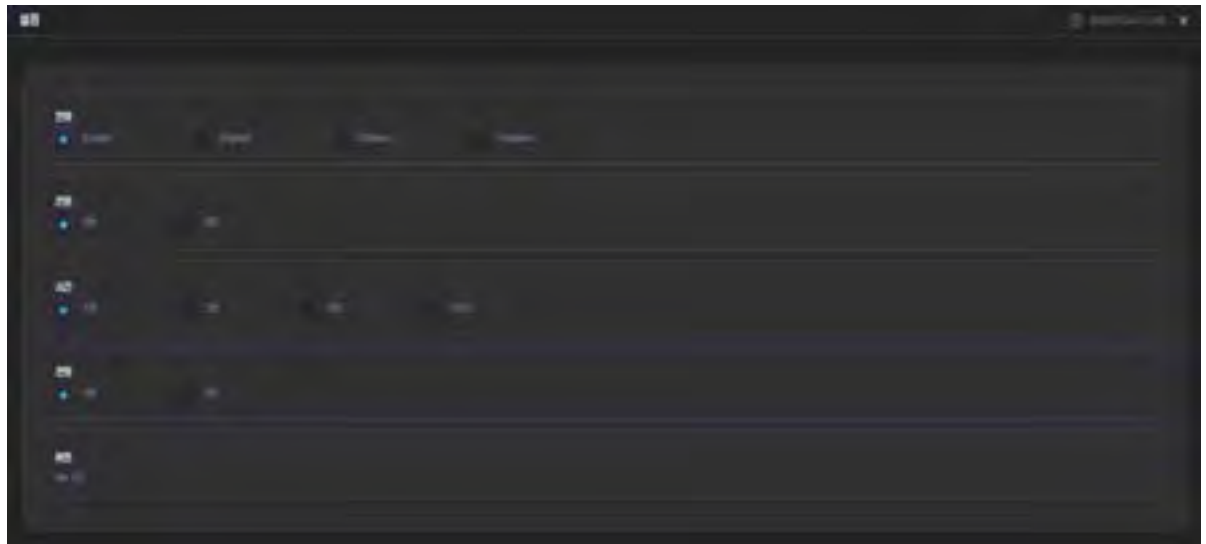


센서 ID	센서명	단위	값
2020-01-01-001	온도	°C	7.5
2020-01-01-002	습도	%	1.2
2020-01-01-003	PM2.5	㎍/㎥	0.1
2020-01-01-004	PM10	㎍/㎥	0.1
2020-01-01-005	CO2	ppm	0.1
2020-01-01-006	NO2	ppb	0.1
2020-01-01-007	O3	ppb	0.1
2020-01-01-008	SO2	ppb	0.1
2020-01-01-009	CO	ppb	0.1
2020-01-01-010	TVOC	ppb	0.1

[그림 2-446] 통합관제 프로그램 통계 정보

- 통합관제시스템의 모든 센서의 측정 데이터 제공
- 센싱 내역 검색기능을 제공하며, 내역 Export 기능 제공

③ 설정관리

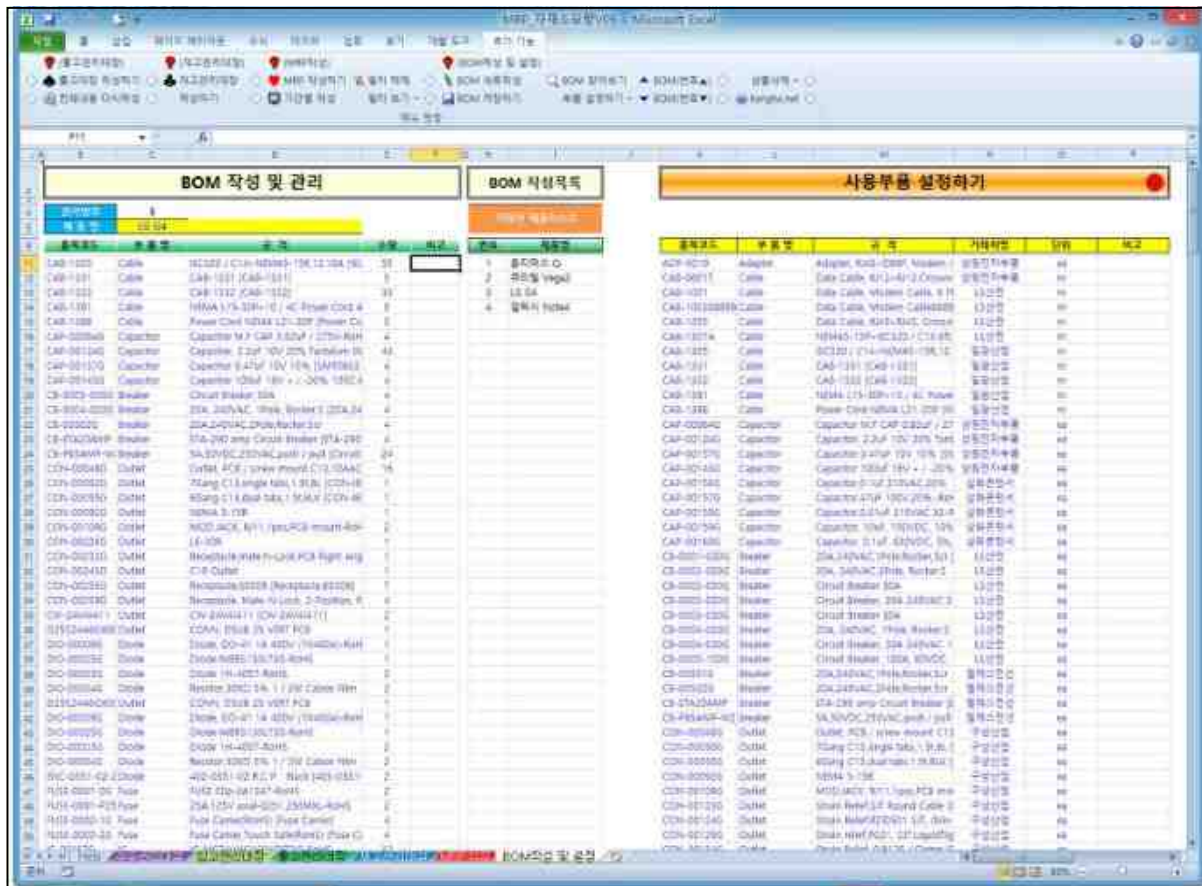


[그림 2-447] 통합관제 프로그램 설정

- 설정을 통해 해당 언어로 변경 가능한 기능 제공
- 동기화 시간 설정 및 전원 설정 기능 제공

□ BOM 작성 및 단가 산출

- 개발 완료된 소프트웨어 프로그램 단가 산정 및 설치비용 산출을 위해 BOM 작성 및 단가 산출 필요
 - 프로그램을 구성하기 위한 소프트웨어 및 전산장비의 목록을 만들어 프로그램의 구조에 대한 대략적인 가시성 확보
 - 또한, 해당 소프트웨어와 전산장비에 대한 정보 및 출처와 공급책 파악이 가능함은 물론 버전 현황과 알려진 취약점 확인이 가능함
 - 프로그램의 개발 생애주기를 살펴보면 수많은 요소들이 끼어들게 되며, 개발자들은 단계별로 주어진 업무를 완수하기 위해 상황에 맞는 툴과 장비를 투입하여 작업을 진행해야 함
 - 그러므로 개발 상황 전반을 지속적으로 모니터링 할 수 있도록 프로세스 전체의 가시성을 미리 확보해야 하며, 취약점이 발견되면 즉시 조치할 수 있도록 해야 함



[그림 2-448] BOM 작성 예시

- 이에, 관련 전문가를 섭외하여 타겟 국가 수출을 목적으로 모델별(중양아시아, 동남아시아 등), 단지 규모별(1헥타, 10헥타, 50헥타 등) 형태에 따른 BOM 산출 추진

[표 2-273] BOM 내역 예시

구분	분류번호	식별번호	모델명/ 제조사	규격	수량	단가 (단위:원)	금액 (단위:원)	용도/ 설치장소	비고
서버	43211501	23922927	R640/DELL	Intel Xeon Gold 6240 18core(2.6GHz)×2, 36core	6	19,400,000	116,400,000	IoT 서버	
	43211501	23655568	R740/DELL	Intel Xeon Gold 6148(2.4GHz)×2, 20core	5	22,310,000	111,550,000	빅데이터 서버	
	43211501	23878881	T640/DELL	Intel Xeon Gold 6246(3.3GHz)×2	2	82,450,000	164,900,000	GPU서버	
	-	-	R740xd2/DELL	2.4GHz 10Core, 16GB, DDR4-3200, 224TB (16TB×14)	2	42,195,000	84,390,000	스토리지 서버	
	43211501	23922927	R640/DELL	Intel Xeon Gold 6240 18core(2.6GHz)×2, 36core	1	19,400,000	19,400,000	Web/Was 서버	
	43211501	23922927	R640/DELL	Intel Xeon Gold 6240 18core(2.6GHz)×2, 36core	1	19,400,000	19,400,000	DB서버	
네트 워크	-	-	Catalyst 9300-24UX-E/Cisco	1/10GBASE-T 24Port, 10GE SFP 8 Port	1	17,460,000	17,460,000	L3스위치	
	43222615	23291608	MDS-9148S/Cisco	8Gbps FC 24port 제공, 최대 16Gbps 및 48port 지원	1	18,430,000	18,430,000	SAN 스위치	
기타	-	-	KEXSeries/ (주)한국자동제어	Box 일체형 스위치 LED 동작 표시등 접점 : 1Nomal Open	50	165,000	8,250,000	비상 버튼	
	43211902	23776529	P2419H/DELL EMC	5ms, 60.4cm, 1920×1080	5	560,000	2,800,000	관제 모니터	
	-	-	Precisoin 3440/DELL EMC	i5-10500(3.1Ghz, 6C), 16Gb DDR4, 512GB M.2 SSD	5	4,290,000	21,450,000	관제 PC	
	-	-	RT15kVA/APC	15kVA, P&P 외장형 배터리	1	27,160,000	27,160,000	UPS	
	-	-	42U Rack/DELL EMC	Dell 42U 600 X 1075 Rack	2	9,500,000	19,000,000	서버랙	
	-	-	KVM Switch/Aten	듀얼 레일 17" LED 백라이트 LCD 모니터 통합 KVM 콘솔	2	9,415,000	18,830,000	KVM 스위치	
	-	-	향온항습서버	서버실 온습도 절, 서버 3개 투입공간	1	37,830,000	37,830,000	서버 향온항습	

(4) 연구결과

- 통합관제시스템 연동을 위한 프로토콜 등 규격서 개발
 - 내/외부 환경정보, 양액정보 연동 규격서 작성완료
 - 지열에너지시스템, 규격서 개발

- 통합관제시스템 사용자 매뉴얼 제작
 - 국문 사용자 매뉴얼 작성 완료
 - 영문 사용자 매뉴얼 제작

- 타겟국가 수출 목적 BOM 산출
 - BOM 산출 과업 완료

3.3. 스마트 팜 에코솔루션과 G-GAP 인증 개발

(1) 개요

- 스마트팜 Eco Solution 및 G-GAP 인증 APP 현지화 적용을 위한 고도화 개발
 - 스마트팜 솔루션 구축 컨설팅과 유지보수를 위해 스마트팜 관련 장비와 기자재 정보가 체계적으로 관리되고 공유할 수 있도록 Eco Solution 및 G-GAP 인증 APP의 고도화 필요
 - 3차년도 참여기관인 KT의 과업을 인수인계하여 독립적인 플랫폼으로 구축하기 위해 Eco Solution 및 G-GAP 인증 APP 고도화 추진
 - Eco Solution 및 G-GAP 인증 APP 글로벌 시장 진출에 따른 현지화 적용을 위한 기능 개발
 - 스마트팜 패키지 수출을 위한 Eco Solution 및 G-GAP 인증 APP 영문 버전 개발 및 사용자 매뉴얼 개발
 - G-GAP 인증 APP의 경우 APP 내 G-GAP 인증 도구를 제공하여 향후 농가에서 인증할 받을 때 손쉽게 활용할 수 있도록 문서작성 지원

(2) 접근방법

- Eco Solution 및 G-GAP 인증 APP 영문 버전 개발 및 사용자 매뉴얼 제작
 - 스마트팜 패키지 수출을 위한 영문 버전 개발



[그림 2-449] Eco Solution 및 G-GAP 인증 APP 영문 버전 개발

- 글로벌 경쟁력 강화 및 글로벌 접근성 향상을 위해 각 영문 버전 개발 진행
- Eco Solution의 경우, 메인 페이지 왼쪽 하단에 한국어/영어 변경 기능을 추가하여 손쉽게 언어 변경이 가능하도록 구현하였음.

○ Eco Solution 사용자 매뉴얼 제작



[그림 2-450] Eco Solution 인증 APP 매뉴얼

- 에코솔루션 사용자 매뉴얼을 통해 가장 기초적인 로그인 방법부터 장비 및 자재에 관한 등록/관리, 온실에 대한 생성 및 제거 등의 실행과 언어 변경 방법 등에 대해 실제 프로그램에서의 실행 모습과 문구를 통해 상세히 설명하고 있음

○ G-GAP 인증 APP 사용자 매뉴얼 제작



[그림 2-451] G-GAP 인증 APP 사용자 매뉴얼

- G-GAP 사용자 매뉴얼은 영농일지 APP을 통해 작성된 재배 데이터를 바탕으로 Global-GAP 체크리스트를 분석하여 재배, 수확 과정 중 정량화 할 수 있는 항목들을 자동화하며, 이외의 항목들에 대해서도 전산화할 수 있도록 하여 Global GAP 인증을 지원하고 있음

(3) 연구내용

□ Eco Solution 현지화 기능 개발

- 사용자 경험 관찰을 통해 화면 디자인 고도화 및 데이터 시트 추가
 - 독립 플랫폼으로 구현하기 위해 Eco Solution 로고 및 디자인 고도화



[그림 2-452] Eco Solution 상단 로고 및 이미지 변경

- Eco Solution 내 자재 부분의 가격 및 규격 등의 지속적인 업데이트가 이루어지지 않아 별도 알고리즘 개발을 통해 기자재 데이터 시트 신규 업데이트 진행

번호	자재명	단위	수량	단위	종류	단위	종류	단위	종류	가격(원)
1	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	1,217
2	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	3,495
3	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	99,000
4	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	12,882
5	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	9,894
6	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	2,182
7	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	8,182
8	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	1,274
9	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	3,930
10	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	702
11	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	1,005
12	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	189,424
13	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	63,473
14	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	12,810
15	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	2,499
16	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	4,344
17	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	8,130
18	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	1,705,000
19	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	80,000
20	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	400
21	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	400
22	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	480
23	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	8,910
24	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	79,000
25	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	4,000
26	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	200
27	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	280
28	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	24,910
29	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	700
30	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	66,000
31	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	400
32	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	800
33	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	490
34	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	230
35	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	3,700
36	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	900
37	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	140
38	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	140
39	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	140
40	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	140
41	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	140
42	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	140
43	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	140
44	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	140
45	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	140
46	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	140
47	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	140
48	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	140
49	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	140
50	연동수사	기초수사	1	개	연동수사	1	개	연동수사	1	140

[그림 2-453] Eco Solution 기자재 데이터 시트

- 글로벌시장 진출 및 현지화를 위한 Eco Solution 영문 버전 개발
 - 글로벌시장 진출 및 현지화를 위한 영문 버전 개발 및 감리 수행
 - 특히, 기존 영문 홈페이지들은 사소한 문법적 오류에서부터 네이티브 관점에서 볼 때 이해할 수 없는 한국식 표현을 사용한 경우가 흔하기에 영문 감수 편집 능력을 갖춘 전문가의 검수를 거친 영문 버전 개발 진행



[그림 2-454] Eco Solution 국/영문 변환 창



[그림 2-455] Eco Solution 영문 변환 화면

- Eco Solution 사용에 필요한 구체적인 내용을 포함한 실용적인 사용자 매뉴얼 개발
 - 로그인 관리 : Eco Solution의 로그인 권한 관리
 - 메인화면 : Eco Solution 상단 메뉴 설정 및 관리
 - 메뉴 : 개별 장비에 대한 설정 및 관리

- 1) 로그인
 - ① 로그인



[그림 2-456] Eco Solution 로그인 화면

- 시스템을 구동 후 나타나는 화면
- 아이디와 비밀번호를 입력하고 로그인을 클릭

- ② 메인화면

- 로그인 이후, 다음 메인화면이 나타남



[그림 2-457] Eco Solution 메인화면

2) 메인화면

① 저장된 온실 선택



[그림 2-458] Eco Solution 저장된 온실 선택

- 상단 메뉴 중 첫 번째 콤보박스 선택을 통해 저장된 온실 선택 가능

② 장비 관리



[그림 2-459] Eco Solution 장비 관리

- 대분류, 분류, 이름, 회사를 입력, 선택하여 장비 검색 가능
- 제거 버튼을 클릭하여 장비 제거 가능



[그림 2-460] Eco Solution 장비 등록

- 대분류, 분류, 이름, 업체, 규격, 가격, 이미지를 입력하여 장비 등록 가능
- 추가 버튼 클릭을 통해 여러 장비 등록 가능

③ 자재관리



[그림 2-461] Eco Solution 자재관리

- 대분류, 분류, 이름, 회사를 입력, 선택하여 자재 검색 가능
- 제거버튼을 클릭하여 자재 제거 가능



[그림 2-462] Eco Solution 자재등록

- 대분류, 분류, 이름, 업체, 규격, 기준, 가격을 입력하여 자재 등록 가능
- 추가 버튼 클릭을 통해 여러 자재등록 가능

④ 타입등록



[그림 2-463] Eco Solution 타입 관리

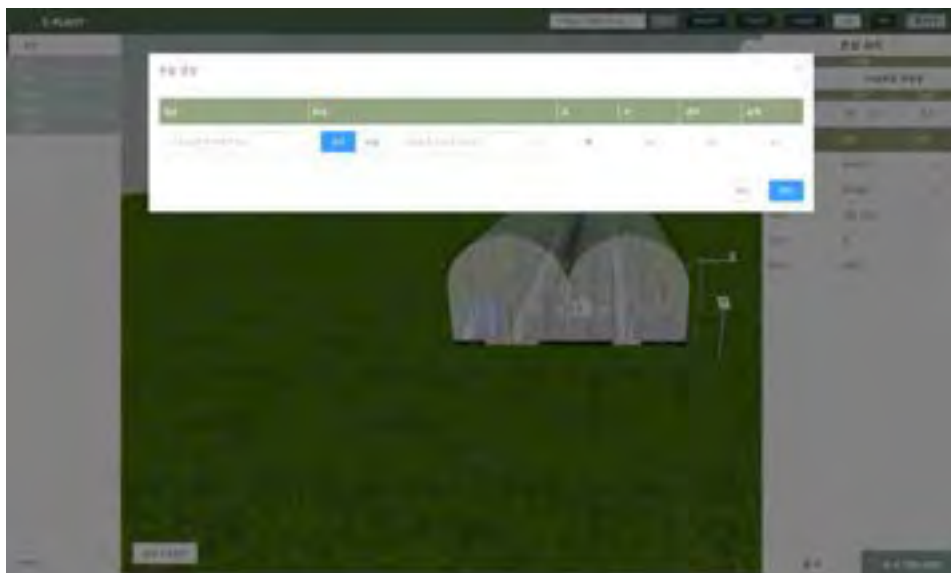
- 분류, 이름 입력을 통해 온실 타입 검색 가능
- 제거 버튼을 클릭하여 온실 타입 제거 가능



[그림 2-464] Eco Solution 타입 등록

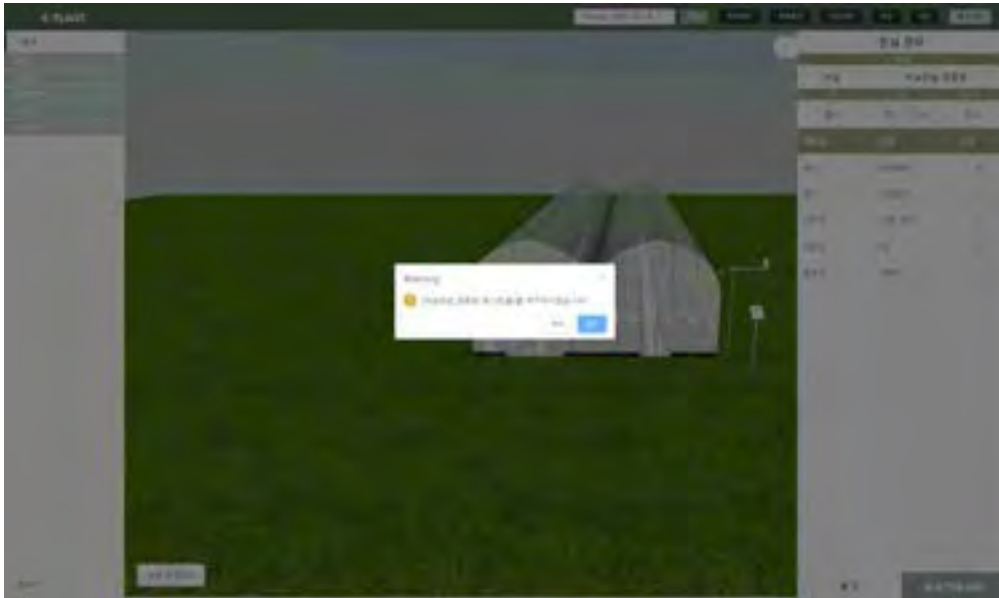
- 유리, 비닐, 이름, 동, 폭, 길이, 높이, 장비, 자재를 선택, 입력하여 타입 등록
- 장비추가 : 장비 탭의 왼쪽 테이블에서 추가할 장비를 검색한 뒤 추가 버튼 클릭
- 장비제거 : 장비 탭의 오른쪽 테이블에서 제거할 장비를 검색한 뒤 제거 버튼 클릭
- 자재추가 : 자재 탭의 왼쪽 테이블에서 추가할 장비를 검색한 뒤 추가 버튼 클릭
- 자재제거 : 자재 탭의 오른쪽 테이블에서 제거할 자재를 검색한 뒤 제거 버튼 클릭

⑤ 온실생성



[그림 2-465] Eco Solution 온실생성

- 온실 정보입력, 타입 선택 후 온실생성 가능



[그림 2-466] Eco Solution 온실 제거

- 온실 제거 클릭 시 선택된 온실 제거 가능

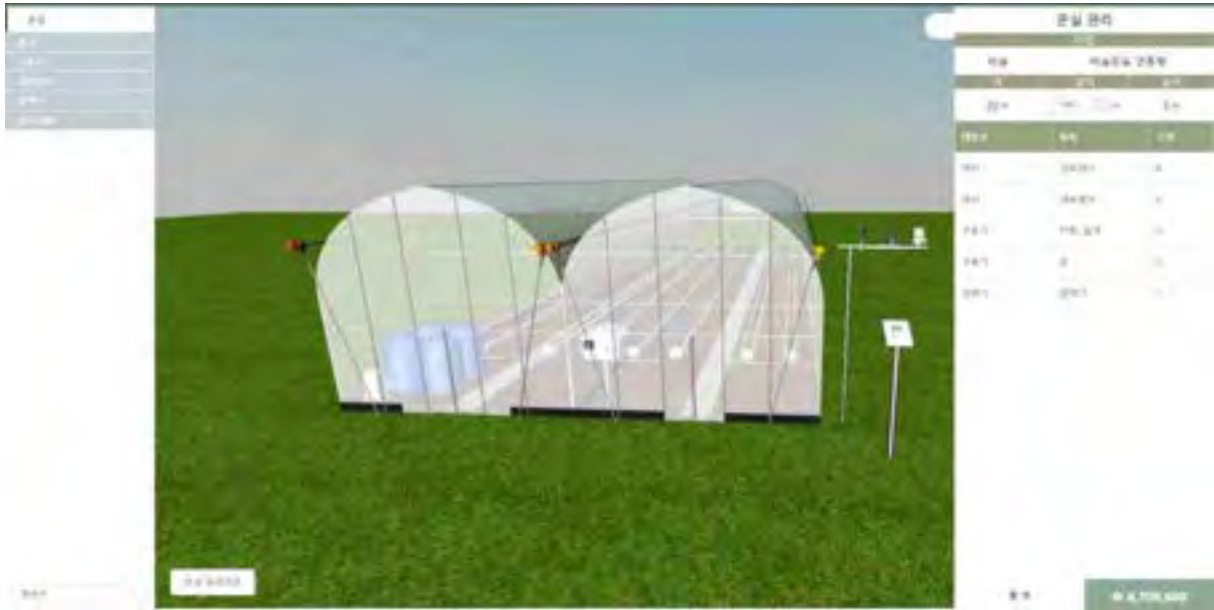
⑥ 로그아웃



[그림 2-467] Eco Solution 로그아웃

- 로그아웃 버튼 클릭을 통해 로그아웃 가능

⑦ 온실 관리



[그림 2-468] Eco Solution 온실 관리

- 온실 길이 설정 가능
- 선택된 온실의 추가 장비 정보 확인 가능



[그림 2-469] Eco Solution 온실 상세정보 > 온실 현황

- 온실 타입의 장비, 자재 가격과 추가 장비의 가격 총액 확인 가능



[그림 2-470] Eco Solution 온실 상세정보 > 타입상세정보

⑧ 언어 현지화



[그림 2-471] Eco Solution 언어 현지화

- 언어 변경 가능

3) 메뉴



[그림 2-472] Eco Solution 적용 장비 및 총액 확인

① 장비 추가



[그림 2-473] Eco Solution 장비 추가

- 장비 추가 버튼 클릭 후 추가 장비 검색
- 추가 장비 선택 후 수량 입력한 뒤 적용 버튼 클릭
- 중앙의 3D 온실 모델이 추가된 장비 업로드

② 장비 제거

- 제거할 장비의 제거 버튼 클릭 후 제거 수량 입력한 뒤 제거 버튼 클릭
- 중앙의 3D 온실 모델에 제거된 장비가 사라짐

③ 센서

- 외부 센서, 내부 센서, 양액 센서 추가 및 제거 가능
- 외부 센서 : 적용 장비에 외부 센서의 총액 확인 및 장비 추가 가능
- 내부 센서 : 적용 장비에 내부 센서의 총액 확인 및 장비 추가 가능
- 양액 센서 : 적용 장비에 양액 센서의 총액 확인 및 장비 추가 가능

④ 냉난방기

- 난방기, 냉방기 추가 및 제거 가능
- 난방기 : 적용 장비에 냉방 장비의 총액 확인 및 장비 추가 가능
- 냉방기 : 적용 장비에 냉방기의 총액 확인 및 장비 추가 가능

⑤ 양액기

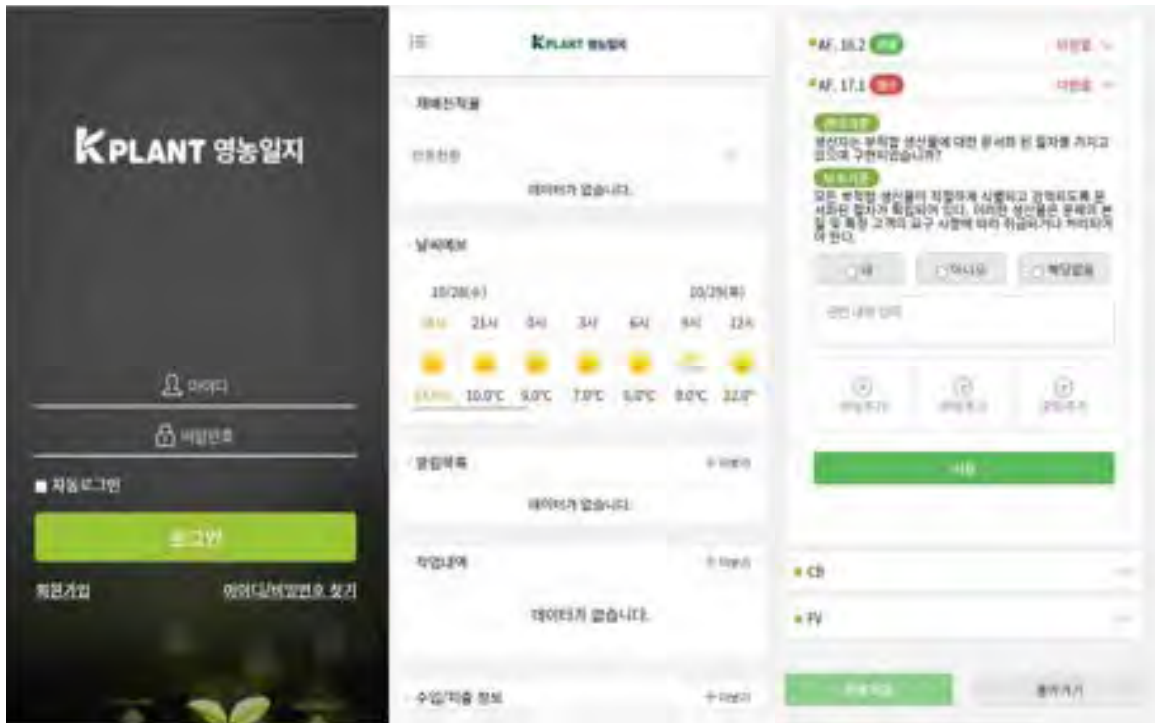
- 양액기, 근권부 모니터링 장치 추가 및 제거 가능
- 양액기 : 적용 장비에 양액기의 총액 확인 및 장비 추가 가능
- 근권부 모니터링 장치 : 적용 장비에 장치의 총액 확인 및 장비 추가 가능

⑥ 관수자재

- 관수설비, 내부센서, 양액 센서 추가 및 제거 가능
- 관수설비 : 적용 장비에 관수설비의 총액 확인 및 장비 추가 가능
- 내부센서 : 적용 장비에 내부 센서의 총액 확인 및 장비 추가 가능

□ G-GAP 인증 APP 현지화 기능 개발

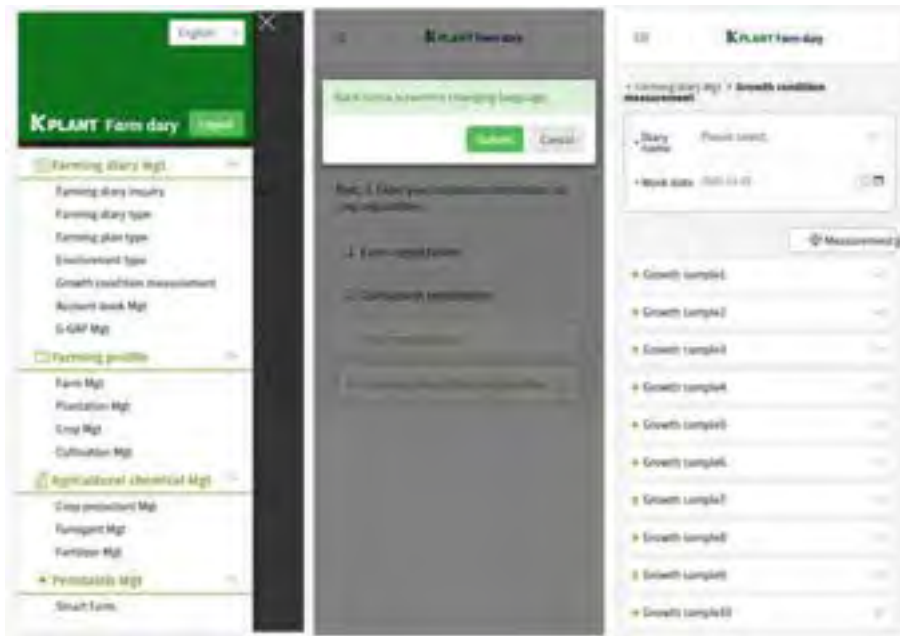
- 사용자 경험 관찰을 통해 화면 로고 및 디자인 고도화
 - 수집된 사용자 의견들에 대한 개선안을 반영하여 G-GAP APP 디자인 고도화



[그림 2-474] G-GAP 인증 APP 디자인 고도화

- ① 사용자 경험에 초점을 맞춤
 - 설명서 및 사전지식 없이 직관적으로 쉽게 사용
 - 사용자의 잠재적 실수를 고려
 - 디자인의 화려함 보다는 기능에 부합하도록 구성
 - 모바일 기기의 특성을 고려하여 입력 편의성(자동완성)을 고려
- ② 소수의 핵심 기능에 집중
 - 제한적인 모바일 기기의 화면 제한을 고려하여 간략한 메뉴 구성
 - 모바일 환경에서 활용성이 높은 기능 중심의 서비스 제공
 - 서비스 목적에 부합하는 기능 중심의 서비스 제공
- ③ 호환성과 확장성 고려
 - 모바일 기기의 화면 해상도에 따라 호환성을 고려한 UI 설계
- ④ 일관성 유지
 - 색상, 글자체, 아이콘 등 일관성 유지
 - 가로/세로 모드의 레이아웃, 스타일 유지
 - 용어 사용의 일관성 확보
 - 네비게이션 버튼 위치 조작방식 등 일관성 유지
- ⑤ 이미지의 제한적 사용

- 데이터양을 고려하여 경량화된 이미지 사용
 - 비윤리적 이미지, 종교, 여성 비하 등의 이미지 제한
 - 색상과 그래픽에 의존한 서비스 자체, 대체 텍스트 제공
- 글로벌 시장 진출 및 현지화를 위한 G-GAP 인증 APP 영문 버전 개발
- 글로벌 시장 진출 및 현지화를 위한 영문 버전 개발 및 감리 수행
 - 특히, 기존 영문 Application들은 사소한 문법적 오류에서부터 네이티브 관점에서 볼 때 이해할 수 없는 한국식 표현을 사용한 경우가 흔하기 때문에 영문 감수 편집 능력을 갖춘 전문가의 검수를 거친 영문 버전 개발 진행



[그림 2-475] G-GAP 인증 APP 영문 버전 개발

- G-GAP 인증APP 사용에 필요한 구체적인 내용을 포함한 실용적인 사용자 매뉴얼 개발
- 회원가입 : G-GAP 인증APP 사용을 위한 회원가입 수행
 - G-GAP관리 : G-GAP 인증 체크리스트 작성 및 출력 기능
 - 언어 현지화 : G-GAP 인증APP 현지 언어 선택 기능
 - 스마트팜 연동 : 스마트팜 계정과 연동을 통해 스마트팜 센서 데이터 조회

1) 회원가입

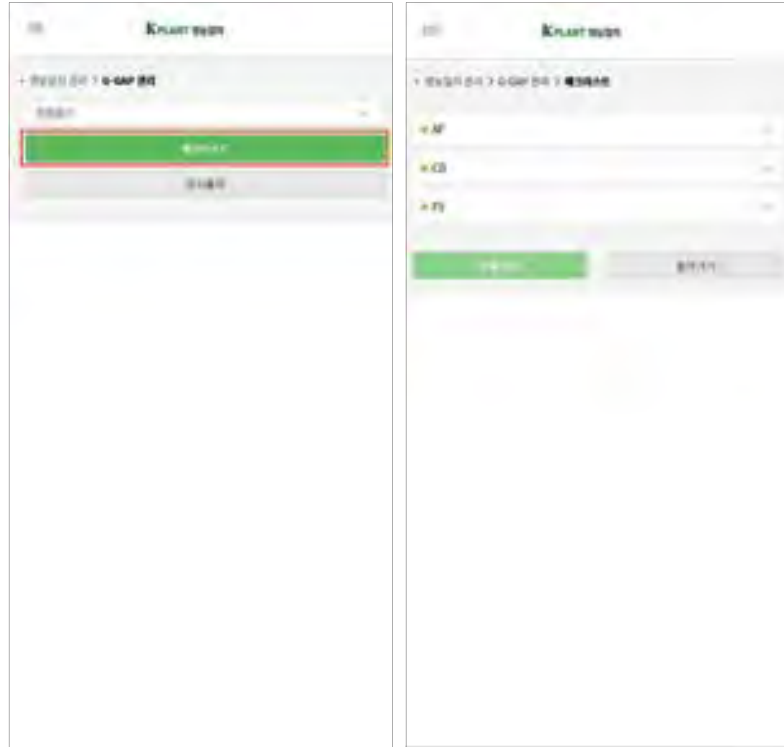
The image shows a mobile application interface for user registration. At the top, it says 'K-PLANT 영농일지'. Below that is a header '회원가입' with a user icon. The main area contains several input fields with labels and placeholder text: '아이디' (아이디를 입력하세요.), '비밀번호' (비밀번호를 입력하세요.), '비밀번호 확인' (비밀번호 확인을 입력하세요.), '성명' (성명을 입력하세요.), '핸드폰' (핸드폰 번호를 입력하세요.), '전화번호' (전화번호를 입력하세요.), '주소' (주소를 입력하세요.), and '이메일' (이메일을 입력하세요.). There are green buttons for '중복확인' and '검색'. At the bottom, there are two buttons: '회원가입' and '돌아가기'.

[그림 2-476] G-GAP 인증 APP 회원가입

- 계정이 없는 사용자가 영농일지 App을 사용하기 위해 회원가입을 할 수 있는 서비스 제공
- 필수항목 : 아이디, 비밀번호, 비밀번호 확인, 성명, 전화번호, 핸드폰
- 선택항목 : 주소, 이메일

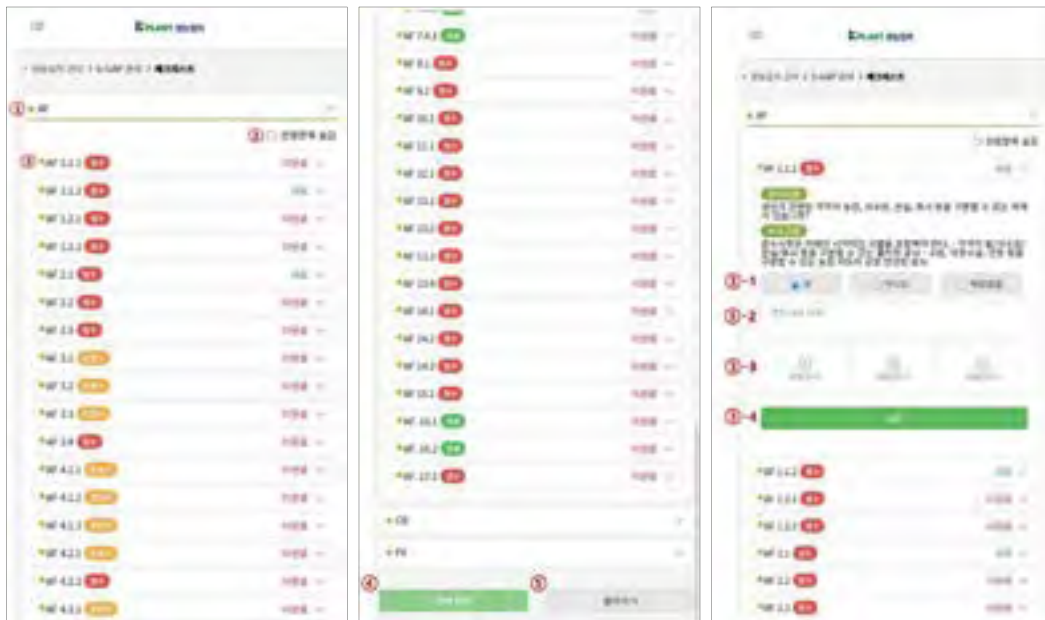
2) G-GAP 관리

① G-GAP 체크리스트



[그림 2-477] G-GAP 인증 APP 체크리스트

- G-GAP 인증을 받는 작기의 체크리스트를 직접 작성 또는 분석된 데이터를 바탕으로 작성하는 기능을 제공



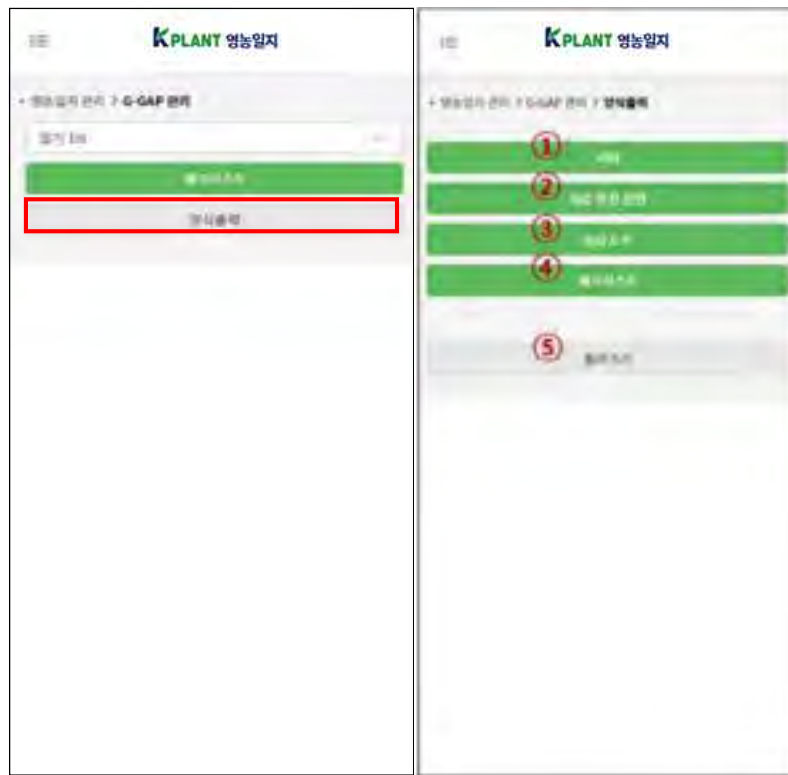
[그림 2-478] G-GAP 인증 APP 체크리스트 목록

- G-GAP 체크리스트 인증항목은 농지관리(AF), 위생관리(CB), 농약 및 비료관리(FV)로 구성

[표 2-274] G-GAP 체크리스트

번호	항목	내용
1	G-GAP 인증 항목명 TAB	인증 항목명을 클릭하여 체크리스트 목록을 펴고 접을 수 있다.
2	완료항목 숨김	선택된 인증 항목 내에 값 입력이 완료된 항목을 보기 또는 숨김 처리 할 수 있다.
3	세부 항목 TAB	세부 항목명, Level, 작성 값 완료 여부를 출력하며, 세부 항목을 클릭하여 항목의 상세정보 조회 및 값 입력양식을 펴고 접을 수 있다.
3.1		선택된 항목의 필수 값
3.2		선택 값으로 관련 내용 입력(설명)을 입력할 수 있다
3.3		선택 값으로 관련 이미지를 업로드 할 수 있다.
3.4		해당 항목의 필수값과 선택 값을 입력한 후 개별 저장할 수 있다.
4	전체저장	변경된 항목들을 일괄 저장할 수 있다.
5	돌아가기	작기 선택 화면으로 돌아간다.

② G-GAP 양식 출력



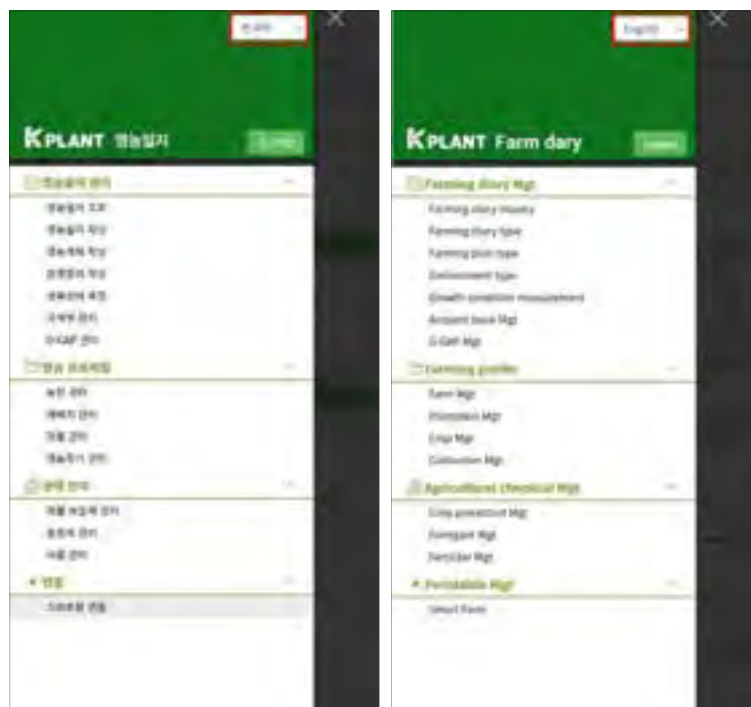
[그림 2-479] G-GAP 인증 APP 양식 출력

- G-GAP에 관련된 문서를 pdf파일로 저장 가능

[표 2-275] G-GAP 양식출력

번호	항목	내용
1	커버	G-GAP 체크리스트의 커버를 PDF 파일로 다운로드 할 수 있다.
2	식품 안전 선언	G-GAP 체크리스트의 식품 안전 선언을 PDF 파일로 다운로드 할 수 있다.
3	심사 노트	G-GAP 체크리스트의 심사 노트 양식을 PDF 파일로 다운로드 할 수 있다.
4	체크리스트	작기 선택 후 체크리스트 화면에서 작성된 입력 값을 포함한 체크리스트 입력 양식을 PDF로 다운로드 받을 수 있다. 체크리스트 입력 시 첨부된 이미지 파일은 압축파일로 다운로드 받을 수 있다.

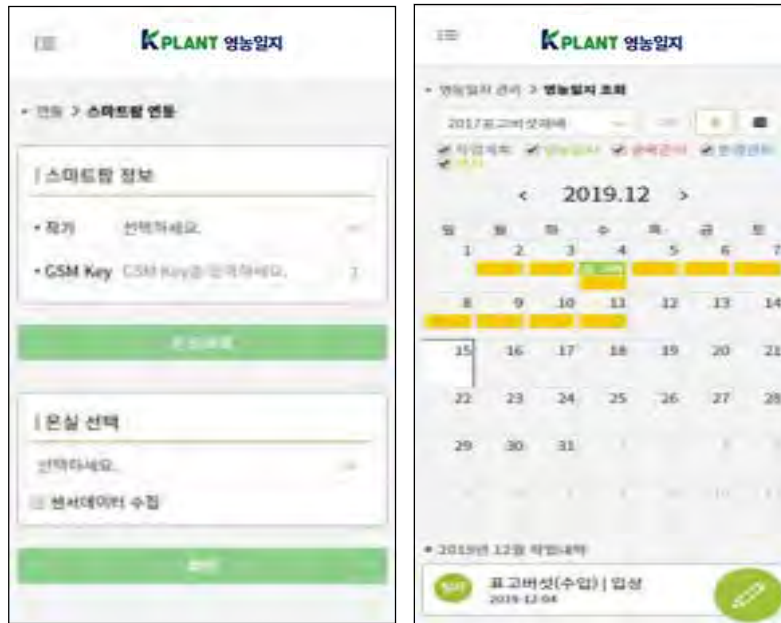
3) 언어 현지화



[그림 2-480] G-GAP 인증 APP 언어 현지화

- G-GAP 인증 APP에서 사용 언어(한국어, 영어)를 선택할 수 있는 서비스를 제공

4) 스마트팜 연동



[그림 2-481] G-GAP 인증 APP 스마트팜 연동 및 센서데이터 조회

- 스마트팜 계정과 연동하여 스마트팜의 센서 데이터를 조회할 수 있는 서비스를 제공

① 스마트팜 연동 구성

- 스마트팜에서 제공하는 GSM Key를 입력하여 온실 목록 조회 가능
- 조회한 온실을 선택하여 스마트팜과 연동할 수 있는 서비스 제공
- 필수항목 : 작기, GSM Key, 연동 온실
- 선택항목 : 센서데이터 수집

② 스마트팜 연동 센서데이터 조회

- 연동된 스마트팜의 센서 데이터 조회 가능
- 센서 데이터는 캘린더에 색상으로 조회 가능
- 일 클릭시 일별 평균, 최대, 최소 데이터를 표로 조회 가능
- 표 더블클릭 시 센서별 차트 그래프 조회 가능



[그림 2-482] G-GAP 인증 APP 일 클릭 및 표 클릭 센서별 데이터

(4) 연구결과

- Eco Solution 현지화 기능 개발
 - 현지화를 위한 영문 버전 개발 완료 및 적용
 - 사용자 매뉴얼 및 설치 매뉴얼 작성 완료
 - 최신 버전 변경(5.1 →5.2)에 따른 내용 적용 및 일부 기능 리뉴얼 완료

- G-GAP 인증 APP 현지화 기능 개발
 - 현지화를 위한 영문 버전 개발 완료 및 적용
 - 사용자 매뉴얼, 설치 매뉴얼 작성 완료
 - 일부 기능 리뉴얼 및 추가

3.4. 테스트베드 기능검증

(1) 개요

- 테스트베드 구현을 통한 Eco Solution 및 G-GAP 인증 APP 기능 검증
 - 테스트베드 구축 환경을 통해 개발된 솔루션 기능의 검증을 통하여 제품에 대한 신뢰성 확보 및 시험 결과에 따라 차 년도 상품화 개발에 대한 지속적인 테스트 요구
 - 기존 단위 시스템과의 데이터 연동 프로토콜의 변동으로 인하여 신규 프로토콜 개발
 - Eco Solution 및 G-GAP 인증 APP 기능 검증 진행

(2) 접근방법

- 기능검증을 위한 신규 프로토콜 개발
 - KT Rest API 연동 규격서 개발에 따른 도메인
 - 테스트 서버 도메인 : http://api-sfarmdev.argos-labs.com ,
 - 인증서버 : http://oauth-sfarmdev.argos-labs.com
 - 운영서버 도메인 : https://apismartfarm.kt.co.kr,
 - 인증서버 : https://oauthsmartfarm.kt.co.kr
 - CLIENTID : farm8-api
 - CLIENT_SECRET : 49bb95e5a66636ab1950ddb7cbb26f32

[표 2-276] 호출샘플

이름	CURL	응답	비고
인증	<pre>curl --location --request POST 'http://oauth-sfarmdev.argos-labs.com/oauth/token' \ --header 'Authorization: Basic amVqdS1zZmFybS1hcGk6OWFiM2YwNzY1YjI 2Yjk2NWQ4YzIzNmU5YjM0ZjMzNmU=' \ --header 'Content-Type: application/x-www-form-urlencoded' \ --data-urlencode 'grant_type=client_credentials' \ --data-urlencode 'client_id=farm8-api'</pre>	<pre>{ "access_token": "20ce46f6-f512-4572-a0a6-e9d9 54ea0fe7", "token_type": "bearer", "expires_in": 35999, "scope": "read" }</pre>	<p>Basic 인증을 통한 Access_token 취득 수신값 중 access_token 사용 토큰은 1시간마다 갱신되므로 1시간 이후 사용시 인증을 받고 다시 조회하여야 함</p>
조회(하우스)	<pre>curl --location --request GET 'http://localhost:48089/openapi/monitoring/greenhouse?houseId=110000000010&startDate=2020-10-23&endDate=2020-10-25' \ --header 'accept: */*' \ --header 'Authorization: Bearer 20ce46f6-f512-4572-a0a6-e9d954ea0fe7'</pre> <pre>curl --location --request GET 'http://localhost:48089/openapi/monitoring/nutrient?houseId=110000000010&startDate=2020-10-23&endDate=2020-10-25' \</pre>	<pre>{ "message": "OK", "status": 200, "error": null, "data": [{ "gsmKey": 1100, "houseId": 110000000010, "eventDateMin": "2020-10-23 23:16:00.0", "dayNight": 2,</pre>	<p>위에서 수신한 access_token을 사용</p>

이름	CURL	응답	비고
	<pre>--header 'accept: */*' \ --header 'Authorization: Bearer 20ce46f6-f512-4572-a0a6-e9d954ea0fe7'</pre>	<pre>"window1LPos": 0.0, "window1RPos": 0.0, "window2LPos": 0.0, "window2RPos": 0.0, "verticalCurtainPos": 0.0, "horizontal1CurtainPos": 0.0, "horizontal2CurtainPos": 0.0, "floatFanOn": 0.0, "ventFanOn": 0.0, "id": 1305254 }] }</pre>	
조회(양액기)	<pre>curl --location --request GET 'http://localhost:48089/openapi/monitoring/ nutrient?houseId=1100000000010&startDat e=2020-10-23&endDate=2020-10-25' \ --header 'accept: */*' \ --header 'Authorization: Bearer 20ce46f6-f512-4572-a0a6-e9d954ea0fe7'</pre>	<pre>{ "message": "OK", "status": 200, "error": null, "data": [{ "gsmKey": 1100, "houseId": 1100000000010, "eventDateMin": "2020-10-23 23:16:00.0", "dayNight": 2, "supplyArea1": 0.0, "supplyArea2": 0.0, "supplyArea3": 0.0, "supplyArea4": 0.0, "supplyArea5": 0.0, "supplyArea6": 0.0, "supplyArea7": 0.0, "id": 1305254 }] }</pre>	위에서 수신한 access_token을 사용

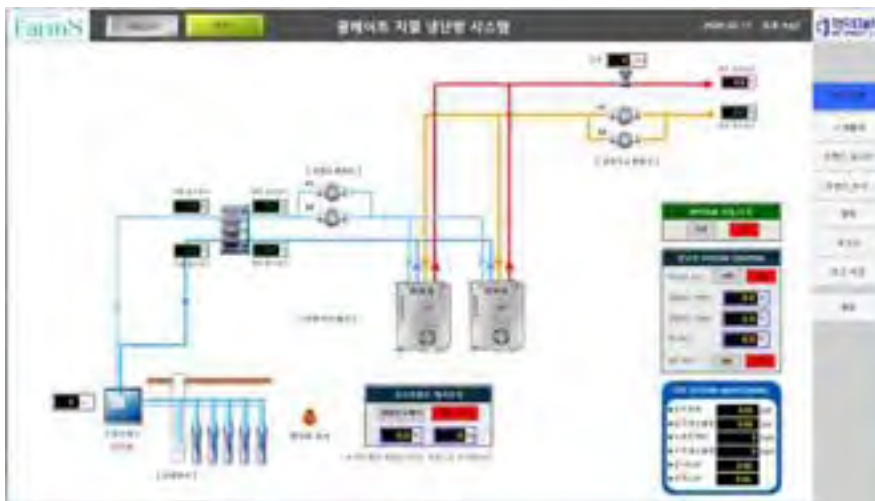
○ 양액 데이터 연동방식 개발



[그림 2-483] 양액 시스템 정보 전달 UI

- 외부 환경 정보 및 센서 정보 전달 가능
- 구동 정보 전달 가능
- 양액기 정보 전달 : 청오엔지니어링 양액기 Main 상태 정보 및 오류 상태 정보 전달 가능

○ 지열에너지 시스템 연동 방안 개발



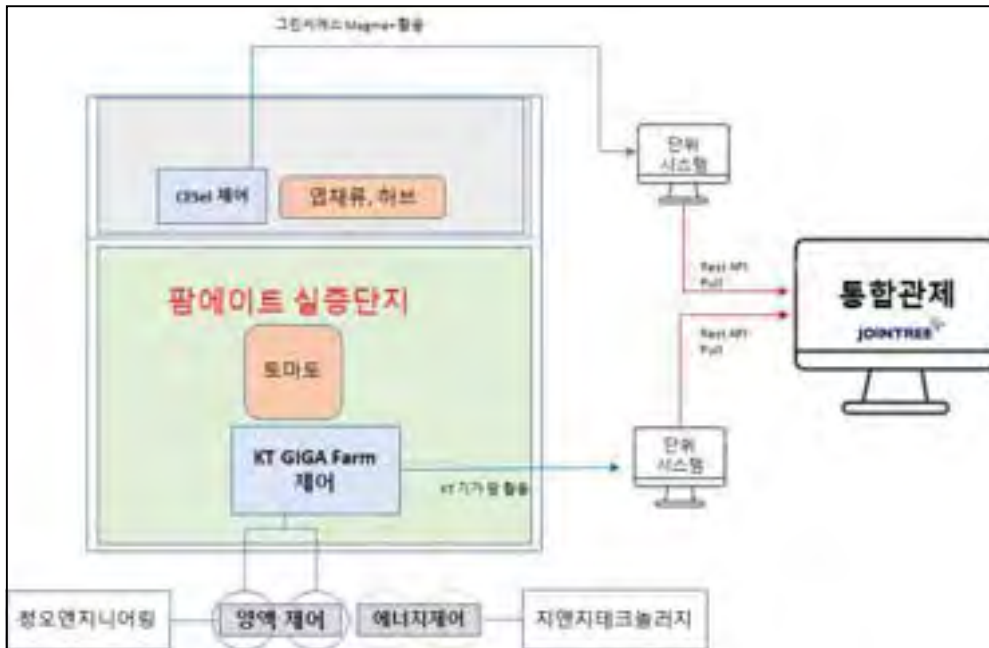
[그림 2-484] 지열에너지시스템 맵데이터

- 지열시스템 맵데이터 기반 Modbus 연동방식 개발
- 경보 종류 정의 (심정펌프 경보, 집수정펌프경보, 지열순환펌프1 경보, 지열순환펌프2 경보, 냉온수순환펌프1 경보, 냉온수순환펌프2 경보, 집수정저수위경보, 심정 저수위경보, 히트펌프1 경보, 히트펌프2 경보)

(3) 연구내용

□ G-GAP 및 Eco Solution 테스트베드 구현 및 TEST 진행

- 테스트베드 환경 구축을 통해 Eco Solution 및 G-GAP 인증 APP 기능 검증 진행
 - KT의 GIGAFarm에 올라온 데이터를 Rest API 방식을 활용하여 관제시스템으로 전송
 - 양액 데이터는 KT GIGA Farm 데이터 활용
 - 쉐슬프라이머스의 Magma+를 활용하여 Rest API 방식을 통해 데이터 전송
 - 지엔지테크놀러지의 에너지 데이터 연동은 MODUBUS를 이용한 DCP/IP 방식을 사용



[그림 2-485] 통합관제 시스템 총괄 구성도

○ 실증단지 적용 전 (주)조인트리 자사 내 설치 후 안정화 프로세스 진행



[그림 2-486] 내부 안정화 프로세스 진행 화면

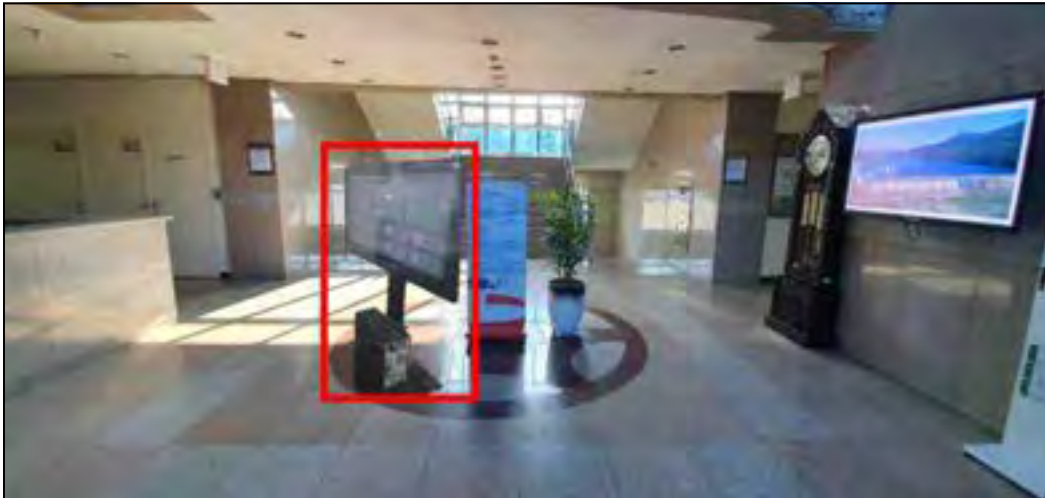
○ 실증단지 설치 구성

- (주)팜에이트內 실증단지 현황 파악(장비구축 현황, 네트워크 구축 현황 등) 후 현장 장비 테스트 진행



[그림 2-487] 실증단지(팜에이트) 설치 예상도

- 현장 테스트 진행 후 실증단지 내 설치 및 농어촌연구원 로비에 모니터링 시스템 설치 예정



[그림 2-488] 주관기관(농어촌연구원) 설치 예상도

- 또한, Data 축적을 통해 향후 BIG DATA 및 AI 시스템으로 구축 방향 설정

3.5. ICT 기반 통합관제 프로그램 개발

(1) 개요

- 해외 수출 가능한 통합관제시스템을 세부 연구목표로 설정하고 이를 위한 다양한 연구 개발 내용 수행
 - 기존 개발 프로그램의 리뉴얼
 - 통합관제시스템의 테스트베드 데이터 연동(API 규격 적용)
 - 테스트베드 통합시험 및 적용
 - 다양한 국가에서 사용할 수 있는 매뉴얼 제작

(2) 접근방법

- 기존 개발 프로그램 리뉴얼
 - 사용자 중심 테스트베드(플랜티팜) 전용 통합관제시스템 개발

- 통합관제시스템의 테스트베드 데이터 연동(API 규격 적용)
 - API 연동 규격서 기반 관제시스템-테스트베드 內 센서 간 데이터 연동 개발

- 테스트베드 통합시험 및 적용
 - 개발된 통합관제시스템의 테스트베드 內 시험운용을 통한 적용

- 다양한 국가에서 사용할 수 있는 매뉴얼 제작
 - 통합관제시스템의 글로벌 사용자를 위한 사용절차 및 방법을 상세히 명시한 문서를 작성하여 프로그램과 함께 제공

(3) 연구내용

- K-Plant 통합관제시스템 리뉴얼
 - K-Plant 통합관제 프로그램을 테스트베드(플랜티팜) 현장에 필수적인 요소들을 적용하여 리뉴얼 진행
 - 로그인 관리 : K-플랜트 통합관제 시스템의 로그인 권한 관리
 - 동별 운용정보 : 테스트베드 운용되는 작물에 적합한 운용 정보 시각화
 - 지열시스템 연계 : 지열 에너지 시스템과 연계를 통한 테스트베드 에너지 현황 표출
 - 양액기 운용 현황 : 운용중인 양액기 현황 시각화
 - 외부 환경 정보 : KT와 API 연계를 통한 환경정보 표출
 - 장비 알람 이력 : 각 단위 시스템별 장비 이상상태 알람 이력 표출
 - 사용자 설정 : 관리자 권한을 통한 사용자별 권한 부여, 사용메뉴 설정 등

1) 로그인 관리

- 119.200.4.64:8080 IP 접속
- 사용자 비밀번호를 통해 접속
- 관리자 권한 부여자 한하여 접속정보를 이용하여 접속
- 현재 접속화면은 플랜티팜(테스트베드) 전용 화면이며, 고객(국내·외) 요청에 따라 커스터마이징 가능함



[그림 2-489] 통합관제 프로그램 로그인 화면

2) 동별 운용관리

① 메인화면



[그림 2-490] 통합관제시스템 메인화면

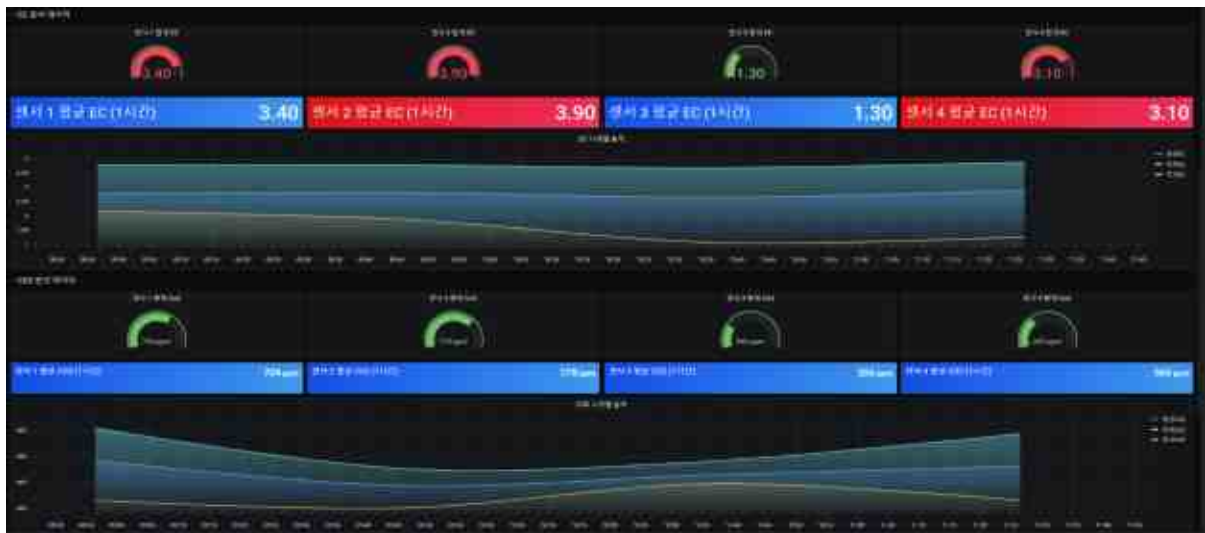
- 테스트베드 內 용수, 에너지, 영양 등을 실시간으로 시각화
- A동 : 방울토마토, B동 : 엽채소, C동 : 허브류의 환경에 적합한 화면 구성 및 데이터 표기
- 외부 온도 및 습도는 KT측으로 부터 API 연계를 통하여 데이터 제공
- A, B, C 각 동별 센싱되는 온도, 습도, CO2 평균 값을 Grapana를 통하여 그래프 표출
- 외부온도 평균값을 시계열 데이터 값으로 시각화 하였으며, 4시간의 트렌드를 보여줌

② 동별 운용 정보



[그림 2-491] 동별 운용정보 화면(1/3)

- 각 동별 세부 센서별 데이터를 나타내며, 설정된 온도값에 따라 너무 높거나 낮을 경우 붉은색으로 표시하여 사용자에게 전달
- 센싱되는 데이터의 최저값, 최고값 기반으로 평균값을 계산하여 메인화면 등에 활용
- 현재 화면은 온도 및 습도 분석 데이터에 대한 표출값임



[그림 2-492] 동별 운용정보 화면(2/3)

- EC(토양 전기전도도) 및 CO2에 대한 데이터 시각화 화면이며, 최저값과 최고값 기반 평균 데이터를 4시간 현황을 볼 수 있도록 설정
- 마우스 오버 기능을 통하여 세부적인 수치 확인 가능

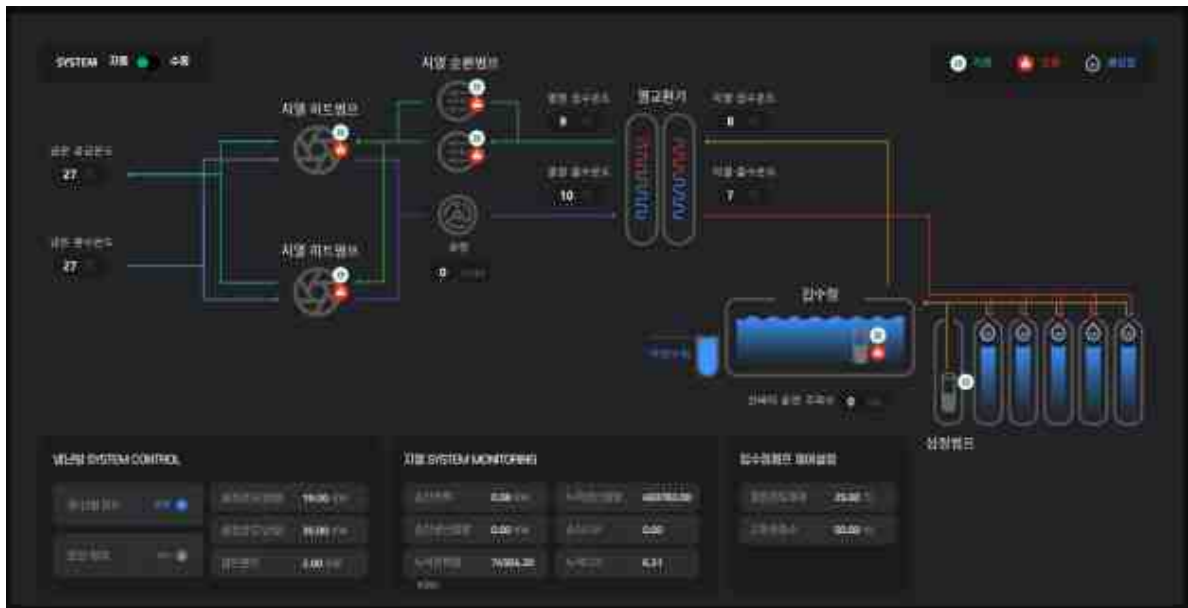


[그림 2-493] 동별 운용정보 화면(3/3)

- 테스트베드 內 환풍기 현황 화면이며, 우천장 좌천장, 수평커튼1, 2, 측커튼에 대한 세부 값을 표출하고 있음
- 해당 데이터는 4시간 추이를 확인 할 수 있음

3) 지열시스템

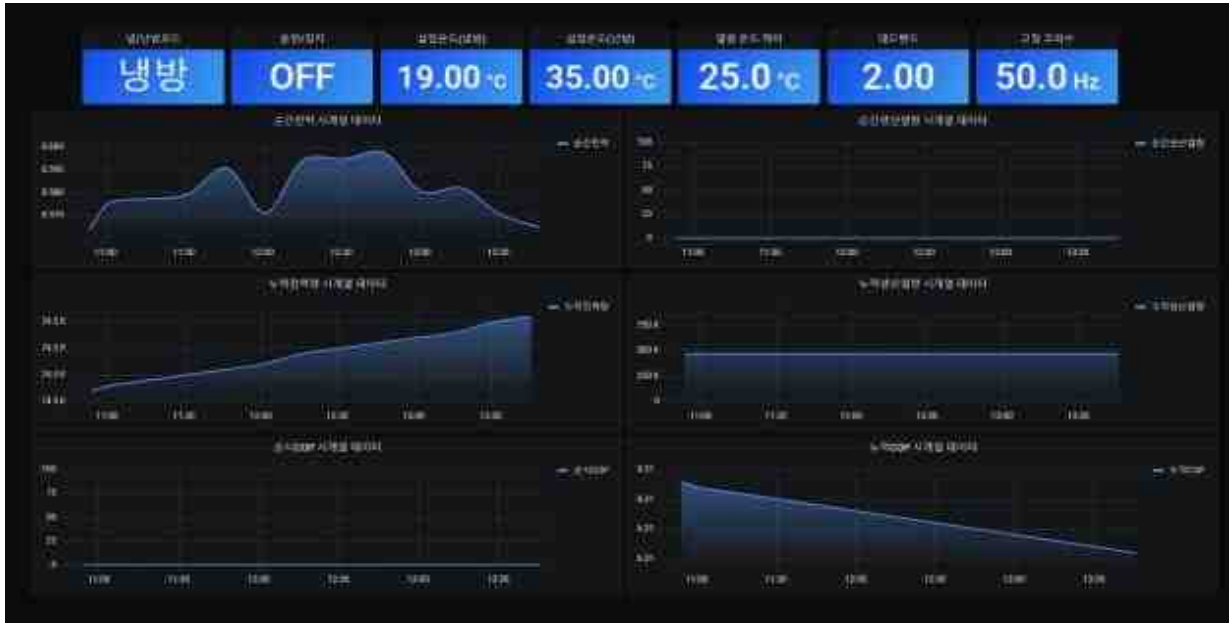
① 지열 시스템



[그림 2-494] 지열시스템 통합화면

- 지열시스템은 (주)지엔지테크놀러지와 API 연계를 통해 통합관제시스템에 실시간 데이터 표출
- 시스템의 전반적인 에너지 흐름을 이해하기 쉽게 흐름도로 시각화 하였으며, 애니메이션 효과를 통해 사용자 편의성 제공
- 크게 3가지 데이터 유형으로 분류되며 아래와 같음
 - 냉난방 system control : 냉/난방 모드 및 온도 설정, 운전/정지상태, 데드밴드 표출
 - * 지열 system monitoring : 순간전력, 순간생산열량, 누적전력량, 누적생산열량, 순시 COP, 누적 COP 표출
 - 집수정펌프 제어 설정 : 열원 온도제어, 고정주파수 표출
 - * 누적전력 : 현재까지 시스템이 사용한 총 전력량 단위는 Kwh
 - * 순시전력: 현재 1분간 사용전력을 기준으로 KW 단위
 - * 누적열량 : 현재까지 시스템이 발생시킨 총 열량을 KWh 단위
 - * 순시열량 : 현재 1분간 발생시킨 열량을 기준으로 KW 단위
 - * 순시COP : 현재 1분간의 사용전력과 발생 열량을 기준으로 한 COP

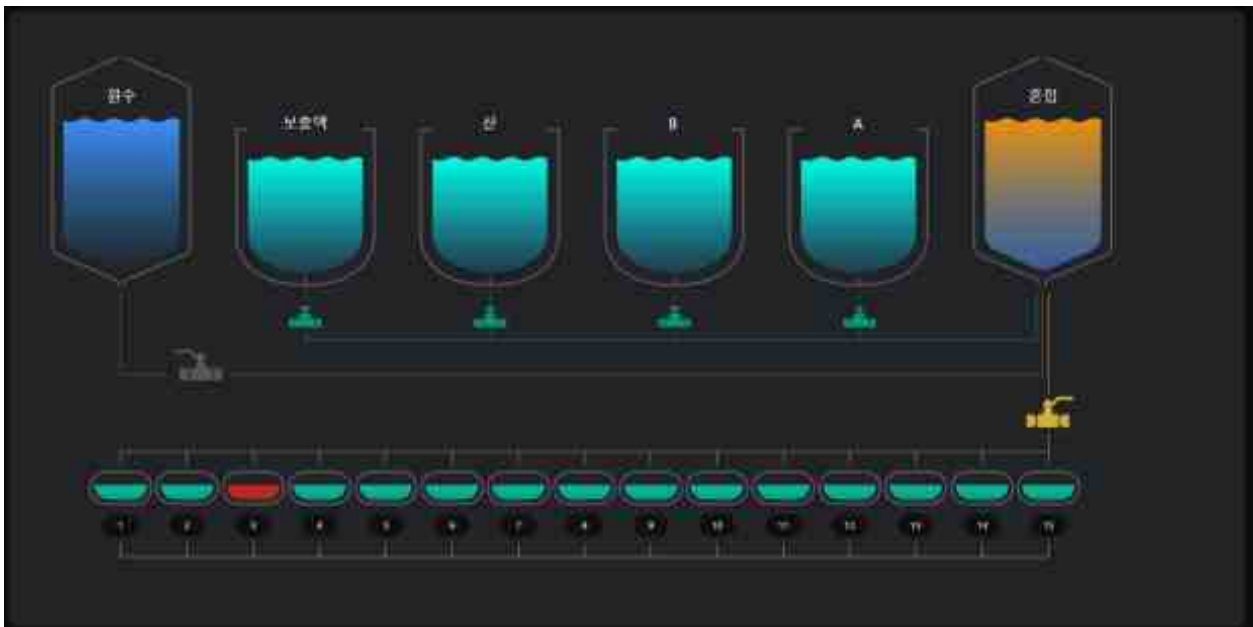
② 지열 시스템 운용 정보



[그림 2-495] 지열시스템 운용정보 화면

- 지열시스템의 데이터 기반 현황 페이지로 구성하였으며, 상단 냉/난방모드, 운전/정지 현황, 설정온도(냉/난방), 열원 제어 온도, 데드밴드, 고정 주파수 표기
- 하단 순간전력, 누적전력량, 순간생산열량, 누적생산열량, 순시 COP, 누적 COP 데이터를 4시간 추이를 확인 할 수 있도록 구성
- 마우스 오버 기능을 통하여 세부적인 수치 확인 가능

4) 양액기 운용현황



[그림 2-496] 양액기 운용현황 화면

- 테스트베드 양액기 운용 정보 표출
- 통합적인 양액 시스템의 구동여부 모니터링 화면 제공

5) 외부 환경 정보



[그림 2-497] 외부 환경 정보 화면

- KT와 API를 통해 외부 환경 데이터를 표출하고 있음
- 페이지 상단 밤/낮 구분, 강우 상태, 평균 외부온도, 평균 외부습도, 풍향, 풍속 데이터 표시
- 외부온도 시계열 데이터, 외부습도 시계열 데이터, 풍향 시계열 데이터, 풍속 시계열 데이터를 Grapana를 이용하여 그래프로 표기
- 4시간 그래프 변화 추이를 확인할 수 있으며, 마우스 오버 기능을 통하여 해당 시간에 세부적인 데이터 표출

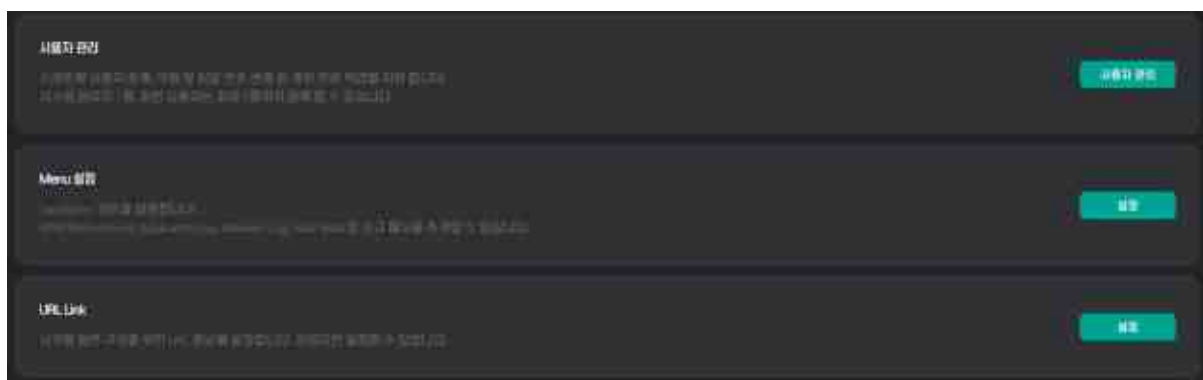
6) 장비 알람 이력



[그림 2-498] 장비 알람 이력 화면

- 장비 알람 이력은 지열에너지에서 센싱되는 장비의 알람을 표기하고 있음
- 지열순환펌프, 집수정 고수위, 집수정 펌프, 히트펌프 1, 2의 종류에 대한 알람 표시
- 알람 종류에 따라 “심각”, “에러”, “정보” 3단계에 걸쳐 표출 가능하며, 심각 및 에러에 대한 알람은 메인화면 상단에 표기됨
- 화면 우측 1개월 통계 알람을 표기하여 사용자 편의성 제공
- 알람 발생 일시, 알람 중요도, 알람 정의, 알람 해제 일시의 데이터를 최근순으로 정렬하여 사용자 제공
- 현장에서 알람 해제 시 자동으로 알람 해제 일시에 연동되며 화면에 표시됨

7) 사용자 설정



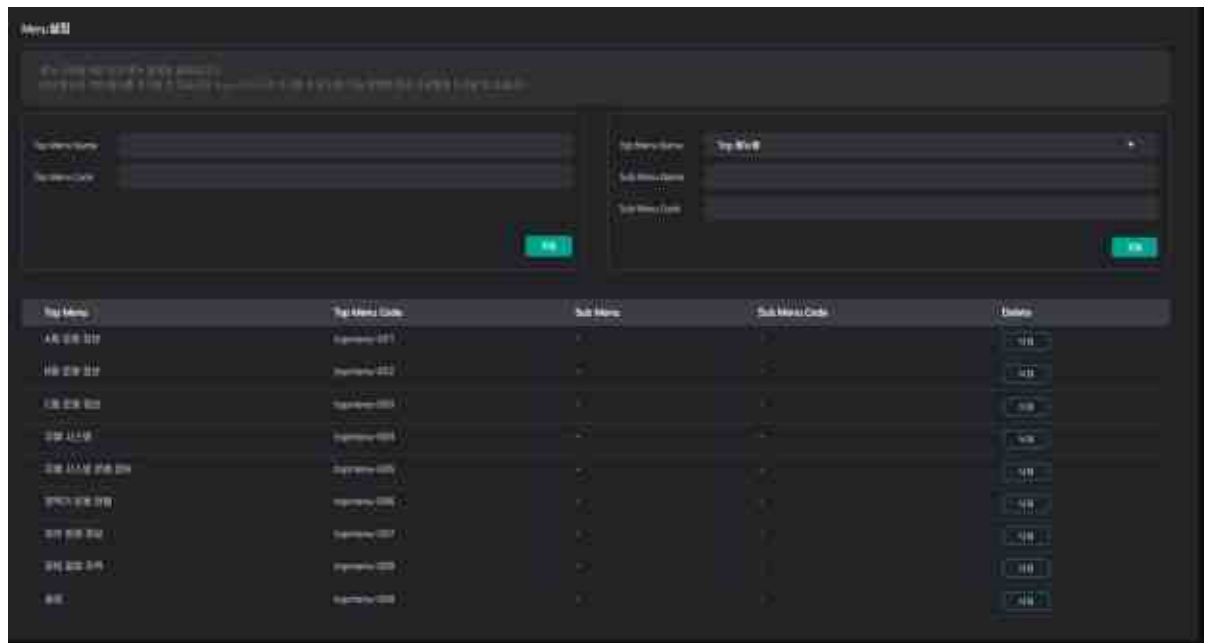
[그림 2-499] 사용자 설정_메인 화면

- K-플랜트 통합관제시스템 사용자를 위한 맞춤형 설정 제공
- 사용자 관리, 메뉴 설정, URL 링크 메뉴로 구성



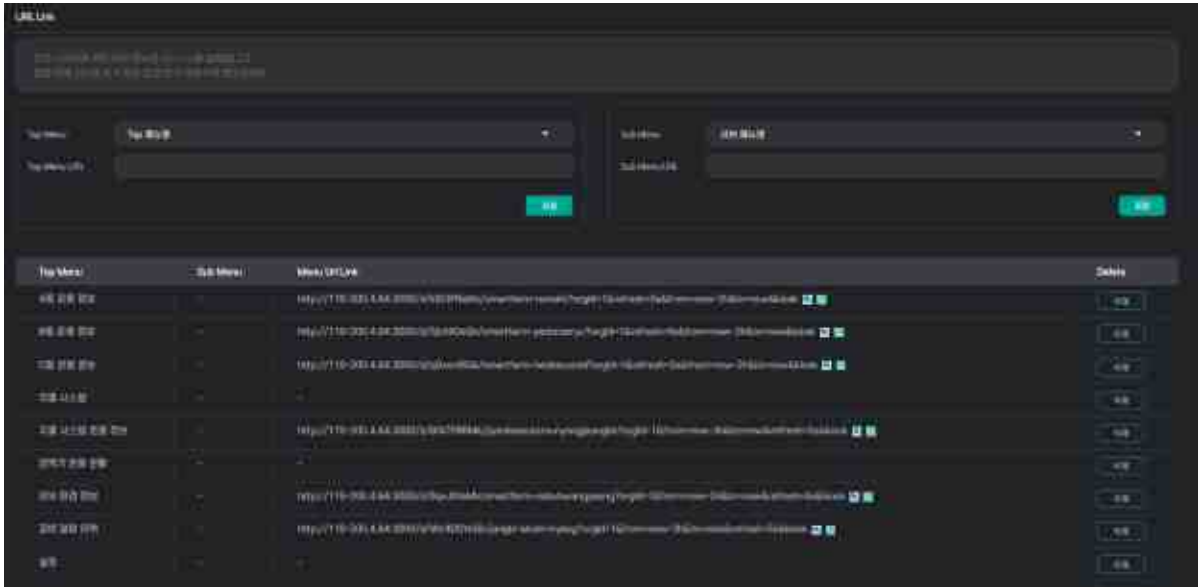
[그림 2-500] 사용자 설정_사용자 관리 화면

- 스마트팜 사용자 등록, 삭제 및 비밀번호 변경 등 계정관리 작업 지원
- 시스템 관리자 1명, 일반 사용자는 최대 5명까지 등록 가능



[그림 2-501] 사용자 설정_Menu 설정 화면

- Top 메뉴 기능 설정 가능
- APM Performance, Application Log, Hear Beat 및 신규메뉴 추가 가능



[그림 2-502] 사용자 설정_URL 링크 화면

- 시각화 화면 구성을 위한 URL 정보 설정
- 관리자 권한 부여자만 설정 가능함

- API 연동을 통한 데이터 연계
 - 내·외부 환경 데이터 연계
 - 서버 내 데이터 적재 및 활용

1) API 데이터 연계

- 통합관제시스템 서버와 KT 내외부 환경 데이터, 지엔지테크놀러지의 지열데이터를 API 연동 규격을 통하여 정의하고 데이터 통신 환경 개발

2.1.1. 전송 프로토콜

Layer	Protocol
Application	HTTP 1.1 기반 응용계층 (본 규격서에서 정의)
SSL/TLS	HTTP
Transport	TCP
Network	IP

2.1.2. 연동 정보

Server/Client	웹 서비스를 클라이언트로 함.
Ip	119.200.4.64
Port	8081

[그림 2-503] 전송 프로토콜 및 연동 정보

- 하우스 내부 환경에 대한 API 규격 정의

API명	Response (M)
POST (외부 환경)	Response (외부 환경) / HomeData
Home	
Content-Type	application/json
Response	
0001	Room
0002	Room
0003	Room
0004	Room
0005	Room
0006	Room
0007	Room
0008	Room
0009	Room
0010	Room
0011	Room
0012	Room
0013	Room
0014	Room
0015	Room
0016	Room
0017	Room
0018	Room
0019	Room
0020	Room
0021	Room
0022	Room
0023	Room
0024	Room
0025	Room
0026	Room
0027	Room
0028	Room
0029	Room
0030	Room
0031	Room
0032	Room
0033	Room
0034	Room
0035	Room
0036	Room
0037	Room
0038	Room
0039	Room
0040	Room
0041	Room
0042	Room
0043	Room
0044	Room
0045	Room
0046	Room
0047	Room
0048	Room
0049	Room
0050	Room
0051	Room
0052	Room
0053	Room
0054	Room
0055	Room
0056	Room
0057	Room
0058	Room
0059	Room
0060	Room
0061	Room
0062	Room
0063	Room
0064	Room
0065	Room
0066	Room
0067	Room
0068	Room
0069	Room
0070	Room
0071	Room
0072	Room
0073	Room
0074	Room
0075	Room
0076	Room
0077	Room
0078	Room
0079	Room
0080	Room
0081	Room
0082	Room
0083	Room
0084	Room
0085	Room
0086	Room
0087	Room
0088	Room
0089	Room
0090	Room
0091	Room
0092	Room
0093	Room
0094	Room
0095	Room
0096	Room
0097	Room
0098	Room
0099	Room
0100	Room
0101	Room
0102	Room
0103	Room
0104	Room
0105	Room
0106	Room
0107	Room
0108	Room
0109	Room
0110	Room
0111	Room
0112	Room
0113	Room
0114	Room
0115	Room
0116	Room
0117	Room
0118	Room
0119	Room
0120	Room
0121	Room
0122	Room
0123	Room
0124	Room
0125	Room
0126	Room
0127	Room
0128	Room
0129	Room
0130	Room
0131	Room
0132	Room
0133	Room
0134	Room
0135	Room
0136	Room
0137	Room
0138	Room
0139	Room
0140	Room
0141	Room
0142	Room
0143	Room
0144	Room
0145	Room
0146	Room
0147	Room
0148	Room
0149	Room
0150	Room
0151	Room
0152	Room
0153	Room
0154	Room
0155	Room
0156	Room
0157	Room
0158	Room
0159	Room
0160	Room
0161	Room
0162	Room
0163	Room
0164	Room
0165	Room
0166	Room
0167	Room
0168	Room
0169	Room
0170	Room
0171	Room
0172	Room
0173	Room
0174	Room
0175	Room
0176	Room
0177	Room
0178	Room
0179	Room
0180	Room
0181	Room
0182	Room
0183	Room
0184	Room
0185	Room
0186	Room
0187	Room
0188	Room
0189	Room
0190	Room
0191	Room
0192	Room
0193	Room
0194	Room
0195	Room
0196	Room
0197	Room
0198	Room
0199	Room
0200	Room

- 지열에너지 세부 항목에 대한 API 규격 정의(1/2)

0001	Room
0002	Room
0003	Room
0004	Room
0005	Room
0006	Room
0007	Room
0008	Room
0009	Room
0010	Room
0011	Room
0012	Room
0013	Room
0014	Room
0015	Room
0016	Room
0017	Room
0018	Room
0019	Room
0020	Room
0021	Room
0022	Room
0023	Room
0024	Room
0025	Room
0026	Room
0027	Room
0028	Room
0029	Room
0030	Room
0031	Room
0032	Room
0033	Room
0034	Room
0035	Room
0036	Room
0037	Room
0038	Room
0039	Room
0040	Room
0041	Room
0042	Room
0043	Room
0044	Room
0045	Room
0046	Room
0047	Room
0048	Room
0049	Room
0050	Room
0051	Room
0052	Room
0053	Room
0054	Room
0055	Room
0056	Room
0057	Room
0058	Room
0059	Room
0060	Room
0061	Room
0062	Room
0063	Room
0064	Room
0065	Room
0066	Room
0067	Room
0068	Room
0069	Room
0070	Room
0071	Room
0072	Room
0073	Room
0074	Room
0075	Room
0076	Room
0077	Room
0078	Room
0079	Room
0080	Room
0081	Room
0082	Room
0083	Room
0084	Room
0085	Room
0086	Room
0087	Room
0088	Room
0089	Room
0090	Room
0091	Room
0092	Room
0093	Room
0094	Room
0095	Room
0096	Room
0097	Room
0098	Room
0099	Room
0100	Room
0101	Room
0102	Room
0103	Room
0104	Room
0105	Room
0106	Room
0107	Room
0108	Room
0109	Room
0110	Room
0111	Room
0112	Room
0113	Room
0114	Room
0115	Room
0116	Room
0117	Room
0118	Room
0119	Room
0120	Room
0121	Room
0122	Room
0123	Room
0124	Room
0125	Room
0126	Room
0127	Room
0128	Room
0129	Room
0130	Room
0131	Room
0132	Room
0133	Room
0134	Room
0135	Room
0136	Room
0137	Room
0138	Room
0139	Room
0140	Room
0141	Room
0142	Room
0143	Room
0144	Room
0145	Room
0146	Room
0147	Room
0148	Room
0149	Room
0150	Room
0151	Room
0152	Room
0153	Room
0154	Room
0155	Room
0156	Room
0157	Room
0158	Room
0159	Room
0160	Room
0161	Room
0162	Room
0163	Room
0164	Room
0165	Room
0166	Room
0167	Room
0168	Room
0169	Room
0170	Room
0171	Room
0172	Room
0173	Room
0174	Room
0175	Room
0176	Room
0177	Room
0178	Room
0179	Room
0180	Room
0181	Room
0182	Room
0183	Room
0184	Room
0185	Room
0186	Room
0187	Room
0188	Room
0189	Room
0190	Room
0191	Room
0192	Room
0193	Room
0194	Room
0195	Room
0196	Room
0197	Room
0198	Room
0199	Room
0200	Room

- 지열에너지 세부 항목에 대한 API 규격 정의(2/2)

2) 서버 내 데이터 적재 및 활용

- 통합관제시스템을 통해 적재되는 환경 및 에너지 데이터 등을 서버에서 관리하고 있으며, CSV 파일을 통해 작물 생산 효율성 극대화에 적용 예정

env_serial_num	house_id	event_date_min	outer_temperature	outer_hum	wind_direction	rain	wind_speed	daynight
280430	319900035	2021-12-28 0:00	-5.05	99	90	1	27.16	2
280431	319900035	2021-12-28 0:01	-5.05	99	91	1	27.16	2
280432	319900035	2021-12-28 0:02	-5.13	99	90	1	27.16	2
280433	319900035	2021-12-28 0:03	-5.05	99	90	1	27.16	2
280434	319900035	2021-12-28 0:04	-5.13	99	90	1	27.4	2
280435	319900035	2021-12-28 0:05	-5.05	99	91	1	27.16	2
280436	319900035	2021-12-28 0:06	-5.13	99	90	1	24.96	2
280437	319900035	2021-12-28 0:07	-5.2	99	91	1	27.16	2
280438	319900035	2021-12-28 0:08	-5.13	99	90	1	27.16	2
280439	319900035	2021-12-28 0:09	-5.2	99	91	1	27.16	2
280440	319900000	2021-12-28 0:00	-5.05	99	90	1	27.16	2
280441	319900000	2021-12-28 0:01	-5.05	99	91	1	27.16	2
280442	319900000	2021-12-28 0:02	-5.13	99	90	1	27.16	2
280443	319900000	2021-12-28 0:03	-5.05	99	90	1	27.16	2
280444	319900000	2021-12-28 0:04	-5.13	99	90	1	27.4	2
280445	319900000	2021-12-28 0:05	-5.05	99	91	1	27.16	2
280446	319900000	2021-12-28 0:06	-5.13	99	90	1	24.96	2
280447	319900000	2021-12-28 0:07	-5.2	99	91	1	27.16	2
280448	319900000	2021-12-28 0:08	-5.13	99	90	1	27.16	2
280449	319900000	2021-12-28 0:09	-5.2	99	91	1	27.16	2
280450	319900036	2021-12-28 0:00	-5.05	99	90	1	27.16	2
280451	319900036	2021-12-28 0:01	-5.05	99	91	1	27.16	2
280452	319900036	2021-12-28 0:02	-5.13	99	90	1	27.16	2
280453	319900036	2021-12-28 0:03	-5.05	99	90	1	27.16	2
280454	319900036	2021-12-28 0:04	-5.13	99	90	1	27.4	2

[그림 2-504] 외부환경 데이터 Sheet

- 위표의 외부환경 데이터는 외부온도, 습도, 풍향, 강수유무, 풍속, 주야 구분의 데이터를 나타내고 있음
- 데이터 Refresh 주기는 1분으로 설정하였으며, 센서별 데이터 적재

env_serial_num	house_id	event_date_min	outer_temperature	outer_hum	wind_direction	rain	wind_speed	daynight
280430	319900035	2021-12-28 0:00	-5.05	99	90	1	27.16	2
280431	319900035	2021-12-28 0:01	-5.05	99	91	1	27.16	2
280432	319900035	2021-12-28 0:02	-5.13	99	90	1	27.16	2
280433	319900035	2021-12-28 0:03	-5.05	99	90	1	27.16	2
280434	319900035	2021-12-28 0:04	-5.13	99	90	1	27.4	2
280435	319900035	2021-12-28 0:05	-5.05	99	91	1	27.16	2
280436	319900035	2021-12-28 0:06	-5.13	99	90	1	24.96	2
280437	319900035	2021-12-28 0:07	-5.2	99	91	1	27.16	2
280438	319900035	2021-12-28 0:08	-5.13	99	90	1	27.16	2
280439	319900035	2021-12-28 0:09	-5.2	99	91	1	27.16	2
280440	319900000	2021-12-28 0:00	-5.05	99	90	1	27.16	2
280441	319900000	2021-12-28 0:01	-5.05	99	91	1	27.16	2
280442	319900000	2021-12-28 0:02	-5.13	99	90	1	27.16	2
280443	319900000	2021-12-28 0:03	-5.05	99	90	1	27.16	2
280444	319900000	2021-12-28 0:04	-5.13	99	90	1	27.4	2
280445	319900000	2021-12-28 0:05	-5.05	99	91	1	27.16	2
280446	319900000	2021-12-28 0:06	-5.13	99	90	1	24.96	2
280447	319900000	2021-12-28 0:07	-5.2	99	91	1	27.16	2
280448	319900000	2021-12-28 0:08	-5.13	99	90	1	27.16	2
280449	319900000	2021-12-28 0:09	-5.2	99	91	1	27.16	2
280450	319900036	2021-12-28 0:00	-5.05	99	90	1	27.16	2
280451	319900036	2021-12-28 0:01	-5.05	99	91	1	27.16	2
280452	319900036	2021-12-28 0:02	-5.13	99	90	1	27.16	2
280453	319900036	2021-12-28 0:03	-5.05	99	90	1	27.16	2
280454	319900036	2021-12-28 0:04	-5.13	99	90	1	27.4	2

[그림 2-505] 지열 데이터 Sheet

- API 통신을 통해 전송되는 지열데이터 시트이며 다양한 지열에너지 정보를 DB 서버에 저장

○ K-플랜트 통합관제시스템 테스트베드 설치 및 적용

- 리뉴얼된 통합관제시스템의 테스트베드(플랜티팜)에 설치/적용을 통한 검증
- 검증기간 : 2021년 9월 1일(수) ~ 2021년 12월 31일(금), 4개월

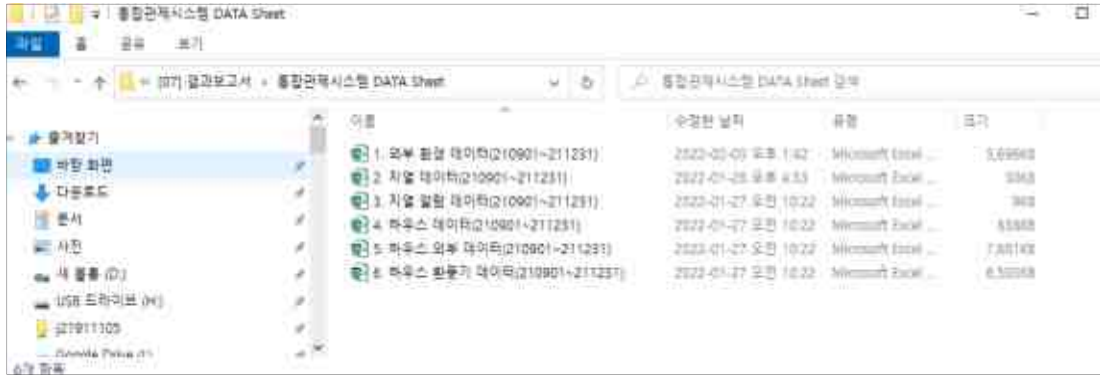


[그림 2-506] (좌)지열 모니터링 시스템, (우)통합관제시스템 모니터링 시스템



[그림 2-507] K-플랜트 통합관제시스템 모니터링 PC(테스트베드 內)

- 해당 기간 통합관제시스템 운용을 통한 데이터 축적



- 외부환경 데이터 : 외기온도, 습도, 풍향, 풍속 등의 데이터 저장
- 지열 데이터 : 냉난방온도, 순시전력, 누적전력 등의 데이터 저장
- 지열 알람 데이터 : 지열순환펌프, 집수정펌프, 고수위 알람 등의 데이터 저장
- 하우스 데이터 : 온실 내부 온/습도, EC, 이산화탄소 등의 데이터 저장
- 하우스 외부 데이터 : 외부 온/습도 데이터 저장
- 하우스 환풍기 데이터 : 좌/우 천창, 측커튼, 수평커튼 위치 등에 데이터 저장
- 모든 통합관제시스템 저장데이터 주기는 1분으로 설정하였으며, 사용자 요청에 따라 변경 가능함

house_serial_num	house_id	event_date_min	inner_tempera	outer_num	wind_direction	rain	wind_speed	daynight
280430	319900035	2021-12-28 0:00	-5.05	99	90	1	27.16	2
280431	319900035	2021-12-28 0:01	-5.05	99	91	1	27.16	2
280432	319900035	2021-12-28 0:02	-5.13	99	90	1	27.16	2
280433	319900035	2021-12-28 0:03	-5.05	99	90	1	27.16	2
280434	319900035	2021-12-28 0:04	-5.13	99	90	1	27.16	2
280435	319900035	2021-12-28 0:05	-5.05	99	91	1	27.16	2
280436	319900035	2021-12-28 0:06	-5.13	99	90	1	24.96	2
280437	319900035	2021-12-28 0:07	-5.2	99	91	1	27.16	2
280438	319900035	2021-12-28 0:08	-5.13	99	90	1	27.16	2
280439	319900035	2021-12-28 0:09	-5.2	99	91	1	27.16	2
280440	319900000	2021-12-28 0:00	-5.05	99	90	1	27.16	2
280441	319900000	2021-12-28 0:01	-5.05	99	91	1	27.16	2
280442	319900000	2021-12-28 0:02	-5.13	99	90	1	27.16	2
280443	319900000	2021-12-28 0:03	-5.05	99	90	1	27.16	2
280444	319900000	2021-12-28 0:04	-5.13	99	90	1	27.16	2
280445	319900000	2021-12-28 0:05	-5.05	99	91	1	27.16	2
280446	319900000	2021-12-28 0:06	-5.13	99	90	1	24.96	2
280447	319900000	2021-12-28 0:07	-5.2	99	91	1	27.16	2
280448	319900000	2021-12-28 0:08	-5.13	99	90	1	27.16	2

house_serial_num	house_id	event_date_min	inner_num	inner_temp	yearkey	id
280411	319900035	2021-12-28 0:00	99	-5.05	3199	137091353
280412	319900035	2021-12-28 0:01	99	-5.05	3199	137091546
280413	319900035	2021-12-28 0:02	99	-5.13	3199	137091738
280414	319900035	2021-12-28 0:03	99	-5.05	3199	137091925
280415	319900035	2021-12-28 0:04	99	-5.13	3199	137092112
280416	319900035	2021-12-28 0:05	99	-5.05	3199	137092309
280417	319900035	2021-12-28 0:06	99	-5.13	3199	137092496
280418	319900035	2021-12-28 0:07	99	-5.2	3199	137092676
280419	319900035	2021-12-28 0:08	99	-5.13	3199	137092866
280420	319900035	2021-12-28 0:09	99	-5.2	3199	137093056
280421	319900000	2021-12-28 0:00	99	-5.05	3199	137091354
280422	319900000	2021-12-28 0:01	99	-5.05	3199	137091547
280423	319900000	2021-12-28 0:02	99	-5.13	3199	137091740
280424	319900000	2021-12-28 0:03	99	-5.05	3199	137091934
280425	319900000	2021-12-28 0:04	99	-5.13	3199	137092118
280426	319900000	2021-12-28 0:05	99	-5.05	3199	137092311
280427	319900000	2021-12-28 0:06	99	-5.13	3199	137092497

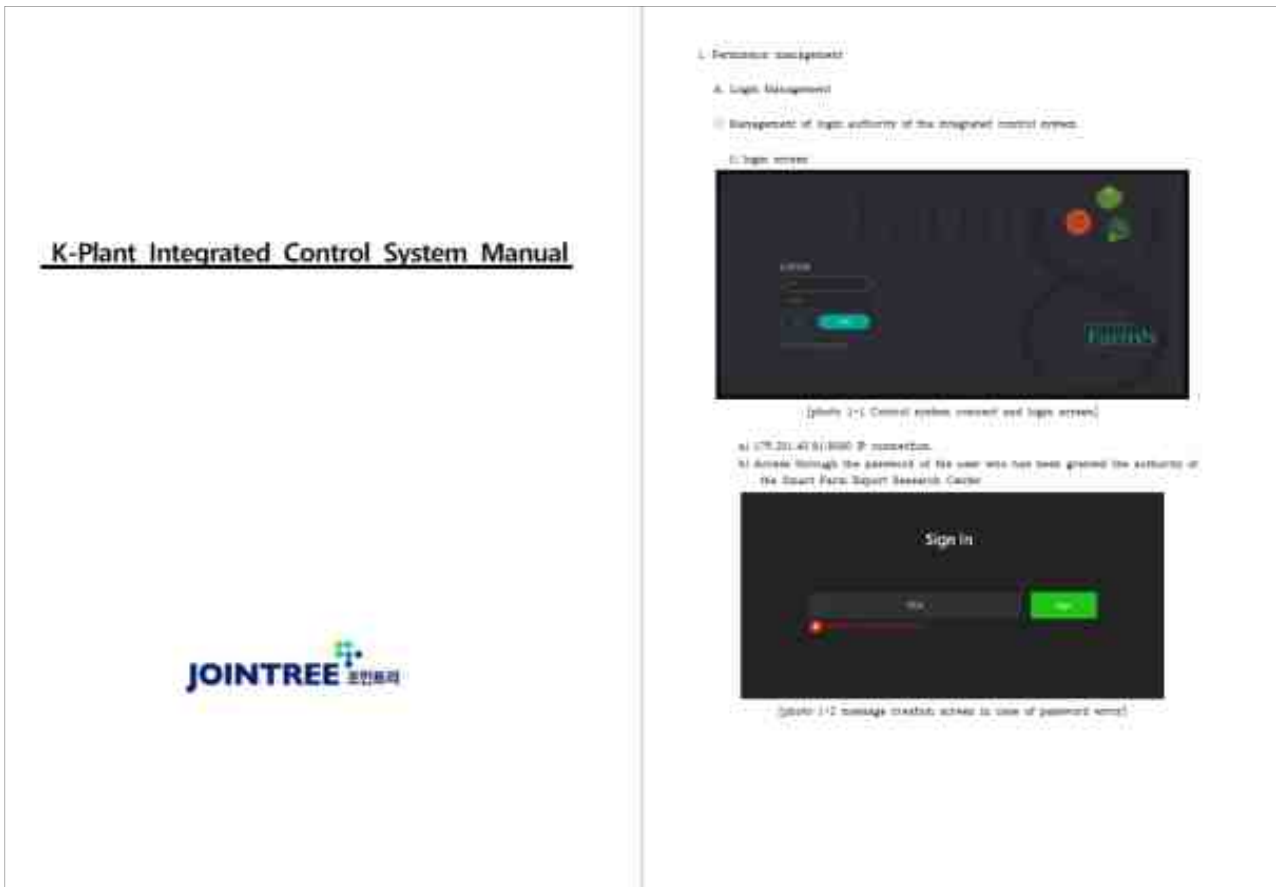
- CSV(Comma-Separated Values) 형태의 파일로 저장
- 매 분기 축적 데이터를 테스트베드 운영사(플랜티팜) 공유를 통한 내/외부 생육 환경 분석

□ K-Plant 통합관제시스템 글로벌 매뉴얼 개발

- 통합관제시스템의 글로벌 사용자를 위한 사용절차 및 방법을 상세히 명시한 문서로서 다양한 국가에서 사용할 수 있도록 영문/중문 매뉴얼 개발

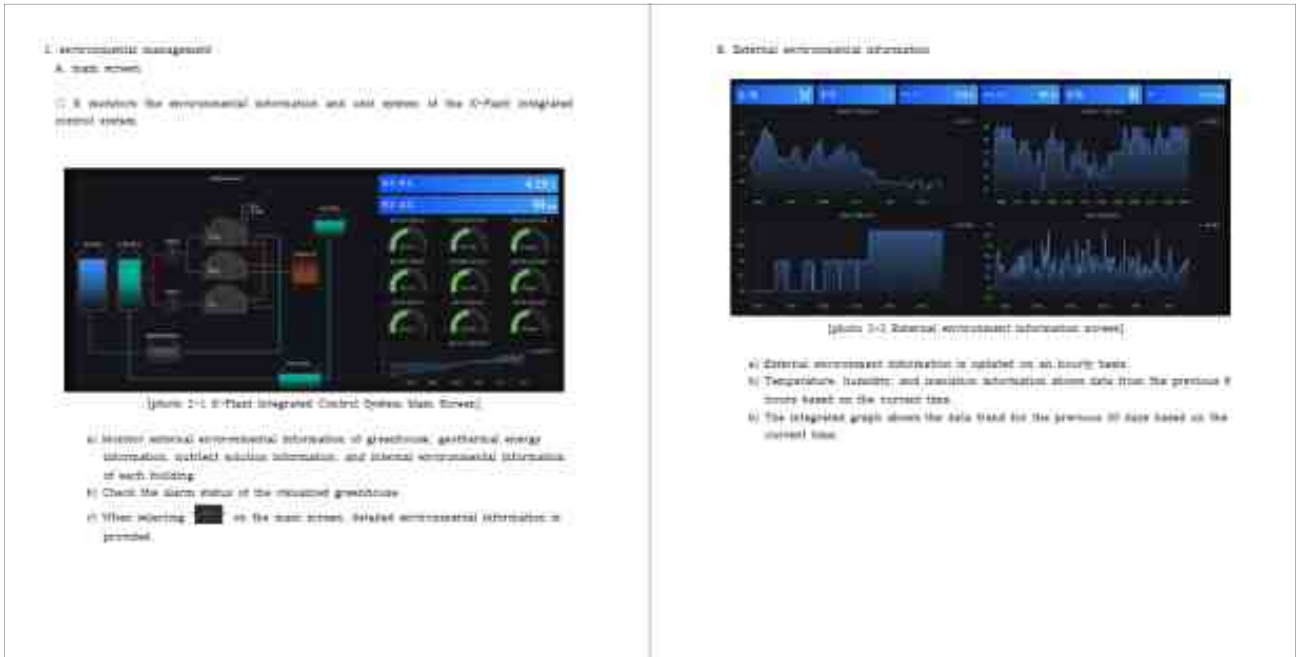
1) 영문 매뉴얼 개발

- 기존 한글 매뉴얼의 영문 번역/감수를 통한 개발
- 리뉴얼된 통합관제시스템의 매뉴얼 적용



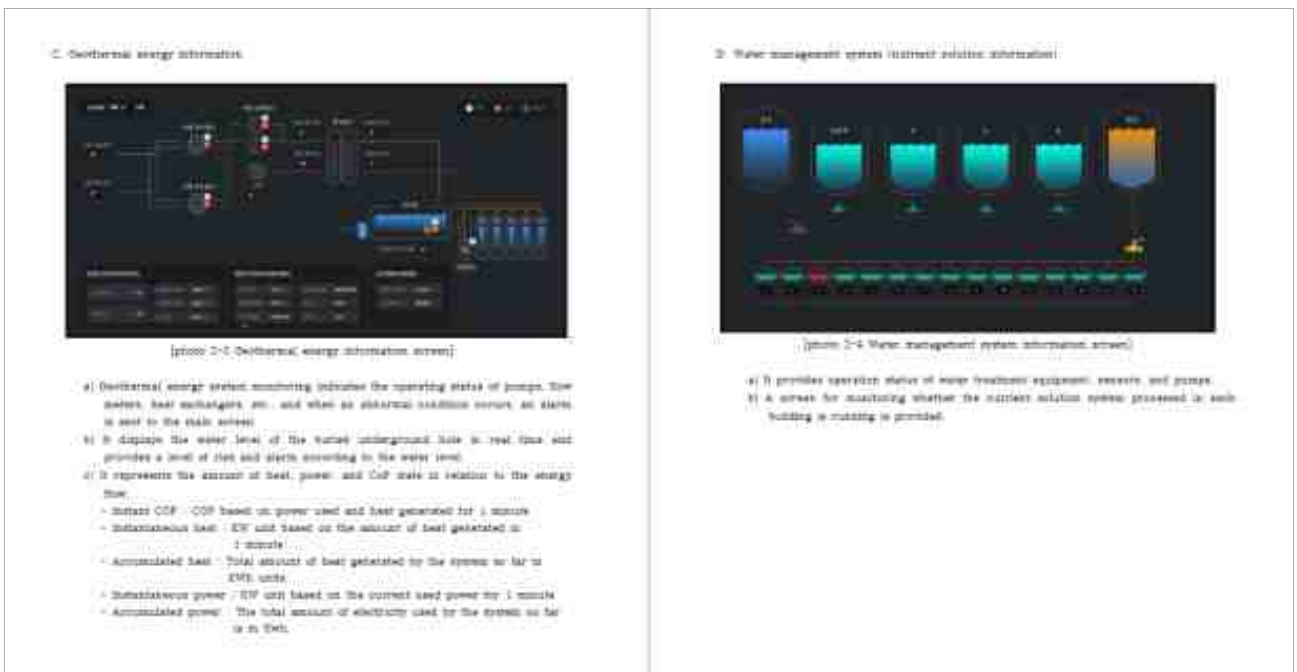
[그림 2-508] K-플랜트 통합관제시스템 영문 매뉴얼(1/5)

- 통합관제시스템에 관한 설명 및 접속방법에 관한 정보
- 사용자 권한을 통한 접속정보를 이용, 로그인 에러메시지에 관한 정보



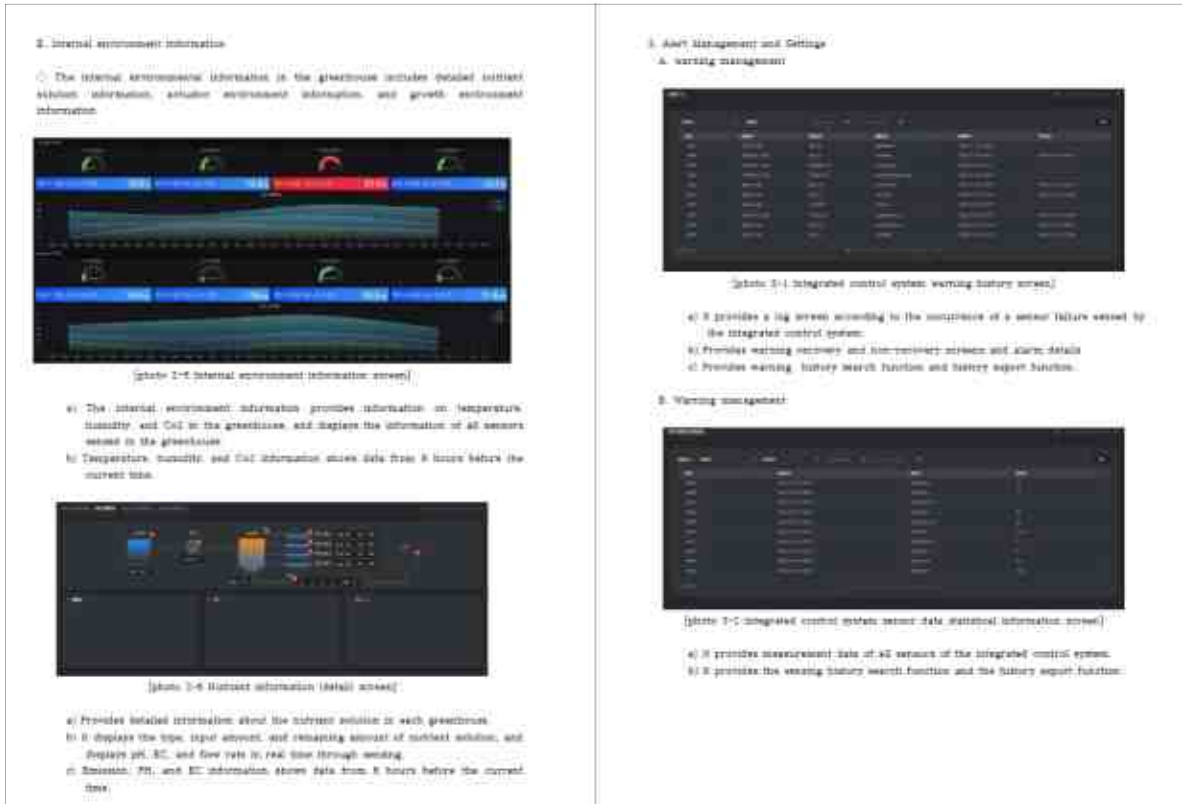
[그림 2-509] K-플랜트 통합관제시스템 영문 매뉴얼(2/5)

- 메인화면을 통한 단위시스템 모니터링에 관한 정보
- 외부 환경정보에 관한 세부 정보
- 각 세부 실행버튼의 역할 및 기능 설명



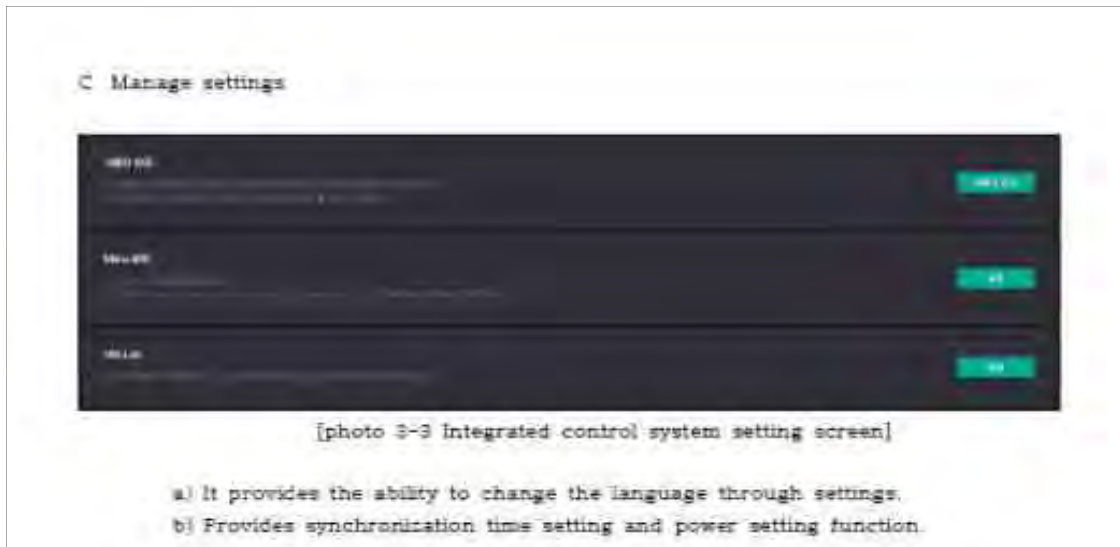
[그림 2-510] K-플랜트 통합관제시스템 영문 매뉴얼(3/5)

- 지열에너지 정보에 관한 내용으로 각 용어의 정의 및 해당 버튼의 기능 설명
- 양액정보에 관한 화면으로 펌프의 가동상태, 수처리 센서 상태에 관한 기능 설명



[그림 2-511] K-플랜트 통합관제시스템 영문 매뉴얼(4/5)

- 온실 내외부 환경에 대한 정보를 통한 각 세부 화면에 대한 설명
- 양액 세부 정보 및 각 기능에 대한 설명
- 시스템 내 알람 기능에 대한 설명



[그림 2-512] K-플랜트 통합관제시스템 영문 매뉴얼(5/5)

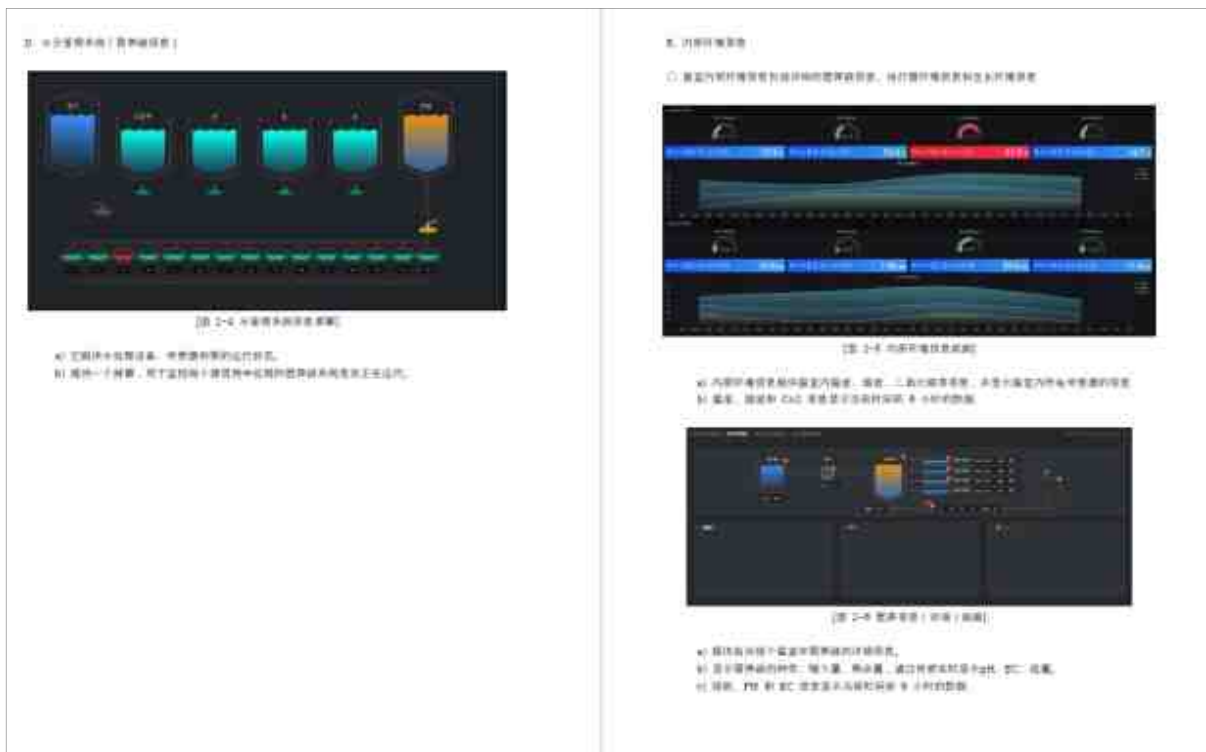
- 설정관리를 통한 사용자 설정에 대한 설명
- 각 세부 기능에 대한 설명

2) 중문 매뉴얼 개발

- 기존 한글 매뉴얼의 중문 번역/감수를 통한 개발
- 리뉴얼된 통합관제시스템의 매뉴얼 적용
- 매뉴얼 內 세부 내용은 영문과 동일함



[그림 2-513] K-플랜트 통합관제시스템 중문 매뉴얼(1/3)



[그림 2-514] K-플랜트 통합관제시스템 중문 매뉴얼(2/3)



[그림 2-51] K-플랫폼 통합관리시스템 중문 매뉴얼(3/3)

3.6. 스마트팜 에코솔루션과 G-GAP 인증앱 개발

(1) 개요

- 스마트팜 에코솔루션과 G-GAP 인증앱 글로벌 적용 방안 수립
 - 스마트팜 에코솔루션은 스마트팜 온실 가상견적 프로그램이며, G-GAP 인증앱은 영농일지 內 글로벌 GAP 인증을 받을 수 있도록 보조해 주는 기능으로서 웹기반의 프로그램으로 4차년도에 개발 완료됨
 - 해당 프로그램의 수출사업화를 위하여 어플리케이션을 제작하고 이를 런칭 및 확산할 수 있는 규제 및 인증에 관한 방안 수립이 절실함
 - 또한 해당 프로그램을 다양한 국가에서 사용할 수 있도록 글로벌 매뉴얼 개발 진행
- 스마트 에코솔루션과 G-GAP 인증앱의 글로벌 런칭
 - 해당 프로그램의 Google Play 內 글로벌 런칭을 위한 웹 기반 프로그램 → 앱 기반의 개발 및 구글사 인증 진행
 - 다운로드 사용자의 통계 분석을 통해 수출 사업화 피드백 추진

(2) 접근방법

- 스마트팜 앱 개발 관련 인증 및 규제 분석
 - Web 개발 완료된 “스마트팜 에코솔루션”, “G-GAP 인증앱”의 앱(Application) 제작 필요
 - 스마트팜 관련 어플리케이션 개발을 위해 구글 및 애플사의 정책 준수는 필수요소임
 - 이러한 정책을 통해 구글/애플사 심사 승인 규정을 만족해야만 어플리케이션 제작 및 런칭 가능
- 개발 앱의 Google Play 출시를 통한 글로벌 런칭
 - 구글사 승인 절차를 통해 어플리케이션을 출시하고 글로벌 사용이 가능하도록 개발 진행

(3) 연구내용

□ 스마트폰 앱(스마트 에코솔루션, G-GAP 인증앱) 개발 인증 및 규제 분석

○ 구글社 및 애플社 앱 개발 정책 보고서 작성

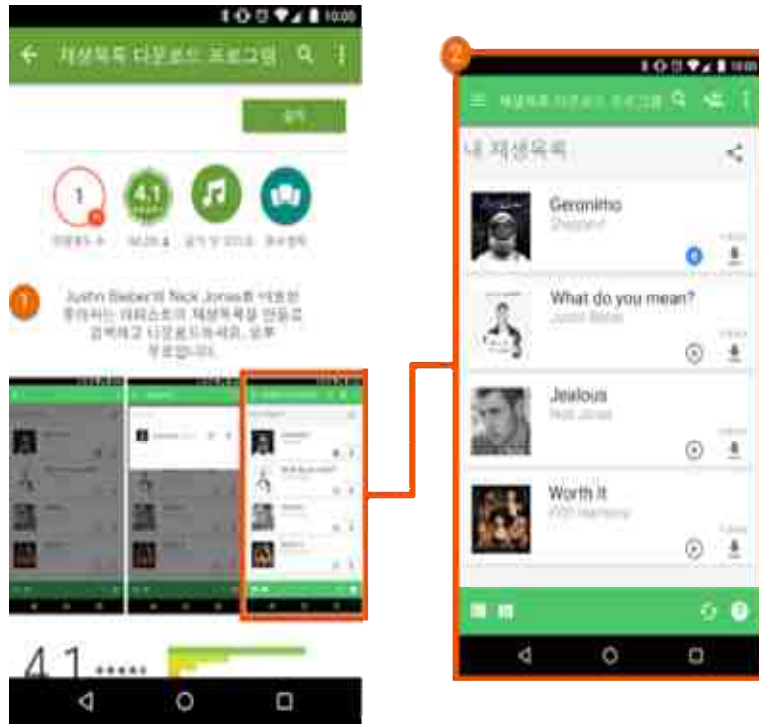
- 구글社는 신뢰할 수 있는 앱 배포를 위해 다양한 개발 정책을 시행하고 있으며, 콘텐츠 제한, 인앱 결제 서비스, 등의 내용을 포함 하고 있음
- Goolge Play에 스마트폰 에코솔루션 어플리케이션 및 G-GAP 인증앱 런칭을 위해서는 하기와 같은 내용의 정책이 필수적으로 포함되어야 함
- 하기 규제 및 정책을 준수하여 런칭된 어플리케이션의 수출화를 도모하고자 함

스마트팜 앱 개발 정책 보고서	
2021.12	
JOINTREE	
<목 차>	
1. Google Play(Google社)	3
1. 사용자 제한 콘텐츠	5
2. 지적 재산권	8
3. 개인정보 보호, 보안 및 투명성	8
4. 권한	10
5. 기기 및 네트워크 기술	14
6. 사기 행위	15
7. 불이익	19
8. 영외 도출	25
9. Mobile Unwanted Software	26
10. 스토어 중복정보 및 프로모션	26
11. 앱 프로모션	26
12. 해킹(해킹)	29
13. 기타 프로그램	31
14. Android 시스템용 앱	31
15. 시범 조치	33
16. 광학 지문 생체	33
17. 시범 조치 절차	35
18. Play Console 도구사용	38
2. App Store(Apple社)	39
1. 저작권	39
2. 영외	41
3. 비즈니스	48
4. 디자인	54
5. 변경 요구사항	60

[그림 2-516] 스마트폰 앱 개발 정책 보고서 목차

○ 주요 내용(Google Play)

- 지적 재산권
 - 앱 개발자 계정으로 상표권, 저작권, 특허권, 영업비밀 등 다른 사람의 지적 재산권을 침해해서는 안됨
 - 저작권 보호를 받는 콘텐츠 무단 사용 및 저작권 침해 조장 금지

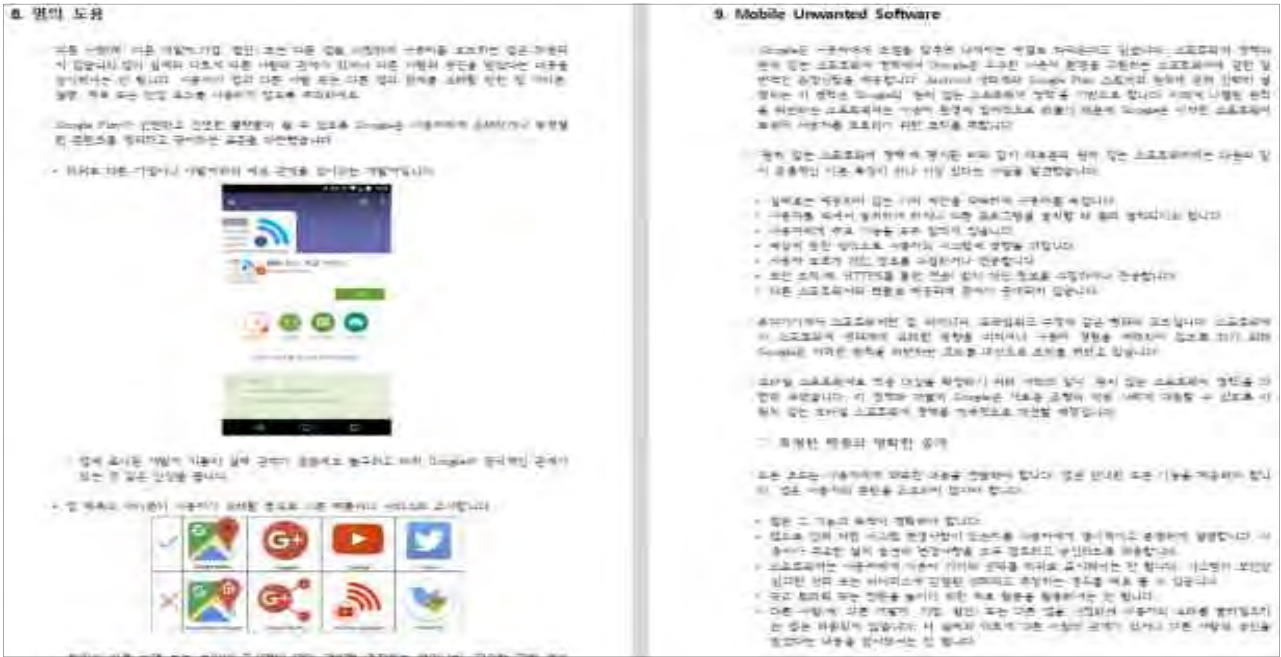


[그림 2-517] 저작권 허가 없는 앱 내 다운로드 조장 예시

- 메타 데이터
 - 부적절한 메타데이터의 사용금지(잘못된 형식, 부적절한 정보, 오해 소지)
 - 오해의 소지가 있는 기호 및 텍스트
 - 앱과 관련이 없는 특수문자 시퀀스 등



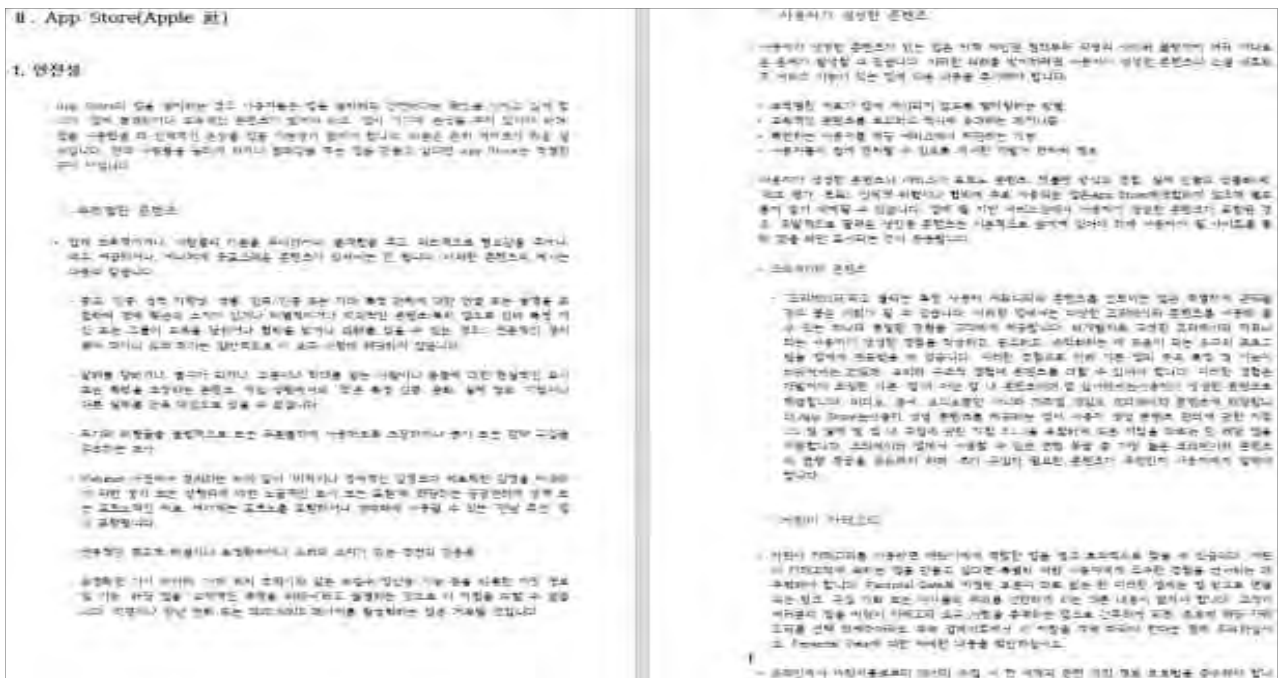
[그림 2-518] 메타데이터 거부 예시



[그림 2-519] 어플리케이션 개발 정책 주요 화면

○ 주요 내용(App Store)

- 앱 안전성
 - 앱 설치시 기기에 손상을 주지 않아야 하며, 앱 사용시 신체적 손상을 입을 가능성이 없어야 함
 - 부적절한 콘텐츠, 개발자 정보 필수 기재, 데이터 보안 등의 필수 요소 기재
- 성능
 - 앱 안전성을 위해 베타테스트를 진행해야 하며, 정확한 메타데이터 정보를 제공해야함
 - 하드웨어 호환성 및 소프트웨어 요구 사항 준수



[그림 2-520] 애플사 어플리케이션 개발 정책(1/2)



[그림 2-521] 애플社 어플리케이션 개발 정책(2/2)

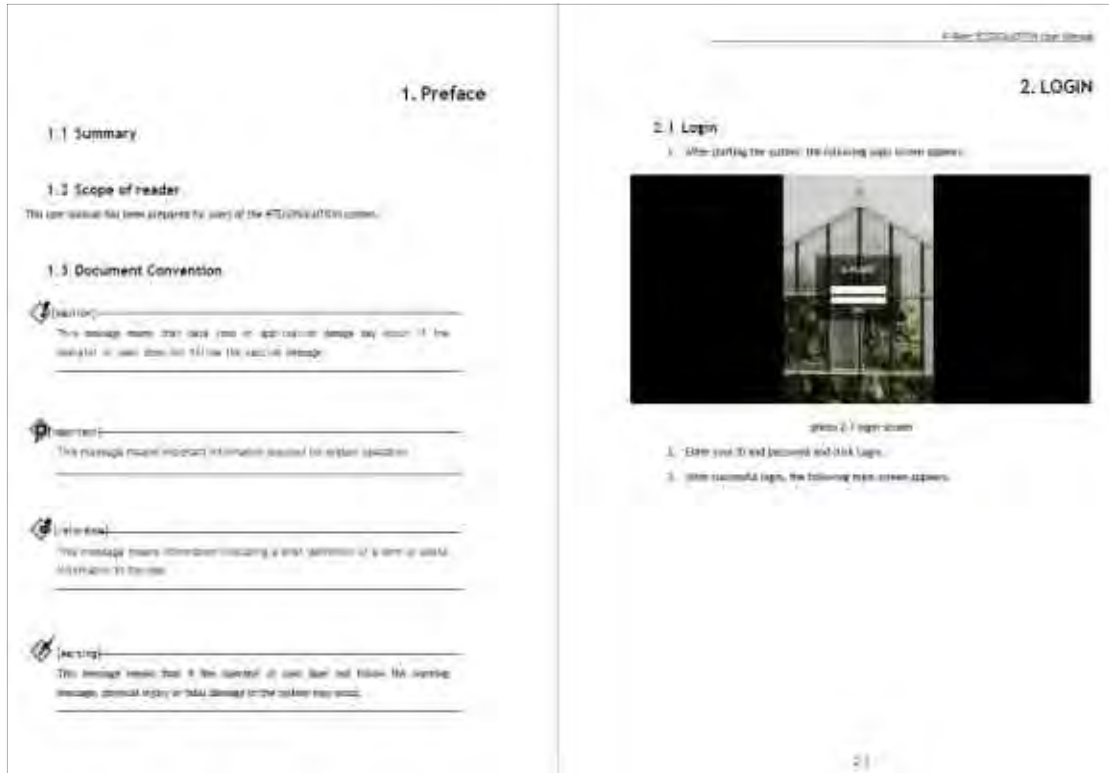
- 스마트팜 에코솔루션 매뉴얼 개발(영문 및 중문)
- 글로벌 프로그램 사용자를 위한 영문 및 중문 매뉴얼 개발

1) 영문 매뉴얼 개발

- 기존 개발한 한글 매뉴얼의 영문 번역/감수를 통한 개발

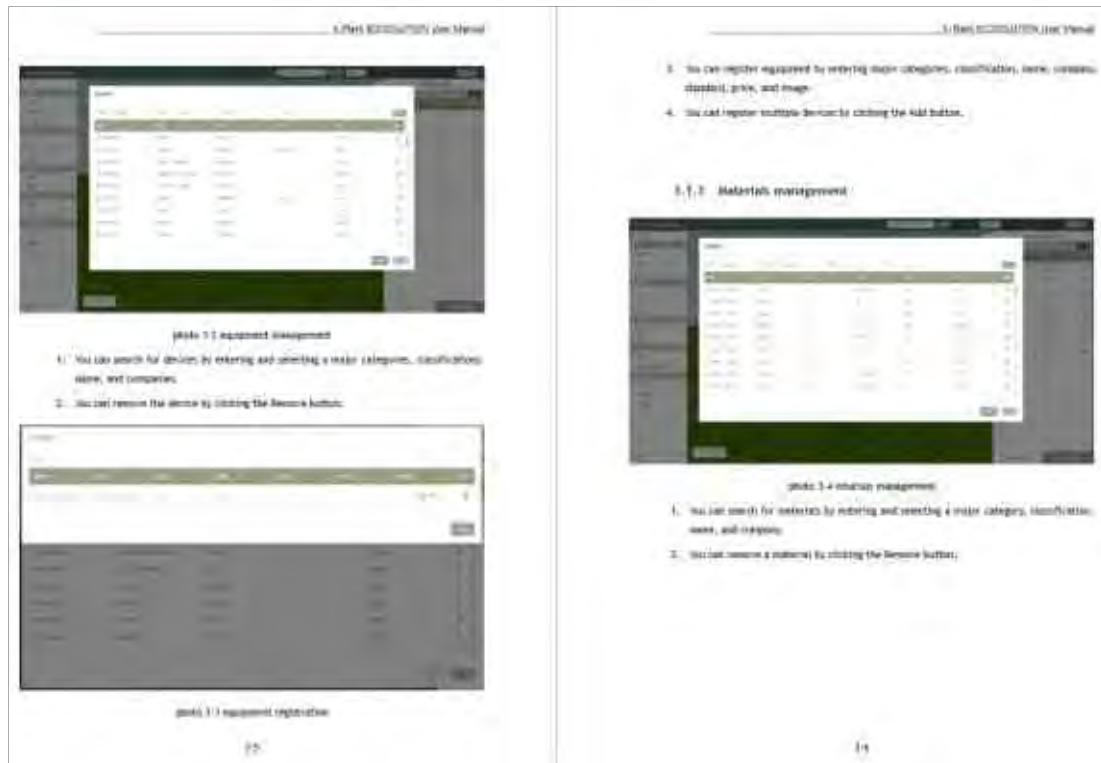


[그림 2-522] K-플랜트 에코솔루션 영문 매뉴얼



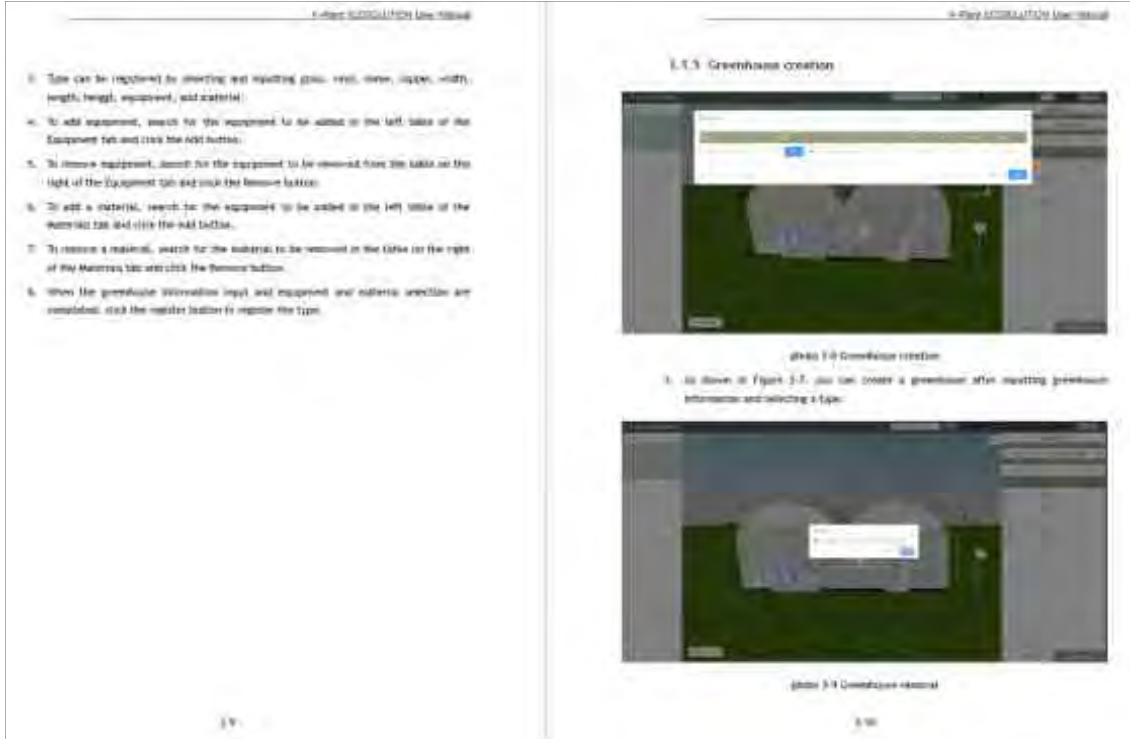
[그림 2-523] K-플랜트 에코솔루션 영문 매뉴얼(1/5)

- 해당 프로그램 개요 정보에 관한 페이지이며, 사용자 범위 및 해당 문서에 주의 및 경고 사항 등을 명시함
- 로그인 화면으로 시스템 구동 후 나타나는 로그인 화면에 대한 설명



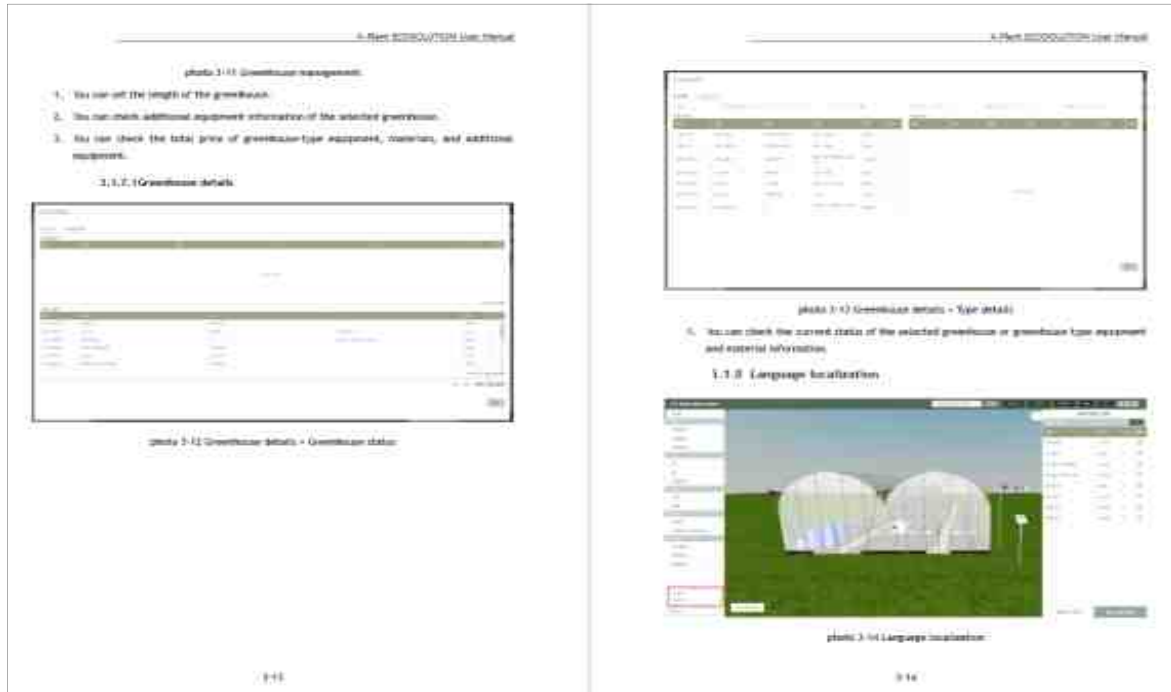
[그림 2-524] K-플랜트 에코솔루션 영문 매뉴얼(2/5)

- 메인화면의 저장된 온실 선택 대분류, 분류, 회사 선택 등의 검색 기능
- 제거 버튼 등을 클릭하여 장비 제거 가능
- 자재관리 창을 이용하여 자재 검색 기능 구현
- 추가버튼을 클릭하여 한번에 다양한 자재 등록 가능 설명

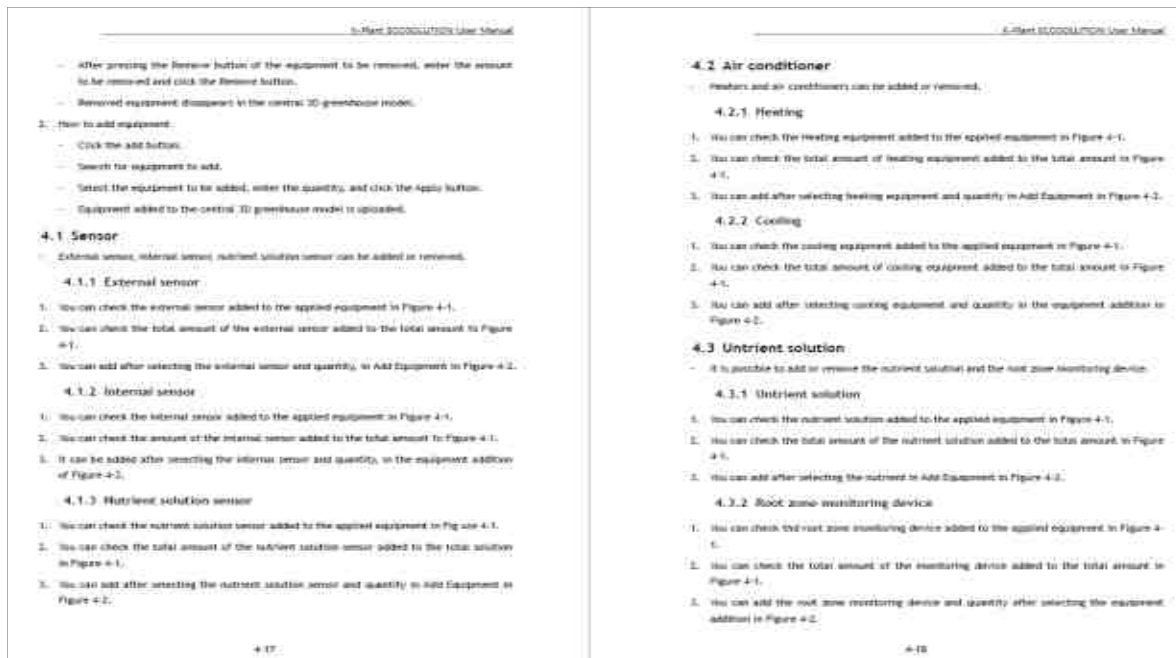


[그림 2-525] K-플랜트 에코솔루션 영문 매뉴얼(3/5)

- 타입등록에 관한 사용자 설명
- 온실 생성에 관한 세부 화면



[그림 2-526] K-플랜트 에코솔루션 영문 매뉴얼(4/5)



[그림 2-527] K-플랜트 에코솔루션 영문 매뉴얼(5/5)

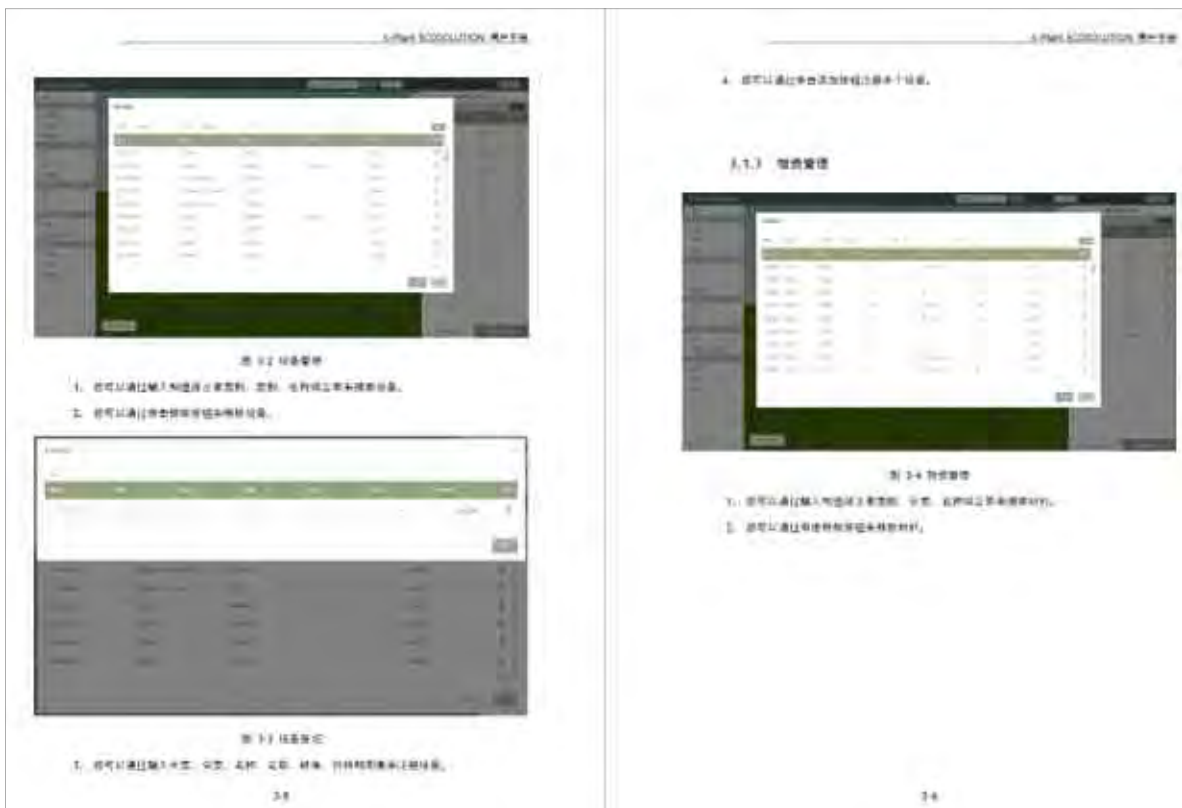
- 온실 생성, 로그아웃, 온실관리, 온실 상세정보에 관한 설명
- 내/외부센서, 양액센서 추가 등에 대한 화면
- 냉난방기, 관수자제 추가에 대한 설명 등으로 구성

2) 중문 매뉴얼 개발

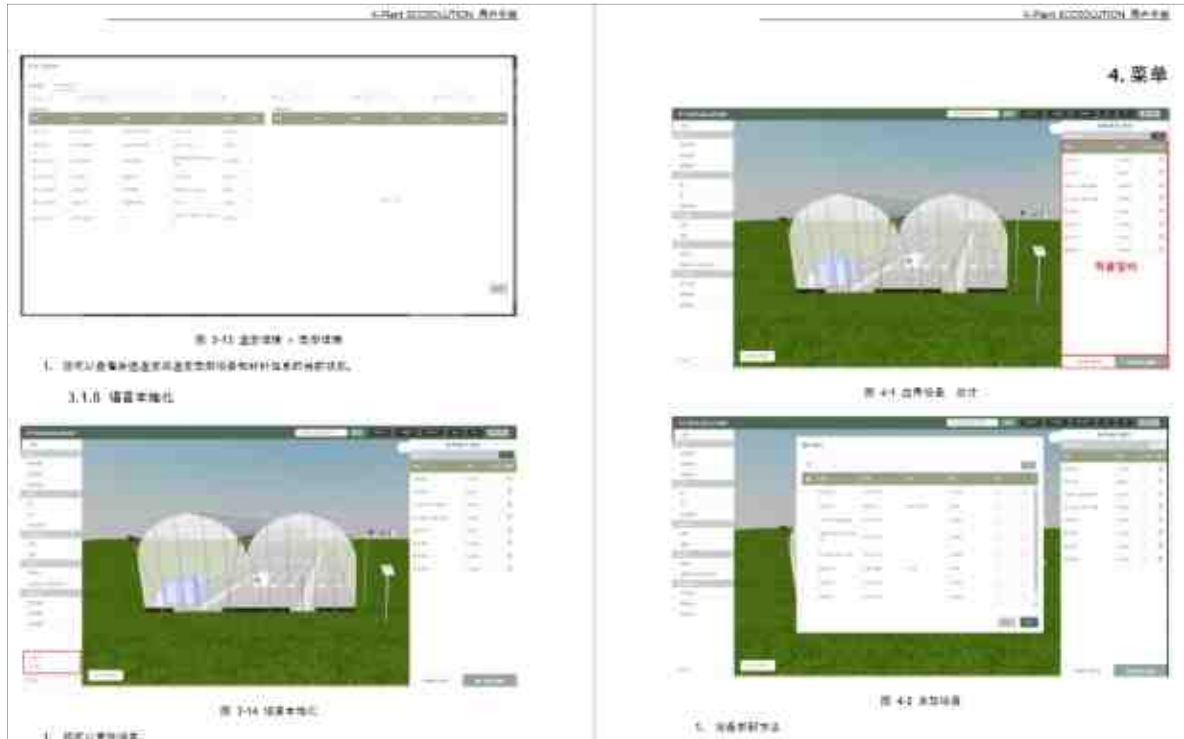
- 기존 한글 매뉴얼의 중문 번역/감수를 통한 개발
- 매뉴얼 내 세부 내용은 영문과 동일함



[그림 2-528] K-플랜트 에코솔루션 영문 매뉴얼(1/4)



[그림 2-529] K-플랜트 에코솔루션 영문 매뉴얼(2/4)



[그림 2-530] K-플랜트 에코솔루션 영문 매뉴얼(3/4)



[그림 2-531] K-플랜트 에코솔루션 영문 매뉴얼(4/4)

- 스마트팜 앱(스마트 에코솔루션, G-GAP 인증앱) 런칭
 - 웹 기반 프로그램의 어플리케이션 변경을 위한 개발 환경 구축
 - Google Play 런칭을 위해서는 웹 기반의 프로그램을 apk 형태의 개발이 필요
 - 어플리케이션 환경에 맞는 기능을 추가적으로 개발하여 런칭



[그림 2-532] 개발 환경 변경

1) K-플랜트 스마트 에코솔루션

```

override fun onCreate(savedInstanceState: Bundle?) {
    requestedOrientation = ActivityInfo.SCREEN_ORIENTATION_LANDSCAPE
    super.onCreate(savedInstanceState)
    setContentView(R.layout.activity_main)

    val newUA="Foo/"
    mainWebView = findViewById(R.id.main_web_view)

    mainWebView.settings.javaScriptEnabled = true
    mainWebView.settings.loadWithOverviewMode = true
    mainWebView.settings.useWideViewPort = true
  
```

- 가로모드 설정 및 웹 뷰 기능 생성

```

mainWebView.settings.supportZoom()
mainWebView.settings.displayZoomControls = true

mainWebView.scrollBarStyle = WebView.SCROLLBARS_OUTSIDE_OVERLAY
mainWebView.isScrollbarFadingEnabled = false
mainWebView.settings.userAgentString = newUA
mainWebView.loadUrl("url: "http://119.288.4.64:8899/")
  
```

- 웹 뷰 세부설정
 - 자바스크립트 적용
 - html의 콘텐츠가 웹뷰보다 클 경우 스크린 크기에 맞게 조정
 - html의 viewport 메타 태그 지원
 - 줌 컨트롤 허용
 - 스크롤바 설정
 - 스크롤바 사라짐 방지
 - 요청시 보내는 사용자 정보(브라우저 정보)
- 웹 불러오기

```

@Override fun onKeyDown(keyCode: Int, event: KeyEvent?): Boolean {
    if ((keyCode == KeyEvent.KEYCODE_BACK && !mainMenuView.canGoBack()) ||
        mainMenuView.goBack()) {
        return true
    } else {
        if (System.currentTimeMillis() > backButtonPressedTime + 2000L {
            backButtonPressedTime = System.currentTimeMillis()
            toast = Toast.makeText(context, this, Toast.LENGTH_SHORT)
            toast.show()
            return true
        } else if (System.currentTimeMillis() < backButtonPressedTime + 2000L) {
            finish()
            toast.cancel()
        }
    }
}
return super.onKeyDown(keyCode, event)
}

```

- 뒤로가기 버튼 연속 클릭 시 앱 종료
 - 키 눌림 이벤트 체크
 - 연속 두 번 체크 시 앱 종료 프로세스 실행

2) G-GAP 인증앱

```

@Override
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);
    setContentView(R.layout.activity_main);

    init();
    checkPermission();
}

```

- 앱 초기 설정 및 앱 권한 체크 기능 생성

```

private void checkPermission() {
    if (Build.VERSION.SDK_INT >= Build.VERSION_CODES.M) {
        if (checkSelfPermission(Manifest.permission.ACCESS_FINE_LOCATION) != PackageManager.PERMISSION_GRANTED &&
            checkSelfPermission(Manifest.permission.ACCESS_COARSE_LOCATION) != PackageManager.PERMISSION_GRANTED &&
            checkSelfPermission(Manifest.permission.READ_EXTERNAL_STORAGE) != PackageManager.PERMISSION_GRANTED) {
            ActivityCompat.requestPermissions(this, new String[]{Manifest.permission.ACCESS_FINE_LOCATION, Manifest.permission.ACCESS_COARSE_LOCATION, Manifest.permission.READ_EXTERNAL_STORAGE}, 1);
        }
    }
}

```

- 카메라 권한 체크
- 파일 쓰기 권한 체크
- 파일 읽기 권한 체크

```

@Override
public void onRequestPermissionsResult(int requestCode, @NonNull String[] permissions, @NonNull int[] grantResults) {
    super.onRequestPermissionsResult(requestCode, permissions, grantResults);

    switch (requestCode) {
        case 1:
            if (grantResults[0] == PackageManager.PERMISSION_GRANTED && grantResults[1] == PackageManager.PERMISSION_GRANTED &&
                grantResults[2] == PackageManager.PERMISSION_GRANTED) { //여러 권한도 OK
                webView.load();
            } else { //가짜 권한을 주
                moveTaskToBack(true);
                finish();
                android.os.Process.killProcess(android.os.Process.myPid());
            }
            break;
        default:
            break;
    }
}

```

- 권한 허용 여부 처리

```

public static boolean isConnected(Context context) {
    ConnectivityManager cm = (ConnectivityManager) context.getSystemService(Context.CONNECTIVITY_SERVICE);

    NetworkInfo networkInfo = cm.getActiveNetworkInfo();
    if (networkInfo != null && networkInfo.isConnected()) {
        return true;
    }
    return false;
}

```

- 인터넷 연결을 체크


```

public class RealPathUtil {
    public static String getRealPath(Context context, Uri uri) {
        String realPath;
        // SDK < API11
        if (Build.VERSION.SDK_INT < 11) {
            realPath = RealPathUtil.getRealPathFromURI_BelowAPI11(context, uri);
        }

        // SDK >= 11 && SDK < 19
        else if (Build.VERSION.SDK_INT < 19) {
            realPath = RealPathUtil.getRealPathFromURI_API11to18(context, uri);
        }

        // SDK > 19 (Android 4.4)
        else {
            realPath = RealPathUtil.getRealPathFromURI_API19(context, uri);
        }

        return realPath;
    }
}

```

- 각 운영체제 버전에 맞는 방법으로 파일 경로를 로드 설정

```

public void uriToBase64(Uri uri) {
    Cursor c = getContentResolver().query(uri, null, null, null, null);
    if (c.moveToFirst()) {
        String path = c.getString(c.getColumnIndex(MediaStore.MediaColumns.DATA));
        String[] path_split = path.split("\\\\");
        String fileName_extension = path_split[0];
        String[] fileName = path_split[1].split("\\.");
        File file = new File(path);
        String base64EncodedImage = fileToString(file);
        //android.support.v4.app.ActivityCompat.startActivityForResult(this, intent, REQUEST_CODE_ATTACH_IMAGE, "data:image/jpeg;base64," + base64EncodedImage + "\\");
        //android.support.v4.app.ActivityCompat.startActivityForResult(this, intent, REQUEST_CODE_ATTACH_IMAGE, "data:image/" + fileName_extension + ".jpeg;base64," + base64EncodedImage + "\\");
    }
}

```

- 이미지 Uri를 절대 경로로 변경
- 경로에 있는 이미지를 base64로 변경
- javascript로 전달

```

public void kitkatAttachmentProcess(String ID) {
    attachment_id = ID;

    builder.setTitle("카메라 촬영")
        .setItems(R.array.kitkat_attachment_options)
        .setDialogInterface(new DialogInterface() {
            public void onDialogInterfaceClick(DialogInterface dialog, int which) {
                if (which == 0) { //사진 촬영
                    Intent i = new Intent(MediaStore.ACTION_IMAGE_CAPTURE);
                    startActivityForResult(Intent.createChooser(i, "사진을 찍을지 여부"), FILECHOOSER_KITKAT_IMG_CODE);
                } else if (which == 1) { //사진 가져오기
                    Intent i = new Intent(Intent.ACTION_PICK);
                    i.setType("image/*");
                    startActivityForResult(Intent.createChooser(i, "사진을 불러올지 여부"), FILECHOOSER_KITKAT_IMG_CODE);
                }
            }
        });
    builder.create();
    builder.setCancelable(false);
    builder.show();
}

```

- kitkat버전의 운영체제에서 사진촬영 및 가져오는 함수 설정

```

private File createImageFile() throws IOException {
    // Create an image file name
    String timeStamp = new SimpleDateFormat("yyyyMMdd_HHmmss").format(new Date());
    String imageFileName = "JPEG_" + timeStamp + ".jpg";
    File storageDir = Environment.getExternalStoragePublicDirectory(
        Environment.DIRECTORY_PICTURES);
    File imageFile = File.createTempFile(
        imageFileName, /* prefix */
        ".jpg", /* suffix */
        storageDir /* directory */
    );
    return imageFile;
}

```

- 이미지파일 생성 기능

```

// Create an image file name
// Create an image file name
String timeStamp = new SimpleDateFormat("yyyyMMdd_HHmmss").format(new Date());
String imageFileName = "JPEG_" + timeStamp + ".jpg";
File storageDir = Environment.getExternalStoragePublicDirectory(
    Environment.DIRECTORY_PICTURES);
File imageFile = File.createTempFile(
    imageFileName, /* prefix */
    ".jpg", /* suffix */
    storageDir /* directory */
);
return imageFile;

startActivityForResult(intent, requestCode, FILECHOOSER_KITKAT_IMG_CODE);
// 사진 찍을지 여부 물어보기
Intent i = new Intent(MediaStore.ACTION_IMAGE_CAPTURE);
i.putExtra(MediaStore.EXTRA_OUTPUT, imageFile);
startActivityForResult(Intent.createChooser(i, "사진을 찍을지 여부"), FILECHOOSER_KITKAT_IMG_CODE);

// 사진 가져오기
Intent i = new Intent(Intent.ACTION_PICK);
i.setType("image/*");
startActivityForResult(Intent.createChooser(i, "사진을 불러올지 여부"), FILECHOOSER_KITKAT_IMG_CODE);
}
builder.create();
builder.setCancelable(false);
builder.show();
}

```

- 촬영 시 각 운영체제 버전별로 카메라 촬영 이미지 가져오기 기능 개발
- 사진 가져오기 기능 개발

```
private boolean handleUri(Uri uri) {
    if (!NetworkUtil.isConnected(this)) {
        new AlertDialog.Builder(this)
            .setTitle("알림")
            .setMessage("네트워크에 접속할 수 없습니다. 네트워크 연결 상태를 확인하십시오.")
            .setPositiveButton(android.R.string.ok,
                new AlertDialog.OnClickListener() {
                    public void onClick(DialogInterface dialog, int which) {
                        dialog.dismiss();
                    }
                })
            .setCancelable(false)
            .create()
            .show();
    }
}
```

- 네트워크 연결 상태 알람 구현

```
DownloadManager.Request request = new DownloadManager.Request(Uri.parse(fileName));
request.setTitle("다운로드");
request.allowedScanningByMediaScanner();
request.setNotificationVisibility(DownloadManager.Request.VISIBILITY_VISIBLE_NOTIFY_COMPLETED);
request.setDestinationInExternalPublicDir(
    Environment.DIRECTORY_DOWNLOADS,
    fileName);

DownloadManager dm = (DownloadManager) getSystemService(DOWNLOAD_SERVICE);
dm.enqueue(request);
}
return false;
}
```

- 다운로드 매니저를 생성 기능 개발
- 다운로드 받을 위치를 지정 기능 개발
- 다운로드 실행 기능 개발

```
@Override
public boolean onJsAlert(WebView view, String url, String message, final JsResult result) {
    //return super.onJsAlert(view, url, message, result);
    new AlertDialog.Builder(view.getContext())
        .setTitle("알림")
        .setMessage(message)
        .setPositiveButton(android.R.string.ok,
            new AlertDialog.OnClickListener() {
                public void onClick(DialogInterface dialog, int which) {
                    result.confirm();
                }
            })
        .setCancelable(false)
        .create()
        .show();

    return true;
}
```

- 웹 알람 처리

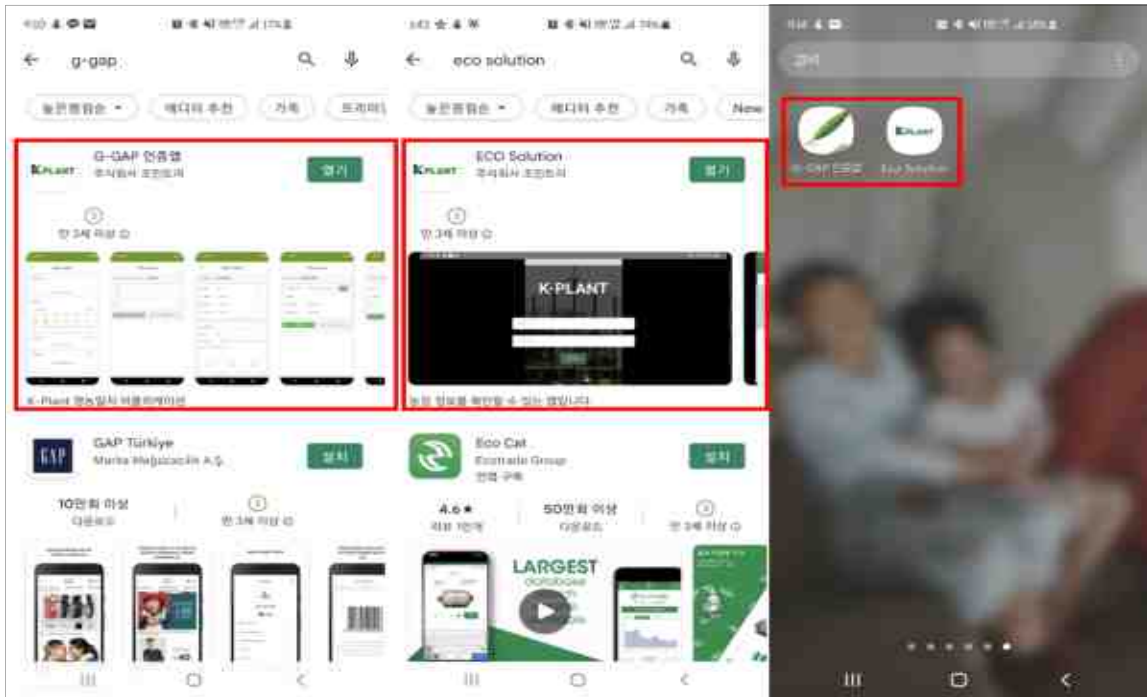
```

WebSettings set = mWebView.getSettings();
set.setJavaScriptEnabled(true);
set.setJavaScriptCanOpenWindowsAutomatically(true);
set.setDomStorageEnabled(true);
set.setUseWideViewPort(true);
set.setLoadWithOverviewMode(true);
set.setAllowFileAccess(true);
set.setAllowContentAccess(true);

```

- 웹 뷰 환경설정 기능 구현
 - 자바스크립트 허용 기능
 - 자바스크립트에 창 자동으로 열도록 지시
 - DOM 스토리 허용 기능
 - viewport 태그 허용 기능
 - 너비에 따라 화면에 맞게 콘텐츠 축소 여부 설정
 - 웹 뷰의 파일 액세스 활성화 기능
 - 웹 뷰의 파일 접근 지원 여부 기능
 - 웹 뷰의 콘텐츠 URL 액세스 활성화 기능

○ Google Play 런칭 및 현황 분석



[그림 2-533] Google Play 검색 화면 및 어플 다운로드 화면

- 구글 플레이 내 “G-GAP”, “eco solution” 검색시 해당 그림과 같이 어플리케이션이 검색되며, 다운로드 시 우측 화면과 같이 아이콘이 생성됨
- 런칭된 각 앱 대표 화면으로서 해당 어플리케이션 실행을 통해 스마트팜 수출사업화 활성화 추진



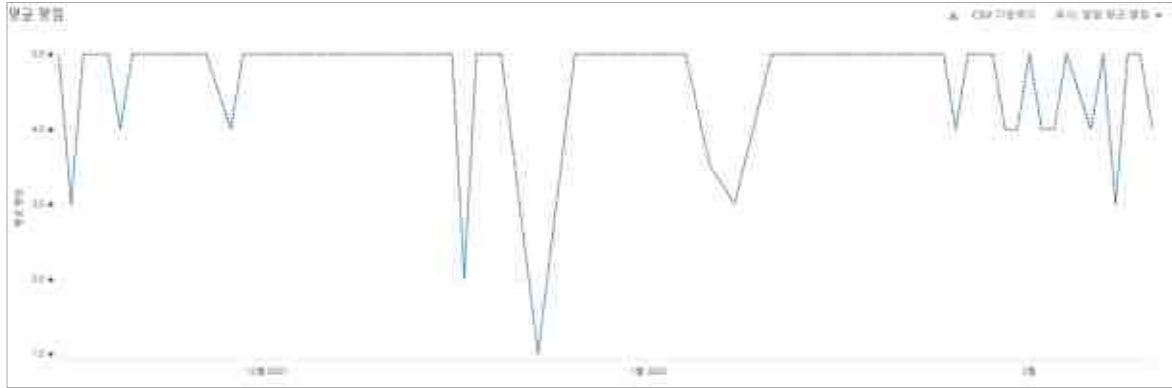
[그림 2-534] K-플랜트 통합관제시스템 주요 화면



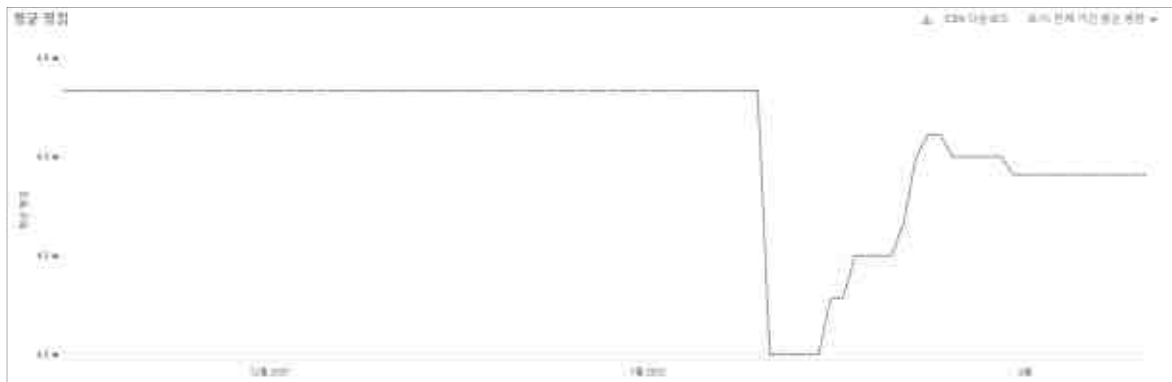
[그림 2-535] G-GAP 인증앱 주요 화면

- 런칭된 어플리케이션의 다운로드, 평점, 사용자 현황 등의 통계 분석을 진행

1) K-플랫폼 스마트 에코솔루션
 - 다운로드 후 평점 그래프



[그림 2-536] 어플리케이션 일일 평균 평점 그래프



[그림 2-537] 어플리케이션 전체기간 평균 평점 그래프

- (일일 평균 평점) 해당 앱의 일일 평균 다운로드에 따른 평균 평점을 나타낸 그래프이며, 일반적으로 3~5점의 평점을 기록하고 있음
- (전체기간 평균 평점) 해당 앱의 전체기간 평균 평점을 나타낸 그래프로써 2021년 12월 까지 약 4.6 평점을 받음
- 앱 서명 키 인증
 - 구글 내에서 각 출시 버전에 서명할 때 사용하는 앱 서명에 대한 공개 인증
 - 이 인증서를 사용하여 API 제공업체에 키 등록 가능함

MDS 인증서 지문	9E 8B 43 [REDACTED] 9A 5B
SHA-1 인증서 지문	3E 7B 0E [REDACTED] 0B 1E 0F 8E
SHA-256 인증서 지문	8E 7B 0E [REDACTED] 0B 1E 0F 8E

- 업로드 키 인증
 - 비공개 업로드 키 공개 인증서
 - 해당 인증서를 사용하여 API 제공업체에 업로드 키 등록 가능

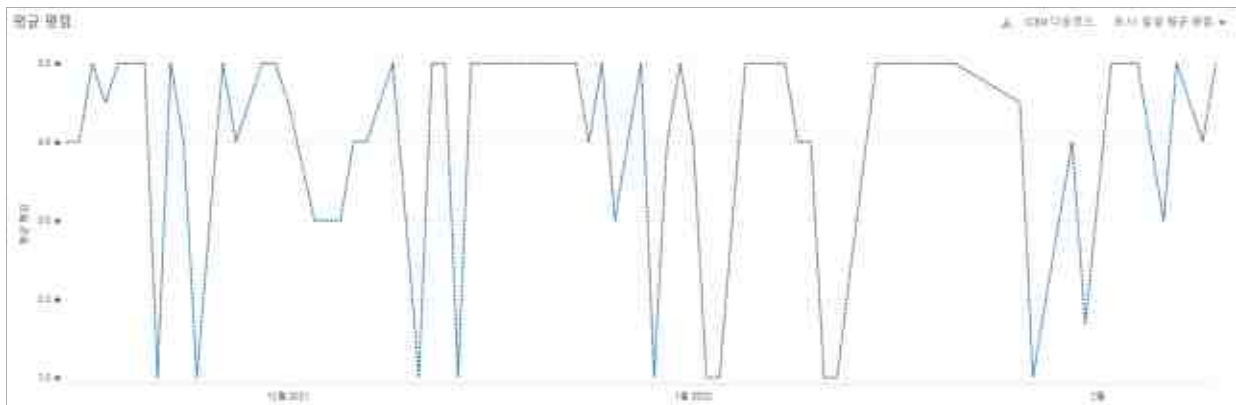


- 디지털 애셋 링크 JSON
 - 앱을 웹사이트 도메인과 연결하기 위해 해당 스니펫을 복사하여 디지털 애셋 링크 JSON 파일 붙여 넣기 가능
 - 모바일 웹 사용자를 앱으로 보내려면 Android App Links를 이용한 애셋 링크 JSON 파일 필요함

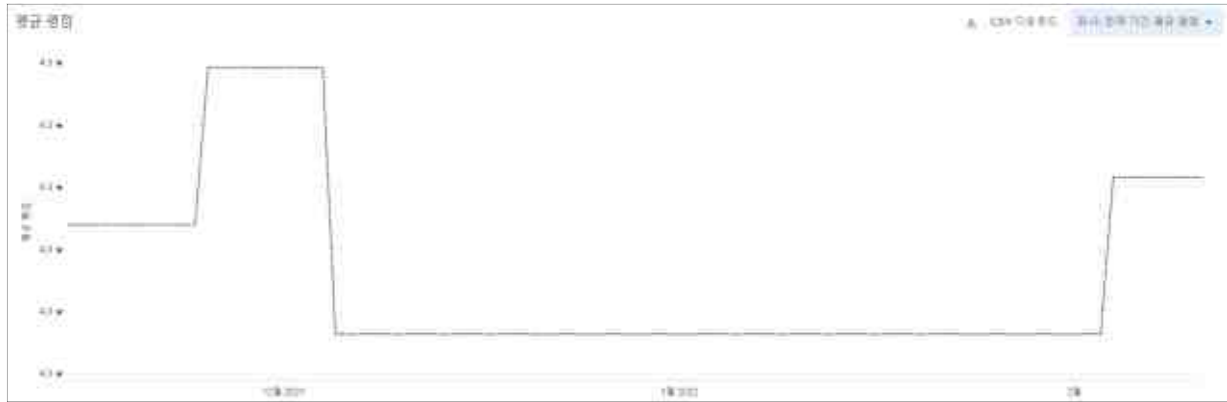


2) G-GAP 인증앱

- 다운로드 후 평점 그래프



[그림 2-538] 어플리케이션 일일 평균 평점 그래프



[그림 2-539] 어플리케이션 전체기간 평균 평점 그래프

- (일일 평균 평점) 해당 앱의 일일 평균 다운로드에 따른 평균 평점을 나타낸 그래프이며, 일반적으로 1~5점 내에서 다양한 평점을 기록하고 있음
- (전체기간 평균 평점) 해당 앱의 전체기간 평균 평점을 나타낸 그래프로서 2021년 12월 까지 약 4.2 평점을 받음

제4절. 지하수겸용 스마트팜 지열에너지 시스템

1-2 협동

[지엔지테크놀로지] 지하수겸용 스마트팜 지열에너지시스템

1. 최종목표

구분 (연도)	세부과제명	구분	내용
1, 2차 년도	지하수 스마트팜 지열에너지 시스템 개발	최종목표	지하수 스마트팜 지열에너지 시스템 개발
		세부목표	<ul style="list-style-type: none"> - 스마트팜 지열에너지시스템 개발 - 지열에너지시스템 시작품 모형 제작 - 스마트팜 지열시스템 기술 협력업체 선정 - 스마트팜 지열시스템 운영매뉴얼 작성(국문) - 스마트팜 지열시스템 운영매뉴얼 작성(영문, 중국어)
3차 년도	스마트팜 지열시스템 기술협력업체 구성	최종목표	지하수 스마트팜 지열에너지 시스템 개발
		세부목표	<ul style="list-style-type: none"> - 스마트팜 지열에너지시스템 개발 - 지열에너지시스템 시작품 모형 제작 - 스마트팜 지열시스템 기술 협력업체 선정 - 스마트팜 지열시스템 운영매뉴얼 작성(국문) - 스마트팜 지열시스템 운영매뉴얼 작성(영문, 중국어)

2. 목표 및 결과

구분 (연도)	세부 과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
1차 년도	지하수 겸용 스마트팜 지열 시스템	원예재배단지 냉난방분석	스마트팜 지열에너지시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대구자연과학고, 강원도 유리온실, 난방부하 용량계산 ○ 네덜란드, 미국의 온실형태 및 구성요소, 개방형 지열공 규격 논문검토 ○ 냉난방부하 분석 Tool 제작 ○ 수평형+수직형 지중열교환기 설계 및 특허출원 1건
2차 년도		시작품모형제작		지열에너지시스템 실증시험 및 보완
		지중열교환기 구성기술 정립		

구분 (연도)	세부 과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
3차 년도 (2019)	스마트팜 지열시스템 기술협력업 체 구성	협력업체 MOU 체결	<ul style="list-style-type: none"> • 지열공 굴착 및 협력업체 MOU 체결 • 고밀도 HDPE 공급업체 조사 및 협력업체 구성 • 지열 히트펌프 공급업체 MOU 체결 • 집수정 제작업체 협력업체 구성 	<ul style="list-style-type: none"> • 전국 지하수개발업체 현황 및 보링그라우팅업체 현황 조사 • 굴착업체 1개사 MOU 체결 • 지열히트펌프 제조업체 현황조사 및 1개사 MOU 체결 • HDPE 제조업체 조사 및 협력업체 구성 • 집수정 제작업체 조사 및 협력업체 구성
		단일순환펌프형 구성요소 운영매뉴얼 작성	<ul style="list-style-type: none"> • 단일순환펌프형 지열시스템 설치 구성을 위한 설치 설계 및 시방서 작성 • 지열시스템 운용을 위한 기본 구성요소에 대한 운영매뉴얼 작성 • 자동제어 회로도 작성 	<ul style="list-style-type: none"> • 평택 진위면에 위치한 팜에이트(주)의 식물공장에 시범사업 진행 • 시범사업을 근거로 한 설계서 작성 및 2차년도 시방서 수정보완 • 자동제어 운영매뉴얼 작성 • 자동제어 회로도 작성
	스마트팜 해수열 시스템 기본 설계 계통도 작성	<ul style="list-style-type: none"> • 해안가 설치 스마트팜을 대상으로 하는 스마트팜을 위한 기본 설계 계통도 완성 	<ul style="list-style-type: none"> • 설치형태별 기본 설계 계통도 작성 	

3. 세부 연구결과

3.1. 스마트팜 지열에너지시스템 개발

(1) 개요

- 한국형 K-Plant를 위한 고효율 지열에너지시스템 개발

(2) 접근방법

- 냉난방부하 산정에 근거한 에너지절약형 스마트팜 지중열 교환기 설계
- 시뮬레이션을 이용한 스마트팜 지중열교환기 설계

(3) 연구내용

가. 기존 원예재배시설에 적용한 지열시스템의 문제점

- 국내에서 원예재배시설에 지열에너지 시스템을 적용할 경우는 일반적으로 폐회로(Closed Loop)를 적용하고 있다. 수평형 지중열교환 방식은 시설비용이 저렴한 반면 충분한 대지가 확보되었을 때 사용이 가능한 방식으로, 낮은 깊이의 루프에 의한 지열 온도변화가 심하고 동파위험 및 관리비용이 많이 소요되어 국내에서는 수직밀폐형 방식이 가장 많이 설치되어 있음.
- 일부시설에서는 수직밀폐형보다 냉난방 효율이 높고 지하수를 겸용하여 사용이 가능한 우물관정형(SCW-Standing Column Well) 방식으로 개발한 사례가 있으나 시설도중 지하수가 부족하거나 연약지반일 경우 함몰가능성이 높아 투자비가 상승하는 등 개방형의 큰 단점으로 지적되고 있음.
- 따라서, 정확한 부하량 계산을 통하여 산출된 결과값을 토대로 원예재배시설의 넓은 부지를 최대한 활용하여 경제적인 시공이 될 수 있도록 수평형 지열과 굴착도중 함몰될 우려없이 개발이 가능하면서도 경제적인 시공깊이를 산출하여 융합형 스마트팜 지열 지중열교환기 시스템 개발이 필요함

나. 월예재배단지 사례조사

□ 00지구 시설원예(강원도)

- 강원도에 위치한 유리온실(벤로형)의 난방부하량을 조사하기 위해 시설현황을 파악하였다. 온실면적은 전체 4,604평으로 상세 온실규모 및 규격은 아래와 같음

[표 2-277] 강원도 시설원예 온실규모 및 규격

내 용	수량	단위
용마루 높이:	7.60	m
처마 높이:	6.80	m
1SPAN당 BAY수:	2	개
1동 온실 폭:	8.00	m
1동 온실 길이:	90.6	m
온실 동수:	21	동

- 총 난방 부하량은 2,373 kcal/h로 산정됨



[그림 2-540] 강원도 시설원예 부하계산서-1

3) 일사면을 통한 권유 열부하

$$q_{d1} = h_i (T_s - T_a) (1 - f_r)$$

여기서, $h_i = 2.40 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}$
 $T_s = 16.00 \text{ K}$
 $T_a = -21.00 \text{ K}$
 $f_r = 0.00$
 $\therefore q_{d1} = 93.80 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{h}$

라. 풍기 전달 부하 계산

$$q_{d2} = h_w (T_s - T_a)$$

여기서, $h_w = \text{풍기 전달 계수} = 0.60 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}$
 $T_s = 16.00 \text{ K}$
 $T_a = -21.00 \text{ K}$
 $\therefore q_{d2} = 19.80 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{h}$

마. 지중 전달 부하 계산

$$q_{d3} = h_g (T_s - T_g)$$

여기서, $h_g = \text{지중면 전달 계수} = 0.204 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}$
 $T_s = 16.00 \text{ K}$
 $T_g = \text{지중온도} = -1.11 \text{ K}$
 $\therefore q_{d3} = 4.27 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{h}$

사. 단면 공칭 난방 부하 계산

$$Q_r = \{ (R_1 - R_2 - R_3) - \Delta T + \text{외관열량} \} \cdot \text{외관 면적} \cdot \text{외관 기준 } 30,000 \text{ kW/h 적용}$$

여기서, $R_1 = \text{Span형 단면 권의 수}$
 $R_2 = \text{연통 수}$
 $R_3 = \text{단면 길이}$
 $\Delta T = \text{실내외 온도 차이}$
 $\therefore Q_r = 184,263 \text{ kW/h} \quad 61.0 \text{ RT} \quad 214.3 \text{ kW}$

바. 최대 난방 부하 계산

$$Q_p = \{ (A_r - a_r) + (A_{d1} - a_{d1}) + (A_{d2} - a_{d2}) + (A_{d3} - a_{d3}) + (A_s - a_s) \} \cdot f_a \cdot f_p$$

여기서, $f_a = \text{보통에 따른 보정 계수} = 1.1$
 $f_p = \text{배관설치에 따른 보정 계수} = 1.00$
 $\therefore Q_p = 2,373,000 \text{ kW/h} \quad 784.8 \text{ RT} \quad 2,759.4 \text{ kW}$

3. 지열시스템 설치 용량 계산

$$Q_h = (Q_p + Q_r) \cdot y$$

여기서, $Q_h = \text{총 난방 부하} = 2,973,900 \text{ kW/h}$
 $y = \text{지열히트펌프 설치 비율} = 83.5\%$
 $\therefore Q_h = 1,982,324 \text{ kW/h} \quad 656.8 \text{ RT} \quad 2,305.1 \text{ kW}$

4. 축열조 설치 용량 계산

$$M = Q_h \cdot (1 - y) \cdot (24 \text{ (운영시간)}) / (7 \text{ K 사용온도차} \cdot 1,000 \text{ 리터/ton})$$

여기서, $Q_h = \text{총 난방 부하} = 2,373,000 \text{ kW/h}$
 $y = \text{지열히트펌프 설치 비율} = 83.5\%$
 $\therefore M = 670 \text{ Ton 이상} \quad 700 \text{ Ton 적용}$

[그림 2-541] 강원도 시설원에 부하계산서-2

- 산정된 난방부하량을 토대로 수직밀폐형에 대한 지중열교환기의 길이를 산정할 경우 관경은 40mm, 천공깊이는 200m, 1m당 RT는 57.6 m/RT 이며, 총 지열천공개소는 128공으로 산정됨

□ 대구○○고 시설원예(대구)

- 대구시의 대구○○고등학교에 설치된 유리온실(벤로형)의 경우 전체 온실면적은 290,4평으로 상세 온실규모 및 규격은 아래와 같으며, 총 부하량 산출방식은 강원도 시설원예에 적용한 방식을 적용함

[표 2-278] 대구자연과학고 시설원예 온실규모 및 규격

내 용	수량	단위
용마루 높이:	6.00	m
처마 높이:	3.00	m
1SPAN당 BAY수:	1	개
1동 온실 폭:	7.00	m
1동 온실 길이:	200.00	m
온실 동수:	7	동

대구온실 부하계산서

1. 설계조건

과, 시점명: 대구 지역 (북위 35° 52' 30" 동경 128° 36' 00")
 내, 용기명: -
 다, 시설의 종류: 대농업시설(자연농업)
 라, 관벽구분 및 규격

용마루 높이	6.00m
처마 높이	3.00m
1SPAN당 BAY수	1동
1동 온실 폭	7.00m
1동 온실 길이	200.00m
온실 동수	7동

리, 관벽구분 및 규격별 종류

구 분	외벽면	내벽면
외벽 (외벽)	외벽면(남쪽)+외벽면(북쪽)	외벽면(동)
내벽 (내벽)	내벽면(남쪽)+내벽면(북쪽)	내벽면(동)
천정 (천정)	천정면(남쪽)+천정면(북쪽)	천정면(동)

마, 외벽외벽(천정) 방열 및 외벽외벽(천정) 방열

구 분	방열면적	방열계수
외벽 (외벽)	0	0.00
내벽 (내벽)	0	0.00
천정 (천정)	0	0.00

바, 방열(외벽) 방열: 0.000000 W
 나, 동기 용도: 0.000000 W

2. 난방부하 계산

과, 외기온: 1월 평균 외기온

나, 동기 용도: 0.000000 W

3. 난방부하 계산

과, 외기온: 1월 평균 외기온

나, 동기 용도: 0.000000 W

다, 외기온: 1월 평균 외기온

라, 동기 용도: 0.000000 W

마, 외기온: 1월 평균 외기온

나, 동기 용도: 0.000000 W

4. 난방부하 계산

과, 외기온: 1월 평균 외기온

나, 동기 용도: 0.000000 W

다, 외기온: 1월 평균 외기온

라, 동기 용도: 0.000000 W

5. 난방부하 계산

과, 외기온: 1월 평균 외기온

나, 동기 용도: 0.000000 W

다, 외기온: 1월 평균 외기온

라, 동기 용도: 0.000000 W

[그림 2-542] 대구자연과학고 시설원예 부하계산서-1



[그림 2-543] 대구자연과학고 시설원에 부하계산서-2

- 총 난방 부하량은 127,062 kcal/h로 산정되었으며, 수직밀폐형과 개방형(scw)형을 혼합하여 산정해본 결과 60 m/RT*200m 수직밀폐형은 총 74공, 18 m/RT*300m scw형은 15공을 천공하고, 히트펌프 용량은 862 kw로 산정되었음

다. 스마트팜 지중열교환기 설계

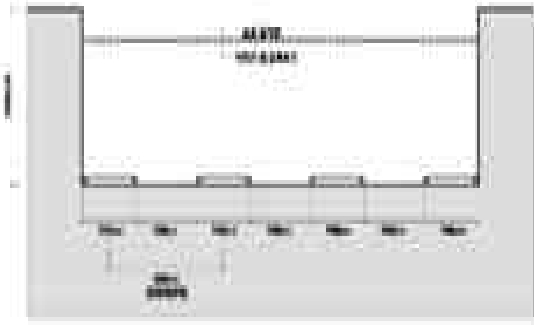
□ 지중열교환기 부하값 산정

- 스마트팜에 적용하기 위한 부하값을 산정하기 위해 강원도 시설원예의 온실면적과 부하량을 토대로 300평으로 가정하고, 전체 부하량을 44 RT(133,056 Kcal/h)으로 산정하고, 전체 부하비율은 수평형과 개방형=3:7로 설정하여 프로그램을 구동하였음
- 사용 프로그램은 신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침(신재생에너지센터 공고) 2 지열이용검토 기준에 의하여 설계에 이용되는 프로그램이 명시되어 있으며 다음과 같은 특성이 있어야 함
 - 열부하 특성, 지중조건, 열전달 특성, 지열열펌프 특성 등 관련 특성을 반영
 - 장기간 운전에 따른 지중온열환경 변화를 예측할 수 있어야 함

- 형식별 지열교환기 특성 반영
 - 위 특성을 반영한 프로그램은 국제적으로 통용·인정하는 전문 설계프로그램으로 하되 수직밀폐형은 GLD, GLHEPro, GshpCalc, EED, 지중수평형과 에너지파일형은 GLD, 스탠딩컬럼웰형은 GLHEPro를 이용하여 지중열교환기를 설계해야 한다. 이 외의 설계방법 및 프로그램을 적용하는 경우에는 센터 자문위원회의 심의를 받아야 함
 - 따라서, 지중열교환기 설계에 적용한 프로그램은 수평형은 GLE 프로그램을, 개방형은 GLHEPro를 적용하여 프로그램을 구동하였음
- 수평형+SCW형 융합 설계
- 수평형 설계 : GLD 프로그램의 이용은 아래와 같은 입력값 및 구동절차로 진행됨
 - a. 설정부하값 입력
 - b. 월별 설정부하값 입력
 - c. 토양 설정값 입력, 지중온도 및 열전도값 입력
 - d. 지중배관규격 입력
 - e. 지중배관형태 입력(수평형일 경우 슬링기타입 적용)
 - f. 설계결과 도출



[그림 2-544] GLD 프로그램 구동 모습



[그림 2-545] GLD 프로그램 산출결과

- 위 산출결과를 요약하면 전체 열교환기 길이는 275.5m로 트랜치 수량은 10개, 각 트랜치 길이는 27.6m, 트랜치 깊이 및 간격은 2m 따라서, 필요면적은 828m²로 산출됨

○ 개방형 설계

- GLHEPro 프로그램의 이용은 GLD 프로그램과 구동방법은 유사하며, 배관규격에서 입력되는 값이 개방형에 맞게 입력
- 입력된 배관규격은 굴착구경 200mm, 파이프 외경 50mm, pvc 100mm로 적용하여 구동

Month	Total Heating kWh	Total Cooling kWh	Peak Heating GWh	Peak Cooling GWh
January	118,211	3	108,228	8
February	216,848	3	24,207	3
March	18,026,869	3	18,827	3
April	2468,888	3	48,281	8
May	8	3	3	3
June	3	2,071,898	3	81,768
July	3	1,688,821	3	87,171
August	3	1,688,821	3	84,821
September	3	1,688,821	3	41,788
October	3	3	3	3
November	788,171	3	88,821	3
December	21,01,848	3	18,281	3

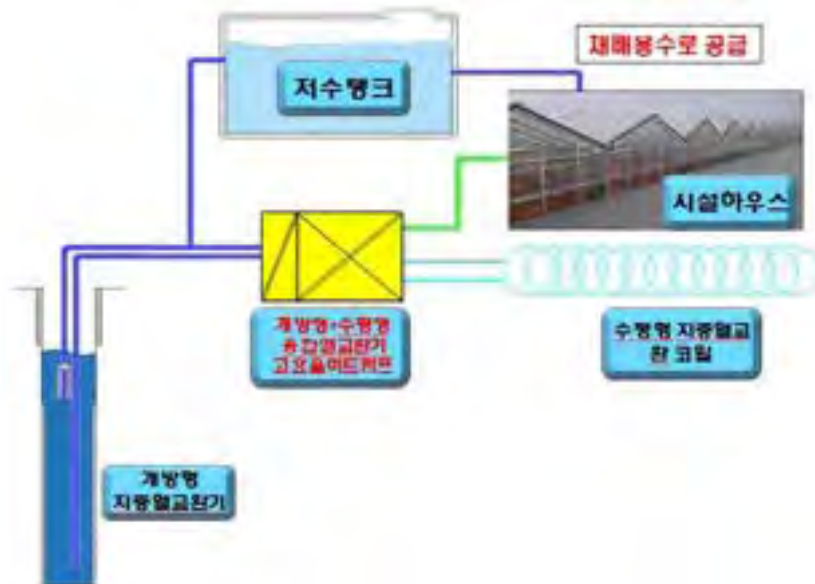


[그림 2-546] GLHEPro 프로그램 구동 모습



[그림 2-547] GLHEPro 프로그램 산출 결과

- 위 산출결과를 요약하면 전체 열교환기 길이는 474.44m로 500m*1개 공으로 산출됨
- 융합형 설계에 의한 복합시스템 계통도



[그림 2-548] 수평형+개방형 융합형 계통도

- 수평형 단독 설계시
 - 수평형+개방형 시스템에서 적용한 부하값 및 설계값을 기준으로 경제성을 분석하기 위하여 기존 시스템으로 단독 적용할 경우 전체 필요면적 및 열교환기 길이를 산출하여 비교하기 위하여 단독으로 설계프로그램을 구동하였음
 - 입력내용은 융합설계와 동일하며 부하비율대로 구분하지 않은 전체 용량을 입력해야 하기 때문에 44 RT로 입력하였으며 산출결과는 2,727m², 열교환기 길이 972m, 트랜치수량 10개, 13,0650m임
 - 다음은 주요 입력된 값들을 보여주고 있음



[그림 2-549] GLD 프로그램 구동 모습(수평형 단독시)



[그림 2-550] GLD 프로그램 산출 결과(수평형 단독시)

- 개방형 단독 설계시
 - 개방형으로 단독 설계시 수평형과 동일하게 용량은 44 RT로 적용하여 전체부하값을 산정하였으며 세부 입력값은 혼합형과 동일하며, 지중열교환기 길이는 482m*2개공으로 산출
 - 아래 그림은 주요 프로그램 구동화면 및 그 결과 화면임



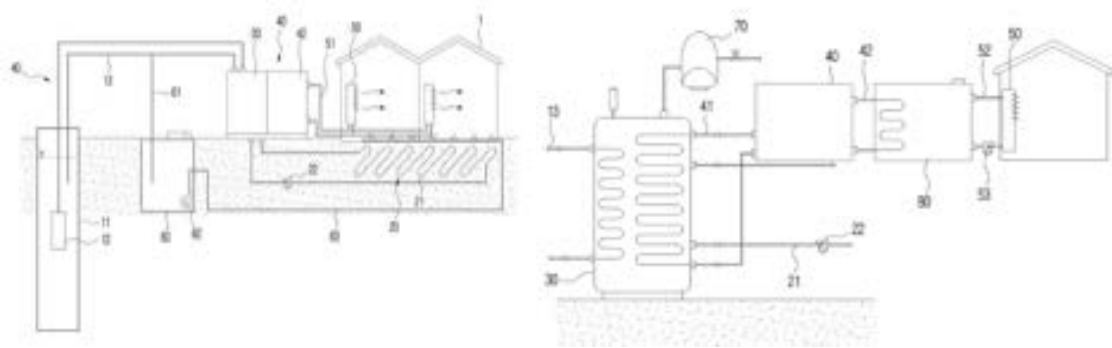
[그림 2-551] GLHEPro 프로그램 구동 모습(개방형 단독시)



[그림 2-552] GLHEPro 프로그램 산출 결과(개방형 단독시)

라. 수평형+수직개방형 융합형 지열시스템

- 지중의 심정에서 지하수를 급수 및 순환시키는 개방형 지열 지중열교환기와 열교환매체의 순환을 통해 지열을 회수하는 수직 또는 수평의 밀폐형 지열 지중열교환기, 회수한 지열을 저장하는 열교환 탱크, 히트펌프, 냉난방기의 범위를 포함하며, 열교환 탱크를 매개로 하여 개방형 지열 지중열교환기와 밀폐형 지열 지중열교환기를 통해 회수한 지열을 혼합하고 히트펌프가 혼합 열을 열원으로 하여 냉난방 열을 생산한 후 공급하여 냉난방함
- 특히, 밀폐형 지열 지중열교환기의 지열 순환관은 열교환 탱크 내부에 배관을 설치하여 열교환매체와 열교환된 지하수의 열을 직접 또는 간접적으로 히트펌프에 공급하는 것이 특징임



[그림 2-553] 특허출원 대표도

(4) 연구결과

가. 원예재배단지 냉방부하 분석

나. 지하수 검용 지중열교환기 설계

○ 수평형 + 개방형 스마트팜 지열 설계(300평, 전체부하 44RT로 산정)

○ 수평형과 개방형 단독 설계시 결과값 도출

[표 2-279] 수평형과 개방형 단독 설계시 결과값

내 용	수평형+개방형	수평형	개방형
부하용량	13.2:30.8(3:7 부하비율 선정)	44RT	44RT
열교환기 규격	수평형 : 275.5 개방형 : 474m*1개공	972M	482m*2개공
필요면적	828m2	2,727m2	-

○ 기존 기술대비 융합할 경우 필요면적 축소 및 안정적인 열원공급 가능

3.2. 시작품 모형제작

(1) 개요

○ 스마트팜 지열에너지시스템의 test-bed 구축을 위하여 수평형, 수평형+수직혼합형 지열시스템을 50 RT 기준으로 경제성을 검토하고 각 시스템 별 장단점을 조사하여 보다 업그레이드된 지중열교환기 시스템 기술을 개발하고자 하였다.

(2) 접근방법

○ 각 기술별 장단점을 비교하고, 시공비를 산출하였으며, 각 기술의 단점을 보완하고 장점을 부각시킬 수 있는 경제성 높은 하이브리드형 지중열교환기 시스템을 개발하였다. 또한, 전남 무안군 무안읍에 테스트베드를 선정하여 GLD 설계프로그램을 구동시켜 지중열교환기 길이를 산출하였다.

(3) 연구내용

가. 지열히트펌프 시스템의 종류 및 특징

○ 지열히트펌프 시스템은 지열을 추출하거나 실내에서 추출한 열을 지중으로 방열하기 위해 여러 가지 형태의 지중 순환회로를 지중에 설치한다. 지중 열교환기(Ground Heat Exchanger ; GHE)는 지중에서 지열을

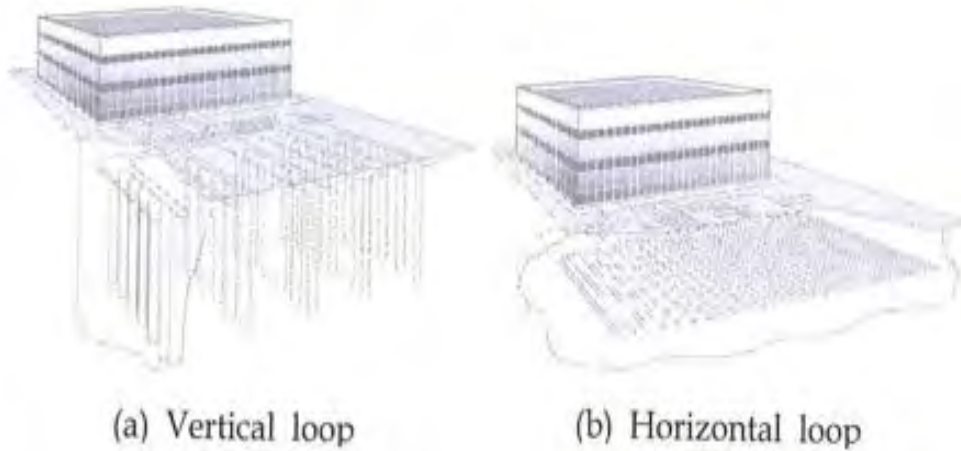
흡수 또는 방열하여 냉난방 수요처의 열원으로 이용되며, 일단 지중에 설치하고 나면 눈에 보이지 않으므로 정확한 설계 및 시공이 요구됨

- 지열히트펌프는 열원 또는 히트 싱크의 종류에 따라 토양 열원 히트펌프(ground-coupled heat pump), 지하수 열원 히트펌프(ground water heat pump) 및 지표수 열원 히트펌프(surface water heat pump) 시스템 등으로 구분된다. 또한 이러한 시스템은 배치방법에 따라 수직형, 수평형 및 슬린키형으로 나누어짐

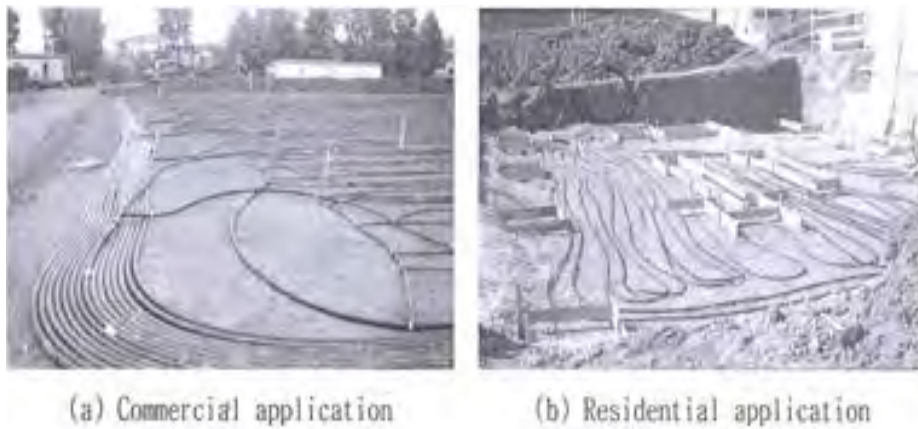


[그림 2-554] 지열히트펌프 시스템의 배치 종류

- 토양 열원 히트펌프 시스템(Ground-Coupled Heat Pump Systems : GCHPs)은 일반적으로 배치 방법에 따라 수직형 및 수평형으로 분류됨
- 수직형 토양 열원 히트펌프 시스템은 지중 열교환기가 토양 속에 수직으로 매설되며 타 시스템에 비해 매설에 필요한 부지가 적게 필요로 하며 지중 열교환기를 냉·난방 용량에 따라 다양한 깊이로 매설할 수 있는 장점이 있다(Fig. 6(a)). 전체 토양 열원 히트펌프 시스템 중 배관 및 부동액 이송동력이 적게 소요되기 때문에 가장 효율이 높은 시스템이다. 일반적으로 수직형 지중 열교환기는 직경 100 mm~150 mm, 깊이 75m~180m의 천공홀을 지면에서 천공한 후, 외경 3/4in~1½의 고밀도 폴리에틸렌 파이프를 U자 관 형태로 삽입하고, 이 파이프와 보어홀 사이의 빈 공간을 적절한 재료로 그라우팅하여 완성됨
- 수평형 토양 열원 히트펌프 시스템은 시공비용이 수직형에 비해 저렴하며 학교 또는 공공기관 등에서 운동장이나 주차장과 같이 지중 열교환기 파이프를 매설할 수 있는 부지가 충분할 경우 경제적인 시스템이다. 이 시스템은 지중 열교환기 파이프가 지면에서 1.5m~3m의 깊이로 굴착된 트렌치(trench, 골)에 매설되기 때문에 효율성이 수직형 토양 열원 히트펌프 시스템의 효율보다 낮은 단점이 있다. 이러한 이유는 수평형 지중 열교환기 파이프가 매설되는 위치에서의 지중온도 및 지중 열 물성치 등은 계절 및 연간 강우량 등에 영향을 받기 때문이다. Fig. 7은 토양 열원 히트펌프 시스템에서 수평형 지중 열교환기의 시공으로서 상업용 목적과 주거용 목적으로 적용된 사례임



[그림 2-555] 토양 열원 히트펌프 시스템

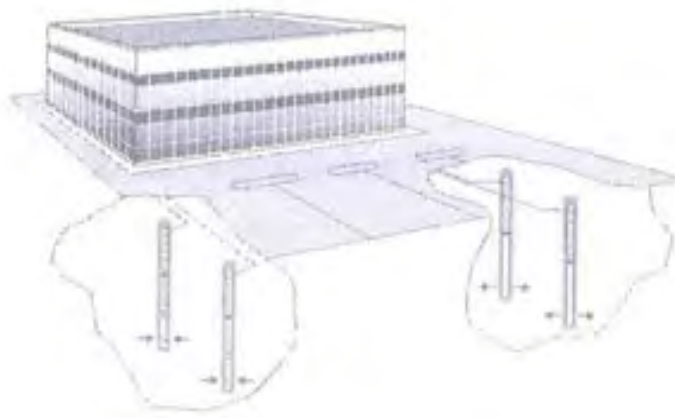


[그림 2-556] 토양 열원 히트펌프 시스템에서 수평형 지중 열교환기의 시공

- 지하수 열원 히트펌프 시스템(Ground Water Heat Pump Systems : GWHPs)은 양질의 지하수가 풍부할 때 적용이 된다. 이 시스템은 열원 또는 히트싱크로 활용됨으로서 전체 지열히트펌프 중에서 가장 효율이 우수한 장점이 있다. 그러나 단점으로는 지하수에 포함되어 있는 오염물질이 배관 및 열교환기에 파울링(fouling) 또는 스케일(scale)을 야기할 수 있다. 스케일은 주기적인 세정에 의해 줄일 수 있으나, 세척제가 갖고 있는 산 성분으로 금속을 부식시켜 열교환기 수명이 단축되어 지하수의 수질이 우수하다고 판단되었을 때만 이 시스템을 적용할 수 있다. 또한 단점으로는 시스템 설계가 적절하지 못하거나 수원이 깊으면 지하수 순환펌프의 소비동력이 증가하게 됨
- 지열히트 펌프 시스템에서 사용되는 지중 열 교환기는 일차적으로는 개방형 시스템(Open Loop System)과 밀폐형 시스템(Closed Loop System)으로 대별됨
- 개방형 시스템은 지하 관정을 설치하고 지하수를 펌핑하여 히트펌프에 공급하여 직접 열 교환이 이루어지도록 하는 방식으로 지하수량이 풍부하고 수질이 우수하며, 지중 상황이 좋은 지역에서 이용 가능한 시스템이다. 지하수나 지표수를 직접 열교환 함으로서 효율은 높지만, 지하수나 토양의 오염문제 등을 야기할 수 있다. 반면 밀폐형 시스템은 부하수요에 따라 다양하게 시공할 수 있으나 초기 투자비와 효율면에서 개방형 시스템에 비해 다소 사용되지 않고 있음
- 수직밀폐형 시스템(Vertical Closed Loop System)은 지중에 폴리에틸렌 파이프를 수직 또는 수평으로

매설하고 그 내부에서 열매체가 순환되도록 하여 지열이 내부 순환 열매체에 전달되도록 한 후 히트펌프와 열 교환이 이루어지도록 한 방식이다. 천공예정부지의 지질상태가 양호하고, 열교환기 매설부지가 부족하거나, 대용량의 냉난방 부하를 필요로 하는 곳에 주로 적용하는 방식으로 본 논문에서는 수직밀폐형 시스템 중 통상 150m 깊이의 저심도형과 500m의 고심도형의 지중 열교환기에 대해 열전도도를 측정 비교하였음

- 수직밀폐형 시스템은 평균 150~200m 심도의 수직천공을 건물주위나 인근에 굴착한다. 그 다음 두 개의 PE관을 U-bend 로 연결한 후 굴착공 내에 하나 혹은 두 개의 열교환기를 설치한다. 순환파이프를 설치한 공은 적절한 재료로 그라우팅하고, 수직으로 설치한 PE관을 지표 및 1.5~2.5m에 매설한 상부 연결관과 서로 연결한다. 이들 PE관의 수직·수평 폐회로 내부는 순환유체를 채워 순환수가 지중 암반과 열교환을 통해 히트펌프에 열량을 공급할 수 있도록 한다. 일반적으로 수직형은 지중 열을 히트펌프에 전달하는 과정에서 열 저항이 상대적으로 크지만 일단 설치한 후에는 유지 및 보수가 거의 필요치 않고 내부 순환 유체의 온도를 물의 응고점 이하로 설계할 수 있어 히트펌프에 대한 선택의 폭을 넓게 할 수 있다는 장점이 있음



[그림 2-557] 지하수 열원 히트펌프 시스템

- 지표수 열원 히트펌프 시스템(Surface Water Heat Pump Systems : SWHPs)은 자연, 인공연못 및 호수 등을 열원으로 히트싱크로 활용된다. 지중 열교환기 순환유체는 펌프에 의해 물속에 잠긴 지중 열교환기와 히트펌프 유닛의 열교환기 내를 순환한다. 일반적으로 밀폐형 지표수 열원 히트펌프 시스템은 스퍼럴 형상의 지중열교환기를 사용하며 지표수 열원 히트펌프 시스템의 지중 열교환기는 물속에서 부력에 의해 뜰 수 있기 때문에 설치의 주의를 기울여야 한다. 열원이나 히트 싱크로 사용되는 연못 또는 호수의 크기가 작은 경우, 외기온도의 변화에 영향을 받아 효율이 다소 감소할 수 있음



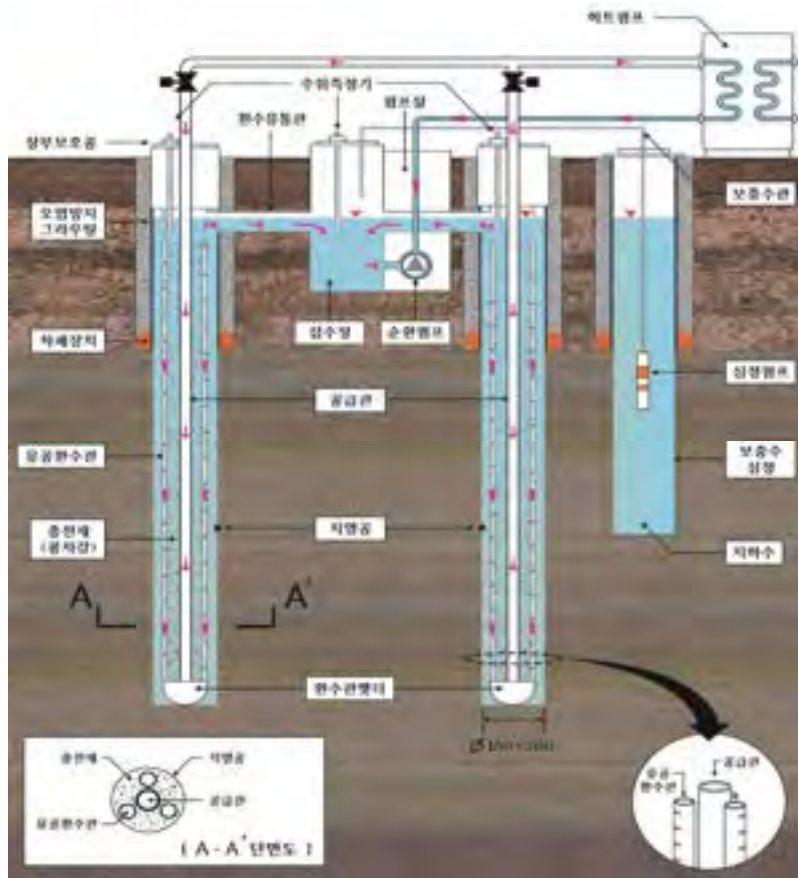
[그림 2-558] 지표수 열원 히트펌프 시스템

나. 기존 기술의 문제점

- 지금까지 지열시스템에서 가장 많이 적용되고 있는 지중열교환기는 수직밀폐형 시스템이다. 본 시스템이 이렇게 가장 많이 선호되고 있는 가장 큰 이유는 순환펌프가 지상 기계실에 있으면서 유지관리가 단순하고 편리하다는데 있었다. 그러나 코일관을 설치한 후 모든 시설이 매설이 되도록 시설하고 있어 코일관의 누출사고가 발생되면 시설폐쇄를 할 수 밖에 없는 치명적인 위험이 있고 지열공 굴착수량이 많아 시설부지가 넓게 필요하게 되는 한계가 있었음
- 반면에, 개방형은 굴착된 지열공 내부에 수중순환펌프를 설치하여 지하수를 순환시켜 열교환하도록 하고 있어 지열공 수량만큼 수중순환펌프를 설치하여 운용하게 됨으로써 운전 및 유지관리가 불편하고 수중순환펌프의 수량이 많아 운전동력비가 높은 문제가 있었다. 지열공으로부터 열교환하여 얻을 수 있는 열용량이 커서 결과적으로 지열공 굴착 수량을 크게 줄일 수 있어 굴착부지가 좁을 경우 선택될 수 있는 지열 시스템이다. 그러나 많은 개방형 지열공들이 운용중 공무너짐(함몰)으로 인해 사용 폐기 위험이 있어 이를 개선한 함몰방지형 개방형이 확대 적용되어져 가고 있음

다. 지오솜 하이브리드형 지열 시스템 개발

- 지오솜 하이브리드는 환경신기술제 495호인 함몰방지형 개방형 지중열교환기를 근간으로 개발된 지열시스템으로서 지열공내 수중순환펌프를 구성하지 않은 지중열교환기로 구성되어 있음
- 모식도에서와 같이 지오솜 하이브리드 지열 시스템은 지열공과 집수정, 그리고 히트펌프로 구성되어 있으며, 지열공 내부에는 공급관과 유공가공된 환수관, 그리고 충전재인 콩자갈이 채워져 근본적으로 지열공 내에서 공무너짐이 발생되지 않도록 한 구조로 이루어져 있음
- 집수정에서 양수된 지하수는 순환펌프의 가동으로 히트펌프측 열교환기를 거쳐 지열공 내부로 공급되어지게 되며 지열공에서 열교환된 지하수는 환수관을 통해 지열공 외부로 흘러 넘치게 된다. 흘러넘친 지하수는 환수주관을 타고 집수정으로 유입되도록 한 것이다. 운전 초기 집수정내부의 운전수위 유지를 위해 별도의 보충수용 지하수 우물을 설치할 수도 있다. 집수정에 연결된 순환펌프는 수직밀폐형처럼 단일 구조로 되어 운전 및 제어가 편리하도록 구성되어 있음



[그림 2-559] 단일순환펌프식 모식도

[표 2-280] 지열 시스템 공법별 장단점 비교(지중열교환기 중심)

구분	단일순환펌프식 개방형	수직밀폐형	일반 개방형(SCW)
장점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단위 열용량당 지열공 굴착시공비가 저렴하다 (수직밀폐형 대비 50%, 개방형 대비 60% 저렴) ○ 단일순환펌프시스템으로 유지관리가 간편하다 ○ 단위 지열공당 열용량이 크다(밀폐형 대비 2.5 배) ○ 단위 시설 열용량당 굴착수량이 작고 소요시설부지가 작다(단위 용량당 밀폐식의 1/4필요) ○ 순환지하수의 순환량 제어가 가능하여 경제적인 운전이 가능하다.(개방형 대비 운전동력비가 작다. 순환펌프대수제어, 인버터제어가능) ○ 굴착깊이를 열용량에 따라 선택적으로 변경할 수 있다.(150-500m) ○ 공사기간이 짧다. ○ 지하수 수질관리가 편리하다. ○ 지열공별 관리가 가능하다. ○ 건물 유출지하수를 보충수로 활용가능하다. ○ 지열공 함물위험성이 없다. ○ 지열공 내 케이싱 이탈위험성이 없다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단일순환급수시스템으로 유지관리가 간편하다(개방형 대비 운전동력비가 작다. 순환펌프대수제어, 인버터제어가능) ○ 지상 노출부위가 없다. ○ 순환열매체의 순환량 제어가 가능하여 경제적인 운전이 가능하다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단위 지열공당 열용량이 크다 ○ 단위 시설 열용량당 굴착수량이 작고 소요 시설부지가 작다 ○ 토목공사 공정과 간섭이 작다.

구분	단일순환펌프식 개방형	수직밀폐형	일반 개방형(SCW)
	<ul style="list-style-type: none"> 지열공 내부에 그라우팅 공정없이 충전재 채움으로 공정이 단순하다. 시공면적이 좁아 열섬현상을 회피할 수 있다. 용량 증설이 용이하다.(트렌치연결로 가능) 		
단점	<ul style="list-style-type: none"> 개방형 대비 단위지열공당 열용량이 작다. 유출지하수로 인한 보충 지하수 공급수단이 필요하다. 집수정 설치와 수위제어가 필요하다. 유출지하수 저감을 위해 케이싱처리가 필요할 수도 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> 단위 지열공당 열용량이 작다. 단위 시설 열용량당 굴착수량이 많고 시설부지가 넓게 필요하다. 토목공사 공정과 간섭이 많다 공사기간이 길다 굴착 깊이에 한계(200m 내외)가 있다. 누출사고발생시 대처가 불가능하여 폐쇄 위험성이 있다.(실제 폐쇄 사례 있음) 지열공마다 벤토나이트 그라우팅 공정이 있어 시공절차가 복잡하다. 주차장 바닥에 집중 시설시 열섬현상이 발생할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> 지열공마다 수중펌프가 설치되어 관리가 불편하고 운전동력비가 높다. 지열공별 수위제어가 불편하고 물넘 침,수위저하등 장애발생이 잦다. 공무너짐(함몰)에 취약하고 발생시 사용이 불가하다. 케이싱 이탈 방지조치가 필요하다. 지하수법에 따른 오염방지공정이 필요하다. 유출 지하수가 많을 경우 저수위로 인해 운용이 불가 우려가 있다. 순환펌프등 설치비용등을 감안하여 지열공의 굴착깊이를 깊게 하여야한다.
기술인증	환경신기술(NET) 제 495호	고심도 딥코일300 환경신기술 제 549호(단, 신기술은 누출점검이 가능하고 소요굴착부지가 작다)	

라. 시스템 별 경제성 비교

- 50 RT 기준으로 단일순환펌프형과 수평형공법, 수평형+수직형이 혼합된 시스템에 대하여 시공비를 산출하였다. 산출결과를 보면 수평형공법은 용량이 작기 때문에 넓은 부지가 소요되며 타 공법에 비해 시공비가 높은 것으로 파악되었다. 또한, 본 연구에서 개발된 단일순환펌프형은 타 공법대비 가장 경제적이며, 특히 다량의 굴착공이 개발될 경우 수중모타펌프가 1대만 설치되게 되므로 유지관리비가 적게 들어 개방형대비 경제성이 매우 높을 것으로 예상됨

[표 2-281] 시스템 별 경제성 비교

시스템	규격	단위	수량	금액
단일순환펌프	개방형 50 RT	식	1	20,000,000
수평형	수평형 50 RT	식	1	30,000,000
수평형+수직형	수평형 14 RT, 개방형 36 RT	식	1	22,000,000

(4) 연구결과

가. 테스트베드 선정 및 구축

- 개발된 지중열교환기의 실증시험을 위하여 전남 무안군 무안읍 용월리 534-1 번지에 2개소 시험천공 및 지중열교환기를 설치하였음
- 본 시설은 지상2층의 단독주택으로 연면적 228,39 m²이며, 냉,난방은 1층과 2층 모두 지열로 사용예정이다. 또한, 지열공 중 1개공은 주택주변 농작물이나 생활용수로도 사용이 가능하기 때문에 추후 실증시험이 완료되면 원예재배단지에 경제적인 금액으로 시공이 가능할 것으로 예상됨

나. 지중열교환기 시뮬레이션

- GLD 프로그램을 구동을 위한 각 층별 부하량을 계산한 집계표는 다음과 같음

[표 2-282] 부하집계표

구분	면적(m ²)	기준단위부하 kcal/m ² h		냉방부하(USRT) 1USRT=3024Kcal/h	난방부하(kcal/h)
		냉방	난방		
1층 드레스룸+안방	32.50	130	120	1.40	3,900
1층 거실+주방,식당	59.50			2.56	≈7,140
2층 방1	11.56			0.50	1,387
2층 방2	11.21			0.48	1,345
2층 손님방	13.95			0.60	1,674
2층 통로(aisle)	16.18			0.70	1,942
합 계	144.90				

- 지중열교환기의 길이를 계산하기 위하여 국내 150 m 평균 지중열전도도인 2.5 W/mk로 선정하여 GLD 프로그램으로 시뮬레이션을 구동하였다. 지중열교환기의 타입은 u자관으로 외경 42.20 mm, 내경 34.50 mm로 신KS규격 32 mm로 선정하였다. 구동결과 냉, 난방시 전체길이는 412 m로 총 2개의 지열공이 필요한 것으로 확인되었다. 다음은 프로그램 구동결과 모습임
- 사용된 설계프로그램은 GLD(Ground Loop Design) 프로그램으로 “신재생에너지 설비의 지원등에 관한 지침 2의 나 지중열교환기 설계 2)항에 지중 열교환기 설계시 국제적으로 통용·인정되는 전문 설계프로그램으로 하되, 밀폐형은 GLD, GLHEPro, GshpCalc, EED, 지중수평형과 에너지파일형은 GLD, 스탠딩컬럼웰형은 GLHEPro를 이용하여 지중열교환기를 설계해야 한다.” 라고 명시되어 있음
- GLD 설계프로그램은 미국의 Gaia Geothermal에서 지중열교환기를 설계하기 위해 개발된 소프트웨어로서 Cylindrical Source Solution에 근거하여 벽면간 온도차를 계산하고 지중열교환기의 길이를 계산한다. 또한, Ingersll Kavanaugh의 모델을 적용하고 있으며, 단기간에 걸친 주기적인 열의 흡수 또는 방출 및 시간대별 열유속 변동을 고려할 수 있어 본 신청기술의 경제성분석을 위해 본 설계프로그램을 사용하여 구동하였음

[표 2-283] 국내`외 지열설비 설계 툴

명칭	평가가능항목	특징	비고
GLD	지중열교환기 길이, COP, 소비전력	- 수평형, 수직형, 표면수열원형등에 적용가능	밀폐형, 에너지파일형
EED	지중열교환기 길이, COP, 소비전력	- G.Hellstrom, B.Sanner교수등 개발 - g-function이용 - 복수의 열교환기해석에 효과적	밀폐형
GshpCalc	지중열교환기 길이, COP, 소비전력	- 무한원통이론 이용 - 상업용시스템에 효과적	"
GHLEPro	지중열교환기 길이	- Oklahoma대학 J.D.Spittler교수등 개발 - g-function이용	밀폐형, 개방형 모두 구동가능하나 신재생에너지 설비의 지원등에 관한 지침에는 개방형에는 본 프로그램만 사용토록 규정되어있음



계산 결과



내부케이싱 제원



연대이월	부하 (kWh)	부하 (kW)	부하 (kWh)	부하 (kW)
1월	0	0	2093	17
2월	0	0	1418	14
3월	0	0	1308	10
4월	0	0	0	0
5월	0	0	0	0
6월	1570	17	0	0
7월	2430	22	0	0
8월	2430	22	0	0
9월	1570	17	0	0
10월	0	0	0	0
11월	0	0	1519	13
12월	0	0	2093	17
총:	8008	3.0	6431	3.0

월별 부하데이터



토양열원 기초제원

[그림 2-560] 설계프로그램 구동결과

다. 지열공 굴착 및 지중열교환기 설치

□ 조사대상 지역의 설정

- 본 조사지역은 행정구역상 전라남도 무안읍 용월리 534-1번지 일대로서 북위 35° 00' 37.21" ~ 35° 00' 37.29", 동경 126° 28' 50.41" ~ 126° 28' 51.01"에 위치한다. 본 사업시행으로 지하수환경에 영향을 미칠 것으로 예상되는 지역을 구체적으로 밝히기 위해서는 지하수의 유입, 유출 및 저류량 요소가 반드시 고려되어야 하며, 각 요소가 포함하고 있는 각각의 인자를 광범위하게 모두 적용하여 분석하려면 장시간에 걸친 정밀조사가 요구되는바, 지하수법에 의거 반경 0.5km와 이와 함께 유역면적 전체 범위를 영향조사 주 대상지역으로 선정하고 이에 대하여 조사를 실시하였음

□ 위치 및 지형

- 본 조사지역은 행정구역상 전라남도 무안읍 용월리 534-1번지 일대로서 북위 35° 00' 37.21" ~ 35° 00' 37.29", 동경 126° 28' 50.41" ~ 126° 28' 51.01"에 위치한다. 본 역을 중심으로 북측에서 동서방향으로 무안광주고속도로가 지나고 서측에 남북으로 서해안고속도로가 지나며 본 역의 남측에는 1번 국도가 지나고 있다. 본 역의 산계는 북측에 보평산, 감방산이 위치하며 남측에 연징산, 마래봉등이 위치하고 있으며 본 역은 이들 산지의 말단부에 위치하고 있음
- 수계로는 본 역의 우측에 용암저수지가 위치하며 상기의 산계에서 발달된 크고 작은 수지상의 수계들이 본 역의 남측에 발달한 무안천으로 유입되며 이는 다시 남동류 하여 영산강과 합류하여 서해로 유입되는 양상을 보이고 있음

□ 지질

- 조사지역과 그 주변 일원에 대한 지표지질 분포를 파악하기 위하여 기존 지질도폭(1:50,000 망운)을 참고하여 지표지질조사를 실시하였다. 본 조사지역의 전반적인 지질은 시대미상의 화성암류와 이들을 관입한 쥬라기의 반상화강암과 그 후 백악기 후반에 관입 또는 분출한 산성화산암류와 화성암류로 대별되며 이를 신생대 4기 총적층이 부정합으로 피복하고 있음

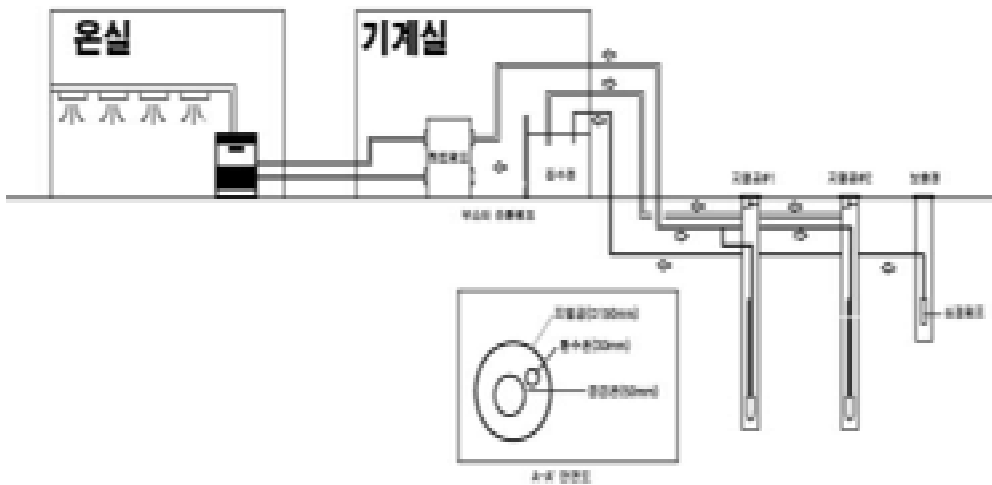
□ 지열공 굴착 및 지중열교환기 설치

- 프로그램 구동결과에 따라 150 mm × 1개소, 200 mm × 1개소를 각각 굴착하였으며 굴착깊이는 150 m로 선정하여 굴착을 진행하였으며, 각 지열공별 상부보호공을 설치하고 지하수를 집수하기 위한 집수정을 설치하되, 각 제품은 부식방지를 위하여 sts 304를 선정하여 제작하였음

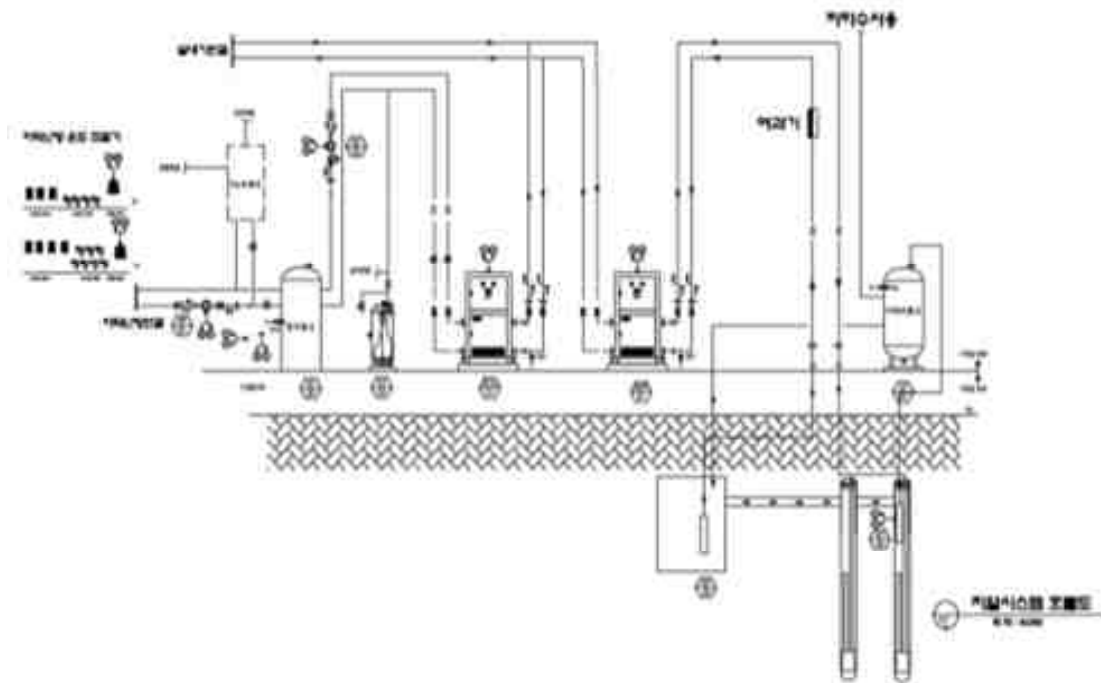


[그림 2-561] 지열공 및 상부보호공 설치모습

- 개방형은 최소 30 m³/d 이하의 지하수량은 확보되어야 한다. 따라서, 테스트베드의 양수량을 파악하기 위하여 동력펌프 1 Hp를 70m에 설치하여 각 호정별 단계, 장기, 회복시험을 실시하였다. 각 시험방법은 지하수 환경영향평가 기준에 따라 실시하였다. 각 호정별 양수량은 각각 70 m³/d, 80 m³/d으로 확인되어 지열에 필요한 충분한 물량은 확보된 것으로 조사되었음
- 지열공은 일반적으로 생활용수를 기준으로 적용하고 있다. 수질분석을 시행한 결과 모두 적합하다. 만일, 수질기준이 법적 기준에는 만족하지만 지속적인 모니터링이 필요할 경우 사후관리가 진행되어야 한다. 본 연구지역은 질산성질소의 농도가 0.7 mg/L로 확인되었으며, 타 성분 모두 수질기준 범위에 안정적으로 나타나 주변 지하수에 의한 오염은 없는 것으로 확인되었음



[그림 2-562] 테스트베드 지열공 설치도면



[그림 2-563] 테스트베드 지열시스템 흐름도

3.3. 해수열교환기 시스템 개발

(1) 개요

- 대부분의 해수 및 담수 육상수조양식장은 바다의 해수를 펌프를 이용하여 축양장으로 끌어올려 순환시켜 온도 조절하여 양식을 실행하고 있으나 직접적인 해수를 이용하는 양식은 급수온도조절이 원만하지 않으며 양식어의 배설물이나 사료찌꺼기 등이 함께 히트펌프로 유입되어 열교환기를 오염시키고 있음
- 따라서, 바닷가 부근에 5ha 이상 스마트팜에 경제적인 냉난방을 공급하기 위해서 기존 기술의 문제점을 극복한 해수열교환기를 개발하고자 함

(2) 접근방법

- 기존 기술의 기술동향 및 문제점을 파악하고 경제성이 높은 기술을 개발하고자 지열시스템의 기본 원리를 이용하여 해수열교환기를 개발하였음

(3) 연구내용

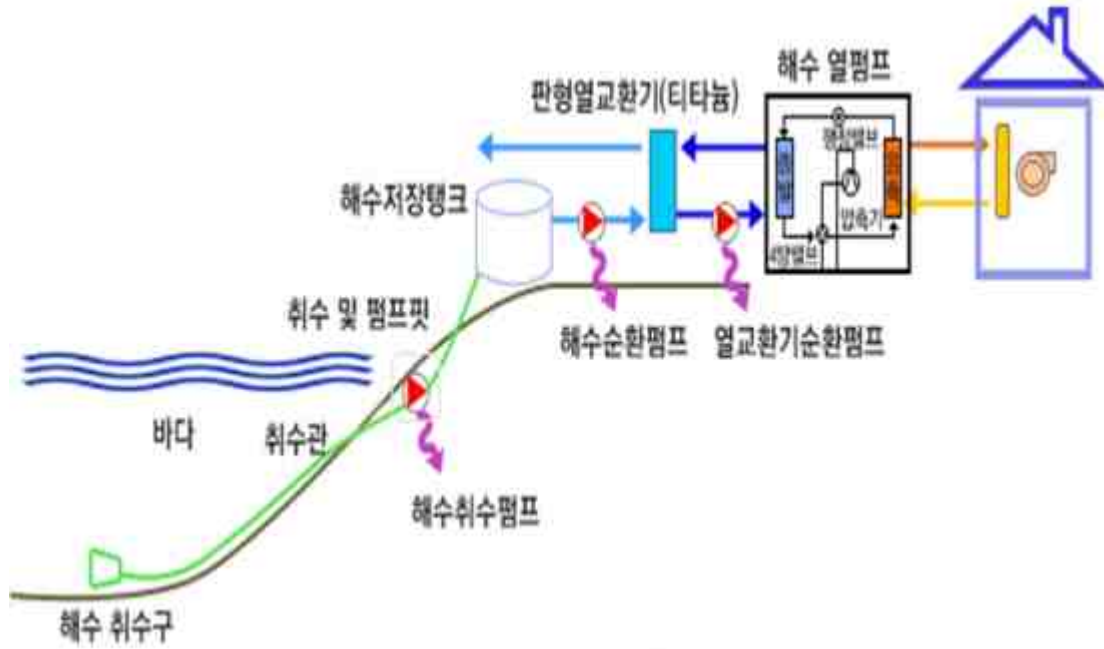
가. 일반현황

- 대부분의 해수 및 담수 육상수조양식장은 바다의 해수를 펌프를 이용하여 축양장으로 끌어올려 순환시켜 온도조절하여 양식을 실행하고 있음
- 직접적인 해수를 양수하여 이용하는 양식은 광어, 넙치, 전복 등의 축양 어패류에게 산소가 풍부한 해수의 공급은 물론 바다환경과 유사한 양식환경을 구현할 수 있어 양식 어패류의 안정적인 생육에 필수적인 시설 및 시스템이라 할 수 있음



[그림 2-564] 축양장시설 사진

- 어패류는 성장단계마다 적절한 생육 온도범위가 있어 일정한 온도를 유지시켜줄 필요가 있다. 동절기에는 낮아진 해수온도로 인해 특히 광어 등의 어류는 활동이 낮아지고 먹이 섭취가 작아져 생육에 장애가 있을 수 있거나, 해수 온도가 극히 낮아질 경우에는 집단 동사나 폐사도 발생할 수 있어 수온을 높여주거나, 하절기에는 해수의 온도상승으로 인해 어패류가 집단폐사 가능성이 있어 적정 온도 범위로 해수온도를 낮춰 줄 필요가 있음
- 해수 냉난방 기술이 적용되기 이전의 기술은 급수온도조절시 수온이 저하하면 보일러를 사용하고, 수온이 상승하면 뚜렷한 대책 없이 양식장의 사정에 따라 액체질소, 얼음 및 지하수를 이용하여 일시적으로 수온을 저하시켜 왔다. 동절기에는 유류보일러 사용에 의한 석유에너지 과소비 및 수입증가, 공해 및 환경오염, 하절기에는 수온상승에 의한 양식어 폐사 및 저성장 등 개인적, 국가적 차원의 에너지 절약 및 환경보호와 양식어 생산성 향상에 문제가 되어왔음



[그림 2-565] 해수 열펌프시스템 개념도

- 이를 해결하기 위하여 축양어가에 공급되고 있는 시스템이 해수 히트펌프시스템이다. 해수 히트펌프 시스템은 해수와 열교환하여 해수의 온도를 높이거나 낮출 수 있는 기능을 하는 시스템임
- 히트펌프시스템은 그 구성이 콤푸레셔가 내장된 히트펌프모체와 증발기측 열교환기부, 응축기측 열교환기부, 순환펌프로 크게 나누어 구성되어 있다. 히트펌프모체는 대성히트펌프, 엘지전자, 삼성전자등 대기업등이 제조하여 구성요소로 공급하고 있으며 일부 중소기업의 경우 중국 등 외국제품을 수입하여 제품의 구성요소로 활용하고 있음
- 결국 해수용 히트펌프시스템은 증발기측 및 응축기측 열교환기부를 어떻게 축양장 시설에 적합하게 설계하고 제작하여 공급하는가에 따라 그 형식과 형태가 달라질 수 밖에 없으며 운용방식도 다르게 요구되어져 왔음
- 물론, 히트펌프의 가스측과 해수를 직접 가스측으로 순환시켜 직접 열교환하는 직접방식과 해수로부터 중간 열교환기를 통하여 순환수와 열교환하고 순환수를 열펌프에 송수하는 간접방식이 있으며, 아래와 같은 장단점이 있음

[표 2-284] 간접이용과 직접이용 시스템 비교

구분	해수간접이용시스템	해수직접이용시스템
장점	<ol style="list-style-type: none"> 1. 열교환기에 의해 해수로부터 분리되어 있으므로 열펌프에는 순환수가 이용가능 2. 열교환기의 세정이 비교적 용이하며, 전체의 유지관리도 직접이용시스템에 비하여 용이 3. 해수배관을 짧게 구성이 가능하여 배관재료비가 경제적 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 냉방시 응축온도를 낮게 할 수 있기 때문에 간접이용보다 효율이 높음 2. 해수열교환기가 불필요하므로 설비공간이 적게 소요
단점	<ol style="list-style-type: none"> 1. 냉방시 히트펌프의 응축온도가 높아 직접이용보다 효율이 낮음 2. 판형열교환기 및 순환수펌프가 추가적으로 필요하며 기계실의 공간증가 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 해수에 의해 열펌프의 응축기가 급속히 부식될 우려 높음 2. 열펌프 고가 3. 해수에 함유된 이물이나 생물이 열펌프중에 유입될 가능성이 있으며, 열펌프 응축기의 세정은 판형열교환기 보다도 어려움 4. 해수 배관계통이 길게 되고 배관계의 설비비나 유지관리비용 추가적으로 소요
종류	직교류형, 이중관식	셸앤튜브형, 판형

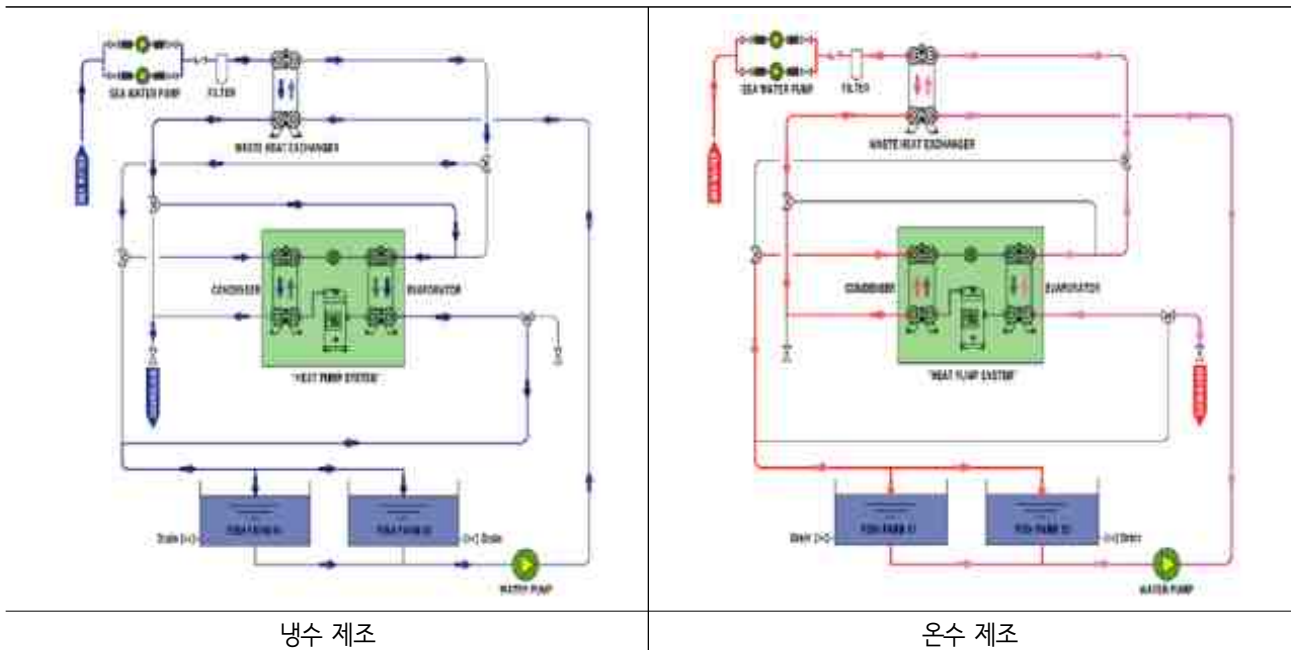
[표 2-285] 열교환기의 종류

열교환기의 종류	특징
이중관식 열교환기(double pipe heat exchanger)	<p>지름이 서로 다른 두 동심관으로 구성되어, 한 유체는 작은 관속을 흐르고, 다른 유체는 두관 사이의 환형 공간속을 흐른다.</p> <p>흐름의 배치는 평행류와 대향류로 2가지 방법으로 배치하며, 평행류는 고온 유체와 저온 유체가 열교환기의 같은 쪽에서 들어가서 같은 방향으로 흐르며, 대향류는 고온 유체와 저온 유체가 열교환기의 반대방향으로 들어가서 반대방향으로 흐른다.</p>
Shell and tube 열교환기	<p>다목적 용도의 열교환기로 산업용으로 널리 사용된다. 축이 외각통(shell)에 평행하게 장착된 많은 수의 관이 있고, 한 유체가 관내를 흐르는 동안 다른 유체는 관 외 외각통 축을 흐르는 과정에서 열전달이 된다. 외각통 안에는 일반적으로 격벽(baffle)을 설치하는데 이는 유체가 외각통을 가로지르며 흐르게 하며 열전달을 촉진시키게 하고, 관 사이의 간격을 일정하게 유지시킨다. 상대적으로 큰 크기와 부피 때문에 자동차, 항공기, 선박용으로 적당하지 않다.</p>
직교류형 열교환기(cross flow heat exchanger)	<p>밀집형 열교환기에 있어서 두 유체는 서로 수직으로 움직이며 유체 흐름형태에 따라 비혼합형, 혼합형으로 분류된다. 유체의 혼합은 열교환기의 열전달계수에 큰 영향을 미친다.</p>
판형 열교환기(plate Type)	<p>일반적으로 널리 사용되고 있는 열교환기로 Herrigbone 무늬 방향을 위 아래로 엇갈리게 교대로 배치함으로써 열전달 효율을 향상, 내압강도 증가로 종래 shell and tube형 열교환기 보다 높은 열전달 효율을 나타낸다.</p> <p>고온과 저온유체가 통로들에 번갈아 들어가서 외각통 저온 유체는 두 고온유체로 둘러싸이게 되어 매우 효과적인 열전달을 하게 된다. 또한, 단순히 평판을 더 쌓음으로 인해 열전달을 증가시키는 것이 가능하다.</p>

- 해수 및 담수 육상수조양식용 히트펌프는 압축기, 열교환기(응축기&증발기), 유분리기, 팽창변 등으로 구성되며, 이 중 장치성능에 가장 큰 영향을 미치는 것이 열교환기이다. 해수용 히트펌프 열교환기에 사용되는 열교환기는 이중관형, 침지식 판형, Shell and tube형이 있으며, 전열성능이 높아 침지식 판형열교환기를 주로 사용함

나. 개발 필요성

- 양식장의 경우 양식장 수조의 물이 폐열회수기를 거쳐 해수용 히트펌프로 들어가게 되는데 이때 양식어의 배설물, 사료 찌꺼기 등이 함께 히트펌프로 유입되어 열교환기를 오염시킨다. 그러므로 양식장에 사용되는 해수용 히트펌프는 오염속도가 빨라 양식장 조건에 따라 1주일 정도 운전하면 성능이 급격히 저하하여 양식장 급수 설정온도로 가열 및 냉각이 불가능할 뿐만 아니라 시스템 작동이 불가능하게 됨



[그림 2-566] 양식장용 히트펌프 개략도

- 축양장에 공급된 해수는 전량 순환시킨 후 방류수로를 통해 다시 바다로 흘려보내는 해수 직접 열순환과정에서 해양 부유물 또는 따개비 등 해양식생물로 인한 열교환기의 폐색에 장애가 발생할 수 있어 정기적인 분해, 정비 및 팩킹교환 등의 유지관리에 비용과 인력이 소요되는 현실적 문제가 있어왔음



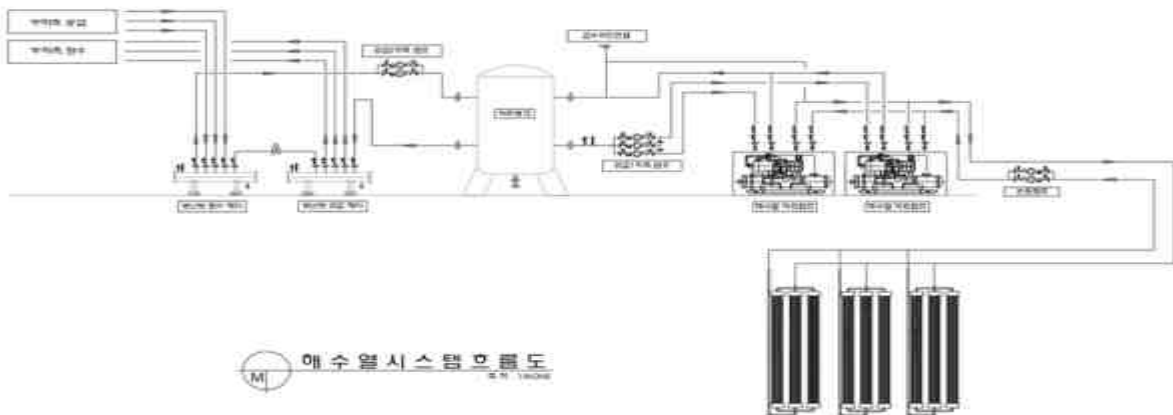
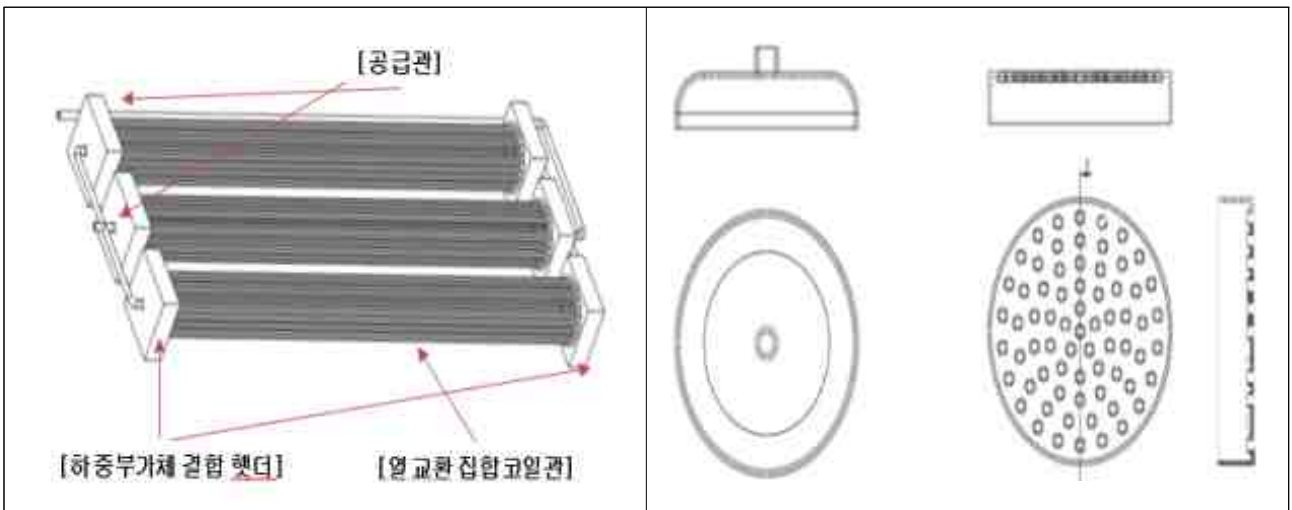
[그림 2-567] 폐색된 판형열교환기

- 종래 이러한 열교환방식은 동절기 가동시에 해수온도가 5°C이하로 떨어지면 히트펌프의 열교환기 파손 위험성이 있어 운전자체가 가동되지 않도록 프로그래밍 되어 있거나 운전에 극히 주의가 필요한 상황이다. 이러한 동절기 운전 불안정성을 해소하기 위하여 개발된 히트펌프 시스템이 해수열과 공기열을 함께 사용할 수 있도록 한 복합히트펌프 시스템이나 추가적인 시스템 구성으로 운전조작이 불편하고 공기열을 사용할 경우 효율이 낮아지는 문제점을 가지고 있음
- 따라서, 동절기 바다에서 양수되는 해수온도가 5°C 이하로 낮아지더라도 장애 없이 운용할 수 있는 해수 히트펌프시스템의 개발을 통해 축양어가들로 하여금 해수양수를 이용한 어패류 축양장의 안정적인 운용이 가능할 수 있도록 할 필요가 있음
- 특히 간조시 해수 수심이 극히 낮아져 대기 온도의 영향을 많이 받을 수 밖에 없는 서해안과 남해안에 위치하게 되는 축양장 시설과 지표면에 노출된 상태로 양식을 시행하는 새우어가들에게 어떤 기상 기후조건에도 안정적인 축양사업유지를 지속할 수 있는 적정 양식온도의 유지를 위한 해수 히트펌프시스템의 개발은 필수적인 필요사항이라 할 수 있음

다. 개발기술의 개요

- 본 개발제품은 동절기 낮은 해수온도를 상승시켜 어패류의 동폐사를 예방하고 먹이 섭취활동을 원활하게 하기 위한 시스템으로 히트펌프를 이용하여 양식장 어패류의 성장활동에 필요한 해수온도의 일정유지 뿐 아니라 대규모 원예재배시설의 냉난방을 위해 사용 가능한 기술임
- 열교환기는 해수가 가지고 있는 부식성을 고려하여 내부식성을 갖도록 제조된 티타늄 튜브관으로 제작하며, 어패류 수조측에는 해수온도를 가온하기 위한 응축기측 열교환기를 구성하고 어패류 수조를 거쳐 배출되는 해수를 방류하기 위해 설치된 방류수로에 저온측 증발기 열교환기를 구성하도록 제작 설치함
- 응축기측 열교환기 내부에는 동결우려가 없도록 청수를 순환 사용하여 수조 내 수질 안정성이 담보될 수 있도록 하며 방류수로에 구성되는 저온 증발기측 열교환기 내부에는 부동성능이 확보된 에틸알코올을 충전하여 순환되도록 함으로써 3°C 이하에서도 히트펌프가 장애없이 가동이 가능하도록 함으로써 해수온도가 극히 낮은 상황에서도 어패류 수조내부의 수온을 적정수준으로 유지할 수 있도록 함
- 각 열교환기는 반개방형 하우징 내부에 설치되도록 하며 탈착이 용이하도록 하여 점검과 청소가 편리한 구조로 제작함

[표 2-286] 해수용 수증밀폐식 열교환기 모식도



[그림 2-568] 해수 히트펌프 개념도

라. 개발기술의 기존 기술과의 비교

- 기존 기술은 히트펌프의 냉매 가스관을 판형 열교환기에 공급하여 직접팽창 또는 4방면을 통한 직접 응축과정에서의 열교환을 통해 순환공급되는 해수 온도를 낮추거나 높일 수 있도록 시스템이 구성되어 있다. 이런 특징으로 인해 순환되는 해수의 온도가 낮아질 경우 해수의 동결로 인해 순환이 폐색되거나 열교환기의 파손이 우려되어 5°C이하에서는 자동적으로 히트펌프의 운전이 중지되도록 프로그래밍 되어있다. 또한, 필요에 따라서 열교환기측으로 해수를 공급하기 위한 별도의 순환펌프를 설치하여 가동하는 계통을 구성하는 경우도 있음
- 어류양식수조에서 사용된 배수가 열교환기에 공급되므로 배수에 포함된 어류사체, 사료찌꺼기 및 지방질, 고기분비물, 고기배설물 등의 영향으로 열교환기 내 오염 양상이 육상의 담수나 일반 해수가 흐를때와 판이하게 다르며, 오염 속도가 매우 빠르다. 대체적으로 육상담수 열교환기의 경우 1~2년에 1회 세관하는 정도이지만 배수가 흐르는 판형 열교환기는 3~6개월에 한번 분해 청소 후 조립을 통해 정비를 하여야 성능이 유지된다. 또한, 해수중 이물질 유입, 따개비 등 해양식생물의 서식 등으로 인해 장애가 일어날 우려가 높은 문제점이 있음

[표 2-287] 기존기술과의 차별성

구분	개발제품	기존제품
운용 해수온도	1~5°C	5°C 이하에서 가동불가
반부하측 열교환 방식	방류수 활용	양수 해수 순환 활용
유지관리 편의성	- 고압세척기로 외부세척 가능	- 판형 열교환기로 해체, 정비, 팩킹교환 등 유지관리 불편
장점	- 열교환기가 노출 침지형태로 유지관리가 편리 - 해수온도가 5°C 이하에서도 히트펌프의 정상운전 가능 - 히트펌프가스배관의 해수접촉이 없어 부식우려가 적음	- 열교환기가 콤팩트하여 설치장소의 장애가 없음
단점	- 열교환기 설치면적 필요	- 열교환기가 판형 또는 내부 삽입형 침지형태여서 청소 등 유지관리 불편 - 해수온도가 5°C 이하인 경우 히트펌프의 운용 불안정 - 히트펌프 가스배관이 해수에 노출되어 부식우려성 매우 높음

마. 수중열교환기 계산

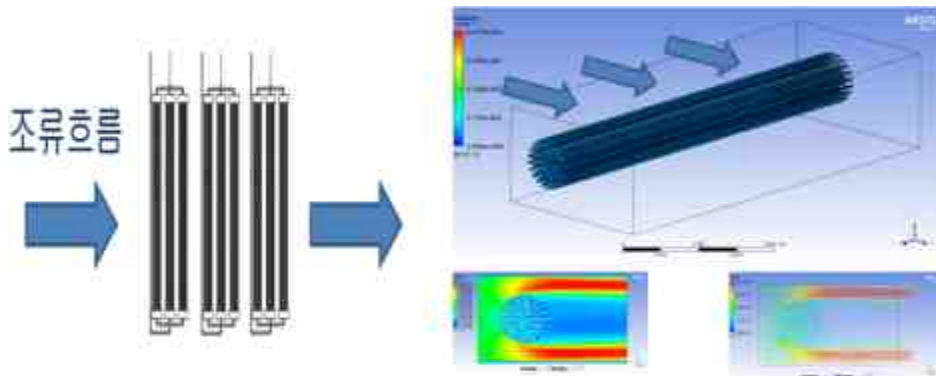
- 외형 하우징의 경우 방류수로의 기능을 담보하면서도 열교환기의 열교환 특성을 활성화시켜 줄 수 있는 구조로 설계구상 하였으며, 계산결과를 검증하기 위하여 ANSYS HEAT Transfer 프로그램을 이용하여 유동해석 및 유동실험을 실행하였음
- 본 계산은 수중 열교환기에 대하여 동절기, 간절기, 하절기의 기온 및 수온을 고려하여, 열교환기 크기를 산정하기 위하여 쉘 및 튜브 입출구 온도 이외에는 동일한 값을 사용하였으며, 상대적으로 지중 대비 수온차이가 크지 않은 점을 고려하여 적절한 수준의 유량 및 열교환기 크기를 고려하여 선정하였으며, 최종 열교환기의 요구 용량을 고려하여 교환기 개수 및 유량을 최적화 할 수 있음

바. 동절기 기온차에 대한 계산

- 열교환기의 계산을 위해 제공된 정보를 바탕으로 Shell과 Tube의 입, 출구 온도를 알고 있기 때문에 계산은 대수평균온도차(Log mean temperature difference) 방법을 사용하여 분석하였음

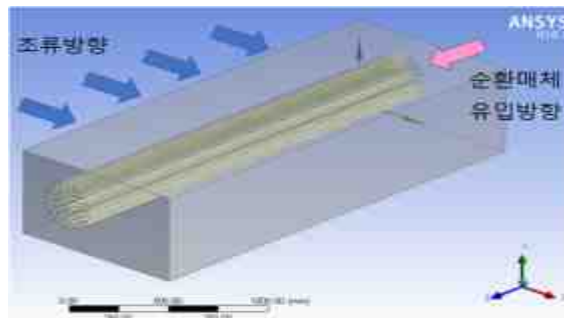
(4) 연구결과

- 해수열교환기의 공당 튜브길이 계산을 결과를 검증하기 위해서 다음과 같이 상용프로그램(ANSYS Heat Transfer)을 이용하여 열유동해석을 수행하여 조류의 흐름, 압력, 온도변화를 파악하였음
- 아래 그림은 해석에 대한 기본 개요를 설명하고 있음. 수중에 잠수하는 열교환기중 총 69개의 열파이프군을 모델링하였으며, 조류는 파이프를 통과하게 되며, 유장은 해석의 시간을 단축하기 위해서 파이프군에 대하여 약 3배 정도의 길이로 선정하여 물의 흐름에 영향을 적게 받는 범위까지 해석하였음



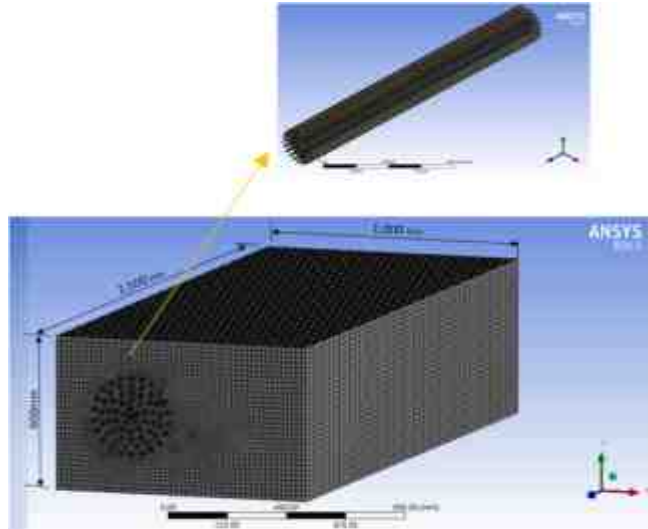
[그림 2-569] 해석 개요

- 해수 조류속도는 평균 계측데이터를 바탕으로 대표 값을 0.4cm/s로 선정하였으며, 수온은 각 해석 시간별로 차이를 두어서 해석하였음
- 한편, 열교환기의 재질은 HDPE재질로 해석하였으며, 열매체는 브라인으로 해석을 진행하였다. 파이프에 유입 및 유출 온도는 상기 표현된 각 시간별로 차이를 두어서 온도변화에 대한 결과를 확인하였음



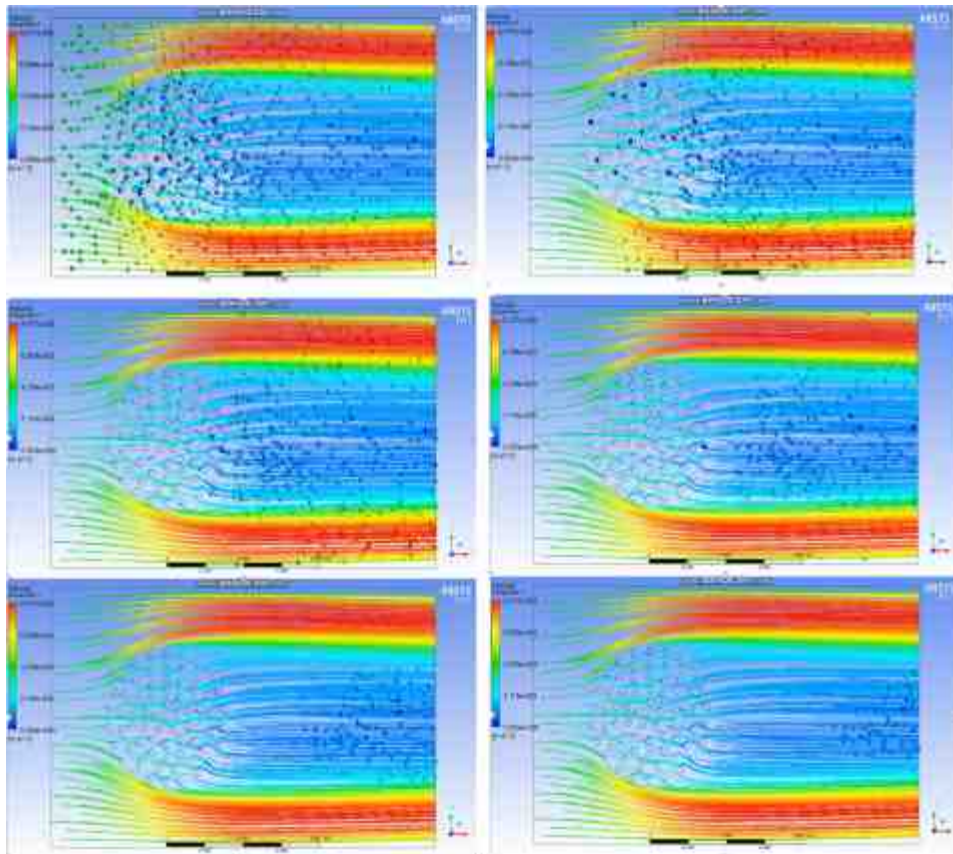
[그림 2-570] 조류 및 순환매체 흐름 방향

- 다음 그림은 해석 해석모델은 총 387,198개의 절점과 344,125개의 요소로 구성되어 있으며, 열교환기는 직경 16mm의 69개의 관으로 구성되어 있음

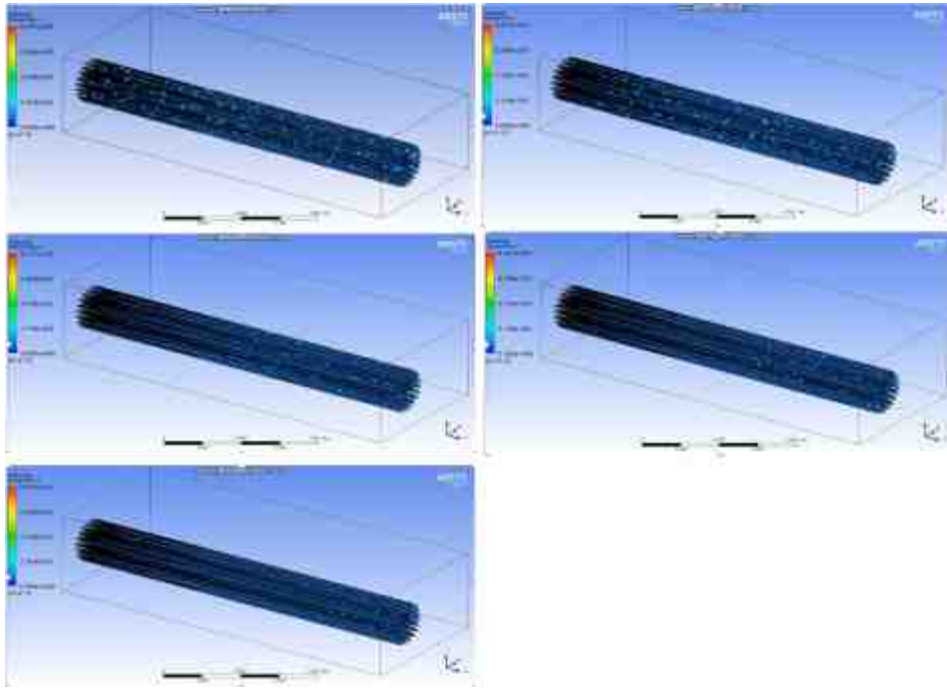


[그림 2-571] 해석모델

○ 다음 그림은 열유동해석 후 유동 입자의 흐름을 시뮬레이션한 결과를 단계별로 나타내었음

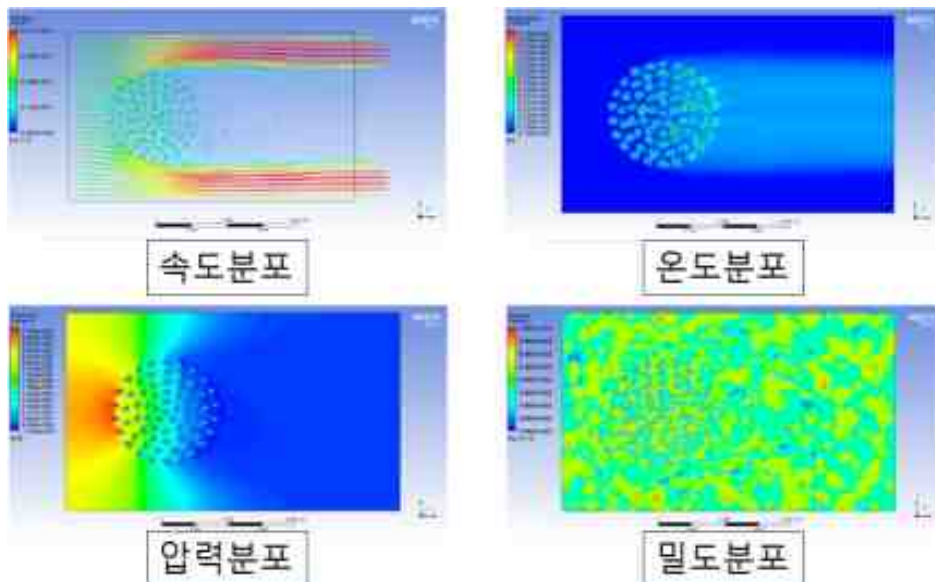


[그림 2-572] 해수의 조류에 의한 유체입자 이동



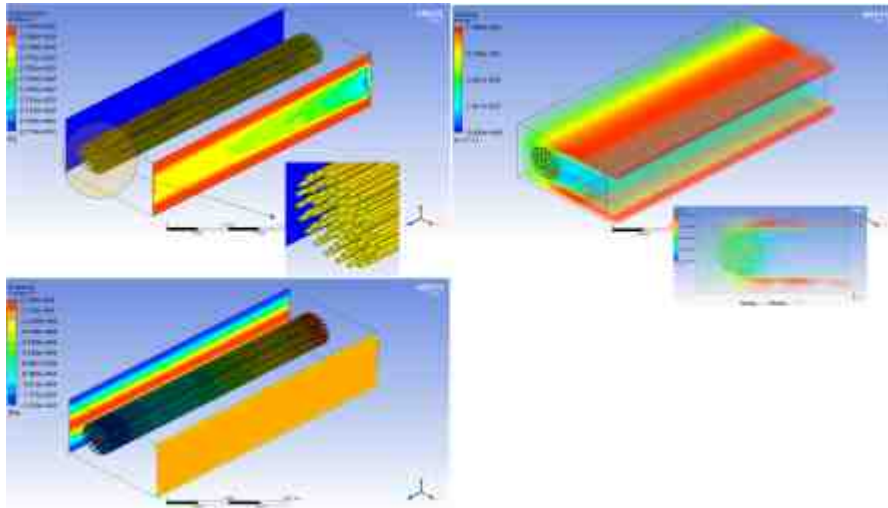
[그림 2-573] 파이프 내부의 순환매체의 유체입자 이동

- 그림에서와 같이 유체의 속도가 낮을 경우에는 신한 난류현상 없이 입자가 원활하게 흐르고 있는 것을 확인할 수 있음
- 열유동해석에서는 상기 시뮬레이션 외에 파이프 내 순환매체의 속도, 온도, 압력, 밀도 분포도 다음 그림과 같이 확인할 수 있음



[그림 2-574] 각 성분에 대한 분포도

- 각 성분별 분포를 정확하게 확인하기 위해서 다음 그림에서는 동절기에서의 해석결과를 3차원 분포도를 보여주고 있다. 특히, 관심이 높은 파이프 내 및 해수의 온도 변화는 첫 번째 그림에서 확인할 수 있으며, 조류 유속 및 파이프 내 유속을 낮출 경우, 충분한 온도변화를 확인할 수 있음



[그림 2-575] 각 성분에 대한 3차원 분포도 (동절기)

3.4. 차압형 수량계 개발

(1) 개요

- 원예재배시설단지에 개방형 시스템으로 지열을 구성하게 될 경우 지하수를 순환시키는 원리이기 때문에 지자체별로 지하수세를 산정하기 위하여 기본자료로 지하수 양수량 측정을 시행한다. 그러나 지하수내에 함유 되어있는 미세입자로 인해 프로펠러를 장착한 수량계의 경우 걸림현상이 발생되어 구동자체가 멈춰 지속적인 정확한 양수량 측정이 불가능하게 되고 주기적인 수량계의 이물질 제거하는 등 사후관리가 필요하게 된다. 따라서, 저가형으로 프로펠러타입의 수량계를 보완한 수량계를 개발하고자 함

(2) 접근방법

- 기존 수량계의 문제점과 기술동향을 파악하고, 저렴하면서도 유지관리가 필요없는 수량계를 개발을 위하여 회로도를 개발하여 시제품을 제작하고 오차범위 확인을 위하여 기존 수량계와 가동테스트를 자체적으로 실시하며, 3D 구동을 통한 경쟁력 있는 디자인을 개발하고자 함

(3) 연구내용

가. 양수량 측정용 수량측정장치 개발

- 지하수 양수과정에서 수중모터펌프의 임펠라 흡인력에 의해 함께 따라 양수되는 모래나 슬라임은 초기 지하수개발 직후 양수하게 되는 경우 다량으로 지하수와 함께 배출되어지게 되는데 이러한 문제점을 해결하기 위해 지하수 개발 직후에는 충분한 청소배출(에어써징)을 이행하도록 과업지시서나 공사시방서에 기재되어 있기는 하나 고압컴프레서 가동에 따른 비용증가를 우려하는 경우 등 경제적인 이유로 인해 충분한 청소배출이 이루어지지 않은 채 지하수 이용시설을 설치하게 되는 경우가 많음
- 더욱이 개발 완료된 지하수 관정에 대한 양수량 시험을 하게 될 때 일반적인 프로펠러가 장착된 수량계를 사용하게 되면 다양한 크기의 모래 등 이물질이 프로펠러 구동부에 끼이거나 달라붙게 되어 정확한 양수량 측정에 방해가 되거나 아예 구동 자체를 멈추게 하는 경우도 발생된다. 지하수 관정에서 양수량을 측정하기 위해 일반적으로 사용되는 수도계량기는 축류익차형 일명 월트만식(woltman type)으로 물의 흐름방향과 평등하게 익차를 설치하여 물의 흐름에 따라 수평축이 회전되면 워엄기어에 의해 수직축에 전달, 지시부를 구동하는 형식으로 유속이 급격히 변화하는 경우 오차가 발생하는 단점이 있지만, 구조가 간단하여 제작이 쉽고 저가이며 수리가 용이하며, 순시유량과 적산유량의 측정에 적당하여 널리 사용되고 있음

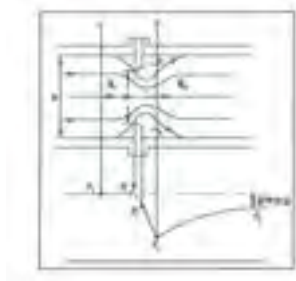


[그림 2-576] 익차형 수량계 단면도

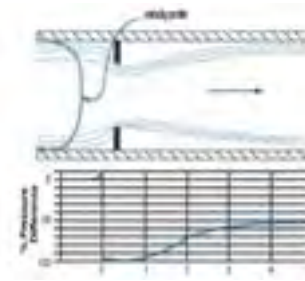
- 모래나 이물질 끼임현상으로 인한 수량계 고장은 지하수 개발초기 뿐 아니라 사용 중인 지하수 관정에서도 자주 발견되는 사례가 있어 지하수 양수량 측정시에는 프로펠러 구동에 의한 터빈형태의 수량계 사용을 지양하고 초음파 수량계나 오리피스 유량계를 적용하도록 권장되어 왔다. 그러나 초음파수량계의 경우 고가의 장치비로 인해 현장 실험용으로 적용하기에는 무리가 따를 수밖에 없는 한계가 있었으며 오리피스의 경우 모래나 슬라임 걸림 현상없는 장치 구성이 가능하여 지하수 양수량 측정 전용 오리피스 수량계 기술개발을 진행하였음
- 차압식 유량계의 측정원리는 관로내에 단면 축소기구를 삽입, 흐름에 저항을 주어 그 상류측과 하류측에 발생하는 차압을 측정하는 것으로 차압발생의 종류로는 벤츨리 관, 노즐, 오리피스 V-cone, segmental wedge, 엘보미터 등이 있다. 유체 유동시 베르누이 방정식에 의해 단면이 축소되거나 확대되는 곳에서 압력이 변화하고 그 차압을 이용하여 유속과 유량을 측정하는 방식별 특성은 아래 표와 같음

[표 2-288] 측정 방식별 특성비교

종 류	장 점	단 점
오리피스	① 구조가 간단하고 저가격이다. ② 사용조건에 따라 다르나, 거의 반영구적이다. ③ 측정유량 범위 변경 시 플레이트 변경만으로 가능하다. ④ 점도는 일반적으로 1~2%이다. ⑤ 액체, 가스, 증기의 유량측정이 가능하고, 광범위한 온도, 압력에서의 유량 측정이 가능하다.	① 충분한 정도를 보충하기 위해서는 직관부가 필요하다. ② 벤츨리관에 비해 압력손실이 크다. ③ 낮은 레인지어빌리티이며, 통상 4 : 1 정도이다. ④ Edge의 마모가 곧 정도에 영향을 미치므로 유체 중에 고형물 함유를 피해야 한다.
플로우 노즐	① 오리피스에 비해 소량 고형물이 포함된 유량측정에 가능하다. ② 오리피스에 비해 차압 손실이 작으나 벤츨리관보다는 크다. ③ 오리피스보다 마모가 정도에 미치는 영향이 작다. ④ 고온, 고압, 빠른 유속·유체에도 측정이 적당하다. ⑤ 같은 사양의 오리피스에 비해 유량계수가 60% 이상 많다.	① 오리피스와 같은 구경일 경우에는 레인지어빌리티가 작다. ② 유량 측정 범위 변경 시 교환이 오리피스에 비하여 어렵다. ③ 오리피스에 비해 고가이다.
벤츨리관	① 고형물을 함유한 유체에 적합하다. 단 차압취출구의 막힘이 발생하므로 퍼지 등 대책이 필요하다. ② 오리피스 및 노즐에 비해 압력손실이 적다. ③ 유체 체류부가 없으므로 마모에 의한 내구성이 좋다. ④ 대유량 측정이 가능하다.	① 가격이 노즐이나 오리피스보다 고가이다. ② 낮은 레인지어빌리티를 가진다. ③ 유량의 측정 범위 변경 시 교환이 어렵다. ④ 취부 범위가 크다. ⑤ 동일 사이즈의 오리피스에 비해서 발생 차압이 작다.



오리피스 유량계 단면도



Pipe Diameters

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2$$

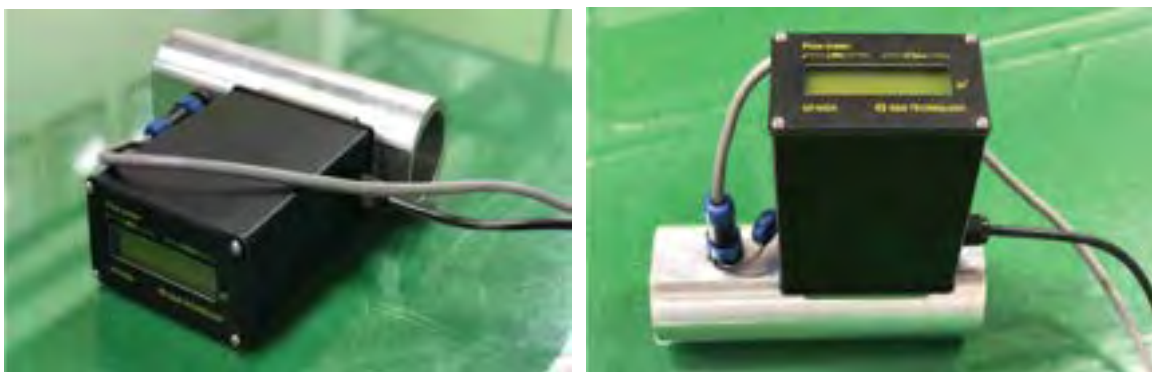
$$Q = \alpha A_2 \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

[그림 2-577] 오리피스 단면도 및 구조

(3) 연구결과


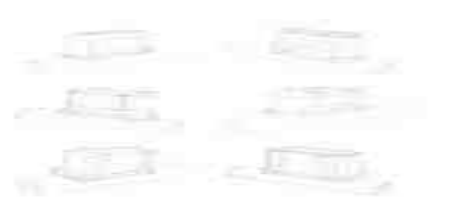
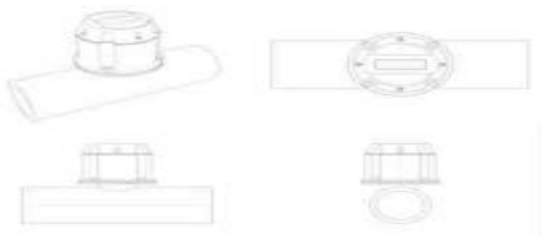
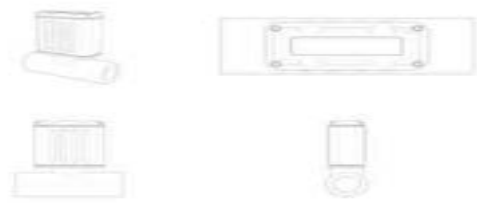

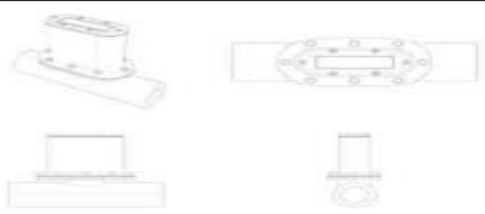
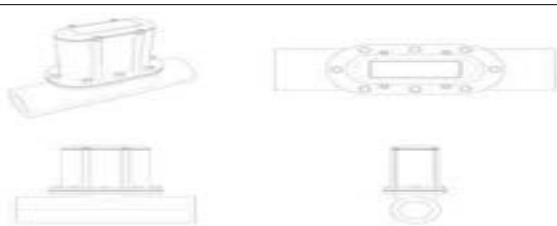
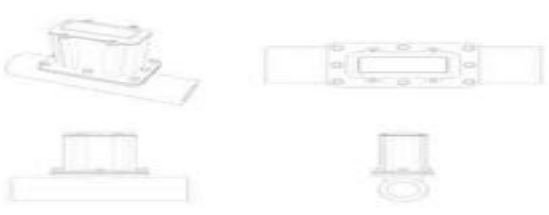
가. 디자인 개발

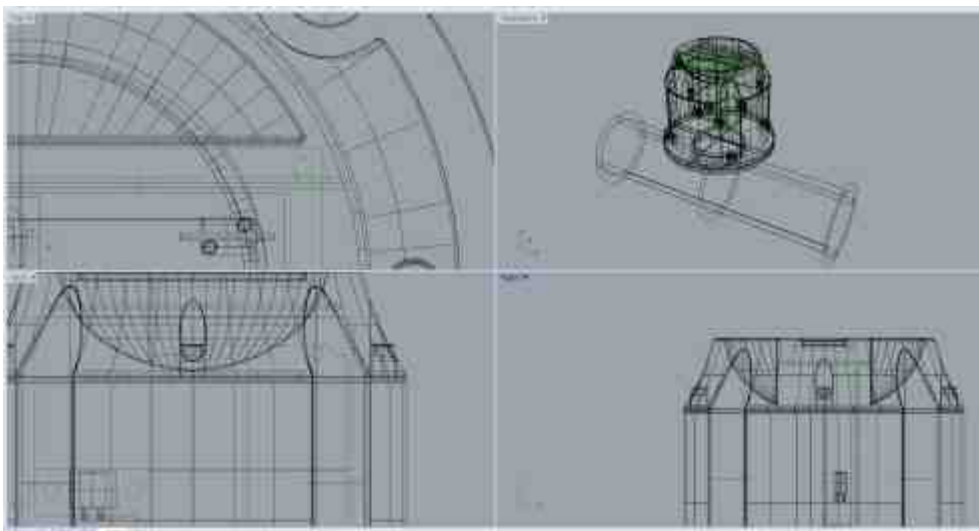
- 개발된 제품은 직사각형 형태로 구성되어 있어 원형형태로 제작되어 지열공이나 지하수공 내부에 설치시 다른 배관들과 조화를 이루면서도 디스플레이와 PCB 센서를 보호할 수 있는 하우징의 디자인개발이 필요함
- 현재 개발된 수량계는 PCB와 디스플레이의 하우징이 기성 생상품인 압출 알루미늄을 재단한 것으로 기밀성이 우려가 있으며, 외관상 심미성이 다소 결여되어 있음



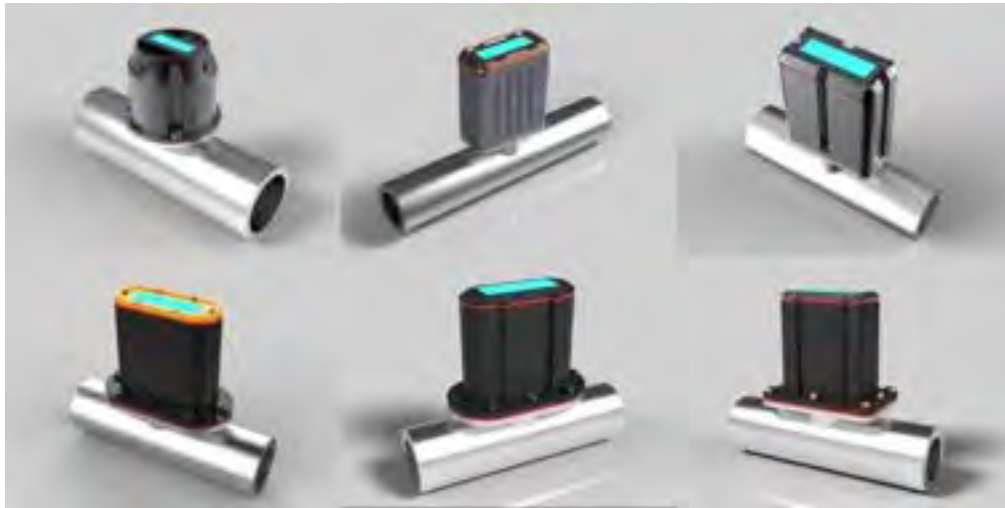
[그림 2-578] 시제품 차압형 수량계

- 총 6종류의 디자인 아이디어 스케치와 아이디어 스케치를 바탕으로 2D 드로잉과 도면을 제작하고, 도면을 바탕으로 최종 3D 설계도면을 제작하였다. 그리고 마지막으로 디자인 결과물의 외관과 컬러를 확인하기 위한 렌더링을 진행하였음

	
디자인 스케치(1)	디자인 스케치(2)
	
디자인 드로잉_A안	디자인 드로잉_B안
	
디자인 드로잉_C안	디자인 드로잉_D안
	
디자인 드로잉_E안	디자인 드로잉_F안



[그림 2-579] 3D 도면



[그림 2-580] 3D 렌더링

[표 2-289] 최종 결과물

기존 시제품	디자인 개선 예시안	제품 디자인 개발안

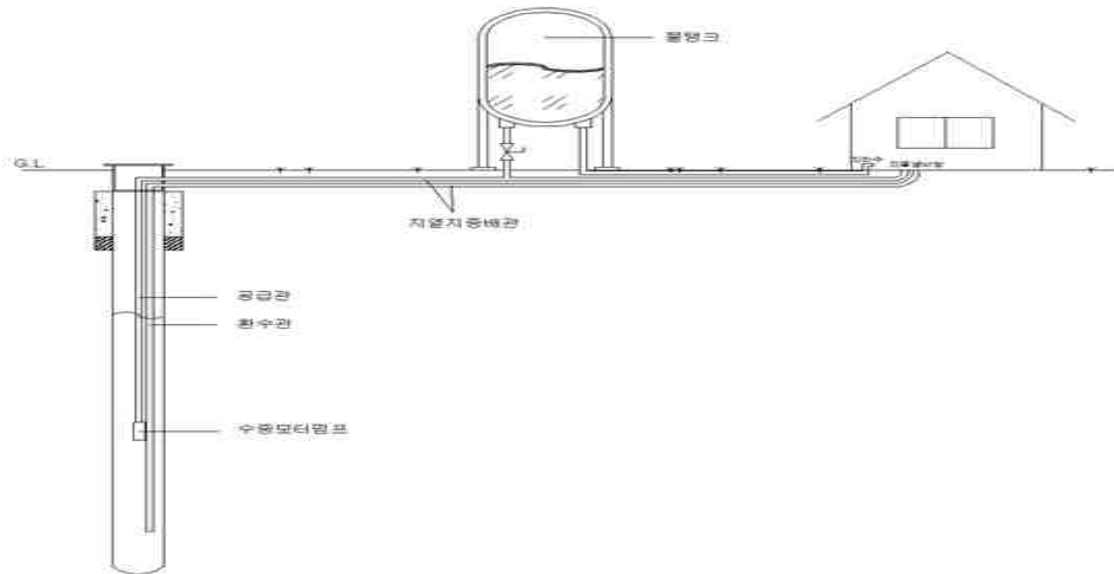
3.5. 스마트팜 지열시스템 기술협력 업체 구성

(1) 개요

- 국내 원예재배시설에 사용되는 에너지는 대부분 화석에너지에 의존하고 있으며, 농업용 에너지의 60% 이상이 시설농업의 난방에 소비되고 있는 반면, 시설재배 작물의 생산비 중 난방연료비에 소비되는 비중은 30~40%를 차지하고 있고, 유가상승 또한 생산비에 큰 영향을 끼치고 있는 실정임.
- 농업용 난방기 보급은 난방재배 면적의 증대와 더불어 급성장하였으며 경유나 등유등을 이용한 난방방식은 온실가스의 배출을 초래하게 됨. 특히, 축산분야와 시설원에 분야가 차지하는 농업부분에 있어서 온실가스 발생량 비중은 매우 높기 때문에 저탄소 농업을 이루기 위한 노력이 필요함.
- 또한, 시설원예는 난방에너지와 더불어 일부 고부가가치 작물을 중심으로 냉방에너지가 크게 소비되고 있어 경제적이고 효과적인 신재생에너지 기술의 적극적인 발굴과 활용이 필요함.
- 온실의 냉난방 경비 절감을 위해서는 신재생에너지를 활용이 필요하나 지열을 이용하는 경우 에너지 절감율이 70%에 달해 에너지 절감 효율이 높아 수요가 높으며, 설치비용이 높아 설치가 용이하지 못한 단점이 있으나, 지하수와 지열을 겸용한 시스템의 경우 1.5배의 비용으로, 물 확보와 에너지 이용이 가능하므로 경제성이 높음
- 국내에서 원예재배시설에 지열에너지 시스템을 적용할 경우는 일반적으로 폐회로(Closed Loop)를 적용하고 있다. 수평형 지중열교환 방식은 시설비용이 저렴한 반면 충분한 대지가 확보되었을 때 사용이

가능한 방식으로, 낮은 깊이의 루프에 의한 지열 온도변화가 심하고 동파위험 및 관리비용이 많이 소요되어 국내에서는 수직밀폐형 방식이 가장 많이 설치되어 있음.

- 일부시설에서는 수직밀폐형보다 냉난방 효율이 높고 지하수를 겸용하여 사용이 가능한 우물관정형(SCW-Standing Column Well) 방식으로 개발한 사례가 있으나 시설도중 지하수가 부족하거나 연약지반일 경우 함몰가능성이 높아 투자비가 상승하는 등 개방형의 큰 단점으로 지적되고 있음.
- 본 연구에서는 지하수를 작물재배에 겸용하여 사용이 가능하면서도 종래 문제가 되었던 함몰을 근원적으로 해결하여 연약지반에서도 함몰될 우려없이 개발이 가능하고, 지하수 오염방지 환경신기술과 국제 ETV 기술을 적용하여 국외에서도 적용이 가능한 지하수겸용 스마트팜 지열에너지 시스템을 개발하고자 함.



[그림 2-581] 개방형 지열 우물공(scw) 기술 개념도

(2) 접근방법

가. 협력업체 MOU 체결

- 스마트팜에 적용하기 위한 지열시스템 중 단일순환펌프 지열시스템 시설 주요공종 분류
- 공종별 협력업체 조사
- 가장 비중이 높은 굴착업체의 경우 선정기준을 별도 마련하고 주요 업체별 선정기준 배점표 작성
- 가장 핵심적인 부분인 기술력과 단가에 높은 점수 가산하여 선정된 업체를 기준으로 MOU 체결하도록 함
- 이외 자동제어, 히트펌프 등의 업체는 자체적으로 선정기준을 마련하는데 한계가 있으므로 업무협약에 대한 MOU 위주로 체결하거나 구성협력업체 등록위주로 접근함

나. 단일순환펌프형 구성요소 운영매뉴얼 작성

- 에너지공단에 평택에 위치한 팜에이트(주)의 온실 및 식물공장에 시범사업으로 등록하여 해당 사이트를 테스트베드로 설정하여 운용함
- 운용 과정에서 설계서 작성 및 해당 시방서 보완하여 보다 정확한 연구가 진행되도록 함
- 식물공장 및 온실의 도면작성
- 스마트팜에 적용된 자동제어 작동방법에 대한 운영매뉴얼 작성을 그래픽으로 작성하여 사용자가 사용, 이해하기 쉽게 작성함

다. 스마트팜 해수열 시스템 기본 설계 계통도 작성

- 설치 형태별 기본 설계 계통도 작성
- 해수 수중열교환기를 해수면 아래에 설치하고 본 열을 히트펌프를 통해서 건물이나 화훼온실쪽으로 냉난방을 할 수 있도록 시설되는 구성계통도임
- 수조에 양식을 하는 경우 해수열교환기를 순환수조에 침지한 상태에서 히트펌프를 통해 순환수에 수온을 올리거나 내릴 때 적용될 수 있는 구성계통도임
- 해수열교환기를 이용하여 히트펌프를 가동하되, 열의 이동을 판형열교환기를 통해 열교환시킨 후 양식수조에 가온 또는 냉각된 열을 순환하는 순환계통도 임

(3) 연구내용

가. 협력업체 MOU 체결

- 지열시스템의 공종은 크게 굴착을 하기 위한 천공, 기계실부터 지열공을 연결하기 위한 트랜치배관, 히트펌프, 순환펌프 등을 설치하기 위한 기계실, 순환펌프, 히트펌프 등 장비, 자동제어 공종으로 구분할 수 있음
- 먼저 굴착과 관련하여 협력업체를 구성하기 위하여 전국 지하수개발이용시공업면허 업체와 보링그라우팅면허 업체를 조사하였음

(가) 굴착업체 MOU 체결

- 먼저 굴착과 관련하여 해당면허로는 지하수개발이용시공업과 보링그라우팅면허로 구분할 수 있고, 두 면허를 중복하여 보유하고 있거나, 단독 보유한 업체로 구분될 수 있다. 실제 시장에서는 지하수개발이용시공업 면허를 보유한 업체는 면허조건이 다소 간편하여 영세기업이 많고, 이에 비해 보링그라우팅면허는 전문건설업에 해당하여 업체규모가 큰 편에 속하고 있음
- 보링그라우팅업체는 보링그라우팅협회 회원사 현황이며, 지하수개발업체는 지하수정보센터의 2019년 지하수조사연보(2018년 시공업체 기준)을 참조하였음
- 조사결과를 보면 보링그라우팅 업체는 전국 1,040개가 있으며, 지하수개발업체는 전국 3731개가 등록되어 있는 것으로 조사되었으며, 중복보유업체는 현재 조사가 불가능

[표 2-290] 보링그라우팅 및 지하수면허 보유업체 리스트

지역	보링그라우팅	지하수
서울	198	183
부산	64	57
대구	15	30
인천	26	158
광주	18	44
대전	11	44
울산	14	32
경기	158	551
강원	29	223
충북	41	308
충남	47	378

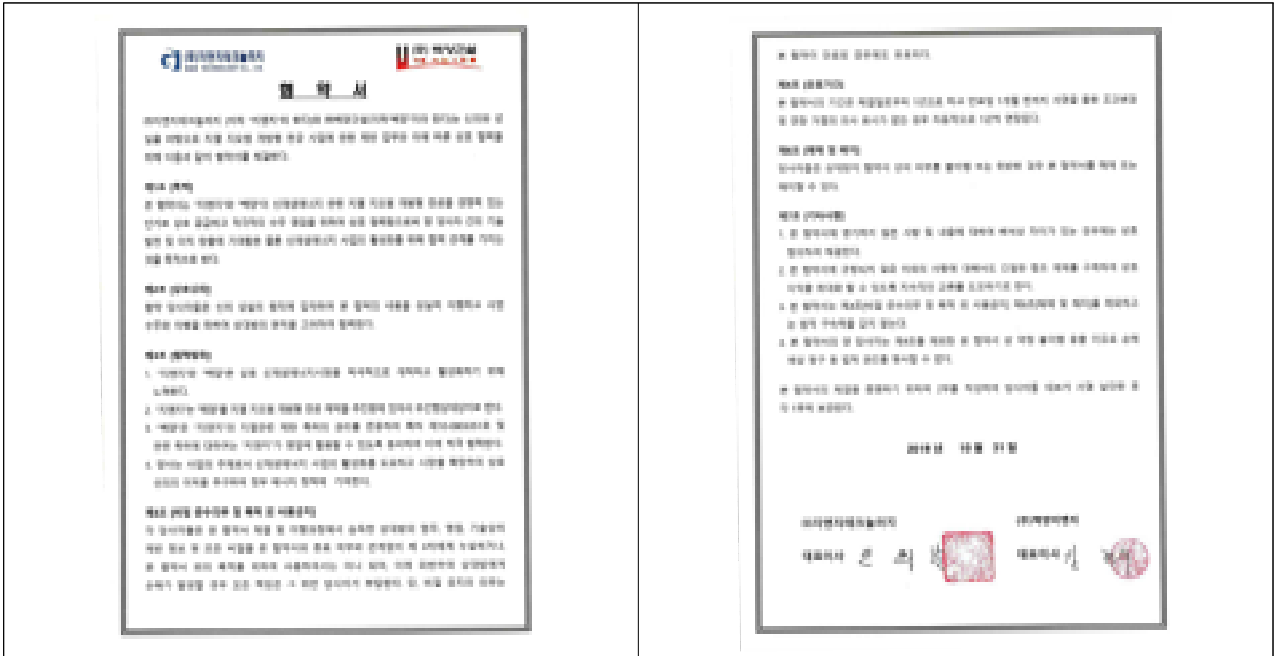
지역	보링그라우팅	지하수
세종	4	35
전북	99	491
전남	98	392
경북	100	463
경남	112	307
제주	6	35
합계	1040	3731

- 이 중 착정단가와 장비보유현황, 실적현황, 기술자 보유 수를 근거로 10개사 이내로 스마트 팜 지열시스템 업무협조업체를 선정하였음
- 세부적으로는 착정에 필요한 천공기는 장비는 4대 이상, 공기압축기는 25 HP 급 4대이상 보유한 업체이며, 실적현황은 개방형과 수직밀폐형 모두 천공하고 지중열교환기 시공한 실적을 보유하며 최소 50개공에서 최대 100개공을 1개 현장에서 천공한 실적을 보유한 업체로 하고, 기술자는 시추인정기능사 및 토목기사 초급이상 4개 이상 보유한 업체로 선정하였다. 또한, 착정단가는 수직밀폐형의 경우 2관식일 경우 m 당 단가 12,000~14,000원, 4관식일 경우 m 당 단가 15,000원 이내, 개방형의 경우 m 당 단가 30,000~40,000원 범위로 선정하여 업무협조가 가능한 10개 업체를 선정하였음

[표 2-291] 지열공굴착 협력업체 현황

연번	업체 명	소재지	비고
1	(주)백양이엔지	전남 함평	MOU 체결
2	삼성이엔지	강원 춘천	
3	옥산이엔지	광주광역시	
4	지티씨	경기 오산	
5	동원지하수개발	경기 남양주	
6	경원이엔지	인천광역시	
7	명성이엔지	경기 수원	
8	유성삼정개발	제주특별시	
9	송주건설	경기 이천	
10	샘테크	경기 안성	

- 위 10개사 중 본 연구를 위하여 정식으로 MOU 체결업체는 (주)백양이엔지로 지열공굴착 시공실적과 기술력이 가장 우수한 기업임
- MOU 주요 내용으로는 스마트팜 천공과 관련하여 천공 공정에 대한 우선협상대상자로서 계약협상을 시행하게 되며, 사전 조사자료(공사비 실행 내역 및 업체 시장조사 등)을 참고하여 계약 협상을 시행하는 것으로 한다. 또한, 책임시공과 함께 재 하도급시공은 불가하며, 비밀 준수 의무를 포함하였음



[그림 2-582] 굴착업체(백양이엔지) MOU 사본

(나) 고밀도 HDPE 공급업체 조사 및 협력업체 구성

- 지중 열교환기의 분류방식에 따라 수직밀폐형, 지중수평형, 에너지파일형, 스탠딩칼럼웰형 4종류로 분류하고 있으며, 이 중 에너지파일형을 제외하고 지열공의 공급·환수관에 사용되는 모든 자재는 신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침 5. 지열에너지설비 시공기준에 의하여 HDPE관(고밀도폴리에틸렌파이프)을 사용하도록 명시되어 있다. 또한, 트렌치배관에 사용되는 파이프 또한 지중열교환기 파이프와 동일한 재료를 사용하도록 하되, SDR 11 이상으로 제작된 것을 사용해야 함
- HDPE 파이프는 내부식성이 있고 저렴하여 현재 지열 현장에서 열교환관으로 가장 많이 사용하고 있다. HDPE 파이프의 원료로는 PE80과 PE100 두 가지가 주로 사용되는데, PE100은 기존 구KS 파이프를 생산할 때 사용되는 범용 PE80보다 내구성이 좋고 외부 충격에 대한 저항성이 높은 원료임
- HDPE관의 기본특성 및 기본물성은 밀도, 비열, 선팽창계수 등 13종이 있으며, KS 기준에 의하여 종합쇼핑몰에 등록하기 위해서는 아래 기준을 모두 만족하는 품질 이상의 제품이어야 함

[표 2-292] HDPE관 기본물성표

물성	단위	HDPE(고밀도)	비고
밀도	g/cm ³	0.953	
비열	kcal/kg°C	0.55	
선팽창계수	cm/cm°C	11 x 10 ⁻⁵	
신율	%	600이상	
연화온도	°C	121	
열전도율	W/cm°C	0.4	
용융지수	g/10min	0.08-0.12	
융점	°C	128	
저온취하온도	°C	-40	
충격강도	kgcm/cm ²	13	

물성	단위	HDPE(고밀도)	비고
포하손비		0.4	
항복인장강도	kg/cm ²	200이상	
흡수율	%	0.008	

- 종합쇼핑몰(<http://shopping.g2b.go.kr>)에 HDPE 파이프 제조업체로 등록된 업체 수는 총 50개, 품목수는 3254 종이며, 각 지역별 제조업체는 다음과 같음

[표 2-293] HDPE 파이프 공급업체 현황(종합쇼핑몰 기준)

지역	업체 수	비고
강원	6	
경기	4	
경남	5	
경북	9	
광주	1	
대구	2	
부산	2	
세종	2	
전남	3	
전북	6	
충남	7	
충북	3	
계	50	

- 이 중 동원파이프와 한국PEM사의 규모가 타 업체에 비해 크고 가격이 저렴하면서도 품질이 우수하여 주로 사용하고 있으며, 동원파이프의 경우 본사와의 직접 구매는 불가능하고 대리점사인 제이유에너지를 통해서만 구매가 가능하며, 해당업체와 협력업체를 구성하였고, 한국PEM은 대리점은 별도로 형성되어 있지 않으며, 일반 배관판매업체 및 본사를 통해 구매가 가능하여 경제성을 고려하여 본사를 통해 자재단가 협의를 완료하고 협력업체로 구성하였음

[표 2-294] HDPE 파이프 공급 협력업체

업체 명	주소	비고
제이유에너지	서울시 금천구 가산디지털2, 대륭테크노타운19차 707호	동원플라스틱 대리점사
한국PEM	세종시 연기면 공단로 130	본사

(다) 지열 히트펌프 공급업체 MOU 체결

- 지열 히트펌프는 열을 이송시키는 매체에 따라 4종류로 분류함

[표 2-295] 열펌프의 종류

분류	열원
공기 대 물 공기 열펌프(Air to Air Heat Pump)	공기
물 대 물 열펌프(Water to Water Heat Pump)	물
공기 대 물 열펌프(Air to Water Heat Pump)	공기
지열원 열펌프(Geothermal Heat Pump)	지열, 지하수

① 공기 대 공기 열펌프(Air to Air Heat Pump)

- 실외 공기를 이용하여 공기속의 열을 추출하고 부하측에 공급하는 냉난방매체 역시 공기를 이용하여 냉방과 난방용으로 이용하는 시스템을 공기 대 공기 열펌프라 한다. 이때의열원은 실외 공기임
- 대표적인 공기열원 열펌프는 최근 설치 및 이용의 빈도가 높아지는 전기식 열펌프(EHP)와 가스를 이용한 가스식 열펌프(GHP)시스템이다. 그러나 실외 대기온도가 높거나 낮을 경우 시스템의 특성상 많은 전력이 소모되어 성능 효율이 하락한다. 국내의 경우 일부지역을 제외하고는 겨울철 외기온도가 낮아 난방용으로 공기 대 공기 열펌프를 이용하기에는 단점으로 꼽히고 있음

② 물 대 물 열펌프(Water to Water Heat Pump)

- 물 대 물 방식의 열펌프 시스템은 열원으로서 물이 보유하고 있는 열에너지를 열펌프를 통하여 추출하고, 부하측에 공급하는 매체도 역시 물을 이용하여 냉온수를 AHU나 FCU에 공급함으로써 건물의 냉난방에 이용하는 방식임
- 물은 부존상태에 따라 호수, 강물, 햇, 연못, 저수지 등으로 구분할 수 있음
- 지하수의 경우 지표수와 달리 연중 일정한 온도를 유지하기 때문에 지하수이용 열펌프의 경우 일반적인 수열원 열펌프와 구분됨

③ 물 대 공기 열펌프(Water to Air Heat Pump)

- 물 대 공기 열펌프의 동작원리는 물 대 물 열펌프와 비슷하나 열펌프가 물에서 추출한 열에너지를 이용하여 냉 온수를 만드는 대신에 덥거나 차가운 공기를 만들어 냉난방에 이용하는 열펌프임
- 대다수의 건물들은 열펌프에 의해 만들어진 가열 및 냉각된 공기를 송풍기와 덕트(Duct)를 통해 필요한 곳으로 보낸다. 실제로 물을 열 에너지원으로 하는 열펌프는 냉난방 형식이 송풍방식이거나 배관 형식이거나를 불문하고 모두 동일한 열펌프임
- 물 대 공기 열펌프에 온수를 만들 수 있는 열교환기를 부착하면 이는 바로 물 대 물 열펌프와 동일한 시스템이 된다. 물 대 공기 열펌프에 사용할 수 있는 물의 종류(지하수, 상수도, 지표수, 해수)와 역할은 물 대 물 열펌프와 동일함

④ 지열펌프(Ground Source Heat Pump, GSHP)

- 지열시스템의 열원은 크게 지구 내부 에너지인 심부지열과 태양 복사열에너지인 천부지열로 구분 지을 수 있다. 지중온도는 해당지점의 지리적인 위치(위도,고도) 심도 및 수리지질 조건에 따라 차이가 있으나, 지구상의 모든 지역에서 냉방과 난방을 수행하는데 적합한 열원으로 사용될 수 있음
- 지열은 수리지질학적인 조건에 따라 수 °C에서 수 100°C의 열에너지를 보유하고 있다. 그러나 열펌프를

이용한 냉난방과 관련된 천부지열은 항상 사용하는 지하수 온도의 범위이다. 일본이나 뉴질랜드의 화산지역은 지열이 비교적 높은 지대이기 때문에 고온의 지하수를 직접 지열발전소나 난방용으로 사용할 수도 있지만 이는 특수한 경우에 해당함

- 지열펌프는 현재 가용한 모든 냉난방 시설 중 유지비용이 가장 저렴하고 환경오염 배출량이 가장 적은 시스템이라고 EPA(미국 환경청)에서 제시한 바 있다. 또한 지열펌프 이용자들은 지열펌프가 가장 쾌적하고 만족스러운 냉난방 장치로서 초기투자비는 타 시설에 비해 다소 높지만 운영, 관리, 유지비가 저렴하기 때문에 3~4년 내에 초기 투자비를 완전히 회수-상환할 수 있는 저비용 냉난방 장치로 평가하고 있음
- 아래 표는 연소형 난방시설, 열펌프와 지열펌프의 안정성, 설치비, 운영비, 유지관리비, 및 전과정 비용을 최대, 대, 중, 소로 분류한 표임

[표 2-296] 각 시설의 비교표

시설	안정성	설치비	운영비	유지관리비	전과정비용	비고
연소형 시설	-	중	중	대	중	
열펌프	최대	중	중	중	중	
지열펌프	최대	대	소	소	소	최적

- 지열이용검토서 작성대상인 의무화사업(연면적 1,000 m² 이상의 공공건축물, 정부지원 보급사업 등)에 지열펌프를 제조 및 납품하기 위해서는 신재생에너지설비인증을 에너지관리공단으로부터 인증받아야 하며 인증대상 설비가 아닌 경우에는 “KS B 8292~8294”에 따라 최소성능기준(COP) 등을 만족하는 시험결과가 포함된 시험성적서를 센터로 제출하고, 위원회 심의를 거쳐 센터의 장이 인정할 경우 사용할 수 있음
- 지열열펌프 유닛의 세부구성요소 및 설치기준은 다음과 같음

① 지열열펌프 유닛 감쇄장치

- 지열열펌프는 압축기의 진동을 감쇄시키기 위해 콘크리트 기초위에 앵커볼트 고정 및 방진설비(10mm 이상의 방진 고무 또는 방진스프링)을 설치하여야 한다. 바닥설치형이 아닌 경우 철제구조물(앵커볼트·방진설비 포함)에 설치하여야 함

② CASING

- CASING & FRAME은 현장여건에 따라 PART별 분리 반입이 가능하도록 열교환기, 압축기, LOCAL PANEL로 구분하여 제작하고, PART별 반입이 어려운 현장에는 완전 분해하여 반입한 후 현장에서 조립이 가능하도록 제작함
- MATERIAL
- OUTSIDE CASING : SPCC 1.6t (KSD 3512) 이상
- CASING에는 점검 및 보수 작업이 용이하도록 탁부착이 가능한 체결구조이어야 함
- CASING의 절곡 부위는 돌출부 등이 없도록 미려하게 처리하고 완조립 후에는 연결부위에 뜨임이 없도록 함
- 단열 및 소음흡수를 위해 CASING 안쪽면에 보온재 또는 흡음재가 부착되어야 함
- BASE FRAME은 구동체의 진동 및 본체의 중량을 충분히 지지할 수 있는 구조로 제작함

③ 열교환기(PLATE HEAT EXCHANGER)

- 기밀시험을 한 후 내부를 충분히 건조시킴
- 열교환기 제작 후 냉매측 및 물측은 $45\text{kg}/\text{cm}^2\text{g}$ 이상의 압력에 충분히 견딜수 있어야 함
- 열교환기 외측에는 고온에 견딜 수 있는 보온재로 단열처리가 되어 있어야 함
- MATERIAL : STS 316 이상.

④ 압축기(COMPRESSOR PART)

- COMPRESSOR는 스크롤 밀폐형을 사용함
- 압축기 하부에는 방진고무를 장착하여 소음 및 진동 전달을 방지하도록 함
- 냉매는 친환경 냉매 R-410A를 사용함.
- 압축기의 냉매가스 흡입관에는 스트레이너를 부착하여 이물질의 흡입을 방지함
- 압축기에는 OIL FOAMING에 의한 COMPRESSOR의 소손을 방지하기 위해 CRANK CASE HEATER를 부착하여야 함

⑤ 냉매 조절장치 (THERMAL EXPANSION VALVE)

- 온도식 자동팽창변은 COMPRESSOR의 냉동 능력에 적합한 용량을 선정 부착하여야 함
- 감온구는 흡입관 수평배관에 부착하고 흡입관 크기가 7/8" 이상인 배관은 배관단면의 수직 방향에서 45° 위치에 설치함
- 감온구는 균압관 전단에 부착함

⑥ 냉매 배관

- 냉동 CYCLE에 사용하는 동관은 순도 99.9% 이상의 KS규격품인 이음매 없는 인탈산 동관(KSD5301)을 사용하고, 용접부위는 BARING후 은납용접봉을 사용하여 철저히 용접하여 누설이 없도록 함
- 배관 관통부위에는 필요에 따라 슬리브 또는 RUBBER를 사용하여 진동으로 인한 배관의 절단을 방지하고, 오일회수를 위하여 수평관은 최소 1/400 이상의 구배를 줌
- 냉매배관의 액관에는 FILTER-DRYER 및 SIGHT GLASS 부착하여 냉동 CYCLE 내의 수분을 제거하고 감시할 수 있도록 함
- 또한 액관에 가용전을 설치하여 이상 고온(72°C 이상) 및 고압시 차단될 수 있도록 함
- COMPRESSOR 토출구 후단에는 OIL SEPARATOR를 부착하고 OIL회수 배관을 구성하여 방출된 OIL이 COMPRESSOR로 회수될 수 있도록 함
- 배관작업이 완료 되면 기밀 및 누설시험을 실시한 다음 이상이 없으면 P.E FOAM TUBE 및 TAPE로 마감처리를 함
- 기밀시험 및 진공방치시험이 완료되면 냉매를 충전시킴

⑦ CONTROL PANEL (제어판넬)

- CONTROL PANEL은 SPCC 1.2t 이상을 사용하여 견고하게 제작하고 옥외 설치형은 방수형 DOOR TYPE으로 제작하고 PACKING재를 삽입하여 정확한 기밀이 유지되도록 함

⑧ CONTROLLER

- 온 습도 CONTROL 방식은 MICRO PROCESSER가 내장된 AUTO CONTROLLER에 의해 요구하는 온도가 자동제어 되어야 하며, LCD MONITOR에 의해 DISPLAY가 가능하고 자가고장 진단에 의해 이상경보를 발생하고 DISPLAY상에 나타내야 함
- 주 조정 장치는 기억관리 기능이 내장되어 현재의 운전조건 및 이상유무 상태를 기억할 수 있어야 함
- CONTROLLER에는 자체 TEST 기능이 내장되어 운전 중 상태와 이상발생시 이상 유무를 확인 TEST 할 수 있는 기능이 내장되어 있어야 함
- 메인차단기(NFB) 용량은 소비전력이 35kW이하는 100A, 35kW초과는 150A로 설치함

⑨ 안전장치

- DUAL PRESSURE SWITCH(LOW & HIGH)
- COMPRESSOR 보호용 E.O.C.R
- POWER용 M.C.B(MOLDED CIRCUIT BREAKER)
- 조작 전원용 M.C.B
- F/S(히트펌프 내부에 내장)

⑩ 안전장치

- PAINTING 작업 전에는 탈지공정에 의한 탈지를 한 후 인산 피막 처리를 함
- PAINTING의 상도는 분체 도장을 함

○ 종합쇼핑몰에 지열히트펌프 제조업체로 등록된 업체는 총 4개사로 중견기업이 2, 대기업이 2개사로 조사되었으며, 등록품목 수는 22개로 조사되었음

[표 2-297] 지열히트펌프 제조업체(종합쇼핑몰 등재기준)

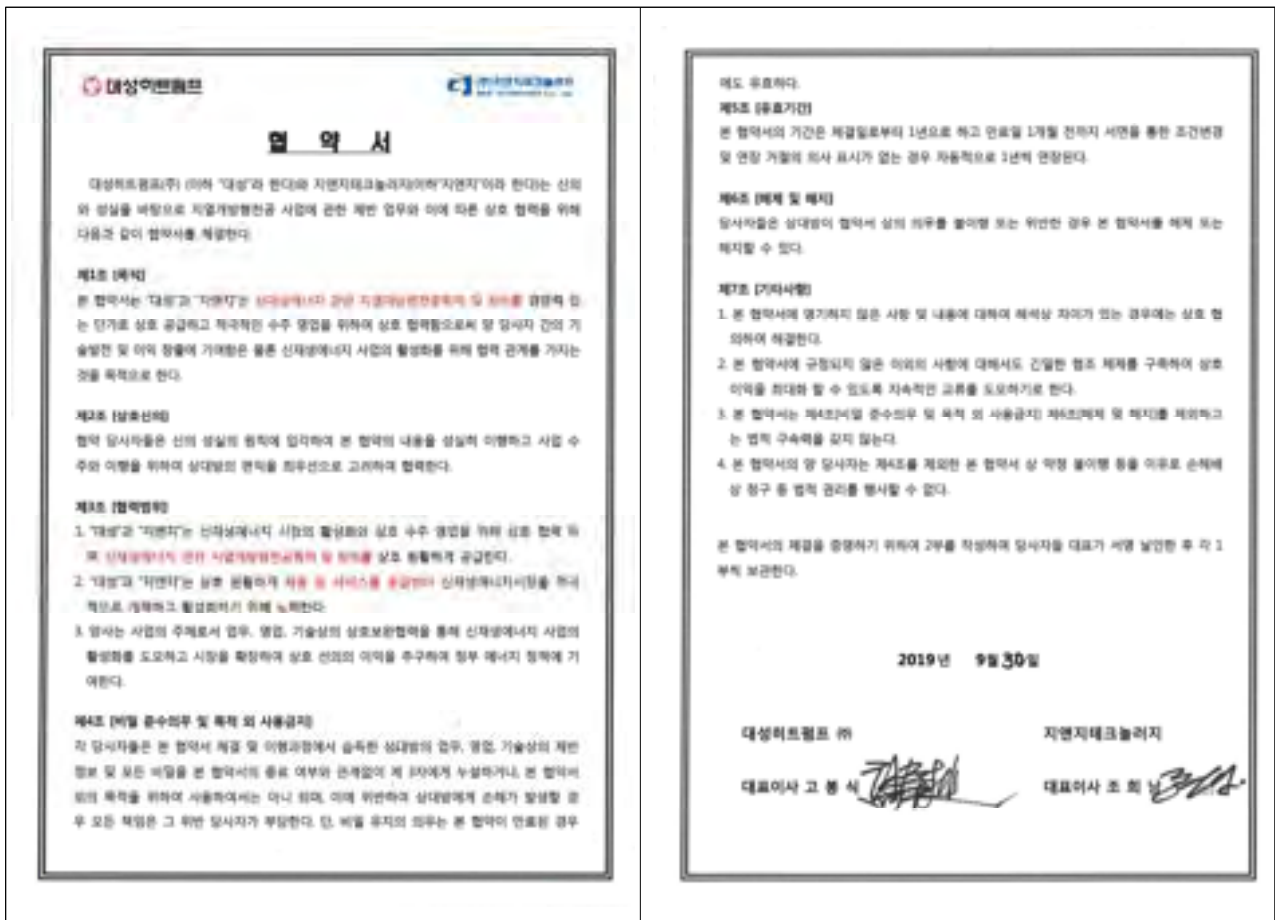
업체명	소재지	기업형태	상품수	비고
신성엔지니어링	경북 청도군	중견기업	3	
대성히트에너지스	충북 음성군	중견기업	2	MOU 체결
삼성전자(주)	수원 영통구	대기업	5	
엘지전자(주)	서울 영등포구	대기업	12	

[표 2-298] 제조업체별 지열히트펌프 모델명(종합쇼핑몰 등재기준)

모델명	냉방용량(kW)	난방용량(kW)	판매금액	제조업체	방식
GSKE-030R2B	114.1	110.1	23,000,000	신성	물 대 물
GSKE-050R2B	188.4	179	36,000,000	신성	물 대 물
GSKE-060R	236.4	221.7	48,950,000	신성	물 대 물
DHGW 25N-C4-01	84.49	88.17	19,580,000	대성	물 대 물
DHGW 45N-C4-01	158.52	177.765	29,150,000	대성	물 대 물
AM 080FXWAHR2	22.8	21.7	3,653,000	삼성	물 대 물
AM 100FXWAHR2	25	26.1	4,206,000	삼성	물 대 물
AM 120FXWAHR2	29.6	30.5	5,360,000	삼성	물 대 물

모델명	냉방용량(kW)	난방용량(kW)	판매금액	제조업체	방식
AM 200FXWAHR2	55.5	55.2	7,750,000	삼성	물 대 물
AM 300KXWAHH1	73.5	77.3	11,107,000	삼성	물 대 물
RGUW080C9C	22.2	21.1	3,700,000	엘지	물 대 공기
RGUW100C9C	25.1	26.3	4,250,000	엘지	물 대 공기
RGUW120C9E	30.1	29.9	4,950,000	엘지	물 대 공기
RGUW200C9C	52.1	54.9	7,600,000	엘지	물 대 공기
LGG-N5801DC	69.3	75.2	8,663,000	엘지	물 대 공기
ACGR0259B A3	80.2	76.9	20,196,000	엘지	물 대 물
ACGR0359B A3	114	116	31,500,000	엘지	물 대 물
ACGR0409B A2	140	140	36,700,000	엘지	물 대 물
ACGR0509B A3	160.7	150.7	39,454,000	엘지	물 대 물
ACGR0559B A3	183	183	46,800,000	엘지	물 대 물
ACGR0609B A2	210	210	49,950,000	엘지	물 대 물
ACGR0809B A2	280	280	72,410,000	엘지	물 대 물

○ 위 제조업체 중 대성히트에너지(구 대성히트펌프(주))와 2019.9.30. 업무협약을 체결하였으며, 주요 협력범위로는 신재생에너지 관련 지열개방형천공특허 및 장비를 경쟁력있는 단가로 상호 공급하고 수주활동 및 양 당사자 간의 기술발전 및 이익창출에 기여하는 것을 주요 내용으로 하였음



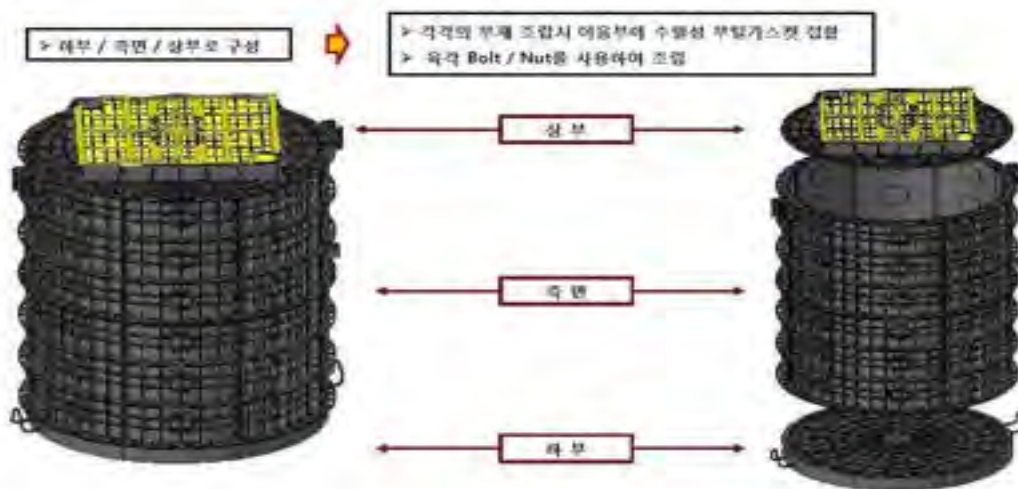
[그림 2-583] 히트펌프(대성히트에너지) MOU 사본

□ 집수정 제작업체 협력업체 구성

- 스마트팜에 적용계획인 단일순환펌프형 지열시스템은 개방형과 수직밀폐형의 장단점을 취합한 형태의 시스템으로 개방형은 개별공별로 수중모타펌프가 설치되므로 전력소모비와 공사비증가, 정기적으로 수중모타펌프의 소손관리를 해야하므로 교체수리비가 증가하는 단점이 있고, 수직밀폐형의 경우 수중모타펌프가 설치되지 않아 유지관리는 상대적으로 저렴하지만 지열1개공당 열용량이 작아 개방형대비 10개공 이상의 지열공이 필요한 단점이 있음
- 단일순환펌프형 지열시스템은 지열공에 수중모타펌프가 필요하지 않고 지열공과 물을 보충해주는 보충정, 집수정으로 구성되어 있으며, 보충정에서 지열공으로 지하수를 순환해주고, 재순환지하수가 다시 보충정으로 유입되는 시스템으로 부족한 물량은 보충정의 수중모타펌프를 가동하여 물량을 확보하고, 남은 물량은 집수정으로 자동순환되는 시스템임
- 집수정은 현장에서 가공되어야 하므로 설치 운반이 간단해야 하는 특징을 가지고 있는데 대다수 집수정은 철근콘크리트구조나 철판 및 철재류로 용접된 구조로 제작기간 및 운반, 지하수오염에 취약함
- 아래 표는 재질에 따른 집수정 종류별 장단점을 비교자료임

구분	재래식 집수정	강재(鋼材) 집수정	우경에이스집수정
재질 및 구조	철근 콘크리트 구조	철판 및 철재류 용접 구조	플라스틱(PP) 조립식 구조
제작 기간	15~20일	7~10일	2일
장,단점	<ul style="list-style-type: none"> • 터파기 양이 많아 시간 소요 • 숙련된 기능공이 필요함 • 제작설치 기간이 길다. • 후속공정(방수매김) 필요 • 콘크리트 품질 관리 곤란 • 합철물 부식이 발생한다. • 안전사고에 각별한 주의 	<ul style="list-style-type: none"> • 강재로 부식에 취약함. • 부식으로 인해 배관 오염 • 표면 및 품질관리 철저 • 운반 및 설치 부담 (중량) • 제작설치 기간이 길다. • 숙련된 기능공 필요함. 	<ul style="list-style-type: none"> • 친환경 제품 • 내부식성 재질(반경구력) • 지하수 오염 방지 • 운반 및 설치 용이 (경량) • 공사기간 단축 • 내용량 조절 가능
현상			

[그림 2-584] 집수정 종류별 비교분석



[그림 2-585] 집수정 구성 및 개요

(좌) 기초지반 침지 및 집수정 터파기 → 집수정 영종 → SLEEVE 영종(배관설치 - 건축 / 영구배수) → 버림 Concrete 타설



[그림 2-586] 집수정 시공순서도

- 우광에이스의 집수정은 pp 조립식 구조로 현장에서 조립 및 지면과 일체형으로 설치가 가능하여 주차장이나 차도 등에도 설치가능하며, 필요 규격에 따라 제작조립이 가능함
- 특허 10-0975365호, 한국건축구조 기술인증, 건설신기술 인증 등을 보유하고 있어 제품의 기술력은 공인된 바 있고, 기타 운반, 조립설치, 친환경성이 우수하여 협력업체로 구성하였음

3.6. 순환펌프형 구성요소 운영매뉴얼 작성

가. 일순환펌프형 지열시스템 설치 구성을 위한 설치 설계 및 시방서 작성

- 단일순환펌프형 지열시스템 설계
 - 평택에 위치한 팜에이트현장의 식물공장에 지열시스템 설치를 위한 210 RT급 지열시스템을 기준으로 하여 2019년 표준품셈과 건설적산, 2019년 10월 물가정보 및 견적단가를 기준으로 하여 설계서를 작성하였음
 - 210 RT급에 필요한 지열공은 D250mm × 17공이며, 지하수 보충에 필요한 보충정은 D250mm × 4공이며, 히트펌프는 50 RT급 3대, 40 RT급 2대로 산정하여 계산하였음
 - 계산결과 전체 1,759,898천원 중 지열공 굴착은 698,341천원으로 전체의 40%를 차지하였으며, 보충정 굴착이 302,960천원으로 17%, 히트펌프 등 장비설치비가 366,600천원으로 21%를 차지하였음

[표 2-299] 단일순환펌프형 지열시스템 설계 집계표

단위 : 천원

품 명	규격	수량	재료비	노무비	경비	합계
1. 준비작업			92	201	105	398
2. 지열공굴착	D250mm*H250m	17공	149,605	334,941	213,795	698,341
3. 보충정 굴착	D250mm*H250m	4공	102,242	122,996	77,722	302,960
4. 지중열교환기설치	D250mm*H250m	17공	30,736	40,086	1,211	72,033
5. 부대공사		1식	54,720	45,726	1,711	102,157
6. 트랜치배관		1식	34,750	36,881	595	72,226
7. 장비설치		1식	360,205	6,209	186	366,600
8. 기계실배관		1식	62,533	45,918	1,233	109,684
9. 자동제어		1식	29,337	6,162		35,499
합계			824,220	639,120	296,558	1,759,898

내역서

(단일순환펌프형 지열시스템 설치공사)

품명	규격	단위	수량	재료비		노무비		경비		합계		비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
단일순환펌프형 지열시스템 설치공사			1	824,222,400	824,222,400	630,133,914	630,133,914	396,331,601	396,331,601	1,750,675,034	1,750,675,034	
지열공사			1	824,222,400	824,222,400	630,133,914	630,133,914	396,331,601	396,331,601	1,750,675,034	1,750,675,034	
1. 용기외역				30,100	30,100	201,000	201,000	100,000	100,000	300,000	300,000	
원천조 설치	모름, 물사기 0.7ms	MS	300	100	30,100	672	201,000	301	100,000	1,301	302,002	
2. 지열원 설치공사			1	149,695,300	149,695,300	334,941,000	334,941,000	213,236,347	213,236,347	698,147,894	698,147,894	
기계기구 설치		가스	17			227,634	3,869,776			227,634	3,869,776	
대구경보형(투시형)	2250mm	M	01	27,840	2,975,410	68,469	5,649,016	49,093	4,246,461	144,009	12,271,292	
대구경보형(투시형)	2250mm	M	15	42,000	6,300,000	104,165	15,940,365	77,009	11,794,311	284,002	34,266,675	
대구경보형(연입)	2250mm	M	17	38,722	6,582,734	52,580	880,959	56,543	856,261	117,615	1,800,455	
대구경보형(연입)	2200mm	M	340	10,590	3,599,700	36,170	12,297,000	27,120	9,221,020	79,046	27,147,642	
대구경보형(투시형)	2200mm	M	0140	30,804	91,741,600	60,160	189,275,606	44,259	139,175,300	140,290	419,197,052	
대구경보형(연입)	2200mm	M	510	90,110	39,857,550	12,533	57,391,859	82,249	42,228,473	256,443	130,275,933	
외부케이스 설치	2200mm	M	265	45,436	11,939,156	59,347	46,633,405	24,051	6,370,151	229,764	54,599,822	
스라퍼팅		M	265	6,300	1,684,500	36,271	6,991,105	412	106,060	41,003	10,705,059	
3. 외역원 설치공사			1	102,242,000	102,242,000	122,906,070	122,906,070	77,231,340	77,231,340	302,001,000	302,001,000	
기계기구 설치		가스	4			227,634	910,536			227,634	910,536	
대구경보형(투시형)	2250mm	M	20	42,000	840,000	104,165	2,083,700	77,009	1,641,740	224,002	4,401,042	
대구경보형(연입)	2250mm	M	05	38,722	661,900	62,560	1,094,600	36,543	1,007,540	117,615	4,234,142	
대구경보형(연입)	2200mm	M	4	16,500	66,000	36,170	144,680	27,120	108,480	79,846	319,384	
대구경보형(투시형)	2200mm	M	80	28,804	2,304,320	60,160	4,814,640	44,259	3,560,240	139,290	10,683,202	
대구경보형(연입)	2200mm	M	740	90,110	44,481,000	12,533	69,274,400	82,249	61,099,740	256,443	169,027,422	
외부케이스 설치	2200mm	M	120	45,436	5,452,320	59,347	19,121,640	24,051	2,307,720	229,764	27,271,682	
스라퍼팅		M	60	6,300	379,000	36,271	2,116,260	412	24,720	41,003	2,518,982	

[그림 2-587] 단일순환펌프형 지열시스템 설계내역서-1

내역서

[단일순환펌프형 지열시스템 설치공사]

내역명	규격	단위	수량	재료비		노무비		경비		합계		비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
비누케이(중성화)	0125mm	M	800	4,586	3,669,100	70,000	8,648,400	8,595	6,882,000	80,000	10,112,000	
수도용과출입밸브(납관(PVC))	0125mm(vp)	M	800	58,300	46,640,000					88,000	46,640,000	
수도용pvc 이음관(소경)	0125mm	EA	200	5,100	1,020,000					5,100	1,020,000	
4. 지열교환기 설치공사				30,750,000	30,750,000	40,000,000	40,000,000	1,211,000	1,211,000	72,000,000	72,000,000	
지열교환기 설치	60A	M	4200	160	672,000	9,400	40,008,000	200	1,211,000	9,800	41,893,200	
수도용플라이휠(납관)	신KB, 60A	M	4200	3,000	12,600,000					3,000	12,600,000	
수도용플라이휠(납관)	신KB, 35A(유공관)	M	12750	1,900	24,225,000					1,900	24,225,000	
5. 부대공사				54,750,000	54,750,000	45,700,000	45,700,000	1,711,400	1,711,400	102,161,770	102,161,770	
방매시상부보정장치		대	21	50,000	1,050,000	2,000,000	42,000,000	80,000	1,680,000	2,221,700	46,000,000	
방매시상부보정장치		대	21	1,500,000	31,500,000					1,500,000	31,500,000	
수질검사	생활용수기준	회	2	197,000	394,000					197,000	394,000	
방진모시판	지열공, 보충공	회	2	8,000,000	16,000,000					8,000,000	16,000,000	
방수경보장치	01065+H2000	개소	4	1,465,076	5,860,312	471,100	1,486,798	5,100	20,760	1,831,466	7,725,840	
6. 방수기체관공사				34,750,000	34,750,000	36,800,000	36,800,000	595,000	595,000	72,225,000	72,225,000	
방수기체관공사	보통, 글식기 0.4m3	M3	820	410	336,200	1,000	820,000	370	310,200	1,000	1,524,000	
방수기체관공사	벽조0.7m3, 인복00%	M3	710	28,170	1,998,170	17,000	1,045,000	170	13,000	40,200	3,056,100	
방수기체관공사	20cm	M	500	407	203,500			30	13,200	479	217,400	
방수기체관공사	보통, 글식기 0.7m3+레이터 60%	M3	711	470	336,570	6,700	4,780,200	300	262,400	7,600	5,382,270	
방수기체관공사	보통, 글식기 0.7m3+인복 30%	M3	36	167	5,952	6,100	216,760	170	6,440	6,400	35,550	
방수기체관공사	방수경보장치	개소	60	1,170	69,600	23,000	1,873,200			24,000	1,965,800	
방수기체관공사	방수경보장치	개소	60	1,907	114,420	36,000	4,791,000			11,000	3,914,400	
방수기체관공사	방수경보장치	개소	60	2,000	120,000	60,000	5,010,000			60,000	6,210,000	
방수기체관공사	방수경보장치	개소	300	9,120	2,736,000	60,000	18,071,070			60,000	19,114,500	

[그림 2-588] 단일순환펌프형 지열시스템 설계내역서-2

내역서

[단일순환펌프형 지열시스템 설치공사]

품 명	규 격	단위	수량	재 료 비		노 무 비		경 비		합 계		비 고
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	
수도용플래터릴린관	신K3, 40A	보	100	2,020	202,000					2,020	202,000	
수도용플래터릴린관	신K3, 63A	보	100	4,060	406,000					4,060	406,000	
수도용플래터릴린관	신K3, 90A	보	100	9,560	956,000					9,560	956,000	
수도용플래터릴린관	신K3, 110A	보	955	14,080	13,849,100					14,080	13,849,100	
수도용플래터릴린관이용관	Socket, 신K3, 40A	개	20	3,320	66,400					3,320	66,400	
수도용플래터릴린관이용관	Socket, 신K3, 63A	개	20	5,080	101,600					5,080	101,600	
수도용플래터릴린관이용관	Socket, 신K3, 90A	개	20	9,600	192,000					9,600	192,000	
수도용플래터릴린관이용관	Socket, 신K3, 110A	EA	150	17,920	2,688,000					17,920	2,688,000	
수도용플래터릴린관이용관	90° 엘보, 40A	개	50	4,600	230,000					4,600	230,000	
수도용플래터릴린관이용관	90° 엘보, 63A	개	50	7,400	370,000					7,400	370,000	
수도용플래터릴린관이용관	90° 엘보, 90A	개	50	46,760	2,337,500					46,760	2,337,500	
수도용플래터릴린관이용관	90° 엘보, 110A	개	120	56,200	6,993,600					56,200	6,993,600	
수도용플래터릴린관이용관	청린, 풍착식, 40A	개	10	4,920	49,200					4,920	49,200	
수도용플래터릴린관이용관	청린, 풍착식, 63A	개	10	7,000	70,000					7,000	70,000	
수도용플래터릴린관이용관	청린, 풍착식, 90A	개	10	11,040	110,400					11,040	110,400	
수도용플래터릴린관이용관	청린, 풍착식, 110A	개	10	20,600	206,000					20,600	206,000	
수도용플래터릴린관이용관	φ 63* φ 49mm, 리듀서	개	12	17,260	207,120					17,260	207,120	
수도용플래터릴린관이용관	φ 90* φ 63mm, 리듀서	개	15	29,330	439,950					29,330	439,950	
수도용플래터릴린관이용관	φ 110* φ 90mm, 리듀서	개	12	41,680	500,160					41,680	500,160	
수도용플래터릴린관이용관	만물탄자, 신K3, 110A	EA	10	40,210	402,100					40,210	402,100	
수도용플래터릴린관이용관	헨드Cap, 신K3, 110A	EA	10	14,950	149,500					14,950	149,500	
7. 기계실 환기 장치공사			1	300,205,000	300,205,000	6,209,470	6,209,470	196,294	196,294	306,603,764	306,603,764	
지열히트펌프	EHW-60H-19-02(50FT)	대	1	36,000,000	106,000,000					36,000,000	106,000,000	

[그림 2-589] 단일순환펌프형 지열시스템 설계내역서-3

내역서

(단일순환펌프형 지열시스템 설치공사)

품명	구적	단위	수량	재료비		노무비		경비		합계		비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
지열히트펌프	DH6W-40N-19-02(40RT)	대	2	30,000,000	60,000,000					30,000,000	60,000,000	
지열버퍼순환펌프	230l ppe13m*2.2kw	대	6	2,500,000	20,000,000					2,500,000	20,000,000	
열교환기순환펌프	500l ppe19m*3.7kw	대	10	1,000,000	10,000,000					1,000,000	10,000,000	
환풍열교환기	240,000 Kcal/h	대	3	15,000,000	45,000,000					15,000,000	45,000,000	
버퍼탱크	냉난방용, 15ton	대	1	38,500,000	38,500,000					38,500,000	38,500,000	
버퍼탱크	냉난방용, 10ton	대	2	35,000,000	70,000,000					35,000,000	70,000,000	
지열정황탐프	100 LITER	대	3	1,125,000	3,375,000					1,125,000	3,375,000	
보통인부	일반공사 직종	인	16			130,264	2,084,224			130,264	2,084,224	
기계설비공	일반공사 직종	인	22			175,669	3,864,718			175,669	3,864,718	
공구손료	인복품의 3%	리	1					166,264	166,264	166,264	166,264	
0. 기계설비 배관공사			1	62,533,634	62,533,634	45,910,052	45,910,052	1,233	1,233	109,453,919	109,453,919	
배관용스테인리스강관	배관용스테인리스강관, 25A*3.0t	M	360	7,659	2,759,240					7,659	2,759,240	
배관용스테인리스강관	배관용스테인리스강관, 80A*3.0t	M	40	21,233	849,320					21,233	849,320	
배관용스테인리스강관	배관용스테인리스강관, 100A*3.0t	M	210	37,472	7,869,120					37,472	7,869,120	
배관용스테인리스강관	배관용스테인리스강관, 150A*3.0t	M	40	39,859	1,594,360					39,859	1,594,360	
배관용스테인리스강관	배관용스테인리스강관, 200A*3.0t	M	50	52,505	2,625,250					52,505	2,625,250	
스타관용철	25A	기소	160	1,324	211,840	13,620	2,487,600			15,144	2,725,920	
스타관용철	30A	기소	10	5,311	53,110	28,269	282,650			33,579	335,760	
스타관용철	100A	기소	96	7,630	743,060	36,909	3,321,960			42,799	4,065,010	
스타관용철	150A	기소	56	14,039	772,145	40,379	2,680,350			62,459	3,432,495	
스타관용철	200A	기소	20	22,825	456,500	81,771	1,236,420			84,596	1,691,920	
스타인리스 합 후면지	30A	기소	6	37,372	224,232	66,530	389,218			93,909	613,448	
스타인리스 합 후면지	100A	기소	64	44,530	2,849,920	69,939	4,475,904			114,469	7,325,824	

[그림 2-590] 단일순환펌프형 지열시스템 설계내역서-4

내역서

[단일순환펌프형 지역시스템 설치공사]

품 명	규 격	단위	수량	재 료 비		노 무 비		정 비		합 계		비 고
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	
스텐인리스 합 유엔지	150A	개스	18	84,559	1,522,044	90,740	1,741,350			181,299	3,283,364	
스텐인리스 합 유엔지	200A	개스	30	122,920	3,687,600	123,042	3,700,200			246,462	7,383,800	
스텐릴브(용접식)	25A, #10	개	30	1,820	54,600					1,820	54,600	
스텐릴브(용접식)	60A, #10	개	64	9,420	602,880					9,420	602,880	
스텐릴브(용접식)	100A, #10	개	14	15,860	219,240					15,860	219,240	
스텐릴브(용접식)	150A, #10	개	17	40,430	687,310					40,430	687,310	
스텐릴브(용접식)	200A, #10	개	30	60,990	2,519,400					60,990	2,519,400	
스텐티이(용접식)	25A, #10	개	3	3,540	10,620					3,540	10,620	
스텐티이(용접식)	60A, #10	개	5	15,700	78,500					15,700	78,500	
스텐티이(용접식)	100A, #10	개	19	23,853	452,267					23,853	452,267	
스텐티이(용접식)	150A, #10	개	6	60,020	360,100					60,020	360,100	
스텐티이(용접식)	200A, #10	개	5	96,970	484,850					96,970	484,850	
스텐릴유서(용접식)	65A, #10	개	16	4,410	70,560					4,410	70,560	
스텐릴유서(용접식)	100A, #10	개	6	7,410	44,460					7,410	44,460	
스텐릴(용접식)	100A, #10	개	4	7,100	28,720					7,100	28,720	
스텐릴(용접식)	150A, #10	개	2	16,700	33,400					16,700	33,400	
스텐릴(용접식)	200A, #10	개	10	30,420	304,200					30,420	304,200	
비타플루어밸브(기어식)	80A, 10K	개	24	38,000	912,000					38,000	912,000	
비타플루어밸브(기어식)	100A, 10K	개	40	49,000	1,960,000					49,000	1,960,000	
비타플루어밸브(기어식)	150A, 10K	개	4	75,000	300,000					75,000	300,000	
비타플루어밸브(기어식)	200A, 10K	개	6	590,000	3,540,000					590,000	3,540,000	
스텐릴밸브	25A, 10K	개	21	14,940	313,740					14,940	313,740	
스텐릴밸브	50A, 10K	개	15	34,100	511,500					34,100	511,500	

[그림 2-591] 단일순환펌프형 지역시스템 설계내역서-5

내역서

(단일순환펌프형 지열시스템 설치공사)

품명	규격	단위	수량	재료비		노무비		경비		합계		비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
치크벨브	25A, 10K, 평통	개	3	13,100	39,300					13,100	39,300	
정유방밸브	10K, 불완치식, 100A	개	6	660,000	4,260,000					660,000	4,260,000	
석션디퓨저	60A	개	6	180,000	1,440,000					180,000	1,440,000	
불탁시불조인트	65A, 10K	개	22	40,000	880,000					40,000	880,000	
불탁시불조인트	80A, 10K	개	24	46,400	1,113,600					46,400	1,113,600	
스텝유니온(나사식)	50A	개	25	13,630	340,750					13,630	340,750	
스리원체크벨브	100A	개	6	319,600	2,510,400					319,600	2,510,400	
스트레이너	25mm, 10K	개	1	42,200	42,200					42,200	42,200	
스트레이너	80mm, 10K	개	5	93,600	468,000					93,600	468,000	
스트레이너	200mm, 10K	개	5	476,000	2,380,000					476,000	2,380,000	
감압밸브	나사, 방온수, 10K, 25mm	개	1	142,000	142,000					142,000	142,000	
관보온(고무발포, 매직타프)	251*100A	M	210	14,964	3,140,340	24,431	5,151,510			39,465	8,291,850	
온도계 설치	616, 100A	개소	10	39,200	392,000	4,036	40,360			37,236	372,360	
압력계 설치	616, 10K	개소	10	43,000	430,000	4,036	40,360			47,036	470,360	
차동공기변질치(방.온수)	15A	개소	6	183,000	1,098,000	3,243	19,458			186,243	1,117,458	
관보온(고무발포, 매직타프)	251*25A	M	360	6,015	2,165,400	6,627	3,105,720			14,642	5,271,120	
관보온(고무발포, 매직타프)	251*60A	M	40	13,240	529,600	20,304	812,160			33,543	1,341,760	
관보온(고무발포, 매직타프)	251*150A	M	40	19,215	768,600	35,163	1,406,520			54,378	2,175,120	
관보온(고무발포, 매직타프)	251*200A	M	50	23,962	1,198,100	45,141	2,267,050			69,103	3,455,150	
발트보온(슈우매직타프)	501*65A	개소	16	5,040	80,640	95,606	1,530,900			100,734	1,611,744	
발트보온(슈우매직타프)	501*100A	개소	29	6,860	198,040	115,462	3,348,078			122,342	3,547,018	
발트보온(슈우매직타프)	501*150A	개소	7	9,662	67,634	133,679	870,053			140,231	1,037,617	
배관지치대 설치		조	1	1,305,290	1,305,290	6,787,730	6,787,730	1,200	1,200	8,174,264	8,174,264	

[그림 2-592] 단일순환펌프형 지열시스템 설계내역서-6

내역서

[단일순환펌프형 지열시스템 설치공사]

품명	규격	단위	수량	재료비		노무비		정비		합계		비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
승리브릴지	150A, 박치	개소	10	600	6,000	19,844	198,440	20,294	202,960			
가. 지열지열채어공사				29,337,130	29,337,130	6,102,632	6,102,632	36,493,770	36,493,770			
COMPUTER	INTEL I5 3.4 GHZ DUALCORE	SET	1	1,028,000	1,028,000			1,028,000	1,028,000			
MONITOR	24" LED	대	2	160,000	320,000			160,000	320,000			
DESK & CHAIR	고급형.서랍발도타임	set	1	400,000	400,000			400,000	400,000			
LOW CONVERTER	PS-485 / RS-232C, ETHERNET	ea	1	321,000	321,000			321,000	321,000			
HMI SOFTWARE (DDP-V2.0)	MONITORING / SCHEDULE운전	lot	1	4,210,000	4,210,000			4,210,000	4,210,000			
PANEL CASE	303W*200H*450	면	1	2,520,000	2,520,000			2,520,000	2,520,000			
HFB	EB3 32/20A	EA	1	71,400	71,400			71,400	71,400			
HFB	SKM - 2P	EA	7	15,400	107,800			15,400	107,800			
CONTROLLER(PLC)	XGT-CPU	EA	1	220,500	220,500			220,500	220,500			
CONTROLLER(PLC)	POWER	EA	2	90,900	181,800			90,900	181,800			
CONTROLLER(PLC)	BASE	EA	2	148,500	297,000			148,500	297,000			
CONTROLLER(PLC)	DIGITAL INPUT	EA	2	72,000	144,000			72,000	144,000			
CONTROLLER(PLC)	DIGITAL OUTPUT	EA	2	115,200	230,400			115,200	230,400			
CONTROLLER(PLC)	ANALOG INPUT	EA	1	460,800	460,800			460,800	460,800			
CONTROLLER(PLC)	ANALOG OUTPUT	EA	1	478,534	478,534			478,534	478,534			
CONTROLLER(PLC)	COMM MODULE	EA	1	430,000	430,000			430,000	430,000			
TEMP. CONVERTER	TEMP. INPUT MODULE(12CH)	EA	2	423,000	846,000			423,000	846,000			
TOUCH SCREEN	LCD TOUCH MONITOR	EA	1	1,690,000	1,690,000			1,690,000	1,690,000			
PLC TOUCH PROGRAM	CONTROLLER, TOUCH SCREEN	lot	1	1,800,000	1,800,000			1,800,000	1,800,000			
POWER SUPPLY(마워투츠워니트)	3A-100A	EA	2	15,000	30,000			15,000	30,000			
RELAY	2C24V	EA	6	6,800	39,600			6,800	39,600			

[그림 2-593] 단일순환펌프형 지열시스템 설계내역서-7

내역서

[단일순환펌프형 지열시스템 설치공사]

종 명	규 격	단위	수량	재료비		노무비		정 비		합 계		비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
TRANSFORMER	AC220V/AC24V500VA	EA	1	220,000	220,000					220,000	220,000	
BUZZER & BELL		EA	1	9,000	9,000					9,000	9,000	
회관등 & DOOR S/W	220V 10W	EA	1	44,000	44,000					44,000	44,000	
배선용CABLE	1.650*100M	EA	3	16,800	50,400					16,800	50,400	
AL DUCT	60 * 60 외	EA	8	12,000	96,000					12,000	96,000	
FLOW SWITCH	FS-4 10kg/cm²	EA	8	110,000	880,000					110,000	880,000	
전력상계	3상4선식	EA	2	187,000	374,000					187,000	374,000	
유량계	전자식800KHz/4-20MA/PULS	EA	2	3,780,000	7,560,000					3,780,000	7,560,000	
누수감지케이블	LDCA-10	M	34	40,000	1,360,000					40,000	1,360,000	
CABLE DUCT/COVER	200W * 100H	m	36	26,200	937,600					26,200	937,600	
ELUOW	200W * 100H	EA	12	16,120	193,440					16,120	193,440	
STEEL 권선관	16mm	m	35	1,574	55,090					1,574	55,090	
STEEL 권선관	22mm	m	21	2,029	42,609					2,029	42,609	
STEEL 권선관	28mm	m	16	2,660	42,496					2,660	42,496	
STEEL 권선관	36mm	m	6	3,410	20,460					3,410	20,460	
NORMAL	30MM	EA	6	4,510	27,060					4,510	27,060	
CHANNEL	41*25*1.6t	m	30	1,500	45,000					1,500	45,000	
권선 BOLT	3/8" * 1M	EA	44	2,930	128,920					2,930	128,920	
PULL BOX	200*250*150 외	EA	10	6,247	62,470					6,247	62,470	
FLEXIBLE TUBE	16mm	m	86	2,100	73,500					2,100	73,500	
FLEXIBLE TUBE	22mm	m	15	2,660	39,900					2,660	39,900	
FLEXIBLE TUBE	28mm	m	8	3,400	27,200					3,400	27,200	
FLEXIBLE CONNECTOR	16mm	EA	16	1,700	26,500					1,700	26,500	

[그림 2-594] 단일순환펌프형 지열시스템 설계내역서-8

내역서

[단일순환펌프형 지열시스템 설치공사]

품명	규격	단위	수량	배료비		노무비		공비		합계		비고
				단가	총액	단가	총액	단가	총액	단가	총액	
FLEXIBLE CONNECTOR	20mm	EA	4	2,110	8,440					2,110	8,440	
FLEXIBLE CONNECTOR	20mm	EA	3	2,540	7,620					2,540	7,620	
CONTROL TABLE	77H-CW 600 * 30	#	30	1,890	56,700					1,890	56,700	
CONTROL TABLE	77H-CW 1,500 * 250	#	60	4,421	265,260					4,421	265,260	
CONTROL TABLE	77H-CW 1,500 * 150	#	30	3,464	104,520					3,464	104,520	
CONTROL TABLE	77H-CW 1,500 * 60	#	60	1,897	114,240					1,897	114,240	
CONTROL TABLE	77H-CW 1,500 * 30	#	60	1,896	113,760					1,896	113,760	
CONTROL TABLE	77H-CW-08 1,500 * 30	#	60	1,351	81,060					1,351	81,060	
CONTROL TABLE	77H-CW-08 1,500 * 45	#	60	1,577	94,620					1,577	94,620	
CONTROL TABLE	SHED H-050-7H-01*30	#	50	523	26,150					523	26,150	
소모품	20T, 2"	EA	1	6,240	6,240					6,240	6,240	
내선작업	열교환사 직통	인	1			200,300	1,670,500			200,300	1,670,500	
차량제타일전공	열교환사 직통	인	1			237,227	1,690,547			237,227	1,690,547	
계량기	열교환사 직통	인	1			219,322	1,538,264			219,322	1,538,264	
장비임대	송환기 직통	인	4			300,000	1,240,240			300,000	1,240,240	
용구소모	인력소모 20%	인	1	184,870	184,870					184,870	184,870	

[그림 2-595] 단일순환펌프형 지열시스템 설계내역서-9

□ 단일순환펌프형 시방서 작성

I. 일반 시방서

1. 적용범위

- 1) 이 시방서는 지오썸 하이브리드 반밀폐 개방형 지열 지중열교환기 설치를 위한 착정, 케이싱 작업, 팩카그라우팅 오염방지, 내부케이싱의 설치, 분배순환관 설치, 집수탱크 및 밀폐식 상부보호공 설치에 관한 제반기준을 규정한다.

2. 적용기준

- 1) 본 지오썸 하이브리드 반밀폐 개방형 지열 지중열교환기 설치를 위한 일반시방은 「지하수법」 제16조 및 「같은 법 시행령」 제25조, 「지하수의 수질보전 등에 관한 규칙」 제2조, 신재생 에너지센터의 「신·재생에너지 설비의 지원 등에 관한 기준 및 개방형 지열시설기준», 환경부의 「지열 설비의 설치 운영 등에 관한 환경관리요령」을 기초로 하여, 생활용수 수질 기준과 오염방지시설 기준에 적합한 지열공 개발의 원활한 시공, 그리고 시공 관리를 위해 작성한 것이며 모든 시공 공정은 감독자의 확인과 지시가 이루어진 다음 차후 공정을 진행하도록 해야 한다.
- 2) 각종 시공 및 전기공사 등에 대하여 본 시방서에 명시되지 않은 사항은 국토교통부 제정 건축기계설비공사 표준시방서와 「건축전기설비 표준시방서」, 그리고 ISO 규격을 따른다.
- 3) 설계도서, 관계법규 또는 별도로 정한 규정을 제외하고는 본 시방서에 준하여 시공하며 일반시방서와 특기시방서가 서로 배치되거나 해석상 문제시에는 특기시방서를 우선으로 적용하여 발주자 또는 감리자의 지시에 따라 시공토록 한다.

3. 시공요구사항

3.1 지열 지중열교환기 굴착공 개발 및 오염방지시설 공법

- 1) 「지하수의 수질보전 등에 관한 규칙」 제2조 별표 1의 제1항의 가. 4) 내지 5) 중 차폐장치를 설치하도록 하며 시행한다.
- 2) 건축물 지하층에 지중열교환기를 구성하게 되어 암반층으로부터 지중열교환기가 시작되어질 경우 차폐장치의 설치와 오염방지 그라우팅은 생략할 수 있다.

3.2 품질 보증 및 현장관리

1) 수급자의 자격

신·재생에너지(지열) 전문기업, 기계설비 전문면허와 지하수개발·이용시설업등록 및 지하수영향조사기관으로 등록된 법정 자격을 갖춘 전문업체 이어야 한다.

2) 수중순환펌프의 성능

명시된 시스템 유체온도에서 증발하거나 수격작용 현상없이 작동되고 과부하 현상이 발생되지 않아야 하며 생산업체명, 모델번호, 정격/용량 등이 표시되어있어야 한다.

3) 현장기술자 및 장비

수급인은 신·재생에너지(지열) 분야 중 특히 지오썸 개방형 지열 지중열교환기 설치에 전문적 지식을 가진 기술자와 장비들을 충분히 확보한 후 공사에 임해야 하며 장비의 부족 등으로 계획에 차질이 발생하였을 때는 수급인이 모든 책임을 져야 한다.

4) 수질보호

수급인은 지표상부 오염방지를 위해 후속공정 진행 전까지 밀폐형덮개를 설치하여 개구부가 없도록 하여야 하며, 양수하는 과정에서 지표층을 통하여 오염수질이나 기타 유해한 물리적 화학적 특성을 가진 물질이

침투하지 못하도록 하여야한다. 만약 이러한 예방을 소홀히 하여 오염수질이나 유해물질이 지열 굴착공 상부에서 침투될 경우이에 따른 조치를 해야 하며 제반비용은 수급인이 부담한다.

5) 기타

- ① 모든 공사는 관련법규를 준수하여 시공하고 시공에 필요한 관공서,관계기관(에너지공단 외) 등에 제출하여야 할 서류 및 수속 등은 시공자가 부담하여 시공하는것을 원칙으로 한다. 만약 이의가 있을 경우에는 쌍방 합의하에 이행한다.
- ② 시공자는 공사 현장에서 현장 내의 제반자재, 기계도구 등의 정리정돈, 점검, 정비 및 청소를 하여 공사현장을 청결하게 유지하여야 한다.
- ③ 공사 현장 주변의 건축물, 도로, 매설물 및 통행인 등 제3자에게 재해가 미치지 않도록 한다.
- ④ 사고, 재해 또는 공해가 발생한 경우 또는 발생의 우려가 있고 긴급을 요하는 경우에는 신속하게 조치를 하고 그 경위를 감리자에게 보고한다.
- ⑤ 기존부분, 시공 완료부분, 미사용 기기 및 재료 등의 오염 또는 손상될 우려가 있는 것은 적절한 방법으로 보양을 한다.
- ⑥ 공사 진행상 지장이 되는 장애물의 처리에 대해서는 감리자와 협의한다.
- ⑦ 공사완료 시, 가설물 등을 신속하게 철거하고 청소 및 뒷정리를 한다.

3.3 자재관리

- 1) 기계설비공사에 사용하는 기기 및 자재는 KS규격에 적합한 제품으로 하고, KS규격이 없는 경우에는 공공기관의 제정에 의해 인증된 제품 또는 기능과 성능이 보장 될 수 있는 제품에 한하여 담당원 또는 감리자와 협의하여 사용할 수 있다.
- 2) 설계도서에 기기, 재료의 품질이 명시되지 않은 경우, 그 품질은 설비 전반의 균형을 고려하여 감리자의 승인을 받아 선정한다.
- 3) 기기에는 원칙적으로 제조사, 제조번호, 제조년월일, 형식 및 성능 등을 명기한 명판을 부착한 것으로 한다.
- 4) 검사와 시험에 합격한 기기 및 자재는 감리자가 지시한 장소에 정리 보관하고, 불합격품은 지체없이 공사장 밖으로 반출한다.
- 5) 장비와 기기들은 건조하고 깨끗한 곳에 보관하여야 하며, 먼지, 화기물, 공사폐기물과 기타 물리적 손상으로부터 보호해야 한다.
- 6) 지급자재의 인도시에는 감리자 입회하에 검수하고,시공자는 다른자재와 구분하여 보관한다.

3.4 시공

- 1) 모든 공사는 설계도 및 관련 설계도서 등에 표시된 제반설비가 그 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 설계도, 공정표, 시공계획서 및 제작도 등에 따라 철저히 시공한다. 다만, 명시되지 않은 사항은 감리자 또는 발주자와 협의하여 결정한다.
- 2) 공정표
공사 착공에 앞서 시공자는 공정표 및 시공계획서를 작성하여 감리자(또는 발주자)의 승인을 받아야 한다. 공사 진행중 부득이 공정을 변경해야 하는 경우, 시공자는 이 사항을 감리자와 협의하여야 한다. 이 때 시공자는 변경 공정표를 지체 없이 작성 하여 감리자의 승인을 받아야 한다.
- 3) 제작도 및 시공도면
시공자는 시공에 필요한 일체의 도면을 작성하여 감리자 또는 발주자 에게 제출하여 승인을 받아야 한다.
- 4) 공정보고
공사에 관한 진척사항, 작업내용, 재료의 반입과 사용, 기후조건 등 기타 감리자가 필요하다고 지시한 사항에 대해서는 정해진 기간까지 보고서를 제출한다.

5) 시공에 대한 시험 및 검사

시공에 대한 시험 및 검사는 공사시방서에 명시되었거나 필요한 단계에서 반드시 수행한다. 시공 후에 검사가 불가능하거나 곤란한 공사 부분은 감리자의 입회 하에 시공하고 시공 전,후의 사진대장을 제출하여야 한다.

3.5 안전보건관리

- 1) 시공자는 산업안전보건법에 의한 산업재해 예방기준을 준수하여 모든 공사를 시행해야 하며, 아울러 산업재해 발생방지에 노력을 기울여야 한다.
- 2) 시공자는 공사 현장의 안전 및 보건을 유지하기 위하여 안전보건관리 체계를 구성해야 하며, 안전보건규정을 작성하고 이를 현장에 비치한다.

3.6 완성검사

- 1) 모든 공사가 완료되었을 때, 관공서 또는 공공단체의 시험 및 검사를 필요로 하는 사항은 그 시험 및 검사에 합격해야 하며, 그 결과를 발주자 또는 감리자에게 제출해야 한다.
- 2) 시공자는 감리자 입회하에 다음의 시험 및 확인을 수행한 후, 발주자(또는 감리자)의 완성검사를 받는다.
 - ① 설비의 외관 및 정돈상태의 확인
 - ② 전체 시스템의 운전시험
 - ③ 설비가 설계도서에 명시된 성능을 발휘하면서 정상적으로 작동하는 것을 확인하고 주위환경에 장애를 주지 않는지 확인한다.
 - ④ 공사 전, 후의 사진대장을 발주자 또는 감리자에게 제출하여야 한다.

3.7 공사인도

- 1) 시공자는 완성검사 후 공사준공도 및 시운전 완료보고서, 유지보수관리에 필요한 취급설명서 등을 작성하여 발주자에게 제출하여야 한다.

3.8 법적 요구사항

- 1) 수급인은 지열 지중열교환기 설치에 따른 지하수법 및 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙, 지열시설기준 및 지열설비의 환경관리요령과 지하수의 수질보전등에 관한 통합업무처리지침에 명시된 신고, 허가 및 오염방지시설과 기타 필요한 제반사항을 이행하여야한다.

3.9 운반 보관 및 취급

- 1) 장비와 배관자재 및 구성품들은 손상되거나 흠집이 생기지 않도록 조심하여 취급하여야하고, 손상된 장비와 구성품들은 새것으로 교체해야 한다.
- 2) 장비와 구성품들은 건조하고 깨끗한 곳에 보관해야하며 외기노출 먼지 화기물, 공사폐기물과 기타 물리적 손상으로부터 보호되어야한다.
- 3) 장비의 배관 연결부는 임시로 마개를 씌운 후 설치 전까지 제거하지 말아야한다.

II. 특기 시방서

1. 작업순서

1.1. 지열공 착정위치 선정

1.2. 지열공 착정

- 1.3. 지열공 CCTV 검층 녹화
- 1.4. 지하수 영향조사 및 양수시험
- 1.5. 수질검사
- 1.6. 차폐장치 설치 및 오염방지 그라우팅시공
- 1.7. 내부케이싱 및 분배순환관 설치 또는 공급관 및 환수 유공관 설치
- 1.8. 밀폐식 상부보호공 설치
- 1.9. 집수탱크 설치
- 1.10 환수주관 및 공급관 트렌치 배관 설치
- 1.11.순환펌프 설치 및 전기공사
- 1.12. 밀폐식 상부보호공 설치
- 1.13. 기타부대공사

1.1. 지열 굴착공 착정위치 선정

- 1) 지열 굴착공의 착정위치 선정은 설계도면에 명시된 위치에 따르되 폐기물 매립지 산업폐기물 야적장, 지하저장 유류탱크, 오폐수 배수로, 특정수질 유해물질 저류시설오염원이 없는 곳을 선정하도록 하고 현장 상황에 따라 감독자의 지시에 의해 위치를 결정하도록 한다.
- 2) 건축부지 내의 곳을 선정해야 하며 부지외곽에 선정시는 부지사용, 전기인입, 장비진입 가능여부등을 고려하여 문제가 발생치 않도록 사전 충분한 조사와 협의 승인후 선정해야한다.
- 3) 지열 굴착공의 굴착 간격은 최소 10m를 이격하여야 하며 건축부지가 좁아 부득이 이격거리 준수가 어려울 경우 적합한 기술적용등 감독자와 협의 후 승인을 받아야 한다.

1.2. 지열공 착정

- 1) 착정시 즉시 흠막이케이싱을 설치하여 착정공의 무너짐을 예방하도록 한다.
- 2) 확공 착정시 흠막이용 케이싱을 설치하여 천공작업과정에서 표토층의 공벽 무너짐이 발생되지 않도록 한다.
- 3) 착정작업을 시행하기 전에 감독관 입회하에 현장 확인을 실시하여 대지평면도상에 명시된 위치와 계획서대로 정지작업이 되어 있는지 확인한다.
- 4) 지하매설물은 종류, 규모, 매설위치 등을 미리 시굴하는 등의 방법으로 확인하고, 시공 중 손상을 줄 염려가 있는 시설물은 이설, 임시방호 또는 기타 적절한 보호조치를 취한다.
- 5) 착정장비 투입전 수급자로 부터 사용착정장비를 확인하고, T4W장비이상의 장비로서 굴착경 D300mm 이상으로 암반선(연암층)까지 수직 굴착이 가능한 장비를 반입해야 하며 굴착시에는 스테빌라이저 (Stabilize)를 굴착비트 햄머 상단에 설치하여 굴착 직진성이 확보되도록 하며 굴진속도는 최대 50m/일 이하로 한다.
- 6) 영향조사 및 열전도 시험을 위한 시험공 착정을 할 경우 설계심도까지 천공한다.
- 7) 착정은 암반(연암층)선 1m 이상까지는 그라우팅 두께를 감안하여 차폐장치가 설치되는 내부케이싱 직경보다 Ø100mm이상 더 크게 굴착한다(실시예 : 암반(연암층)선 1m 이상까지 Ø300mm이상으로 천공하고 Ø200mm 그라우팅케이싱이 설치되도록 하며 그 이하부터는 Ø200mm로 천공) 또한, 서로 다른 직경의 두 구멍은 중심선이 일치하여야 하며 스테빌라이저를 설치하여 수직 직진성이 확보되도록 천공한다.
- 8) 수급인은 시험공 착공후 먼저 양수시험을 실시하여 양수량을 확인하고, 계획수량이 확보되면 즉시 수질시험을 실시하여 생활용수 수질 이상의 수질 적합여부를 판단하고 그 결과를 감독자에게 보고하여야 한다.
- 9) 착정심도는 각 설계깊이까지 시행하며 착정이 완료된후 실측 또는 수중촬영을 통한 CCTV녹화 자료와 촬영보고서를 통해 확인한다. 지질특성에 따라 부득이 착정심도에 변화가 있는 경우 전체 열용량의 감소가

없다는 기술검토보고서를 첨부하여 감독자의 확인을 받아야 한다.

- 10) 지층의 구분은 추정 설계하도록 하며 착정작업시 지질의 변화가 발생한 경우는 즉시 감독관에게 보고하여 검측을 받도록 한다. 검측이 완료되면 즉시 쌍방이 서명하고, 물량산 정의 근거로 보존한다. 이 과정은 암질이 변경될 때마다 매번 반복되어야 하며, 만약 수급인이 이 책임을 완전히 이행하지 않거나, 감독관의 검측이 이루어지지 않은 상태에서 착정이 시행된 경우, 그러한 행위로 인해 증액된 금액은 수급인의 비용부담이 되도록 한다.

1.3. 지열공 CCTV 검층 녹화 (필요시)

- 1) 지열공 착정 후 굴착 상태와 굴착심도 확인, 지하수 지표하부 오염방지시설의 시공 적합성과 시공 심도 확인, 오염지표수의 유입여부 확인, 수리지질상태, 암반절리층 및 파쇄대 상태 관찰. 확인등을 위해 CCTV조사를 시행한다.(감독자의 요청이 있는 경우 시행한다)
- 2) CCTV 조사는 촬영일시, 촬영심도가 화면에 표시되어야 하며 화면의 끊어짐이 없이 연결 녹화되도록 한다.

1.4. 지하수 영향조사 및 양수시험

- 1) 지열공에 대하여 지하수 영향조사를 시행한다. 지하수 영향조사는 양수시험과 수질검사를 포함하여 시행한다.
- 2) 지하수 영향조사 방법과 조사항목은 지열시설에 대한 환경관리요령에 적합하도록 시행되어야 한다.

1.5. 수질검사

- 1) 지하수 수질검사는 지하수의 수질보전등에 관한 규칙에 따라 생활용수(비음용) 수질기준에 적합한지의 여부를 공인시험기관을 통해 시험의뢰하여 시행한다.
- 2) 수질시험결과 생활용수로서 부적합하다고 판명될 경우 수급인은 해당수질을 개선할 수 있는 방법을 검토하여 가장 경제적이고 효율적인 수질개선방안을 수립 감독자에게 제출해야 하며, 감독자가 판단하여 지열 지중열교환기로 부적합하다고 판정한 경우는 불용공(폐공)처리한다.

1.6 차폐장치 설치 및 그라우팅주입 시공 (오염방지시설)

- 1) 내부케이싱을 보호함으로써 지열공의 내구연수를 연장시킴과 아울러 투수성 미고결지층, 암반 접촉부를 안정시켜 지표 오염물질의 유입을 방지하기 위하여 지표하부보호벽 그라우팅을 시행한다.
- 2) 그라우팅은 「지하수의 수질보전등에 관한 규칙」제2조 별표1 지열시설기준 및 지열설비의 환경관리요령에서 규정에 따라 내부 케이싱과 관정공벽 사이를 5cm 이상으로 하여야 하며 깊이는 지표에서 암반(연암층)선 경계부에서 1m 이상 깊이까지 시행함을 원칙으로 한다.
- 3) 지표하부 오염방지를 위해 그라우팅케이싱 하단부에 환경신기술로 인증 받은 고무 팩커(packer)또는 동등이상의 공인된 인증을 갖춘 오염방지 장치인 차폐장치를 반드시 설치한다.
- 4) 차폐장치 상단 즉, 케이싱 하단에서부터 주입되는 그라우팅액은 2단계로 나누어 시행하며 1차 주입되는 시멘트액은 속경성시멘트를 사용하여 신속히 양생 경화시켜 그라우팅액의 누설등으로 인한 공극 현상을 방지하고 2차로 일반 포트랜드시멘트를 주입양생하도록 함으로써 그라우팅액 하중이 차폐장치에 직접 가해지지 않도록 시행하도록 한다.
- 5) 법정 그라우팅 두께를 확보할 수 있도록 그라우팅케이싱은 굴착경보다 10cm 작은 것으로 하며, 그라우팅을 위한 외부굴착경은 암반선 이하 1M 깊이이상까지 굴착한다.
- 6) 그라우팅케이싱이 긴 경우 스프링 성능을 갖고 있는 중심틀(CENTRALIZER)을 케이싱 용접시 마다 케이싱 외부(4군데)에 부착하여 그라우팅케이싱이 굴착경의 중앙에 위치토록 한다.
- 7) 그라우팅 주입액은 하부에서부터 채워지도록 그라우팅 펌프와 호스를 구비하여 작업하며, 그라우팅 주입액의

누설이 없음을 확인하면서 주입액이 지표로 차 올라와 넘칠 때 까지 작업이 계속되도록 한다.

- 8) 지하수 오염방지용 차폐장치 몸체는 스테인레스 스틸강으로 제작하며 외부케이싱 PVC 수도용직관(VG1)을 사용하고 연결은 스텐소켓으로 한다.
- 9) 차폐장치의 ① 재질은 인체에 무해한 실리콘 고무로 제작하며 주입 유체인 초속경성 시멘트의 양생과정에서 발생하는 고열에도 견딜 수 있도록 하여야 하며 ② 수밀성시험에서 4.0kg/cm² 이상이 확보될 수 있어야 하며, ①과 ② 항목이 포함된 공인시험성적서를 제출한다.
- 10) 차폐장치는 외부충격에 의한 손상을 방지하기위해 면으로 제작된 보호커버를 씌워 설치한다.
- 11) 차폐장치는 원통형으로 제작하고 신기술로 공인된 압축팩거를 사용하여 차폐성과 안정성이 높게 설치하도록 하며 그 너비는 최고 150mm 이상이 되도록 한다.
- 12) 차폐장치는 안전잠금장치 해지용 와이어나로우프 를 설치한 후 외부케이싱에 연결하고 속경성 시멘트와 그라우팅 주입을 위한 주입호스를 함께 설치하여 지하수 관정 내로 삽입한다.
- 13) 차폐장치 설치 시공 심도는 감독관의 승인을 얻어 결정한다.
- 14) 지열공 주변의 배경수질 악화에 따라 1차 그라우팅을 시행한 깊이 이상으로 오염방지 그라우팅을 추가적으로 시행하는 경우에는 내부케이싱과 그라우팅케이싱 사이에 차폐장치를 추가로 설치하여 그라우팅을 보강하여 시행하도록 한다.
- 15) 그라우팅은 그라우팅재료의 분리작용을 방지하고 외부물질의 유입을 방지할 수 있도록 그라우팅 믹서와 그라우팅 펌프를 사용하여 반드시 하부에서부터 충전함 으으로써 공극 현상이 발생되지 않는 견실한 그라우팅이 이루어지도록 한다.

1.7 내부케이싱 및 분배순환관 설치

- 1) 내부 케이싱 재질과 유공관 재질은 동일하거나 동등 또는 그 이상의 품질로 설치하며 규격은 수도용직관(VG1) 또는 수도용고밀도 폴리에틸렌(HDPE)파이프를 사용한다.
- 2) 유공관은 지열공 바닥에 위치하도록 설치하며 분배환수관 고정했다가 반드시 구성되도록 하여 분배환수관을 고정되도록 한다.
- 3) 유공관의 개공 면적은 유입유속이 3Cm/SEC 이상이 되지 않도록 스트레이나의 개공율을 조정하여 제작한다.
- 4) 개공입경은 3mm내외로 하고 길이는 120mm로 하며, 30mm의 무공관을 둔후 다시 20mm 공하고 30mm 무공관을 두는 형태로 제작하도록 한다.
- 5) 유공관의 개공 부위가 깨끗해야 하고 개공 입경이 균일 하여야 하며, 도면 및 사양내에 충실하다고 판단 될 때 합격품으로 할 수 있으며 동일한 개공율이 확인되는 경우 가로방향의 개공부위 가공도 가능하다.
- 6) 유공관의 설치 위치는 지열공 하단부에 설치되어야 하며 지열공 전체 깊이의 10%이상되게 설치 하여야 하며 개구부의 형태를 가로방향으로 변형할 수도 있다.
- 7) 유공관과 무공관의 연결은 스텐 소켓 또는 PVC 소켓, 전기용착을 사용하고 결합부위는 반드시 스텐나사못으로 고정하고 누수가 발생되지 않도록 실링을 하도록 한다.
- 8) 내부케이싱과 유공관은 스텐레스와이어(직경 6mm 이상)로 견고히 인장력이 발생되도록 고정하여 상부보호공에 고정하여야 한다.
- 9) 내부케이싱 하단부에 고정 그라우팅을 시행하도록 하여 열교환 지하수의 냉난방 온도차에 의해 발생하는 신축에 의해 내부케이싱의 연결부분이 이탈되어 내부케이싱의 침강에 의한 이탈 탈락을 방지할 수 있도록 하여야 한다.
- 10) 분배환수관은 수도용직관 또는 고밀도폴리에틸렌(HDPE) 관을 사용하며 특히 하단부에 유공관으로 형성되도록 한다.
- 11) 지하수가 유실될 수 있는 파쇄대를 갖는 지열공의 경우에는 내부케이싱을 무공관으로 하여 지열공 바닥까지 올케이싱으로 삽입 처리하여 지하수 유실을 최소화 할 수 있도록 한다.

1.8 공급관 및 유공 환수관 설치

- 1) 공급관과 유공 환수관 재질은 동일하거나 동등 또는 그 이상의 품질로 설치하며 규격은 수도용직관(VG1)또는 수도용 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)파이프를 사용한다.
- 2) 공급관과 유공환수관은 지열공 바닥에 위치하도록 설치된 고정헛더에 연결 결합되도록 설치한다..
- 3) 유공환수관의 개공 면적은 유출유속이 3Cm/SEC이상이 되지 않도록 스트레이나의 개공율을 조정하여 제작한다.
- 4) 유공환수관의 개공입경은 3mm내외로 한다.
- 5) 유공환수관의 개공 부위가 깨끗해야 하고 개공 입경이 균일 하여야 하며, 도면 및 사양내용에 충실하다고 판단 될 때 합격품으로 할 수 있다.

1.9 밀폐식 상부보호공 설치

- 1) 밀폐식 상부보호공은 공급관과 유공환수관이 누수없는 결합이 될 수 있도록 설치된다.
- 2) 내부식성 처리를 하여 지중에 매설되어 운용되어도 내구성이 유지될 수 있어야 한다.
- 3) 유공환수관은 외부에 연결되는 환수주관과 원활히 유통될 수 있는 구조이어야 한다.
- 4) 케이싱 상단에 밀폐식 상부보호공용 하부후렌지를 삽입하고 용접하되 수평을 정확히 맞추도록 하고 급수배관과의 연결을 고려하여 볼트체결 위치를 고려하여 용접결합하도록 한다.
- 5) 하부후렌지와 밀폐식 상부보호공 본체 사이에 고무팩킹을 삽입한 후 볼트너트결합을 한다. 이때 볼트너트는 반드시 스텐제품을 사용 하며 고무팩킹의 재질은 EPDM, 또는 실리콘 재질을 사용한다.
- 6) 급수배관은 밀폐식 상부보호공에 결합된 소켓에 밸브소켓을 체결하거나 후렌지를 용접하여 연결한다. 단, 설치지역의 동결선 이하까지 배관을 연결하여 구성하고 외부에는 매설전 반드시 보온재를 감싸 설치한다.
- 7) 케이싱과 결합설치가 완료되면 케이싱과 밀폐식 상부보호공의 결합부위의 안정성을 위해 밀창콘크리트(버림콘크리트)를 바닥에 20CM이상 타설한 후 모래, 또는 양질의 토사로 되메움 작업을 한다. 단, 현장 여건에 따라 자갈포설이나 잔디식재로 마감할 수 있다.
- 8) 되메움 자리는 잘 다짐을 한 후 전체 두께가 30cm 이상이며 지표면보다 20cm 이상 돌출되도록 콘크리트 바닥판을 밀폐식 상부보호공 주변에 구성하여 설치한다. 단, 주변여건상 불필요한 경우 여건에 적합하도록 마감한다.
- 9) 밀폐식 상부보호공은 지표면으로부터 30cm 이내의 높이로 매설하되 외부에 시건장치를 설치한다.
- 10) 상부보호공 내부에는 내부케이싱 이탈, 탈락 및 유공관 및 환수관 폐색을 사전 감지할 수 있도록 온도차 및 수위측정기능을 갖는 경보장치를 구성하며 원격관리가 가능한 시스템으로 설치되어야 한다.

1.10 집수탱크 설치

- 1) 집수탱크는 콘크리트, 조립식 PE 탱크, 스텐레스탱크등 내구성이 유지될 수 있는 재질로 제작되어야 한다.
- 2) 집수탱크는 환수주관보다 유지수면이 아래에 있을 수 있도록 구성되어야 한다.
- 3) 집수탱크에는 보충수 배관이 연결되어야 하며 보충수는 계량이 될 수 있는 수도계량기를 설치한다.
- 4) 보충수배관은 상수도 또는 보충용 지하수 관정을 통해 연결되도록 한다.

1.11 순환펌프 설치 및 전기공사

1) 사용전원

- ① 정격 전압을 사용한다.사용 전압이 정격보다 낮으면 펌프의 성능이 떨어지고 전력소모가 크므로 정격보다 조금 높은 전압을 사용하는 것이 바람직하다.
- ② 삼상인 경우 각 상간의 전류 불균형율이 5%을 넘지 말아야 하며 각 상간의 전류 불균형율이 5%를 넘을 경우 한 단계 큰 출력의 모터를 사용해야 한다.

$$\text{전류불균형율} = \frac{\text{최대(최소) 전류치와 평균 전류치의 차}}{\text{평균 전류치}} \times 100$$

2) 케이블 및 토출관의 설치

- ① 결선은 중요한 작업으로 펌프 설치 후 결선부의 누전이나 단선이 없어야 한다.
 - 동선이 손상되지 않도록 케이블의 전연 피막을 접속단자에 알맞은 길이로 벗긴다.
 - 수중케이블의 색상을 확인하면서 접속단자를 이용해서 양선을 결합함. 공칭 단면적 8mm² 이상의 케이블은 접속 단자에 결합 후 용접하여야 한다.
 - 케이블 접속부를 방수 절연한 후 고무접착테이프를 감고 그 위에 전기절연용 테이프로 4겹 이상 단단히 감아 주어야 한다.
- ② 펌프에 토출 파이프를 설치하기 전에 체크밸브가 작동하는지 확인한다.
- ③ 그림과 같이 고무가이드를 케이블에 끼우고 약 3m의 간격으로 토출관 이음부에 절연피막된 아이어를 사용하여 단단히 묶어 준다.
- ④ 토출관 이음부에는 확실히 패킹하여 물의 유출이나 공기의 유입이 없도록 하고 설치시 회전에 의해 케이블이 토출관에 감기지 않도록 한다.
- ⑤ 펌프가 천공속으로 내려갈수록 더욱 조심하여 케이블이 관정덮개의 모서리나 관정벽에 부딪쳐 손상되지 않게 한다.
- ⑥ 설치 후 남은 여분의 케이블은 돌돌 말지 말고 잘라준다.

1.12 기타 부대공사

1) 공급관 및 환수주관 트렌치(Trench) 배관작업

- ① 매설되는 공급 및 환수는 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 수도관을 사용한다.
- ② 지중매설배관의 연결할 부위는 버트(butt) 또는 소켓(socket) 용 방법으로 연결한다.

2) 용착 일반사항

- ① 파이프의 연결부위가 깨끗한지 점검한다.
- ② 히터를 장착한다. 이때 히터의 온도는 210°C~220°C로 한다.
- ③ 클램프를 전진시켜 일정한 압력으로 히터에 관을 밀착시켜 용융 시킨다.
- ④ 일정한 비드가 형성되기 시작하면 압력이 없는 상태에서 가열을 유지한다.
- ⑤ 비드가 균일하게 나오는지 확인을 하여야 한다.
- ⑥ 가열유지가 끝난 후 클램프를 후진시켜 신속히 히터를 제거한다.
- ⑦ 즉시 적당한 압력으로 클램프를 전진시켜 용융면을 압착시킨다.
- ⑧ 가열유지 또는 압착공정에서 유압을 반복적으로 가해서는 안된다.
- ⑨ 압착후 일정시간 자연상태에서 냉각시키고 용착기에서 탈착시킨다.
- ⑩ 균일한 비드 형성 여부를 육안으로 확인한다.
- ⑪ 제품의 용착전, 여분의 파이프에 용착 테스트를 실시한다.

3) 버트용착 작업방법

항목	작업 순서	유의 사항
준비	가. 히터에 전원을 넣는다. 나. 관의 손상 유무를 검사한다. 다. 클램프를 열고 용착하고자 하는 관경에 맞도록 라이너를 장착한다.	- 전원확인 - 손상깊이가 두께의 10% 이상인 경우 절단하여 제거한다.
가공	가. 클램프를 후진시킨다. 나. 면취기를 고정시킨다. 다. 클램프에 파이프를 넣은 다음 견고하게 조인다. 라. 면취기를 작동시킨다. 마. 유압기로 클램프를 가압하여 관 양면을 깎아낸다. 바. 균일한 지스러기가 나오면 가압된 힘을 빼고 2~3회 공회전시키면서 클램프를 후진시킨다. 사. 면취기를 제거한다. 아. 절삭된 지스러기를 제거한다.	- 클램프 양쪽에 같은 힘을 가한다. - 균일한 면이 될 때까지 계속한다.
수평	가. 클램프를 전진시켜 관 양면이 밀착되고 오차가 없는지 확인한다. 나. 관 접합부의 오차가 없는지 확인한다.	- 관의 수평, 수직 상태
용착	가. 파이프 연결부위를 깨끗이 닦아낸다. 나. 히터를 장착한다. 다. 클램프를 전진시켜 일정한 압력으로 히터에 관을 밀착시켜 용융시킨다. 라. 일정한 비드가 형성되기 시작하면 압력이 없는 상태에서 가열 유지한다. 마. 가열유지가 끝난 후 클램프를 후진시켜 히터를 신속히 제거한다. 바. 즉시 적절한 압력으로 클램프를 전진시켜 용융면을 압착시킨다.	- 히터온도 확인 (210°C ± 10°C) - 비드가 균일하게 나오는지 확인
냉각	가. 압착 후 일정시간 자연 상태에서 냉각시키고 용착기에서 탈착시킨다.	- 냉각시간
검사	가. 관의 연결이 양호한가 육안으로 확인한다.	- 균일한 비드형성 여부

4) 소켓용착 작업방법

항목	작업 순서	유의 사항
준비	가. 히터에 용착하려는 치수의 소켓용 히터판을 설치한 후 전원을 넣는다. 나. 이음관의 내면과 관 말단의 외면의 이물질 제거하고 손상 유무를 확인한다. 용융될 부위를 SCRAPING한 후 세척제로 깨끗이 닦는다. 다. 이음관의 삽입길이 만큼 HOLDRING으로 관을 잡아준다.	- 히터판 청결 유지 - 전원확인 - 관의 허용손상범위 두께의 10%이내 - 이음관 손상시 폐기
용착	가. 히터판을 관 및 이음관에 규정깊이까지 밀어 넣는다. 나. 히터에 관과 이음관을 일정 시간동안 유지시킨다. 다. 관 및 이음관에서 히터를 제거한다. 라. 관을 이음관에 삽입하여 용착시킨다. 마. 일정한 힘으로 가압하여 적당한 시간을 유지시킨다.	- 히터온도 확인 (260°C ± 10°C)
냉각	가. 일정시간 동안 자연상태에서 냉각한다. 나. 히터판을 깨끗하게 닦아준다	- 냉각중 외부충격으로 부터 보호한다.
검사	가. 육안으로 용착부 상태를 확인한다.	- 균일한 비드형성 여부

5) 압력시험

- ① 폴리에틸렌 파이프를 운송하는 과정에서 발생할 수 있는 손상으로 인해 누설이 있는 지 압력시험을 통해 점검한다.
- ② 압력시험은 지중 열교환기 삽입 전, 그라우팅 작업 후 및 헤더 작업 완료 후로 구분하여 수행한다.
- ③ 압력시험은 7 kg/cm²의 압력으로 60 분 이상 실시한다. 지중 열교환기 파이프에 대해 현장에서 가압시험을 수행하여 이상이 발견되지 않을 때, 보어홀 내로 삽입한다.

2. 지열 열교환기 상부 헤더 및 수평 트렌치 배관

- 1) 지중에 수평으로 매설되는 트렌치 파이프 및 지중 열교환기 분배헤더는 기본적으로 지중열교환기 파이프와 동일한 재료를 사용한다.
- 2) 폴리에틸렌 파이프의 공칭 직경이 1.252 in.(3.175 cm)이거나 또는 이보다 작을 경우, SDR 11 이상으로 제작된 것을 사용한다.
- 3) 지중 열교환기 파이프로의 공급관과 지중 열교환기 파이프로부터의 환수관은 최소 30 cm의 거리를 유지해야하며, 겹치는 부분이 최소가 되도록 배치하여 시공한다.
- 4) 지면으로 노출된 수직 지중 열교환기 파이프의 끝단과 수평 트렌치 파이프가 연결될 때, 연결 부위의 구부러짐을 방지하기 위하여 곡률반경을 충분히 고려하여 굴토작업을 수행한다. 이 때 자갈이나 큰 돌멩이 등을 제거 한다.
- 5) 트렌치 작업시 굴토 된 흙에 자갈이 섞여 있을시 헤더를 사이에 두고 가는 모래를 30 cm 정도 덮는다.
- 6) 환수주관은 리버스리턴배관으로 연결함을 원칙으로 한다.

3. 후러싱과 퍼징 (Flushing and Purging)

1) 후러싱 (Flushing)

파이프를 연결하는 과정에서 파이프 내부에 남아 있을 수 있는 이물질 등을 제거하기 위하여 깨끗한 물을 고속으로 순환시켜 파이프 내부를 세척한다.

2) 퍼징 (Purging)

깨끗한 물을 고속으로 순환시켜 파이프 내부에 존재할 수 있는 공기 등을 제거한다.

- 2) 파이프 내에 존재하는 이물질이나 공기를 완전히 제거하기 위하여, 최소 30분 동안 깨끗한 물을 순환시킨다.

4. 제출물

1) 자재 및 기술자료

- ① 팩카그라우팅유닛 및 내부케이싱 자재와 공급관, 유공 환수관 및 그 부속자재에 대한 제품자료와 제조업자의 제품시방서 및 설치지침서, 규격 인증서 중 해당사항

2) 시공계획서

- ① 착정위치도
- ② 지열 지중열교환기 지열공 굴착 및 오염방지, 순환시설 설치에 따른 예정공정표 및 장비투입계획서

3) 준공서류

- ① 준공보고서
 - ② 준공도면
 - ③ 순환펌프 관련자료
 - 양정 및 심정펌프 마력 설정 근거서(펌프설치깊이 포함)
 - 설치지침, 운전방법이 포함된 운전관리 지침서
- 단, 제조업체 제품사양서에 게재되어 있을 경우 사양서로 대체가능

④ 시험보고서

- 양수시험 보고서
- 수질검사 성적서
- 시험공 열전도시험성적서
- 차폐장치, 내부케이싱 무독성 용출시험 성적서

⑤ 지열공 수중 CCTV 촬영조사 보고서

⑥ 준공사진철

5. 기 타

5.1 순환펌프의 성능

펌프는 명시된 시스템 유체온도에서 증발하거나 수격작용 현상없이 운전되고, 과부하 현상이 발생되지 않아야 하며, 제조업체명, 모델번호, 정격/용량 등이 표시되도록 한다.

5.2 현장기술자 및 장비

- 1) 수급인은 지열 지중열교환기 시설에 전문적 지식을 가진 기술자와 장비 등을 충분히 확보한 후 공사에 임해야 하며, 장비의 부족 등으로 공정계획에 차질이 발생하였을 때는 수급인이 모든 책임을 져야한다.

5.3 수질보호

- 1) 수급인은 지표상부 오염방지를 위해 밀폐식 상부보호공을 설치하여 개구부가 없도록 하여야 하며, 양수하는 과정에서 지표층을 통하여 오염물질이나 기타 유해한 물리적, 화학적 특성을 가진 상층지하수가 침투하지 못하도록 지표하부 오염방지시설을 철저히 시행한다. 만약 이러한 예방을 소홀히 하여 오염수질이나 유해 물질이 침투될 경우 이에 따른 조치를 해야 하며, 제반비용은 수급인이 부담한다.

5.4 운반, 보관 및 취급

- 1) 장비와 배관자재 및 구성품들은 손상되거나 흠집이 생기지 않도록 조심하여 취급하여야 하고, 손상된 장비와 구성품들은 새것으로 교체한다.
- 2) 장비와 그 구성품들은 건조하고 깨끗한 곳에 보관해야 하며, 외기노출, 먼지, 화기물, 공사폐기물과 기타 물리적 손상으로부터 보호한다.
- 3) 장비의 배관 연결부는 임시로 마개를 씌운 후 설치 전까지 제거하지 않는다..

5.5 보호 및 유지관리

- 1) 공사가 완료된 지하수 관정은 차량이나 기타 작업 등으로부터 보호될 수 있도록 적절한 보호시설을 설치하며, 모든 공사가 완료될 때까지 만족할 만한 상태를 유지한다.
- 2) 수급인이 이러한 보호작업을 등한시하여 피해가 발생할 경우, 모든 책임은 수급인이 지며, 보호작업을 위한 요구사항은 추가비용없이 이루어져야 하고, 그러한 비용은 지열공 설치 및 오염방지시설공사의 여러 단위 입찰가격의 한 부분으로 고려한다.
- 3) 공사가 완료된 후 사용개시 시까지 유지관리에 대한 예정계획서를 작성하여 제출하고, 같은 시설물 및 수질변화에 이상이 없도록 유지관리 하며, 관리비는 정산 처리한다.

6. 법적요구사항

6.1 제반사항 이행

- 1) 수급인은 지열 지중 열교환기 설치시, 「지하수법」 및 「지하수의 수질보전등에 관한 규칙」, 지열설비의

시설기준, 지열설비의 환경관리요령에 명시된 신고, 허가 및 의무, 기타 필요한 제반사항을 이행한다.

6.2 안전사고 예방 대책

- 1) 수급인은 공사현장에 있어서의 각종 안전사고 및 재난을 사전에 예방하여야 하며, 이러한 대책을 등한시 하여 사고가 발생할 경우, 모든 민·형사상 책임은 수급인이 진다.

나. 지열시스템 운용을 위한 기본 구성요소에 대한 운용매뉴얼 작성

- 지열시스템 운용에 있어 시스템의 가동 및 정지는 자동제어시스템에서 이뤄지고, 예러메세지의 이상유무를 판독하여 시스템을 구동할 경우 정상적인 작동이 가능하다. 자동제어는 중앙감시반을 통해 이뤄지는데 Touch Screen 의 바탕화면에 나타난 중앙감시반 아이콘을 더블클릭하여 프로그램을 실행 할 수 있음

□ 중앙감시반 구성화면

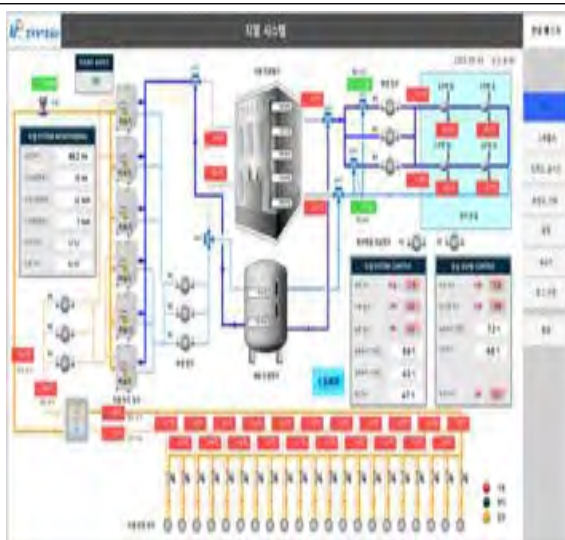
- 중앙감시반 화면은 로그인, 감시화면, 경보이력, 트렌드, 보고서, 스케줄러로 구성되어 있음



중앙감시반



로그인화면



감시화면



알람화면

[그림 2-596] 자동제어 중앙감시반 감시화면 및 알람화면

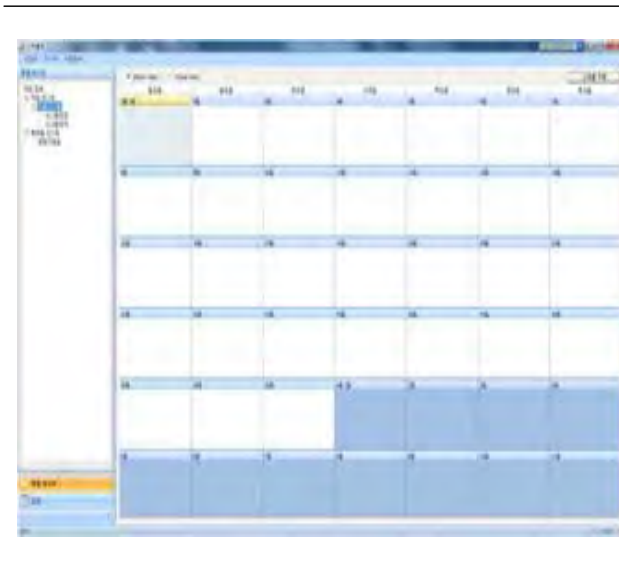


보고서

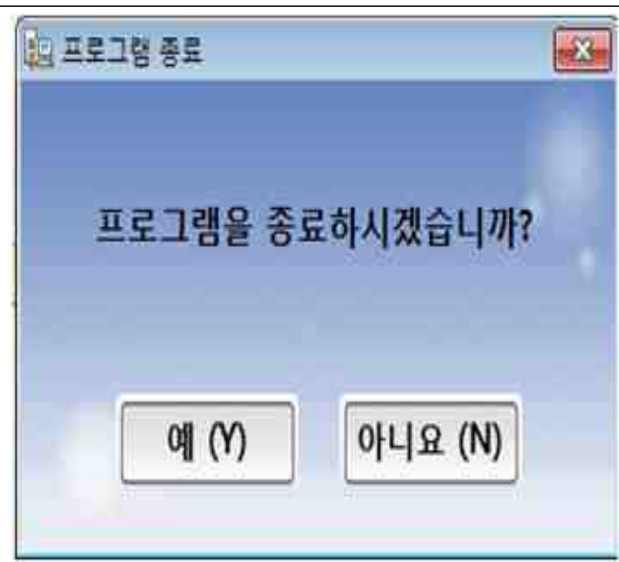


트렌드-실시간/이력

[그림 2-597] 자동제어 중앙감시반 보고서 및 트렌드



스케줄러



프로그램 종료

[그림 2-598] 자동제어 중앙감시반 스케줄러 및 프로그램 종료

□ 중앙감시반 설명

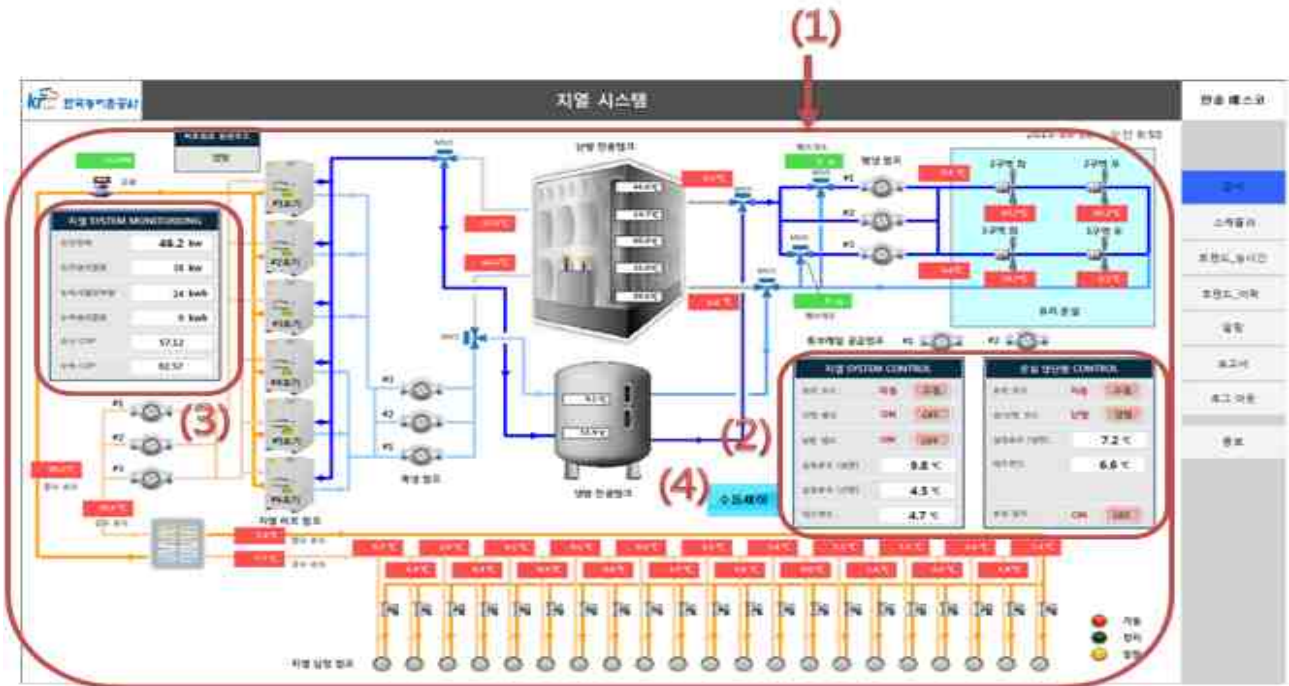
- 중앙감시반에 접속을 위한 로그인 화면으로 ID와 PW를 입력한 후 Login을 클릭하면 감시화면으로 이동한다(ID ****, PW ****)



[그림 2-599] 중앙감시반 로그인 화면

④ 감시화면 세부설명

- (1) 장비의 운전상태 및 각 배관의 온도 및 유량 표시
- (2) 지열 수축열 시스템의 자동/수동, 냉/난방, 운전/정지
 - 자동 : 온도에 따라 자동으로 시스템이 제어되고 운전되는 모드
 - 수동 : 시스템 체크를 위한 모드로서 수동으로 각 부하를 운전.정지
 - 운전 : 자동모드에서 운전일 때 시스템이 운전되며, 설정한 희망온도에 따라 히트펌프 및 각 순환펌프를 운전
 - 정지 : 자동모드에서 정지일 때 시스템을 정지하여 대기상태를 유지
- (3) 시스템의 에너지 모니터링 정보
 - 시스템의 에너지에 따른 전력데이터 및 열량 정보를 표시
- (4) 수동제어
 - 각 장비를 운전 정지하여 시스템의 상태 및 운전을 점검하기 위한 화면으로 이동



[그림 2-600] 중앙감시반 감시화면

㉔ 지열시스템 Control 세부설명

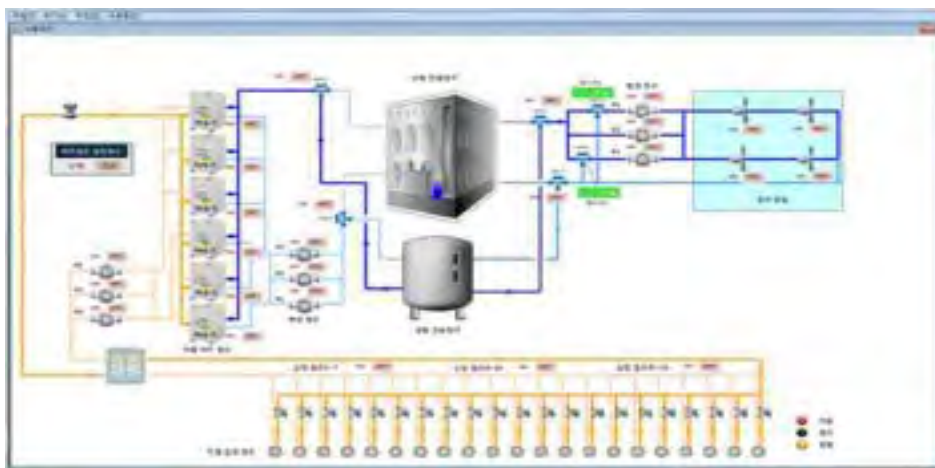
- (1) 운전모드 : 자동/수동으로 조절이 가능한 것으로, 자동제어는 스케줄에 의하여 운전을 시작할 수 있고, 축열조의 온도에 따라 히트펌프 및 순환펌프의 제어를 자동으로 운전하는 모드이다. 수동제어는 수동으로 각 부하의 운전을 제어하게 되는 것으로 시운전 또는 각 장비의 상태 체크 시에 사용하게 된다.
- (2) 난방탱크 : 난방탱크의 사용을 ON하여 온도를 설정온도에 맞춰 자동운전되며, OFF는 난방탱크의 사용을 정지하는 모드로 난방탱크 온도제어를 정지한다.
- (3) 설정온도(냉방) : 냉방 전용탱크 온도의 도달 목표온도로, 상부와 하부의 평균온도를 맞추는 설정온도
- (4) 설정온도(난방) : 난방 전용탱크 온도의 도달 목표온도로, 최하부의 온도를 맞추는 설정온도
- (5) 데드밴드 : 냉방/난방 탱크의 운전시 목표온도 대비 운전시작을 위한 편차온도로 예를 들면 냉방설정온도가 10°C이고, 데드밴드가 2°C인 경우 냉방전용탱크 온도가 10+2=12°C 보다 높은 경우 냉방운전을 시작하게 된다. 히트펌프는 데드밴드에 의해 3대가 기본으로 운전되며, 10분간 연속 운전시 운전대수를 추가하여 3대 증가하여 운전하게 되며, 초기 가동되는 히트펌프의 순번을 교번 제어하여 운전된다. 또한, 냉방탱크와 난방탱크가 모두 운전이고 온도제어가 필요한 경우 온실의 운전모드를 우선으로 탱크온도제어를 수행함



[그림 2-601] 중앙감시반 제어설정화면

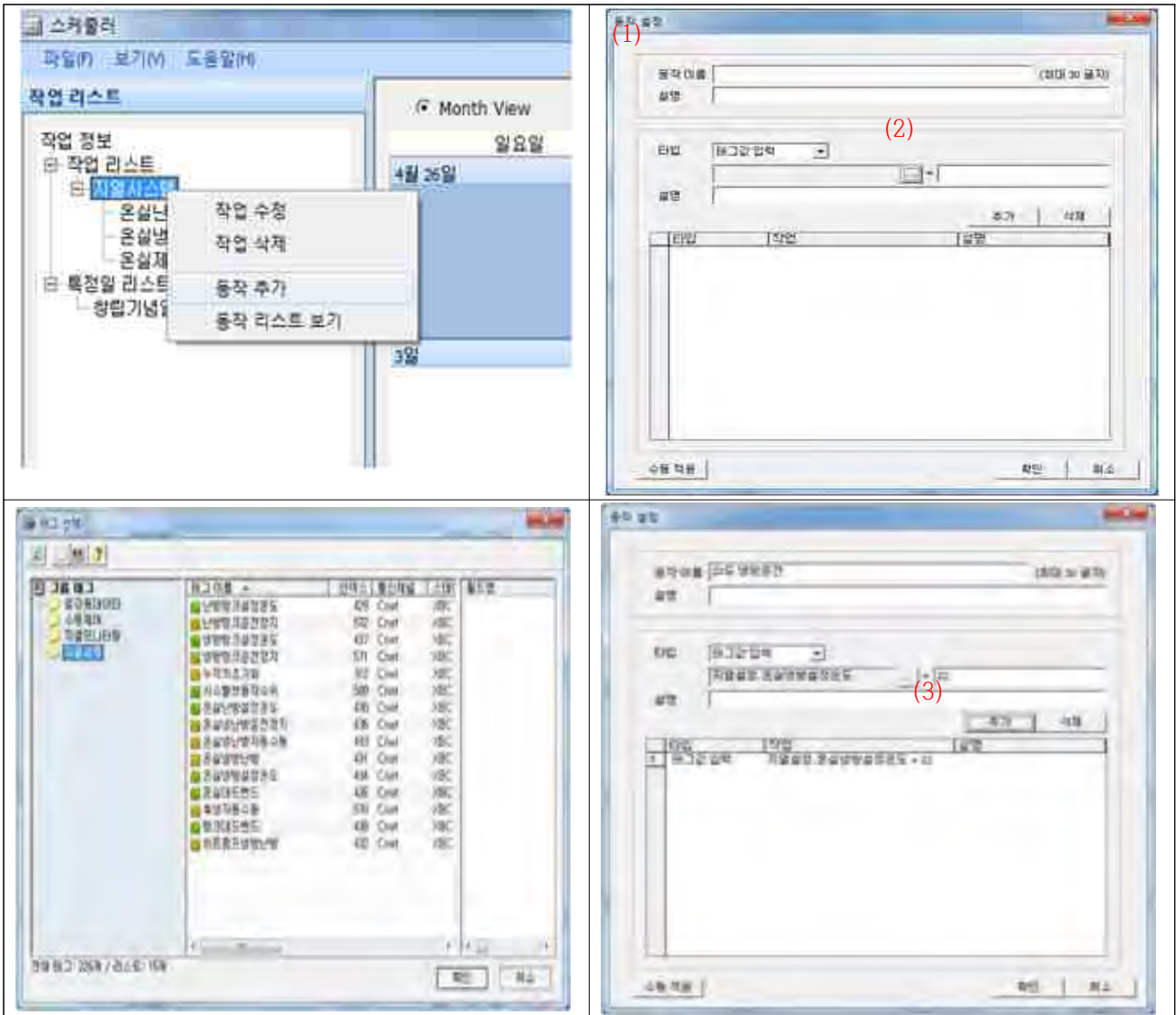
㉟ 온실냉난방 Control 세부설명

- (1) 운전 모드 : 자동제어모드는 스케줄에 의해 자동으로 운전할 수 있고 온실내부의 온도에 따라 방냉펌프와 FCU 제어를 자동으로 운전하는 모드이고, 수동제어모드는 수동으로 방냉펌프 및 FCU의 운전을 제어하게 되는 것으로 수동제어는 시운전 또는 각 장비의 상태 체크 시에 사용하게 됨
- (2) 냉난방 모드 : 난방모드는 온실의 온도를 난방 제어하는 모드로 환경제어의 튜브레일 펌프 가동신호에 따라 방냉펌프와 FCU를 ON/OFF 제어한다. 냉방모드는 냉방 설정온도에 따라 방냉펌프와 FCU를 ON/OFF 제어함
- (3) 설정온도(냉방) : 온실내부의 냉방시 온도의 도달 목표온도.
- (4) 데드밴드 : 냉방운전시 목표온도 대비 운전시작을 위한 편차온도로 설정온도가 20°C이고 데드밴드가 2°C인 경우 온실내부 구역의 온도가 20+2=22°C 보다 높은 경우 냉방운전을 시작하게 된다(FCU는 각 구역별 내부온도에 의해 개별로 ON/OFF 제어를 수행하며, FCU가 운전되면 해당되는 방냉펌프가 운전하게 됨



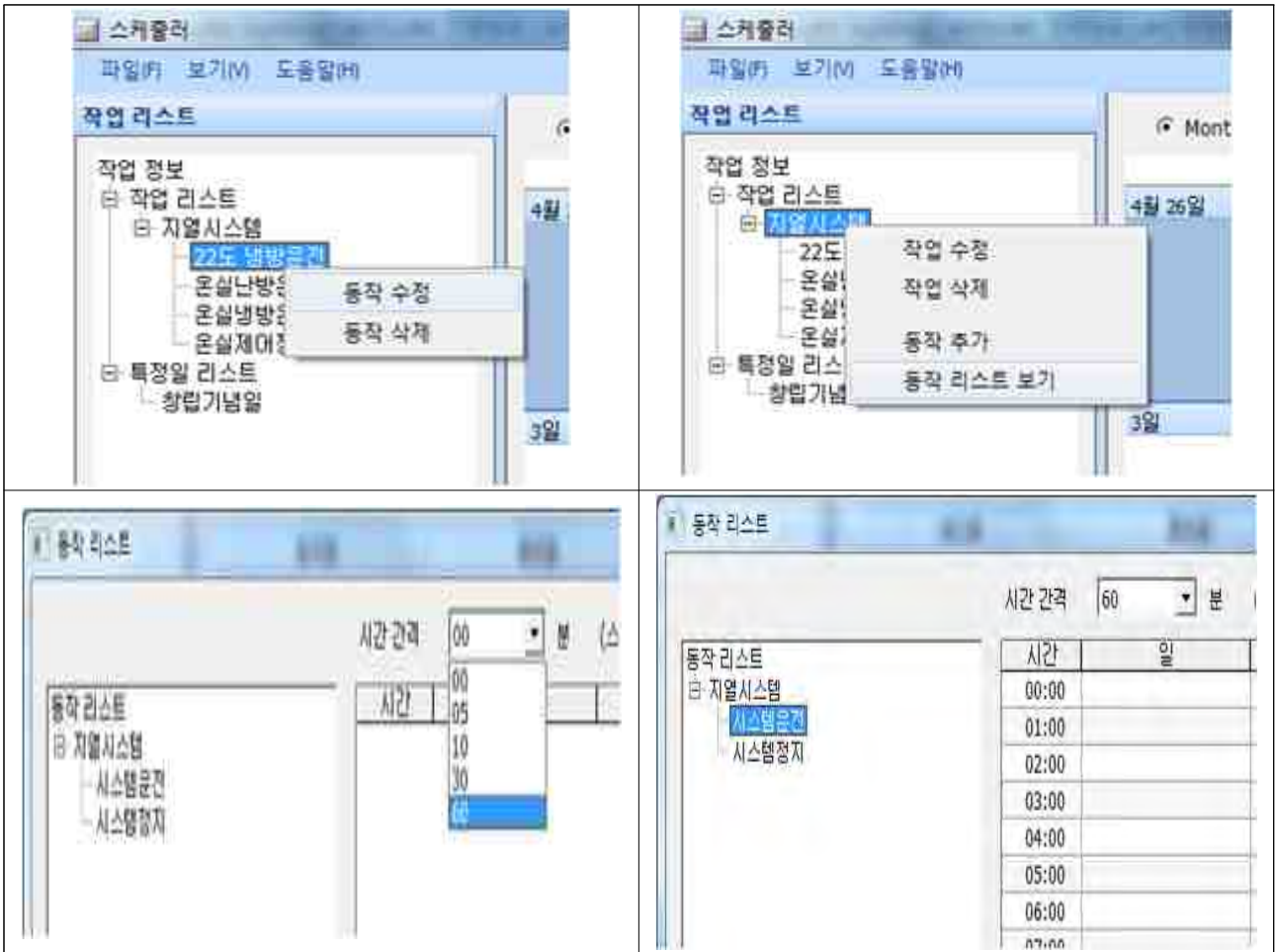
[그림 2-602] 중앙감시반 수동제어화면

- ㉠ 수동제어 세부설명 : 수동제어일 경우 감시화면의 수동제어 버튼을 클릭하면 수동제어가 가능한 것으로 시운전 또는 비상시 각 부하별로 개별 운전할 때 사용함
- ㉡ 스케줄러 세부설명 : 크게 동작을 정의하는 과정(동작정의)과 정의된 동작을 시간대별로 적용하는 과정(동작리스트)로 구분됨



[그림 2-603] 동작정의 화면

- 동작정의 : 지열시스템에서 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하여 동작추가를 입력함
 - 태그를 선택하여 값 입력을 반복하여 여러 가지 동작을 입력할 수 있음
 - (1) 동작이름 : 알기 쉽고 동작을 이해할 수 있는 이름을 입력
 - (2) 동작태그 선택
 - (3) 동작입력 : 온도일 경우 설정값, 운전정지일 경우 1(운전), 0(정지), 냉·난방일 경우 1(난방), 0(냉방) 입력함



[그림 2-604] 동작수정 화면

- 동작수정 : 입력된 동작은 동작명 위에 오른쪽 마우스를 클릭한 후 동작수정을 통해 내용수정이 가능함
 - (1) 동작리스트 보기
 - (2) 시간간격 입력 : 원하는 시간간격을 입력(예 60분)
 - (3) 원하는 동작을 선택하여 마우스 왼쪽 버튼을 클릭



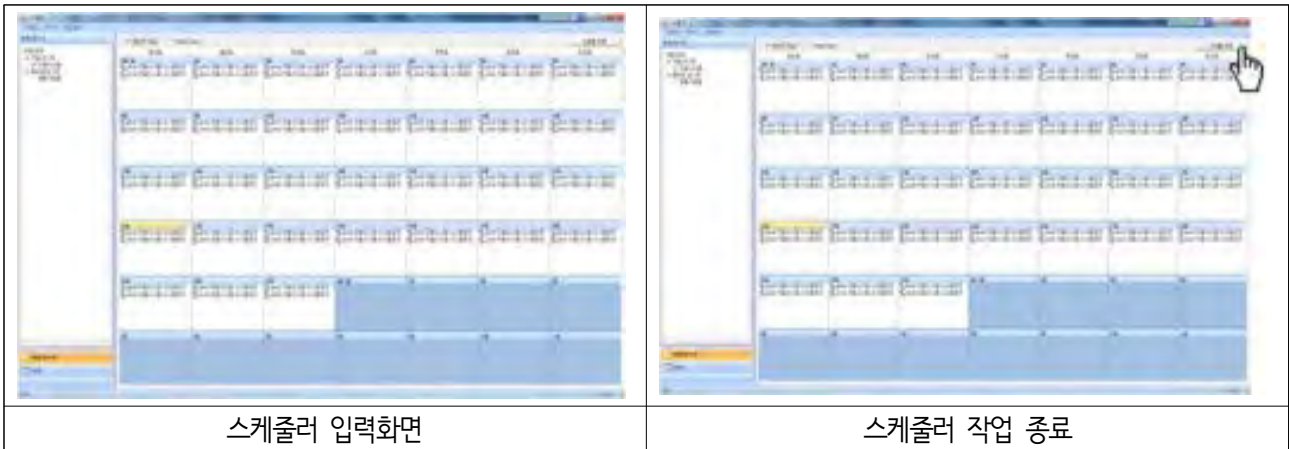
스케줄러 입력완료

작업이름 설정

[그림 2-605] 스케줄러 동작수정 완료화면

- 입력된 스케줄이 달력에 표기되며, 월간, 주간보기 선택이 가능하고, 처음부터 다시 시작하여 수정 및 추가작업도 가능하다. 모든 입력이 완료되었으면 우측 상단의 스케줄 적용을 클릭하면 최종 스케줄 입력이

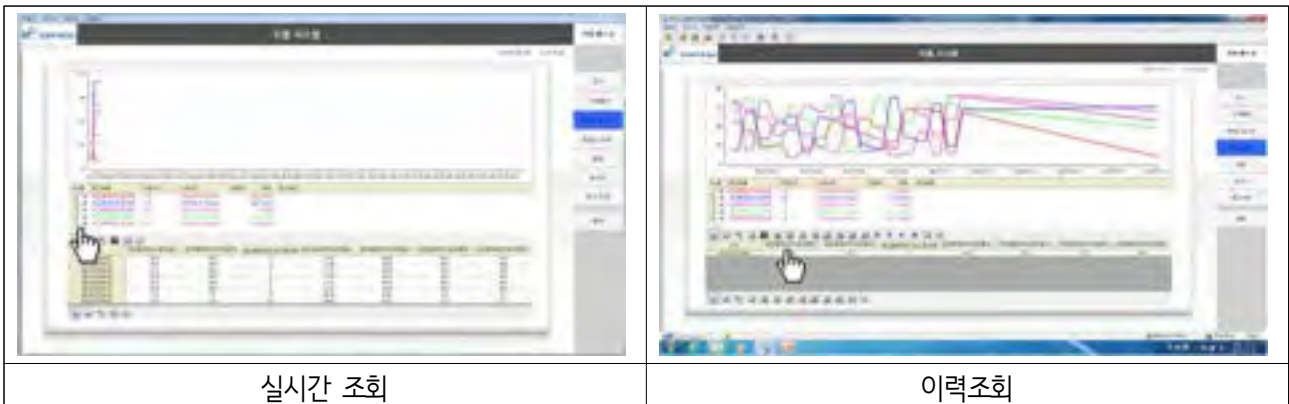
완료됨



[그림 2-606] 최종 스케줄러 입력화면

㉔ 트랜드화면 세부설명 : 실시간 조회와 이력조회로 구성되며, 원하는 버튼 클릭시 이동

- (1) 지열 입.출수 온도, 냉온수 공급환수온도, 유량 및 시스템 전력, COP의 추이를 추적하여 그래프로 확인가능
- (2) 체크박스를 선택.해제하여 원하는 데이터만 그래프로 출력가능
- (3) 원하는 기간 및 시간을 선택하여 확인 가능



[그림 2-607] 트랜드 조회화면

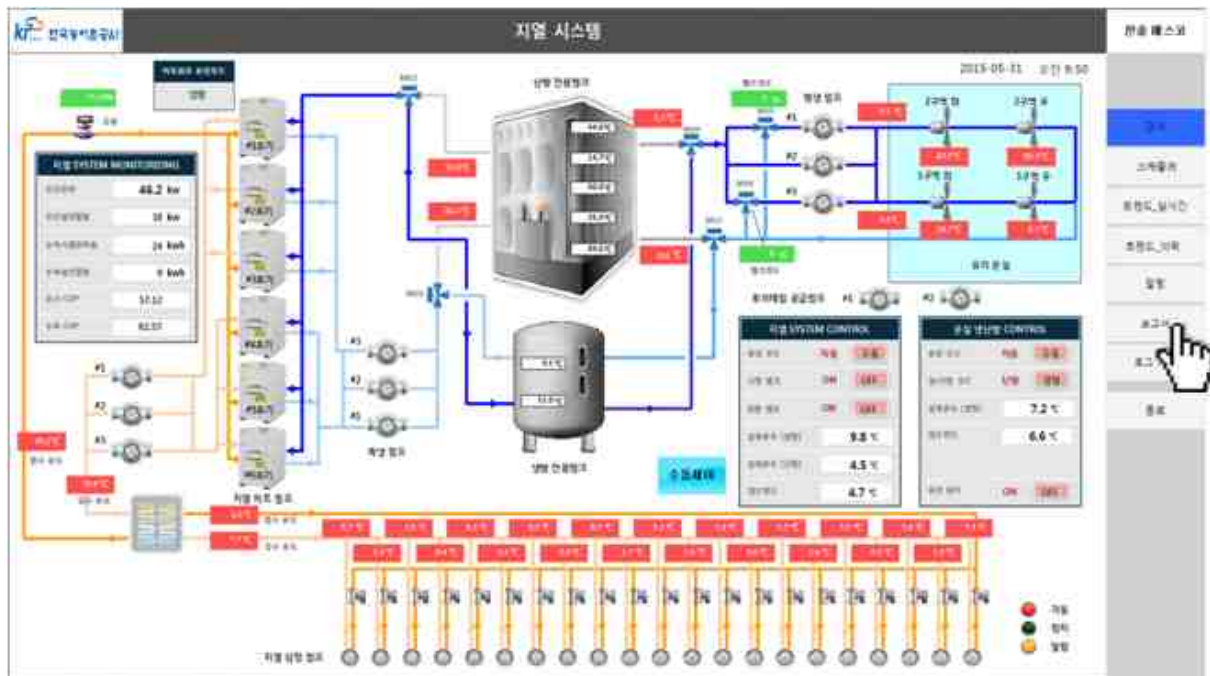
㉕ 경보이력화면 세부설명 : 초기 화면이동시 현재 발생된 알람이 메인창에 표시된다. 과거이력을 조회하고자 할 경우 시작일과 종료일을 선택한 후 이력버튼을 클릭하여 조회가 가능함

- (1) 아이콘을 클릭하여 엑셀저장, 프린터 등 다양한 기능을 수행할 수 있음
- (2) 마우스를 아이콘 위에 올리면 기능에 대한 설명이 나타남

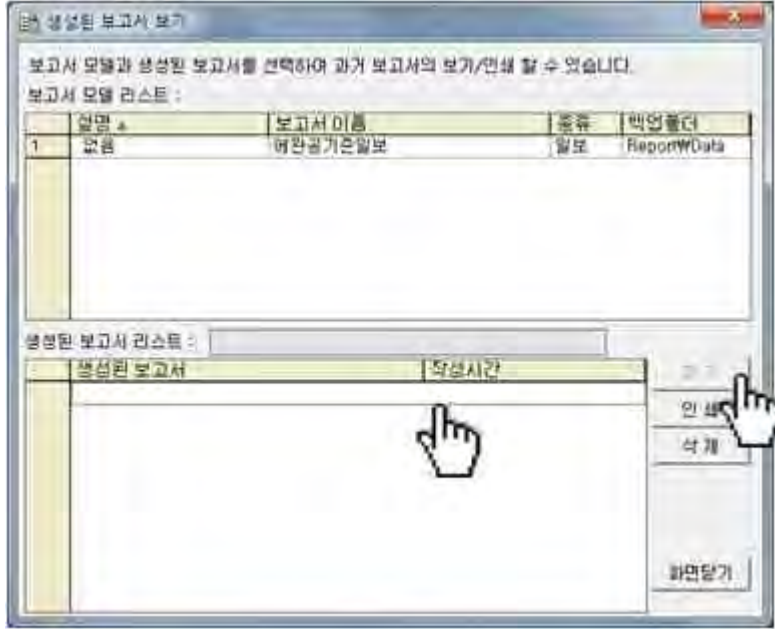


[그림 2-608] 경보이력 화면

㊤ 보고서 화면 세부설명 : 보고서 버튼 클릭시 아래와 같이 보고서 창이 나타나며, 원하는 날짜의 보고서를 선택한 후 열기, 인쇄, 삭제가 가능하다. 특이사항으로는 중앙감시반이 꺼져 있는 시간에는 보고서 값이 저장되지 않으니 주의해야 함



[그림 2-609] 보고서 화면



[그림 2-610] 생성된 보고서 보기

① 에너지관리공단 지열 일 DATA : 지열 일 DATA 값으로 시간단위 매시 00분의 순시치값을 표시함

지열 일 DATA

계원 번호: 10140101

시 간	지열액		부하액		유량	생산열량			소비전력		COP		생산시간 분
	등수온도	중수온도	공급온도	환수온도		순시열량 kWh	누적열량 kWh	순시전력 kW	누적전력 kWh	순시	누적	누적	
	℃	℃	℃	℃									

[그림 2-611] 에너지관리공단 일 DATA 화면

다. 자동제어 회로도 작성

- 지열시스템에 설치되는 모니터링 계측설비는 온도센서와 유량계, 전력량계가 설치되어야 하며, 온도센서는 정확도 ±0.3℃(-20~100℃)미만, ±1℃(100~1000℃)이내, 유량계는 정확도 ±1.5% 이내, 전력량계는 정확도 1% 이내로 만족하는 설비를 설치하도록 신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침(모니터링 설비 설치기준)에 명시되어 있음

- 또한, 측정된 에너지 생산량 및 생산시간을 누적으로 모니터링 하되, 일일열생산량(kW)는 시간당 24개, 생산시간(분)은 1일 1개, 전력소비량(kWh)는 시간당 24개의 누적 데이터로 표시되어야 하며, 측정항목으로는 물-물 방식은 부하측 입출구 온도차와 유량, 물-공기(냉매)바식은 지열원측 입출구 온도차와 유량, 전력소비량은 열펌프와 축열&지중 펌프에 대해 측정하도록 함
- 단일순환펌프 지열시스템에 적용된 자동제어 프로그램은 Touch Screen에 제어되는데 주로 그래픽 프로그램에 의해 구현되도록 하였으며, 한글에 의한 메뉴 조작과 한글로 출력이 가능하도록 하였다.
- 프로그램에 포함된 주요 기능은 아래와 같음

㉠ 최적화 운전제어

- 지열설비의 설치목적인 효과적인 냉난방과 운전 비용절감을 위하여 냉온 열원과 히트펌프의 최적화 운전제어가 이루어지도록 프로그램화 되어야 함
(유량, 순시 열량, 적산열량, 순시 전력, 적산전력, 지열 및 냉온수 온도, 온도차, COP, 비용 절감액, 이산화탄소 절감량 등이 표시되어야 한다)

㉡ 무인화 운전제어

- 심야시간 운전시 무인에 의한 자동운전이 가능하며 주간시간에도 냉난방 운전의 최적화 운전 제어가 무인으로 이루어지도록 구성되어야 함

㉢ 수동 모드 조작 운전 (현장 Local 운전)

- 운전자의 판단에 의하여 PC프로그램이 아닌 현장 Local 운전이 필요할시 현장 제어반(Touch Screen)에서 운전이 가능하여야 함

㉣ 경보 장치

- 지열 설비 전반에 대한 이상유무를 자동으로 검색하여 이상 발생시 운전자가 알 수 있도록 Touch Screen 에 Alarm 표시가 구체적으로 기록 되어야하며 모든 데이터가 저장되어야 함

㉤ 스케줄 제어

- 자동 운전시에 입력에 의한 스케줄 제어 혹은 운전조건에 의한 정상 운전 시 근무시간 연장에 의한 냉방을 할 수 있도록 스케줄 설정이 가능하여야 한다. 스케줄 설정은 최소 1주일 이상씩 설정이 가능 해야 함

㉥ Report와 Trend 기능

- 운전상태와 운전일지는 원하는 시간 내에 출력을 할 수 있어야 하며 또 정해진 시간에 운전일지가 출력이 되도록 하여야 하며 필요 시에 운전 이력을 알 수 있도록 Trend 기능을 갖추고 있어야 함
 - (1) 프로그램 명령 및 수정 (고객의 요구 협의 사항일 경우)
 - (2) 프로그램의 명령은 단계별 Password 기능을 갖추고 있다.
 - (3) 1단계-간단히 조작이 가능 (각 Mode별 운전)
 - (4) 2단계-교육이수 후 조작이 가능 (스케줄 Setting, 순환펌프 순차운전, 리포트 출력지점 조정)
 - (5) S/W 프로그램 및 추가 작업 내용 수정을 2단계로 구성 하여 프로그램을 안전하게 보호 할 수 있도록 한다. 단, 2단계 내용 수정 시 1단계 및 2단계 Password를 모두 알고 있어야 수정이 가능하다.
 - (6) 지열 시스템이 운영되고 있는 전반적인 상태를 한눈에 볼 수 있도록 Graphic으로 표시가 되어야 하고 운전 Mode가 표시 되어야 한다.
 - (7) 납품설치 완료 후 감독원 입회 하에 시운전을 실시하여 이상이 없어야 하며, 단위기기 조건에 의하여 시운전이 어려울 경우 별도 기간에 시행하도록 한다.
 - (8) 지열시스템을 상위 네트워크로의 데이터 전송이 가능하도록 프로토콜을 개방 하여야 하며 통합 시스템에 모니터링이 가능할 수 있도록 되어야 한다.
 - (9) 환절기 모드(봄철, 가을철)는 그룹별 및 개별 제어를 할 수 있도록 한다.

(10) 고객(사용자)의 지열시스템 운용지원을 위하여, Touch Screen에 보이는 화면을 원격으로 접속 할 수 있어야 한다.

○ 자동제어기에 설치되는 모니터링장치(Soft ware & Hard ware), On Screen Alarm, 프로그램관리, 휴일관리, 일일운전보고서를 구성하기 위한 주요 사양은 아래와 같음

㉠ 모니터링장치(Soft ware & Hard ware)

(1) On Screen Monitoring : 지열을 구성하는 모든 기기의 상태를 Graphic으로 화면상에 표시하며, 실시간에 일어나는 상황을 나타낼 수 있도록 한다. 운전 상태에 따라 칼라를 변환시킴으로써 한눈에 각 장비들의 동작 상태를 파악할 수 있도록 한다. 지열 시스템의 모든 운전 데이터는 1분 단위로 Microsoft Excel의 데이터 파일의 형태로 1일분씩 기록되어 운용자가 이를 손쉽게 관리할 수 있다. 원격관제 프로그램을 Windows의 시작 프로그램에 등록하면 Windows 프로그램이 기동하면서 자동으로 실행 되어야 한다.

(2) On Screen Alarm : 전체 System에서 경보로 인식하는 모든 입력은 다른 프로그램의 상태에 관계없이 화면최상위 에 우선적으로 표시 되어야 한다. 인식되는 정보는 최대 32종의 경보의 종류에 따라 나뉘어지고, 경보 기록은 Microsoft Excel 데이터 파일의 형태로 1개월단위로 개별 보관 가능 하여야 한다.

(3) 프로그램관리 : 그래픽 화면상에서 마우스 조작 만으로 설정 값을 변경할 수 있고 분산 제어기의 프로그램을 수정할 수 있어야 한다.

(4) 휴일관리 : 월/일 별로 휴일관리 프로그램에 의하여 휴일로 지정하여 자동으로 운전이 가능 하여야한다.

(5) 일일 운전 보고서 : 시스템의 중요 데이터를 1시간 단위로 기록한 일일 보고서를 자동으로 출력하고 일일 보고서의 서식은 Microsoft Excel파일의 형태로 저장 되어야 한다.

- 소프트웨어(Software) 각종 제어 기능
- 최적 기동 운전 (Optimal START / STOP)
- H/P 보호운전 (Heat Pump Protection)
- 1분 단위 스케줄 운전 (7-Day Programming)
- 최적화된 PID Loop 제어 (Optimized PID Control Loops)
- 절전운전 및 Demand 제어 (Load Cycling & Maximum Demand) - Option
- 완전한 계산학적 제어 (Maths Modules)
- 연산 및 시퀀스제어 (Logic & Sequence Modules)
- 펄스연산 및 에너지 계측 (Pulse Counting/Energy Monitoring)
- 경보 표시 (Alarm Handling)

㉡ Hard ware 사양은 현장 여건에 따라 변경이 가능하도록 설계

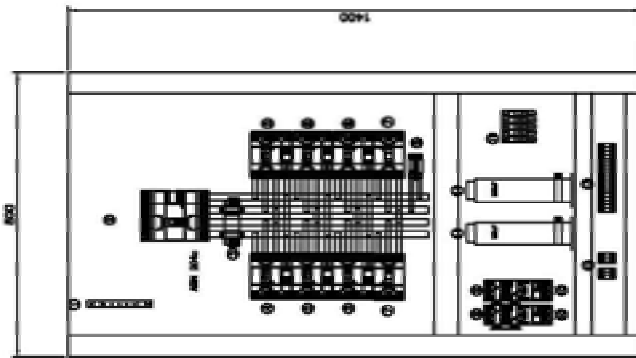
㉢ Soft ware 사양

(1) PLC(DDC) Controller : CIMON OR GLOFA 동급 사양의 것으로 한다.

- I/O 모듈 성능
- 입력 점수 : 8점, 16점, 32점
- 정격입력 전압 : DC 12/24V, AC110V ~ 220V
- 정격입력 전류 : 3/7mA, 7mA, 5/11mA

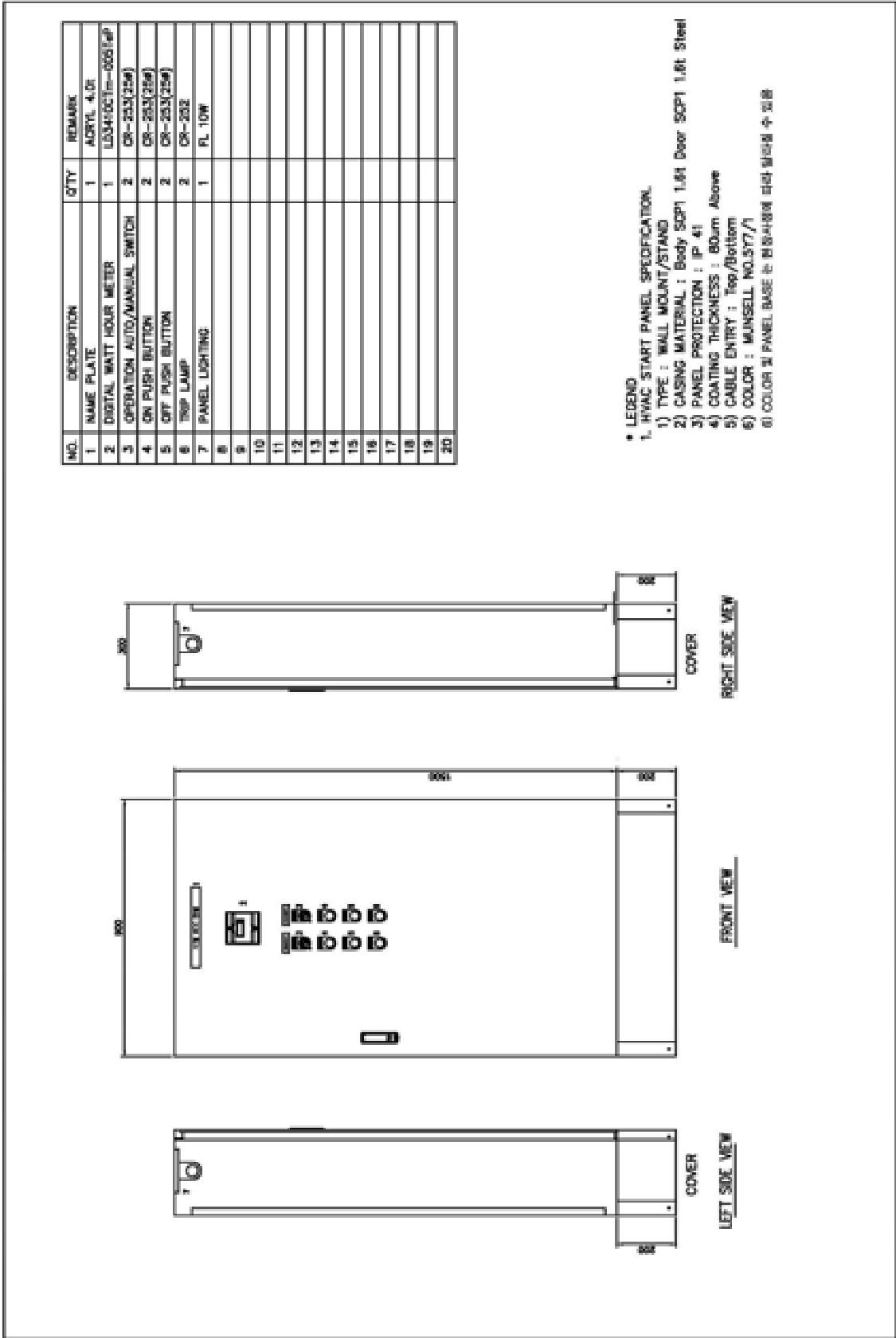
(2) Touch Screen

- 성능 규격
 - 화면크기 : 10.4" 혹은 12.1" Color LCD(현장 협의에 따라 변경 가능)
 - 해상도 : Color Touch 모델
 - 터치판넬 : 통신기능(Ethernet / RS-485 / RS-232C)
 - 전 원 : DC24V / AC220V
 - 구성화면 구성 사항
 - 각 Point별 온도표시.
 - 운전 모드 선택 및 표시
 - 운전 방법 및 상태 표시
 - Schedule Setting .
 - Data Display& Setting
- 아래 그림은 단일순환펌프형 지열시스템의 자동제어장치에 설치되는 모니터링 장치 및 자동제어 패널외형도 및 전기회로도 작성도를 나타낸 도면이다.

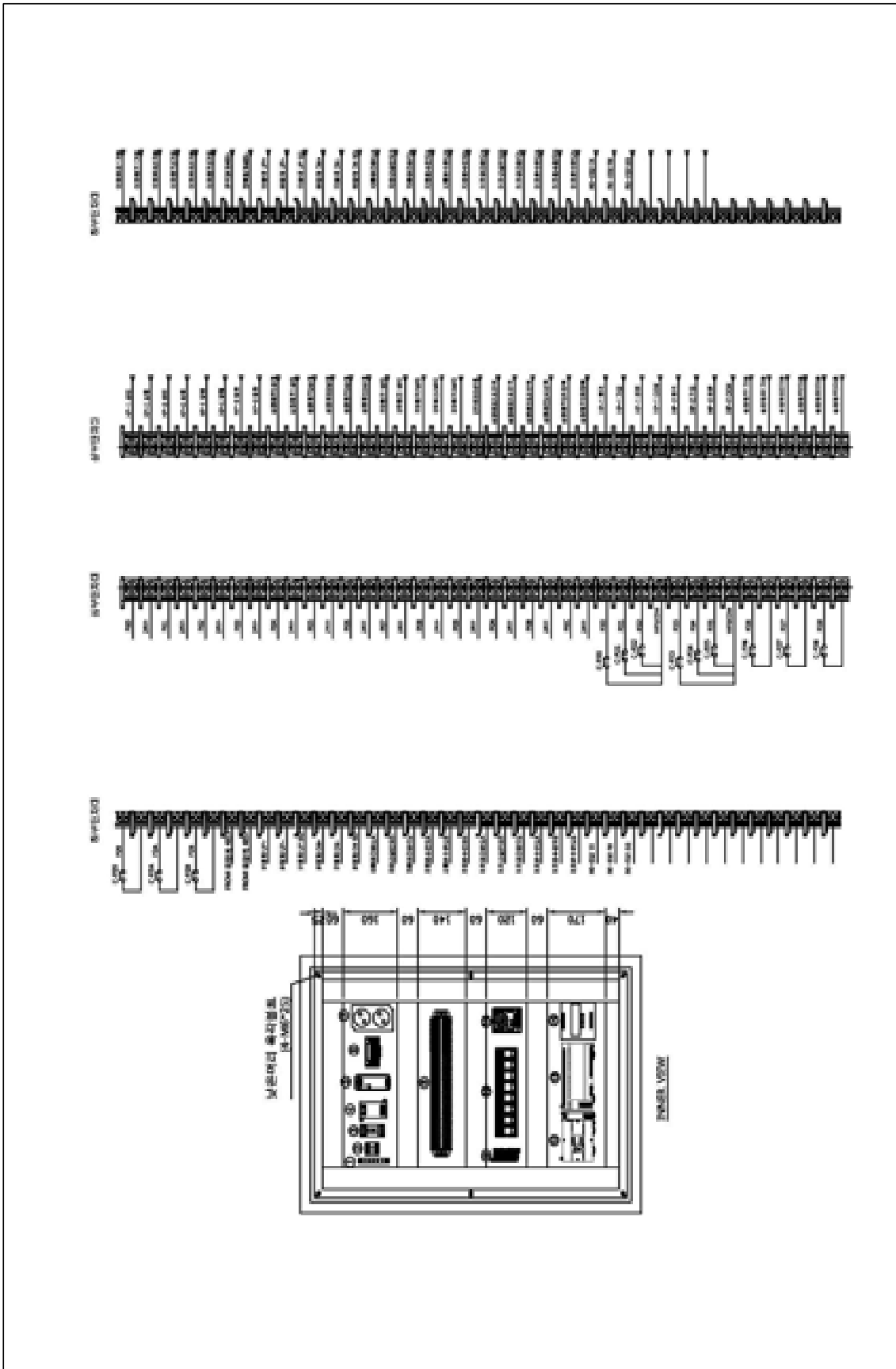


NO.	DESCRIPTION	QTY	REMARK
1	EARTH BAR	1	3I
2	MAIN MOLDED CASE CIRCUIT BREAKER	1	AMN2004-250A
3	CURRENT TRANSFORMER	1	KBT23 250/5A (KWANGDONG)
4	CLOB FOR HEAT PUMP 1	1	EDS54-20A
5	CLOB FOR HEAT PUMP 2,3,4	3	EDS54-30A
6	CLOB FOR HEAT PUMP 5,6	2	EDS54-40A
7	MCCB FOR PUMP1,2	2	ADP43-80A
8	CLOB FOR CONTROL	1	300RPH 20A
9	MAGNETIC CONTACTOR FOR PUMP1,2	2	MC-32
10	TR MTS9	2	1P-25A
11	FUSE-HOLDER & FUSE FOR CONTROL, WHM	5	5A
12	TERMINAL BLOCK FOR PUMP1,2	2	3P-60A
13	TERMINAL BLOCK FOR CONTROL	10	1P-15A
14	RY PUMP	2	100W/5.4kW
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			

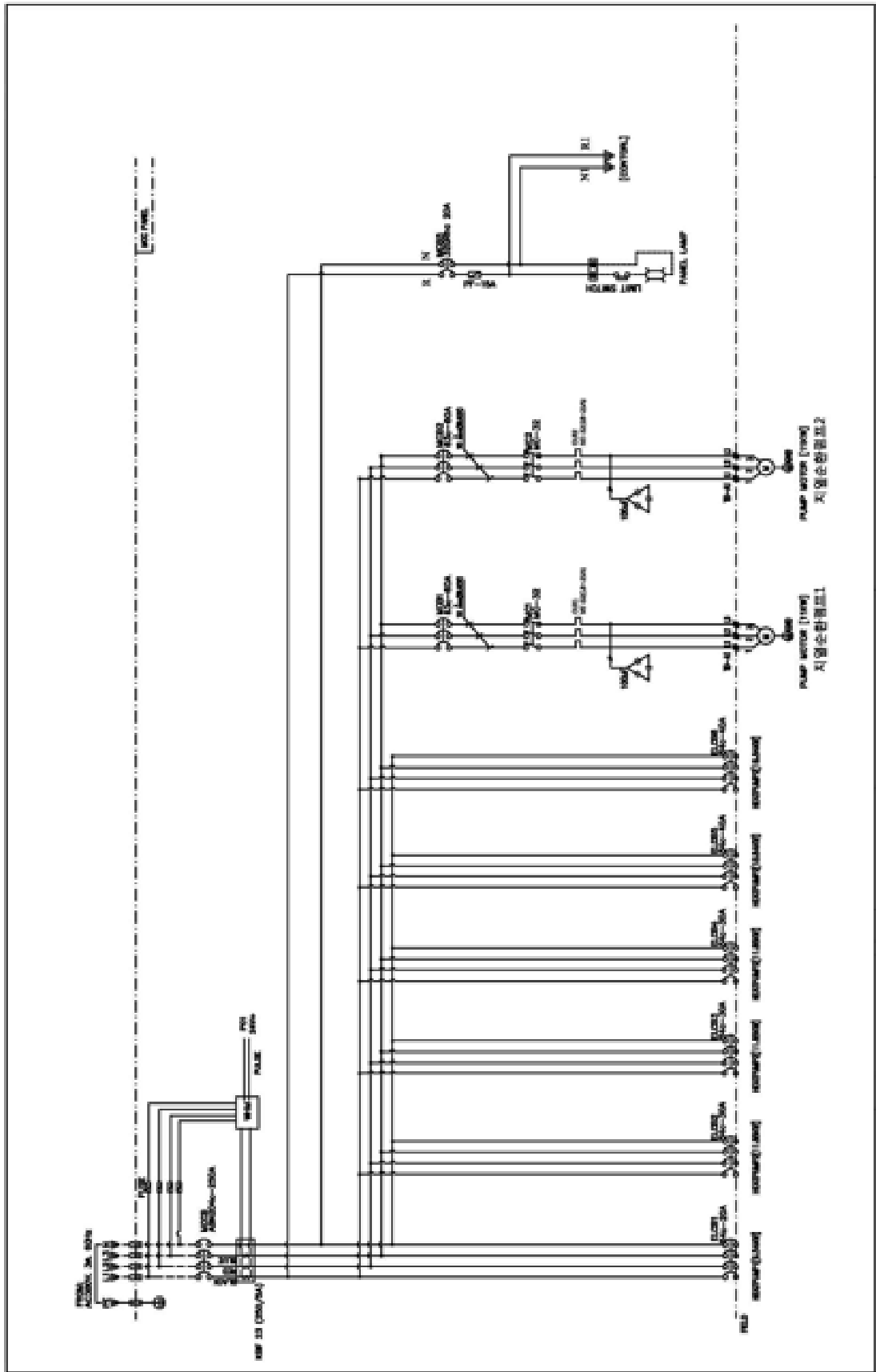
[그림 2-612] MCC 패널도



[그림 2-613] 판넬외형도



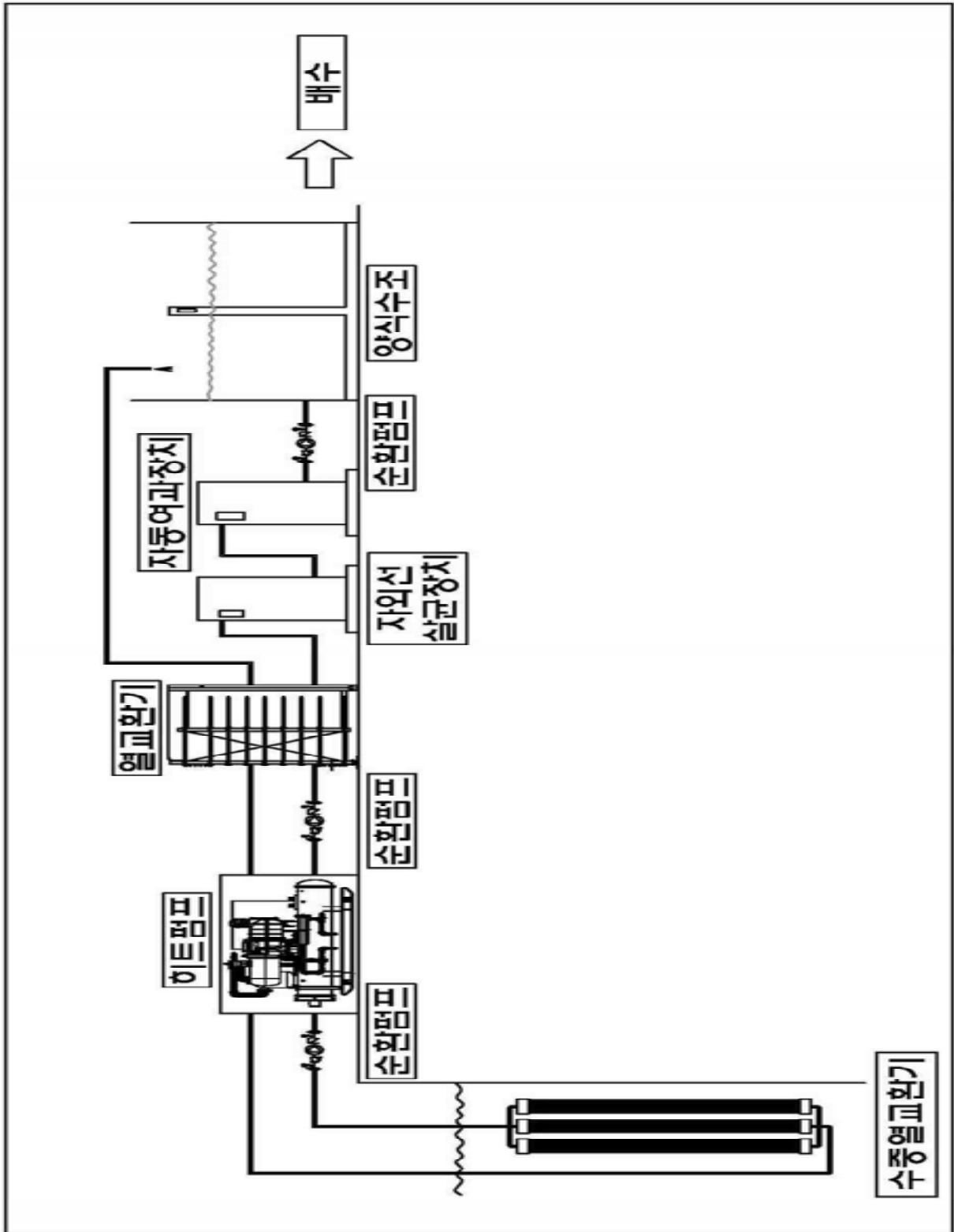
[그림 2-614] 자동제어 전기회로도-1



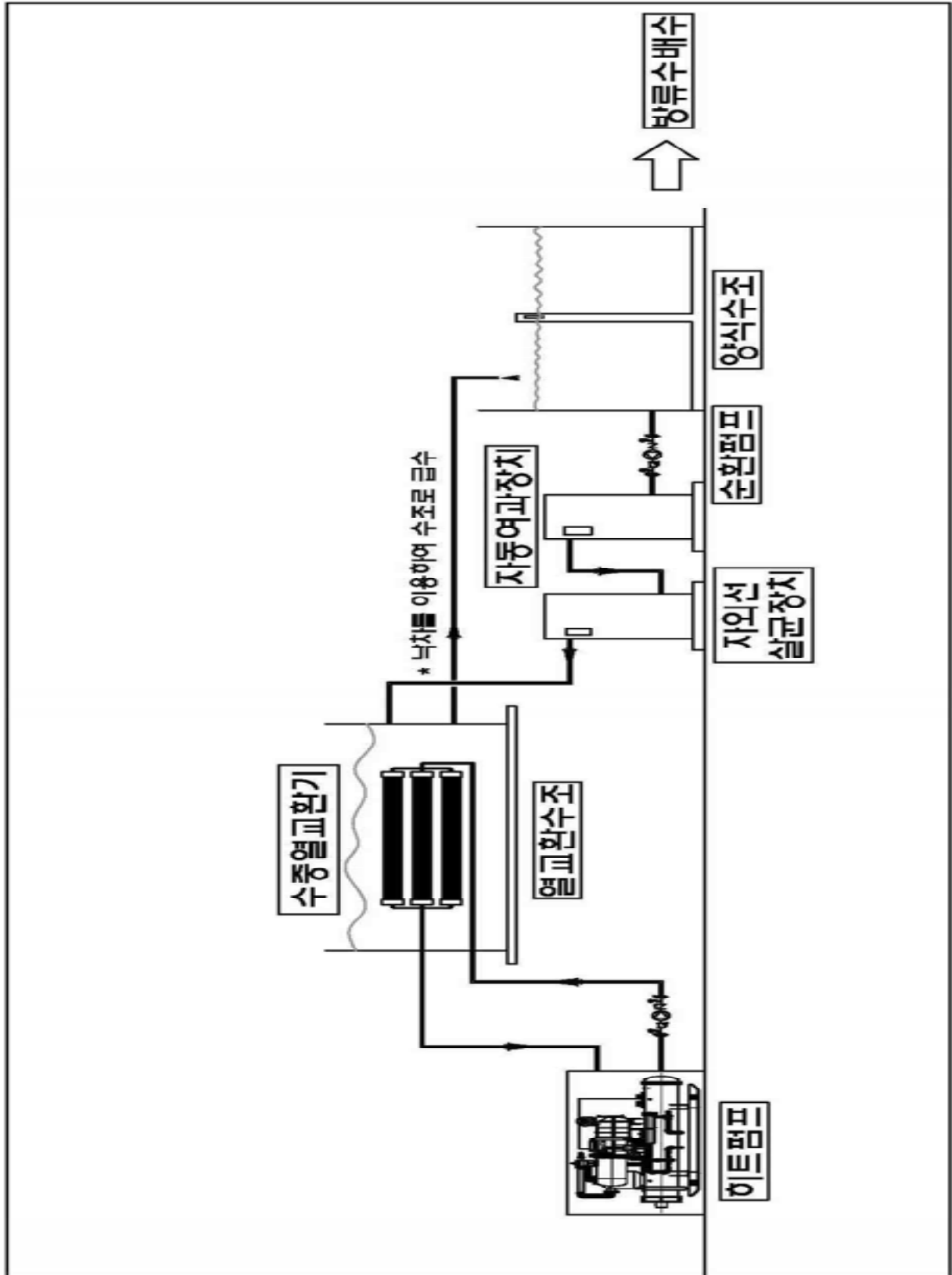
[그림 2-615] 자동제어 전기회로도-2

3.7. 스마트팜 해수열 시스템 기본 설계 계통도 작성

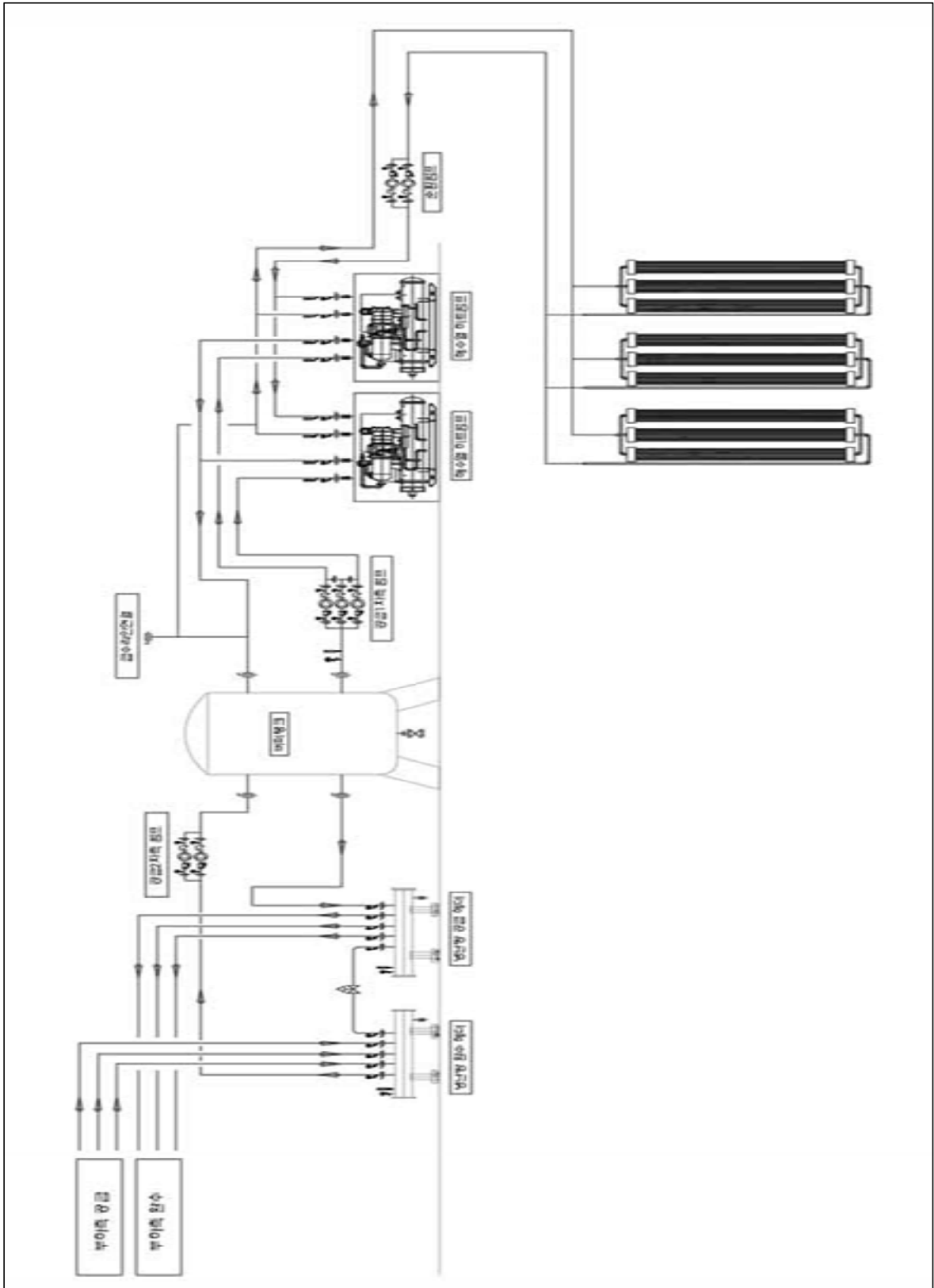
- 해수 열에너지는 자연에너지로서 온도의 계절 변동이 하천수에 비해 적고, 동결온도가 약 -2°C 로 낮아 하천수보다 저온까지 열 이용이 가능하며, 냉난방 시 대기와 $5-10^{\circ}\text{C}$ 정도의 온도차를 가지고 있으므로(여름에는 대기보다 $5-10^{\circ}\text{C}$ 낮고, 겨울에는 대기보다 $5-8^{\circ}\text{C}$ 높음) 히트펌프의 열원으로서 아주 우수한 특성을 가지고 있음
- 또한 이용가능 해수 열에너지의 부존량은 유효해안선 1 km 당 약 7,000Gcal/month로, 이는 해안선 1 km당 약 5,000여 세대의 아파트를 난방할 수 있는 막대한 열량으로서, 우리나라의 경우 삼면이 바다인 점을 고려한다면 해수 열에너지는 거의 무한한 에너지원으로 생각할 수 있음
- 해수는 무한한 양을 가지고 있음에도 불구하고 국내에는 삼척의 솔비치, 해양심층수연구센터, 한국해양대학교 등 외국에 비해 활성화되어 있지 못하다. 이와 같은 이유는 보다 경제성을 갖는 시스템 기술개발이 이루어지지 않았으며, 아직 해수를 에너지로 활용할 수 있는 주변 여건이 활성화되어 있지 않기 때문임
- 우리나라 임해지역은 산업단지의 71%, 인구의 27%가 위치하여, 96.3백 toe의 최종에너지가 소비되고 있으며, 이 중 냉난방 및 급탕에 소비된 에너지는 64.4백만 toe(66.9%)임
- 임해지역 전체에 해수 냉난방(지열포함)을 적용한다면 64.4백만 toe의 약 68%인 44.3백만 toe의 에너지가 절감될 것으로 예상됨(우리나라 총 에너지 소비량 271.4백만 toe의 16%에 해당).
- 스마트팜에 해수열을 이용하기 위한 열교환기의 종류는 4종류(이중관형, 침지식, 판형, Shell and tube형)이 있으며, 전열성능이 높아 침지식 판형열교환기를 주로 사용함
- 양식장의 경우 양식장 수조의 물이 폐열회수기를 거쳐 해수용 히트펌프로 들어가게 되는데 이때 양식어의 배설물, 사료 찌꺼기 등이 함께 히트펌프로 유입되어 열교환기를 오염시킨다. 그러므로 양식장에 사용되는 해수용 히트펌프는 오염속도가 빨라 양식장 조건에 따라 1주일 정도 운전하면 성능이 급격히 저하하여 양식장 급수 설정온도로 가열 및 냉각이 불가능할 뿐만 아니라 시스템 작동이 불가능하게 됨
- 축양장에 공급된 해수는 전량 순환시킨 후 방류수를 통해 다시 바다로 흘러보내는 해수 직접 열순환과정에서 해양 부유물 또는 따개비 등 해양식생물로 인한 열교환기의 폐색에 장애가 발생할 수 있어 정기적인 분해, 정비 및 팩킹교환 등의 유지관리에 비용과 인력이 소요되는 현실적 문제가 있어왔음
- 종래 이러한 열교환방식은 동절기 가동시에 해수온도가 5°C 이하로 떨어지면 히트펌프의 열교환기 파손 위험성이 있어 운전자체가 가동되지 않도록 프로그래밍 되어 있거나 운전에 극히 주의가 필요한 상황이다. 이러한 동절기 운전 불안정성을 해소하기 위하여 개발된 히트펌프 시스템이 해수열과 공기열을 함께 사용할 수 있도록 한 복합히트펌프 시스템이나 추가적인 시스템 구성으로 운전조작이 불편하고 공기열을 사용할 경우 효율이 낮아지는 문제점을 가지고 있음
- 따라서, 동절기 바다에서 양수되는 해수온도가 5°C 이하로 낮아지더라도 장애없이 운용할 수 있는 해수 히트펌프시스템의 개발을 통해 축양어가들로 하여금 해수양수를 이용한 어패류 축양장의 안정적인 운용이 가능할 수 있도록 할 필요가 있음
- 특히 간조시 해수 수심이 극히 낮아져 대기 온도의 영향을 많이 받을 수 밖에 없는 서해안과 남해안에 위치하게 되는 축양장 시설과 지표면에 노출된 상태로 양식을 시행하는 새우어가들에게 어떤 기상 기후조건에도 안정적인 축양사업유지를 지속할 수 있는 적정 양식온도의 유지를 위한 해수 히트펌프시스템의 개발은 필수적인 필요사항이라 할 수 있음



[그림 2-616] 양식장 설치 계통도-1



[그림 2-617] 양식장 설치 계통도-2



[그림 2-618] 양식장 설치 계통도-3

- 본 시스템은 양식장에 설치되는 해수열교환기로 수중에 설치되는 밀폐식 수중열교환기와 지상에 설치되는 히트펌프, 히트펌프와 수중열교환기간 열매체를 순환시키는 순환펌프, 세균 등을 살균시키는 자외선살균기, 따개비, 조개껍질 등을 여과시켜주는 자동여과장치로 구성되어 있음
- 밀폐식 수중열교환기는 기존 기술의 경우 티타늄 등의 재질로, 해수를 직접 양수 후 열교환하는 방식으로 구성되어 있어 해수가 직접 양수되어 기계실의 장비를 부식시키거나 해수열교환기 내에 조개껍질, 해양식물 등의 이물질이 부착되어 기계실 내의 순환을 막는 단점이 있어 왔음
- 본 시스템의 수중열교환기의 재질은 해수가 가지고 있는 부식성을 고려하여 고밀도폴리에틸렌(HDPE) 또는 티타늄 튜브관으로 제작하며, 어패류 수조측에는 해수온도를 가온하기 위한 응축기측 열교환기를 구성하고 어패류 수조를 거쳐 배출되는 해수를 방류하기 위해 설치된 방류수로에 저온측 증발기 열교환기를 구성하도록 제작 설치함
- 응축기측 열교환기 내부에는 동결우려가 없도록 청수를 순환 사용하여 수조 내 수질 안정성이 담보될 수 있도록 하며 방류수로에 구성되는 저온 증발기측 열교환기 내부에는 부동성능이 확보된 에틸알코올을 충전하여 순환되도록 함으로써 3°C 이하에서도 히트펌프가 장애없이 가동이 가능하도록 함으로써 해수온도가 극히 낮은 상황에서도 어패류 수조내부의 수온을 적정수준으로 유지할 수 있도록 함
- 각 열교환기는 반개방형 하우스 내부에 설치되도록 하며 탈착이 용이하도록 하여 점검과 청소가 편리한 구조로 제작함
- 기존 기술은 히트펌프의 냉매 가스관을 판형 열교환기에 공급하여 직접팽창 또는 4방변을 통한 직접 응축과정에서의 열교환을 통해 순환공급되는 해수 온도를 낮추거나 높일 수 있도록 시스템이 구성되어 있다. 이런 특징으로 인해 순환되는 해수의 온도가 낮아질 경우 해수의 동결로 인해 순환이 폐색되거나 열교환기의 파손이 우려되어 5°C이하에서는 자동적으로 히트펌프의 운전이 중지되도록 프로그래밍 되어있다. 또한, 필요에 따라서 열교환기측으로 해수를 공급하기 위한 별도의 순환펌프를 설치하여 가동하는 계통을 구성하는 경우도 있음
- 각 계통별 특징으로는 해수수중열교환기를 해수면 아래에 설치하고 본 열을 히트펌프를 통해서 건물이나 화훼온실쪽으로 냉난방을 할 수 있도록 시설되는 구성계통도임
- 수조에 양식을 하는 경우 해수열교환기를 순환수조에 침지한 상태에서 히트펌프를 통해 순환수에 수온을 올리거나 내릴 때 적용될 수 있는 구성계통도임
- 해수열교환기를 이용하여 히트펌프를 가동하되, 열의 이동을 판형열교환기를 통해 열교환시킨 후 양식수조에 가온 또는 냉각된 열을 순환하는 순환계통도임

(4) 연구결과

- 평택 진위면에 위치한 팜에이트(주)의 식물공장 및 온실에 에너지공단 지급사업의 일환으로 210 RT 급 단일순환펌프형 개방형 지열시스템을 테스트베드를 구축하였음
- 테스트베드 구축 후 해당 공종을 세부적으로 분류한 결과 ①굴착, ②지중열교환기(HDPE 관), ③트렌치배관공사, ④기계실설치공사, ⑤히트펌프 등 장비구매, ⑥자동제어 등 총 6공종으로 분류하였음
- 그 중 가장 많은 비중을 차지하는 굴착업체와 HDPE관 구매업체, 히트펌프 구매업체에 대해 시장조사를 시행하였으며, 협력업체 구성을 위한 기준을 마련하였음
- 한, 일반적인 지열시스템 공정에는 비해당되지만 단일순환펌프형은 지열공과 보충정, 그리고 집수정으로 구성되어 있는 바, 보충정과 지열공을 순환하고 남은 지하수가 집수정으로 집수되는 공정이기 때문에 집수정 제작업체에 대해 시장조사 실시 및 협력업체를 구성하였음
- 굴착업체는 총 10개사의 협력업체를 구성하고 이 중 백양이엔지와 MOU를 체결하였으며, HDPE관은

- 2개사(제이유에너지, 한국PEM)의 대리점업체 및 제조업체와 협력업체를 구성하였다. 또한, 히트펌프 제작업체는 총 4개업가 종합쇼핑몰에 등록되어 있으며 이 중 2개사는 중견기업이고 2개사는 대기업이 생산하고 있는 것으로 조사되었다. 히트펌프 MOU는 대성히트에너지(구. 대성히트펌프)와 체결하였음
- 집수정제작업체는 현장 적용성이 높아야 하므로, 일반적으로는 콘크리트 맨홀타입으로 구성되어 있어 시공이 불량하고, 수질에 영향을 줄 수 있으므로 우광에이스社의 제품을 선정하였으며, 해당 업체를 구성협력업체로 등록하였다. 본 제품은 pp 제품으로 제작되어 현장에서 설치나 운반이 간편하고 수질에 의한 영향이 없으며, 특허 및 건설신기술 인증제품임
 - 테스트베드 구축과정에서 기본 설계를 진행하였으며, 기본 설계를 바탕으로 실시설계를 진행한 결과 210 RT 급 지열시스템 설계비는 1,759,898천원으로 계산되었으며, 이중 굴착비는 698,341천원으로 전체의 40%에 해당하였음
 - 또한, 테스트베드 및 설계를 바탕으로 2차년도에 작성된 시방서를 추가 보완하였음
 - 스마트팜에 적용되는 자동제어의 전기회로도면을 오투스사와 협력하여 세부도면을 작성하고, 이용자가 보다 쉽게 사용하도록 그래픽화 된 운영메뉴얼을 제작하였음
 - 해수의 열을 이용하여 냉난방이 가능한 해수열교환기는 양식장 및 해안가 부근의 스마트팜 및 건물에 적용이 가능하므로 기존 해수열교환기를 보완하여 3종류의 타입별로 구성계통도를 작성하였음

제5절. i-FDSS 지능형 서비스 개발

2-1 세부

〔CESL Primus〕 i-FDSS 지능형 서비스 개발

1. 최종목표

구분	내용
최종목표	i-FDSS (intelligent Farming Decision 지능형 서비스 개발
세부목표	1) 개발 기술 - 운영플랫폼 Structure 및 Proto 개발 - 실증 및 시범 서비스 - 식물공장 운영플랫폼 개발 2) 목표(수준, 성능, 품질) - 1년차) Rule 기반 서비스 - 2년차) 프리바, 호티맥스 동등이상 - 3년차) 식물공장용 솔루션 확보 - 4년차) 노지용 솔루션 확보 - 5년차) 빅데이터 기반 지능형 서비스

2. 목표 및 결과

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
1차 년도	i-FDSS 지능형서비스 개발	머신러닝 시스템 개발	○빅데이터/머신러닝 기반 통합운영시스템 설계 ○빅데이터 모듈설계 ○머신러닝 모듈설계	○i-FDSS 통합관계 시스템의 아키텍처 구성 및 데이터 흐름설계
		FDSS Manager 개발	○플랫폼 개발 인프라 구축 ○FDSS Manager 프로세스 흐름도 분석 ○FDSS Manager UI (User Interface) 개발	○웹 기반 데이터 송수신 체계개발 ○FDSS Manager 생육프로파일 DB 설계 및 데이터 연관도 분석 ○CNN을 통한 작물 속도분석 결과
		WEF Manager 개발	○WEF Manager (E) 프로세스 흐름도 분석 ○WEF Manager (W) 프로세스 흐름도 분석	○WEF Manager 구현을 위한 머신러닝 모듈 클래스 개발
2차 년도	i-FDSS 지능형서비스 실증	FDSS Manager 확대 개발 및 검증	○딸기 스마트 팜 환경관리 분석 ○식물공장 테스트베드 구축	○상관관계 분석을 통한 생육프로파일 DB 보정 ○엽채류(유립상추) 생육프로파일 데이터 수집(작물이미지, 종량, 환경데이터 로그 등)
		WEF Manager 현장 실증을 통한	○부여과채연구소 양액기 운영데이터 분석	○통합모델을 위한 프로토콜 제정 - 양액기 (EC, pH, Recycle)

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
		기능검증 및 효과 산출	<ul style="list-style-type: none"> ○기관 별 연구결과물 연동을 위한 통합 수출모델 컨셉 ○현장 설치를 통한 운영효과 산출 	<ul style="list-style-type: none"> - 지열발전기 - 복합환경 제어기 및 신규 센서노드 (내외부 및 근권부)
3차 년도	i-FDSS 지능형 서비스	FDSS Manager 확대 개발 및 검증	<ul style="list-style-type: none"> ○유통정보 시스템 개발 ○실측 자료에 근거한 작물 생육 최적 환경제어 모형 개발 ○ICT 및 Big data 기반의 최적 환경 제어를 위한 의사결정 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○아이센서(Depth 카메라, RGN 카메라 및 인공지능 보드)를 통해 작물 생육 모니터링 시스템 개발 ○YOLO 기반의 딥 러닝 작물 인식 및 수확 시기 예측 프로그램 개발
		WEF Manager 현장 실증을 통한 기능검증 및 효과 산출	<ul style="list-style-type: none"> ○과채류(토마토) 재배농가의 환경관리 실태 파악 ○기관 별 연구결과물 연동을 위한 통합 수출모델 컨셉 ○현장 설치를 통한 운영효과 산출 	<ul style="list-style-type: none"> ○실제 농가 생육 데이터 및 환경 데이터를 수집하고 회귀 분석 알고리즘을 적용해 토마토 생육프로파일 DB 작성 ○FDSS 시스템을 실제 11 농가에 설치된 복합환경시스템과 연계하여 센서 data 수집 및 환경 제어 프로그램 연계 개발
4차 년도	i-FDSS 지능형 서비스 개발	서비스 수출확대 및 기능추가 (노지작물)	<ul style="list-style-type: none"> ○수출 추가국가 맞춤형 UI 개발 ○컨테이너 팜 작물용 복합관제 서비스 추가 ○스마트팜 클라우드 운영기술 표준화 (기능적 측면) 제안 ○재배관리 엔진 고도화 검증 및 효과검증 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 추가국가 UI 현지화 및 아이콘 개발 ○생육 프로파일 기반 딸기 재배 시스템 개발 ○스마트팜 운영기술 표준화 협력체계 참여 ○테스트베드 활용 재배 관리 머신러닝 엔진 실증 및 개선
		고수익 작물 최적 생육프로파일 연구	<ul style="list-style-type: none"> ○지능형 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 모듈 기능 보완 ○과실류(딸기) 재배농가의 환경관리 실태 파악 ○과실류(딸기) 생육최적 환경제어 모형 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○지능형 스마트팜 환경 모니터링 모듈 기능 보완 ○지능형 스마트팜 환경 제어 모듈 기능 보완 ○약용작물 재배농가 환경관리 인자 조사 및 분석 ○약용작물 재배농가 환경관리 실태 조사 및 분석 ○약용작물 작물 생육 프로파일 조사 및 분석 ○약용작물 작물 생육 환경 제어 요인 조사 및 분석 ○약용작물 작물 생육 환경 제어 모형 개발
5차 년도	i-FDSS 지능형서비스	지능형 서비스 글로벌 론칭	○글로벌 향 WEF(자원-재배관리) 복합관제 솔루션론칭	○생육 프로파일 기반 오이 재배 시스템 개발
			○클라우드 운영기술 표준화 (기능적 측면) 공유	○i-FDSS 서비스 체계 표준화 방안 제정

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
	고수익 작물 최적 생육프로파일 연구	고수익 작물 최적 생육프로파일 연구	○지능형 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 모듈 기능 보완	○지능형 스마트팜 환경 모니터링 모듈 기능 보완 ○지능형 스마트팜 환경 제어 모듈 기능 보완
○과채류(오이) 재배농가의 환경관리 실태 파악			○과채류(오이) 재배농가 환경관리 인자 조사 및 분석 ○과채류(오이) 재배농가 환경관리 실태 조사 및 분석	
○과채류(오이) 생육 최적 환경제어 모형 개발			○과채류(오이) 작물 생육 프로파일 조사 및 분석 ○과채류(오이) 작물 생육 환경 제어 요인 조사 및 분석 ○과채류(오이) 작물 생육 환경 제어 모형 개발	

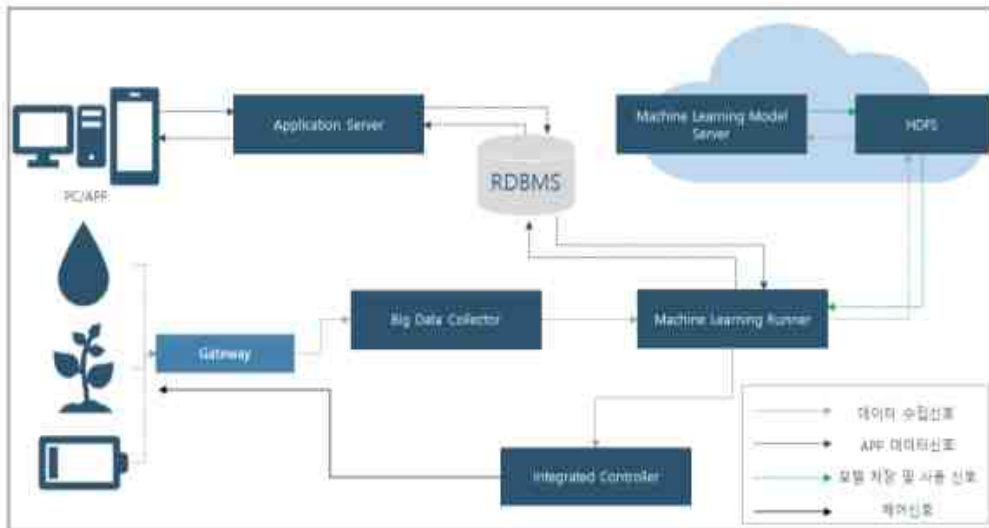
3. 세부 연구결과

3.1. 머신러닝 시스템 개발

(1) 개요

- i-FDSS 지능형 서비스는 농업과 IoT 기술을 융합하여 관수 제어(W), 에너지 제어(E), 재배환경 제어(F) 등의 빅데이터 수집/분석/예측을 통해 생산, 유통, 소비의 각 분야에서 IoT를 기본으로 하여 시스템화하고 이를 농업에 적용하여 생산성 향상, 비용 절감을 최적화 할 수 있는 인공지능 기반 서비스를 제공을 목표로 함

가. 시스템 구성도



[그림 2-619] i-FDSS AI 기반 시스템 구성도

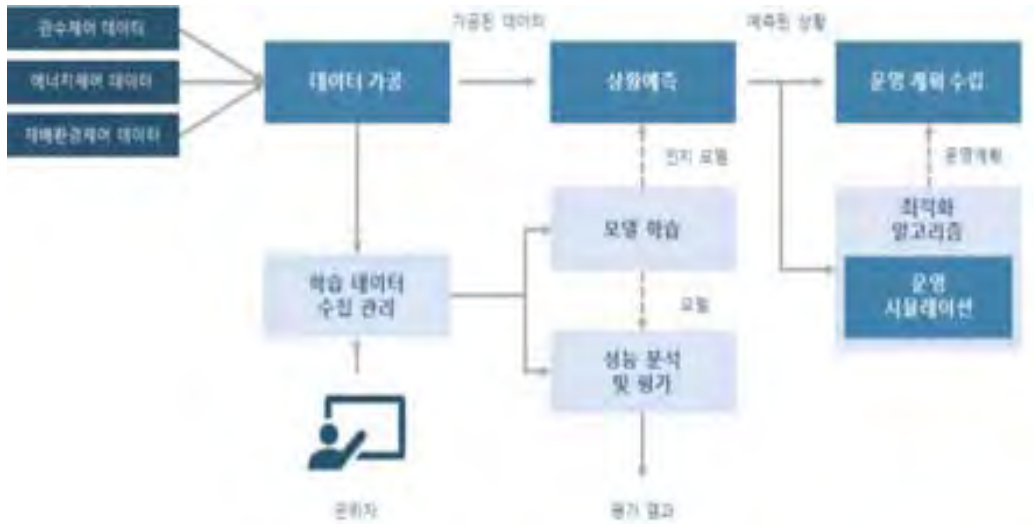
나. 시스템 설계 구조

- 빅데이터/머신러닝 기반 통합운영시스템 설계
- 빅데이터 모듈 설계
- 머신러닝 모듈 설계
- 통합관제 시스템

3.1.1. 빅데이터/머신러닝 기반 통합운영시스템 설계

가. 데이터 Work Flow

- 관수 제어(W), 에너지 제어(E), 재배환경 제어(F) 등 빅데이터 수집/분석/예측을 통한 운영계획 수립함



[그림 2-620] i-FDSS 통합 운영 스케줄러 Work Flow

나. 운영 스케줄러

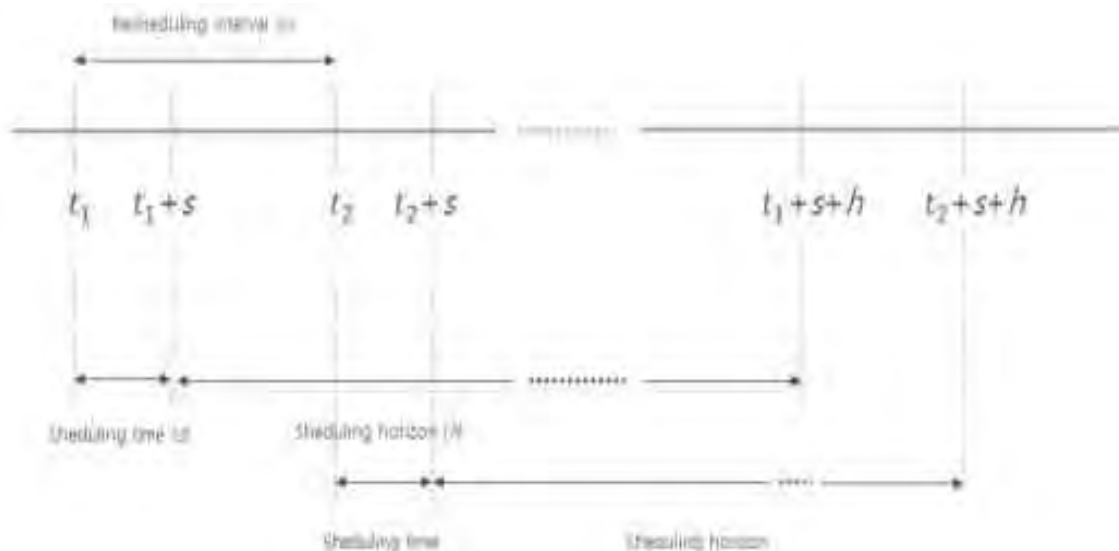
- 과거의 데이터를 분석하여 MCMC(Markov Chain Monte Carlo) 기반 운영 스케줄러를 정의하고 적용함으로써 운영 스케줄의 불확실성을 반영함

3.1.2. 빅데이터 모듈설계

- 빅데이터 모듈은 각종 센서에서 측정값을 수집하여 Big Data Collector로 전달해주는 역할을 수행함

가. 요구사항 정의

- 빅데이터 모듈에서 요구되는 핵심 기능은 각종 센서에서 측정된 값들을 Gateway에서 수집한 후 Big Data Collector에 전달함



[그림 2-621] i-FDSS 통합 스케줄러 MCMC 기반 운영계획

- 각종 센서는 관수 제어(W), 에너지 제어(E), 재배환경 제어(F)에 대한 관련 정보값을 측정
- 각종 센서는 Gateway와 단일스레드로 통신함
- Gateway 장치는 각종 센서에서 측정된 값을 수집, 즉, 각종 센서에서 측정된 값은 실시간으로 Gateway 장치에 전달함
- Gateway 장치는 Ethernet 통신이 가능해야 함, 즉, Gateway로 수집된 데이터들은 LAN을 사용하여 Big Data Collector에 전송되어야 하며, 메시지 푸시 기능은 MQTT Client를 사용함
- Gateway 장치는 MQTT Publisher를 사용하여 MQTT 브로커로 메시지를 발행함
- Big Data Collector는 MQTT 브로커(Mosquitto : 이하생략)와 카프카 Publisher를 사용하여 Gateway로부터 수집된 데이터들을 안정적으로 Machine Learning Runner에 릴레이 함

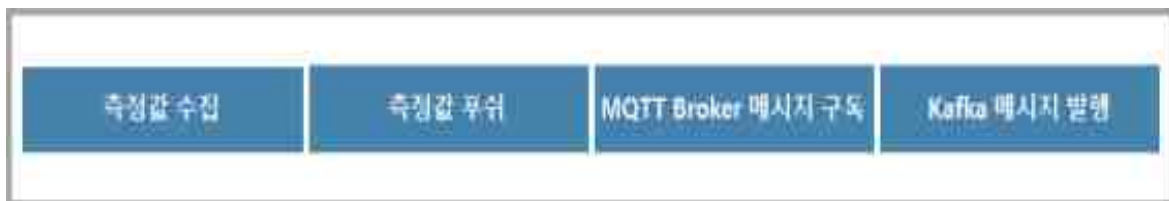
나. 유즈케이스 모델

□ 시스템 액터

- Sensor : 각종 정보값을 측정하는 센서들의 부모 센서 액터
- Color-Sensor : 작물의 색상값을 측정하는 센서 액터
- Flow-Sensor : 공급 유량을 측정하는 센서 액터
- Load-Sensor : 에너지 부하량을 측정하는 센서 액터
- Temperature-Humidity-Sensor : 온실 내부의 온도값과 습도값을 측정하는 센서 액터
- Outer-Temperature-Humidity-Sensor : 온실 외부의 온도값과 습도값을 측정하는 센서 액터
- Gateway : 각 센서에서 측정된 값들을 수집하고 MQTT 브로커로 푸시하는 액터
- MQTT Broker : Gateway에서 푸시한 측정값들을 카프카로 릴레이하는 액터
- Big Data Collector : MQTT 브로커와 카프카를 서브시스템으로 포함하며 각종 측정값을 수집하는 액터
- Kafka : MQTT 브로커에서 릴레이된 측정값들을 안정적으로 트랜잭션 처리하는 액터

□ 유즈케이스

- 유즈케이스는 사용자 입장에서의 기능적 요구사항이며, 액터가 특정 목적을 달성하기 위하여 해당 시스템에서 수행해야 하는 일련의 행동들로서 시스템에서 제공해야 하는 독립적인 기능 군을 의미함
- 외부시스템과 상호작용하는 행위들의 집합으로써 시스템 또는 서브시스템의 필수
- 행동 및 범위를 표현하여 최종 사용자 또는 고객과의 의사소통 수단을 제공함
- 빅데이터 모듈에서 제공되는 기능들은 모듈을 구성하는 각 서브시스템에서 제공되는 기능이며, 시스템 액터가 유발하는 기능을 제공함



[그림 2-622] 빅데이터 모듈의 유즈케이스

- 빅데이터 모듈에서 기능을 유발하는 액터는 각종 정보를 측정하는 센서데이터는 각종 센서에서 측정되어 LAN(Modbus TCP/IP) 통신을 통해 Big Data Collector로 수집함
- 빅데이터 모듈의 전체적인 프로세스는 사용자의 간섭 없이 Sensor, Gateway, Big Data Collector

장치들에서 자동으로 진행함

- Sensor 시스템 액터가 실시간으로 측정값을 Gateway로 전송하면 Gateway에서 측정값을 수집하여 MQTT Broker로 측정값을 푸쉬하며 Big Data Collector에서 메시지를 구독한 후 카프카로 메시지를 발행함
- 측정값을 안정적으로 수집하기 위해서 MQTT Broker를 사용해서 릴레이를 수행하며 카프카를 사용하여 안정적인 트랜잭션을 처리함

□ 유즈케이스 명세

- 빅데이터 모듈에서 도출된 유즈케이스는 측정값 수집, 측정값 푸쉬, MQTT Broker 메시지 구독, Kafka 메시지 발행 등 네 가지임
- 유즈케이스 아이디는 “usecase_모듈아이디_유즈케이스 고유아이디”로 구성함
- 빅데이터 모듈의 모듈 아이디는 BD
- 유즈케이스 명세서는 유즈케이스 ID, 유즈케이스명, 액터, 요약설명, 선행조건, 후행조건, 기본흐름, 대체흐름, 시퀀스 다이어그램으로 구성함
- 선행조건은 해당 유즈케이스가 실행되기 전에 되어있어야 하는 시스템 상태를 의미하고 후행조건은 해당 유즈케이스가 실행된 후 되어있어야 하는 시스템 상태
- 기본 흐름은 해당 유즈케이스가 정상적으로 실행된 흐름을 의미하며 대체 흐름은 유즈케이스가 정상적으로 실행되지 않고 다른 흐름으로 대체되는 것을 의미함

유즈케이스 이름	고유아이디
측정값 수집	BD01
측정값 푸쉬	BD02
MQTT Broker 메시지구독	BD03
Kafka 메시지 발행	BD04

[그림 2-623] <유즈케이스명 별 유즈케이스 고유 아이디>

- 측정값 수집 유즈케이스 명세서

유즈케이스 ID	usecase_bd_01
유즈케이스명	측정값 수집
액터	Sensor, Gateway
요약설명	각종 센서에서 측정된 값들을 Gateway로 수집
선행조건	각종 센서와 Gateway가 LAN 케이블로 연결되어 있어야 함
후행조건	Gateway의 시리얼 모니터에 수집된 값들이 10초 단위로 출력
기본흐름	<ul style="list-style-type: none"> - Gateway는 센서 객체를 생성 - Gateway는 센서를 연결하고 Gateway에서 센서를 연결시 연결에 실패하면 예외흐름 E1으로 이동 - Gateway는 1초 단위로 센서로부터 측정값을 수집
대체흐름	<ul style="list-style-type: none"> - E1. Gateway에서 센서를 연결 시 연결에 실패한 경우 - E1-1. 예외 메시지를 출력하고 센서로부터의 측정값 수집작업을 중단

- 측정값 푸시 유즈케이스 명세서

유즈케이스 ID	usecase_bd_02
유즈케이스명	측정값 푸시
액터	Gateway
요약설명	Gateway에 수집된 측정값들을 Big Data Collector에서 수행하는 머신러닝에 적합한 데이터 형태로 변환하여 MQTT 브로커로 푸시
선행조건	머신러닝 적용에 필요한 측정값들이 Gateway로 수집되어야 함
후행조건	머신러닝 적용에 필요한 측정값들이 MQTT 브로커로 전송
기본흐름	<ul style="list-style-type: none"> - Gateway는 Ethernet 객체를 생성 - Gateway는 Ethernet 객체를 생성한 후 Ethernet 통신을 시작 - Gateway는 MQTT 브로커로 연결, MQTT 브로커 연결에 실패하면 예외흐름 E1으로 이동 - Gateway는 수집된 측정값들을 머신러닝 적용에 적합한 형태로 변환 - Gateway는 변환된 측정값들을 1초 마다 각종 MQTT 브로커의 토픽으로 발행
대체흐름	<ul style="list-style-type: none"> - E1. Gateway에서 MQTT 브로커 연결에 실패한 경우 - E1-1. 예외 메시지를 출력하고 측정값 푸시 작업을 중단

- MQTT Broker 메시지 구독 유즈케이스 명세서

유즈케이스 ID	usecase_bd_03
유즈케이스명	MQTT Broker 메시지 구독
액터	Big Data Collector
요약설명	MQTT Broker의 각종 토픽에 수집된 메시지를 Big Data Collector에서 구독
선행조건	MQTT Broker의 각종 토픽에 메시지가 발행되어 있어야 함
후행조건	Big Data Collector에 MQTT 브로커의 토픽에 저장되어 있던 메시지가 구독
기본흐름	<ul style="list-style-type: none"> - Big Data Collector는 MQTT Broker에 연결, MQTT Broker 연결에 실패하면 예외흐름 E1으로 이동 - Big Data Collector는 MQTT Broker의 토픽으로부터 메시지를 구독
대체흐름	<ul style="list-style-type: none"> - E1. Gateway에서 MQTT Broker 연결에 실패한 경우 - E1-1. 예외 메시지를 출력하고 메시지 구독 작업을 중단

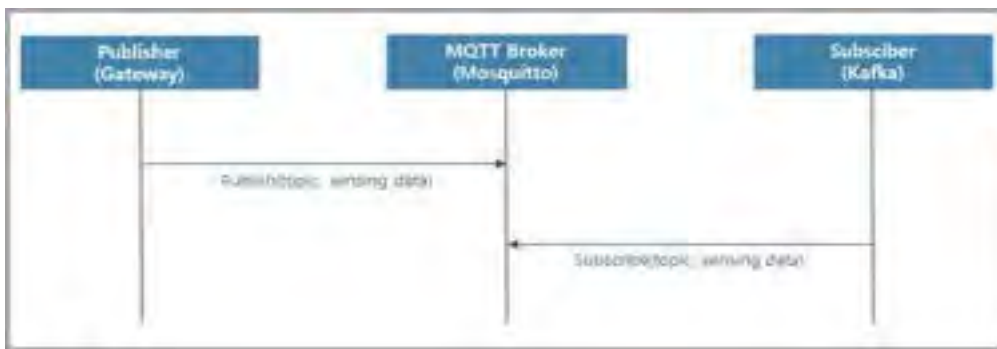
- Kafka 메시지 발행 유즈케이스 명세서

유즈케이스 ID	usecase_bd_04
유즈케이스명	Kafka 메시지발행
액터	Big Data Collector
요약설명	Big Data Collector가 Kafka Broker로 메시지를 발행
선행조건	MQTT 브로커로부터 Big Data Collector로 메시지가 수집되어 있어야함
후행조건	Kafka Broker로 메시지가 발행
기본흐름	<ul style="list-style-type: none"> - Big Data Collector는 Kafka Broker에 연결, Kafka Broker 연결에 실패하면 예외흐름 E1으로 이동 - Big Data Collector는 Kafka Broker로 메시지를 발행
대체흐름	<ul style="list-style-type: none"> - E1. Kafka Broker 연결에 실패한 경우 - E1-1. 예외 메시지를 출력하고 메시지 발행 작업을 중단

다. 아키텍처

□ 아키텍처 개요

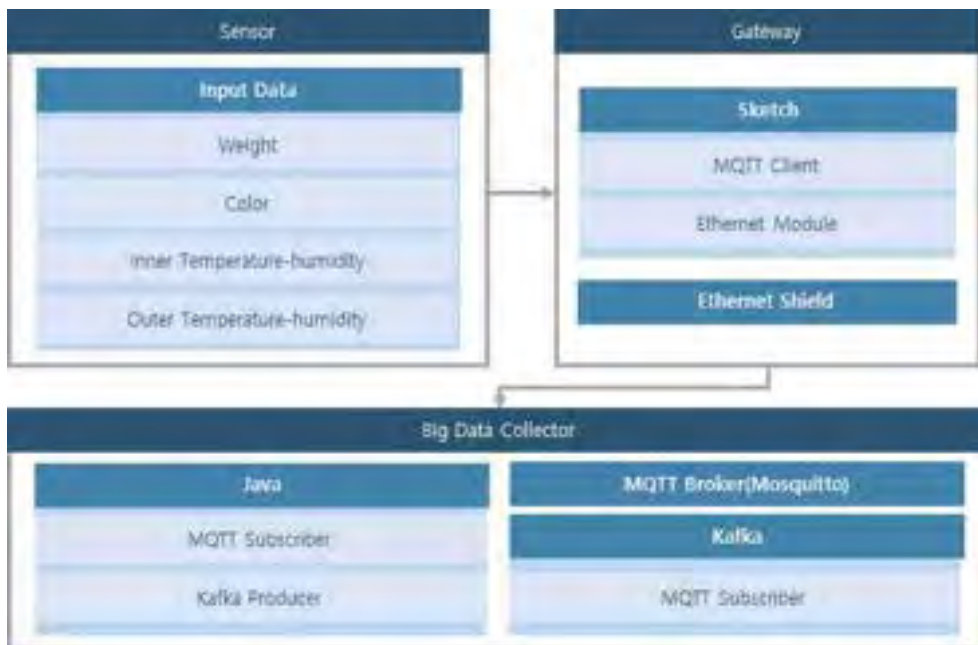
- 빅데이터 모듈은 MQTT (MQ Telemetry Transport), 카프카 Publisher, 아파치 스파크 등 오픈소스 라이브러리를 활용하여 구성함
- 각종 센서를 통해서 측정된 데이터들은 Gateway로 전송되며 Gateway는 MQTT (MQ Telemetry Transport)를 사용하여 저전력 낮은 대역폭에서도 센싱 데이터를 안전하게 전송할 수 있게 처리함
- Gateway에서는 MQTT Client를 이용하여 센싱 데이터를 카프카 생산자로 Publish MQTT의 QoS(Quality of service)는 실시간으로 한번만 전달하는 0단계(Fire and Forget)을 선택함
- 카프카는 MQTT 브로커를 통해서 전달받은 센싱데이터들을 안정적으로 트랜잭션 처리한 후 아파치 스파크로 전송함
- 빅데이터모듈은 각종 센서에서 수집된 빅데이터를 카프카 Publisher로 전달하는 기능까지 담당



[그림 2-624] MQTT Broker의 메시지 릴레이 흐름도

○ 아키텍처 구성

- 아키텍처는 크게 Sensor, Gateway (AlphaCon), Big Data Collector 라는 서브시스템으로 구성함
- 빅데이터 모듈의 주요기능은 각종 센서에서 측정된 측정값을 Gateway로 수집한 후 머신러닝 모듈에서 사용될 수 있도록 전달하는 것임



[그림 2-625] 빅데이터 모듈의 시스템 아키텍처

- Sensor
 - 각종 정보값을 측정하며, 센서에 의해서 측정된 값들은 Gateway로 수집함
- Gateway
 - 실시간으로 수집되는 데이터를 Ethernet 통신과 MQTT Client를 이용하여 MQTT 브로커로 전송함
 - MQTT는 제한된 네트워크 환경에서 제한된 리소스를 가지는 작은 디바이스에서 신뢰성 있는 통신을 가능하게 하는 기술
 - MQTT 브로커로는 Mosquitto Server를 사용함
- Big Data Collector
 - Gateway에서 MQTT 브로커로 전송되는 각종 센서값들을 MQTT Subscriber를 사용하여 수신하고 카프카 Publisher를 이용하여 카프카 토픽으로 수신한 센싱값들을 발행함
 - 메시지 푸싱 처리는 릴레이의 안정성과 메시지 트랜잭션 처리를 위하여 MQTT 브로커와 카프카를 사용함
 - 카프카는 자원관리 도구로 Zookeeper를 사용하므로 카프카를 운영하기 위해 Zookeeper 설치함
- 빅데이터 모듈 클래스
 - 빅데이터 모듈에서 구현하는 프로그램은 Gateway 프로그램과 자바 프로그램으로 나뉘며, i-FDSS에서는 Gateway 프로그램도 객체지향 형태인 클래스 구조로 설계함
- 빅데이터 모듈 클래스 다이어그램
 - Gateway와 Big Data Collector가 MQTT 브로커를 통해서 메시지를 주고받게 되어 MQTT Broker라는 Dummy Class를 설계함

[표 2-300] 빅데이터 모듈의 파일 및 클래스 구성

장치명	파일 및 클래스명	개요
Gateway	FlowSensor	유량 센서에서 측정값을 수신하는 스케치 파일
	LoadSensor	부하 센서에서 측정값을 수신하는 스케치 파일
	TemperatureHumiditySensor	실내와 실외의 온습도 센서에서 측정값을 수신하는 스케치 파일들의 상위 클래스
	Outer	실외의 온습도 센서에서 측정값을 수신하는 스케치 파일
	Inner	실내의 온습도 센서에서 측정값을 수신하는 스케치 파일
Big Data Collector	FlowMosquittoToKafka	유량값을 MQTT 브로커에서 수집하여 카프카 브로커로 전송하는 클래스
	LoadMosquittoToKafka	부하값을 MQTT 브로커에서 수집하여 카프카 브로커로 전송하는 클래스
	TemperatureHumidityMosquittoToKafka	실내와 실외의 온습도값을 MQTT 브로커에서 수집하여 카프카 브로커로 전송하는 클래스들의 상위 클래스
	Outer	실외의 온습도값을 MQTT 브로커에서 수집하여 카프카 브로커로 전송하는 클래스
	Inner	실내의 온습도값을 MQTT 브로커에서 수집하여 카프카 브로커로 전송하는 클래스
Dummy	Sensor	측정값을 수신하는 스케치 파일들을 일반화 시킨 클래스
	MosquittoToKafka	MQTT 브로커와 카프카 브로커의 브릿지 역할은 하는 클래스들을 일반화 시킨 클래스
	MQTTBroker	Gateway 와 Big Data Collector를 연결하기 위한 클래스

3.1.2. 머신러닝 모듈설계

- 딥러닝/머신러닝 비교
 - 데이터양에 따라 딥러닝과 머신러닝을 비교할 수 있으며, 데이터양이 작다면 딥러닝 알고리즘의 성능보다 머신러닝 알고리즘의 성능이 더 우수함
 - 딥러닝 알고리즘은 고사양 Machine이 많은 부분을 차지하는 반면, 머신러닝은 저사양 Machine에서도 실행 가능함

○ 따라서, i-FDSS 지능형 서비스에서는 아직 딥러닝을 하기 위한 데이터양이 작아 머신러닝 모듈을 사용함

□ 요구사항 정의

- 머신러닝 모듈에서는 빅데이터 모듈에서 수집된 빅데이터들을 Machine Learning Runner 시스템에서 각종 머신러닝 모델을 적용하여 사용자가 지정한 기준 값이나 Expert system의 기준 값으로 예측 값을 얻음
- 빅데이터 모듈에서 수집된 빅데이터들을 머신러닝 모델을 적용하기 적합한 데이터 셋 형태로 구성
- 기준 값들을 DBMS에서 조회한 후 머신러닝 모델 적용을 위한 데이터 셋으로 구성
- 빅데이터 수집 모듈에서 수집된 후 머신러닝 모델이 적용된 데이터 셋들은 HDFS에 저장되어 Machine Learning Model Server 시스템에서 읽혀진 후 학습데이터로 사용함
- Machine Learning Runner 시스템은 빅데이터 모듈에서 수집되고 가공된 데이터 셋에 머신러닝 모델을 적용하여 각 장치들의 제어 값과 예측 값을 계산함
- Machine Learning Runner 시스템에서 계산된 제어값과 예측 값을 DBMS에 저장 계산된 제어값들은 Integrated Controller로 전달함

□ 유즈케이스 모델

○ 시스템 액터

가) Machine Learning Runner

- Big Data Collector 시스템에서 전송되는 빅데이터 값들과 DBMS에서 조회한 값을 이용하여 머신러닝 적용에 사용될 데이터셋을 구성함
- HDFS로부터 머신러닝에서 사용될 머신러닝 모델들을 읽어들임
- 데이터 셋에 머신러닝 모델을 적용하여 제어값과 예측값을 계산함
- 계산된 제어값과 예측값을 DBMS에 저장함
- 계산된 제어값을 Integrated Controller로 전송함
- 구성된 데이터 셋을 HDFS에 저장함

나) Machine Learning Model Server

- HDFS(Hadoop Distributed File System)에 저장되어있는 빅데이터를 읽어 들여 Machine Learning Runner에서 사용할 수 있는 머신러닝 모델을 개선
- 생성된 머신러닝 모델을 HDFS(Hadoop Distributed File System)에 저장함
- 머신러닝 모델 개선 작업은 배치처리로 수행함

다) Integrated Controller

- Machine Learning Runner로부터 제어값을 수신함
- 수신한 제어값을 이용하여 각종 제어장치를 제어함

□ 유즈케이스

- 머신 러닝 모듈에서 도출되는 유즈케이스들은 시스템 액터들 사이에 서로 제공하는 기능
- 머신러닝 모듈은 전체 모듈이 머신러닝 모델 패키지, 머신러닝 패키지, 데이터 셋 패키지로 분리
- 머신러닝 모델 패키지에서는 HDFS로부터 빅 데이터를 읽어들이 머신러닝 모델을 개선하고 저장

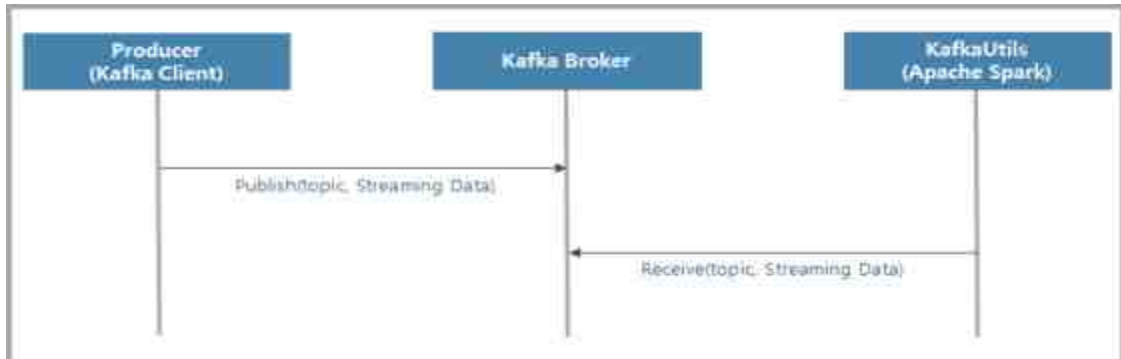
- 머신러닝 패키지에서는 HDFS로부터 머신러닝 모델을 읽어들이어 실시간 빅데이터에 적용함
- 데이터 셋 패키지는 빅데이터 모듈에서 수집된 데이터들을 사용하여 데이터 셋을 생성하고 RDB에 저장함



[그림 2-626] 머신러닝 모듈의 유즈케이스

라. 아키텍처

- 아키텍처 구성방법
 - 머신러닝 모듈에서 사용되는 빅데이터들은 실시간으로 수집되는 스트리밍 데이터(Streaming Data)
 - 빅데이터 모듈에서는 실시간 빅데이터를 수집하기 위해서 MQTT(MQ Telemetry Transport)와 카프카를 사용함
 - 머신러닝 모듈에서 실시간 빅데이터를 수집하고 분석하기 위해서 아파치 스파크를 사용함
 - 아파치 스파크는 스트리밍 데이터(Streaming Data) 데이터를 처리할 수 있는 라이브러리를 제공하며 머신러닝 라이브러리도 제공함

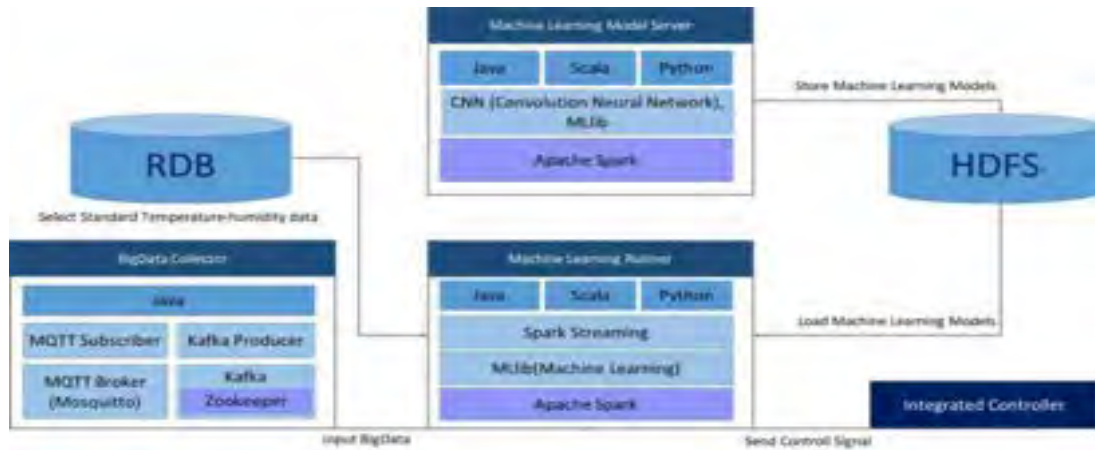


[그림 2-627] Kafka로부터 Streaming Data 수집 흐름도

- 빅데이터 모듈의 구성요소인 카프카 생산자로부터 머신러닝 모듈의 핵심 구성요소인 아파치 스파크로 실시간 빅데이터 수집
- 아파치 스파크에서는 카프카의 토픽으로부터 메시지를 수신할 수 있는 Kafka Utils 객체를 제공하는데 Kafka Utils 객체는 리시버를 사용해서 메시지를 수신하는 방법과 카프카에 특화된 API를 사용하는 방법 두 가지를 제공함
- 리시버를 사용하는 방식은 데이터 유실이나 중복 수신 문제를 발생시킬 수 있어서 직접 수신 방식을 사용함
- 아파치 스파크에 수집된 실시간 빅데이터들은 DStream으로 다루어짐
- 수집된 빅 데이터들은 머신 러닝 모델이 적용되어 각종 제어값과 예측값을 생성하며 머신 러닝 모델은 Machine Learning Model Server에서 지속적으로 개선

□ 아키텍처 구성

- 아키텍처는 크게 Big Data Collector, Machine Learning Runner, Machine Learning Model Server, Hadoop, RDB, Integrated Controller 시스템으로 구성



[그림 2-628] 머신러닝 아키텍처

- Big Data Collector
 - MQTT 브로커로부터 구독한 메시지들이 카프카 생산자를 통해서 카프카 브로커의 토픽에 전달함
- Machine Learning Runner
 - 카프카 브로커의 토픽에 전달된 메시지들을 Apache Spark의 Spark Streaming API를 사용해서 DStream을 생성한 후 HDFS에서 읽어 들인 머신러닝 모델들을 적용 수집된 스트리밍 데이터에 머신러닝 모델을 적용하면 예측값과 Integrated Controller에 송신할 각종 제어값 생성
 - 실시간으로 수집되는 빅데이터들과 머신러닝을 적용한 결과값들은 지속적인 머신러닝 모델 개선을 위해서 HDFS에 저장함
- Machine Learning Model Server
 - Machine Learning Runner에서 HDFS에 지속적으로 쌓이는 빅데이터를 사용해서 머신러닝 모델을 개선하고 HDFS에 저장함
 - HDFS에 저장되는 머신러닝 모델들은 Machine Learning Runner에서 읽어 들여져 사용
- Hadoop
 - Machine Learning Runner에서 실시간으로 수집되는 빅데이터와 머신러닝 모델 적용
 - 결과값을 저장하며 Machine Learning Model Server에서 지속적으로 개선되는 머신러닝 모델들을 저장함
- RDB(Relational Database)
 - RDB에는 사용자가 설정한 값이 저장
 - RDB에 저장된 값은 Machine Learning Runner에서 빅데이터 값을 사용하여 각종 장치의 제어값을 산출할 때 기준값으로 사용함
- Integrated Controller
 - Machine Learning Runner에서 생성된 제어값으로 각 장치를 제어함
- 머신러닝 알고리즘
 - Machine Learning Runner는 Big Data Collector로부터 데이터 수집
 - 생성된 데이터 셋에 머신러닝을 적용한 후 생성된 제어값은 Integrated Controller에 송신

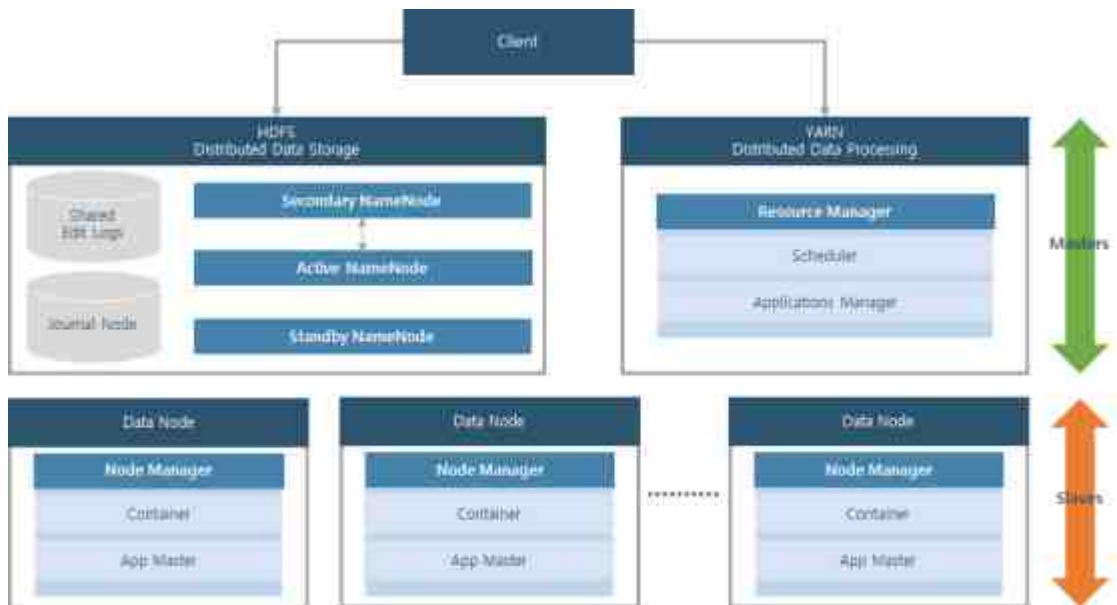
- Machine Learning Runner에서 생성된 예측값들은 DBMS와 하둡에 저장
- Machine Learning Model Server는 하둡에 저장된 빅데이터를 사용하여 머신러닝 모델을 지속적으로 개선함



[그림 2-629] 머신러닝 알고리즘

○ 하둡(Hadoop) 구성

- 머신러닝 모듈에서 머신러닝을 적용하여 얻어진 머신러닝 적용 결과 데이터 셋은 HDFS에 저장된 후 Machine Learning Model Server에서 머신러닝 모델을 개선하는데 학습데이터로 사용
- 개선된 머신러닝 모델들도 HDFS에 저장된 후 Machine Learning Runner에서 실시간 수집 빅데이터에 머신러닝을 적용하여 예측값을 얻어낼 때 사용
- 데이터가 실시간으로 수집되므로 RDB에서 관리하기에는 한계가 있으므로 빅데이터 관련 데이터들은 HDFS에 저장하는 구조를 사용

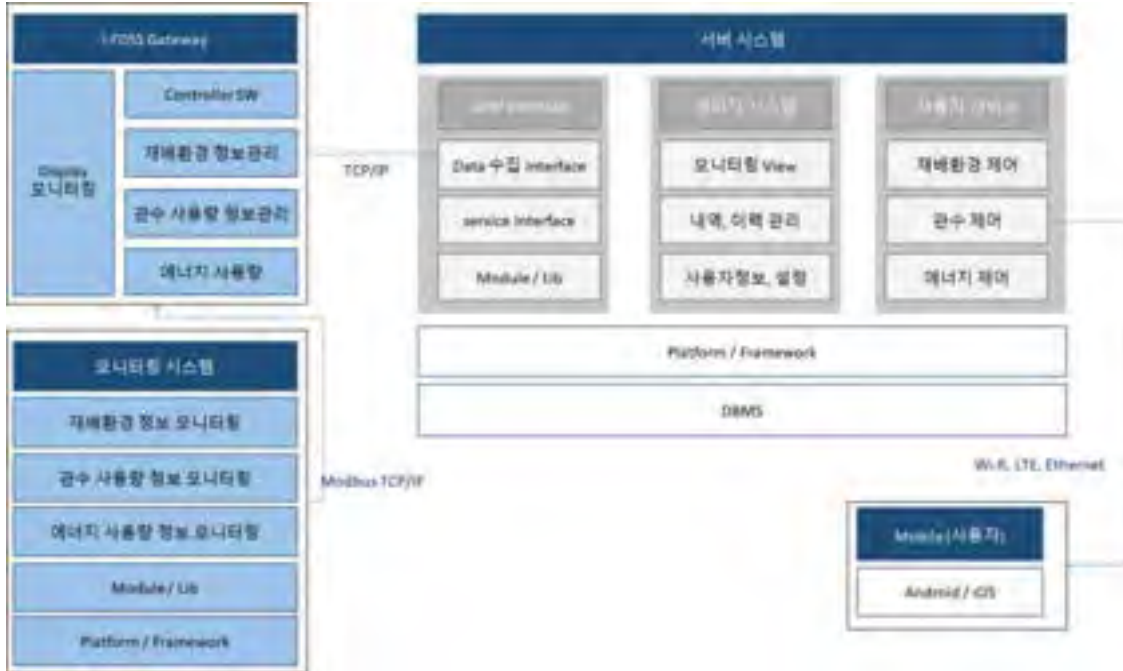


[그림 2-630] Hadoop의 자원관리 구조

3.1.3. i-FDSS 통합관제 시스템

□ 통합관제 시스템 개요

- 모니터링 모듈에서 사용자에게 제공되는 정보 데이터들은 RDB 데이터 형태로 설계되어 관리
- 모니터링 모듈에서 관리되는 데이터 테이블은 사용자 정보, 기준데이터 정보, 결과데이터 정보, 재배환경 정보, 관수 정보, 에너지 정보 등임



[그림 2-631] i-FDSS 통합관제시스템 구성도

- 모니터링 모듈에서 제공되는 가장 핵심적인 기능은 머신러닝이 적용된 현재 제어값들과 예측값을 모니터링하는 기능과 사용자가 기준 값을 등록하는 기능임

가. 아키텍처 구성

- 아키텍처는 크게 Application Server, Machine Learning Runner, RDB 시스템으로 구성
- Application Server
 - 사용자가 요청하는 모니터링 기능을 처리하는 핵심적인 시스템
 - Application Server 단에서 처리하는 기능은 경량의 데이터를 사용하므로 웹서버로는 Apache Tomcat를 사용하며 프레임워크는 Spring Framework, Mybatis Framework, 프로그래밍 언어는 Java, Jsp, HTMS5, CSS3, JavaScript, jQuery를 사용하며 UI 프레임워크는 Bootstrap을 사용함
- Machine Learning Runner
 - Application Server에서 사용자로부터 입력받은 기준데이터들을 RDB에서 읽어들이어 DataFrame을 생성하며, 머신러닝을 통해서 얻어낸 결과값들을 Application Server에 모니터링 데이터로 제공
- RDB (Relational Database)
 - 시스템은 기준값을 사용자가 설정한 값으로 유지
 - RDB에는 사용자가 설정한 값이 저장
 - RDB에 저장된 값은 Machine Learning Runner에서 빅데이터 값을 사용하여 각종 장치의 제어값을 산출할 때 기준값으로 사용

- 사용자 정보를 관리하기 위한 데이터들을 데이터베이스에 저장하고 관리함



[그림 2-632] 모니터링 모듈의 시스템 아키텍처

나. 데이터의 흐름

- 모니터링 모듈에서 사용되는 데이터들은 머신러닝(Machine Learning) 모듈에서 RDB 데이터 형태로 가공되어 DBMS(Database Management System)로 저장
- UI(User Interface)에서 입력된 기준데이터들은 Machine Learning Runner에서 아파치 스파크 머신러닝 적용 데이터 형태인 Data Set으로 변환되어 사용
- 모니터링 모듈에서 사용자 즉 농부는 사용자 정보를 등록하고 수정하고 삭제할 수 있음
- 머신러닝 적용 결과로 생성되는 각종 예측값들은 사용자가 로그인한 후에 사용할 수 있음
- 시스템을 사용하는 사용자는 관리하는 온실의 정보를 등록하고 조회하고 수정하고 삭제할 수 있음



[그림 2-633] 모니터링 모듈의 데이터 흐름도

3.2. FDSS Manager 개발 및 검증

3.2.1. FDSS Manager 개발 및 검증

(1) 개요

- FDSS Manager는 생육 프로파일 기반의 지능형재배관리 시스템으로, CNN을 통한 영상
- 이미지 분석으로 생육상태에 대한 모니터링과 Spark의 머신러닝 엔진인 MLlib를 통한 상관관계 분석 등 최적화 프로세스로 작황을 개선하고 작물 생산성을 향상시키는 데 주요목적이 있음

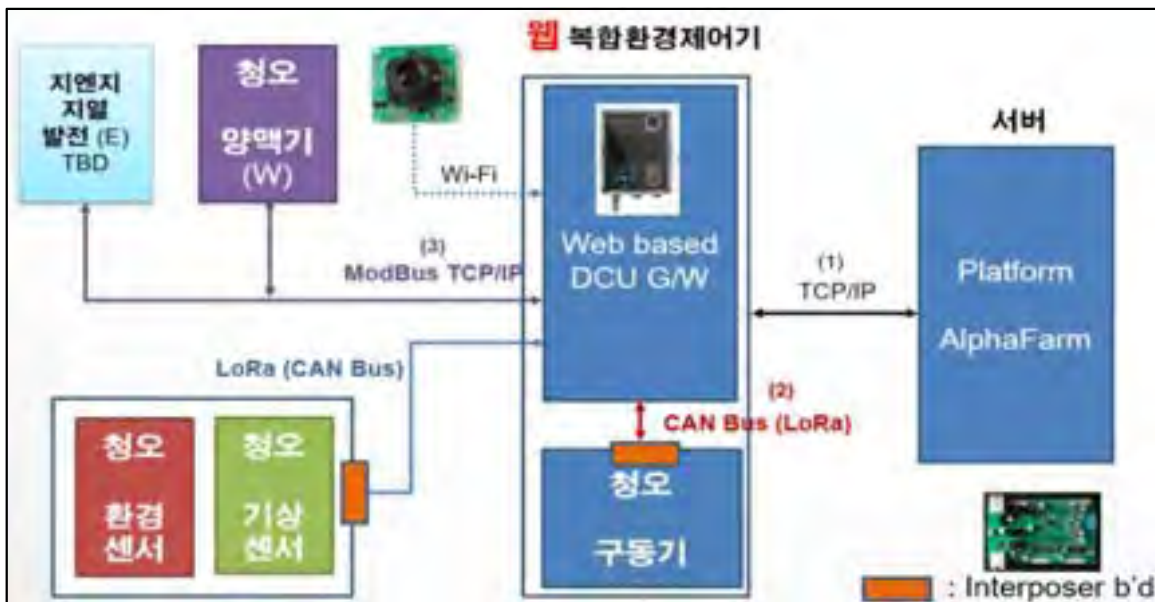
(2) 접근방법

- 스마트 팜 지능형 플랫폼 개발을 위해서는 온실 등 재배현장에서 많은 양의 데이터를 송수신하고 자체 처리할 수 있는 웹 기반 환경제어기 등이 요구되며 이러한 개발환경을 구축하고, 재배관리의 프로세스 흐름도 분석을 통해 FDSS Manager의 기본 기능을 구현하고자 함

(3) 연구내용

□ 플랫폼 개발 인프라 구축

- 환경제어기는 당사 웹기반 컨트롤러 AlphaCon2와 청오(사)의 릴레이 구동기로 구성하였으며, 장비 간 통신은 인터포저 보드를 통해 빠르고 안정적인 CAN Bus 통신 및 저전력 무선통신 LPWAN(Low Power Wireless Network) LoRa(Long Range)을 적용함
- 구동기를 통해 솔레노이드 밸브, DC 모터 등 총 16개의 노드를 제어할 수 있음
- 온실 내외부 환경측정을 위한 환경센서는 설치 및 유지보수 편리성을 위해 저전력 무선통신인 LoRa를 적용함
- 양액기는 청오(사) 제품을 모드버스 TCP/IP를 통해 연동함 (비 순환형)

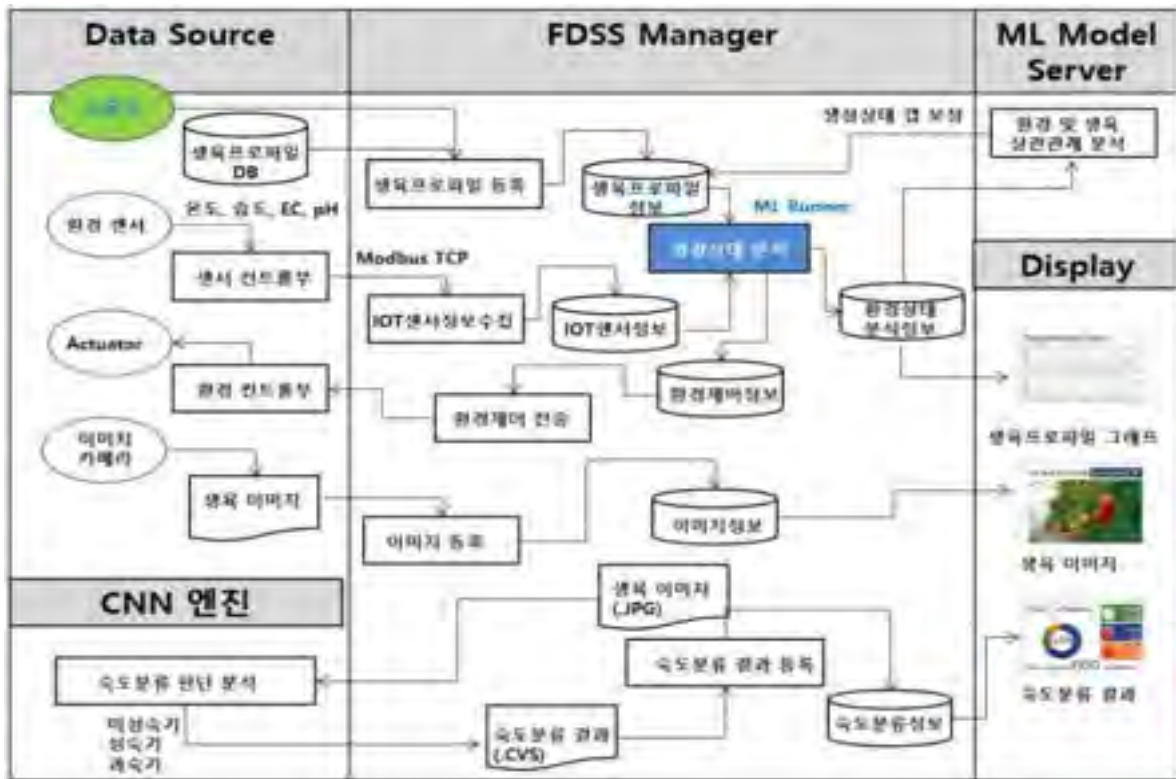


[그림 2-634] 장비 구성도

□ 장비 간 연동을 위한 프로토콜 설계

- Platform과 DCU G/W 간 통신 : TCP/IP JSON (JavaScript Object Notation)
 - TCP/IP 소켓 통신 활용 JSON 형식으로 서버와 클라이언트 간 데이터 교환
 - 농장 아이디 > 하우스 아이디 > 환경제어기 아이디 등으로 대상 환경제어기 지정

- 온도센서, DC모터 등 하위 장치의 명칭을 사용하여 데이터 송수신 가능
- 양액기와 DCU G/W 간 통신 : ModBus TCP/IP
 - 양액기로부터 현재 EC, pH 값 수신
 - 머신러닝을 통해 예측한 최적 EC, pH 값 양액기에 송신
 - 관수주기, 관수구역 등은 양액기 수동 설정에 따름
- 센서노드 및 구동기와 DCU G/W 간 통신 : LoRa or CAN Bus
 - 구동기의 경우 철재 케이스 사용으로 CAN Bus 적용필요
 - 센서노드는 설치 및 유지관리 편의성을 위해 저전력 무선통신인 LoRa 적용
- FDSS Manager 프로세스 흐름도 분석
 - CNN 이미지프로세싱을 통한 딸기 속도분석
 - MLib를 통한 생장상태 값 보정을 위한 환경 및 속도상관관계 분석



- FDSS Manager UI 개발
- 생육이미지 분석 (CNN)
 - 화면을 4개로 나누어 왼쪽 상단에 생육이미지, 오른쪽 상단에 생육프로파일 환경설정
 - 값 그래프, 왼쪽 하단에 속도 분류결과, 오른쪽 하단에 해당 작물의 시장가격 트렌드를 제시함



○ 최적환경 조성 (MLlib)

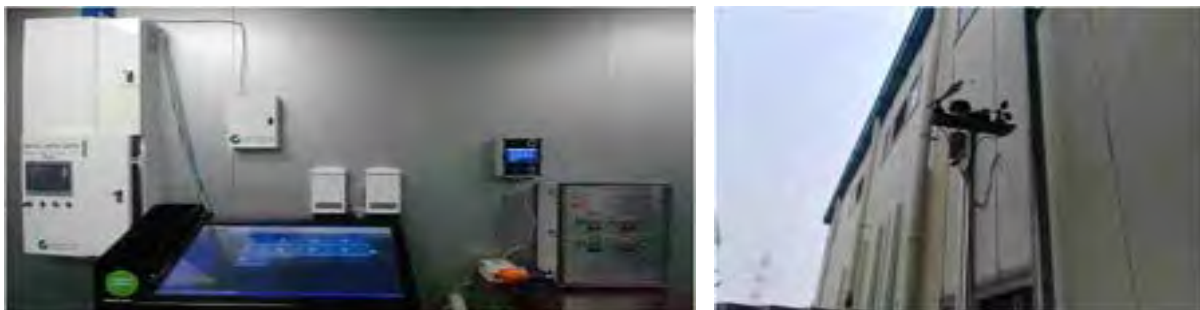
- 제어항목 : 온도, 습도, EC, pH, CO2 및 근권도 온도 등으로 나뉨
- 현재값은 현재 스마트팜 환경 상태를 표시, 추천값은 머신러닝 시스템에서 분석한 최적값을 나타내며, 설정값 입력 항목은 사용자가 입력하는 값으로 최우선 순위를 가지며 Default는 추천값과 동일함

항목	현재값	추천값	설정값 입력
온도	17-C	20-C	20-C
습도	35%	60%	60%
EC	1.6 dS/m	2.0 dS/m	2.0 dS/m
pH	6.0	5.5	5.5
CO2	800 ppm	850 ppm	850 ppm
근권부 온도	15-C	17-C	17-C

(4) 연구결과

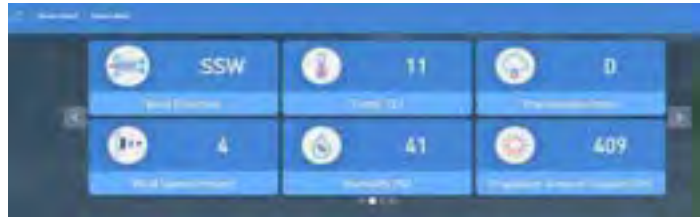
□ 웹 기반 데이터 송수신 체계개발:

- 시험 환경 : Web based DCU G/W (AlphaCon), 청오 환경센서, 기상센서, 구동기 (16 채널)



[그림 2-635] 개발 인프라 구축

○ 데이터 수집화면 (외부기상 데이터)



□ FDSS Manager 생육프로파일 DB 설계 및 데이터 연관도 분석

○ 생육프로파일 데이터베이스

- 딸기의 경우, 상온 25°C 이상에서는 생육이 지연되고, 30°C 이상에서는 생육이 정지되며, 37°C 이상에서는 고온에 의한 장애를 받게 됨. 이에 따라 고품질의 딸기를 수확하기 위해 생육 단계별 적정 온도 프로파일을 설정함

<A> 딸기 작물의 딸기 서가 및 보존재까지 온도 생육 프로파일

시간	추진 온도	생육 최고 온도	생육 최저 온도
7:00 AM	17	23	13
8:00 AM	23	25	17
9:00 ~ 18:00	23	30	23
17:00 PM	23	25	17
15:00 PM	17	23	13
19:00 ~ 9:00	17	13	10

 딸기 작물의 종묘기 서가 온도 생육 프로파일

시간	추진 온도	생육 최고 온도	생육 최저 온도
7:00 AM	13	20	10
8:00 AM	20	25	13
9:00 ~ 18:00	20	28	20
17:00 PM	20	25	13
15:00 PM	13	20	10
19:00 ~ 9:00	3	10	0

<C> 딸기 작물의 재배기 서가 온도 생육 프로파일

시간	추진 온도	생육 최고 온도	생육 최저 온도
7:00 AM	11	18	5
8:00 AM	15	24	11
9:00 ~ 18:00	14	28	13
17:00 PM	15	24	11
15:00 PM	11	18	5
19:00 ~ 9:00	7	8	3

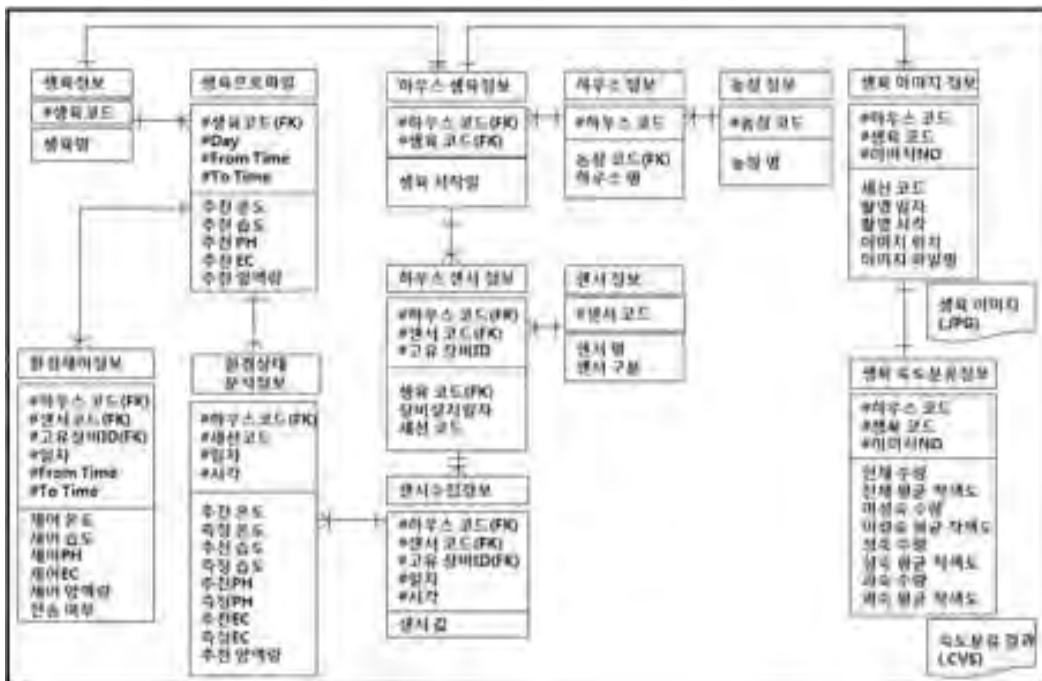
<D> 딸기 작물의 수확기 서가 온도 생육 프로파일

시간	추진 온도	생육 최고 온도	생육 최저 온도
7:00 AM	10	18	6
8:00 AM	18	22	10
9:00 ~ 18:00	22	28	20
17:00 PM	18	22	10
15:00 PM	10	18	6
19:00 ~ 9:00	5	8	3

□ FDSS Manager 데이터 연관도 분석

- 하우스 센서 정보, 생육 이미지 정보, 생육 속도분석 정보 등 데이터 연동관리 필요

<FDSS Manager 데이터 연관도 분석>



○ CNN을 통한 작물속도 분석 결과

- 작물이미지는 4시간마다 촬영하여 DB로 전송하고 CNN 엔진은 DB에 저장된 최종 이미지를 판독하여 분석결과를 아래와 같이 표출함. (정확도 약 95%)



[그림 2-636] 딸기 속도 분석

3.2.2. FDSS Manager 확대 개발 및 검증

(1) 개요

- FDSS Manager의 머신러닝 엔진의 기능 및 성능을 검증하고 생육 이미지, 생육 프로파일, 성숙도 분류결과를 표출할 수 있는 GUI를 개발하였음. 또한 3차년도 식물공장 서비스 개발에 대비하여 테스트베드를 구축하고 프로파일 데이터를 축적하고 있음

(2) 접근방법

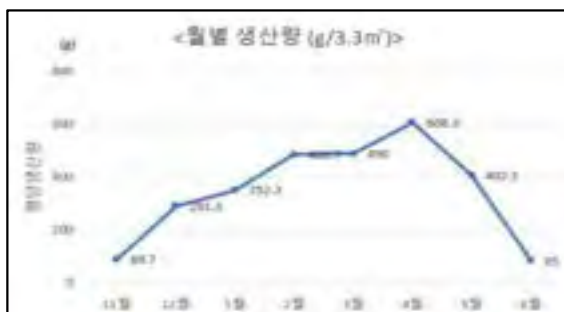
- 딸기 스마트팜에서 실증시험을 통해 FDSS Manager의 기능을 점검 평가함
- 생육 조건 및 생산량 비교 분석에 의거 생육 프로파일 데이터베이스의 기준값을 보정함
- 샐러드용 채소로 각광을 받고 있는 유럽상추에 대해 환경제어정보, 생육정보, 생산량 등 전주기 생육프로파일 데이터 수집하고자 함

(3) 연구내용

- 딸기 스마트 팜 환경관리 분석
 - 다음은 전남대 농대 시험포에서 각 생육단계별 생육상태를 촬영한 것으로 재배시기별로 엽색 및 과일색 등이 달라짐
 - 딸기는 재배상태에 따라 과일의 착과도 달라져주어야 하므로 재배기술면에서 적응정도가 차이가 심함

7/19 육묘기(삽목-제자리)	7/21 육묘기(육묘기-포트)	9/17 정식후
		
9/21 1화방 출리시작	9/26 1화방 출리/ 개화	10/17 1화방 생육
		
10/18 1화방 비대기	12/6 1화방 수확기	1/29 2화방 수확/
		

○ 월별 환경 변화 및 월별 생산량



- 온실 환경변화 데이터 측정 및 기능 시험실시
- 작기 내 최대 온도편차는 약 11°C (최대 23.4, 최소 12), 습도는 약 9% (최대 85.1, 최소 75.9)
- 잔존 CO2량은 변화폭이 315ppm (최대 685.6, 최소 370.4)으로 비교적 큰 것으로 판단됨
- 평당 최대 생산량은 약 608g으로 평균이하 수준임

○ 식물 공장 테스트베드 구축

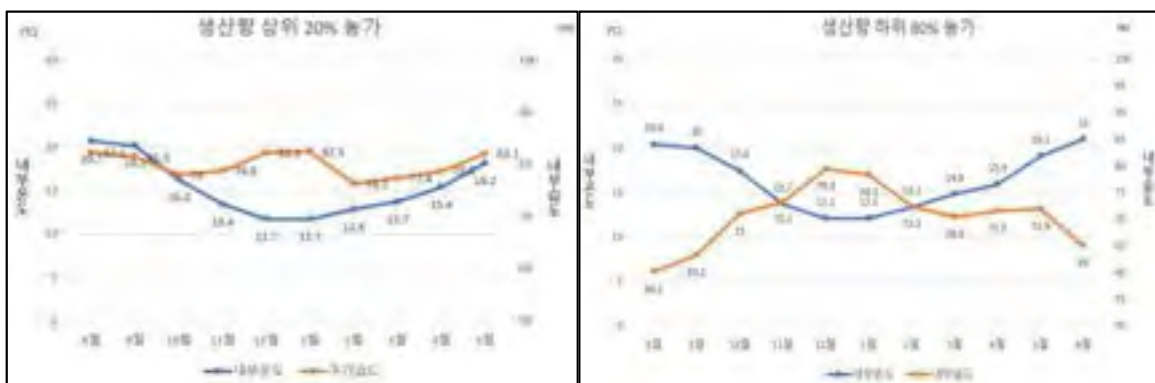
- 총 210평 규모로 각 60평 규모의 재배실 2개, 30평 규모의 육묘실로 구성
- 약 23개의 5단 재배기를 통해 약 24,000주를 동시 재배할 수 있으며 월 3톤 출하가능
- FDSS manager 지속 개발을 위해 기존 개발 인프라를 당 테스트베드로 이전 설치함



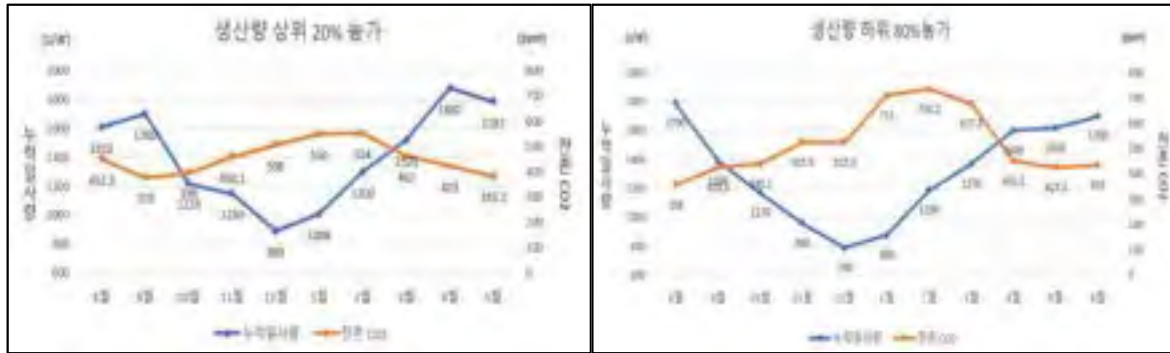
(4) 연구결과

○ 상관관계 분석을 통한 생육프로파일 DB 보정

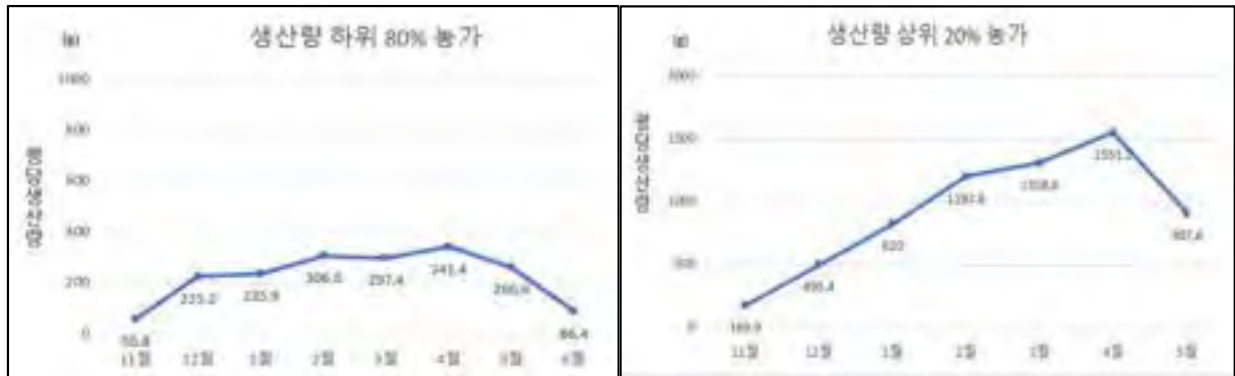
- 생산량 상위 20% 농가 vs. 하위 80% 농가 비교
- 온도와 습도 조건 비교 : 높은 습도유지가 매우 중요



○ 누적 일사량 및 잔존 CO2 조건 비교 : 월별 관리편차를 가능한 최소화 하는 것이 중요



○ 생산량 비교 : 4월 기준 평당 생산량이 6배까지 차이 발생, 전남대 시험포 대비는 약 2.5배



○ 식물공장 생육프로파일 데이터 수집

- 환경제어상태, 양액상태, 작물의 성장상태 등 일 단위 분석 및 기록
- 양액배합 비율, 광량 (LED vs. 형광등), 대류 조건에 따라 작황 편차 큼

생육 양지

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월
1차	1	1	1	1	1	1
2차	1	1	1	1	1	1
3차	1	1	1	1	1	1
4차	1	1	1	1	1	1
5차	1	1	1	1	1	1
6차	1	1	1	1	1	1
7차	1	1	1	1	1	1
8차	1	1	1	1	1	1
9차	1	1	1	1	1	1
10차	1	1	1	1	1	1
11차	1	1	1	1	1	1
12차	1	1	1	1	1	1

생육 조사

구분	1월	2월
1차		
2차		
3차		
4차		

재배 현황

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월
1차	1	1	1	1	1	1
2차	1	1	1	1	1	1
3차	1	1	1	1	1	1
4차	1	1	1	1	1	1
5차	1	1	1	1	1	1
6차	1	1	1	1	1	1
7차	1	1	1	1	1	1
8차	1	1	1	1	1	1
9차	1	1	1	1	1	1
10차	1	1	1	1	1	1
11차	1	1	1	1	1	1
12차	1	1	1	1	1	1

개체 중량

구분	1월	2월	3월
1차			
2차			
3차			
4차			

3.2.3. WEF Manager 현장실증을 통한 기능검증 및 효과산출

(1) 개요

- 수출사업단 연구기관들의 연구결과물을 연동하여 통합 모델을 만들고 향후 현장설치를 통해 기능검증과 운영효과를 산출하고자 함

(2) 접근방법

- 토마토 재배작기 전체기간 동안 양액기 운영 데이터 분석
- 각 기관 연구결과물 연동을 위한 장비 별 데이터 송수신 체제 결정
- 통합 운영효과 최대화를 위한 개선방안 도출 및 적용
- 현장 설치를 통한 운영효과 산출

(3) 연구내용

- 부여과채연구소 양액기 운영 데이터 분석
 - 대상작물 및 기간 : 토마토, 3월 말 ~ 12월 말까지
 - 분석 목적 : 일 별 관수량 관리를 위한 기준 데이터로 활용
 - 공급유량 및 원수공급량 : 공급유량 최대 약 2,000L/day, 원수공급 최대 약 1,300L/day



- 공급 EC 일별 변화 : 공급되는 EC 값의 일 별 변화량이 비교적 큰 편으로 작황에 영향



- 공급 PH 일별 변화 : PH의 일별 변화 폭은 비교적 양호하게 관리 됨

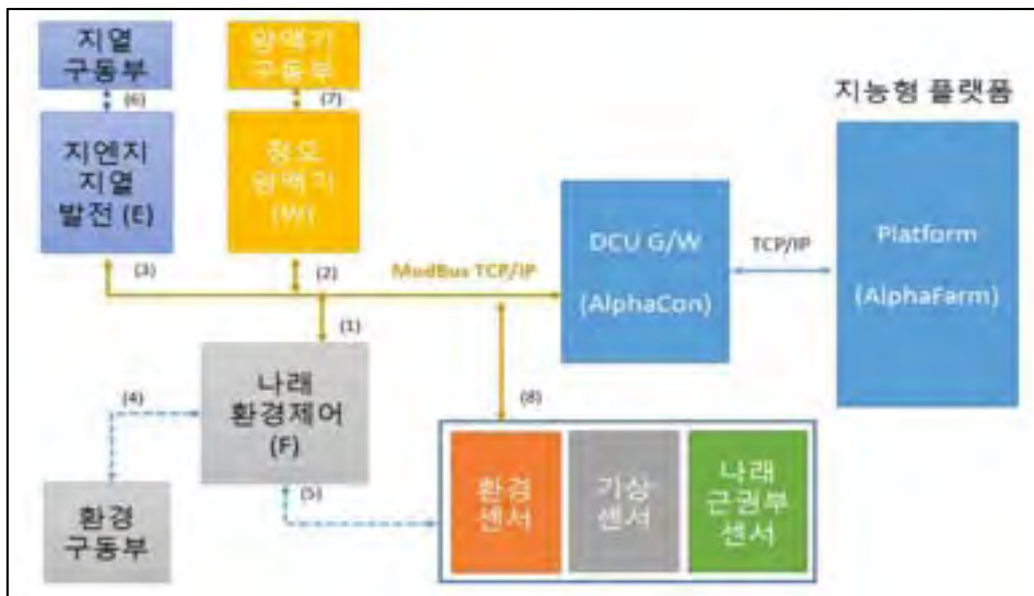


- 기관 별 연구결과 물 연동을 위한 통합 수출모델 컨셉 확정

○ 대상 장비 리스트

항목	기관	연동 방식	비고
복합환경제어기	나래	Modbus TCP/IP w/ AlphaCon2	청오 추가검토
환경 및 근권부 센서	나래		물 사용량 관리
기상센서	나래		청오 추가검토
양액기	청오		순환형 양액기 설치요
지열 냉난방기	지엔지		EMS 기능 필요

○ 통합모델 구성도



○ 테스트베드 현장 설치를 통한 운영효과 산출

- 각 기관 별 장비는 3차년도 건립될 사업단 테스트 베드에 설치하기로 함
- 생육프로파일 (딸기, 토마토), 물 사용량 (토마토) 기준 데이터는 확보되었으며 에너지 기준 데이터 미확보 시 사용자 설정 모드로 운영 후 기본 데이터 축적 예정

(4) 연구결과

□ 통합모델을 위한 프로토콜 제정

○ 나래 복합 환경제어기 및 센서 노드와 통신 표준 (구성도의 (1), (8)번)

- 1) : 플랫폼에서 Expert System을 통해 최적의 환경조성 값 (온도, 습도, CO2 등)을 환경제어기에 보냄
- 8)번 : 나래 센서 노드를 통해 현재 환경 데이터를 수신

○ 청오 양액기와 통신 표준

- 2)번 : 플랫폼에서 Expert System을 통해 산출된 최적의 EC, pH 값을 청오(사) 양액기에 보냄
- 2), 8)번 : 나래 센서 노드 및 양액기를 통해 현재 EC, pH 값을 수신

○ 냉난방장치와 통신 표준

- 3)번 : 플랫폼에서 Expert System을 통해 산출된 스케줄링 계획에 따라 에너지장치에 파워 모드 (ON/OFF/Sleep) 및 최적 에너지 사용량을 전송함
- 3)번 : 부하률, 가동 상태 등 운항정보 수집함

CMD1	CMD2	DATA	
0x31 (센서 정보 읽기)	0x01~0x0A (#1~#10) (센서 노드 번호)	응답	순서: {센서수량(N) 1 byte} + {센서 데이터}×N
0x42 (제어 명령 쓰기)	0x01	요청	온도 설정 값 (1 byte)
		응답	0x06 (ACK), 0x15 (NAK)
	0x02	요청	습도 설정 값 (1 byte)
		응답	0x06 (ACK), 0x15 (NAK)
	0x03	요청	CO2 설정 값 (1 byte)
		응답	0x06 (ACK), 0x15 (NAK)
0x04	요청	근권부 온도 설정 값 (1 byte)	
	응답	0x06 (ACK), 0x15 (NAK)	
0x05	요청	최적 물사용량 설정 (1 byte)	
	응답	0x06 (ACK), 0x15 (NAK)	
CMD1	CMD2	DATA	
0x31 (운항정보 읽기)	0x01~0x0A (#1~#10) (항목 번호)	응답	순서: {수량(N) 1 byte} + {항목 데이터}×N
0x42 (제어 명령 쓰기)	0x01	요청	ON (1 byte)
		응답	0x06 (ACK), 0x15 (NAK)
	0x02	요청	OFF (1 byte)
		응답	0x06 (ACK), 0x15 (NAK)
	0x03	요청	Sleep (1 byte)
		응답	0x06 (ACK), 0x15 (NAK)
0x04	요청	최적 에너지 사용량 (1 byte)	
	응답	0x06 (ACK), 0x15 (NAK)	
CMD1	CMD2	DATA	
0x31 (센서 정보 읽기)	0x01~0x0A (#1~#10) (센서 노드 번호)	응답	순서: {센서수량(N) 1 byte} + {센서 데이터}×N
0x42 (제어 명령 쓰기)	0x01	요청	EC 설정 값 (1 byte)
		응답	0x06 (ACK), 0x15 (NAK)
	0x02	요청	pH 설정 값 (1 byte)
		응답	0x06 (ACK), 0x15 (NAK)

3.3. 테스트베드 구축

(1) 개요

- 3차 년도 연구 개발은 1차 및 2차 년도에서 설계하고 개발 진행한 지능형 농장 관리 시스템을 실제 농가의 온실 환경에서 적용하고, 타사의 선제 및 복합 환경 제어기, 양액기 시스템에 연동하도록 설계 진행하고 실제 연동하여 빅데이터 수집 및 분석, 그리고 온실 환경 제어가 가능하도록 시스템 개발을 진행함. 또한 자체로 텀스 카메라와 분광 카메라를 인공 지능 칩이 장착된 보드에 연결한 아이센서를 개발하여 이를 생육 모니터링에 활용할 수 있도록 프로그램 개발을 진행함. 2차 년도의 간단한 CNN 알고리즘(Inception V3)을 이용하여 작물을 인식하고 속도를 판단한 것을 고도화하여 YOLO(You Only Look Once) V3를 활용하여 다중 개체 인식 및 작물의 속도에 따라 분류하는 프로그램을 완성함.
- 토마토 농가 41군데에서 수집된 환경, 생육 데이터를 바탕으로 토마토 최적 생육 모델을 농진청으로부터 기술 이전받아 데이터베이스화 하여, 향후 아이센서 및 센서 데이터를 통해 토마토 작물에 대한 최적 환경을 제어할 수 있는 밑바탕을 마련함.

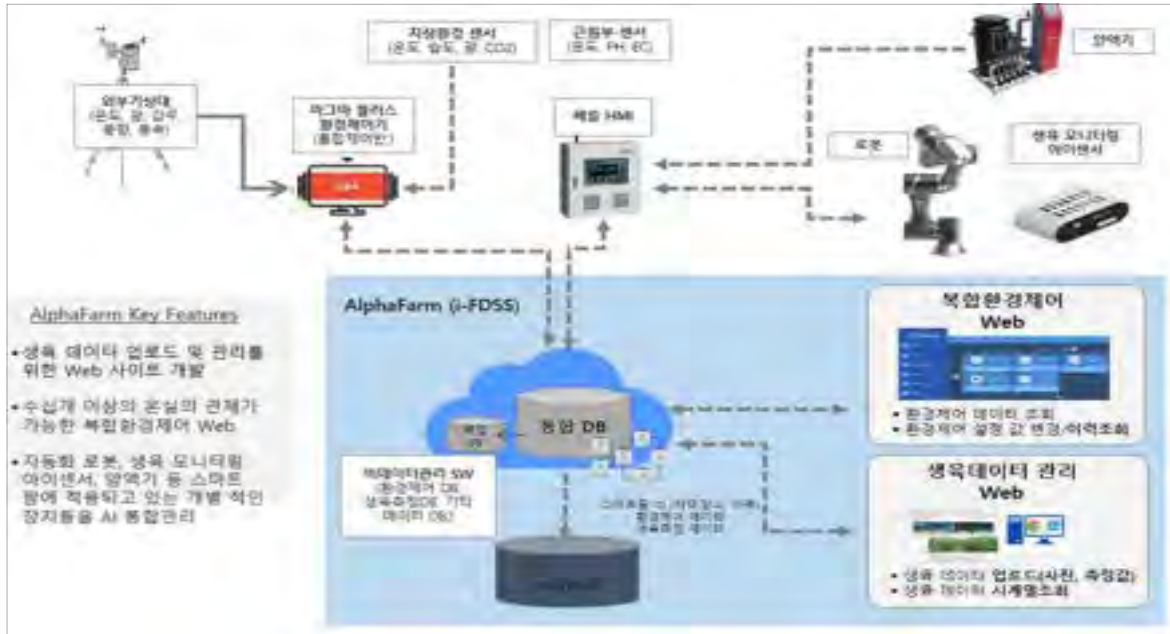
(2) 접근방법

- 개요에서 언급한대로 2차년도까지는 시스템 설계 및 기본 프로그램 개발을 하였다면, 3차년도의 연구 개발은 실제 농가에 적용된 타사의 시스템, 복합 환경 제어기, 양액기, 그리고 자사 제품인 생육 모니터링 센서인 아이 센서 등의 시스템과 연계하여 지능형 농장 관리 시스템이 실제 작동할 수 있도록 고도화하는 내용으로 접근함. 또한 토마토 최적 생육 모델을 데이터 베이스 화하여, 향후 타 작물의 데이터가 충분히 수집된다는 가정 하에 작물 최적 생육 모델 DB를 만들 수 있도록 연구 개발함.

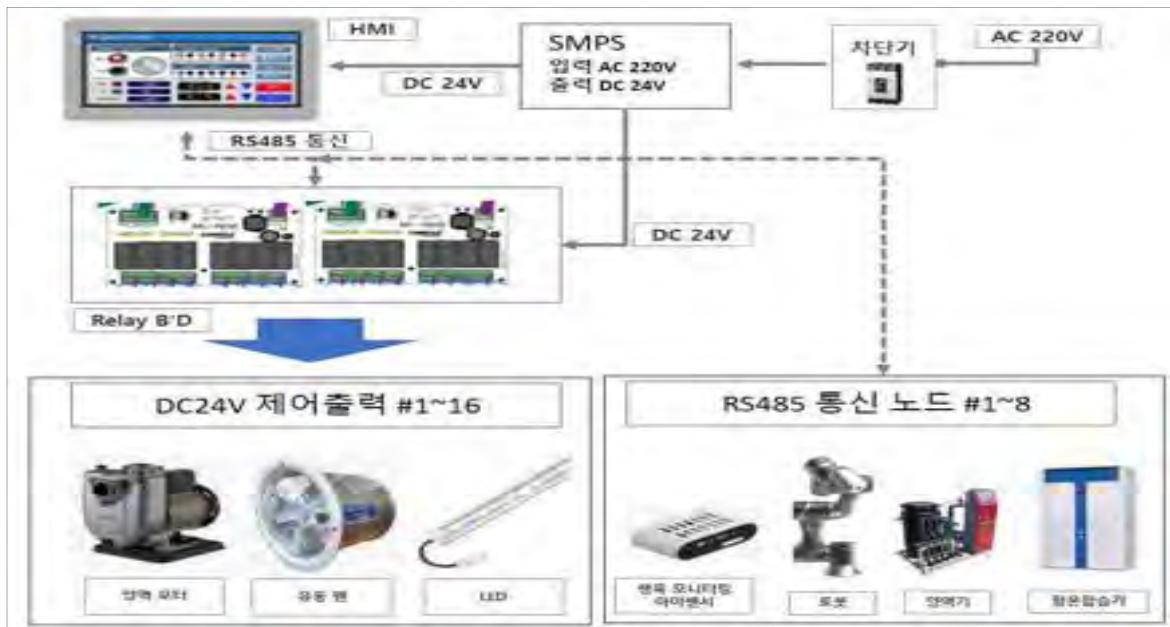
(3) 연구내용

- 국내 테스트베드 맞춤형 UI 개발
 - iFDSS 알파팜 플랫폼은 기존의 복합 환경 제어 시스템과 연동하여 온실의 환경 센서 정보 및 양액기 센서 정보를 취합하여 최적의 환경을 모사하기 위한 제어가 가능하도록 설계됨. 또한 생육 모니터링이 가능한 자체 개발한 아이센서와 연동하여 작물의 이미지 데이터 및 분광 정보를 분석함. 향후 수집된 환경 센서 데이터 및 생육 데이터를 분석하여 자동으로 수확 의사 결정을 지원하기 위해 로봇 암 시스템과도 연동하도록 설계되어 있음. 아래는 알파팜 iFDSS 시스템의 전체적인 구성도임.

○ 시스템 구성도



[그림 2-637] 세솔 HMI 블록도



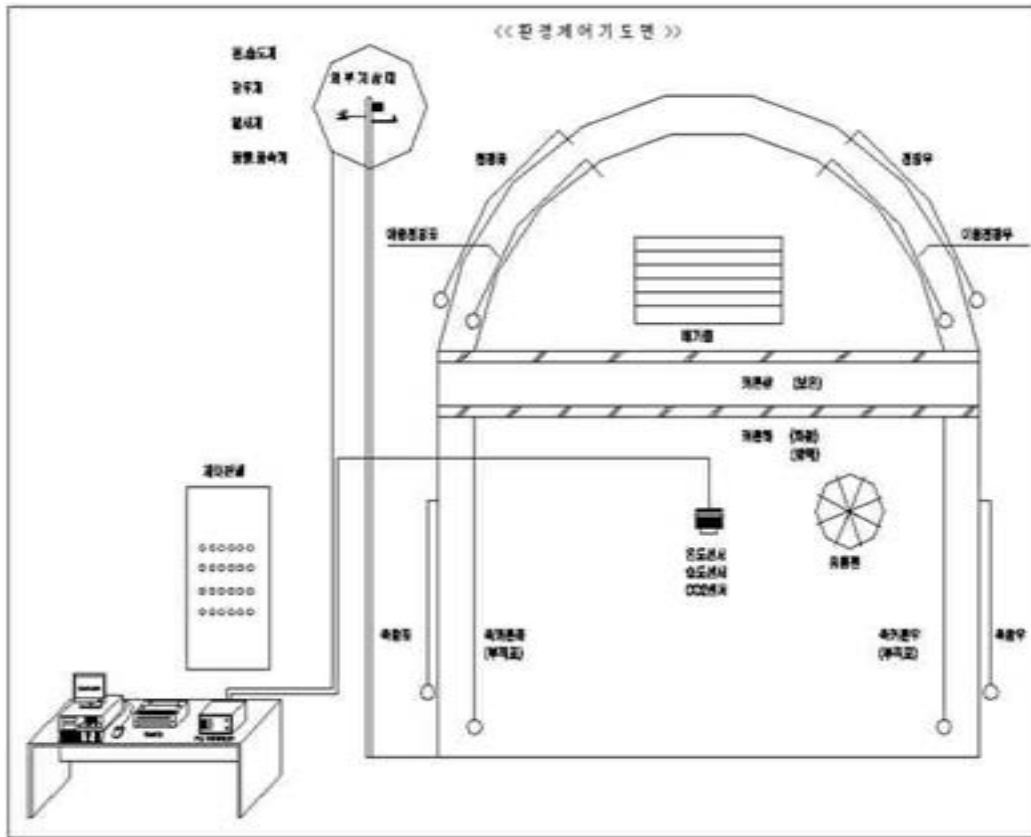
○ 온실 환경 제어 복합환경제어 시스템 (Magma 플러스)

- 온실 내외부의 생장환경(일사, 감우, 풍향, 풍속, 실내-외 온도, 실내 습도, CO2)을 모니터링하여 복합 환경 제어기에 미리 설정된 생장환경 프로그램에 따라 온실에 설치되어 있는 각종 시설물의 모터 및 밸브 자동제어로 작물의 최적 생육 환경을 조성하고 데이터를 저장하여, 재배가 가능하게 하는 시스템

- 시스템 사양

[표 2-301] 제어항목/내용

설치장비 제어 항목	활 용 센 서	제어내용
천창 모터 개폐 이중창 모터 개폐 측창 모터 개폐	실내온도 / 실내습도/ 실외온도 / 일사 / 감우 / 풍향 / 풍속 센서 활용	환기제어
차광커튼 모터 개폐 보온커튼 모터 개폐 측커튼 모터 개폐	실내온도 / 실내습도/ 실외온도 / 일사 센서 활용	차광커튼 제어 보온커튼 제어 측커튼 제어
CO2 공급밸브	CO2 센서 / 실내습도 / 일사 센서 활용	CO2 공급량 제어
유동팬	실내습도 / 실내습도 센서 활용	공기유동 제어
보광등	일사 센서 활용	보광등 제어
혼증기	타이머 활용	혼증기 제어
스프링쿨러	실내습도 / 실내습도 센서 활용	지붕 SP제어
배개팬	실내습도 / 실내습도 센서 활용	공기배출 제어
난방 순환펌프	실내습도 / 실내습도 센서 활용	난방 제어
난방 3-way 밸브	실내습도 / 난방수온도 센서 활용	난방 제어



[그림 2-638] 환경제어기 도면

○ 양액기 제어(PE-300)



- EC/PH 센서로서의 역할을 수행하면서 RS-485와의 교신을 통해 양액기 정량펌프의 모터를 가동시켜 제어하는 컨트롤러 기능도 수행
- 시스템 사양

항 목		내 용
측정사양	측정범위	pH 0.0 ~ 14.0, EC 0~5dS/m, 0~10dS/m(선택)
	불확도 (@25°C)	pH \pm 0.05 (@ pH3 ~ pH8) EC \pm 2% F.S. (@ 0 ~ 4dS/m)
	온도보정계수	EC 자동온도보정계수 5~40°C, (β =2%/°C)
	데이터갱신 주기	1 초 이하
일반사양	초기 안정화 시간	2 분 이하
	보관온도	-20 ~ 80°C
	작동환경	0 ~ 50°C, Max 95%RH
사용자 인터페이스	표시기능	128x 64 그래픽 LCD
	설정기능	버튼 스위치 4개
전기적 사양	사용전원	24VDC \pm 5V
	소비전력	1.5W 이하
	아날로그 출력	4 ~ 20mA
	통신출력	RS-485 (Baudrate 38,400bps)
	릴레이출력	SPST AC250V, 3A Max 2접점
교정기능	수동교정	pH Offset (pH7), Span (pH4 or pH10)
		EC Offset, Span
외형	외형크기	180mm x 130 mm x H36mm
	무게	약 300g (전극제외)
	고정구 간격	Φ 4.0 x 4개소 162x 112

○ CO2 센서(KCD-HP-100-F)



- 국내 최초로 개발 상용화된 Dual Wavelength NDIR 방식의 CO2 가스센서 모듈임
- 장기 사용시 경시변화 및 외부 온도에 의한 영향으로 측정 오차가 커지지 않아 장기간 안정적인 데이터를 얻을 수 있음
- 시스템 사양

항 목		내 용
데이터	측정범위	1%, 10%, 20%
	정밀도	$\pm(3\%FS+2\%Reading)$
시간	응답시간	65초 이내
	초기동시간	2 분 이내
	측정주기	0.75초
사용환경조건	사용온도	5 ~ 45°C
	사용습도	0 ~ 95%RH
	보관온도	-40 ~ 70°C
전원	공급전원	16 ~ 28VDC
	소비전류	평균 70mA
신호로직	통신 출력	RS-485
	Analog 출력	0 ~ 5VDC, 0 ~ 10VDC, 4 ~ 20mA
외형크기	1% Probe	Φ43 x 161mm
	10%,20% Probe	Φ43 x 91mm
	Cable	약 1m, 6 wires
	중량	250g 이하

○ 로봇 팔 시스템(TM5-700)



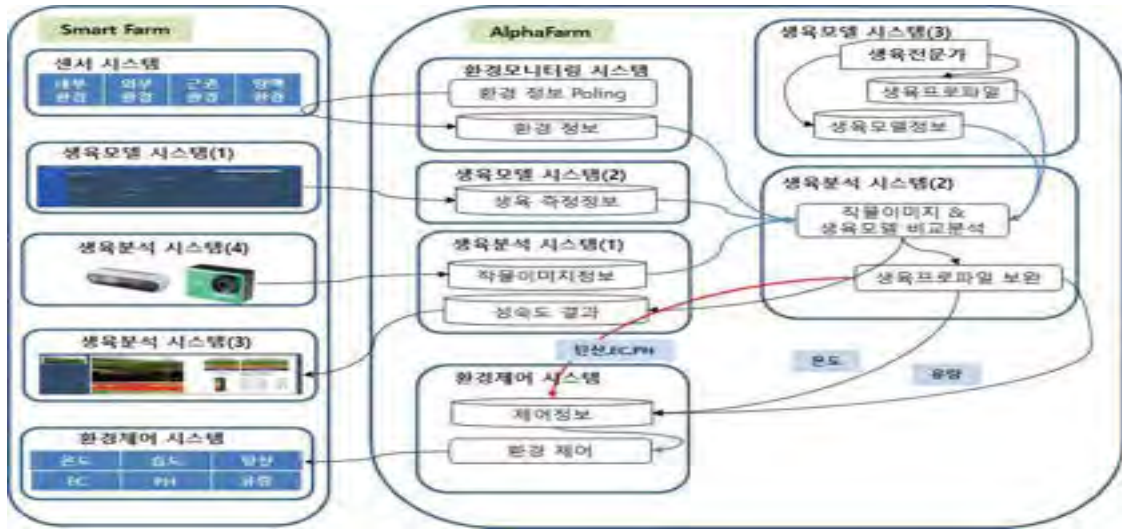
- 사람보다 빠른 작업속도를 구현하면서 파손 없이 안전하게 수확할 수 있도록 로봇 팔을 사용
- 시스템 사양

항 목	내 용
무게 중량	22kg
탑재하중	6kg
최대거리	700mm
일반 속도	1.1m/s
관절 범위	+/- 270°
속도	180/s
정밀도	+/- 0.05mm
자유도	6회전 관절
I/O 포트 - 컨트롤 박스	Digital in 16, out 16, Analog in 2, out 1
I/O 전원	컨트롤 박스 24V 1.5A, 툴 24V 1.5A
전력소모	220 watts
작업온도	0 ~ 50°C 내에서 작동 가능
전원공급	100 ~ 240 VAC, 50 - 60 Hz
통신	RS232, Ethernet, Modbus TCP/RTU(master & slave)
프로그램 환경	TM flow, flowchart based

○ 지능형 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 시스템 개요

- 농업과 IoT 기술을 융합하여 스마트팜 환경 정보를 수집하고 전문가에 의하여 작성된 생육 최적 환경 제어 모델과 비교하여 환경 정보를 제어하는 시스템으로 고수익 작물 최적 생육프로파일 연구를 위한 시스템

a. 시스템 구성도



[그림 2-639] 지능형 스마트팜 시스템 구성도

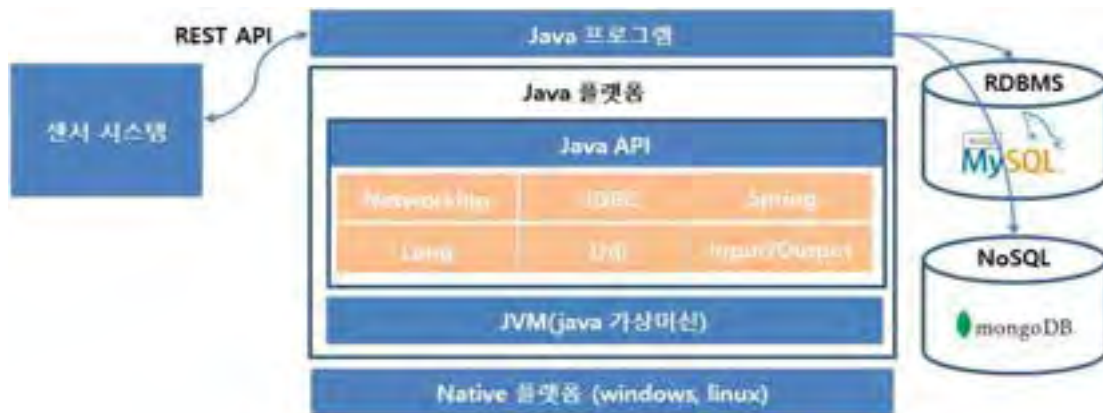
○ 스마트팜에 환경 정보를 측정할 수 있는 센서(온도, 습도, 탄산, EC, PH 등)들을 설치하여 각 센서에서 측정된 정보를 수집 한 후 실시간 정보는 RDBMS에 저장하면서 이력 정보는 NON-SQL DB에 저장한다. 생육 전문가가 작성한 생육 프로파일을 환경 정보와 비교하여 생육 프로파일 정보 기준으로 환경 제어 설정값을 의사 결정하여 제어할 수 있게 개발 함

b. 시스템 구조

- 센서 시스템
- 환경 모니터링 시스템
- 생육 모델 시스템
- 생육 분석 시스템
- 환경 제어 시스템

c. 시스템 아키텍처

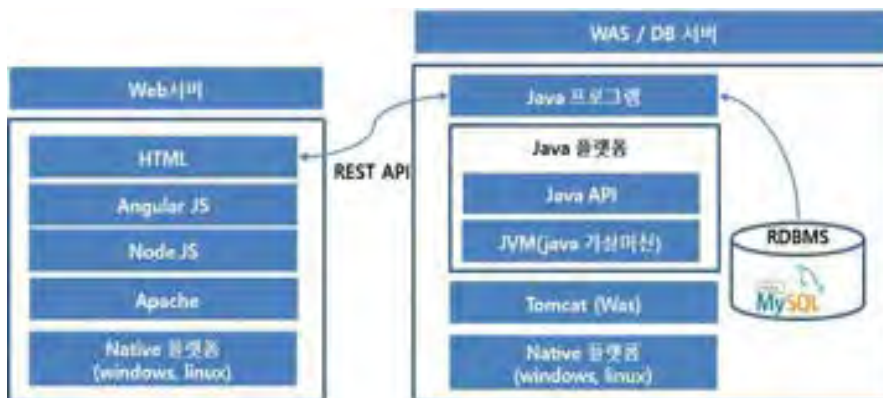
- Batch 프로그램
 - 센서 측정값 수집, 제어값 전송은 batch프로그램 작성함
 - Spring Framework, Mybatis Framework, 프로그래밍 언어는 Java를 사용함
 - Database는 Mysql, MongoDB를 사용함



[그림 2-640] batch 프로그램 플랫폼 구성도

- RestAPI 통신 방식이란 “Representational State Transfer” 의 약자로 자원을 이름(자원의 표현)으로 구분하여 해당 자원(문서, 그림, 데이터, 해당 소프트웨어 자체 등) 의 상태(정보)를 주고 받는 모든 것을 의미
- RestAPI 통신 방식에서는 JSON 혹은 XML를 통해 데이터를 주고 받는 것이 일반적이다. 월드 와이드 웹(www)과 같은 분산 하이퍼미디어 시스템을 위한 소프트웨어 개발한 아키텍처의 한 형식으로 웹의 기존 기술과 HTTP 프로토콜을 그대로 활용하기 때문에 웹의 장점을 최대한 활용할 수 있는 아키텍처임
- RestAPI 통신 방식은 HTTP 프로토콜의 인프라를 그대로 사용하므로 별도의 인프라를 구축할 필요가 없고, HTTP 프로토콜의 표준을 최대한 활용하여 여러 추가적인 장점을 함께 가져갈 수 있게 해주며, HTTP 표준 프로토콜에 따르는 모든 플랫폼에서 사용이 가능한 장점이 있음
- java는 객체 지향적 프로그래밍 언어로서 IT 기술 전반에서 가장 널리 사용하는 프로그래밍 언어이며, 가상머신으로 자바는 스마트폰, 컴퓨터, Mac, 리눅스 등 서로 다른 기기나 운영체제에서 동일한 프로그램을 개발하고 실행할 수 있음
- java 플랫폼이란 자바 프로그램이 실행되는 특정 환경으로 JVM (java 가상 머신)과 java API로 구성되어 있음
- 관계형(Relational)데이터베이스 시스템은 테이블기반의 DBMS로 테이블과 테이블 간의 연관관계(Foreign Key)를 이용해 필요한 정보를 구하는 방식이며 하나의 테이블은 여러 개의 컬럼으로 구성되어 여러 테이블을 합쳐 큰 테이블을 생성(JOIN)해서 필요한 정보를 찾아내는 방식을 사용함
- NoSQL 데이터베이스는 관계형 데이터베이스 보다 덜 제한적인 일관성 모델을 이용하는 데이터의 저장 및 검색을 위한 매커니즘을 제공하고, 빅데이터 이용에 널리 쓰인다
- 관계형 데이터베이스는 정규화 과정을 거쳐서 데이터의 핸들링이 편하게 하여 웹 어플리케이션에 적용하기 위하여 최신 데이터만 관리하고, NoSQL 데이터 베이스는 빅데이터 분석에 편하게 사용 할 수 있기 때문에 데이터를 계속 저장하여 관리함
- 관계형 데이터베이스는 Mysql를 선택하여 개발하였고, NoSQL 데이터베이스는 MongoDB를 선택하여 개발함
- Mysql이란 세계에서 가장 많이 쓰이는 오픈 소스의 관계형 데이터베이스 관리 시스템으로, 다중 스레드, 다중 사용자 형식의 구조질의어 형식의 데이터베이스 관리 시스템으로서 오라클이 관리 및 지원하고 있음
- MongoDB는 크로스 플랫폼 도큐먼트 지향 데이터베이스 시스템으로 JSON과 같은 동적 스키마형 도큐먼트들을 선호함에 따라 특정한 종류의 애플리케이션을 더 쉽고 더 빠르게 데이터 통합을 가능케 함

○ UI 시스템



[그림 2-641] UI 프로그램 플랫폼 구성도

- Web서버와 WAS/DB서버로 나누어서 구성함
- Web서버로는 Apache를 사용하며 프레임워크는 AngularJS, 프로그래밍 언어는 Node.JS, HTML5를 사용함
- WAS서버로는 Apache tomcat를 사용하며, 프레임워크는 Spring Framework, Mybatis Framework, 프로그래밍 언어는 Java를 사용함
- AngularJS는 자바스크립트 기반의 오픈 소스 프론트엔드 웹 애플리케이션 프레임워크의 하나로, 싱글 페이지 애플리케이션 개발 중에 마주치는 여러 문제들을 해결하기 위해 개발되었으며 주로 구글과 개별 커뮤니티, 여러 회사에 의해 유지보수되고 있음
- Node.js는 확장성 있는 네트워크 애플리케이션개발에 사용되는 플랫폼이며 작성 언어로 자바스크립트를 활용하며 Non-blocking I/O와 단일 스레드 이벤트 루프를 통한 높은 처리 성능을 가지고 있고, 내장 HTTP 서버 라이브러리를 포함하고 있어 웹 서버에서 아파치 등의 별도의 소프트웨어 없이 동작하는 것이 가능하며 이를 통해 웹 서버의 동작에 있어 더 많은 통제를 가능케 함

3.4. i-FDSS 지능형 서비스 실증 및 운영

3.4.1. WEF Manager 개발

(1) 개요

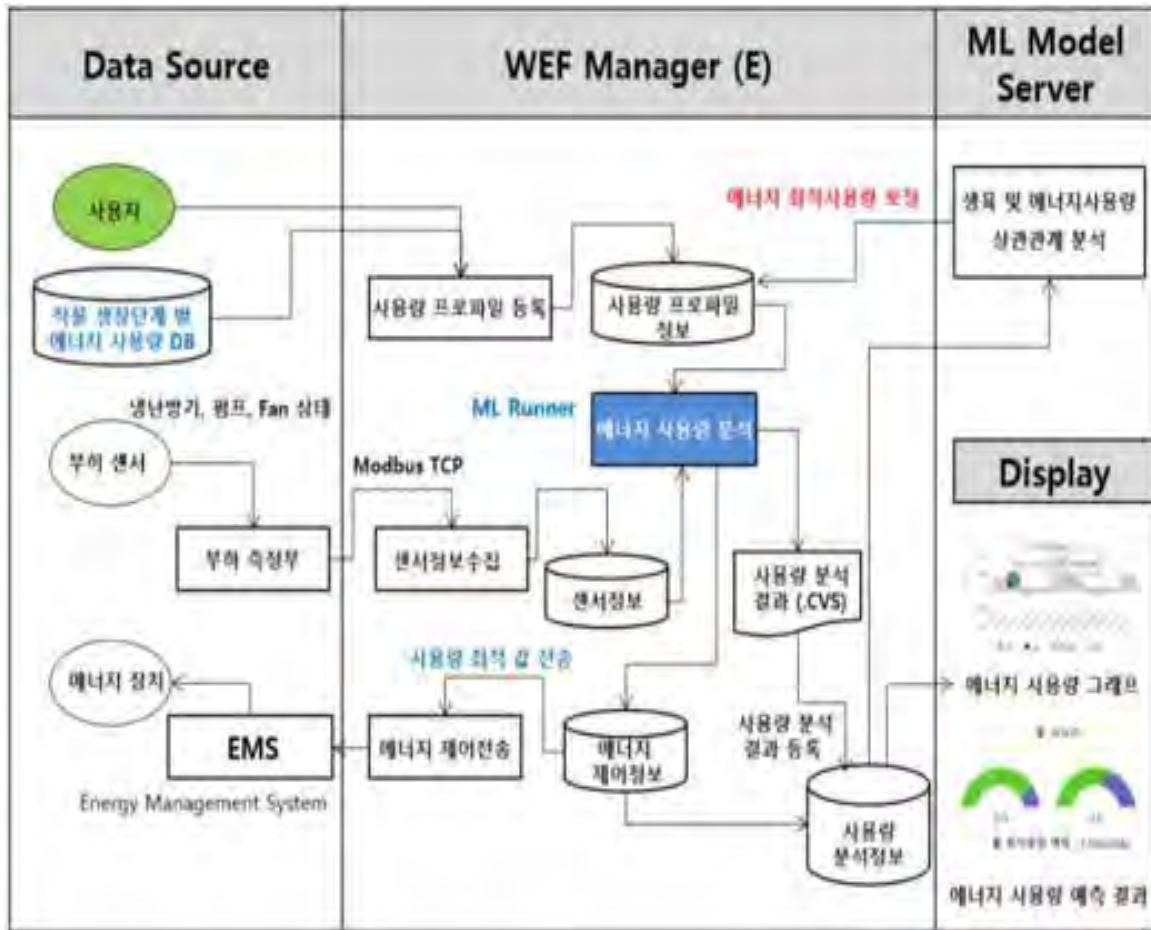
- WEF Manager는 스마트 팜에 소요되는 주요 자원의 소비패턴을 분석하여 총 수요량을 예측하고, 작물의 생산성과 품질에 영향을 미치지 않는 범위에서 자원공급을 계획화하여 운영의 효율성을 높이는 지능형 자원관리 시스템을 뜻함

(2) 접근방법

- FDSS Manager 개발환경을 기반으로, WEF의 “W”에 해당되는 관수관리 시스템과 “E”에 해당되는 에너지관리 시스템 개발을 위해 프로세스 흐름도 분석을 통해 다음 사항을 정리함
- 관련 데이터 소스를 분석하고 머신러닝 엔진을 통해 에너지 사용량 패턴과 추정 사용량 예측
- 에너지관리 시스템의 구성요소 및 구조 정의

(3) 연구내용

- WEF Manager (E) 프로세스 흐름도 분석
 - 작물 별 생장단계 별 에너지 사용량 DB 및 사용자 입력값 기준 제어
 - 사용량 분석정보및 생육상태 분석을 통한 에너지 최적 사용량 DB 주기적 보정
 - 분석결과 기반 EMS에 사용량 최적 값 전송 및 총 에너지 사용량 예측결과 표출



○ WEF Manager (E) 프로세스 흐름도 분석

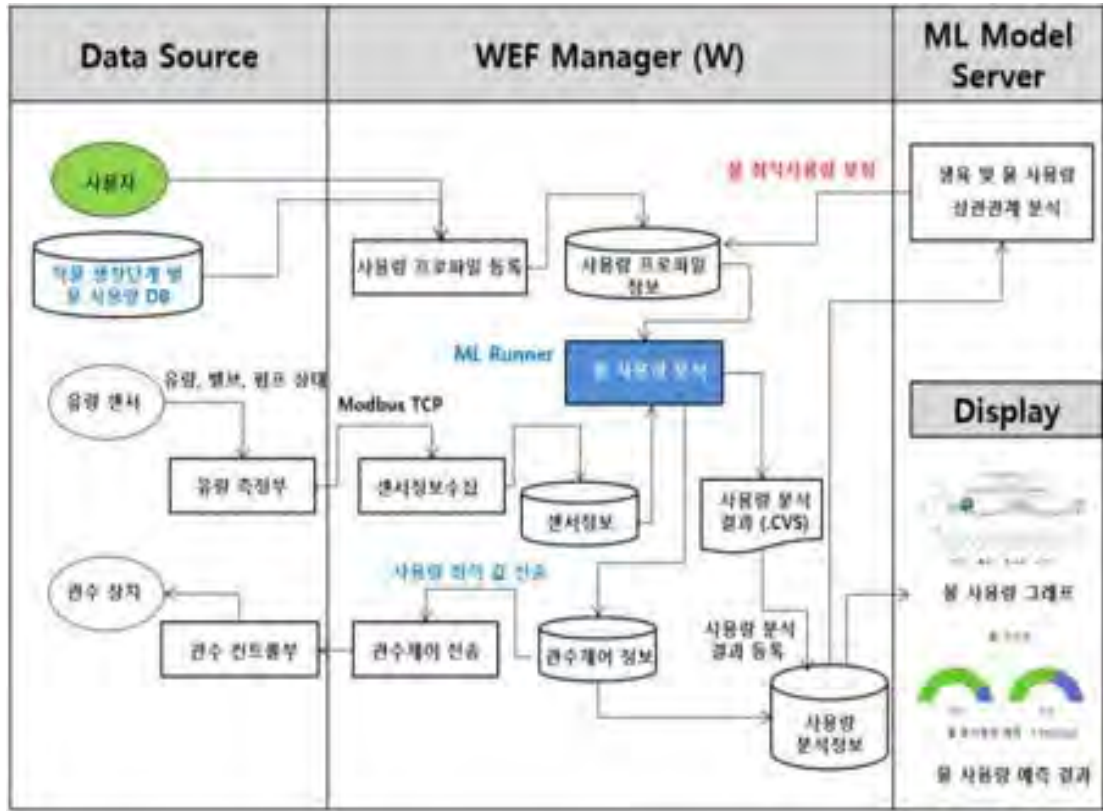
- 작물 별 생장단계 별 물 사용량 DB 및 사용자 입력값 기준 제어
- 물 사용량 분석정보 및 생육상태 분석을 통한 물 최적사용량 데이터 주기적 보정
- 사용량 분석결과 기반 관수장치에 사용량 최적 값 전송 및 총 물 사용량 예측결과 표출

(4) 연구결과

○ WEF Manager 구현을 위한 머신러닝 모듈 클래스 개발

○ 데이터 셋 패키지 클래스

- 머신러닝 모듈의 전체 패키지 구성은 데이터 셋, 머신러닝 모델, 머신러닝으로 나누어짐
- 데이터 셋 패키지는 유즈케이스로 도출된 빅데이터 수집, 기준값 조회, 데이터 셋 생성, 데이터 셋 저장, 빅데이터 저장 기능을 처리함
- 기준값을 저장하고 관리하는 역할은 RDB를 사용함. 카프카 브로커에서 전송된 메시지들을 Machine Learning Runner에서 수집하며 RDB에서 조회한 기준데이터와 통합하여 머신러닝 적용을 위한 데이터 셋을 생성함
- 머신러닝 적용을 위해서 생성된 데이터 셋을 각 머신러닝 모델에 적용함



○ WEF Manager (W) 프로세스 흐름도 분석

[표 2-302] 데이터 셋 패키지의 구성 클래스

패키지명	클래스명	개요
dataset	DataSetProcess	머신러닝을 적용한 후 생성된 예측값들과 머신러닝에 사용된 특성값들로 기존값들을 갱신하는 역할을 하는 비즈니스클래스
	KafkaReceiver	빅데이터 수집 모듈에서 카프카 브로커로 전달된 센서에서 측정된 빅데이터들을 수집하는 기능이 정의된 인터페이스
	LoadSensorKafkaReceiver	에너지 부하 센서에서 측정된 값을 수집
	FlowSensorKafkaReceiver	유량 센서에서 측정된 값을 수집
	InnerEnvironmentReceiver	온실 내부의 온습도, CO2, EC, PH 센서에서 측정된 값을 수집
	OuterTemperatureHumidityReceiver	온실 외부의 온습도, 풍량, 풍향, 우적, 일사량 센서에서 측정된 값을 수집
	UserValueService	온실관리자가 입력한 기준값들로 기존데이터들을 갱신하거나 저장된 기준값들을 조회하는 역할을 하는 서비스 클래스
	GrowthProfileValueVO	생육프로파일 값들을 저장하는 클래스
	UserValueDAO	데이터베이스에 있는 기준값들을 갱신하고 조회하는 역할을 하는 클래스
	DBUtil	데이터베이스 작업을 할 때 자주 사용되는 기능을 공통적으로 정의해 놓은 클래스
	ResultDataService	머신러닝을 적용한 후 생성된 예측값들과 머신러닝에 사용된 특성값들로 기존값들을 갱신하는 역할을 하는 비즈니스클래스
BasicDataVO	카프카 브로커로부터 수집된 값들을 저장하는 클래스	

패키지명	클래스명	개요
	ResultDataVO	머신러닝 모델을 적용해서 생성된 예측값들을 저장하는 클래스
	ResultDataDAO	머신 러닝모델을 적용한 후 결과데이터들로 데이터베이스에 저장되어있는 기존 값들을 갱신하는 클래스
	DataFormatConverter	카프카 브로커에서 수집된 데이터들과 기준값들을 사용하여 머신 러닝모델을 적용하기 알맞은 형태의 데이터를 생성하는 클래스
	EquipmentMLVO	장치제어값 예측을 위한 특성값들을 저장하는 클래스
	ValveMLModelVO	장치제어값 예측을 위한 특성값들과 밸브 개방기간값, 최대 밸브 개방기간을 저장하는 클래스
dataset	PumpMLModelVO	장치제어값 예측을 위한 특성값들과 펌프 작동기간을 저장하는 클래스
	CoolerMLModelVO	장치제어값 예측을 위한 특성값들과 냉방기작동기간을 저장하는 클래스
	HeaterMLModelVO	장치제어값 예측을 위한 특성값들과 난방기작동기간을 저장하는 클래스
	WaterMLModelVO	물 사용량 예측을 위한 특성값들과 물 잔여 사용량을 저장하는 클래스
	EnergyMLModelVO	에너지 사용량 예측을 위한 특성값들과 에너지 잔여 사용량을 저장하는 클래스

○ 머신러닝 패키지 클래스

- 머신러닝 모듈의 머신러닝 패키지에서는 데이터 셋 패키지에서 생성된 데이터 셋들에 머신러닝을 적용하여 제어값과 예측값을 얻어냄
- 머신러닝을 적용하여 얻어낸 예측 값들은 HDFS에 저장

[표 2-303] 머신러닝 패키지의 구성 클래스

패키지명	클래스명	개요
machineLearning	MachineLearningRunner	머신러닝 패키지의 모든 기능이 시작되는 run() 메소드를 정의한 인터페이스
	MachineLearningRunnerImp	머신러닝 패키지의 모든 기능이 시작되는 Machine Learning Runner 인터페이스의 run() 메소드를 구현한 클래스
	MLModelReadService	하둡에 저장되어 있는 머신러닝 모델들을 읽어오는 클래스
	MachineRunningProcess	데이터 셋 패키지에서 생성된 각종 데이터 셋들에 머신러닝을 적용하는 클래스
	BigDataWriteService	머신러닝을 적용하여 얻어낸 데이터들을 하둡에 저장하는 클래스

○ 머신러닝 모델 패키지 클래스

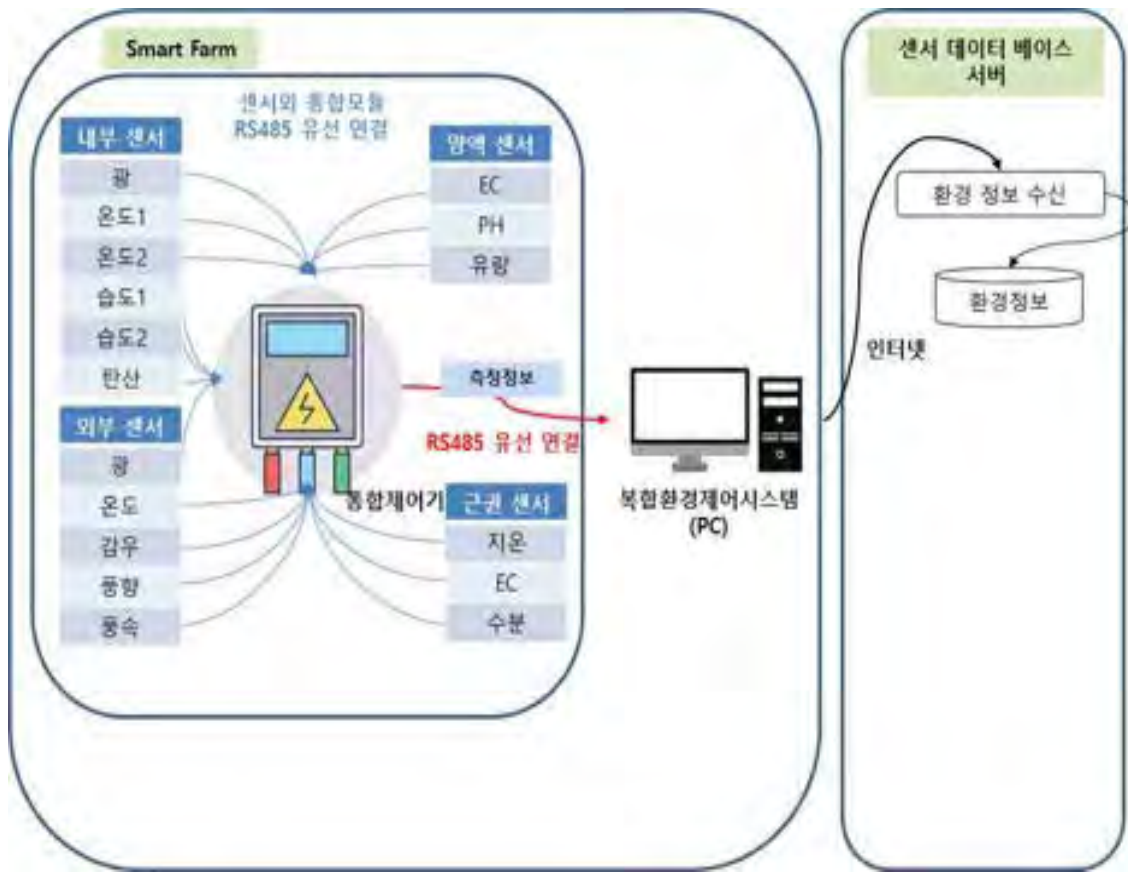
- 머신러닝 모듈의 머신러닝 모델 패키지에서는 머신러닝 패키지로부터 HDFS에 저장된 빅데이터들을 학습하여 머신러닝 모델들을 지속적으로 개선
- 개선된 머신 러닝 모델들은 HDFS에 저장된 후 머신러닝 패키지에서 데이터 셋에 머신러닝을 적용하기 위해서 사용함

[표 2-304] 머신러닝 모델 패키지의 구성 클래스

패키지명	클래스명	개요
machine Learning Model	MachineLearningModelRunner	머신러닝 모델 패키지의 모든 기능이 시작되는 run() 메소드를 정의한 인터페이스
	MachineLearningModelRunnerImp	머신러닝 모델 패키지의 모든 기능이 시작되는 Machine Learning Model Runner 인터페이스의 run() 메소드를 구현한 클래스
	BigDataReadService	하둡에 저장되어있는 빅데이터들을 읽어오는 클래스
	MLModelImproveService	머신러닝 모델들을 개선하는 클래스
	MachineLearningModelWriteService	개선된 머신러닝 모델들을 HDFS에 저장하는 클래스

3.4.2. WEF manager 현장 실증을 통한 기능 검증 및 효과 산출

□ 시스템 구성



[그림 2-642] 센서 시스템 구성도

- 내부, 외부, 양액관수, 근권부의 환경을 측정할 수 있는 센서, 센서와 직접 연동하는 통합 제어기, 통합제어기와 연동하는 통합환경제어시스템이 설치된 PC, 센서 데이터 베이스 서버로 구성

- 센서 구성
- 센서 종류

환경 센서	측정 센서	
	내부	온도, 습도, CO2, 실내일사
	외부	외부일사계, 온도검출기외기용, 감우계, 풍향계, 풍속계
	양액 관수	배액EC, 배액PH, 배액량
	근권부	지온, EC, 수분

- 센서 규격

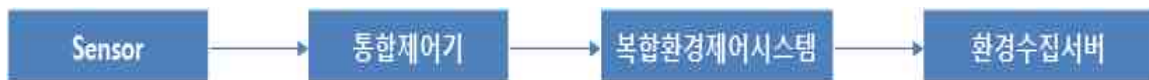
환경 센서	내부	품목	규격
		온도 센서	0°C~100°C
		습도 센서	0~100%
		CO2센서	0~3000PPM
	실내일사센서	0~1800W/m ²	
	외부	외부일사계	0~1800W/m ²
		온도검출기외기용	0°C~100°C
		감우계	on/off
		풍향계	0~360°
	양액 관수	풍속계	0~60 M/S
		배액EC	0~10 ds/m ²
		배액PH	0~14 ph
	근권부	배액량	유량계
		지온	0°C~100°C
		EC	0~10 ds/m ²
		수분	0~100%

- 통합 제어기
 - 각 센서 규격 범위 내에서 측정된 값을 수신 받음
 - 센서와 RS485시리얼 통신방식의 유선으로 연결하여 서로 통신 연동을 함
 - RS485시리얼 통신이란 Half-duplex(반이중) 통신 방식으로 송신 후 수신을 하는 특징을 가지고 있으며, 데이터 전송 거리가 길다는 특징 있음. 또한 멀티 장비들의 네트워크 생성이 가능하여 네트워크에 분산된 장비와의 통신에서 가장 좋은 방식임
 - 통합제어기에서 센서에 전원을 공급하여 센서가 안정적으로 측정 될 수 있게 유지함
- 복합 환경 제어시스템이 설치되어 있는 PC
 - 통합제어기에서 전송 되는 센서 측정 값을 받아서 서버로 전송할 수 있는 PC
 - 통합제어기와 PC는 RS485 시리얼 통신 방식으로 연결 되어 있음
 - PC와 환경수집서버는 Ethernet 통신으로 연결 되어 있음
- 복합 환경 제어시스템
 - 센서 및 스마트팜에 설치되어 있는 각종 시설물 제어



[그림 2-643] 복합 환경 제어 시스템 화면

나. 센서 데이터 Flow

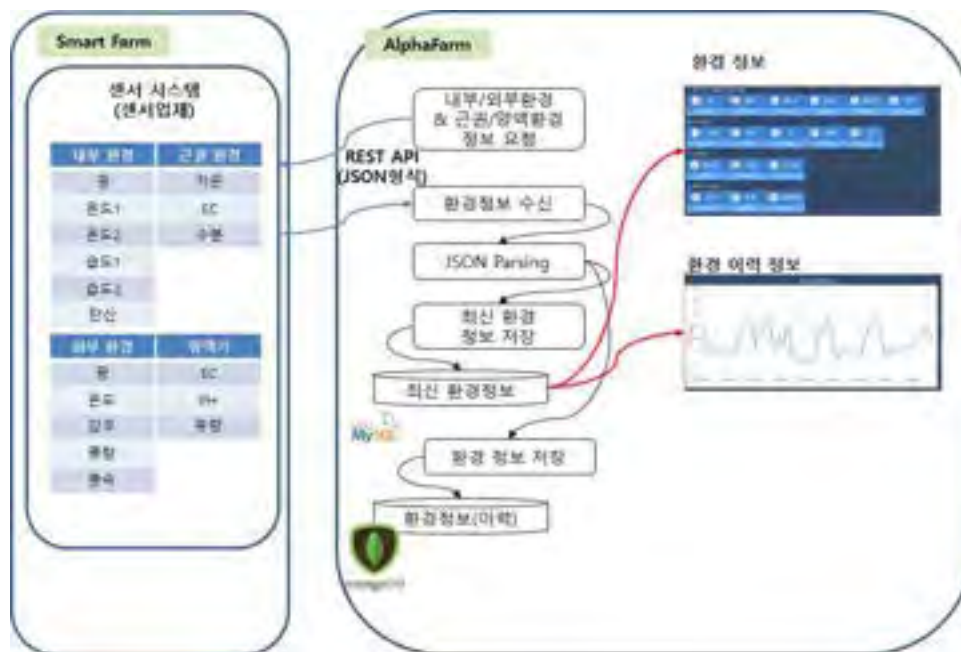


[그림 2-644] 센서 업체 데이터 flow

- 각 센서들과 통합제어기가 연결하여 센서에서 측정 된 값을 통합제어기가 수신 받아 복합 환경 제어시스템이 설치되어 있는 PC에 전송하고, 복합 환경 제어시스템에서 센서 서버로 측정값을 전송하고 해당 전송된 환경 정보를 DB에 적재함
- 센서와 통합제어기간의 프로토콜은 Modbus RTU 방식, 전류 또는 전압으로 측정함
- Modbus RTU방식은 Master/Slave기반 프로토콜로써 네트워크상에 연결된 모든 노드들이 요청을 받을 수 있지만, 요청정보에 들어 있는 목적주소 장비만이 이에 응답하는 방식임
- 복합 환경 제어시스템과 센서 데이터베이스 서버간의 프로토콜은 제어기에서 데이터 베이스 서버로 직접 로깅하여 센서 값을 insert 처리함

○ 환경 모니터링 시스템

가. 시스템 구성



[그림 2-645] 환경 정보 시스템 구성도

- 센서 시스템, 센서 측정값 수집 시스템, 모니터링 시스템으로 구성
- 센서 측정값 수집 시스템
 - 센서 시스템과 인터넷 망을 이용하여 RestAPI 통신 방식으로 센서 측정값을 연동
 - 센서 데이터 베이스 서버에 요청을 하고 측정값을 수신 받아 처리
- 모니터링 시스템
 - 수집된 센서 측정값을 실시간 정보를 PC기반 모니터링 제공
- Database 설계 및 작성
- 데이터 구성 형식
 - 내부 / 외부 환경 정보 JSON 정보


```
[{"save_dt": {"date": "2020-01-06 16:15:01"}, "xdatetime": {"date": "2020-01-06 16:14:00"}, "xouttemp": "4.4", "xwinddirec": "157.0", "xwindsp": "0.0", "xsunvol": "14.0", "xsunadd": "221.0", "xintemp1": "14.3", "xintemp2": "13.9", "xinhum1": "91.7", "xinhum2": "100.0", "xco2": "501.0"}]
```
 - 내부 / 외부 환경 정보 필드 정보

필드명	데이터 TYPE	필드설명	비고
save_dt	datetime	저장시각	저장시각(서버)
xdatetime	datetime	저장시각	저장시각(로컬)
xouttemp	decimal	외부온도	0~100 °C
xwinddirec	decimal	풍향	0~360 0:북 180:남
xwindsp	decimal	풍속	m/s
xsunvol	decimal	외부일사량	W/m ²
xsunadd	decimal	외부누적일사량	J/cm ²
xrain	int	감우	0 비안음, 1 비음
xintemp1	decimal	내부온도1	°C
xintemp2	decimal	내부온도2	°C
xinhum1	decimal	내부습도1	%
xinhum2	decimal	내부습도2	%
xco2	decimal	CO2농도	ppm

- 근권 / 양애관수 환경 정보 JSON 정보


```
[{"farm_code": "00010", "save_dt": {"date": "2020-01-06 16:36:01.863000"}, "ept_value_4": 2, "ept_value_5": 4.3, "ept_value_6": 15.1, "me_value_1": 2199, "wcm_value_1": 19.3, "wcm_value_2": 17.12, "wcm_value_3": 0.29, "rad_value_1": 31.6}]
```
- 근권 / 양애관수 환경 정보 필드 정보

필드명	데이터 TYPE	필드설명	비고
farm_code	nvarchar	농가코드	
save_dt	datetime	저장시각	
ept_value_4	float	배액EC	
ept_value_5	float	배액PH	
ept_value_6	float	배액수온	
me_value_1	float	유량계	
wcm_value_1	float	토양수분	
wcm_value_2	float	토양온도	
wcm_value_3	float	토양EC	
rad_value_1	float	내부일사	

- 내부 / 외부 환경 정보와 근권 / 양액관수 환경 정보를 따로 요청하여 환경 정보를 수신하고 JSON 정보를 Parsing하여 저장 처리함
- 1분 마다 센서 값을 요청하여 저장 하는 데, 관계형 데이터베이스에는 최신 정보만 유지하고 NoSQL 데이터베이스에는 데이터를 계속 쌓아 저장함

○ 데이터베이스 작성

- 관계형 데이터 베이스 센서 수집 부분 테이블은 스마트팜정보, 제어기정보, 제어기 부속품정보, 센서측정정보, 센서측정이력정보로 구성
- 스마트팜정보는 스마트팜별로 코드를 부여하여 시설유형, 재배작물 등 정보를 관리

테이블명	스마트팜 정보	테이블ID	FARM_MASTER				
테이블정의	스마트팜 정보	테이블ID	키	데이터형	길이	NULL여부	비고
FARM_CODE	스마트팜코드		PK	CHAR	20	NOT NULL	GR+일련번호(11)+F01+FARM
FARM_ID	스마트팜ID			VARCHAR	20		
FARM_NAME	스마트팜명			VARCHAR	100		
FARM_AREA	면적			VARCHAR	10		
FARM_ADDR	주소			VARCHAR	100		
ITEM_CODE	품목코드			CHAR	4		
KIND_CODE	품종코드			CHAR	6		
FARM_TYPE	시설유형			VARCHAR	30		
CULTI_METH	재배방식			VARCHAR	30		
FARM_COMID	스마트팜통신ID			VARCHAR	20		
CTRL_FLAG	설정구분			CHAR	1		1: 수동 2: AI
MAKE_DATE	등록일			DATETIME			
UPDATE_DATE	수정일			DATETIME			
MAKE_USER	등록자			VARCHAR	20		

- 제어기정보는 스마트팜에 설치된 제어기 정보를 관리

테이블명	제어기 정보			테이블ID	CONTROL_MASTER		
테이블정의	스마트팜에 설치된 컨트롤 정보			데이터베이스명			
컬럼명	설명	키	데이터형	길이	NULL여부	비고	
FARM_CODE	스마트팜코드	PK	CHAR	20	NOT NULL		
MACHINE_ID	제어기종류코드	PK	CHAR	3	NOT NULL	장비식별정보.장비종류코드	
MACHINE_CODE	제어기장비코드	PK	CHAR	20	NOT NULL	MC+일련번호(11)+F01+CTRL	
CONTROL_ID	제어기 ID		VARCHAR	20			
CONTROL_COMID	제어기통신ID		VARCHAR	20			
CONTROL_IMG	제어기사진		VARCHAR	100			
MAKE_DATE	등록일		DATETIME				

- 제어기부속품정보는 통합제어기에 연결된 센서, 시설물 정보를 관리

테이블명	제어기 부속품 정보			테이블ID	CONTROLPART_MASTER		
테이블정의	스마트팜에 설치된 환경센서/구동기/정보			데이터베이스명			
컬럼명	설명	키	데이터형	길이	NULL여부	비고	
FARM_CODE	스마트팜코드	PK	CHAR	20	NOT NULL		
MACHINE_ID	제어기종류코드	PK	CHAR	3	NOT NULL	장비식별정보.장비종류코드	
MACHINE_CODE	제어기장비코드	PK	CHAR	20	NOT NULL	MC+일련번호(11)+F01+CTRL	
PART_ID	부속품종류코드	PK	CHAR	3	NOT NULL	장비식별정보.장비종류코드	
PART_CODE	부속품장비코드	PK	CHAR	20	NOT NULL	MC+일련번호(11)+F02+CTRL	
PARTCTRL_ID	부속품 ID		VARCHAR	20			
PARTCTRL_COMID	부속품통신ID		VARCHAR	20			
SET_VALUE	설정값		NUMBER	10,2			
LASTSET_DATE	최종설정일자		CHAR	8			
LASTSET_TIME	최종설정시각		CHAR	6			
MAKE_DATE	등록일		DATETIME				

- 센서측정정보는 스마트팜에 설치된 센서의 측정된 일자, 시간, 측정값 정보를 관리

테이블명	센서 측정 정보			테이블ID	ENVIRONMENT_DATA		
테이블정의	설치된 센서로 부터 측정된 최신 값 정보			데이터베이스명			
컬럼명	설명	키	데이터형	길이	NULL여부	비고	
FARM_CODE	스마트팜코드	PK	CHAR	20	NOT NULL		
MACHINE_ID	제어기종류코드	PK	CHAR	3	NOT NULL	장비식별정보.장비종류코드	
MACHINE_CODE	제어기장비코드	PK	CHAR	20	NOT NULL	MC+일련번호(11)+F01+CTRL	
PART_ID	부속품종류코드	PK	CHAR	3	NOT NULL	장비식별정보.장비종류코드	
PART_CODE	부속품장비코드	PK	CHAR	20	NOT NULL	MC+일련번호(11)+F02+CTRL	
SENSING_DATE	측정일자		VARCHAR	8		년월일	
SENSING_TIME	측정시각		VARCHAR	6		시분초	
SENSING_VALUE	측정값		NUMBER	10,2			
CONTROL_ID	제어기 ID		VARCHAR	20			
CONTROL_COMID	제어기통신ID		VARCHAR	20			
PARTCTRL_ID	부속품 ID		VARCHAR	20			
PARTCTRL_COMID	부속품통신ID		VARCHAR	20			
MAKE_DATE	등록일		DATETIME				

- 센서측정이력정보는 일정기간 동안 측정된 측정값을 누적하여 관리

테이블명	센서 측정 이력	테이블ID	ENVIRONMENT_HIST			
테이블정의	설치된 센서로 부터 측정값 이력 정보	데이터베이스명	길이	NULL여부	비고	
컬럼명	설명	키	데이터형			
FARM_CODE	스마트팜코드	PK	CHAR	20	NOT NULL	
MACHINE_ID	제어기종류코드	PK	CHAR	3	NOT NULL	장비식별정보.장비종류코드
MACHINE_CODE	제어기장비코드	PK	CHAR	20		MC+일련번호(11)+F01+CTRL
SENSING_DATE	측정일자	PK	VARCHAR	8	NOT NULL	년월일
SENSING_TIME	측정시각	PK	VARCHAR	6	NOT NULL	시분초
PART_ID	부속품종류코드	PK	CHAR	3	NOT NULL	장비식별정보.장비종류코드
PART_CODE	부속품장비코드	PK	CHAR	20	NOT NULL	MC+일련번호(11)+F02+CTRL
SENSING_VALUE	측정값		NUMBER	10,2		
CONTROL_ID	제어기 ID		VARCHAR	20		
CONTROL_COMID	제어기통신ID		VARCHAR	20		
PARTCTRL_ID	부속품 ID		VARCHAR	20		
PARTCTRL_COMID	부속품통신ID		VARCHAR	20		
MAKE_DATE	등록일		DATETIME			

- 스마트팜 정보를 기준으로 각 테이블은 스마트팜코드를 Foreign Key로 연결되어 여러 개의 스마트팜의 센서 측정정보를 관리할 수 있게 개발함



[그림 2-646] 센서 수집 부분 엔터티관계도

FARM_CODE	MACHINE_ID	MACHINE_CODE	PART_ID	PART_CODE	SENSING_DATE	SENSING_TIME	SENSING_VALUE
GR0000000001F01FARM	014	MC0000000001F01CTRL	001	MC0000000001F02CTRL	2020107	133500	116.00
GR0000000001F01FARM	014	MC0000000001F01CTRL	002	MC0000000002F02CTRL	2020107	133500	17.20
GR0000000001F01FARM	014	MC0000000001F01CTRL	003	MC0000000003F02CTRL	2020107	133500	1.00
GR0000000001F01FARM	014	MC0000000001F01CTRL	004	MC0000000004F02CTRL	2020107	133500	179.00
GR0000000001F01FARM	014	MC0000000001F01CTRL	005	MC0000000005F02CTRL	2020107	133500	1.10
GR0000000001F01FARM	014	MC0000000001F01CTRL	006	MC0000000006F02CTRL	2020107	133500	0.00
GR0000000001F01FARM	014	MC0000000001F01CTRL	007	MC0000000007F02CTRL	2020107	133500	17.70
GR0000000001F01FARM	014	MC0000000001F01CTRL	007	MC0000000008F02CTRL	2020107	133500	17.60
GR0000000001F01FARM	014	MC0000000001F01CTRL	008	MC0000000009F02CTRL	2020107	133500	94.30
GR0000000001F01FARM	014	MC0000000001F01CTRL	008	MC0000000010F02CTRL	2020107	133500	91.50
GR0000000001F01FARM	014	MC0000000001F01CTRL	009	MC0000000011F02CTRL	2020107	133500	345.00
GR0000000001F01FARM	014	MC0000000001F01CTRL	010	MC0000000012F02CTRL	2020107	133500	0.00
GR0000000001F01FARM	014	MC0000000001F01CTRL	011	MC0000000013F02CTRL	2020107	133500	0.00
GR0000000001F01FARM	014	MC0000000001F01CTRL	013	MC0000000014F02CTRL	2020107	133500	0.00
GR0000000001F01FARM	014	MC0000000001F01CTRL	021	MC0000000015F02CTRL	2020107	133500	0.00

[그림 2-647] 센서 측정 정보 데이터

- NoSQL 데이터베이스 센서 수집 구성은 database는 environment로 설정하였고 collection은 data 설정하고 document는 json 형식으로 데이터를 관리함

센서정보 (MongoDB - Document)

```

Farmcode: "GR000000000004F01FARM"
Sensingdate: "2019-09-05"
Sensingtime: "00:00:00"
Sunvol: "0.0"
Outtemp: "23.0"
Rain: "0"
winddirec: "282.0"
windsp: "0.7"
insunvol: "0.0"
Intemp1: "23.5"
Intemp2: "24.5"
inhum1: "85.1"
inhum2: "95.1"
inco2: "573.0"
grdtemp: "0"
grdec: "0"
grdhum: "0"
nutrec: "0"
nutrph: "0"
nutrwater: "0"

```

컬럼	컬럼명
Farmcode	팜코드
Sensingdate	측정일자
Sensingtime	측정시각
Sunvol	외부 광
Outtemp	외부 온도
Rain	강우여부
Winddirec	풍향
windsp	풍속
insunvol	내부 광
Intemp1	내부 온도1
Intemp2	내부 온도2
inhum1	내부 습도1
inhum2	내부 습도2
inco2	Co2
grdtemp	근권 온도
grdec	근권 EC
grdhum	근권 수분
Nutrec	양액기 EC
nutrph	양액기 PH
nutrwater	양액기 유량

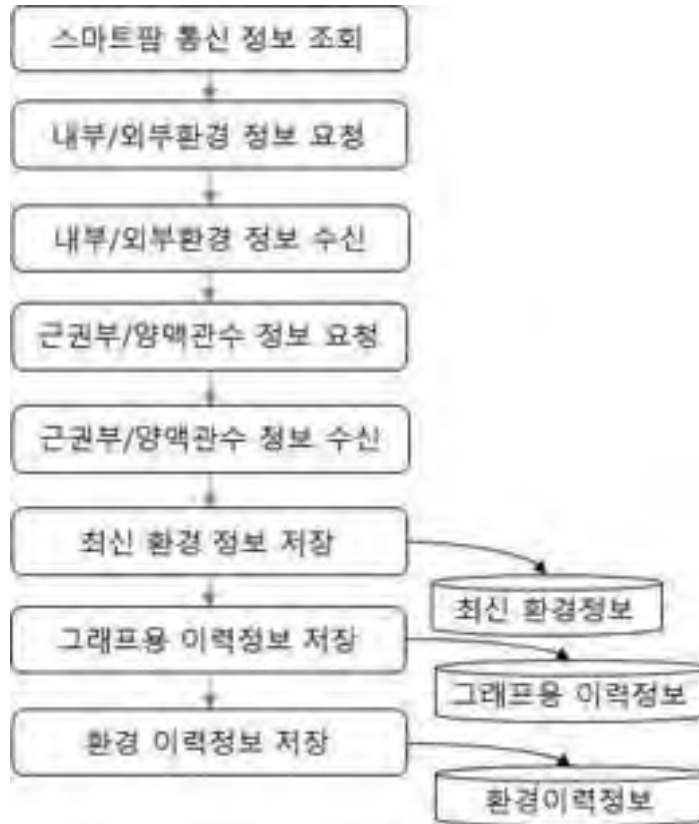
[그림 2-648] NoSQL 센서 측정 정보

- 관계형 데이터 베이스와는 다르게 코드와 연결관계를 성립하지 않고 하나의 document 안에 필요한정보를 모두 정리하여 관리함
- 일자별 시간별로 센서 측정된 값을 컬럼별로 선언하여 관리함

다. 프로그램 설계 및 작성

○ 센서 측정값 수집 시스템 (Batch프로그램)

- 프로세스 흐름도



[그림 2-649] 센서 측정값 수집 흐름도

- 센서 데이터베이스와 연동할 수 있는 스마트팜 통신ID를 조회함
- 내부/외부 환경정보를 수신 받을 수 site로 RestAPI의 Get방식으로 조회 요청을 하고 환경정보를 수신함 (http://api.gcsmagma.com/gcs_fb_api.php)
- 수신 받은 데이터는 JSON형식으로 되어 있으므로 필요한 항목을 편집함
- 근권부/양액관수 환경정보를 수신 받을 수 site로 RestAPI의 Get방식으로 조회 요청을 하고 환경정보를 수신함 (http://api.gcsmagma.com/gcs_my_api.php)
- 수신 받은 데이터는 JSON형식으로 되어 있으므로 필요한 항목을 편집함
- 최신 환경정보에 저장하는데 저장된 정보가 없으면 Insert, 이미 존재하면 측정일자, 측정시각, 측정값만 Update함 (Mysql)
- 그래프용 이력 정보는 경량의 데이터를 유지하기 위하여 1시간 마다 저장을 하고 5일 전 데이터는 삭제함(Mysql)
- 환경이력정보는 Json형식으로 다시 재구성하여 조회할 때 마다 새롭게 저장함(MongoDB)
- 데이터 수집부 프로그램
- 데이터 편집 및 저장 프로그램

```

// 센서데이터 가져오기
List<Map<String, Object>> farmData = self.selectFarmData();
for (Map<String, Object> farmdatum : farmData) {
    String farmcodeid = (String) farmdatum.get("FARM_CODEID");
    String controlcodeid = (String) farmdatum.get("CONTROL_CODEID");
    String rootcodeid = (String) farmdatum.get("ROOT_CODEID");

    // HmcgsDB Data 가져오기
    BasicDBObject envInfo = new BasicDBObject();
    envInfo.append("farmcode", (String) farmdatum.get("FARM_CODE"));
    // 센서데이터 가져오기
    List<Map<String, Object>> senseData = getGreensenseApiData (farmcodeid, controlcodeid);
    Map<String, Object> sensedatum = null;
    for (Map<String, Object> sensefor : senseData) {
        sensedatum = sensefor;
    }

    // 센서root데이터 가져오기
    List<Map<String, Object>> senserootData = getGreensenserootApiData (rootcodeid, controlcodeid);
    Map<String, Object> senserootdatum = null;
    for (Map<String, Object> senserootfor : senserootData) {
        senserootdatum = senserootfor;
    }

    if (sensedatum != null) {
        // sensing 시간
        Map<String, Object> xdatetimeData = (Map<String, Object>) sensedatum.get("xdatetime");
        String sensingdatetime = (String) xdatetimeData.get("date");

        // HmcgsDB Data 저장
        envInfo.append("sensingdate", sensingdatetime.substring(0, 10));
        envInfo.append("sensingtime", sensingdatetime.substring(11, 19));

        // ctrlpartmaster데이터 가져오기
        List<Map<String, Object>> ctrlpartmasterData = self.selectCtrlpartData(farmdatum);
        for (Map<String, Object> ctrlpartmasterdatum : ctrlpartmasterData) {

```

[그림 2-650] 데이터 수집부

```

RestTemplate restTemplate = CommonUtils.newRestTemplate();

// URL주소 = http://api.gcsaqua.com/GCS_MY_API.php/Get_GCS_Data/yyDye/1
String baseUrl = "http://api.gcsaqua.com/gcs_fm_api.php/" + farmcode + "/" + envcode;
HttpHeaders headers = new HttpHeaders();
MediaType mediaType = new MediaType("application", "json", StandardCharsets.UTF_8);
headers.setContentType(mediaType);
HttpEntity<String> entity = new HttpEntity<String>("parameters", headers);

logger.debug("request {}", baseUrl);
ResponseEntity<String> response = restTemplate.exchange(baseUrl, HttpMethod.GET, entity,
String.class);
String body = response.getBody();
logger.debug("response {}", body);

ObjectMapper mapper = new ObjectMapper();
Map<String, Object> farmgroundMasterDto = null;

Map<String, Object> bodyNode = null;
try {
    farmgroundMasterDto = mapper.readValue(body, new TypeReference<Map<String, Object>>() {
    });
    if ( farmgroundMasterDto.get("fields") instanceof Map) {
        result.add((Map<String, Object>) farmgroundMasterDto.get("fields"));
    } else {
        result.addAll((List<Map<String, Object>>) farmgroundMasterDto.get("fields"));
    }

    logger.debug("result {}", result);
} catch (IOException e) {
    throw new AppRuntimeException("출입데이터 변환 실패", e);
}

return result;

```

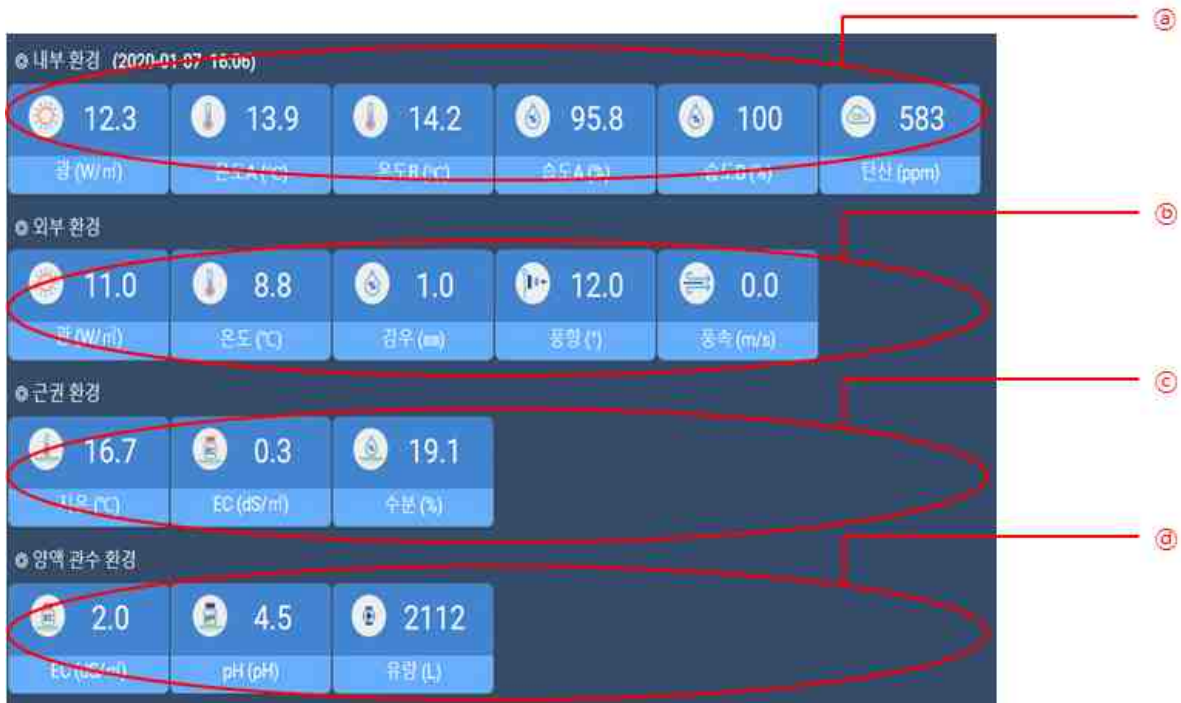
[그림 2-651] 데이터 편집부

- 테이블 명세서

Table ID	Table명	CRUD	비고
FARM_MASTER	스마트팜 정보	R	
CONTROL_MASTER	제어기 정보	R	
MACHINE_MASTER	장치 정보	R	
ENVIRONMENT_DATA	환경 정보	CU	
ENVIRONMENT_HIST	환경이력 정보	CU	

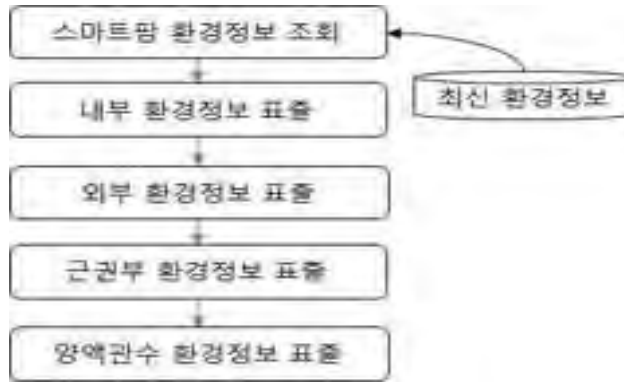
○ 모니터링 시스템

- 모니터링 화면



[그림 2-652] 모니터링 화면

- 최신 환경정보에서 해당 스마트팜 실시간 환경정보를 조회하여 표시함
 - ⓐ 내부 환경정보인 실내일사, 온도, 습도, Co2 측정값을 표시함
 - ⓑ 외부 환경정보인 일사, 온도, 감우, 풍향, 풍속 측정값을 표시함
 - ⓒ 근권부 환경정보인 지온, EC, 수분 측정값을 표시함
 - ⓓ 양액관수 환경정보인 배액EC, 배액pH, 유량 측정값을 표시함
- 화면 창을 OPEN할 때 센서 측정값 정보를 자동으로 조회하여 표시함
- 정의된 센서별 아이콘, 단위, 명칭을 조회하여 표시함
- 각 센서를 클릭하면 그래프 환경 정보 화면으로 전환하도록 설정함
- 프로세스 흐름도



[그림 2-653] 실시간 환경 정보 표준

- 스마트팜 환경정보(ENVIRONMENT_DATA)에서 내부(2), 외부(1), 근권(3), 양액관수(7)
- 정보를 조회함
- 측정된 일자, 시간을 내부환경 타이틀 옆에 표시함
- 내부 환경정보를 상단에 표시하고 조회된 센서별 아이콘, 측정값, 명칭, 측정단위를 표시 하고, 온도 및 습도는 2개씩 표시함
- 외부 환경정보를 두 번 째에 표시하고 조회된 센서별 아이콘, 측정값, 명칭, 측정단위를 표시 함
- 근권부 환경정보를 두 번 째에 표시하고 조회된 센서별 아이콘, 측정값, 명칭, 측정단위를 표시 함
- 양액관수 환경정보를 두 번 째에 표시하고 조회된 센서별 아이콘, 측정값, 명칭, 측정단위를 표시함
- 테이블 명세서

Table ID	Table명	CRUD	비고
FARM_MASTER	스마트팜 정보	R	
CONTROL_MASTER	제어기 정보	R	
MACHINE_MASTER	장치 정보	R	
ENVIRONMENT_DATA	환경 정보	R	

- 모니터링 화면 프로그램

```

<mat-tab label="환경 정보">
  <mat-card class="cardmain">
    <mat-card-title>
      &nbsp;&nbsp;&nbsp; 🕒 내부 환경 &nbsp;&nbsp;&nbsp; (20{{sensingdate}} &nbsp;&nbsp;&nbsp;{{sensingtime}})
    </mat-card-title>
    <mat-card-content>
      <table>
        <tr>
          <td class="td-box" *ngFor="let sensorindisp of sensorindisps let i = index">
            <a (click)="selectchart('in', i)">
              <table>
                <tr class="tr-icon">
                  <td class="td-space">
                </td>
                <td class="td-icon">
                  
                  {{sensorindisp.sensingvalue}}
                </td>
                <td class="td-unit">
                </td>
              </tr>
            </a>
          </td>
        </tr>
      </table>
    </mat-card-content>
  </mat-card>
</mat-tab>
  
```

[그림 2-654] HTML 표시부

```

// argument 설정
var apiUrl = '/' + this.alphafarmService.systemcode
+ '?farmcode=' + this.alphafarmService.farmcode;

// 장비식별 조회
await this.alphafarmApi.getApiData(this.alphafarmService.apiUrl, apiUrl)
.then (data => {
  // tslint:disable-next-line:no-string-literal
  this.sensorInfos = data['frmlalphafarmSensorInfo'];

  // const source = JSON.stringify(this.pricenretrieve);
  if (this.sensorInfos.length === 0) {
    alert('sensor센서 정보를 확인하십시오!!');
    return ;
  }

  let formidx: number = 0;
  let formname: string = '';
  let tempidx: number = 1;
  let humidx: number = 1;
  let machinename: string;
  // tslint:disable-next-line:prefer-const
  for (let sensorinfo of this.sensorInfos) {
    this.sensingdate = sensorinfo.SENSING_DATE;
    this.sensingtime = sensorinfo.SENSING_TIME;
  }
});

```

[그림 2-655] 데이터 조회부

```

<select id="getFrmlalphafarmSensorsInfo" resultType="map">
  SELECT /* CollectAlphafarmFarmInfoMapper.getFrmlalphafarmSensorInfo */
    CONCAT(MID(A.SENSING_DATE, 3, 2), '-', MID(A.SENSING_DATE, 5, 2), '-', MID(A.SENSING_DATE, 7, 2)) AS SENSING_DATE,
    CONCAT(MID(A.SENSING_TIME, 1, 2), ':', MID(A.SENSING_TIME, 3, 2)) AS SENSING_TIME,
    A.SENSING_VALUE
    , A.FARM_CODE
    , A.MACHINE_ID
    , A.MACHINE_CODE
    , A.PART_ID
    , A.PART_CODE
    , B.MACHINE_NAME
    , B.MACHINE_FLAG
    , B.MACHINE_ICON
    , B.MACHINE_UNIT
    , B.DISPLAY_SEQ
    , NULL AS SET_ID
  FROM ENVIRONMENT_DATA A
    , MACHINE_MASTER B
  WHERE A.FARM_CODE = #{farmcode}
    AND B.MACHINE_ID = A.PART_ID
    AND B.MACHINE_FLAG IN (1, 2, 3)
  ORDER BY B.MACHINE_FLAG
    , B.DISPLAY_SEQ
</select>

```

[그림 2-656] 센서 측정값 조회 SQL


```

<select id="getFrmalphafarmSensorListInfo" resultType="map">
  SELECT /* CollectAlphafarmFarmInfoMapper.getFrmalphafarmSensorListInfo */
    A.FARM_CODE
    , A.MACHINE_ID
    , A.MACHINE_CODE
    , A.CONTROL_ID
    , A.CONTROL_COMID
    , CONCAT (B.MACHINE_NAME, IF(B.MACHINE_FLAG = 1, ' (외부)',
      IF(B.MACHINE_FLAG = 2, ' (내부)',
        IF(B.MACHINE_FLAG = 3, ' (군관)', ''))
    )
    ) AS MACHINE_NAME
    , B.MACHINE_FLAG
    , B.MACHINE_ICON
    , B.MACHINE_UNIT
    , B.DISPLAY_SEQ
  FROM CONTROL_MASTER A
    , MACHINE_MASTER B
  WHERE A.FARM_CODE = #{farmcode}
    AND B.MACHINE_ID = A.MACHINE_ID
  ORDER BY B.DISPLAY_SEQ
    , B.MACHINE_FLAG
</select>

```

[그림 2-657] 센서 정보 조회 SQL

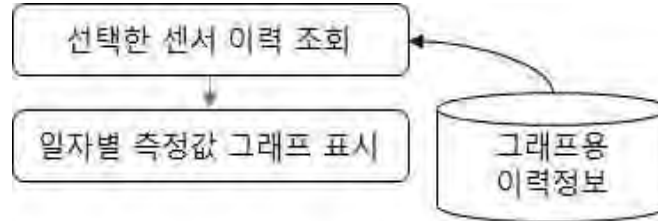
- 센서 측정값 이력 그래프 화면



[그림 2-658] 센서 측정값 이력 그래프 화면

- 선택한 센서의 이력정보를 조회하여 그래프로 표시함
 - Ⓐ 선택한 센서의 명칭, 측정된 위치를 표시함
 - Ⓑ Y축은 센서 측정값으로 설정하여 표시함
 - Ⓒ X축은 센서 측정일자 및 시간으로 설정하여 표시함

- ④ 그래프는 Line형식의 그래프로 표시함
- 화면 창을 OPEN할 때 센서 측정 이력 정보를 자동으로 조회하여 표시함
- 정의된 센서별 단위, 명칭을 조회하여 표시함
- 일자는 월-일 시:분 형식을 표시함
- 프로세스 흐름도



[그림 2-659] 그래프 환경 정보 표출

- 스마트팜 환경 이력정보(ENVIRONMENT_HIST)에서 선택한 센서 이력정보를 조회함
- 그래프는 오픈소스로 제공되는 ArmChart를 사용함
- X축을 측정일시, Y축을 측정값을 하여 그래프를 표시함
- 테이블 명세서

Table ID	Table명	CRUD	비고
MACHINE_MASTER	장치 정보	R	
ENVIRONMENT_DATA	환경 정보	R	

- 센서 측정값 이력 그래프 화면 프로그램

```

<mat-tab label="이력 정보">
  <mat-card class="card-chart ">
    <mat-card-header>
      <table class="table-id">
        <tr class="td-id-title" *ngIf="chartdisps.length==0">
          환경 정보에서 조회하고자 하는 센서의 ICON을 클릭하세요
        </tr>
        <tr *ngFor="let chartdisp of chartdisps let i = index">
          <td class="td-id-title">
            {{chartdisp.machinename}}
            {{chartdisp.machineunit}}
          </td>
        </tr>
      </table>
    </mat-card-header>
    <mat-card-content>
      <table class="table-chart">
        <tr>
          <td>
            <div class="div-chart" id='chartdiv'></div>
          </td>
        </tr>
      </table>
    </mat-card-content>
  </mat-card>
</mat-tab>
  
```

[그림 2-660] HTML 표시부

```

// 센서 이력 정보 조회
await this.alphafarmapi.getApiData(this.alphafarmService.apidatacharturl, apiarg)
.then (data => {
  // tslint:disable-next-line:no-string-literal
  this.dataretrieve = data['fmalphafarmOutachart'];

  let chart = am4core.create('chartdiv', am4charts.XYChart);

  chart.data = this.dataretrieve;

  let categoryAxis = chart.xAxes.push(new am4charts.CategoryAxis());
  categoryAxis.dataFields.category = "SENSING DATE";

  let valueAxis = chart.yAxes.push(new am4charts.ValueAxis());
  valueAxis.tooltip.disabled = true;
  valueAxis.renderer.minWidth = this.dataretrieve[0].INTERVAL_VALUE;
  valueAxis.title.text = this.chartdisps[0].machinename + '(' + this.chartdisps[0].machineunit + ')';
  valueAxis.min = this.dataretrieve[0].MIN_VALUE;
  valueAxis.max = this.dataretrieve[0].MAX_VALUE;

  let series = chart.series.push(new am4charts.LineSeries());
  series.name = this.chartdisps[0].machinename;
  series.dataFields.categoryX = "SENSING DATE";
  series.dataFields.valueY = "SENSING VALUE";
  series.strokeWidth = 3;
  series.tooltiptext = "{name}: [bold]{valueY}[/]";
});

```

[그림 2-661] 데이터 조회부

```

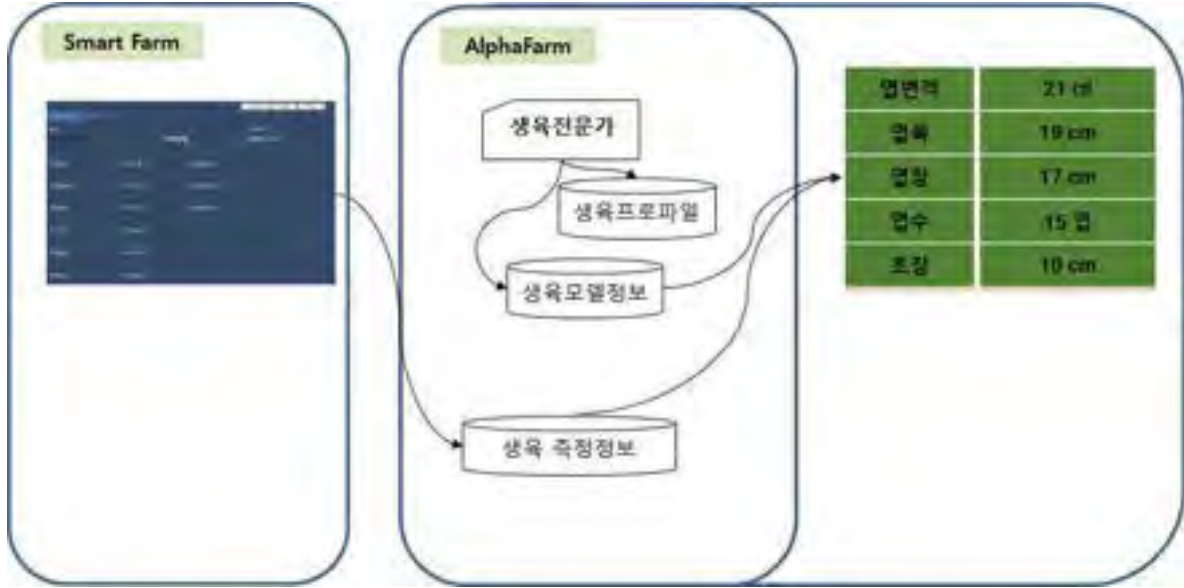
<select id="getFrmalphafarmNutrochart" resultType="map">
  SELECT /* CollectAlphafarmFarmInfoMapper.getFrmalphafarmNutrochart */
    A.FARM_CODE
    , A.MACHINE_ID
    , A.MACHINE_CODE
    , CONCAT(MID(A.SENSING_DATE, 5, 2), '-', MID(A.SENSING_DATE, 7, 2), ' ',
             MID(A.SENSING_TIME, 1, 2), ':', MID(A.SENSING_TIME, 3, 2)) AS SEN
    , A.SENSING_VALUE
    , B.MACHINE_NAME
    , B.MACHINE_FLAG
    , B.MACHINE_ICON
    , B.MACHINE_UNIT
    , B.DISPLAY_SEQ
    , B.MIN_VALUE - B.INTERVAL_VALUE AS MIN_VALUE
    , B.MAX_VALUE + B.INTERVAL_VALUE AS MAX_VALUE
    , B.INTERVAL_VALUE
  FROM ENVIRONMENT_HIST A
    , MACHINE_MASTER B
  WHERE A.FARM_CODE = #{farmcode}
    AND A.MACHINE_ID = #{machineid}
    AND A.MACHINE_CODE = #{machinecode}
    AND A.PART_ID = #{partid}
    AND A.PART_CODE = #{partcode}
    AND B.MACHINE_ID = A.PART_ID
  ORDER BY A.SENSING_DATE
    , A.SENSING_TIME
</select>

```

[그림 2-662] 센서 측정 이력값 조회 SQL

○ 생육 모델 시스템

가. 시스템 구성



[그림 2-663] 생육 모델 시스템 구성도

- 생육 모델 측정정보 등록 시스템, 생육모델 및 프로파일 정보 시스템으로 구성

○ 생육 측정정보 등록 시스템

- 생육 상태를 직접 측정하여 정보를 입력 등록 처리
- 생리장애, 병충해 발생시 사진 정보 입력 등록 처리

○ 생육모델 및 프로파일 정보 시스템

- 생육모델 전문가의 생육모델 및 프로파일 정보 DB화

나. Database 설계 및 작성

○ 데이터 구성

- 생육 상태 측정 항목은 토마토 기준으로 화방수, 초장, 절간장, 경경, 엽수, 엽장, 엽폭, 화방출현일수, 개화수, 착과수, 과고, 과폭, 수확과수, 수확과중, 평균과중, 당도, 산도, 생리장애(유무), 병해충(유무)
- 생육 모델 항목은 생육전문가가 설정한 적정한 생육 환경 정보로 시작 월일, 종료 월일, 해당 월일에 시작 시간, 종료시간, 적정 생육 관리를 위한 환경 설정 값(최소, 최대, 평균)

환경 설정 종류	데이터 TYPE	환경 설정값	비고
주간온도	decimal	20.0	℃
야간온도	decimal	16.2	℃
주간습도	decimal	80.1	%
공급EC	decimal	3.3	dS/m ³
공급pH	decimal	5.7	pH
1일 관수횟수	decimal	12	회
1회 물공급량	decimal	77	cc

- 생육 프로파일 항목 정의

생육전문가가 설정한 적절한 생육 정보로 시작 월일, 종료 월일, 생육 항목, 생육 상태 범위 값(최소, 최대, 평균)

생육 항목	데이터 TYPE	생육 상태 값	비고
생장길이	decimal	20.3 (17.9 ~ 20.6)	cm
줄기굵기	decimal	10.0 (9.8 ~ 10.9)	mm
화방높이	decimal	13.7 (13.4 ~ 17.9)	cm

○ 데이터베이스 작성

- 테이블은 생육조사 항목정보, 품종별 생육조사항목 정보, 생육정보 헤더정보, 생육정보 상세정보, 생육모델 정보, 생육프로파일 정보로 구성
- 생육조사 항목정보는 조사할 항목의 명칭, 단위 등의 정보를 관리

테이블명	생육조사 항목정보	테이블ID	GROWTH_MASTER			
테이블정의	생육조사 항목 정보	데이터베이스명				
컬럼명	설명	키	데이터형	길이	NULL여부	비고
GROWTH_ID	생육조사항목코드	PK	CHAR	3	NOT NULL	
GROWTH_NAME	생육조사항목명		VARCHAR	20		
GROWTH_UNIT	조사단위		VARCHAR	10		
MAKE_DATE	등록일		DATETIME			

- 작물 품종별로 생육조사할 항목정보는 품종코드, 조사할 항목 등의 정보를 관리

테이블명	품종별 생육조사항목 정보	테이블ID	GROWTHKIND_MASTER			
테이블정의	작물 품종별 생육조사할 항목 정보	데이터베이스명				
컬럼명	설명	키	데이터형	길이	NULL여부	비고
KIND_CODE	품종코드	PK	CHAR	6	NOT NULL	
GROWTH_ID	생육조사항목코드	PK	CHAR	3	NOT NULL	
ITEM_CODE	품목코드		CHAR	4	NOT NULL	
DISPLAY_SEQ	표시순서		INT	11		
MAKE_DATE	등록일		DATETIME			

- 생육정보 헤더정보는 조사한 스마트팜, 조사일자, 객체번호 등의 정보를 관리

테이블명	생육정보 헤더			테이블ID			
테이블정의	생육조사 내용			데이터베이스명			
컬럼명	설명	키	데이터형	길이	NULL여부	비고	
FARM_CODE	스마트팜코드	PK	CHAR	20	NOT NULL		
GROWTH_CODE	조사코드	PK	CHAR	20	NOT NULL	RS+일련번호(11)+F01+EXAM	
GROWTH_DATE	조사일자		CHAR	8			
INDEX_CODE	객체번호		VARCHAR	10			
ITEM_CODE	품목코드		CHAR	4			
KIND_CODE	품종코드		CHAR	6			
GROWTH_IMG	객체사진		VARCHAR	100		RS+일련번호(11)+F02+EXAM	
OBSTACLE_IMG	생리장애사진		VARCHAR	100		RS+일련번호(11)+F03+EXAM	
PEST_IMG	병해충사진		VARCHAR	100		RS+일련번호(11)+F04+EXAM	
MAKE_DATE	등록일		DATETIME				

- 생육정보 상세정보는 조사한 항목, 항목별 조사값 등의 정보를 관리

테이블명	생육정보 상세			테이블ID			
테이블정의	생육조사 내용			데이터베이스명			
컬럼명	설명	키	데이터형	길이	NULL여부	비고	
FARM_CODE	스마트팜코드	PK	CHAR	20	NOT NULL		
GROWTH_CODE	조사코드	PK	CHAR	20	NOT NULL	RS+일련번호(11)+F01+EXAM	
GROWTH_ID	생육조사항목코드	PK	CHAR	3	NOT NULL		
GROWTH_VALUE	조사값		VARCHAR	10			
MAKE_DATE	등록일		DATETIME				

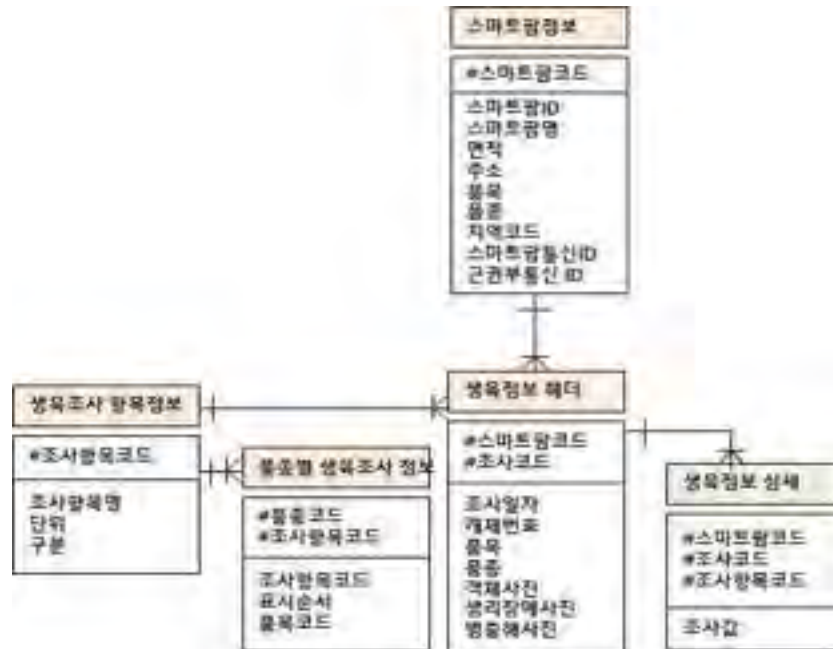
- 생육모델 정보는 적정한 생육 환경의 설정값 등의 정보를 관리

테이블명	생육 모델 정보			테이블ID			
테이블정의	생육전문가가 설정한	적정한	생육 환경 정보	데이터베이스명			
컬럼명	설명	키	데이터형	길이	NULL여부	비고	
KIND_CODE	품종코드	PK	CHAR	6	NOT NULL		
MACHINE_ID	제어기종류코드	PK	CHAR	3	NOT NULL	장비식별정보 장비종류코드	
FROM_DATE	시작월일	PK	CHAR	4			
TO_DATE	종료월일	PK	CHAR	4			
FROM_TIME	FROM시간	PK	CHAR	4			
TO_TIME	TO시간		CHAR	4			
FROM_VALUE	최소설정값		NUMBER	10,2			
TO_VALUE	최대설정값		NUMBER	10,2			
SET_VALUE	평균설정값		NUMBER	10,2			
DISPLAY_SEQ	표시순서		INT	11			
MAKE_DATE	등록일		DATETIME				

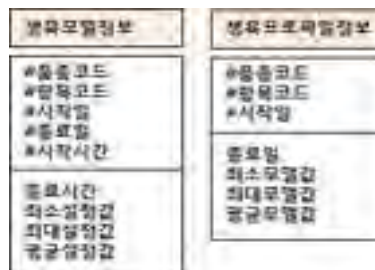
- 생육프로파일 정보는 적정한 생육 상태값 등의 정보를 관리

테이블명	생육 프로파일 정보			데이터ID	GROWTH_PROFILE		
테이블정의 컬럼명	생육전문가가 설정한 적정한 생육 정보 설명	키	데이터베이스명	길이	NULL여부	비고	
KIND_CODE	품종코드	PK	CHAR	6	NOT NULL		
GROWTH_ID	생육조사항목코드	PK	CHAR	3	NOT NULL		
FROM_DATE	시작월일	PK	CHAR	4			
TO_DATE	종료월일		CHAR	4			
FROM_VALUE	최소상태값		NUMBER	10,2			
TO_VALUE	최대상태값		NUMBER	10,2			
SET_VALUE	평균상태값		NUMBER	10,2			
DISPLAY_SEQ	표시순서		INT	11			
MAKE_DATE	등록일		DATE/TIME				

- 스마트팜 정보, 생육조사 항목정보를 기준으로 생육정보 헤더정보 및 상세정보 테이블은 스마트팜 코드 및 조사항목코드를 Foreign Key로 연결되어 조사정보를 관리할 수 있게 개발함



[그림 2-664] 생육 모델 엔티티관계도



[그림 2-665] 생육 조사 엔티티관계도

FARM_CODE	GROWTH_CODE	GROWTH_DATE	INDEX_CODE	ITEM_CODE	KIND_CODE
GR0000000001F01FARM	RS0000000003F01EXAM	20191223	1	0806	080601
GR00000000011F01FARM	RS0000000002F01EXAM	20191111	1	0801	080108
GR00000000011F01FARM	RS0000000004F01EXAM	20191226	1	0801	080108

[그림 2-666] 생육정보 헤더정보 데이터

FARM_CODE	GROWTH_CODE	GROWTH_ID	GROWTH_VALUE
GR0000000001F01FARM	RS0000000003F01EXAM	001	2
GR0000000001F01FARM	RS0000000003F01EXAM	006	3
GR0000000001F01FARM	RS0000000003F01EXAM	011	4
GR0000000001F01FARM	RS0000000003F01EXAM	051	1
GR00000000011F01FARM	RS0000000004F01EXAM	002	2
GR00000000011F01FARM	RS0000000004F01EXAM	003	3
GR00000000011F01FARM	RS0000000004F01EXAM	041	1

[그림 2-667] 생육정보 상세정보 데이터

다. 프로그램 설계 및 작성

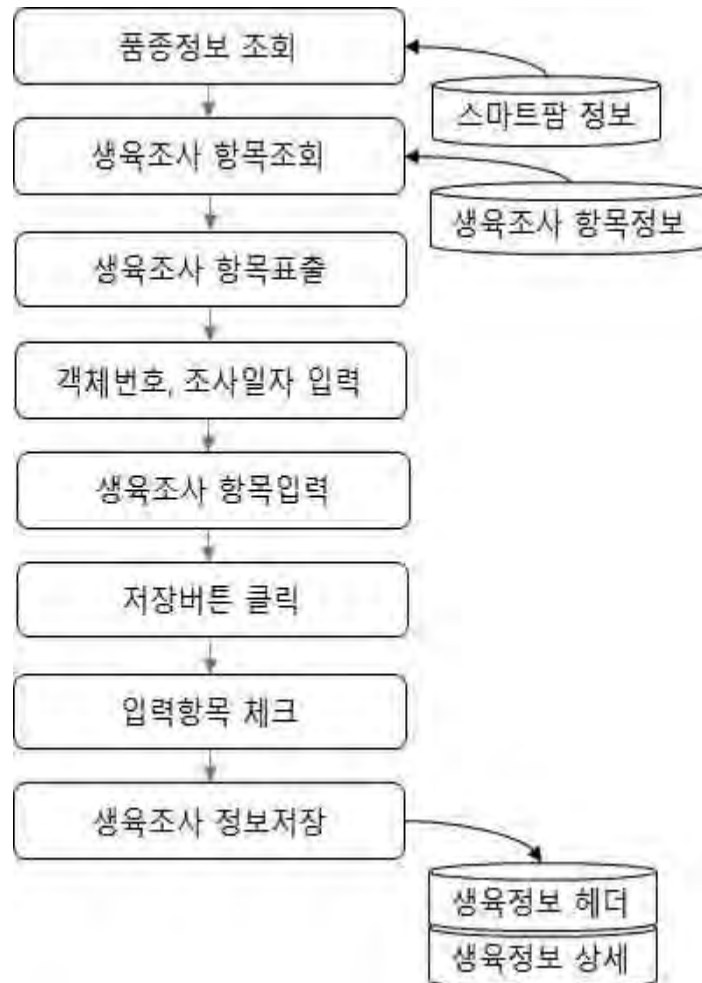
- 생육 측정정보 등록 시스템
 - 생육정보 등록 화면



[그림 2-668] 생육정보 등록 화면

- 현장에서 조사한 생육 측정정보를 입력할 수 있게 함
 - Ⓐ 측정된 객체번호를 입력함
 - Ⓑ 조사한 일자를 입력함
 - Ⓒ 입력할 품종의 조사할 생육조사 항목을 조회하여 표시함
 - Ⓓ 입력한 생육 측정정보를 저장 처리함

- 화면 창을 OPEN할 때 선택된 품종의 생육조사 항목을 조회하여 표시함
- 병해충 또는 생리장애가 발생할 경우 사진을 등록할 수있게 함
- 생육정보등록, 생육정보리스 tab을 분리하여 각 화면을 관리하게 함
- 프로세스 흐름도



[그림 2-669] 생육정보 등록

- 스마트팜 정보에 등록된 품종정보를 조회하여 생육조사 항목정보를 조회함
- 조회된 생육조사 항목정보를 입력할 수 있게 나열하여 표시함
- 객체번호, 조사일자를 입력할 수 있게 함
- 조사된 생육 측정정보를 입력할 수 있게 함
- 저장버튼을 클릭하면 객체번호, 조사일자를 입력하였는 가를 체크함
- 입력한 객체번호, 조사일자는 생육정보 헤더정보(GROWTH_HEAD)로 저장함
- 입력한 생육 측정정보는 생육정보 상세정보(GROWTH_DATA)로 저장함
- 병리장애, 병해충 이미지를 선택하면 사진 정보를 서버로 upload하여 저장함

- 테이블 명세서

Table ID	Table명	CRUD	비고
FARM_MASTER	스마트팜 정보	R	
GROWTH_MASTER	생육조사 항목정보	R	
GROWTH_HEAD	생육정보 헤더	CU	
GROWTH_DATA	생육정보 상세	CU	

- 생육정보 등록 화면 프로그램

```

<td class="td-kind-index">
  <mat-form-field class="td-kind-item">
    <mat-label>역청번호</mat-label>
    <input matInput maxLength="10" value="" formControlName="Indexcode">
  </mat-form-field>
</td>
<td class="td-kind-wid">
</td>
<td class="td-kind-right">
  <mat-form-field class="td-kind-item">
    <mat-label>조사일자</mat-label>
    <input matInput type="date" maxLength="10" value="" formControlName="growthdate">
  </mat-form-field>
</td>
<td class="td-kind-lastright"></td>
</tr>
</table>
</mat-card-content>
</mat-card>
<mat-card class="cardInput">
  <mat-card-content>
    <table class="table-input-text">
      <tr>
        <td class="td-input-item">
          <tr class="td-input-text" *ngFor="let growthkinddisp0 of growthkinddisps0 let i = index">
            <td>
              <mat-form-field class="td-input-form" *ngIf="growthkinddisp0.display=1">
                <mat-label>{{growthkinddisp0.growthname}}<{{growthkinddisp0.growthunit}}</mat-label>
                <input matInput maxLength="10" value={{growthkinddisp0.growthvalue}} formControlName={{growthkinddisp0.formname}}>
              </mat-form-field>
            </td>
          </tr>
        </td>
      </tr>
    </table>
  </mat-card-content>
</mat-card>

```

[그림 2-670] HTML 표시부

```

// 유효성
const apiUrl = '/' + this.alphafarm.service.systemcode;
await this.alphafarmapi.postApiDataStr (this.alphafarm.service.apigrowthsaveurl, apiUrl, jsonData)
.then (data => {
  // tslint:disable-next-line:no-string-literal
  this.growthsave = data['frmgrowthsaveresult'];
  if (this.growthsave.resultcode === '0000') {
    this.alphafarmdataclear();
    this.alphafarmgrowthheadretrieve();
    alert ('생육정보를 설정하였습니다');
  } else {
    alert ('생육정보 설정에 실패하였습니다' + this.growthsave.resultmsg);
  }
});

```

[그림 2-671] 저장 처리부

```

INSERT /* SaveAlphafarmGrowthInfoMapper.insertalphafarmGrowthInfo */
INTO GROWTH_HEAD
(
    FARM_CODE
    , GROWTH_CODE
    , GROWTH_DATE
    , INDEX_CODE
    , ITEM_CODE
    , KIND_CODE
    , GROWTH_IMG
    , OBSTACLE_IMG
    , PEST_IMG
    , MAKE_USER
)

```

[그림 2-672] 생육정보 헤더저장 SQL

```

INSERT /* SaveAlphafarmGrowthInfoMapper.insertalphafarmGrowthdataInfo */
INTO GROWTH_DATA
(
    FARM_CODE
    , GROWTH_CODE
    , GROWTH_ID
    , GROWTH_VALUE
    , MAKE_USER
)

```

[그림 2-673] 생육조사 항목조회 SQL

```

<select id="getFrmalphafarmGrowthdataInfo" resultType="map">
    SELECT /* CollectAlphafarmGrowthInfoMapper.growthkinddisps0 */
        A.GROWTH_ID
        , B.GROWTH_VALUE
        , D.GROWTH_NAME
        , D.GROWTH_UNIT
    FROM GROWTHKIND_MASTER A
    LEFT JOIN (SELECT X.GROWTH_ID
                , X.GROWTH_VALUE
                FROM GROWTH_DATA X
                WHERE X.FARM_CODE = #{farmcode}
                AND X.GROWTH_CODE = #{growthcode}
            ) B
    ON A.GROWTH_ID = B.GROWTH_ID
    , GROWTH_HEAD C
    , GROWTH_MASTER D
    WHERE C.FARM_CODE = #{farmcode}
    AND C.GROWTH_CODE = #{growthcode}
    AND A.KIND_CODE = C.KIND_CODE
    AND D.GROWTH_ID = A.GROWTH_ID
    ORDER BY A.DISPLAY_SEQ
</select>

```

[그림 2-674] 생육정보 상세저장 SQL

- 테이블 명세서

Table ID	Table명	CRUD	비고
GROWTH_PROFILE	생육프로파일	CU	
GROWTH_MODEL	생육모델	CU	

○ 생육모델 및 프로파일 정보 시스템

- 생육모델 전문가의 생육프로파일 DB화

시작월일 ~ 종료월일 기준으로 적정한 생육 모델값을 DB화 시킴

[표 2-305] 생육모델 프로파일 자료

시기	생육조기 (1)	생육중기				생육말기 (21)	
		9~10월(6)	11~12월(6)	1~2월(3)	3~6월(42)		
적정생육	생장길이(cm)	27.0	16.9	20.3	13.8	18.9	18.6
	줄기굵기(mm)	12.3	9.3	10.0	9.4	8.0	8.0
	화방높이(cm)	23.8	13.5	13.7	25.8	16.2	16.9

	KIND_CODE	GROWTH_ID	FROM_DATE	TO_DATE	FROM_VALUE	TO_VALUE	SET_VALUE
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">생육프로파일정보</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">#품종코드</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">#항목코드</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">#시작일</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 종료일 최소모델값 최대모델값 평균모델값 </div>	080303	061	0101	0229	13.80	13.80	13.80
	080303	061	0301	0630	18.90	18.90	18.90
	080303	061	0701	0731	18.60	18.60	18.60
	080303	061	0801	0831	27.00	272.00	27.00
	080303	061	0901	1031	16.90	16.90	16.90
	080303	061	1101	1231	20.30	20.30	20.30
	080303	062	0101	0229	9.40	9.40	9.40
	080303	062	0301	0630	8.00	8.00	8.00
	080303	062	0701	0731	8.00	8.00	8.00
	080303	062	0801	0831	12.30	12.30	12.30
	080303	062	0901	1031	9.30	9.30	9.30
	080303	062	1101	1231	10.00	10.00	10.00
	080303	063	0101	0229	25.80	25.80	25.80
	080303	063	0301	0630	16.20	16.20	16.20
	080303	063	0701	0731	16.90	16.90	16.90
	080303	063	0801	0831	23.80	23.80	23.80
	080303	063	0901	1031	13.50	13.50	13.50

[그림 2-675] 생육모델 프로파일 DB

- 생육모델 전문가의 생육모델 DB화

시작월일 ~ 종료월일 기준으로 시간별로 적정한 생육 유지 환경 설정값을 DB화 시킴

[표 2-306] 생육모델 환경설정 자료

시 기	생육조기 (1)	생육중기				생육말기 (21)	
		9~10월(6)	11~12월(6)	1~2월(3)	3~6월(42)		
적정생육 유지환경 설정	누적일사량(j/cm ²)	1772~2441	1078~1330	993~1146	817~999	1393~1628	1751~1985
	일일 주간평균 온도(°C)	27.2	24.3	20.0	19.0	21.9	24.3
	일일 야간평균 온도(°C)	14.9	19.5	16.2	14.5	16.4	18.1
	일일 주간 평균 상대습도(%)	79.8	80.3	80.1	85.0	73.9	71.5
	1일 관수 횟수	23	15	12	6	22	24
	1일 물 공급량 (cc./day/plant)	86	71	57	86	59	51
	염류농도(dS/m)	2.6	2.5	3.3	2.7	2.4	2.5
	pH농도	5.5	5.7	5.7	5.7	5.1	5.8

KIND_CODE	MACHINE_ID	FROM_DATE	TO_DATE	FROM_TIME	TO_TIME	FROM_VALUE	TO_VALUE	SET_VALUE
080303	006	0101	0229	0000	2359	817.00	999.00	908.00
080303	006	0301	0630	0000	2359	1393.00	1628.00	1510.00
080303	006	0701	0731	0000	2359	1751.00	1985.00	1868.00
080303	006	0801	0831	0000	2359	1772.00	2441.00	2106.00
080303	006	0901	1031	0000	2359	1078.00	1330.00	1204.00
080303	006	1101	1231	0000	2359	993.00	1146.00	1069.00
080303	007	0101	0229	0000	0729	14.50	14.50	14.50
080303	007	0101	0229	0730	1739	19.00	19.00	19.00
080303	007	0101	0229	1800	2359	14.50	14.50	14.50
080303	007	0301	0630	0000	0559	16.40	16.40	16.40
080303	007	0301	0630	0600	1659	21.90	21.90	21.90
080303	007	0301	0630	1700	2359	16.40	16.40	16.40
080303	007	0701	0731	0000	0529	18.10	18.10	18.10
080303	007	0701	0731	0530	1929	24.30	24.30	24.30
080303	007	0701	0731	1930	2359	18.10	18.10	18.10
080303	007	0801	0831	0000	0559	14.90	14.90	14.90
080303	007	0801	0831	0600	1859	27.20	27.20	27.20

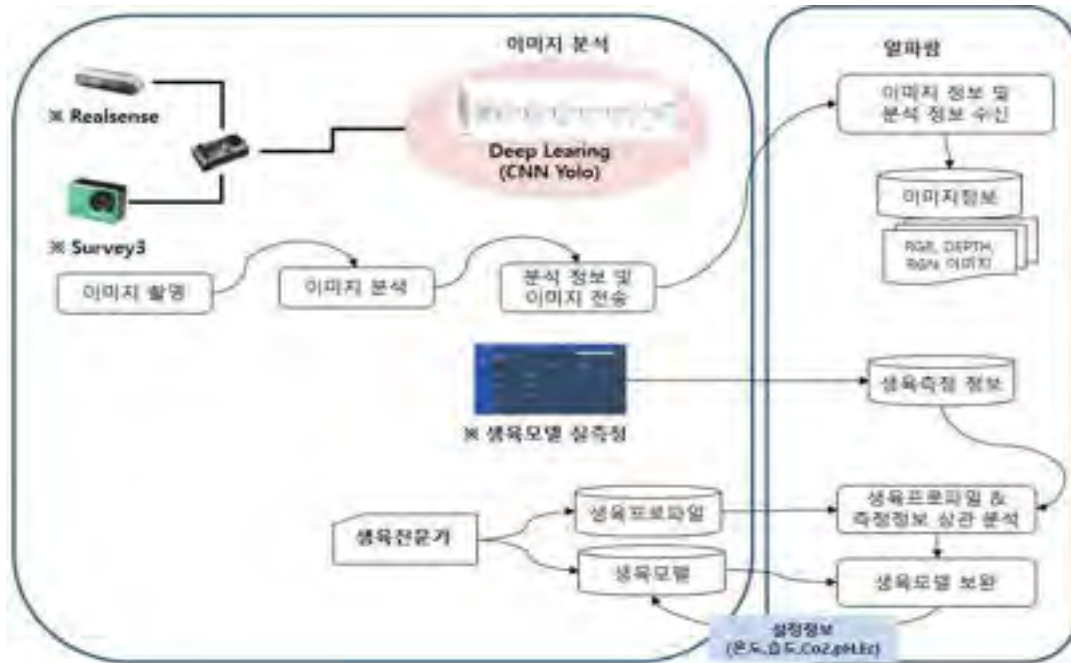
생육모델정보

#품종코드
#항목코드
#시작일
#종료일
#시작시간

종료시간
최소설정값
최대설정값
평균설정값

[그림 2-676] 생육모델 환경설정 DB

○ 생육 분석 시스템
 가. 시스템 구성

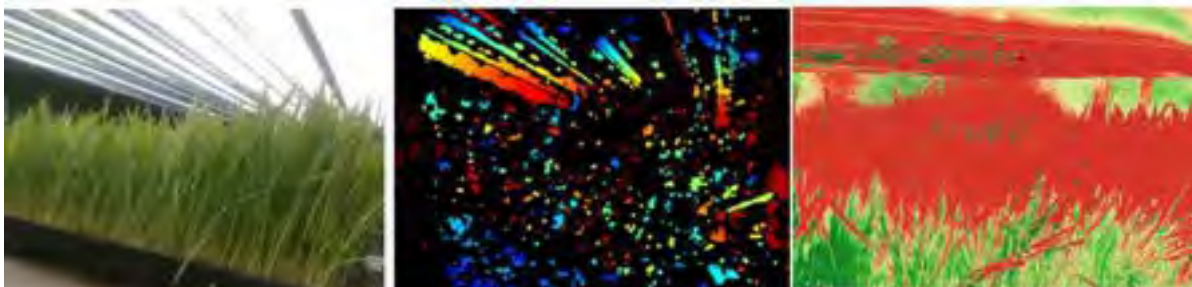


[그림 2-677] 생육 분석 시스템 구성도

- 이미지 촬영 시스템, 이미지 분석 시스템, 측정정보 분석 시스템으로 구성
- 이미지 촬영 시스템
 - RGB, DEPTH, RGN 카메라 촬영 처리 (Realsense, Mapir camera)
 - 촬영 이미지 서버 전송 및 등록
- 이미지 분석 시스템
 - deep learning을 이용한 이미지 classification, 성숙도 분석
- 측정정보 분석 시스템
 - 생육 전문가의 생육 프로파일 및 생육측정 정보 비교 분석
 - 분석 결과에 따른 생육 모델 보완

나. Database 설계 및 작성

- 데이터 구성
 - 이미지 촬영 항목



<RGB>

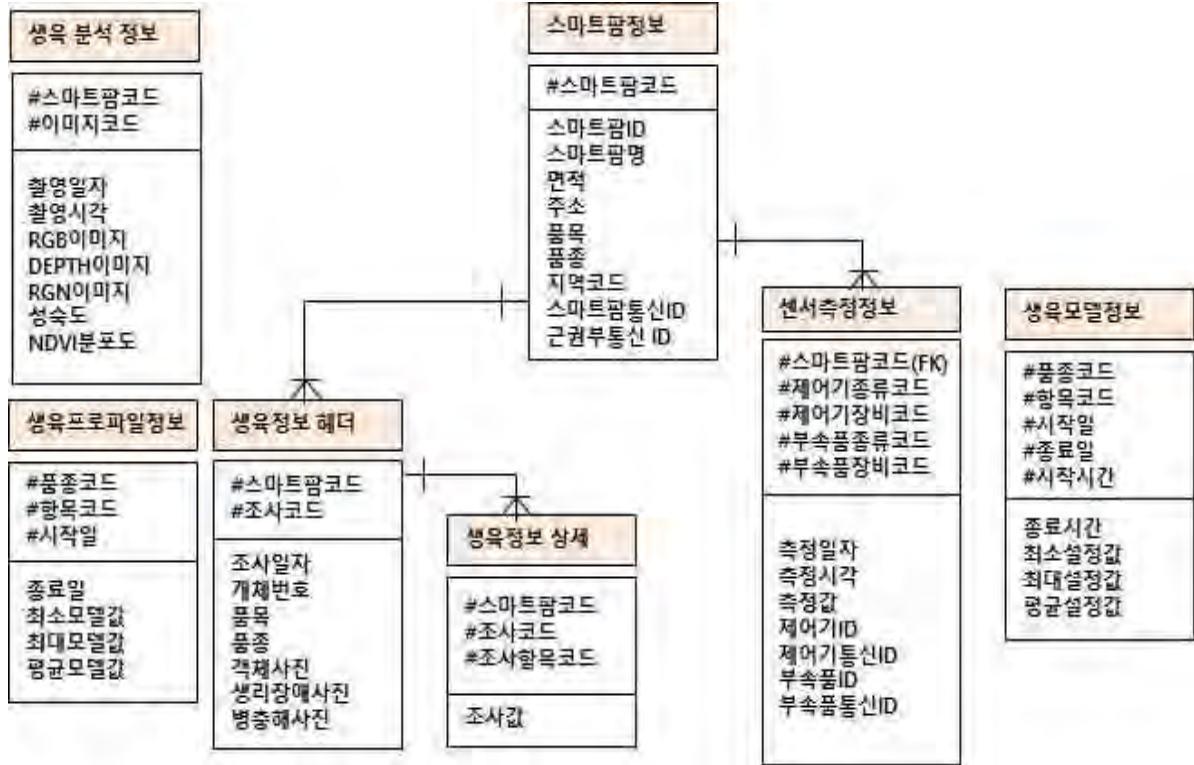
<DEPTH>

<RGN>

- 생육 상태 파악을 위한 이미지 정보로 촬영일자 및 시각, RGB/DEPTH/RGN 이미지 파일
 - RGB이미지란 Red, Green, Blue색상을 혼합하여 표현하는 디지털 영상으로 일반 카메라 촬영으로 생성할 수 있고, DEPTH이미지란 거리를 측정할 수 있는 이미지로 특수 카메라로 촬영하고 있고, RGN이미지란 Red, Green, NIR 데이터를 촬영한 이미지임
 - NIR이미지를 이용하여 NDVI(normalized difference vegetation index)로 식물지수로서 관찰대상에 녹색식물의 분포도를 분석하여 식물의 건강상태를 측정할 수 있는 지수로, $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$ 계산함
 - 이미지 분석 항목
RGB이미지에 위치한 작물 좌표, 성숙도, NDVI분포도
 - 측정정보 분석
 - 생육 측정 값, 생육 프로파일 값, 현재 환경 측정 값, 생육 모델 값
- 데이터베이스 작성
- 테이블은 생육 분석 정보와 생육 모델 시스템의 생육조사 항목정보, 품종별 생육조사항목 정보, 생육정보 헤더정보, 생육정보 상세정보, 생육모델 정보, 생육프로파일 정보, 환경 정보 시스템의 센서 측정 정보로 구성
 - 생육 분석 정보는 이미지 정보, 성숙도, NDVI분석 정보로 관리

테이블명	생육 분석 정보	테이블ID	GROWTHIMG_MASTER			
테이블정의 필드명	생육 상태 파악을 위한 분석 정보 설명	데이터베이스명	데이터형	길이	NULL여부	비고
FARM_CODE	스마트팜코드	PK	CHAR	20	NOT NULL	
IMG_CODE	이미지코드	PK	CHAR	20	NOT NULL	IM+일련번호(11)+F01+EXAM
SHOOT_DATE	촬영일자		CHAR	8		
SHOOT_TIME	촬영일차		CHAR	4		
COLOR_IMG	RGB이미지		VARCHAR	100		
DEPTH_IMG	DEPTH이미지		VARCHAR	100		
NDVI_IMG	RGN이미지		VARCHAR	100		
MATU_LEV	성숙도		VARCHAR	10		
NDVI01_VAL	NDVI분포도(0 ~ 0.19)		VARCHAR	10		
NDVI23_VAL	NDVI분포도(0.2 ~ 0.39)		VARCHAR	10		
NDVI45_VAL	NDVI분포도(0.4 ~ 0.59)		VARCHAR	10		
NDVI67_VAL	NDVI분포도(0.6 ~ 0.79)		VARCHAR	10		
NDVI89_VAL	NDVI분포도(0.8 ~ 1.0)		VARCHAR	10		
MAKE_DATE	등록일		DATETIME			

- 생육프로파일정보의 시작일과 종료일 기준으로 생육정보 헤더의 조사일자와 매칭, 생육모델정보의 시작일, 종료일, 시작시간, 종료시간 기준으로 센서측정정보의 측정일자, 측정시각과 매칭

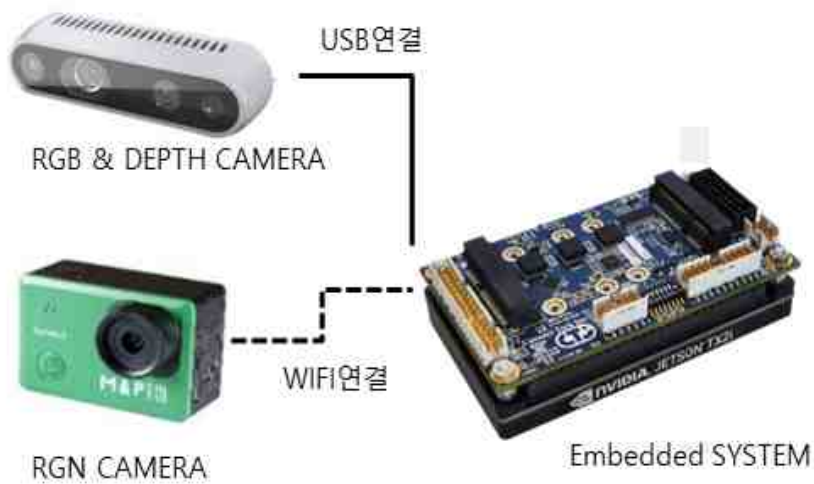


[그림 2-678] 생육 분석 시스템 연관도

다. 프로그램 설계 및 작성

○ 이미지 촬영 시스템

- 카메라 구성



[그림 2-679] RGB & DEPTH CAMEARA

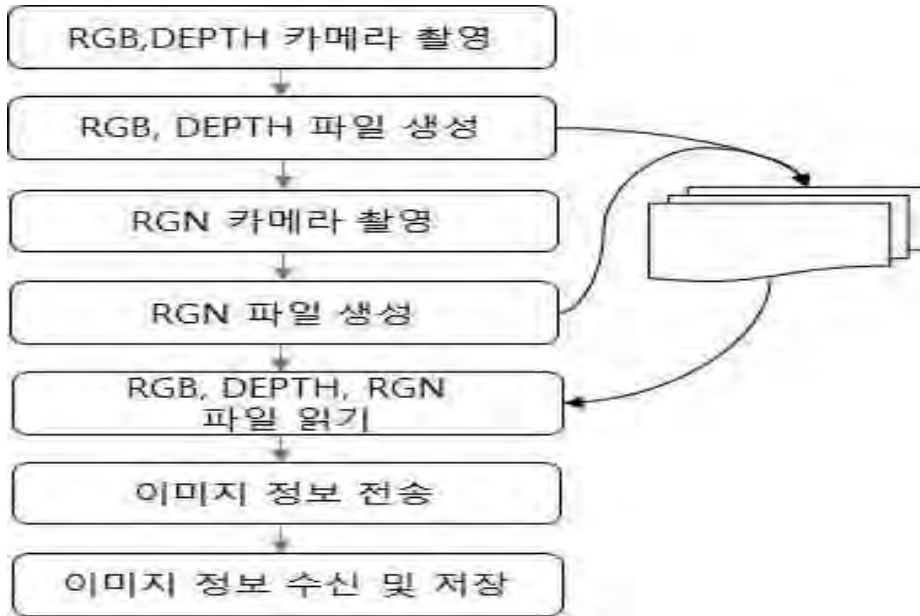
[표 2-307] RGN CAMEARA

구분	특징
제품	Intel® RealSense™ depth camera D435i
이미지 센서	Global Shutter, 3μm x 3μm pixel size
최대 범위	약 10 미터 교정, 장면 및 조명 조건에 따라 정확도가 달라짐
DEPTH 기술	Active IR Stereo
최소 DEPTH 범위	0.105 m
Depth FOV	87°±3° x 58°±1° x 95°±3°
RGB Sensor	1920 x 1080
RGB Sensor FOV	69.4° x 42.5° x 77° (+/- 3°)

[표 2-308] Embedded SYSTEM

구분	특징
제품	Mapir Survey3
이미지 센서	2160p24
FOV	87° HFOV (19mm) Len
구분	특징
제품	NVIDIA Jetson TX2 모듈
구성	CPU, GPU, PMIC, DRAM
GPU	256개 NVIDIA CUDA 코어를 장착한 NVIDIA Pascal™ 아키텍처
CPU	듀얼 코어 Denver 2 64비트 CPU와 쿼드 코어 ARM A57 컴플렉스
메모리	8 GB 128비트 LPDDR4
스토리지	32GB eMMC 5.1
연결	USB, Wi-Fi 온보드, 기가비트 이더넷
OS	Ubuntu 18.04.3 LTS (linux)

- 프로세스 흐름도



[그림 2-680] 이미지 촬영 및 저장

- Realsense 카메라로 RGB, DEPTH 사진 촬영함 (1시간 단위)
- 촬영한 사진을 이미지 파일로 생성하는 데 파일명을 COLOR.jpg, DEPTH.jpg로 저장
- 사진 촬영과 사진 저장은 Realsense카메라 USB를 통해서 명령하고 사진을 정보를 받음
- Mapir 카메라로 RGN 사진 촬영함 (1시간 단위)
- 촬영한 사진을 이미지 파일로 생성하는 데 파일명을 NDVI.jpg 저장
- 사진 촬영과 사진 저장은 Mapir카메라와 Wifi를 통해서 명령하고 사진 정보를 받음
- Mapir 사진을 받은 후 이미지파일을 읽은 후 Base64 형식의 데이터로 변환하여 서버로 RestAPI를 방식으로 전송함
- 사진 촬영과 사진 저장은 Mapir카메라와 Wifi를 통해서 명령하고 사진 정보를 받음
- 서버에서 이미지 정보를 수신한 후 Base64를 decoder하여 사진파일로 저장함
- 사진을 저장할 때에는 사진명 + 촬영년월일 + 촬영시분.jpg 파일명으로 저장함
- Base64란 8비트 이진 데이터(예를 들어 실행 파일이나, 이미지 파일 등)를 문자 코드에 영향을 받지 않는 공통 ASCII 영역의 문자들로만 이루어진 일련의 문자열로 바꾸는 인코딩 방식을 가리키는 개념
- Embedded SYSTEM에 Realsense 컨트롤 하는 프로그램과 Mapir 컨트롤하는 프로그램을 적재 해 놓음
- 프로그램은 Ubuntu Linux 시스템에서 구동할 수 있게 개발함
- 프로그램 기동은 crontab을 이용하여 설정된 시간에 자동으로 실행되게 함
- Realsense 컨트롤 프로그램은 Intel사에서 제공하는 API가 사용하게 되는데 C++프로그램으로 되어 있는 API선택 해서 개발함
- Mapir 컨트롤 프로그램은 Wifi를 통한 Http URL통신을 통해 command를 전송하고 사진을 전송 받는 형태로 OS별로 프로그램을 구별해서 할 필요가 없는 JAVA 프로그램으로 개발함
- 테이블 명세서

Table ID	Table명	CRUD	비고
GROWTHIMG_MASTER	생육 분석 정보	C	

- Realsense 컨트롤 프로그램

```

for (auto i = 0; i < 30; ++i) pipe.wait_for_frames();

// Wait for the next set of frames from the camera. Now that autoexposure, etc.,
// has settled, we will write these to disk.
for (auto&& frame : pipe.wait_for_frames())
{
    // We can only save video frames as pngs, so we skip the rest.
    if (auto vf = frame.as<rs2::video_frame>())
    {
        auto stream = frame.get_profile().stream_type();
        // Use the colorizer to get an rgb image for the depth stream.
        if (vf.is<rs2::depth_frame>()) vf = color_map.process(frame);

        // Write images to disk.
        std::stringstream png_file;
        string imgname = vf.get_profile().stream_name() + ".png";
        png_file << imgname;
        stbi_write_png(png_file.str().c_str(), vf.get_width(), vf.get_height(),
            vf.get_bytes_per_pixel(), vf.get_data(), vf.get_stride_in_bytes());
        // std::cout << "Saved " << png_file.str() << std::endl;

        if (strcmp(vf.get_profile().stream_name().c_str(), "Color") == 0) {
            colorfile = imgname;
        }
        else {
            depthfile = imgname;
        }
        // Record per-frame metadata for UVC streams.
        // std::stringstream csv_file;
        // string meta_file = vf.get_profile().stream_name() + savetime + ".csv";
        // csv_file << meta_file;
        // metadata_to_csv(vf, csv_file.str());
    }
}

```

[그림 2-681] RGB/DEPTH 촬영 및 저장부

- Mapir 컨트롤 프로그램

```

// 시작 URL
String baseUrl = "http://192.168.1.254/?custom=1&cmd=4003&str=" + fpath;
try {
    URL url = new URL(baseUrl);
    HttpURLConnection urlConnection = (HttpURLConnection) url.openConnection();

    // 로그
    logger.debug("connect");
    br = new BufferedReader(new InputStreamReader(urlConnection.getInputStream(), "UTF-8"));

    String response = "";
    String line;
    while ((line = br.readLine()) != null) {
        response = response + line.trim(); // result = URIS.XML@q8-2
    }
    logger.debug("response {}", response);
} catch (Exception e) {
    logger.debug("getMessage {}", e.getMessage());
}

return result;

```

[그림 2-682] RGN 촬영 및 저장부

```

RestTemplate restTemplate = CommonUtils.newRestTemplate();

// 근초과목사내
// http://121.194.177.67:8080/alphafarm/service/getFrmalphafarmMemberInfo/ALPHA_FARM000000000001
// {"item":{"memberid":"logid","checkcode":"pass"}}
// String baseUrl = "http://127.0.0.1:8081/alphafarm/service/saveScreenEnvset/ALPHA_FARM000000000001";
String baseUrl = "http://127.0.0.1:8081/alphafarm/service/saveImageInfoList/ALPHA_FARM000000000001";
HttpHeaders headers = new HttpHeaders();
MediaType mediaType = new MediaType("application", "json", StandardCharsets.UTF_8);
headers.setContentType(mediaType);
HttpEntity<String> entity = new HttpEntity<String>(jsonData, headers);

logger.debug("request {}", baseUrl);
ResponseEntity<String> response = restTemplate.exchange(baseUrl, HttpMethod.POST, entity,
String.class);

String body = response.getBody();
logger.debug("response {}", body);

result = "ok";
return result;

```

[그림 2-683] 이미지 정보 전송부

```

INSERT /* SaveAlphafarmAiInfoMapper.insertalphafarmImageInfo */
INTO GROWTHING_MASTER
(
    FARM_CODE
, IMG_CODE
, SHOOT_DATE
, SHOOT_TIME
, COLOR_IMG
, DEPTH_IMG
, NDVI_IMG
)

```

[그림 2-684] 이미지 정보 저장 SQL

```

// 소문자로 바꾸기
String imageDataBytes = imageInString.substring(imageInString.indexOf(",")+1);
byte[] imageInByte = Base64.decodeBase64(imageDataBytes.getBytes());

// 파일 생성
FileOutputStream imgOutFile = new FileOutputStream(fileName);
imgOutFile.write(imageInByte);
imgOutFile.close();

// 권한이 리눅스용일때
if (servers.equals("linux")) {
    // owner, group 등
    FileSystem fileSystem = FileSystems.getDefault();
    UserPrincipalLookupService service = fileSystem.getUserPrincipalLookupService();
    UserPrincipal chowner = service.lookupPrincipalByName("alpha");
    GroupPrincipal chgroup = service.lookupPrincipalByGroupName("alpha");

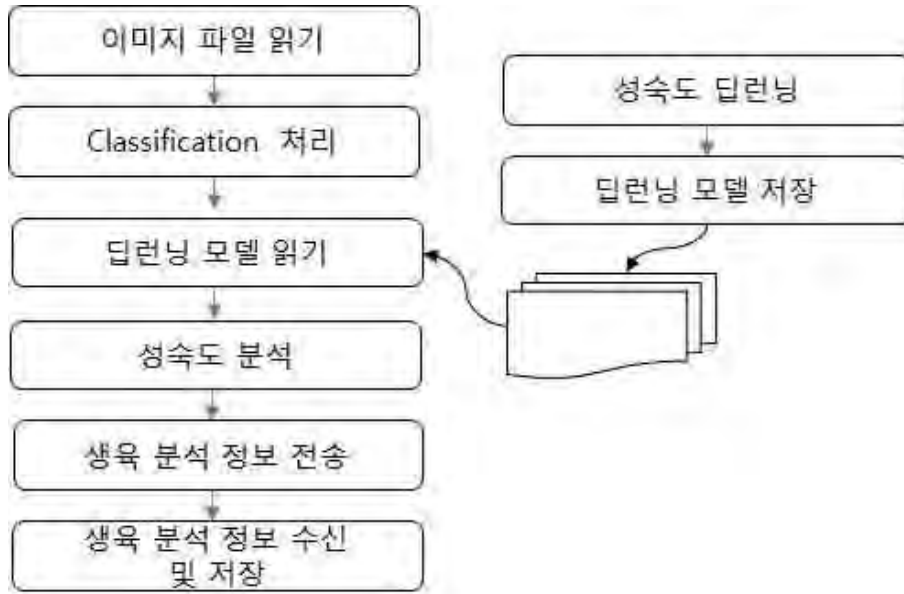
    Path targetpath = Paths.get(fileName);
    PosixFileAttributeView view = Files.getFileAttributeView(targetpath,
        PosixFileAttributeView.class);
    view.setOwner(chowner);
    view.setGroup(chgroup);
}

```

[그림 2-685] 이미지 정보 수신부

○ 이미지 분석 시스템

- 프로세스 흐름도

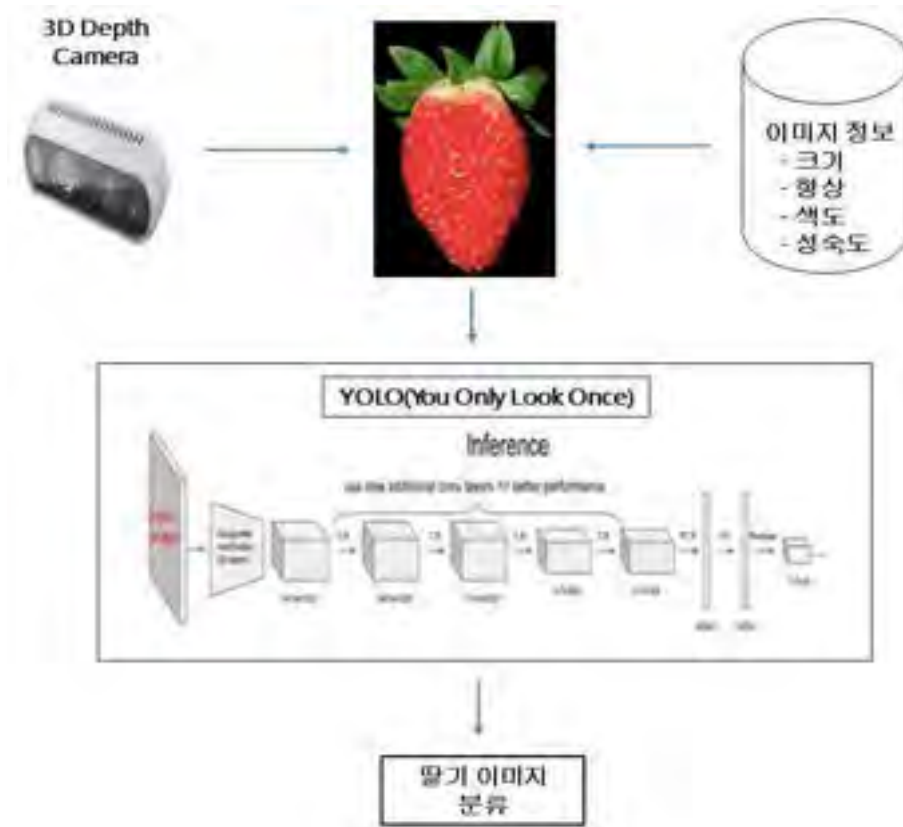


[그림 2-686] 생육 분석

- 미리 성숙도를 분석 할 수 있게 성숙도 딥러닝을 시킴
- 딥러닝된 모델 정보를 파일로 저장
- 이미지 파일을 읽고 해당 이미지에 객체 부분을 분류 처리함
- 딥러닝된 모델 정보 파일을 읽은 후 성숙도를 분석함
- 이미지에 객체 위치의 좌표와 해당 객체의 성숙도 정보를 전송
- 생육 분석 정보를 수신하여 저장함
- 이미지 촬영 시스템과 이미지 분석 시스템이 Embedded SYSTEM에 적재되어 이미지 촬영 후 분석하고 이미지 정보와 분석 정보를 같이 전송함

○ 성숙도 딥러닝 시스템

- 딸기 수확자동화 플랫폼 구축을 위해 딸기의 성숙도에 따라 수확시기를 예측할 필요성이 대두됨. 이를 위해, 성숙도에 따라 분류된 딸기 이미지를 딥러닝 기반으로 학습한 후, 실제 생육환경에서 촬영된 이미지를 보고 성숙도에 따라 딸기 이미지를 분류하는 것이 목표임



[그림 2-687] 딸기 이미지 분류 흐름도

- 본 연구 수행을 위해, 딥러닝 알고리즘 중 성능이 우수하다고 알려진 YOLO(You Only Look Once) 알고리즘을 활용함
- 연구 절차
 - 이미지 학습에 필요한 딸기 이미지를 수집함. YOLO를 사용하여 학습을 시키기 위해서는 Yolo_Mark에서 인식시키고자 하는 객체를 박스로 표시해 주는 작업이 필요함. 이는 정확한 학습을 위한 전처리 과정에 해당됨. 박스로 표시하는 작업을 할 때, 성숙도에 따라 각기 다른 라벨링으로 박스 표시를 함. 그렇게 해야만 추후 테스트 과정에서 우리가 원하는 분류를 수행할 수 있음.

[표 2-309] 딸기 성숙도 라벨링

구분	라벨	설명
1단계	immature	아주 미성숙
2단계	30_immature	30% 성숙
3단계	50_immature	50% 성숙
4단계	60_immature	60% 성숙
5단계	80_immature	80% 성숙
6단계	mature	아주 성숙

- 심층 학습(深層學習) 또는 딥러닝(영어: deep structured learning, deep learning 또는 hierarchical learning)은 여러 비선형 변환기법의 조합을 통해 높은 수준의 추상화(다량의 데이터나 복잡한 자료들 속에서 핵심적인 내용 또는 기능을 요약하는 작업)를 시도하는 기계 학습 알고리즘의 집합으로 정의되며, 큰 틀에서 사람의 사고방식을 컴퓨터에게 가르치는 기계학습의 한 분야라고 이야기할 수 있음

- 어떠한 데이터가 있을 때 이를 컴퓨터가 알아들을 수 있는 형태(예를 들어, 이미지의 경우는 픽셀정보를 열벡터로 표현하는 등)로 표현하고 이를 학습에 적용하기 위해 많은 연구(어떻게 하면 더 좋은 표현기법을 만들고 또 어떻게 이것들을 학습할 모델을 만들지에 대한)가 진행되고 있으며, 이러한 노력의 결과로 deep neural networks, convolutional deep neural networks, deep belief networks와 같은 다양한 딥러닝 기법들이 컴퓨터비전, 음성인식, 자연어처리, 음성/신호처리 등의 분야에 적용되어 최첨단의 결과들을 보여주고 있음
- 2012년 스탠포드대학의 앤드류 응과 구글이 함께한 딥러닝 프로젝트에서는 16,000개의 컴퓨터 프로세서와 10억 개 이상의 neural networks 그리고 DNN(deep neural networks)을 이용하여 유튜브에 업로드되어 있는 천만 개 넘는 비디오 중 고양이 인식에 성공하였다. 이 소프트웨어 프레임워크를 논문에서는 DistBelief로 언급하고 있다. 이뿐 만 아니라 마이크로소프트, 페이스북 등도 연구팀을 인수하거나 자체 개발팀을 운영하면서 인상적인 업적들을 만들어 내고 있음
- 심층 신경망(Deep Neural Network, DNN)은 입력층(input layer)과 출력층(output layer) 사이에 여러개의 은닉층(hidden layer)들로 이뤄진 인공신경망(Artificial Neural Network, ANN)이다. 심층 신경망은 일반적인 인공신경망과 마찬가지로 복잡한 비선형 관계(non-linear relationship)들을 모델링할 수 있다. 예를 들어, 물체 식별 모델을 위한 심층 신경망 구조에서는 각 물체가 영상의 기본적 요소들의 계층적 구성으로 표현될 수 있다.
- 이때, 추가 계층들은 점진적으로 모여진 하위 계층들의 특징들을 규합시킬 수 있다. 심층 신경망의 이러한 특징은, 비슷하게 수행된 인공신경망에 비해 더 적은수의 유닛(unit, node)들 만으로도 복잡한 데이터를 모델링할 수 있게 해줌
- 이전의 심층 신경망들은 보통 앞먹임 신경망으로 설계되어 왔지만, 최근의 연구들은 심층 학습 구조들을 순환 신경망(Recurrent Neural Network, RNN)에 성공적으로 적용했다. 일례로 언어 모델링(language modeling) 분야에 심층 신경망 구조를 적용한 사례 등이 있다. 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)의 경우에는 컴퓨터 비전(computer vision) 분야에서 잘 적용되었을 뿐만 아니라, 각각의 성공적인 적용 사례에 대한 문서화 또한 잘 되어 있다. 더욱 최근에는 합성곱 신경망이 자동음성인식(Automatic Speech Recognition, ASR)을 위한 음향 모델링(acoustic modeling) 분야에 적용되었으며, 기존의 모델들보다 더욱 성공적으로 적용되었다는 평가를 받고 있음
- 심층 신경망은 표준 오류역전파 알고리즘으로 학습될 수 있다. 이때, 가중치(weight)들 은 아래의 등식을 이용한 확률적 경사 하강법(stochastic gradient descent)을 통하여 갱신될 수 있음

$$\Delta w_{ij}(t+1) = \Delta w_{ij}(t) + \eta \frac{\partial C}{\partial w_{ij}}$$

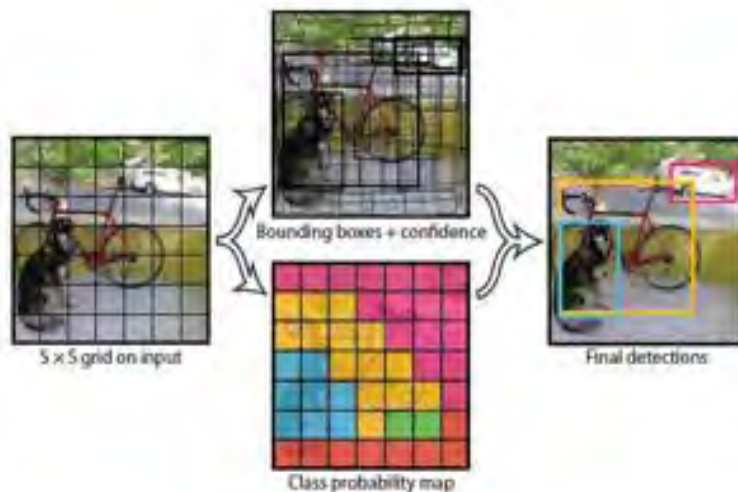
[그림 2-688] 가중치 갱신을 위한 식

- 여기서, η 는 학습률(learning rate)을 의미하며, C 는 비용함수를 의미한다. 비용함수의선택은 학습의 형태(지도 학습, 자율 학습 (기계 학습), 강화 학습 등)와 활성화함수(activation function)같은 요인들에 의해서 결정된다. 예를 들면, 다중분류문제 (multiclass classification problem)에 지도 학습을 수행할 때, 일반적으로 활성화함수와 비용함수는 각각 softmax 함수와 교차 엔트로피 함수(cross entropy function)로 결정
- 기존의 인공신경망과 같이, 심층 신경망 또한 나이브(naive)한 방식으로 학습될 경우 많은 문제들이 발생할

- 수 있다. 그 중 과적합과 높은 시간 복잡도가 흔히 발생하는 문제들임
- 심층 신경망이 과적합에 취약한 이유는 추가된 계층들이 학습 데이터의 rare dependency의 모형화가 가능하도록 해주기 때문이다. 과적합을 극복하기 위해서 weight decay (ℓ_2 - regularization) 또는 sparsity (ℓ_1 - regularization) 와 같은 정칙화(regularization) 방법들이 사용될 수 있다. 그리고 최근에 들어서는 심층 신경망에 적용되고 있는 정칙화 방법 중 하나로 dropout 정칙화가 등장했다. dropout 정칙화에서는 학습 도중 은닉 계층들의 몇몇 유닛들이 임의로 생략된다. 이러한 방법은 학습 데이터(training data)에서 발생할 수 있는 rare dependency를 해결하는데 도움을 줌
 - 오차역전파법과 경사 하강법은 구현의 용이함과 국지적 최적화(local optima)에 잘 도달한다는 특성으로 인해 다른 방법들에 비해 선호되어 온 방법들이다. 그러나, 이 방법 들은 심층 신경망을 학습시킬 때 시간 복잡도가 매우 높다. 심층 신경망을 학습시킬 때에는 크기(계층의 수 와 계층 당 유닛수), 학습률, 초기 가중치 등 많은 매개변수 (parameter)들이 고려되어야 한다.
 - 하지만, 최적의 매개변수들을 찾기 위해 매개변수 공간 전부를 확인하는 것은 계산에 필요한 시간과 자원의 제약으로 인해 불가능하다. 시간 복잡도를 해결하기 위해, 미니 배치(mini batch, 여러 학습 예제들의 경사를 동시에 계산), 드롭 아웃(drop out)과 같은 다양한 '묘책'들이 등장하였다. 또한, 행렬 및 벡터 계산에 특화된 GPU는 많은 처리량을 바탕으로 두드러지는 학습 속도 향상을 보여줌
 - 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)은 최소한의 전처리를 사용하도록 설계된 다계층 퍼셉트론(multilayer perceptrons)의 한 종류이다. CNN은 하나 또는 여러 개의 합성곱 계층과 그 위에 놓인 일반적인 인공 신경망 계층들로 이루어져 있으며, 가중치와 통합 계층(pooling layer)들을 추가로 활용한다. 이러한 구조 덕분에 CNN은 2차원 구조의 입력 데이터를 충분히 활용할 수 있다. 다른 딥러닝 구조들과 비교해서, CNN은 영상, 음성 분야 모두에서 좋은 성능을 보여준다. CNN은 또한 표준 역전달을 통해 훈련될 수 있다. CNN은 다른 피드포워드 인공신경망 기법들보다 쉽게 훈련되는 편이고 적은 수의 매개변수를 사용한다는 이점이 있다. 최근 딥러닝에서는 합성곱 심층 신뢰 신경망(Convolutional Deep Belief Network, CDBN)이 개발되었는데, 기존 CNN과 구조적으로 매우 비슷해서, 그림의 2차원 구조를 잘 이용할 수 있으며 그와 동시에 심층 신뢰 신경망 (Deep Belief Network, DBN)에서의 선훈련에 의한 장점도 취할 수 있다. CDBN은 다양한 영상과 신호 처리 기법에 사용될 수 있는 일반적인 구조를 제공하며 CIFAR와 같은 표준 이미지 데이터에 대한 여러 벤치마크 결과에 사용되고 있음
 - 순환 신경망은 인공신경망을 구성하는 유닛 사이의 연결이 Directed cycle을 구성하는 신경망을 말한다. 순환 신경망은 앞먹임 신경망과 달리, 임의의 입력을 처리하기 위해 신경망 내부의 메모리를 활용할 수 있다. 이러한 특성에 의해 순환 신경망은 필기체 인식과 같은 분야에 활용되고 있고, 높은 인식률을 나타낸다. 순환 신경망을 구성할 수 있는 구조에는 여러 가지 방식이 사용되고 있다.
 - 완전 순환망(Fully Recurrent Network), Hopfield Network, Elman Network, Echo state network(ESN), Long short term memory network(LSTM), Bi-directional RNN, Continuous-time RNN(CTRNN), Hierarchical RNN, Second Order RNN 등이 대표적인 예이다. 순환 신경망을 훈련시키기 위해 대표적으로 경사 하강법, Hessian Free Optimization, Global Optimization Methods 방식이 쓰이고 있다. 하지만, 순환 신경망은 많은 수의 뉴런 유닛이나 많은 수의 입력 유닛이 있는 경우에 훈련이 쉽지 않은 스케일링 이슈를 가지고 있음
 - YOLO는 최근에 개발된 실시간 객체검출 알고리즘으로, 사람이 사진을 볼 때 순간적으로 물체의 위치와 종류를 파악하는 점에서 영감을 얻어 개발되었다. YOLO는 기본적으로 YOLO 저자가 만든 darknet이라는 C언어 기반의 딥러닝 프레임워크를 사용하고 있음
 - R-CNN같은 많은 이전의 객체탐지 구현을 위한 접근법들은 Region Proposal Method를 사용해서 미지

내에서 물체가 내부에 있을 가능성이 있는 Bounding Box들을 만들고, 그 박스들에 대해서 분류를 수행한다. 분류가 끝난 후에는, 그 결과를 통해 Bounding Box를 다시 정의하고, 중복된 물체 검출을 지우고, 이미지 내의 다른 물체들을 기반으로 Bounding Box 안을 다시 평가하는 작업을 진행한다. 이 복잡한 구조는 각 각이 분리되어 학습하므로, 최적화하기 어렵고 오래 걸리는 문제가 있었다.

- 그래서 YOLO의 저자들은, 객체탐지 문제를 입력 이미지의 픽셀들로부터 Bounding Box와 물체의 종류를 추측하는 단일의 Regression 문제로 재정의 YOLO의 저자들은 객체탐지의 분리된 요소들을 하나의 신경망으로 통합했다. Bounding Box를 예측하고, 물체의 클래스를 분류하는 작업에 대해서 그렇게 하였다. YOLO의 네트워크는 전체 이미지에서 추출한 특징을 Bounding Box를 예측하기 위해서 사용하고, 네트워크는 Bounding Box들과 해당 물체의 클래스를 동시에 예측한다. 이로써 이미지 내의 모든 물체를 감지
- YOLO는 입력 이미지를 $S \times S$ 크기 Grid들로 나눈다. 원래 YOLO를 소개한 논문에서는 7×7 을 사용하였다. 그리고 각각의 그리드 셀은, 그리드 셀의 내부를 중심으로 하는 Bounding Box를 두개씩 생성한다. 논문에서는 7×7 개의 그리드 셀을 사용하므로, Bounding Box는 총 98개가 생성된다. 그리고 각 그리드 셀들은 각각의 점수를 반환하는데, 두 개의 박스 안에 각각 물체를 포함하고 있는지와, 각 박스 내 물체 예측의 정확도들임
- 다음은 YOLO를 이용한 객체탐지 과정의 개요를 보여줌

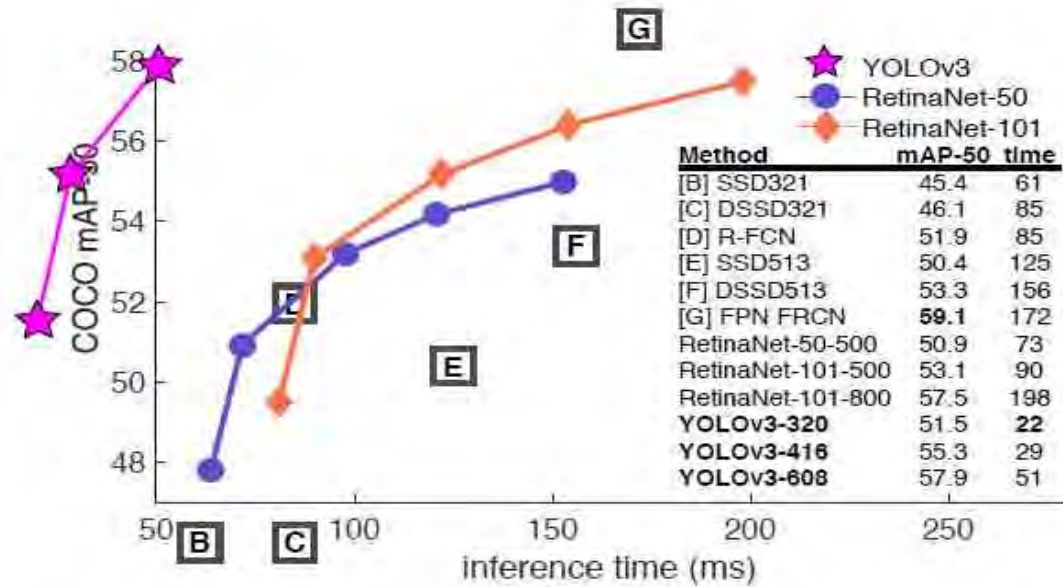


[그림 2-689] YOLO를 이용한 객체탐지 과정 개요

- 위에서 말한 7×7 그리드 셀을 가지는 YOLO 네트워크의 모습이다. 하나의 그리드 셀당 2개의 Bounding Box를 만들고, 각 Bounding Box 안에 물체가 들어 있을 확률을 계산한다. 또한, 각 그리드셀에 대해서는, 그 그리드 셀 내 이미지가 어떤 물체 안에 포함되어 있는지 클래스를 분위의 그림에서, 물체가 있을 것으로 확신되는 Bounding Box는 테두리의 두께가 굵게 그려졌다. 잘못 만들어진 Bounding Box를 지우기 위해서, 두께가 얇은 Bounding Box(안에 물체가 없을 것으로 추정되는)들은 다 지워준다. 그리고, 어떤 Bounding Box가 다른 박스와 50% 이상 겹칠 경우에는, 두께가 제일 굵은 것을 제외하고 다 지워줌
- 또한, 어떤 그리드 셀 내에서의 클래스 예측이 모든 클래스에 대해서 0에 가깝다면, 배경일 경우로 추정되므로 그 그리드의 Bounding Box는 다 지워줌
- 각 Bounding Box에 대해서 하나의 벡터가 출력된다. 각 벡터는 클래스 개수만큼의 요소를 가지고 있으며, 각 요소는 해당 클래스의 분류 점수를 나타낸다. 위에서 설명한 방법으로 Bounding Box를 다 지운 후,

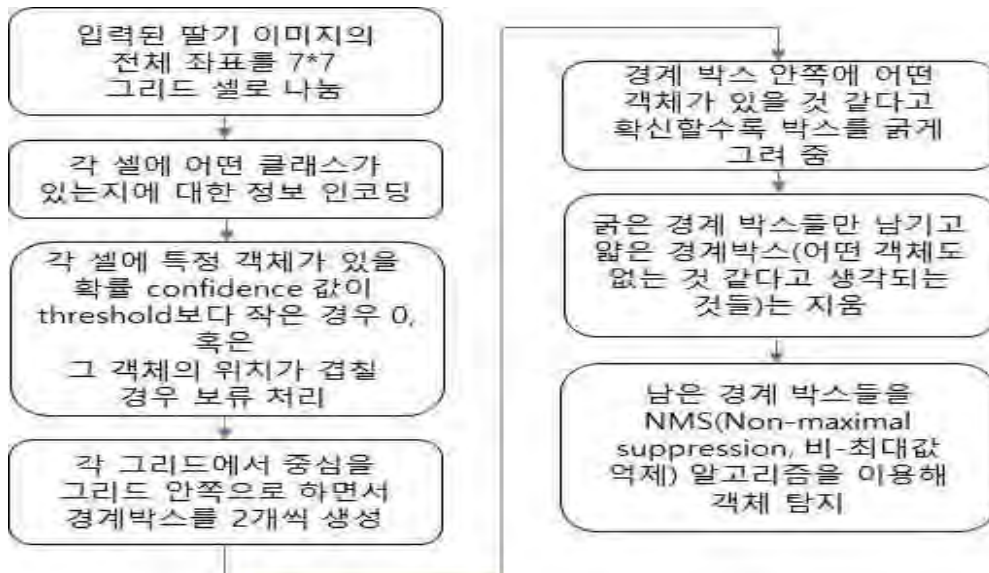
남은 Bounding Box들의 벡터를 보고 내부의 물체를 분류

- YOLO 모델은 분류기 기반 시스템에 비해 몇 가지 장점이 있다. 테스트 시간에 전체 이미지를 확인하여 이미지의 전역 컨텍스트로 예측을 알린다. 또한, 단일 이미지에 수천 개가 필요한 R-CNN과 같은 시스템과 달리 단일 네트워크 평가로 예측한다. 따라서, R-CNN보다 1000배 이상 빠르며 Fast R-CNN보다 100배 빠름
- 다음은 YOLO에 의한 객체탐지 성능과 다른 객체인식 방법을 비교하여 그래프로 나타냄



[그림 2-690] YOLO와 다른 객체인식 방법과의 성능 비교

- 프로세스 흐름도



[그림 2-691] 이미지 분석 흐름도

- YOLO를 학습하기 위해서는 YOLO_MARK가 필요하다. YOLO_MARK는 이미지 파일들에 직접 본인이 Bounding Box를 그려줌으로써 Box의 좌표를 지정해 줄 수 있다. 아래 가 리키는 저장소에서 설치 파일을 다운로드 받아 YOLO_MARK를 설치한다 (https://github.com/AlexyAB/Yolo_mark) 설치가 끝나면,

- 사용자 홈 디렉토리 아래에 yolo-mark 디렉토리가 생성
- yolo_mark/x64/Release/data/img 경로 안에 기존에 있던 이미지 파일을 삭제하고, 학습에 사용될 딸기 사진 '.jpg' 이미지 파일을 넣음
- yolo_mark/x64/Release/data 경로에서 파일 obj.data를 오픈하면, 아래와 같은 정보가 나옴



[그림 2-692] 파일 obj.data 내용

- classes는 몇 개로 분류할 것인가를 설정해주는 곳이다. 본 연구에서는 1장 연구방법에서 언급한 대로, 성숙도에 따라 6개의 이미지로 분류하는 것이 목표이다. 그러므로, 위 [그림 2-162]에서 보는 바와 같이, classes=6으로 설정



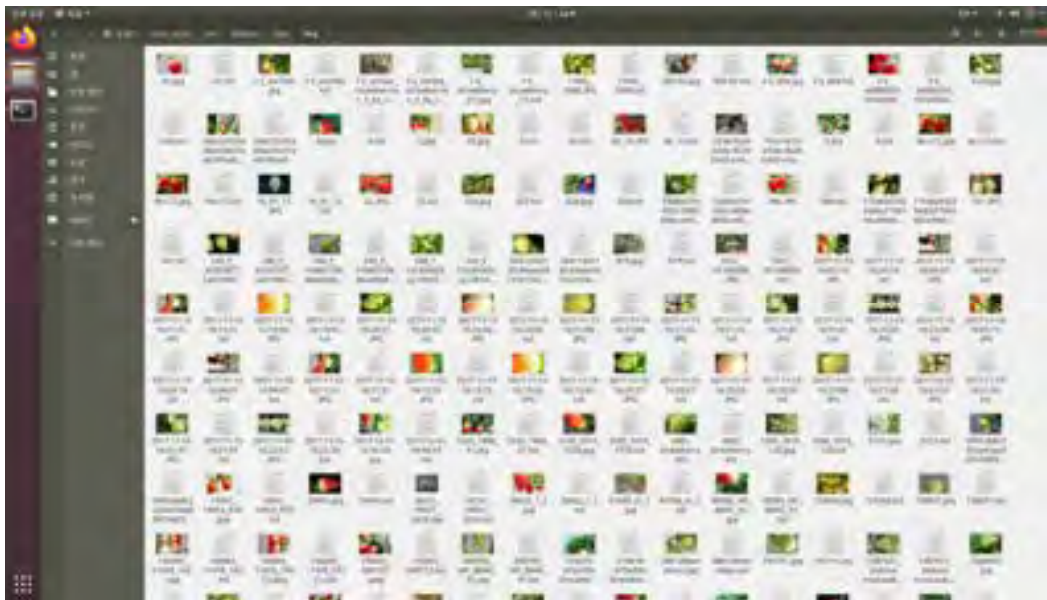
[그림 2-693] 파일 obj.names 내용

- yolo_mark/x64/Release/data 경로에서 파일 obj.names를 열어 6개 class의 이름, 'immature', '30_immature', '50_immature', '60_mature', '80_mature', 'mature'를 붙여 주었다. 이것은 1장에서 기술한 대로, 'immature'는 하나도 익지 않은 상태의 딸기를 가리키며, '30_immature', '50_immature', '60_innature', '80_innature'는 각각 30% 성숙한 상태의 딸기, 50% 성숙한 상태의 딸기, 60% 성숙한 상태의 딸기, 80% 성숙한 상태의 딸기를 가리킨다. 마지막으로, 'mature'는 완전히 익은 상태의 딸기를 가리키며, 바로 수확이 가능한 딸기임을 알려줌
- Yolo_mark 실행을 위해 yolo_mark가 설치될 때 생성된 디렉토리로 이동한다. 명령어 ls로 해당 디렉토리 파일을 확인하고, 터미널 창에서 ./linux_mark.sh를 입력하여 yolo_mark를 실행한다. 그리고 Bounding box를 직접 그려 넣어 Labeling을 한다. 앞에서 6개의 라벨링을 정의하였다. 그 중의 하나의 라벨링이 화면에 나타나는데, Bounding box로 표시된 이미지에 맞는 라벨링이 나타나도록 스페이스 바로 움직이면서 찾음



[그림 2-694] Yolo_mark에서 딸기 이미지에 라벨링 하기

- 위와 같이 직접 마우스로 Bounding box를 직접 그려 넣어주면, 다음 [그림 2-165]과 같이 jpg 파일 옆에 txt 파일이 생성된 것을 확인할 수 있다. 이것은 직접 마우스로 표시한 Bounding box의 좌표값이 기록된 파일



[그림 2-695] Yolo_mark 수행 후, 디렉토리 파일들

- yolo_mark/x64/Release 경로에 있는 yolo-obj.cfg 파일을 열면, 다음과 같은 내용을 확인

```

pad=1
filters=1024
activation=leaky

[convolutional]
batch_normalize=1
size=3
stride=1
pad=1
filters=1024
activation=leaky

[route]
layers=-9

[reorg]
stride=2

[route]
layers=-1,-3

[convolutional]
batch_normalize=1
size=3
stride=1
pad=1
filters=1024
activation=leaky

[convolutional]
size=1
stride=1
pad=1
filters=55
activation=linear

[region]
anchors = 1.08,1.19, 3.42,4.41, 6.63,11.38, 9.42,5.11, 16.62,10.52
bias_match=1
classes=6
coords=4
num=5
softmax=1
jitter=.2
rescore=1

object_scale=5
noobject_scale=1
class_scale=1
coord_scale=1

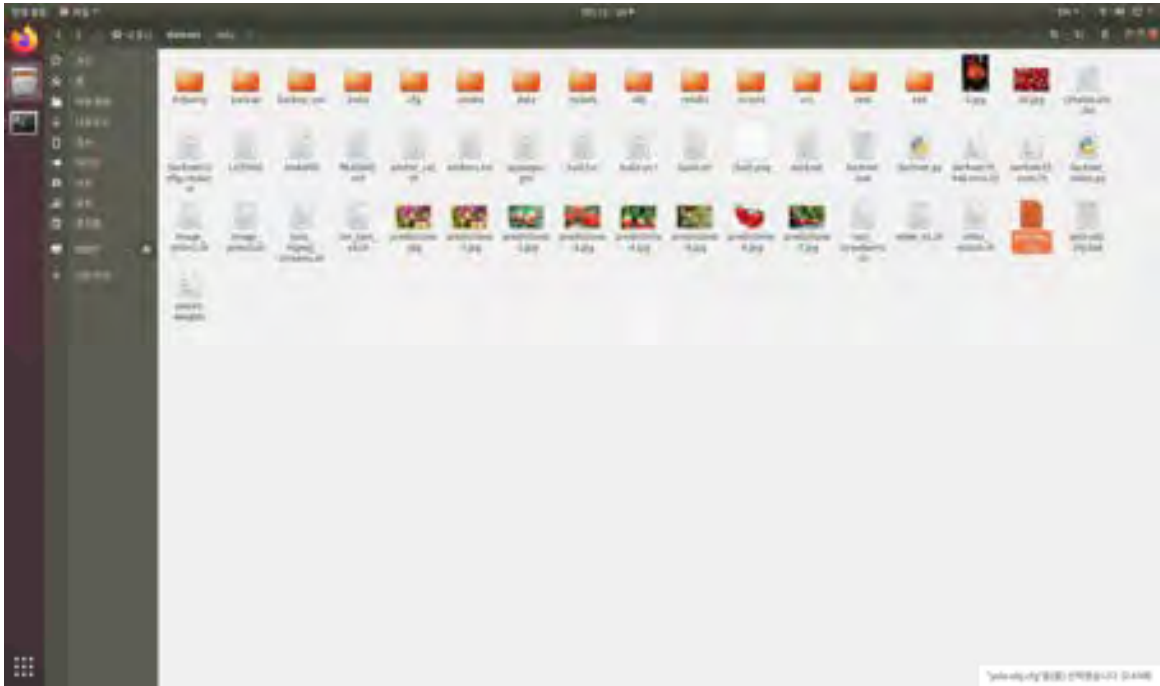
absolute=1
thresh = .6
random=0

```

[그림 2-696] 파일 yolo_obj.cfg

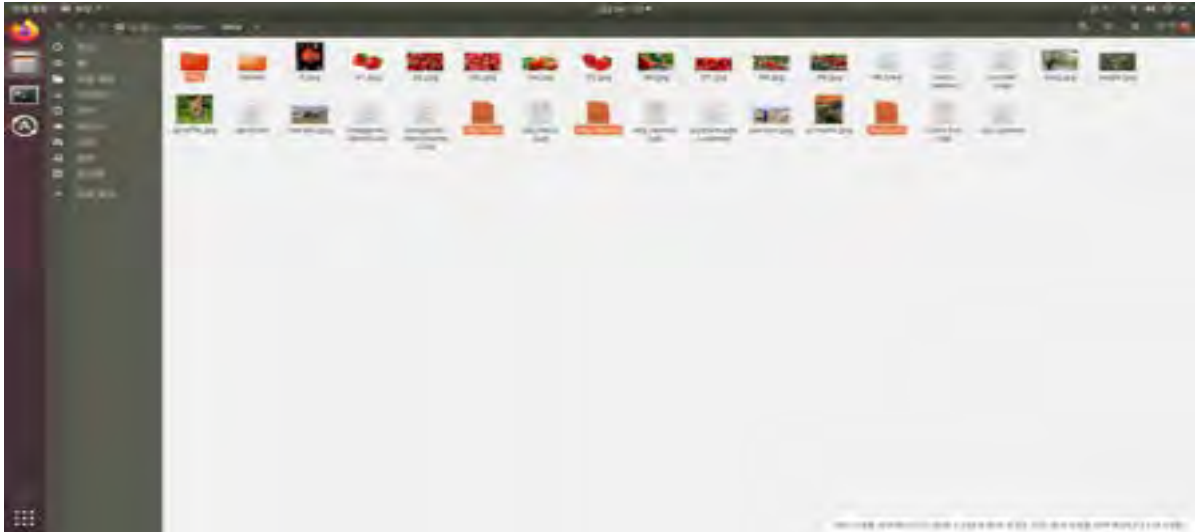
- 파일 끝으로 가면, [region] 영역이 보인다. 거기에 classes=6 이라고 되어있는데, 이는 본 연구에서 6가지 분류를 했기 때문에 6인 것을 확인할 수 있다. 그리고 그 위 [convolutional] 아래 filter=55 이라고 기술되어 있는 것을 볼 수 있다. 55라고 표시한 이유는 다음과 같이 “filter 숫자 = 5 * (classes + 5)”로 계산하기 때문이다. 6가지 분류를 했기 때문에 classes에 6을 대입하여 5 * (6 + 5) = 55로 계산된다. 이와 같은 계산 방법은 앞서 언급한 yolo_mark github 링크에서 확인할 수 있다. 다른 convolutional은 수정하지 않음
- convolutional layer 설치 : 디렉토리 darknet으로 다운로드
- http://pjreddie.com/media/files/darknet19_448.conv.23

- yolo-obj.cfg 파일을 darknet 디렉토리로 이동



[그림 2-697] 파일 yolo_obj.cfg을 darknet 디렉토리로 이동

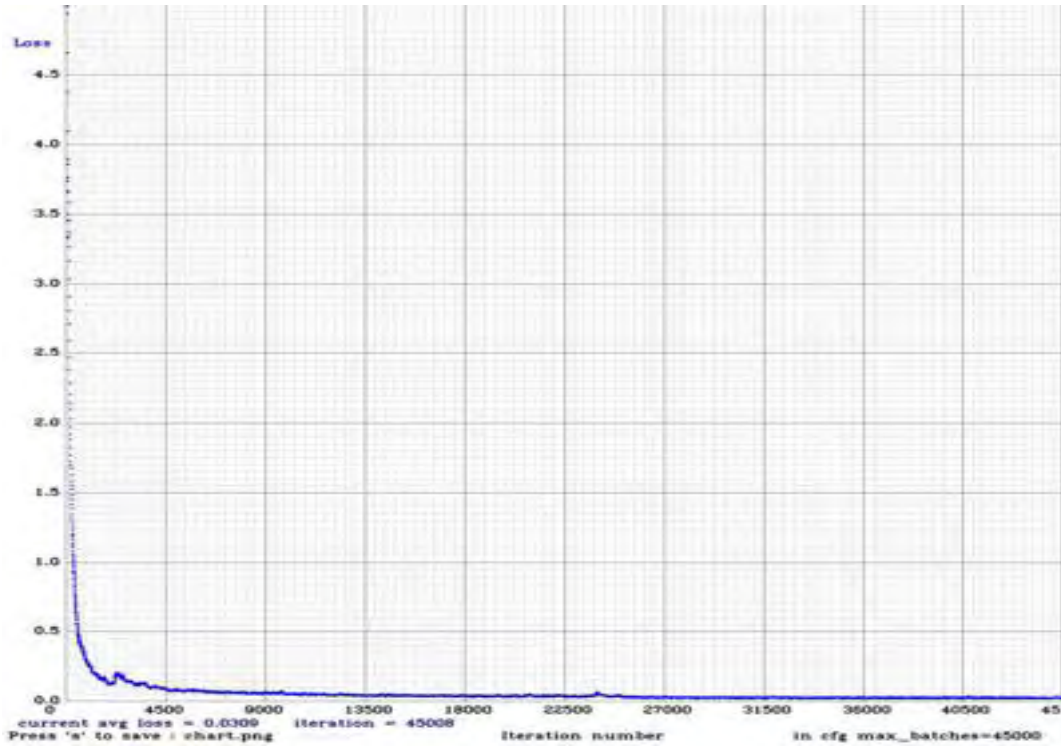
- yolo_mark/x64/Release/data 경로 안에 있는 img 디렉토리와 obj.names, obj.data, train.txt를 darknet/data 경로로 이동



[그림 2-698] Yolo mark에서 사용한 img 디렉토리와 3개의 파일 이동

- 이제 모든 준비가 끝났으므로, 아래와 같이 데이터 학습을 진행
`$ cd darknet`
`$./darknet detector train data/obj.data yolo-obj.cfg darknet19_448.conv.23 -gpu 0, 1, 2, 3`

- 마지막에 '-gpus 0, 1, 2, 3'은 실험 시스템에 설치된 4개의 gpu를 사용하여 학습을 실행하기 위해 입력한 명령어이다. 손실율의 평균이 가장 낮을 때까지 학습을 계속 진행하면 된다. 본 실험에서는 총 45,000번의 학습을 진행하였고, 학습시간은 대략 8~10시간 정도 걸렸다. 다음 학습 결과를 나타내는 그래프이다. 그래프에서 세로축은 손실율을 표시하고, 가로축은 학습 수행 횟수를 표시하고 있다. 그래프에서 확인할 수 있는 바와 같이, 학습이 반복될수록 손실률은 줄어들고 있으며, 45,000번 학습을 진행하였을 때 손실율이 가장 낮게 나타나고 있음



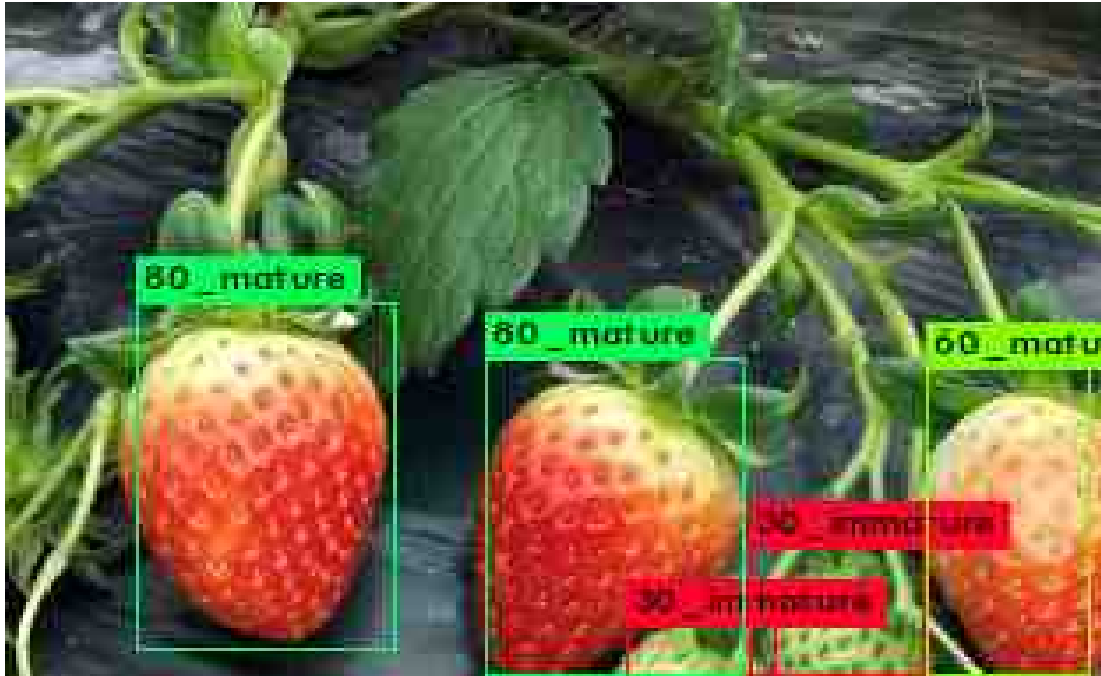
[그림 2-699] 학습 결과 그래프

- 학습을 진행하게 되면 Backup 디렉토리 안에 자동으로 학습된 가중치 파일이 저장됩니다. Backup 디렉토리를 확인해보면 '.weights' 파일이 생성되어 있는 것을 확인할 수 있음

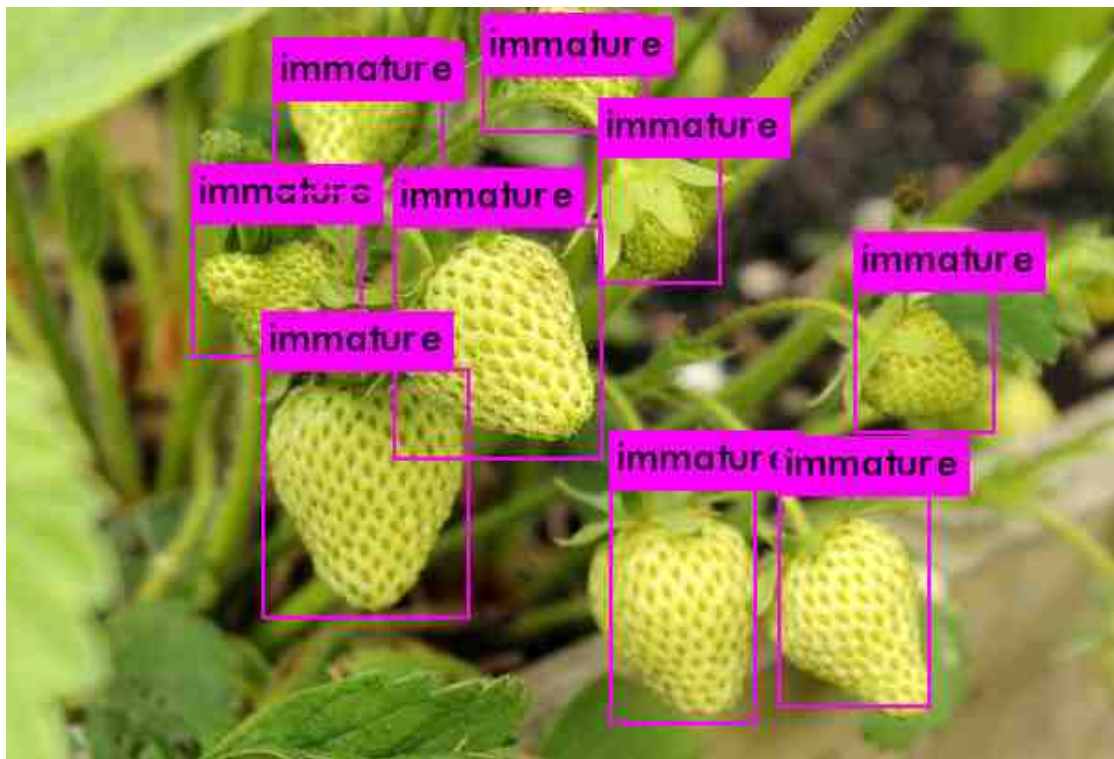


[그림 2-700] 디렉토리 내의 가중치 파일들

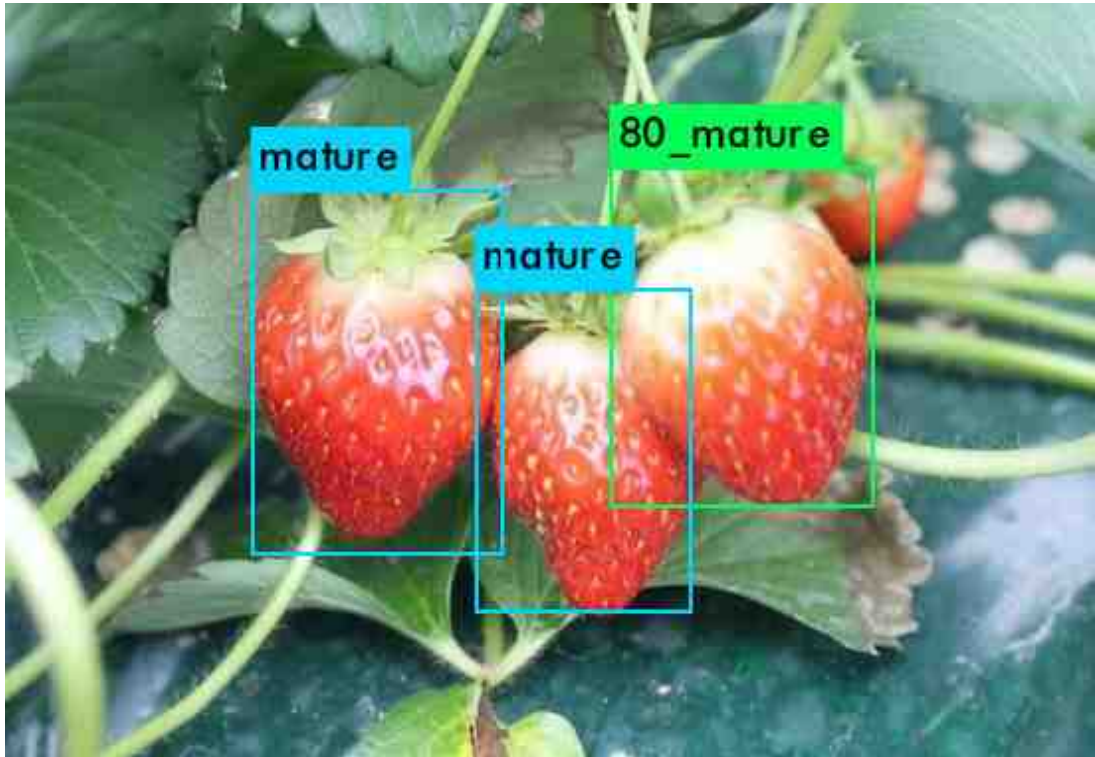
- 학습에 사용되지 않은 여러 딸기 사진 파일을 대상으로 테스트를 한 결과. 모두 잘 분류하고 있음을 확인할 수 있었음



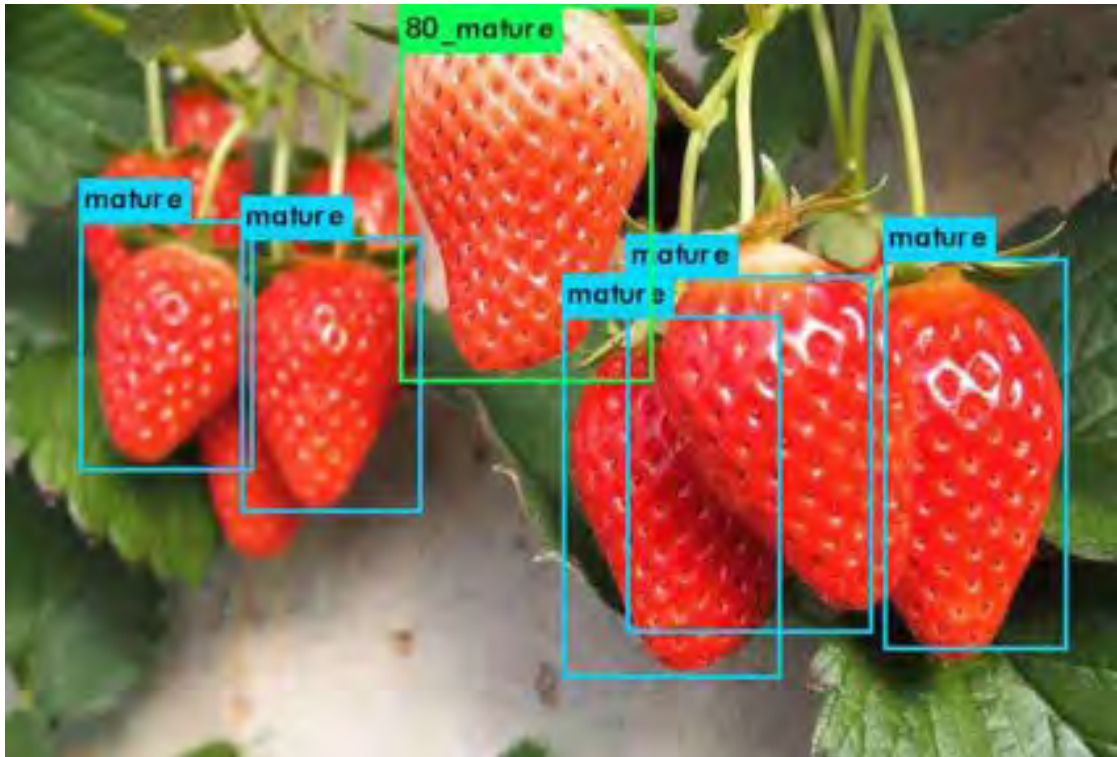
[그림 2-701] YOLO 테스트 결과 1



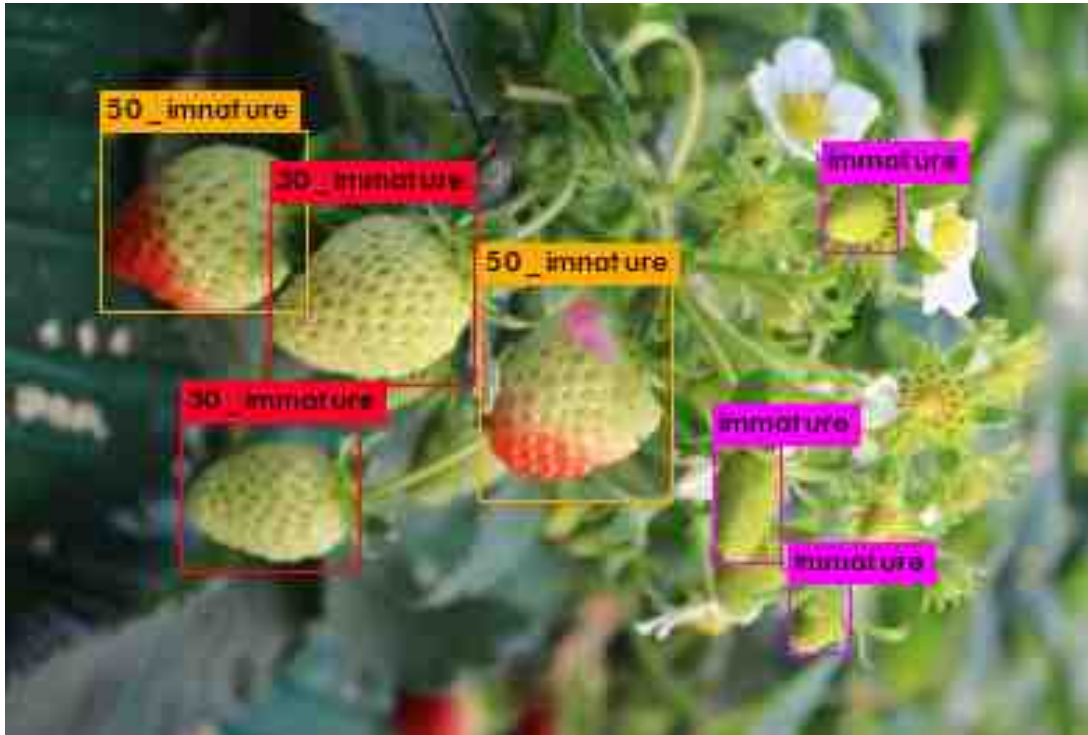
[그림 2-702] YOLO 테스트 결과 2



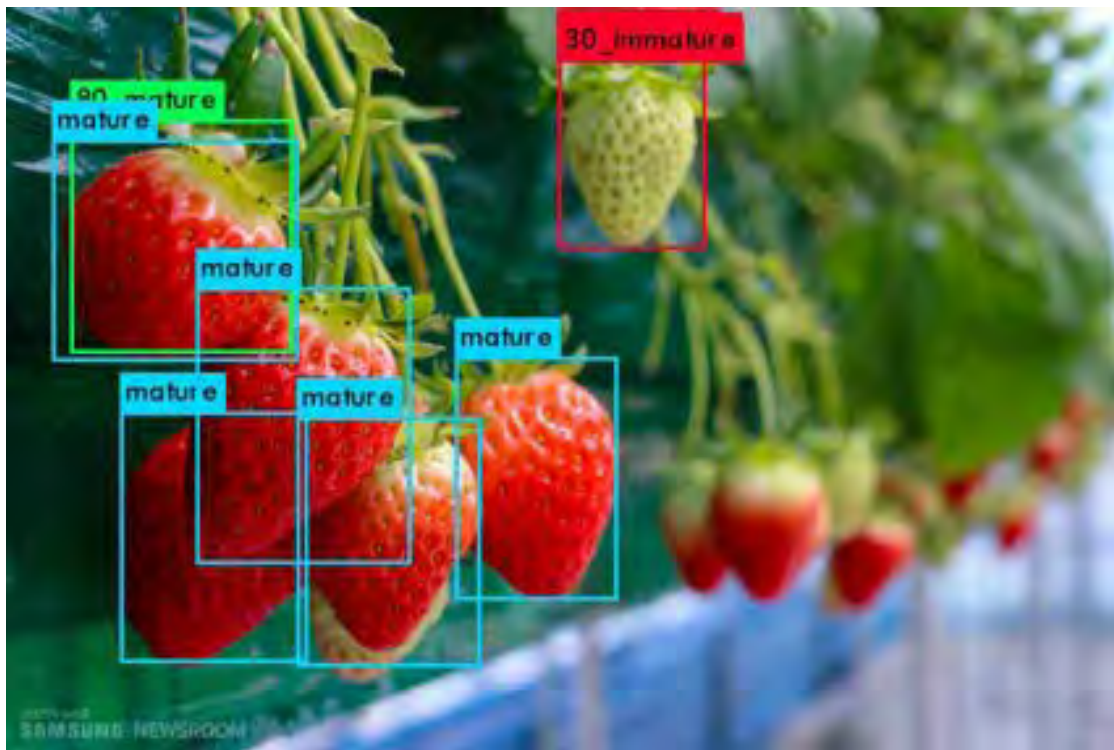
[그림 2-703] YOLO 테스트 결과 3



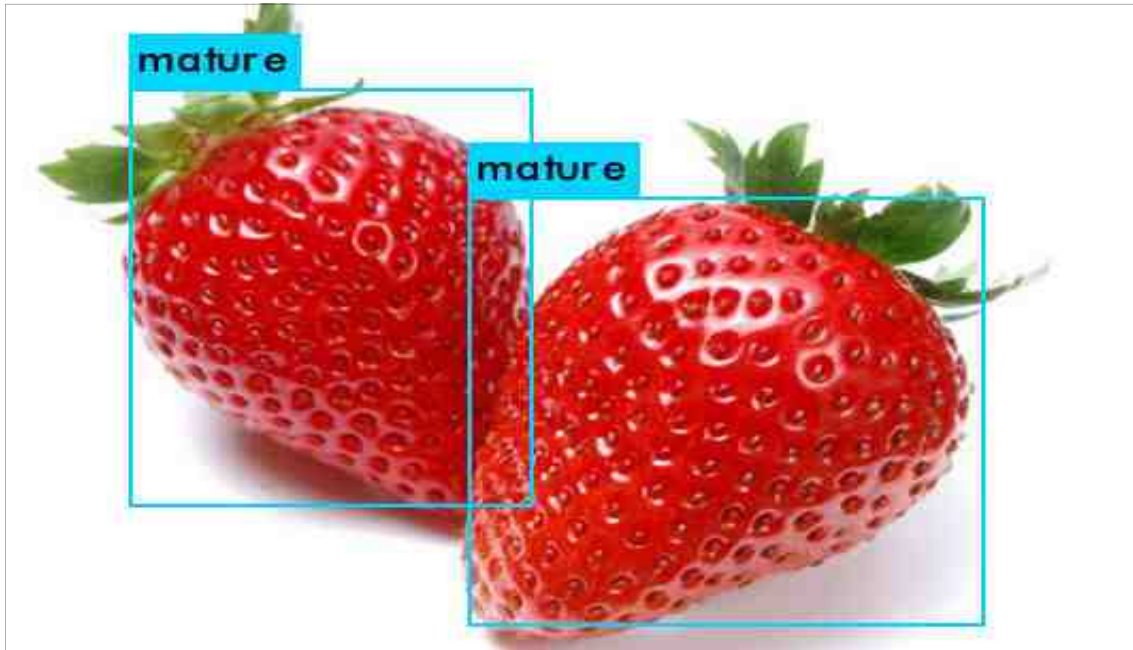
[그림 2-704] YOLO 테스트 결과 4



[그림 2-705] YOLO 테스트 결과 5



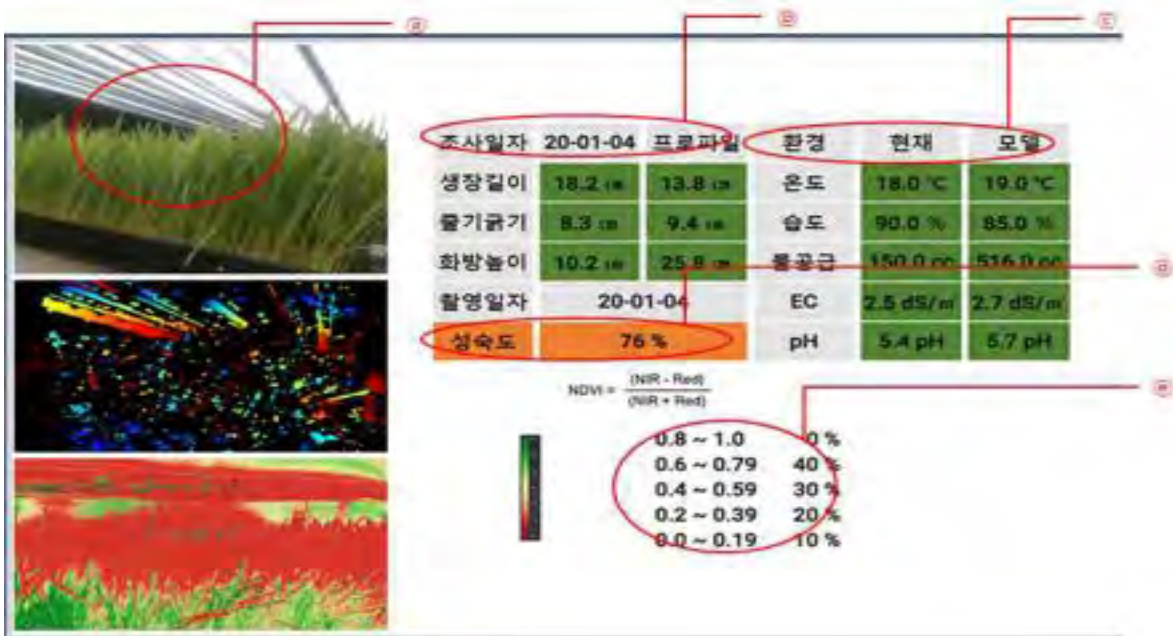
[그림 2-706] YOLO 테스트 결과 6



[그림 2-707] YOLO 테스트 결과 7

○ 측정정보 분석 시스템

- 분석 화면



[그림 2-708] 생육정보 등록 화면

- 생육 모델 시스템에서 측정된 정보와 생육프로파일 정보를 비교하여 표시하고 현재 환경 상태와 생육 모델정보를 비교하여 표시함

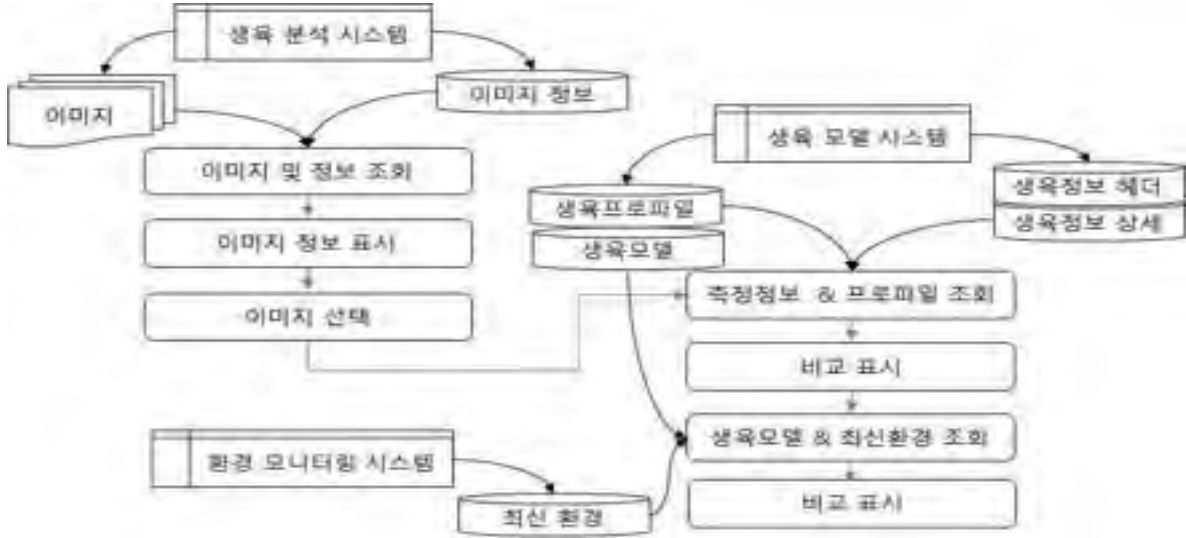
㉑ 이미지 촬영시스템에서 촬영된 RGB, DEPTH, RGN 이미지를 표시함

㉒ 생육 모델 시스템에 측정된 생장길이, 줄기굵기, 화방높이와 생육프로파일 값을 비교 표시함

㉓ 환경 모니터링 시스템에서 측정된 센서 값과 생육 모델 시스템의 생육모델 값을 비교 표시함

㉔ 생육 분석 시스템에서 분석된 성숙도를 표시함

- ㉔ 생육 분석 시스템에서 분석된 NDVI값을 표시함
- 화면 창을 OPEN할 때 촬영일자가 최신 사진을 표시함
- 선택된 사진의 촬영일자, 성숙도, NDVI정보를 표시함
- 선택된 사진의 촬영일자와 가장 가까운 일자의 측정일자의 측정정보를 표시함
- 프로세스 흐름도



[그림 2-709] 측정 정보 분석

- 생육 분석 시스템에서 저장된 이미지 정보를 최신 촬영일자 순서로 이미지 파일명, 성숙도, NDVI분포도를 조회함
- 이미지 리스트를 표시하고 이미지를 선택하면 선택된 이미지의 RGB, DEPTH, RGN 이미지를 표시하고 촬영일자, 성숙도, NDVI분포도를 표시함
- 생육 모델 시스템에서 저장된 생육정보 헤더, 생육정보 상세, 생육프로파일 정보를 조회하여 서로 같은 항목끼리 비교하여 표시함
- 생육 모델 시스템에서 저장된 생육정보 모델, 환경 모니터링 시스템에서 저장된 최신 환경정보를 조회하여 서로 같은 측정 항목끼리 비교하여 표시함
- 생육 프로파일과 생육 모델 정보를 비교 분석하여 생육 모델 정보를 보완함
- 테이블 명세서

Table ID	Table명	CRUD	비고
GROWTHIMG_MASTER	생육 분석 정보	R	
GROWTH_MASTER	생육조사 항목정보	R	
GROWTH_HEAD	생육정보 헤더	R	
GROWTH_DATA	생육정보 상세	R	
GROWTH_PROFILE	생육프로파일	R	
GROWTH_MODEL	생육모델	R	

- 분석 프로그램

```

<table>
  <tr>
    <td width=100% align=center>
      
    </td>
  </tr>
  <tr>
    <td>
      
    </td>
  </tr>
  <tr>
    <td>
      
    </td>
  </tr>
</table>
</td>
<td width=700>
  <table width=700>
    <tr height=50>
      <td width=10</td>
      <td bgcolor=#E3E3E3 width=100 align=center>
        <font size=5><b>조사일자</b></font>
      </td>
      <td width=1</td>
      <td bgcolor=#E3E3E3 width=100 align=center>
        <font size=5><b>{{shootdate}}</b></font>
      </td>
      <td width=1</td>
      <td bgcolor=#E3E3E3 width=100 align=center>
        <font size=5><b>프로파일</b></font>
      </td>
      <td width=1</td>
      <td bgcolor=#E3E3E3 width=100 align=center>
        <font size=5><b>환경</b></font>
      </td>
      <td width=1</td>
      <td bgcolor=#E3E3E3 width=100 align=center>
        <font size=5><b>현재</b></font>
      </td>
    </tr>
  </table>
</td>
</tr>
</table>

```

[그림 2-710] HTML 표시부

```

// 이미지 정보 조회
await this.alphafarmapi.getApiData(this.alphafarmservice.apiUrlImageInfour1, apiarg)
.then (data => {
  // tslint:disable-next-line:no-string-literal
  this.imageinfo = data['alphafarmImageInfo'];
  if (this.imageinfo.length == 0) {
    alert('이미지 정보를 확인하십시오!');
    return ;
  }
  // tslint:disable-next-line:prefer-const
  for (let imagedisp of this.imageinfo) {
    // 이릿 정보
    this.imagedisps.push({
      imagecode: imagedisp.IMG_CODE,
      shootdate: imagedisp.SHOOT_DATE,
      shoottime: imagedisp.SHOOT_TIME,
      coloring: 'http://alphafarm/image/alphafarm/aiimg/' + imagedisp.COLOR_IMG,
      depthimg: 'http://alphafarm/image/alphafarm/aiimg/' + imagedisp.DEPTH_IMG,
      ndviimg: 'http://alphafarm/image/alphafarm/aiimg/' + imagedisp.NDVI_IMG,
      matulev: imagedisp.MATU_LEV,
      harvestsch: imagedisp.HARVEST_SCH,
      ndvi01val: imagedisp.NDVI01_VAL,
      ndvi23val: imagedisp.NDVI23_VAL,
      ndvi45val: imagedisp.NDVI45_VAL,
      ndvi67val: imagedisp.NDVI67_VAL,
      ndvi89val: imagedisp.NDVI89_VAL,
    });
  }
});

```

[그림 2-711] 이미지 조회부

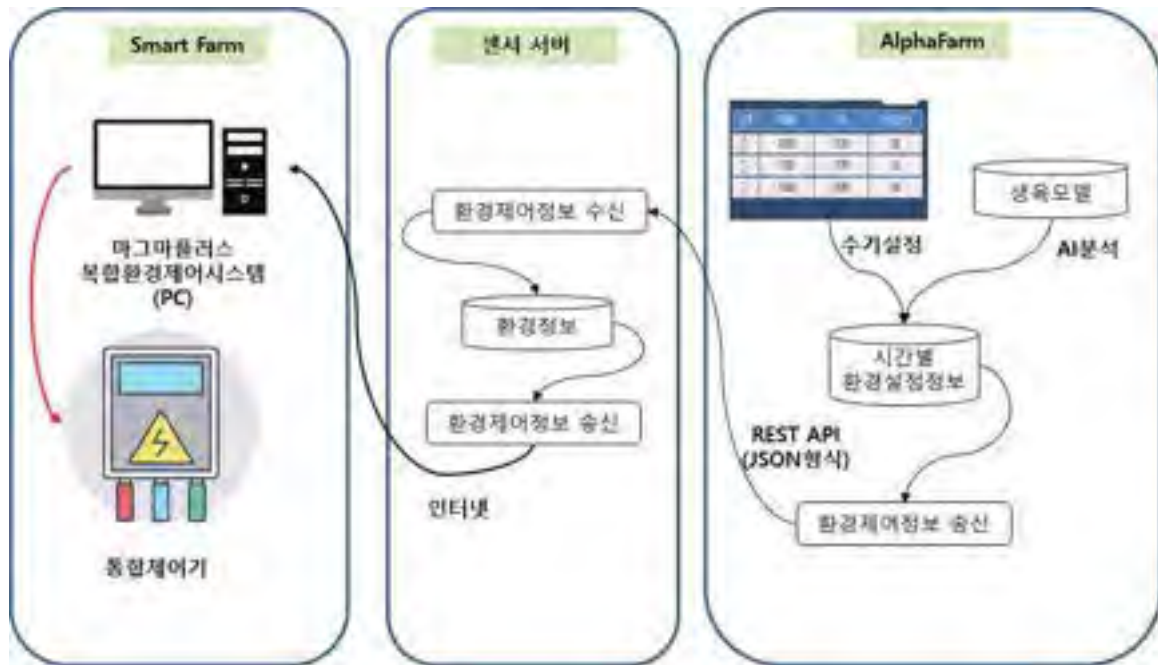
```

SELECT /* CollectAlphafarmActuatorInfoMapper.getFrmalphafarmImageInfo */
  A.FARM_CODE
, A.IMG_CODE
, CONCAT(MID(A.SHOOT_DATE, 3, 2), '-', MID(A.SHOOT_DATE, 5, 2), '-', MID(A.SHOC
, CONCAT(MID(A.SHOOT_TIME, 1, 2), ':', MID(A.SHOOT_TIME, 3, 2)) AS SHOOT_TIME
, A.COLOR_IMG
, A.DEPTH_IMG
, A.NDVI_IMG
, A.VERTI_LEN
, A.HORIS_LEN
, A.MATU_LEV
, A.HARVEST_SCH
, A.NDVI01_VAL
, A.NDVI23_VAL
, A.NDVI45_VAL
, A.NDVI67_VAL
, A.NDVI89_VAL
FROM GROWTHING_MASTER A
ORDER BY IMG_CODE DESC

```

[그림 2-712] 이미지 조회 SQL

- 지능형 스마트팜 환경 제어 모듈 기능 개선
 - 환경 제어 시스템
 - 가. 시스템 구성



[그림 2-713] 환경 제어 시스템 구성도

- 환경 제어 설정 시스템, 환경 제어 시스템으로 구성
- 환경 제어 설정 시스템
 - 온도, 습도, Co2, EC, pH 설정 등록
 - 설정된 설정 정보를 환경 제어 시스템으로 전송
- 환경 제어 시스템

- 환경 설정 정보를 수신 받아 복합환경제어시스템으로 전송
- 복합환경제어시스템에서 설정된 값을 기준으로 시설물 제어

나. Database 설계 및 작성

○ 데이터 구성 형식

- 환경 제어 항목

제어시설(창축, 제습기, Co2공급기, EC공급기, pH공급기), 시작시간, 종료시간, 설정 값

○ 환경 제어 시스템 JSON 정보

```
{
  "farm_code": "00001",
  "gu": "1",
  "datetime": "2019-12-10 11:16:05",
  "temp": "28",
  "hum": "60",
  "co2": "1200",
  "ph": "4",
  "ec": "2"
}
```

○ 환경 제어 정보 필드 정보

필드명	데이터 TYPE	필드설명	비고
farm_code	varchar	스마트팜코드	
gu	varchar	구역코드	
datetime	datetime	설정시각	일자 시각
temp	decimal	온도	°C
hum	decimal	습도	%
co2	decimal	CO2농도	ppm
ph	decimal	pH	pH
ec	decimal	EC	ds/m ³

○ 데이터베이스 작성

- 환경 제어 부분 테이블은 스마트팜정보, 제어기정보, 제어기 부속품정보, 제어기 설정 정보로 구성



데이터명	제어기 설정 정보	데이터ID	CONTROLPART_DATA		
데이터정의	스마트팜에 설치된 컨트롤러 설정 정보	제어타이머스명	길이	NULL여부	비고
설명명	설명	제어타이머			
FARM_CODE	스마트팜코드	FK	CHAR	20	NOT NULL
MACHINE_ID	제어기종류코드	FK	CHAR	3	NOT NULL 장비식별정보.장비종류코드
MACHINE_CODE	제어기장바코드	FK	CHAR	20	NOT NULL MC+일련번호(11)+F01+CTRL
PART_ID	부속품종류코드	FK	CHAR	3	NOT NULL 장비식별정보.장비종류코드
PART_CODE	부속품장바코드	FK	CHAR	20	NOT NULL MC+일련번호(11)+F02+CTRL
CTRLPART_CODE	제어설정코드	FK	CHAR	20	NOT NULL MC+일련번호(11)+F03+CTRL
FROM_TIME	FROM시간		CHAR	4	
TO_TIME	TO시간		CHAR	4	
SET_VALUE	설정값		NUMBER	10,2	
LASTSET_DATE	최종설정일자		CHAR	8	
LASTSET_TIME	최종설정시간		CHAR	8	
MAKE_DATE	등록일		DATE		

[그림 2-714] 환경 제어 데이터 연관도

MACHINE_ID	MACHINE_CODE	PART_ID	PART_CODE	CTRLPART_CODE	CTRL_FLAG	FROM_TIME	TO_TIME	SET_VALUE
014	MC00000000001F01CTRL	015	MC00000000401F02CTRL	MC00000000001F03CTRL	1	0000	1159	15.00
014	MC00000000001F01CTRL	015	MC00000000401F02CTRL	MC000000000012F03CTRL	1	1200	1759	35.00
014	MC00000000001F01CTRL	015	MC00000000401F02CTRL	MC000000000023F03CTRL	1	1800	2359	30.00
014	MC00000000001F01CTRL	015	MC00000000401F02CTRL	MC0000000000200F03CTRL	2	0000	1059	18.00
014	MC00000000001F01CTRL	015	MC00000000401F02CTRL	MC0000000000201F03CTRL	2	1100	1759	25.00
014	MC00000000001F01CTRL	015	MC00000000401F02CTRL	MC0000000000202F03CTRL	2	1800	2359	15.00
014	MC00000000001F01CTRL	016	MC00000000402F02CTRL	MC000000000024F03CTRL	1	0000	1159	70.00
014	MC00000000001F01CTRL	015	MC00000000402F02CTRL	MC000000000045F03CTRL	1	1200	1759	80.00
014	MC00000000001F01CTRL	016	MC00000000402F02CTRL	MC000000000056F03CTRL	1	1800	2359	70.00
014	MC00000000001F01CTRL	016	MC00000000402F02CTRL	MC0000000000203F03CTRL	2	0000	1159	90.00
014	MC00000000001F01CTRL	016	MC00000000402F02CTRL	MC0000000000204F03CTRL	2	1200	1759	100.00
014	MC00000000001F01CTRL	016	MC00000000402F02CTRL	MC0000000000205F03CTRL	2	1800	2359	90.00
014	MC00000000001F01CTRL	017	MC00000000403F02CTRL	MC000000000067F03CTRL	1	0000	1159	1300.00
014	MC00000000001F01CTRL	017	MC00000000403F02CTRL	MC000000000078F03CTRL	1	1200	1759	1400.00
014	MC00000000001F01CTRL	017	MC00000000403F02CTRL	MC000000000089F03CTRL	1	1800	2359	1300.00

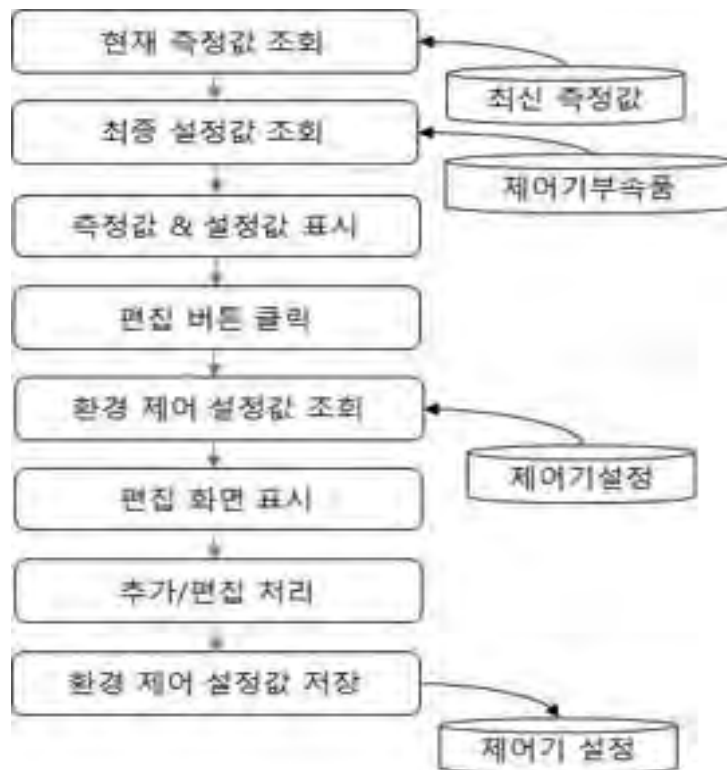
[그림 2-715] 환경 제어 데이터

- 다. 프로그램 설계 및 작성
- 환경 제어 설정 시스템
 - 환경 제어 설정 화면



[그림 2-716] 환경 제어 설정 화면

- 환경 제어를 설정 값을 입력할 저장할 수 있게 함
 - ㉠ 현재 센서 측정값과 설정값을 표시함 (온도, 습도, 탄산, EC, pH)
 - ㉡ 편집 버튼을 클릭하면 설정값을 추가/편집 할 수 있는 화면을 아래로 표시함
 - ㉢ 등록된 설정값을 리스트 형식으로 표시함
 - ㉣ 등록된 설정값을 그래프 형식으로 표시함
 - ㉤ 저장 버튼을 클릭하면 입력한 설정값을 저장 처리함
- 화면 창을 OPEN할 때 현재 센서 측정값과 설정값 표시하는 화면만 표시함
- 그래프를 클릭하면 등록된 설정값을 편집할 수 있게 처리함
- 온도, 습도는 2개의 측정기로 측정하기 때문에 2개를 동시에 표시함
- 각 설정값 하단에는 실질적으로 설정한 최종 일자와 시각을 표시함
- 프로세스 흐름도



[그림 2-71] 환경 제어 설정값 등록

- 최신 측정 정보(ENVIRONMENT_DATA)에서 현재 측정값을 조회함
- 제어기 부속품 정보(CONTROLPART_MASTER)에서 최종 설정값을 조회함
- 현재 측정값과 최종 설정값을 화면에 표시함
- 편집 버튼을 클릭하면 해당 제어기의 제어기 설정 정보(CONTROLPART_DATA)를 조회하고 편집할 수 있는 화면으로 전환함
- 각 제어기 박스를 클릭하면 해당 제어기를 편집할 수 있는 데이터를 조회하여 다시 표시함
- 그래프 클릭하면 해당 구간의 설정값을 편집할 수 있게 입력 필드에 표시하고 입력 필드를 수정할 수 있게 함
- 저장 버튼을 클릭하면 입력한 설정값을 저장 처리함
- 테이블 명세서

Table ID	Table명	CRUD	비고
FARM_MASTER	스마트팜 정보	R	
CONTROLPART_MASTER	제어기부속품 정보	R	
MACHINE_MASTER	장치 정보	R	
ENVIRONMENT_DATA	환경 정보	R	
CONTROLPART_DATA	제어기설정 정보	CU	

- 환경 제어 설정 화면 프로그램

```

<td class="td-text">
  <table class="table-text-box">
    <tr>
      <td class="td-text-box-title">
        현재
      </td>
      <td class="td-text-box-value">
        {{{envlist.sensingvalue}}}
      </td>
    </tr>
    <tr>
      <td class="td-text-box-title">
        설정
      </td>
      <td class="td-text-box-value">
        [{{{envlist.setvalue}}}
      </td>
    </tr>
  </table>
</td>
<td class="td-unit">
</td>
</tr>
<tr class="tr-text">
<td class="td-text-time" colspan="3">
  {{{envlist.machinename}}}
  {{{envlist.machineunit}}}설정
</td>
<td>
  <a (click)="alphafarminput()">
    
  </a>
</td>
</tr>
</table>
최종설정일 :&nbsp;{{{envlist.setdate}}}&nbsp;{{{envlist.settime}}}

```

[그림 2-718] HTML 표시부

```

await this.alphafarmapi.getApiData(this.alphafarmService.apiUrl + 'environmentinfo', apiUrl)
.then (data => {
  // table-disable-next-line:no-string-literal
  this.environments = data['alphafarmcontrolinfo'];
  // const source = JSON.stringify(this.pricesrc);
  if (this.environments.length === 0) {
    alert('환경제어 정보를 확인하세요!');
    return ;
  }
  // table-disable-next-line:prefer-const
  for (let environment of this.environments) {
    // 제어기 타입
    if (environment.MACHINE_FLAG === 5) {
      // 설정 값
      this.envlists.push({
        farmcode: environment.FARM_CODE,
        machineid: environment.MACHINE_ID,
        machinecode: environment.MACHINE_CODE,
        partid: environment.PART_ID,
        partcode: environment.PART_CODE,
        newsetvalue: environment.SET_VALUE,
        setdate: environment.LASTSET_DATE,
        settime: environment.LASTSET_TIME,
        setvalue: environment.SET_VALUE,
        sensingvalue: '0',
        machinename: environment.MACHINE_NAME,
        machineicon: this.alphafarmService.apiUrl + '/assets/' + environment.MACHINE_ICON,
        machineunit: environment.MACHINE_UNIT,
        minvalue: environment.MIN_VALUE,
        maxvalue: environment.MAX_VALUE,
        intervalvalue: environment.INTERVAL_VALUE,
      });
    }
  }
});

```

[그림 2-719] 설정값 조회부

```

async alphafarmsaveenvset() {
  // 환경제어 설정값의 저장
  this.environments = this.envForm.value;

  let jsonData: string;
  jsonData = '{'
    + '"makuser": "' + this.alphafarmservice.membercode + '", '
    + '"farmEnvsetinfo": ['
    + JSON.stringify (this.environments)
    + ']'
    + '>';

  // URL
  const apiUrl = '/' + this.alphafarmservice.systemcode;
  await this.alphafarmsapl.postApiDataStr (this.alphafarmservice.apiUrlenvironmentsaveurl, apiUrl, jsonData)
  .then (data => {
    // @ts-ignore-next-line:no-string-literal
    this.environsave = data['fromenvsetsaveresult'];
    if (this.environsave.resultcode === '0000') {
      this.alphafarmenvsetclear();
      this.alphafarmenvsetlist(this.envidx);
      alert ('환경제어 정보를 설정하였습니다. ');
    } else {
      alert ('환경제어 정보 설정에 실패하였습니다.' + this.environsave.resultmsg);
    }
  });
}

return;
}

```

[그림 2-720] 설정값 저장부

```

SELECT /* CollectAlphafarmEnvsetInfoMapper.getFrmAlphafarmControlInfo */
  CONCAT(MID(A.LASTSET_DATE, 3, 2), '-', MID(A.LASTSET_DATE, 5, 2), '-', MID(
, CONCAT(MID(A.LASTSET_TIME, 1, 2), ':', MID(A.LASTSET_TIME, 3, 2)) AS LASTSET
, A.SET_VALUE
, A.FARM_CODE
, A.MACHINE_ID
, A.MACHINE_CODE
, A.PART_ID
, A.PART_CODE
, B.MACHINE_NAME
, B.MACHINE_FLAG
, B.MACHINE_ICON
, B.MACHINE_UNIT
, B.DISPLAY_SEQ
, B.MIN_VALUE - B.INTERVAL_VALUE AS MIN_VALUE
, B.MAX_VALUE + B.INTERVAL_VALUE AS MAX_VALUE
, B.INTERVAL_VALUE
FROM CONTROLPART_MASTER A
, MACHINE_MASTER B
WHERE A.FARM_CODE = #(farmcode)
AND B.MACHINE_ID = A.PART_ID
AND B.MACHINE_FLAG in (5, 7)
ORDER BY B.MACHINE_FLAG
, B.DISPLAY SEQ

```

[그림 2-721] 설정값 조회SQL

```

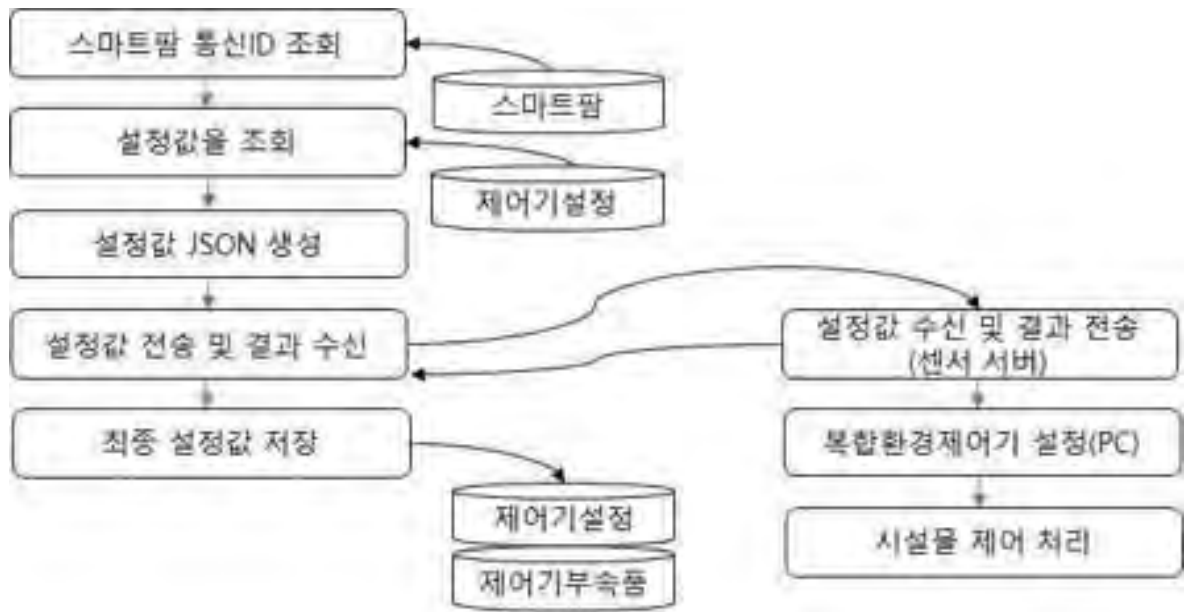
INSERT /* insertalphafarmEnvironmentInfo.insertalphafarmEnvsetInfo */
INTO CONTROLPART_DATA
(
    FARM_CODE
    , MACHINE_ID
    , MACHINE_CODE
    , PART_ID
    , PART_CODE
    , CTRLPART_CODE
    , CTRL_FLAG
    , FROM_TIME
    , TO_TIME
    , SET_VALUE
    , MAKE_USER
)
VALUES
(
    #{farmcode}
    , #{machineid}
    , #{machinecode}
    , #{partid}
    , #{partcode}
    , #{ctrlpartcode}
    , #{ctrlflag}
    , CONCAT(MID(#{frontime}, 1, 2), MID(#{frontime}, 4, 2))
    , CONCAT(MID(#{totime}, 1, 2), MID(#{totime}, 4, 2))
    , #{setvalue}
    , #{makeuser}
)

```

[그림 2-722] 설정값 저장SQL

○ 환경 제어 시스템

- 프로세스 흐름도



[그림 2-723] 환경 제어 처리

- 스마트팜 통신ID를 스마트팜 정보(FARM_MASTER)에서 조회함
- 제어기 부속품 정보(CONTROLPART_MASTER)에서 현재 설정해야 할 값을 조회하는 데 이미 해당 시간대에 설정 처리를 하였으면 전송하지 않음
- 설정할 값이 존재하면 설정데이터를 JSON형식으로 생성함

- 설정값을 센서 서버로 전송하고 해당 처리 결과를 수신함
- 처리 결과가 정상이면 최종 설정값을 저장함
- 센서 서버에서는 설정값을 수신하면 복합환경제어기에 해당 설정값을 설정 처리함 (온도, 습도, Co2)
- 설정 사항에 맞추어서 시설물을 제어 처리함
- 테이블 명세서

Table ID	Table명	CRUD	비고
FARM_MASTER	스마트팜 정보	R	
CONTROLPART_MASTER	제어기부속품 정보	RU	
CONTROLPART_DATA	제어기설정 정보	RU	

```
String result;
RestTemplate restTemplate = CommonUtils.newRestTemplate();

// 그린팩에서 서버
String baseUrl = "http://api.gcsmagma.com/gcs_ctl_api.php";
HttpHeaders headers = new HttpHeaders();
MediaType mediaType = new MediaType("application", "json", StandardCharsets.UTF_8);
headers.setContentType(mediaType);
HttpEntity<String> entity = new HttpEntity<String>(jsondata, headers);

logger.debug("request {}", baseUrl);
ResponseEntity<String> response = restTemplate.exchange(baseUrl, HttpMethod.PUT, entity,
String.class);

String body = response.getBody();
logger.debug("response {}", body);
```

[그림 2-724] 환경 제어 설정 정보 전송처리

```
UPDATE /* CollectAlphafarmGreensenseSetMapper.updateSetdata */
CONTROLPART_DATA
SET LASTSET_DATE = DATE_FORMAT(CURRENT_DATE(), '%Y%m%d')
, LASTSET_TIME = DATE_FORMAT(CURRENT_TIME(), '%H%i')
WHERE FARM_CODE = #{FARM_CODE}
AND MACHINE_ID = #{MACHINE_ID}
AND MACHINE_CODE = #{MACHINE_CODE}
AND PART_ID = #{PART_ID}
AND PART_CODE = #{PART_CODE}
AND CTRLPART_CODE = #{CTRLPART_CODE}
```

[그림 2-725] 전송처리 결과 저장SQL

- 환경제어기 설정 (온도, 습도, Co2 제어)



[그림 2-726] 복합환경제어시스템 화면

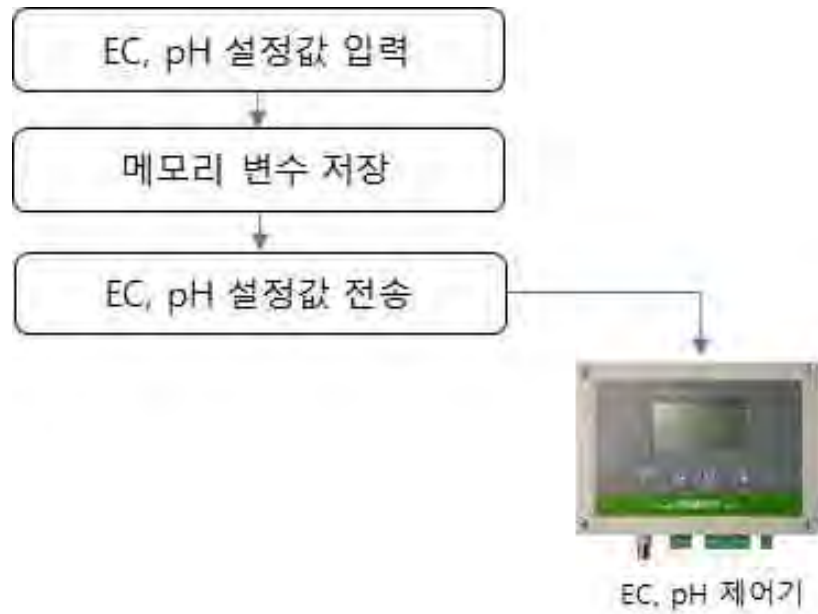
- 수신 받은 환경 제어 설정값을 복합환경제어시스템에 설정하여 표시함
 - ⓐ 설정 요청한 온도를 해당 시간대에 설정함
 - ⓑ 설정 요청한 습도를 해당 시간대에 설정함
 - ⓒ 설정 요청한 탄산을 해당 시간대에 설정함
- 복합환경제어기 설정 (EC, pH 제어)



[그림 2-727] 복합환경제어시스템 화면

- HMI화면에서 EC, pH 설정값을 직접 입력하여 EC, pH를 제어함
 - ⓐ 현재 EC, pH 센서값을 화면에 표시
 - ⓑ 설정할 EC, pH값을 입력

- 프로세스 흐름도



[그림 2-728] EC, pH 제어

- HMI화면에서 EC, pH 설정값을 직접 입력함
- 입력된 설정값을 메모리 변수에 저장함
- EC, pH 설정값을 EC, pH 제어기에 전송함 (Modbus RTU)

3.EC제어	EC CONTROL	0x0110 [272]	Holding(0x03) /rw	0	0~10000uS/Cm
	EC INTERVAL	0x0120 [288]	Holding(0x03) /rw	0	0~1000minute
	EC DURING	0x0121 [289]	Holding(0x03) /rw	0	0~1000second
5.pH제어	pH CONTROL	0x0210 [528]	Holding(0x03) /rw	700	
	pH INTERVAL	0x0220 [544]	Holding(0x03) /rw	0	0~1000minute
	pH DURING	0x0221 [545]	Holding(0x03) /rw	0	0~1000second

[그림 2-729] EC, pH Modbus 프로토콜

□ 과채류(토마토) 재배농가의 환경관리 실태 파악

○ 본 사례는 농진청이 3년간 총 41개 토마토 재배 농가를 대상으로 연구 조사한 환경 및 생육 데이터를 바탕으로 토마토 생산량 최대화 및 품질 최적화를 위해 i-FDSS의 데이터베이스 구축 및 환경 제어 모듈을 개발함

1) 과채류(토마토) 재배농가 환경관리 인자 조사 및 분석

- 시설재배 농가의 생산성은 환경(광, 온도, 습도, 수분 등) 관리기술에 따라 차이가 크며, 특히 이상기후(일조량 부족, 저온·고온 등) 상황에서 시설 재배의 환경관리기술은 중요한 요소로 부각되고 있음.
- 정부 주도 ICT 확산사업으로 스마트팜 도입 면적은 2014년 이후 ('14년) 60ha→('15) 364ha→('16) 600ha→('17) 4,000ha로 증가하였으나, ICT 확산사업 대상자들의 애로사항으로 표준화된 복합환경관리기술 보급 및 종합적인 컨설팅 요구도가 높음
- 기존 스마트 팜은 재배시설 자동화 및 편리성 증대에 집중했다면 현재는 시설재배 농가의 생산성을 향상하기 위하여 빅데이터 기반 최적의 생육조건을 분석하여 재배현장에 적용시키는 연구혁신이

이루어지고 있음. 우리나라 시설원예 농업은 환경의 정밀제어가 부족해 네덜란드와 2017년 기준 우리나라 시설원예작물의 단위당 생산량을 비교하였을 때 오이 8.1배, 토마토 7.2배, 딸기 3.3배 차이로 큰 차이가 있는데, 우리나라가 선진국 수준으로 시설채소 생산량을 증대하기 위해 서는 빅데이터 기반으로 하는 정밀한 생육관리에 필요한 스마트 팜 측정 빅데이터를 통합적으로 관리하여 분석하고, 빅데이터의 분석결과 농가에서 재배하고 있는 작목의 생산성을 향상하는 종합적인 현장 실증이 필요

- 데이터 기반 스마트팜 생산성 향상 연구는 생산의 과학화와 유통의 지능화를 통해 농업 생산성을 향상시킬 수 있음. 예를 들어, 버섯 병 재배는 배지를 만들어 병에 채운 뒤에 살균하여 버섯 종균을 접종하여 버섯을 발생시켜 생육하는 순서로 진행되며 농가에서는 매일 수천 병씩 생산하므로 1병당 생산량의 미미한 차이가 누적되면 농가의 연간 소득에 큰 영향을 줌.
- 버섯의 생장에 영향을 미치는 요인으로는 생육단계별 발이 과정과 생육단계별 온도, 습도, CO2, 조도 등을 들 수 있으며, 버섯농가의 생산성 향상을 위해서는 버섯 생산에 투입되는 농자재의 정확한 파악과 함께 재배사의 환경조건을 버섯 생산에 최적의 환경으로 관리하는 것이 필요
- 최근 들어 정부의 ICT 융복합 확산정책에 따라 재배사내에 온습도 및 이산화탄소 센서 등을 설치하여 생육환경을 측정하고 관리할 수 있는 스마트팜이 권장되고 있음. 그러나 재배환경 데이터의 수집 및 분석, 환경 데이터에 기초한 재배 컨설팅은 이루지지 않고 있음. 따라서, 재배 생산성 향상을 위해 농가의 생산 및 경영실태를 조사하고 재배 환경을 조사 분석하여 최적의 생산 환경을 구축하는 연구와 함께 수집된 생육환경 데이터에 기반한 농가 컨설팅이 필요
- 또한, 농가의 생산량 증대와 품질 향상을 위해서는 농가의 생산 및 경영실태를 조사하고 재배 환경을 조사 분석하여 최적의 생산 환경을 구축하는 연구와 함께, 빅데이터 기반으로 하는 정밀한 생육관리에 필요한 스마트 팜 측정 빅데이터를 통합적으로 관리하여 분석하고, 분석 결과를 농가에 환류 하여 생산성을 향상시키는 종합적인 현장실증 연구가 필요
- 실증 농가 현황

수집 데이터	계	전북	전남	경남	제공시간단위
전체농가 (환경, 양액, 생육, 생산량 수집)	41	20	13	8	
지상부 (일사량, 온습도, Co2등)	64	31	17	16	1시간
근권부 (관수횟수, 물공급량, 공급EC, 공급pH)	45	20	17	8	1일
생 육	64	31	17	16	1주일
수 량	56	26	15	15	gg1주일

자료연도	수집기관	지역	비닐/유리	면적	재식주수	보온자재	난방종류
2017	전북	익산	비닐	2700	7.7		
2017	전북	김제	비닐	3400	8.2		
2017	전북	장수	비닐	850	7.6	다겹보온커튼	온풍난방
2017	전북	장수	비닐	1450	7	다겹보온커튼	온풍난방
2017	전북	장수	비닐	2000	7.5	다겹보온커튼	온수 파이프
2017	전북	김제	유리온실	1800	7.5	다겹보온커튼	온수 파이프
2017	전북	완주	비닐	800	9.4		전기보일러
2017	전북	군산	비닐	2950	8.3	다겹보온커튼	전기보일러
2017	전북	완주	비닐	900	8.5	다겹보온커튼	기타
2017	전북	김제	비닐	2960	9.57	다겹보온커튼	전기보일러
2017	전북	김제	비닐	1200	7.9	다겹보온커튼	온수파이프

자료연도	수집기관	지역	비닐/유리	면적	재식주수	보온자재	난방종류
2017	전북	김제	비닐	1280		다겹보온커튼	온풍난방
2017	전북	진안	비닐	1300	8.8	다겹보온커튼	전기보일러
2017	전북	김제	유리온실	3700	10	다겹보온커튼	기타
2017	전남	화순	유리온실	4800	12.92	다겹보온커튼	전기온풍기
2017	전남	고흥	유리온실	6000	10.2	2층커튼	LPG보일러
2017	전남	담양	비닐	1700	8	2층커튼	전기보일러
2017	전남	화순	유리온실	2700	9.7	2층커튼	전기보일러
2017	전남	장흥	비닐	2000	8.5	2층커튼	경유보일러
2017	전남	보성	유리온실	2100	11.6	2층커튼	경유보일러
2017	전남	보성	비닐	1200	9.7	2층커튼	전기보일러
2017	전남	강진	비닐	1600	7.5	2층커튼	펠릿보일러
2017	전남	화순	비닐	1700	9.38	다겹보온커튼	전기보일러
2017	경남	사천	비닐	2100	6.3	다겹보온커튼	온수 파이프
2017	경남	사천	비닐	2500	6.6	1층커튼	온수 파이프
2017	경남	김해	비닐	1550	10.97	2층커튼	온수 파이프
2017	경남	김해	비닐	1500	10.67	1층커튼	온수 파이프
2017	경남	창녕	비닐	1500	12.07	다겹보온커튼	온수 파이프
2017	경남	창녕	비닐	1800	10.5	다겹보온커튼	전기온풍기
2017	경남	함안	비닐	2800	7.5	다겹보온커튼	온수 파이프
2017	경남	창녕	비닐	1800	9.17	다겹보온커튼	온수 파이프
2016	전북	김제	비닐	3000	8.3		
2016	전북	김제	비닐	3258	8.2		
2015	전북	익산	비닐	3000	7.7		
2016	전북	익산	비닐	3000	7.7		
2014	전북	정읍	비닐	3100	8		
2015	전북	완주	비닐	870	8.3		
2014	전남	고흥	유리온실	5760	8.9		
2014	전남	화순	비닐	3000	9		
2015	전남	화순	비닐	3000	9		
2014	전남	화순	유리온실	5300	8.9		

○ 과채류(토마토) 생육 최적 환경제어 모델 개발

- 시설채소 스마트팜에서 축적된 환경, 생육 등과 같은 빅데이터를 기반으로 다양한 시스템 및 플랫폼을 통해 필요한 정보를 추출하여 활용함으로써 작물의 생산성 증대, 농가 수익의 향상, 노동력 절감 등으로 국내 농업의 활성화 및 경쟁력 확보가 필요하게 되었음. 특히 매년 작기별로 같은 작목에 한하여 스마트팜 내에서 농작업이 이루어지므로 스마트팜의 빅데이터를 체계적으로 수집하여 관리할 필요가 있으며, 수집된 스마트팜 빅데이터의 용량 및 분석의 어려움 등으로 이를 분석 및 활용할 수 있는 기반 마련이 필요
- 환경, 생육, 경영 등 스마트팜에서 수집 되는 데이터들은 다양하며, 이를 활용하기 위해서는 전주기 스마트팜 빅데이터 수집이 필요하고 그렇게 수집하는 농가의 확대도 중요하며, 이런 체계를 권하기 위하여 수집된 스마트팜 빅데이터의 관리 및 공유를 할 수 있는 기반 마련이 필요
- 현재, 시설재배 농가의 환경(광, 온도, 습도, 일사량 등) 관리기술에 따라 작물의 생산량 품질의 차이가 크게 발생하고 있으며, 특히 이상 기후(일조량 부족, 고온, 미세먼지 등) 상황에서 시설재배 환경관리

기술은 중요한 요소로 부각되고 있음. 이러한 환경관리 기술은 빅데이터를 기반으로 하는 정밀한 생육관리에 필요한 데이터 수집 확대 및 데이터의 품질 보증연구, 빅데이터를 통합 관리하고 분석하여 제공하는 기술, 개발된 모델을 스마트팜 농가에 적용함으로써 소득을 증대하고 모델을 보완하는 종합적인 현장 실증연구가 필요

- 기존 스마트팜의 연구가 온·습도 제어 등 재배시설 자동화 같은 하드웨어에 집중했다면 앞으로 빅데이터에 기반한 최적의 생육조건을 분석하여 재배현장에 적용시키는 연구 혁신으로 빅데이터 활용 과학정밀농업 구현이 필요함

1) 과채류(토마토) 작물 생육 프로파일 조사 및 분석

- 2017년 3월부터 2018년 12월 까지 수행함에 있어 2017년도에는 시설채소 스마트팜 주요 품목 빅데이터 표준화 및 조사항목 개발함. 스마트팜 유형에 따라 조사되는 항목이 다를수 있으므로 스마트팜 온실 유형 및 수경/토경(단동/연동/유리, 토경/수경)을 구분하였으며, 시설채소의 품목도 구분하였는데 우리나라에서 스마트팜을 이용하여 많이 재배하는 품목을 지정하였다.
- 대상품목으로는 토마토, 파프리카, 딸기, 참외, 버섯 등 시설채소작목으로 온실유형과 품목을 지정한 후 그 작목 및 스마트팜에서 조사하는 빅데이터 수집 항목을 선정하고 조사기 을 2017~2018년에 걸쳐 개발함. 이 조사방법은 농촌진흥청에서 제시한 주요 품목 생육 조사 기준을 바탕으로 현재 스마트팜 내에 종사하는 민간 컨설팅전문가, 품목의 육종 및 재배 전문가, 스마트팜을 운영하는 농업인의 의견을 수렴한 작목별 데이터 수집 항목 선정 및 기준을 설정
- 기존의 조사항목으로는 매분 센서에 의해 자동 생성되는 환경 데이터와 비교 하기 어렵고, 부정기적으로 조사하는 생육 데이터를 매칭하기에도 매우 어려웠으므로 시계열적으로 구현가능한 생육조사 및 생산량 조사를 구현함. 그리고 조사된 데이터를 가지고 수집 빅데이터 활용 분석결과를 통한 단계별 조사항목 개발하고자 함
- 여기에서 수집되는 항목은 환경, 생육, 경영데이터는 기본적으로 수집함으로서 환경 항목에서는 온도, 습도, 일사량, 관수 등이 있으며, 생육항목으로는 엽수, 생장길이 등 품목에 따라 품목의 특징을 반영하는 항목을 개발함. 경영데이터는 작기 내 수확하는 생산량, 품질 및 이미지 등이 있으며, 이미지는 토마토, 딸기, 파프리카 작목에 한정지어 수집
- 이러한 데이터를 활용하기 위하여 데이터의 수집 기준 및 방법을 동일하게 맞추는 작업을 실시 하였으며, 이의 데이터 품질 등이 필요. 수집 후 DB구축을 위한 데이터 정리 방법을 개발하여 데이터 활용 시 변환 작업을 최소화하며, 생육 자료 생산량 등도 입력방식을 품목별로 제시하여 데이터가 효율적으로 관리되도록 하였음

[표 2-310] 토마토 생육조사 항목 및 설정 기준

항 목	측정 주기	단위	측정방법	비고
초 장	1주	cm	지표면에서 생장점까지 길이	초장=지난 주 초장+생장길이
생장길이	1주	cm	지난주 생장점에서 금주 생장점 길이	
엽 수	1주	개/주	개화 화방 아래의 완전히 전개한 엽 수	측지 발생 시 생육조사원이 제거
엽 장	1주	cm	맨 위에 개화 화방에서 3번째 해당하는 엽 길이(착과된 바로 위의 엽)	개화화방은 꽃이 1개라도 만개했을 때
엽 폭	1주	cm	맨 위에 개화 화방에서 3번째 해당하는 엽의 폭	엽의 가장 넓은 곳으로 한쪽만재서 2배 가능, 최대한 넓게 펼쳐서 길이를 잴

항 목	측정 주기	단위	측정방법	비고	
줄기 굵기	1주	cm	개화화방(생장점 첫 화방) 위치에 바로 아래의 줄기 굵기	개화화방 아래 2cm 정도에서 가장 넓은 곳(타원형임)	
화방 높이	1주	cm	개화화방에서 생장점까지의 거리	개화화방은 꽃이 1개라도 만개했을 때	
정밀조사	개화화방	1주			
	꽃 수	1주	개	꽃이 핀 개수를 측정	꽃 봉우리도 측정
	만개꽃수	1주	개	꽃이 완전히 개화한 개수	
	착과수	1주	개	착과된 것 모두 측정	수정한 후 착과 수
	과 폭	1주	cm	착과 된 열매 모두 측정	3화방, 8화방
	과 고	1주	cm		
	이미지	1주	cm		
	수확수	1주	개	수확한 열매 개수	
	과 중	1주	g	착과 된 열매 모두 측정	수확하여 사무실에서 측정
SPAD	1주				
착과수 (=열매수)	1주	개	나무에 열매가 달려 있는 전체 개수	착과된 것까지 포함하여 측정	
수확 수	1주	개	수확한 열매 개수		
개화군	1주	점	꽃이 핀 개수를 점수로 측정	(예) 1화방에서 5개중에서 1개 개화:1/5=0.2, 3화방에서 꽃 1개 개화(다섯 개 기준)=2.2 농가에서 꽃을 몇 개를 유지해서 생산할지 확인, 개화 화방은 1개라도 만개했을 때를 기준	
착과군	1주	점	수정된 열매가 달려 있는 것을 점수로 측정	과일이 보인다는 의미는 꽃이 빠지면서 열매가 맺으면 착과로 생각 (예)1화방에서 꽃이 4개중 3개가 피고 착과가 2개인 경우 0.66	
수확군	1주	점	수확하는 열매를 점수로 측정	수확하는 열매측정 (예)측정 착과 3개중에 2개를 수확하면 0.66점	
수확과중 (=평균과중)	1주	g	수확한 열매개수의 무게 측정	※도원별로 1~2농가 측정 ※일반 농가의 경우 수확 개수/평균과중 ※전북도원에서 개별 수확과의 과중 측정	

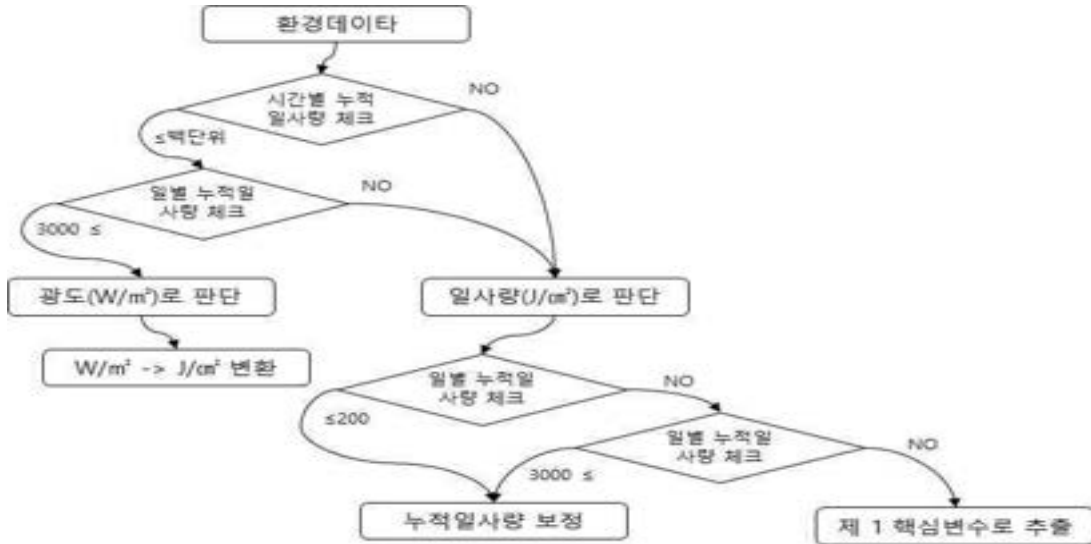
- 생육 데이터는 농업 전문가 등에 의해 농가에서 측정되는 데이터로서, 농작물이 얼마나 성장했는지에 대한 기준들이 일정 한 시간 기준에 따라 측정된 데이터를 말함. 예를 들어, 생육 데이터는 토마토 생장길이, 잎의 수, 잎길이, 잎폭, 줄기굵기, 화방높이, 개화군, 착과군, 수확군, 열매수 등의 12가지 항목에 대하여 매 주(week)마다 측정된 정보를 포함할 수 있으며, 측정된 각 항목에 관한 정보들은 생육 데이터로서 데이터베이스 관리부로 수집될 수 있음
- 생산량 데이터는 농가에서 농작물이 출하되는 날에 생산되는 농작물의 생산량에 관한 데이터를 말하며, 예를 들어, 생산량 데이터는 판매원장 등의 자료에 포함된 내용으로부터 추출될 수 있으며, 토마토가 출하되는 날에 생산되는 소정의 단위 면적(3.3m²)당 토마토 생산량(kg)에 관한 정보를 포함할 수 있음. 이와 같은 생산량 데이터는 일(day) 단위를 기준으로 데이터베이스 관리부로 수집될 수 있음
- 생육정보에는 농작물의 생장길이, 줄기굵기 및 화방높이가 포함될 수 있으며, 여기서 화방이란 중심줄기의 꽃꼭지 위로 자라는 꽃의 전체 영역을 의미함. 예를 들어, 토마토의 화방은 토마토의 꽃이 피어나는 토마토의 꽃줄기를 포함하는 꽃 전체를 뜻함

2) 과채류(토마토) 작물 생육 환경 제어 요인 조사 및 분석

- 환경 데이터는 농가에 설치된 센서를 통해 측정되는 데이터로서, 농작물이 재배되는 농가의 환경조건들이 일정한 시간 기준에 따라 측정된 데이터를 말함. 예를 들어, 농가의 온도, 습도, 일사량, 잔존 이산화탄소 농도, 양액 등 토마토 재배에 영향을 미치는 환경조건에 관한 24가지 항목에 관한 정보가 농가에 설치된 각종 센서들을 통해 매 시간(hour)마다 측정될 수 있으며, 측정된 각 항목에 관한 정보들은 환경 데이터로서 데이터베이스 관리부로 수집될 수 있음
- 시간 기준에 따라 구분되어 수집될 수 있으며, 이때, 일출 또는 일몰은 환경 데이터가 수집되는 농가가 위치한 지역의 천문시를 기준으로 결정될 수 있음
- 일일 평균: 일일 24시간 평균 환경
- 주간: 해가 뜨고부터 해가 지기 전까지의 환경
- 야간: 해가 지고 그 이튿날 일출 전 환경
- 해지기 전: 해가 지기 전 2시간 전~해가 질 때까지 환경
- 초저녁: 해가 진 후부터 2시간까지 환경
- 심야: 해가 진 2시간 후 ~ 이튿날 해뜨기 2시간 전까지 환경
- 새벽: 해가 뜨기 2시간 전~ 해가 뜰 때까지 환경
- 환경 데이터로부터 추출된 누적일사량에 대한 단위(unit)를 파악하는 단계, 농가의 일(day)별 야간시간대의 누적일사량과 시간 단위(unit of time)의 지연변수에 따른 누적일사량을 비교하는 단계 및 비교의 결과에 따라 누적일사량의 보정 여부를 결정하는 단계를 포함할 수 있음
- 핵심변수 추출부는 환경 데이터로부터 추출된 누적일사량의 값 중 시간별 누적일사량 값이 0 J/cm² 이상 백단위의 값(ex. 110 J/cm² 등) 이하이면서 일별 누적일사량 값이 3000 J/cm² 이상인지 여부를 판단할 수 있으며, 환경 데이터로부터 추출된 누적일사량 의 값이 전술한 조건을 만족하는 경우에는 해당 값은 광도로 판단될 수 있음. 광도로 판단된 값은 일사량 변환식을 통해 누적일사량에 관한 값으로 변환될 수 있으며, 환경 데이터 로부터 누적일사량의 값이 전술한 조건을 만족하지 않는 경우에는 해당 값은 누적일사량의 값으로 판단되고, 1차적인 결측 처리의 판단 과정이 수행될 수 있음
- 누적일사량을 제외한 온도, 습도 등의 변수들은 평균적인 변화 패턴을 나타내므로, 수집된 데이터에 특정한 이상치가 발생하는 경우에는 결측 처리를 하거나 전후 시간을 고려하여 곧바로 보정을 수행할 수 있음. 그러나, 누적일사량은 특정한 이상치가 발생하거나 손실이 발생하는 경우에는 연관성을 분석하는데 사용하기 어려운 문제가 존재하며, 본발명의 일 실시 예에 따르면, 누적일사량의 경우에는 온전한 데이터 값을 추출하기 위해서 다른 변수들과는 달리 누적일사량 추출 과정에서 누적일사량의 패턴 파악, 이상치 확인 및 보정의 과정이 수행될 수 있음
- 농가의 일별 야간시간대의 누적일사량과 시간 단위의 지연변수에 따른 누적일사량을 비교하는 단계에서는 일별 야간시간대의 누적일사량이 시간 단위의 지연변수에 따른 누적 일사량과 일치하는지 여부가 판단될 수 있음
- 야간시간대의 누적일사량은 일사가 없으므로 누적 일사량이 증가하지 않는다. 그러나, 시스템 상의 오류로 인해 야간시간임에도 불구하고 계속 누적일사량이 증가하거나 값들이 변동하는 경우가 발생할 수 있으며, 이러한 경우 정확한 누적일사량을 측정할 수 없기 때문에 정확한 누적일사량 추정을 위해서 야간에는 누적일사량이 증가하지 않는다는 가정 및 지연변수를 이용하는 비교 판단 과정을 수행
- 여기서 지연변수는 일사량에 관한 로우(raw)데이터(i.e. 통합 데이터로부터 추출된 일사량에 관한 기초데이터)에 시간차이를 둔 변수로서, 특정 일자의 누적일사량을 추출하고 참 값을 확인하기 위해 새로이 생성된 변수임. 즉, 지연변수는 야간에는 누적일사량이 증가하지 않는다는 가정 하에 일사량에 관한

데이터의 시간차를 기초로 한 비교 판단을 수행하기 위해서 새롭게 정의된 변수를 의미

- ① 이튿날 일출시간에 0이 아닌 다른 값으로 초기화 되는 경우
: (마지막 누적일사량 값 - 일출시간의 누적일사량 값)
- ② 일일 내 값이 누적되는 중간에 센서 오류로 측정이 안 된 경우 : 결측 처리
- ③ 일출 후 누적되는 과정에서 중간에 초기화 되고, 다시 누적되는 경우
: (초기화 되기 전의 누적값 + 초기화된 이후의 누적값)
- ④ 이튿날 일출시간에 초기화 되지 않고 연속적으로 누적되는 경우
: 일 별(최대값 - 최소값)
- ⑤ (0 J/cm² = 일사량 = 100 J/cm²)에 해당하는 경우 : 결측 처리



[그림 2-730] 누적 일사량 보정

○ 과채류(토마토) 작물 생육 환경 제어 모형 개발

- 제 1 핵심변수에는 농가의 누적일사량, 온도, 습도, 이산화탄소농도, 1일 관수횟수, 1회 물공급량, 염류농도 및 ph농도가 포함되며, 제 2 핵심변수에는 농작물의 생장길이, 줄기굵기 및 화방높이가 포함될 수 있음
- 농작물의 생산성 향상을 위한 데이터 분석 방법은, 농가에서 수집된 환경 데이터, 생육 데이터 및 생산량 데이터에 대한 통합 데이터베이스를 구축하는 단계, 환경 데이터로부터 농작물의 생산성에 영향을 미치는 제 1 핵심변수를 추출하고, 생육 데이터로부터 농작물의 생산성에 영향을 미치는 제 2 핵심변수를 추출하는 단계, 제 1 핵심변수 및 제 2 핵심변수를 기초로 하여 환경 데이터, 생육 데이터 및 생산량 데이터 간의 상호 연관성을 분석하는 단계 및 분석의 결과를 기초로 하여 농작물의 재배시기를 고려한 생육단계별로 최대 생산량의 산출을 위한 제 1 핵심변수 및 제 2 핵심변수의 구간값을 추정하는 단계를 포함할 수 있음
- 통합 데이터베이스를 구축하는 단계에 서는, 환경 데이터, 생육 데이터 및 생산량 데이터의 시간 단위(unit of time)를 주(week) 단위로 변환하고, 주 단위로 변환된 데이터들을 농가 별로 분류하여 저장할 수 있음
- 제 1 핵심변수 및 제 2 핵심변수를 추출하는 단계는, 환경 데이터로부터 추출된 누적일사량에 대한 단위(unit)를 파악하는 단계, 농가의 일(day) 별 야간시간대의 누적일사량과 시간 단위(unit of time)의 지연변수에 따른 누적일사량을 비교하는 단계 및 비교의 결과에 따라 누적일사량의 보정 여부를 결정하는 단계를 포함할 수 있음
- 상호 연관성을 분석하는 단계는, 농작물의 개화에서 수확까지의 소요기간을 누적 평균한 제 1 핵심변수와 생산량 데이터를 상호 매칭하는 단계 및 제 2 핵심변수 각각에 영향을 미치는 제 1 핵심변수를 분석하는

단계를 포함할 수 있음

- 제 1 핵심변수 및 제 2 핵심변수의 구간값을 추정하는 단계는, 상호 연관성을 분석한 결과에 따라 농작물의 생산량이 높은 것으로 판단된 상위 N개(N은 자연수)의 통합 데이터를 추출하는 단계, 추출된 통합 데이터를 기초로 하여 재배시기를 고려한 생육단계별로 최대 생산량에 해당하는 제 1 핵심변수 및 제 2 핵심변수의 구간값을 분석하는 단계 및 상호 연관성을 분석한 결과에 따라 제 1 핵심변수의 구간값과 제 2 핵심변수의 구간값을 매칭하는 단계를 포함할 수 있음
- 농작물의 생산성 향상을 위한 데이터 분석 장치는, 농가에서 수집된 환경 데이터, 생육 데이터 및 생산량 데이터에 대한 통합 데이터베이스를 구축하는 데이터베이스 관리부, 환경 데이터로부터 농작물의 생산성에 영향을 미치는 제 1 핵심변수를 추출하고, 생육 데이터로부터 농작물의 생산성에 영향을 미치는 제 2 핵심변수를 추출하는 핵심변수 추출부, 제 1 핵심변수 및 제 2 핵심변수를 기초로 하여 환경 데이터, 생육 데이터 및 생산량 데이터간의 상호 연관성을 분석하는 제 1 데이터 분석부 및 분석의 결과를 기초로 하여 농작물의 재배 시기를 고려한 생육단계별로 최대 생산량의 산출을 위한 제 1 핵심변수 및 제 2 핵심변수의 구간값을 추정하는 제 2 데이터 분석부를 포함할 수 있음
- 같은 시간 단위의 통일 및 농가별 분류를 통한 통합 데이터베이스 구축 과정을 통해 환경 데이터, 생육 데이터 및 생산량 데이터 간의 연관성 분석 속도를 대폭 향상시킬 수 있으며, 토마토를 재배하는 전 지역의 농가에서 수집되는 데이터들을 용이하게 빅데이터화하고 효율적으로 관리할 수 있음
- 데이터베이스 관리부에 의해 통합데이터베이스가 구축되면, 핵심변수 추출부에 의해 통합 데이터베이스에 소정의 기준(i.e. 주 단위 및 농가 단위)에 따라 저장된 통합 데이터(i.e. 환경 데이터, 생육 데이터 및 생산량 데이터)로부터 핵심변수가 추출되는 단계가 수행될 수 있음. 이때, 본 발명의 일 실시 예에 따른 핵심변수 추출 단계에서는 다중회귀분석(Multiple regression analysis)이 이용될 수 있으며, 핵심변수 추출부는 토마토의 생산성에 영향을 미치는 환경조건에 관한 제 1 핵심변수 일부 및 토마토의 생산성에 영향을 미치는 생육항목에 관한 제 2 핵심변수 일부를 다중회귀분석을 통해 추출할 수 있음
- 회귀분석(Regression analysis)이란 한 개 또는 한 개 이상의 독립 변수의 종속변수에 대한 영향을 추정할 수 있는 통계기법을 말함. 다시 말해서, 회귀분석은 관찰된 연속형 변수들에 대해 두 변수 사이의 모형을 구한 뒤 적합도를 측정해 내는 분석 방법으로, 하나의 종속변수와 여러 독립변수 사이의 관계를 규명 하는 방식을 다중회귀분석이라 함. 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 이러한 다중회귀분석 과정에서 이동평균법을 이용하여 시간지연효과를 반영한 환경과 생산량, 생육과 생산량 간의 상관관계에 대한 분석이 수행될 수 있음
- 핵심변수 추출부(20)는 전술한 다중회귀분석뿐만 아니라 다양한 연구 데이터들을 반영한 통합 데이터의 분석을 통해 제 1 핵심변수 및 제 2 핵심변수를 추출할 수 있음. 이와 같이 추출된 제 1 핵심변수에는 농가의 누적일사량, 온도, 습도, 이산화탄소농도, 1일 관수횟수, 1회 물공급량, 염류농도 및 pH농도가 포함될 수 있고 여기서 온도는 토마토와 같은 시설원에 작물의 경우 재배 특성상 외부 온도보다 내부 온도에 영향을 받으므로, 작물이 재배되는 시설의 내부 온도를 의미함
- 핵심변수 추출부에 의해 제 1 핵심변수 및 제 2 핵심변수가 추출되면, 이에 기초하여 제 1 데이터 분석부는 통합 데이터의 상호 연관성을 분석하는 단계를 수행할 수 있음. 이때, 상호 연관성을 분석하는 단계는, 농작물의 개화에서 수확까지의 소요기간을 누적 평균한 제 1 핵심변수와 생산량 데이터를 상호 매칭하는 단계 및 제 2 핵심변수 각각에 영향을 미치는 제 1 핵심변수를 분석하는 단계를 포함할 수 있음. 예를 들어, 제 1 데이터 분석부(30)는 토마토의 생육적인 특성을 반영하기 위해서 7주 내지 12주의 소요기간(i.e. 토마토의 개화 후 수확까지의 소요기간)동안 수집된 제 1 핵심변수를 누적 평균한 값과 주차별로 정리된 생산량 데이터의 값을 매칭시킬 수 있음. 이러한 매칭 과정을 통해 토마토의 개화 후 수확까지의 소요 기간

동안의 생산량과 환경조건과의 상관관계를 분석할 수 있음

- 제 1 데이터 분석부는 생장길이, 줄기굵기 및 화방높이 각각에 영향을 미치는 환경조건은 어떠한 것들이 있는지를 분석할 수 있으며, 제 1 데이터 분석부는 제 1 핵심변수와 제 2 핵심변수의 상관관계 분석을 통해 다음과 같은 결과를 도출할 수 있음
- 생장길이에 영향을 미치는 제 1 핵심변수에는 온도, 공급 염류농도 및 물 공급횟수(i.e. 관수횟수)가 포함될 수 있고 줄기굵기에 영향을 미치는 제 1 핵심변수에는 누적일사량, 잔존 이산화탄소 농도, 공급 염류농도, 공급 pH농도, 1회 물 공급량 및 물공급횟수가 포함될 수 있으며, 화방높이에 영향을 미치는 제 1 핵심변수에는 누적일사량, 습도, 잔존 이산화탄소 농도, 공급 염류농도, 공급 pH농도, 물 공급횟수가 포함될 수 있음

생장길이		줄기굵기		화방높이	
변수	표준화계수	변수	표준화계수	변수	표준화계수
내부 일일평균 온도	0.24	누적일사량 (J/cm ²)	-0.07	누적일사량 (J/cm ²)	-0.24
공급 EC(ds/m)	0.22	잔존 CO ₂	0.11	내부 일일 평균습도	0.04
물 공급횟수	-0.10	공급 EC(ds/m)	0.24	잔존 CO ₂	0.15
		공급 pH	0.05	공급 EC(ds/m)	0.15
		1회 물공급량	0.10	공급 pH	0.07
		물 공급횟수	-0.17	물 공급횟수	-0.08

- 제 2 데이터 분석부는 제 1 데이터 분석부에 의한 연관성 분석 결과를 기초로 농가별로 관리되는 통합 데이터 중 상위 20%에 해당 하는 데이터들을 추출할 수 있으며, 제 2 데이터 분석부는 상위 20%에 해당 하는 데이터들을 기준으로 최대 생산량에 해당하는 값을 분석하여 도출하고, 그 값에 매칭되는 제 1 핵심변수 및 제 2 핵심변수의 구간값을 추정 할 수 있음
- 제 1 핵심변수 및 제 2 핵심변수의 구간값은 재배시기를 고려한 생육단계를 기준으로 추정될 수 있으며, 토마토의 생육단계는 기본적으로 크게 생육초기, 생육중기, 생육말기의 3단계로 나뉘질 수 있음. 여기서 계절별 토마토 꽃의 개화에서 수확까지의 기간 분석을 통해 토마토의 재배시기를 고려하면, 생육중기는 9월에서 10월의 단계, 11월에서 12월의 단계, 1월에서 2월의 단계 및 3월에서 6월의 단계의 4단계로 나뉘질 수 있고 토마토의 재배시기를 고려한 생육단계는 총 6단계로 나뉘질 수 있음
- 추출된 통합 데이터를 기초로 하여 재배시기를 고려한 생육단계별로 최대 생산량에 해당 하는 제 1 핵심변수 및 제 2 핵심변수의 구간값을 분석하는 단계에서는 제 2 데이터 분석 부가 누적일사량의 구간값을 기준으로 최대 생산량이 나올 수 있는 나머지 제 1 핵심변수들의 구간값들의 조합을 산출할 수 있음. 누적일사량은 사용자에게 의해 별도로 설정될 수 없는 외생적인 변수이므로, 재배시기를 고려한 생육단계별로 누적일사량의 구간값을 기준으로 하여 최적의 환경조건의 조합이 결정될 수 있음
- 상위 20%의 통합 데이터를 분석한 결과에 따라 재배시기를 고려한 생육단계별로 최대생산량, 평균생산량, 평균수확주수의 값이 결정될 수 있으며, 생육단계별로 제 1 핵심변수 및 제 2 핵심 변수의 구간값이 분석되어 결정될 수 있음. 핵심변수들은 전체 상위 20%의 통합 데이터를 분석한 결과에 기반하므로 하나의 구간값으로 정의될 수 있음
- 생육단계별로 누적일사량의 구간값을 기준으로 하여 최적의 환경조건의 조합이 결정되면, 제 2 데이터 분석부는 각 농가의 전체적인 토마토의 생산을 증대하는 환경을 사용자가 스스로 설정할 수 있는 환경 설정값을 제공할 수 있음

- 상호 연관성을 분석한 결과에 따라 제 1 핵심변수의 구간값과 제 2 핵심변수의 구간값을 매칭하는 단계에서는 제 2 데이터 분석부가 제 2 핵심변수들을 기준으로 한 단기적인 환경조건의 조합을 결정할 수 있음. 다시 말해서, 제 2 데이터 분석부는 생육단계 전반에 걸쳐 최대 생산량을 도출하기 위한 환경조건의 조합을 어떻게 설정해야 하는지 뿐만 아니라 생장길이, 줄기굵기, 화방높이 등의 생육 조건을 적절하게 유지하기 위한 단기적인 환경 조건의 조합을 어떻게 설정해야 하는지를 분석할 수 있음

시 기	평균	생육 초기(1)	생육중기				생육말기 (21)	
			9~10월(6)	11~12월(6)	1~2월(3)	3~6월(42)		
최대생산량(kg/3.3m2)	3.9	3.9	2.7	3.9	3.9	4.3	4.0	
평균생산량(kg/3.3m2)	2.2	1.6	2.1	2.2	1.8	3.0	2.5	
평균 수확 주차수	40주차	3	4	7	9	13	4	
적정생육	생장길이(cm)	19.5	27.0	16.9	20.3	13.8	18.9	18.6
	줄기굵기(mm)	10.0	12.3	9.3	10.0	9.4	8.0	8.0
	화방높이(cm)	20.0	23.8	13.5	13.7	25.8	16.2	16.9
적정생육 유지환경 설정	누적일사량(J/cm2)		1772~2441	1078~1330	993~1146	817~999	1393~1628	1751~1985
	일일 내부평균 온도(°C)		20.2	22.0	17.8	16.4	19.2	21.4
	일일 주간평균 온도(°C)		27.2	24.3	20.0	19.0	21.9	24.3
	일일 야간평균 온도(°C)		14.9	19.5	16.2	14.5	16.4	18.1
	일일 주간평균 상대습도(%)		79.8	80.3	80.1	8.0	73.9	71.5
	1일 관수 횟수		23	15	12	6	22	24
	1히 물 공급량 (cc./day/plant)		86	71	57	86	59	51
	염류농도(dS/m)		2.6	2.5	3.3	2.7	2.4	2.5
	pH농도		5.5	5.7	5.7	5.7	5.1	5.8

- 단기적인 환경설정의 조합을 토대로 사용자는 현재 재배되고 있는 토마토의 생장길이, 줄기굵기 및 화방높이를 체크하여 어떠한 환경조건의 값을 얼마만큼 조절해야 하는지를 확인 할 수 있고 앞서 살펴본 데이터 분석 방법을 통해 사용자는 토마토의 생산량을 최대로 하기 위해서 토마토의 생육상태를 고려한 단기적인 환경 설정뿐만 아니라 생육단계 전반을 고려한 전체적인 환경설정을 적절하게 수행할 수 있음

○ 생육 최적 환경제어 모형을 DB화하고 제어시스템과 연동하여 환경제어하는 시스템을 개발

KIND_CODE	GROWTH_ID	FROM_DATE	TO_DATE	FROM_VALUE	TO_VALUE	SET_VALUE
080303	061	0101	0229	13.80	13.80	13.80
080303	061	0301	0630	18.90	18.90	18.90
080303	061	0701	0731	18.60	18.60	18.60
080303	061	0801	0831	27.00	272.00	27.00
080303	061	0901	1031	16.90	16.90	16.90
080303	061	1101	1231	20.30	20.30	20.30
080303	062	0101	0229	9.40	9.40	9.40
080303	062	0301	0630	8.00	8.00	8.00
080303	062	0701	0731	8.00	8.00	8.00
080303	062	0801	0831	12.30	12.30	12.30
080303	062	0901	1031	9.30	9.30	9.30
080303	062	1101	1231	10.00	10.00	10.00
080303	063	0101	0229	25.80	25.80	25.80
080303	063	0301	0630	16.20	16.20	16.20
080303	063	0701	0731	16.90	16.90	16.90
080303	063	0801	0831	23.80	23.80	23.80
080303	063	0901	1031	13.50	13.50	13.50

생육프로파일정보
품종코드
항목코드
시작일
종료일
최소모델값
최대모델값
평균 모델값

[그림 2-731] 생육2모델 프로파일 DB

생육모델정보	
#품종코드	
#함육코드	
#시작일	
#종료일	
#시작시간	
종료시간	
최소설정값	
최대설정값	
평균설정값	

KIND_CODE	MACHINE_ID	FROM_DATE	TO_DATE	FROM_TIME	TO_TIME	FROM_VALUE	TO_VALUE	SET_VALUE
080303	006	0101	0229	0000	2359	817.00	999.00	908.00
080303	006	0301	0630	0000	2359	1393.00	1628.00	1510.00
080303	006	0701	0731	0000	2359	1751.00	1985.00	1868.00
080303	006	0801	0831	0000	2359	1772.00	2441.00	2106.00
080303	006	0901	1031	0000	2359	1078.00	1330.00	1204.00
080303	006	1101	1231	0000	2359	993.00	1146.00	1069.00
080303	007	0101	0229	0000	0729	14.50	14.50	14.50
080303	007	0101	0229	0730	1739	19.00	19.00	19.00
080303	007	0101	0229	1800	2359	14.50	14.50	14.50
080303	007	0301	0630	0000	0559	16.40	16.40	16.40
080303	007	0301	0630	0600	1659	21.90	21.90	21.90
080303	007	0301	0630	1700	2359	16.40	16.40	16.40
080303	007	0701	0731	0000	0529	18.10	18.10	18.10
080303	007	0701	0731	0530	1929	24.30	24.30	24.30
080303	007	0701	0731	1930	2359	18.10	18.10	18.10
080303	007	0801	0831	0000	0559	14.90	14.90	14.90
080303	007	0801	0831	0600	1859	27.20	27.20	27.20

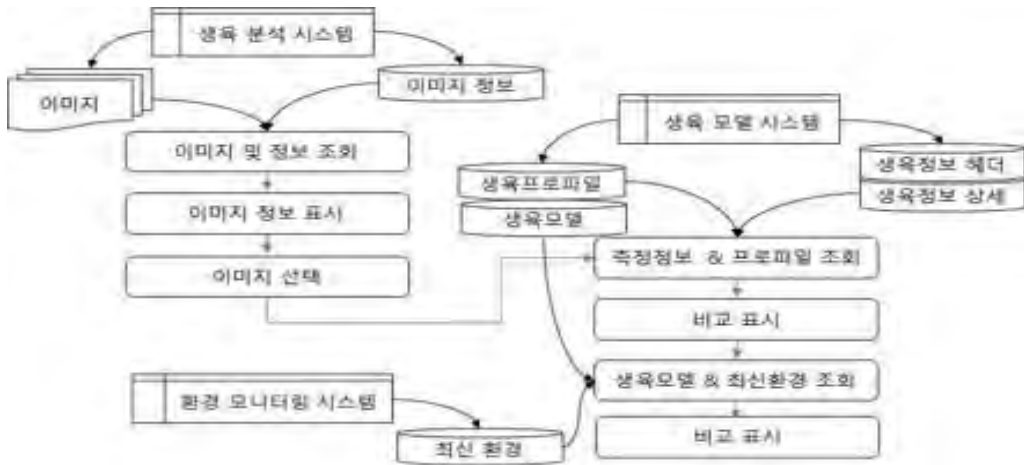
[그림 2-732] 생육모델 환경설정 DB

- 생육 최적 환경제어 모형 & 현재 환경
- 분석 화면



[그림 2-733] 생육정보 분석 화면

- 생육 모델 시스템에서 측정된 정보와 생육프로파일 정보를 비교하여 표시하고 현재 환경 상태와 생육 모델정보를 비교하여 표시함
 - ㉠ 생육 모델 시스템에 측정된 생장길이, 줄기굵기, 화방높이와 생육프로파일 값을 비교 표시함
 - ㉡ 환경 모니터링 시스템에서 측정된 센서 값과 생육 모델 시스템의 생육모델 값을 비교 표시함
 - ㉢ 생육 분석 시스템에서 분석된 성숙도를 표시함
 - ㉣ 생육 분석 시스템에서 분석된 NDVI값을 표시함
- 프로세스 흐름도



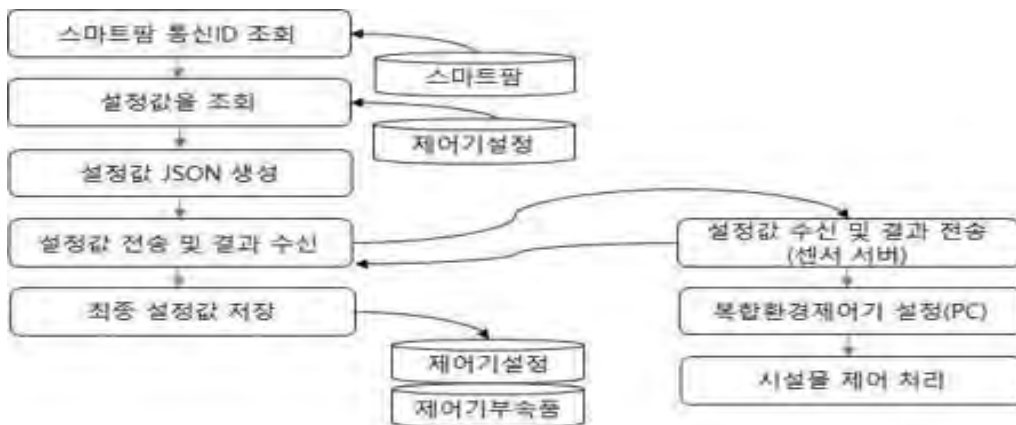
[그림 2-734] <측정 정보 분석>

- 환경 제어 시스템



[그림 2-735] 환경 제어 시스템 구성도

- 프로세스 흐름도



[그림 2-736] 환경 제어 처리

- 스마트팜 통신ID를 스마트팜 정보(FARM_MASTER)에서 조회함
- 제어기 부품품 정보(CONTROLPART_MASTER)에서 현재 설정해야 할 값을 조회하는데 이미 해당

시간대에 설정 처리를 하였으면 전송하지 않음

- 설정할 값이 존재하면 설정데이터를 JSON형식으로 생성함
- 설정값을 센서 서버로 전송 하고 해당 처리 결과를 수신함
- 처리 결과가 정상이면 최종 설정값을 저장함
- 센서 서버에서는 설정값을 수신 하면 복합환경제어기에 해당 설정값을 설정 처리함 (온도, 습도, Co2)
- 설정 사항에 맞추어서 시설물을 제어 처리함

시 기	생육초기	생육중기				생육말기	
		9~10월	11~12월	1~2월	3~6월		
최대생산량(kg/3.3m ² /1주)	4.0	3.1	3.6	3.4	4.4	4.6	
평균생산량(kg/3.3m ² /1주)	1.6	2.1	2.2	1.8	3.0	2.5	
평균수확주수	3	4	7	9	13	4	
적정생육	누적일사량(J/cm ²)	1356~1506	1299~1392	956~1074	832~895	1209~1391	1872~2026
	내부평균온도(°C)	25.3~26.6	25.3~26.1	17.4~18.1	16.5~1.1	17.7~18.5	19.5~20.2
	주간상대습도(%)	79.8~83.3	82.8~84.5	81.0~83.7	82.3~84.9	81.8~84.4	76.9~79.8
적정환경	잔존 CO ₂ (ppm)	444~505	474~522	354~399	373~401	402~446	376~395
	1일 관수횟수(회)	15~18	17~19	6~8	4~6	11~14	16~19
	1회 물공급량 (cc/day/plant)	74~89	68~76	87~99	90~97	78~83	71~76
	염류 농도(dS/m)	2.24~2.52	2.28~2.35	2.54~2.71	2.60~2.69	2.44~2.56	2.42~2.52
	pH농도	5.58~5.73	5.59~5.74	5.68~5.97	5.77~5.91	5.93~6.13	5.78~6.02

- 농가별로 관리되는 통합 데이터의 상위 20%와 하위 80%를 핵심변수별로 비교한 결과를 구체적으로 살펴보면 상위 20%의 통합 데이터와 나머지 데이터를 (a) 온도 및 습도를 기준으로 비교한 결과, (b) 누적일사량 및 이산화탄소 농도를 기준으로 비교한 결과를 나타낸 그래프임

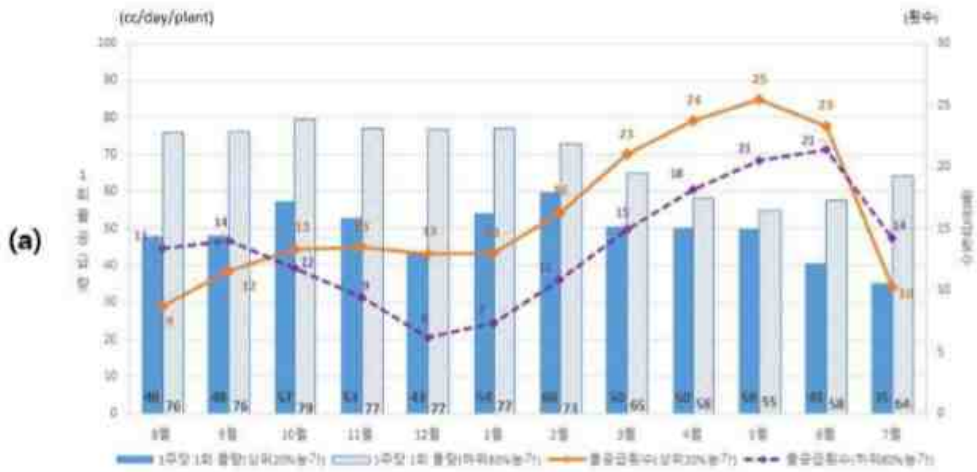


[그림 2-73] 온도 및 습도를 기준으로 비교



[그림 2-738] 누적일사량 및 이산화탄소를 기준으로 비교

- 온도와 습도에 대하여 상위 20%와 하위 80%는 미세하긴 하나 전반적으로 유의미한 차이를 나타내는 것을 확인할 수 있으며, 상위 20%와 하위 80%의 온도와 습도값은 각 월별로 일치하는 경우가 존재하지 않으므로, 온도와 습도는 미세한 차이를 기초로 최대 생산량에 영향을 미침을 알 수 있음
- 누적일사량의 경우, 햇볕이 강한 7월에서 9월의 기간 동안 상위 20%와 하위 80% 사이에 상당한 차이가 발생함을 확인할 수 있고 누적일사량은 외생적인 요인으로서 계절, 지역 등의 시기와 절기 등에 상당한 영향을 받음을 알 수 있음. 또한, 이산화탄소 농도의 경우, 1월에서 3월의 기간 동안 상위 20%와 하위 80% 사이에 상당한 차이가 발생함을 확인할 수 있음



[그림 2-739] 1회 물 공급량 및 물 공급횟수

- 상위 20%의 통합 데이터와 나머지 데이터를 (a) 1회 물 공급량 및 물 공급횟수를 기준으로 비교한 결과, (b) 평당 생산량을 기준으로 비교한 결과를 나타낸 그래프임

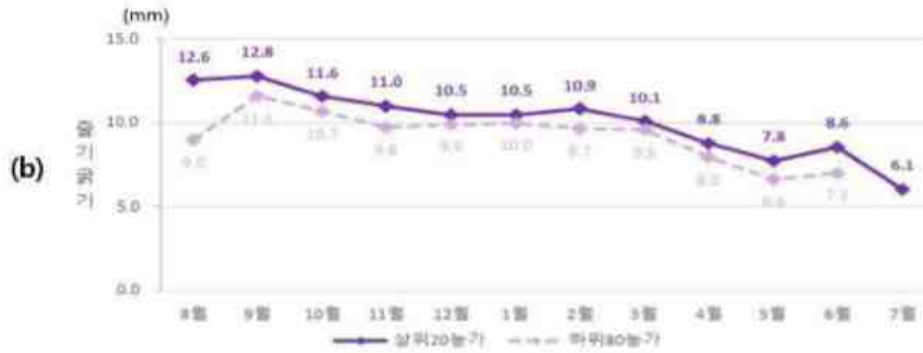


[그림 2-740] 평당 생산량

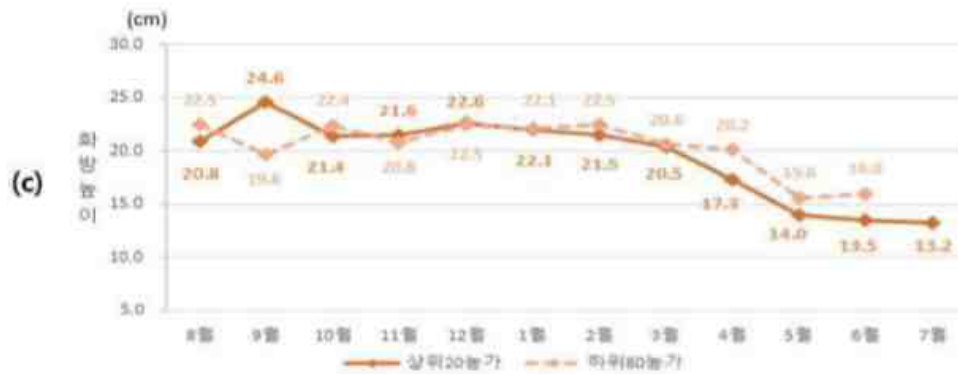
- 1회 물 공급량 및 물 공급횟수에 대하여 상위 20%와 하위 80%는 전반적으로 큰 폭의 차이를 나타냄을 확인할 수 있으며, 농작물의 재배자에 의해 오롯이 결정되는 핵심변수인 물 공급량 및 공급횟수는 최대생산량에 상당한 영향을 미침을 알 수 있음
- 재배시기를 고려할 때, 상위 20%가 하위80%에 비해 최대 2배 이상의 생산량의 차이 (i.e. 5월의 생산량의 차이)를 보임을 확인할 수 있으며, 상위 20%에 대한 분석 결과를 토대로 재배시기를 고려한 생육 단계별로 전반적인 환경조건이 설정된다면, 생산량을 전반적으로 향상시킬 수 있음을 확인할 수 있음
- 상위 20%의 통합 데이터와 나머지 데이터를 (a) 생장길이를 기준으로 비교한 결과, (b) 줄기굵기를 기준으로 비교한 결과, (c) 화방높이를 기준으로 비교한 결과를 나타낸 그래프임



[그림 2-741] 생장길이를 기준으로 비교



[그림 2-742] 줄기높이를 기준으로 비교

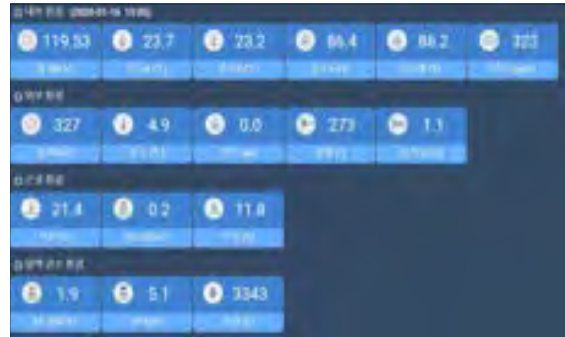


[그림 2-743] 화방높이를 기준으로 비교

- 제 1 핵심변수들과 마찬가지로 제 2 핵심 변수인 생장길이, 줄기높이 및 화방높이는 상위 20%와 하위 80% 간에 유의미한 차이가 존재함을 확인할 수 있으며, 상위 20%에 대한 분석 결과를 토대로 생육 조건에 따른 단기적인 환경조건이 설정된다면, 생산량을 전반적으로 향상시킬 수 있음을 확인할 수 있음

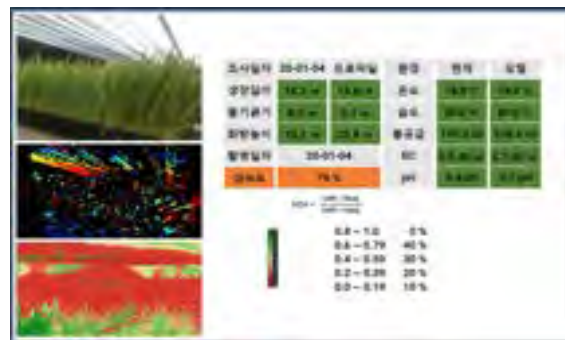
(4) 연구결과

- 센서 시스템과 환경 모니터링 시스템을 고도화하여 실질적으로 작물을 재배하고 있는 11개 농가에 센서를 설치하고 측정정보를 실시간(1분단위)으로 수집하여 빅데이터 플랫폼에 적재하고 있으며, 실시간으로 모니터링 할 수 있는 WEB화면을 제공하고 있음
- 생육 분석 시스템을 개발해서 이미지 카메라를 직접 제어하여 실시간의 사진 정보를 수집하고 해당 이미지 정보를 Yolo라는 머신러닝을 사용하여 분석 하고, 분석된 정보를 저장하며 WEB화면을 제공
- 화면에서 환경 제어 설정 값을 입력하면 해당 설정 값이 복합환경제어기에 설정 되어 시설물을 제어하고 있으며 현재 하나의 테스트 베드에서 실험
- 토마토 재배 농가의 환경관리 인자와 실태를 조사 하고 이에 따른 분석을 하여 생육 프로파일을 작성하였고 환경 제어 요인을 조사 및 분석하여 적정 생산량을 위한 생육 환경 제어 모형을 개발함. 이를 DB화를 시켰으며 실질적으로 조사되는 생육 측정 정보와 생육 프로파일 정보를 비교할 수 있는 화면과, 현재 환경 실태와 생육 환경 제어 모형 정보를 비교할 수 있는 WEB화면을 제공



[그림 2-744] 11개 농가 환경 모니터링 WEB화면

FIELD CODE	MACHINE ID	FROM DATE	TO DATE	FROM TIME	TO TIME	FROM VALUE	TO VALUE	EST VALUE	TEMP
000001	006	0701	0729	0800	2359	817.00	999.00	900.00	4
000001	006	0701	0730	0800	2359	830.00	900.00	865.00	4
000001	006	0701	0731	0800	2359	175.00	199.00	186.00	4
000001	006	0801	0811	0800	2359	177.00	244.00	210.00	2
000001	006	0801	0811	0800	2359	157.00	150.00	153.00	2
000001	006	1201	1231	0800	2359	99.00	216.00	107.00	3
000001	007	0701	0729	0800	0759	14.00	14.00	14.00	4
000001	007	0701	0730	0759	1759	19.00	19.00	19.00	4
000001	007	0701	0731	0800	0759	14.00	14.00	14.00	4
000001	007	0701	0730	0800	0759	14.00	14.00	14.00	4
000001	007	0701	0731	0800	0759	14.00	14.00	14.00	4
000001	007	0701	0730	0759	2359	18.00	18.00	18.00	4
000001	007	0701	0731	0800	2359	18.00	18.00	18.00	4
000001	007	0801	0811	0800	0759	14.00	14.00	14.00	2
000001	007	0801	0811	0800	0759	27.00	27.00	27.00	2



[그림 2-745] 생육 환경 제어 모형 및 이미지 및 생육 정보 비교 WEB화면

3.5. I-FDS 지능형 서비스 수출 확대 및 기능 추가

- 서비스 수출 확대 및 기능 추가(노지 작물)

(1) 개요

- 지능형 농장 관리 시스템을 실제 농가의 온실 환경에서 적용하고, 타사의 선제 및 복합 환경제어기, 양액기 시스템에 연동하도록 설계 진행하고 실제 연동하여 빅데이터 수집 및 분석, 그리고 온실 환경제어가 가능하도록 시스템 개발을 진행함.
- 자체로 뎀스 카메라와 분광 카메라를 인공 지능 칩이 장착된 보드에 연결한 아이센서를 개발하여 이를 생육 모니터링에 활용할 수 있도록 프로그램 개발을 진행함. 2차연도의 간 단한 CNN 알고리즘(Inception V3)을 이용하여 작물을 인식하고 속도를 판단한 것을 고도화하여 YOLO(You Only Look Once) V3를 활용하여 다중 개체 인식 및 작물의 속도에 따라 분류하는 프로그램을 완성함.
- 토마토 농가 41군데에서 수집된 환경, 생육 데이터를 바탕으로 토마토 최적 생육 모델을 농진청으로부터 기술을 이전받아 데이터베이스화하여, 향후 아이센서 및 센서 데이터를 통해 토마토 작물에 대한 최적 환경을 제어할 수 있는 밑바탕을 마련함.

(2) 접근방법

- 개요에서 언급한 데로 2차연도까지는 시스템 설계 및 기본 프로그램 개발을 하였다면, 3차연도의 연구개발은 실제 농가에 적용된 타사의 시스템, 복합 환경제어기, 양액기, 그리고 자사 제품인 생육 모니터링 센서인 아이 센서 등의 시스템과 연계하여 지능형 농장 관리 시스템이 실제 작동할 수 있도록 고도화하는 내용으로 접근함.
- 토마토 최적 생육모델을 데이터베이스화하여, 향후 타 작물의 데이터가 충분히 수집된다는 가정하에 작물

최적 생육모델 DB를 만들 수 있도록 연구 개발함.

□ 서비스 수출확대 및 기능추가(노지작물)

○ 스마트팜 11개 테스트베드 현황

- 한국스마트팜산업협회의 “1세대 스마트팜 실증사업”에 적용하기 위해 토마토, 딸기, 파프리카 등 기 보급농가가 많은 품목을 제외한 품목 11종(방울토마토, 애호박, 멜론, 가지, 오이, 고추, 수박, 상추, 장미, 국화, 분화류)에 대한 품목별 생육환경 최적화 및 원격모니터링, 제어가 가능한 1세대 스마트팜 모델을 개발하여 제공하였음. 또한 이들 품목의 스마트팜 측정데이터 표준화하여 빅데이터 수집체계를 확보하였음
- 센서 및 통합제어반, 통합제어기(gateway) 등으로 구성된 1세대 스마트팜 농가의 원격 생육환경 모니터링, 제어가 가능한 환경제어시스템, 원격제어시스템 설치하였고, 품목별 공통 조사항목 이외에도 중점관리가 필요한 생육환경, 생육량데이터를 수집하고 이를 로컬 서버 및 클라우드 서버에서 수집하여 저장하였음

[표 2-311] 11개 테스트베드 현황

작물	주소	설치 장비 내역
오이	경기도 오산시 갈곶동	운용컴퓨터, 모니터 온습도상자 온실용, CO2센서 온도검출기외기용, 풍향풍속계, 외부일사계 감우계, 온실운용프로그램, 제어기 WCM, 배액EC, PH배액량
가지	경기도 안성 일죽면 화곡리	
장미	경기도 고양시 덕양구 오금동	
선인장	경기도 고양시 일산서구 구산동	
상추	경기도 평택시 진위면	
토마토	전남 화순군 도곡면 대곡리	
호박	전남 나주시 봉황면 용전리	
멜론	전라남도 곡성군	
국화	전남 무안군 신학리	
고추	전남 담양군 한수동로	
수박	충북 음성군 대소면	

○ 센서 구성

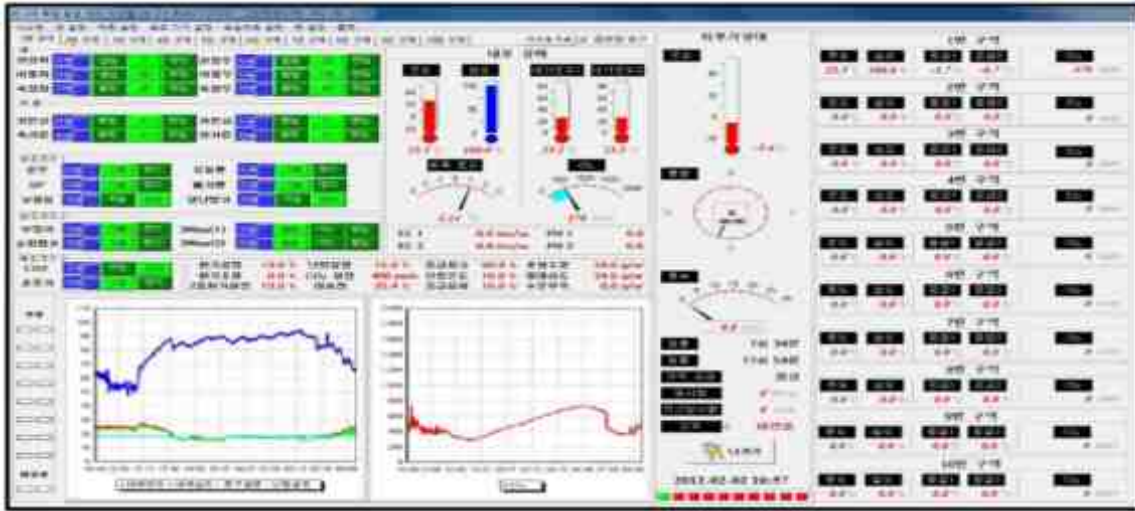
[표 2-312] 환경센서 종류

환경 센서	측정 센서	
	내부	온도, 습도, CO2, 실내일사
	외부	외부일사계, 온도검출기외기용, 감우계, 풍향계, 풍속계
	양액 관수	배액EC, 배액PH, 배액량
	근권부	지온, EC, 수분

○ 통합 제어기

- 각 센서 규격 범위 내에서 측정된 값을 수신 받음
- 센서와 RS485시리얼 통신방식의 유선으로 연결하여 서로 통신 연동을 함
- RS485시리얼 통신이란 Half-duplex(반이중) 통신 방식으로 송신 후 수신을 하는 특징을 가지고 있으며, 데이터 전송 거리가 길다는 특징 있음. 또한 멀티 장비들의 네트워크 생성이 가능하여 네트워크에 분산된 장비와의 통신에서 가장 좋은 방식임
- 통합제어기에서 센서에 전원을 공급하여 센서가 안정적으로 측정 될 수 있게 유지함

- 복합 환경 제어시스템이 설치되어 있는 PC
 - 통합제어기에서 전송 되는 센서 측정 값을 받아서 서버로 전송할 수 있는 PC
 - 통합제어기와 PC는 RS485 시리얼 통신 방식으로 연결 되어 있음
 - PC와 환경수집서버는 Ethernet 통신으로 연결 되어 있음
- 복합 환경 제어시스템
 - 센서 및 스마트팜에 설치되어 있는 각종 시설물 제어 (그린씨에스 마그마 화면)



[그림 2-746] 복합 환경 제어 시스템 화면

[표 2-313] 센서 규격

		품목	규격
환경 센서	내부	온도 센서	0°C~100°C
		습도 센서	0~100%
		CO2센서	0~3000PPM
		실내일사센서	0~1800W/m ²
	외부	외부일사계	0~1800W/m ²
		온도검출기외기용	0°C~100°C
		감우계	on/off
		풍향계	0~360°
	양액 관수	풍속계	0~60 M/S
		배액EC	0~10 ds/m ³
		배액PH	0~14 ph
	근권부	배액량	유량계
		지온	0°C~100°C
EC		0~10 ds/m ³	
		수분	0~100%

- 센서 데이터 Flow



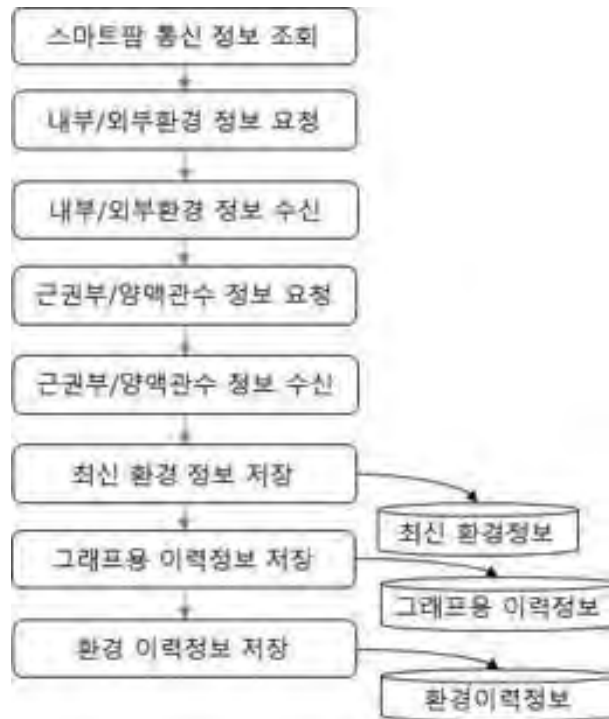
[그림 2-747] 센서 업체 데이터 flow

- 각 센서들과 통합제어기가 연결하여 센서에서 측정 된 값을 통합제어기가 수신 받아 복합환경 제어시스템이 설치되어 있는 PC에 전송하고, 복합 환경 제어시스템에서 센서 서버로 측정값을 전송하고 해당 전송된 환경 정보를 DB에 적재함
- 센서와 통합제어기간의 프로토콜은 Modubus RTU 방식, 전류 또는 전압으로 측정함
- Modubus RTU방식은 Master/Slave기반 프로토콜로써 네트워크상에 연결된 모든 노드들이 요청을 받을 수 있지만, 요청정보에 들어 있는 목적주소 장비만이 이에 응답하는 방식임
- 복합 환경 제어시스템과 센서 데이터베이스 서버간의 프로토콜은 제어기에서 데이터 베이스 서버로 직접 로깅하여 센서 값을 insert 처리함

○ 센서 연동

- 센서 시스템과 인터넷 망을 이용하여 RestAPI 통신 방식으로 센서 측정값을 연동
- 센서 데이터 베이스 서버에 요청을 하고 측정값을 수신 받아 처리

○ 센서 측정값 수집



[그림 2-748] 센서 측정값 수집 흐름도

- 센서 데이터베이스와 연동할 수 있는 스마트팜 통신ID를 조회함
- 내부/외부 환경정보를 수신 받을 수 site로 RestAPI의 Get방식으로 조회 요청을 하고 환경정보를 수신함 (http://api.gcsmagma.com/gcs_fb_api.php)
- 수신 받은 데이터는 JSON형식으로 되어 있으므로 필요한 항목을 편집함
- 근권부/양액관수 환경정보를 수신 받을 수 site로 RestAPI의 Get방식으로 조회 요청을 하고 환경정보를 수신함 (http://api.gcsmagma.com/gcs_my_api.php)
- 수신 받은 데이터는 JSON형식으로 되어 있으므로 필요한 항목을 편집함
- 최신 환경정보에 저장하는데 저장된 정보가 없으면 Insert, 이미 존재하면 측정일자, 측정시각, 측정값만

Update함 (Mysql)

- 그래프용 이력 정보는 경량의 데이터를 유지 하기 위하여 1시간 마다 저장을 하고 5일전 데이터는 삭제함 (Mysql)
- 환경이력정보는 Json형식으로 다시 재구성하여 조회할 때 마다 새롭게 저장함(MongoDB)

○ 데이터 구성 형식

- 내부 / 외부 환경 정보 JSON 정보

```
{
  "save_dt": {"date": "2020-01-06 16:15:01"},
  "xdatetime": {"date": "2020-01-06 16:14:00"},
  "xouttemp": "4.4",
  "xwinddirec": "157.0",
  "xwindsp": "0.0",
  "xsunvol": "14.0",
  "xsunadd": "221.0",
  "xintemp1": "14.3",
  "xintemp2": "13.9",
  "xinhum1": "91.7",
  "xinhum2": "100.0",
  "xco2": "501.0"}
}
```

[표 2-314] 내부/외부 환경 정보 필드 정보

필드명	데이터 TYPE	필드설명	비고
save_dt	datetime	저장시각	저장시각(서버)
xdatetime	datetime	저장시각	저장시각(로컬)
xouttemp	decimal	외부온도	0~100 °C
xwinddirec	decimal	풍향	0~360 0:북 180:남
xwindsp	decimal	풍속	m/s
xsunvol	decimal	외부일사량	W/m ²
xsunadd	decimal	외부누적일사량	J/cm ²
xrain	int	감우	0 비안옴 , 1 비옴
xintemp1	decimal	내부온도1	°C
xintemp2	decimal	내부온도2	°C
xinhum1	decimal	내부습도1	%
xinhum2	decimal	내부습도2	%
xco2	decimal	CO2농도	ppm

- 근권 / 양액관수 환경 정보 JSON 정보

```
{
  "farm_code": "00010",
  "save_dt": {"date": "2020-01-06 16:36:01.863000"},
  "ept_value_4": 2,
  "ept_value_5": 4.3,
  "ept_value_6": 15.1,
  "me_value_1": 2199,
  "wcm_value_1": 19.3,
  "wcm_value_2": 17.12,
  "wcm_value_3": 0.29,
  "rad_value_1": 31.6}
}
```

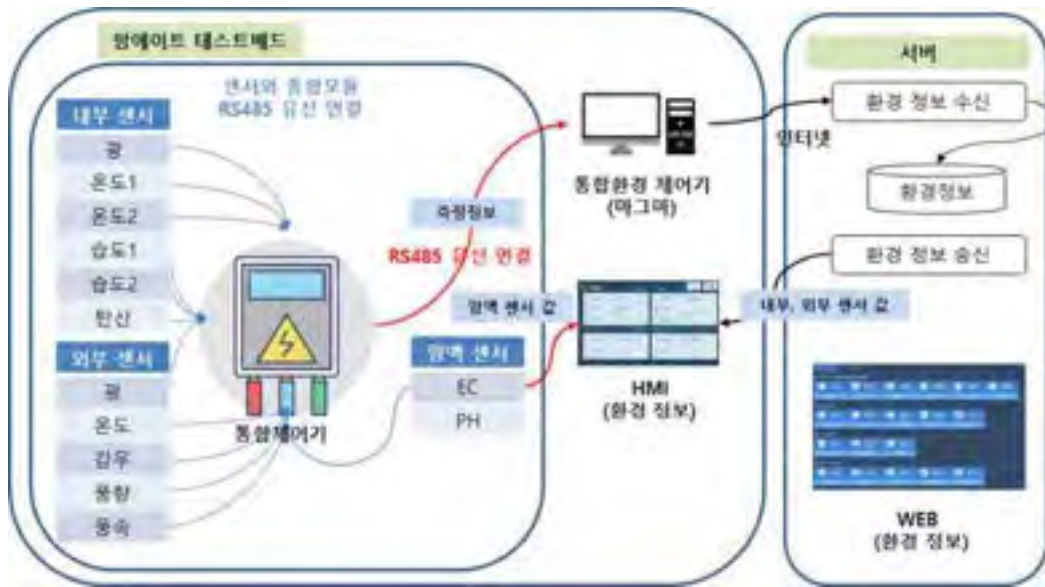
[표 2-315] 근권/양액관수 환경 정보 필드 정보

필드명	데이터 TYPE	필드설명	비고
farm_code	nvarchar	농가코드	
save_dt	datetime	저장시각	
ept_value_4	float	배액EC	
ept_value_5	float	배액PH	
ept_value_6	float	배액수온	
me_value_1	float	유량계	
wcm_value_1	float	토양수분	
wcm_value_2	float	토양온도	
wcm_value_3	float	토양EC	
rad_value_1	float	내부일사	

- 내부 / 외부 환경 정보와 근권 / 양액관수 환경 정보를 따로 요청하여 환경 정보를 수신하고 JSON 정보를 Parsing하여 저장 처리함
- 1분 마다 센서 값을 요청하여 저장하는 데, 관계형 데이터베이스에는 최신 정보만 유지하고 NoSQL 데이터베이스에는 데이터를 계속 쌓아 저장함

○ 팜에이트 테스트베드 구성 및 동작 Flow

- 환경 정보

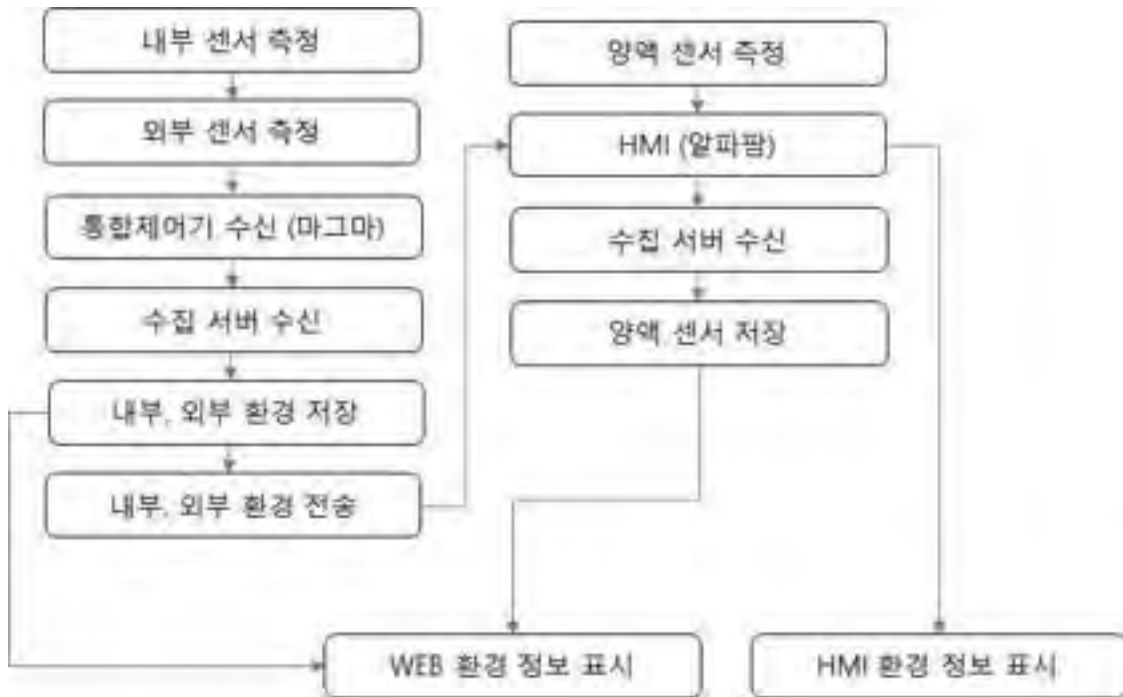


[그림 2-749] 환경 정보 구성

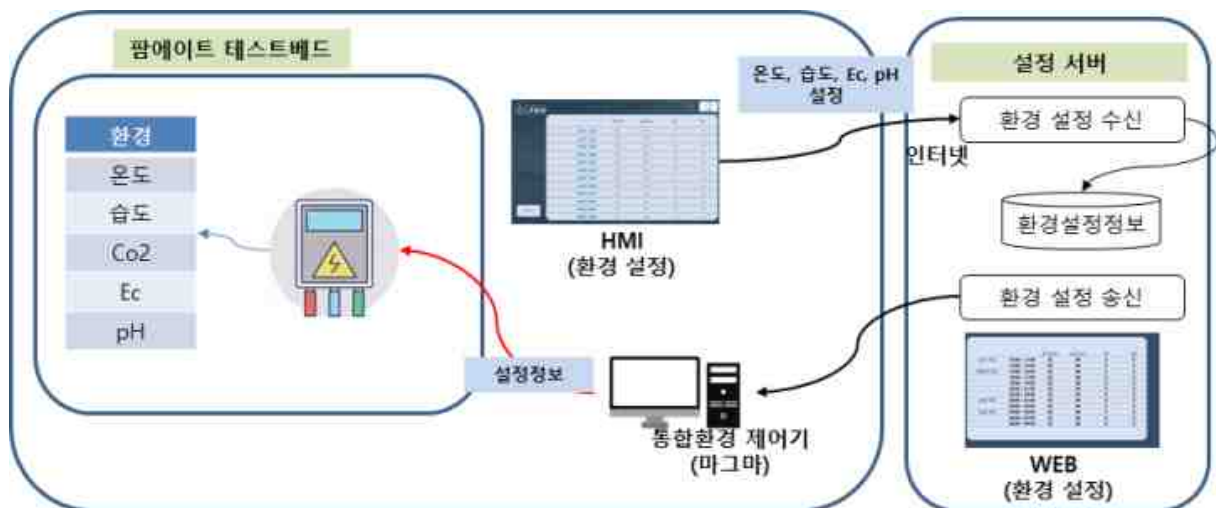
- 내부 센서 (광, 온도1, 온도2, 습도1, 습도2, 탄산) 값을 받아서 서버로 전송
- 외부 센서 (광, 온도, 감우, 풍향, 풍속) 값을 받아서 서버로 전송
- 양액 센서 (EC, pH) 값을 받아서 서버로 전송
- 현장에 있는 HMI 화면에서 내부, 외부, 양액 정보를 조회함
- WEB으로 내부, 외부, 양액 정보를 조회함

- 내부, 외부 센서 측정 값은 현장에 있는 통합제어기에서 수신 받아 서버로 전송함
- 서버에서 현장에 있는 HMI로 내부, 외부 센서 측정 값을 전송함
- 양액 센서 측정 값은 현장에 있는 HMI로 수신 받아 서버로 전송함
- 현장에 있는 HMI 화면에서 내부, 외부, 양액 정보를 표시함
- WEB으로 내부, 외부, 양액 정보를 표시함

○ 환경 설정



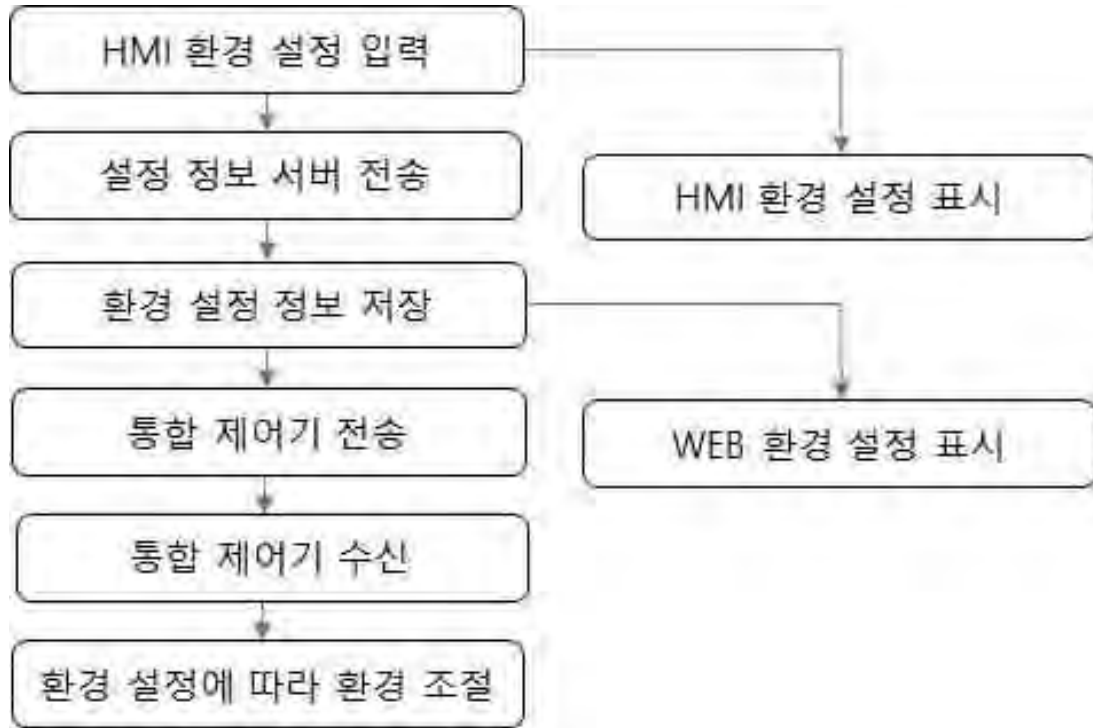
[그림 2-750] 환경 정보 표시



[그림 2-751] 환경 설정 도식화

- HMI에서 온도, 습도, Ec, pH 설정 값을 입력하여 서버로 전송
- 서버에서 통합환경 제어기(마그마)로 온도, 습도, Ec, pH 설정 값을 전송

- 통합환경 제어기(마그마)에서 설정 값을 기준으로 주변 장비 컨트롤하여 환경 조절



[그림 2-752] HM 구동

- HMI에서 환경 설정 정보를 입력하여 서버로 전송함
- 수신된 설정 정보를 저장하고 통합환경 제어기로 전송함
- 통합환경 제어기에서 수신 받아 환경 설정값을 설정하고 그에 맞게 환경 조절함
- 현장에 있는 HMI 화면에서 환경 설정 정보를 표시함
- WEB으로 환경 설정 정보를 표시함

○ 팜에이트 상추재배 데이터

- 품종 : 상추 (이자트릭스)
- 생육기간 : 2020년 01월01일 ~ 3월10일
- 총 출하면적 : 165m²

[표 2-316] 팜에이트 상추 재배 데이터

최초수확일: 01월 16일	최종수확일:	03월10일
농가명	평균 중량(g)	생산량(kg)
팜에이트	155	325.00
팜에이트	167	360.00
팜에이트	161	348.00
팜에이트	156	337.00
평균	159.75	342.5

- 실제 측정데이터

측정시간	황유석분 (μg)	도말EC (dS/m)	도말PH (pH)	도말수온 (°C)	유량계 (L/p)	토양수분도량계 (%)	도말EC (dS/m)	유량계 (L/p)	내부일사 (W/m ²)
2020-01-01		2.10	5.50	18.00					
2020-01-02		2.20	5.40	19.00					
2020-01-03		2.00	5.60	18.00					
2020-01-04		2.10	5.80	19.00					
2020-01-05		2.10	6.00	19.00					
2020-01-06		2.20	5.80	20.00					
2020-01-07		2.30	5.90	20.00					
2020-01-08		2.20	6.00	20.00					
2020-01-09		2.20	6.10	21.00					
2020-01-10		2.10	6.10	20.00					
2020-01-11		2.10	6.00	19.00					
2020-01-12		1.90	6.10	20.00					
2020-01-13		2.00	6.10	21.00					
2020-01-14		2.10	6.00	20.00					
2020-01-15		2.10	5.50	18.00					
2020-01-16		2.20	5.40	19.00					
2020-01-17		2.00	5.60	18.00					
2020-01-18		2.10	5.80	19.00					
2020-01-19		2.10	6.00	19.00					

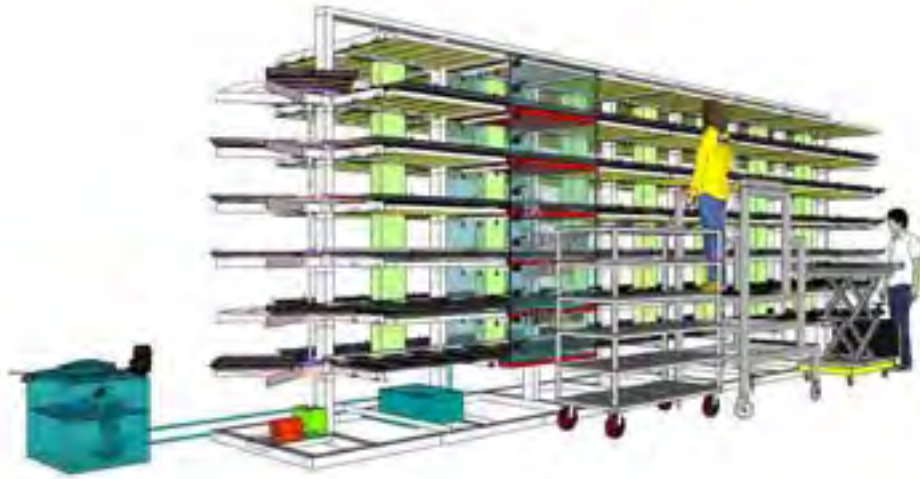
[그림 2-753] 실측 데이터

- 팜에이트 내부 조직변경으로 실제측정이 제때, 제대로 운영되지 못해 유의미한 모델링 결과를 얻지 못함

농가명	조사일	개체번호	업수 (매)	업부계 (g)	중량 (g)
팜에이트	2020-01-16	1	27	16	140
팜에이트	2020-01-16	2	28	17	160
팜에이트	2020-01-16	3	27	16	135
팜에이트	2020-01-16	4	29	15	130
팜에이트	2020-01-16	5	28	18	170
팜에이트	2020-01-16	6	30	18	165
팜에이트	2020-01-16	7	30	17	155
팜에이트	2020-01-16	8	31	16	150
팜에이트	2020-01-16	9	29	19	190
팜에이트	2020-01-30	1	30	18	170
팜에이트	2020-01-30	2	32	16	155
팜에이트	2020-01-30	3	31	18	160
팜에이트	2020-01-30	4	33	19	165
팜에이트	2020-01-30	5	35	16	180
팜에이트	2020-01-30	6	32	15	175
팜에이트	2020-01-30	7	36	17	180
팜에이트	2020-01-30	8	35	18	163
팜에이트	2020-01-30	9	33	18	159
팜에이트	2020-02-17	1	33	16	170
팜에이트	2020-02-17	2	29	19	160
팜에이트	2020-02-17	3	32	15	140
팜에이트	2020-02-17	4	35	18	150
팜에이트	2020-02-17	5	36	18	170
팜에이트	2020-02-17	6	34	17	165
팜에이트	2020-02-17	7	30	16	140
팜에이트	2020-02-17	8	31	19	170
팜에이트	2020-02-17	9	32	18	190
팜에이트	2020-03-10	1	33	19	160

[그림 2-754] 상추 생육 정보

○ 상추재배 매뉴얼 작성



[그림 2-755] 자동회전 재배기

○ 재배 매뉴얼 (보경과 공동작성)

[표 2-317] 재배 매뉴얼

준비자재	종자 엽채류재배트레이 스펀지큐브	<ul style="list-style-type: none"> - 발아률이 높은종자를 쓰되, 가능한 한 코팅종자를 준비한다. - 72구 플러그트레이, 바닥구멍이 충분히 커서 뿌리가 넓게 퍼질 수 있도록한다. - 사이즈 30mm로 위에 파종할 수 있는 구멍이 있어야 한다. 스펀지 대신 암면 큐브를 쓸 수있다. 암면은 물을 위로 흡입하지만 스펀지는 흡입하지 않으므로 뿌리가 수분에 접촉되어야 한다.
재배과정구분	파종 발아 육묘 이식(1차) 이식(2차) 수확	<ul style="list-style-type: none"> - 발아실에서 3일 소요 (트레이당 72개) - 재배대에서 2주 (트레이당72개) - 재배대에서 2주 (트레이당18포기) - 재배대에서 2주 (트레이당8포기)
	파종	<ul style="list-style-type: none"> - 스펀지큐브(또는암면큐브)를 물에 흠뻑 먹인다. - 구멍에 종자 한알씩 넣는다. - 스펀지를 쓸 경우 육묘판(30cmx60cm)에 200개를 파종할 수 있다. - 그위에 키친 타월등 숨쉬고 빛이 투과하는 피복으로 그 위에 덮고 물을 축여 마르지 않게한다.
	발아	<ul style="list-style-type: none"> - 별도의 발아실 또는 발아상자를 이용한다. - 상추의 발아하는데 3일이걸리며 - 적정온도는15 -20도이다. - 상추는 광발아작물이므로 빛을 주거나 빛이 들어오는 재질로된 발아실이어야 한다. - 적정습도는 90-95%로 되어있으나 따로 물을 흠뻑 줄 필요는 없고 상부피복을 마르지 않게 하면 충분하다.
	육묘	<ul style="list-style-type: none"> - 육묘시설은 본포의 상추들과 같은 환경이면 되므로 따로 만들 필요없이 BKCC의 일

		<ul style="list-style-type: none"> 부를 사용해도 된다. - 발아된 각 스펀지는 72구트레이에 심고, 바로 BKCC에 올려본 포재배와 같은 환경과 관수, 양액, 광조사를 해주면된다. - 육묘일수는 2주정도이며, 육묘판에 잎들이 포개 질정도로 빈틈없이 자라면 본포이식을 한다. - BKCC 순재배면적의 7%를 육묘에 할애한다.
	이식 1차	<ul style="list-style-type: none"> - 육묘를 끝낸 스펀지묘는 같은 72구트레이에 2칸 건너 하나씩 이식하여, 트레이당 18포기를 심는다. - 1차 이식 재배기간은 2주 정도이며, 포기들의 잎이 포개질 정도로 빈틈이 없이 자라면서 2차이식을 한다. - 이때 1차 이식은 BKCC 순재배 면적의 29%를 할애한다.
	이식 2차	<ul style="list-style-type: none"> - 1차 이식재배를 끝낸 어린상추 포기들은 다시 72구 트레이에 3칸 건너하나씩 트레이당 8포기를 심는다. 2차 이식재배는 수확할 때까지 재배한다. - 이때 2차 이식은 BKCC의 순 재배면적의 64%를 할애한다. 이는 재배대의 재배면적의 64%에서 2주 사이클로 수확하게 된다.
	수확	<ul style="list-style-type: none"> - 수확이 준비되면 트레이들을 밀차에 실어 수확 작업장으로 이송되어, 요구되는 포장방법에 따라 작업대에서 트레이별로 수확하게 되며, 이때 별도의 세척작업은 필요없다. 수확이 완료된 트레이들은 세척 과 소독을 하여 다시 사용하게 된다.
상추재배환경및관수관리		
환경관리	온도	<ul style="list-style-type: none"> - 상추의 적정재배온도는 15 -23도로 되어있지만, 여러 경제적 및 관리적 이유 등으로 일반적으로 21도를 표준으로 한다. - 변온관리가 생장에 영향이 있으므로 야간에 LED등을 끈후 적어도 4시간동안 15 -18도로 온도를 낮추어주면 뿌리발육 및 생육이 좋아진다.
	LED 등	<ul style="list-style-type: none"> - 상추는 최소한 하루8시간의 빛이없는 휴식시간이 필요하며, 필요한 조사시간은 하루 12 -16시간으로 되어있으나, 일반적으로 14시간정도가 에너지비용등을 감안하는 것이 합리적이다.
	환기	<ul style="list-style-type: none"> - 공기의유동, 특히 잎표면에 끊임없는 공기흐름은 탄산가스를 고정하는데 필수적인 환경이다. 또한 온습도의 균형, 정체된 공기로 인한 여러병해를 방지한다.. - 너무 강한바람은 도리어 광합성을 저해하고 스트레스를 주게되므로 초당0.5 -1m의 적정한 것으로 되어있다. - BKCC에서는 LED에서 방출하는 열을 빨아들이고 작물주위에 일정한 공기흐름을 유도하지만, 재배 전체공간에 균일한 공기흐름도 유지되어야한다.
	CO2	<ul style="list-style-type: none"> - 외부에서 청정한 공기를 계속 유입할 수 있다면 공기유동으로도 충분히CO2 공급이 충분하지만, 밀폐식일 경우 800 -1,000ppm의 탄산가스를 유지하는 것이 생육에 최적으로 알려져 있다.
	습도	<ul style="list-style-type: none"> - 과습은 증산작용을 저해하고 병해에 약하게한다. 너무 낮은 습도는 기공을 닫게하고 식물체의 수분이 빼앗기게 된다. 적정습도는 50 -70% 이다.
관수 및 양액 관리	관수 시간 및 간격	<ul style="list-style-type: none"> - 1회전 하게되면 각 작물에 1회의 관수를 하게 된다. 상추의 경우 경험적으로 일일3회의 관수를 하면 뿌리가 마르지않게 유지된다. 각 트레이별 관수량은 회전속도 및 밸브열림을 조절하여 정할 수있다. 트레이를 자동으로 기울이게 하여 관수즉시 배수를 하게되어있어 배수 직전에 밀판트레이에 물이 넘치도록 하여 작물 근권에 충분히 적시도록 하면 된다. BKCC의 표준인9.6m 모델의 경우 대략 1회전에 20분정도 소요되며, 3회일 경우 일일 시간정도의 모터작동 및 관수시간이 된다. BKCC의 회전은 관

		수시 또는 작업 시에만 가동한다.
	EC 및 pH	- 상추의 경우 Ec는 1.8 -2.2 정도가적정한 것으로 되어있으나 환경과 생육단계에따라 달라지므로 전문가의 추천을 받는 것이 합리적이다. pH는5.5 -6.5가 유지되도록 한다.
	수온	- 상추는 한랭성 작물이므로 근권온도를 18도가 적정한 것으로 되어있으나 대기온도를 21도로 할 경우 대기온도보다 높지않게 유지한다. BKCC에서는 LED 카트리지상부에 방열 판이있어 상층근권을 가열하지 않게 하고, 수직덕트(굴뚝)에서 공기를 빨아드리게 하여 LED에서의 열을 흡수한다. 재배실 공조시설에 수온조절효과를 감안하여 설계하여야한다. 공급탱크에 물냉각장치를 달아 수온을 내리게 하는 방법도 있다.
재배장 살균 및 방제		- 재배장의 살균 및 방제는염소 등 다른화학제를 베이스로 한 화학약품을 살포하는 것이 일반적이며 전문가의 지시를 받아야 한다. 고온을 사용하는 방법도 있다.

BKCC의 상추밀식재배

재배 트레이		- 재배를 위한 트레이는 흑백 72구 육묘트레이를 쓴다. 육묘트레이는 밑판구멍이 뿌리가 뻗기에는 너무 적으므로 바닥을 자르던가 구멍을 키운 것을 쓴다. - 밑판을 자를 때는 전기열선을 쓰면 편리하다.
파종 스펀지		- 파종을 위한 스펀지는 30mm 사이즈를 쓰며 위에 구멍이있어서 종자를 쉽게 넣을 수 있는 것으로 한다. - 스펀지 대신 암면큐브를 쓸수있다.
발아		- 파종 후 발아까지 3일걸리며, 하나하나 뜯어서 72구 육묘트레이에 꽂는다.
육묘		- 발아된 모종을 72구트레이에 72개 모두를 꽂고, BKCC에 올려 기른다. 2주정도 지나면 잎들이 약간 포개지게 되는데, 이때 1차이식을 한다. - 육묘면적은 전체 재배트레이 수의 7%에 할애한다.

요약

- BKCC 밀식재배시스템에서, 육묘시설을 따로 만들지 않고 64%의 순재배 면적에서 매2주마다 생산하게 되므로, 처음부터 트레이 당 8주를 심어 4주를 기르는 것보다, 매2주마다 64%의 면적에서 수확을 하게 되므로, $64 \times 2 = 128\%$ 로 28%의 생산성이 높게 된다.
- 육묘시설을 따로 운용할 경우에는, 1차 이식면적은 30%, 2차 이식면적은 70%가 되므로, $70 \times 2 = 140\%$ 로 40% 증산효과가 있다.
- 이에 더하여, 여타의 증산효과 즉단위공간당 더많은 재배-자동화에 의한 인건비절감, 용수사용 극소화 등으로 해서 30% 정도 추가로 생산성이 높아진다.

(라) 수출 맞춤형 UI 개발

□ 전체 구조

○ 언어 지원

- UI는 한글과 영어를 지원
- 각 메뉴에 해당하는 한글과 영어 테이블을 구성하고 언어 선택에 따라 메뉴의 Table 값을 불러와 화면에 표시하는 방식을 사용
- 메뉴 변경 시 웹 프로그램 변경 없이 DB의 Table값 변경만 진행

○ 화면 구성

- 웹 UI는 크게 3가지로 구성함
 - ① 기존 11개 농장의 환경 모니터링 환경 제어
 - ② 수직농장 계열의 환경 모니터링, 제어, 생육 분석
 - ③ R&D로 연구 단계의 기능 구현
- 가장 하단에는 언어 변경 기능 제공
- 좌측은 메뉴, 가운데는 지역 구분과 농장 목록, 가장 우측은 정보 표시로 구성



[그림 2-756] 화면의 구성 (한글 및 영문)

○ 로그인에 따른 맞춤형 UI

- 로그인 ID에 따라 미리 DB에 저장된 회원 정보를 비교하여, 사용자가 속한 농장의 정보만 표시함



[그림 2-757] 로그인 화면 (회원 ID와 회원 정보 비교)

- 좌측은 마스터 계정으로 전체 농장을 관리하는 화면이며, 우측은 특정 농장의 ID로 접속하였을 때 보여지는 화면임
- 각 계정에 소속된 농장을 DB로 구축하고, 이를 호출하는 방식임
- 관리자 계정으로 로그인 시 전체 농장의 환경 모니터링, 제어가 가능하고, 사용자 계정으로 로그인 시 사용자 소속 농장의 환경 모니터링과 제어만 가능함



[그림 2-758] 계정에 따른 화면 (좌 : 관리자 계정, 우 : 사용자 계정)

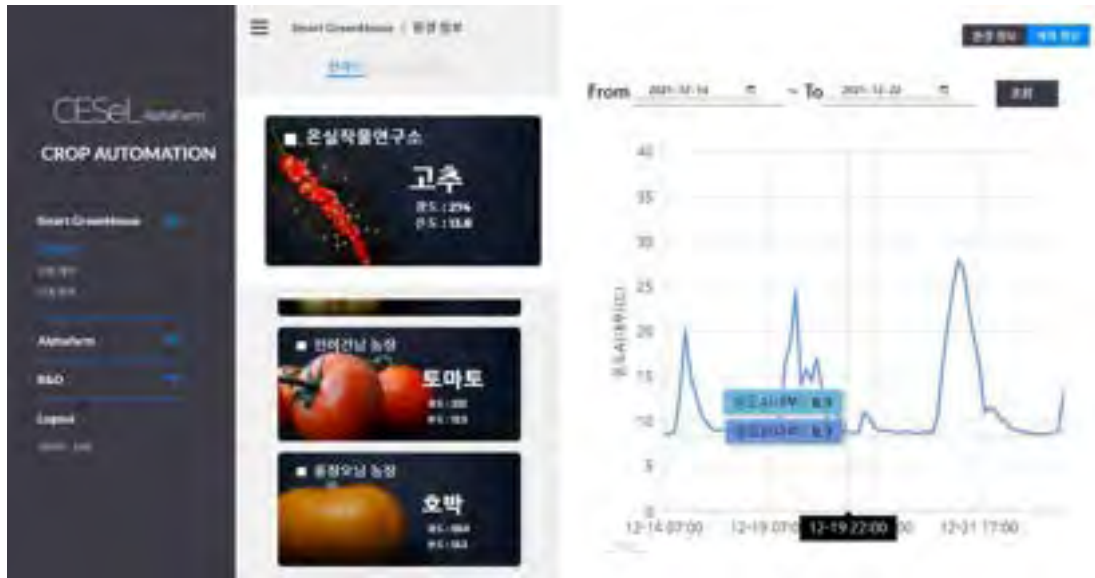
□ 환경 모니터링 기능

○ 온실용

- 전국 11개 농장의 환경 정보를 모니터링
- 내부/외부/근권 환경과 앵액 관수 환경 등 위에 언급한 각종 센서값을 모니터링
- 각 항목을 클릭하면 기간별로 이력 정보를 조회할 수 있으며, 그래프에 마우스를 올려놓으면 해당일의 값을 표시하도록 함



[그림 2-759] 온실 환경 정보



[그림 2-760] 온실 환경 이력 조회

○ 수직 농장용

- 수직농장의 내부 환경과 외부 환경을 표시함
- 각 농장에 설치된 센서의 종류가 다르며 이를 반영하여 각 농장에 있는 센서 값만 유연하게 화면에 표시함 (DB 연동)
- 내부 환경은 기온, 습도, 탄산, LED 광 등
- 양액 관수 환경은 EC, pH, 수온, 양액 통 수위, 교반 통 수위 등
- 특정 기간의 특정 센서값 이력을 열람할 수 있음
- 열람한 이력은 엑셀 파일로 다운로드 기능을 부여하여 별도의 분석이 가능



[그림 2-761] 수직농장의 환경 정보



[그림 2-762] 수직농장의 환경 이력

	A	B
1	속정일시	기온
2	12-21 00:00	16.40
3	12-21 01:00	16.90
4	12-21 02:00	15.10
5	12-21 03:00	16.40
6	12-21 04:00	16.80
7	12-21 05:00	17.00
8	12-21 06:00	14.80
9	12-21 07:00	16.20
10	12-21 08:00	16.70
11	12-21 09:00	18.40
12	12-21 10:00	19.60
13	12-21 11:00	19.90
14	12-21 12:00	20.10
15	12-21 13:00	20.20
16	12-21 14:00	20.20
17	12-21 15:00	20.40
18	12-21 16:00	20.50
19	12-21 17:00	20.50
20	12-21 18:00	20.20
21	12-21 19:00	17.60
22	12-21 20:00	17.90

[그림 2-763] 환경 이력 엑셀 다운로드

- 환경 제어 기능
- 온실용
 - 선택한 농장의 품목에 해당하는 환경 정보를 표시함
 - 설정값과 현재 값을 동시에 표시함 (해당 시간대 기준)

- 설정 버튼을 누르면 시간대별 설정값을 입력할 수 있음



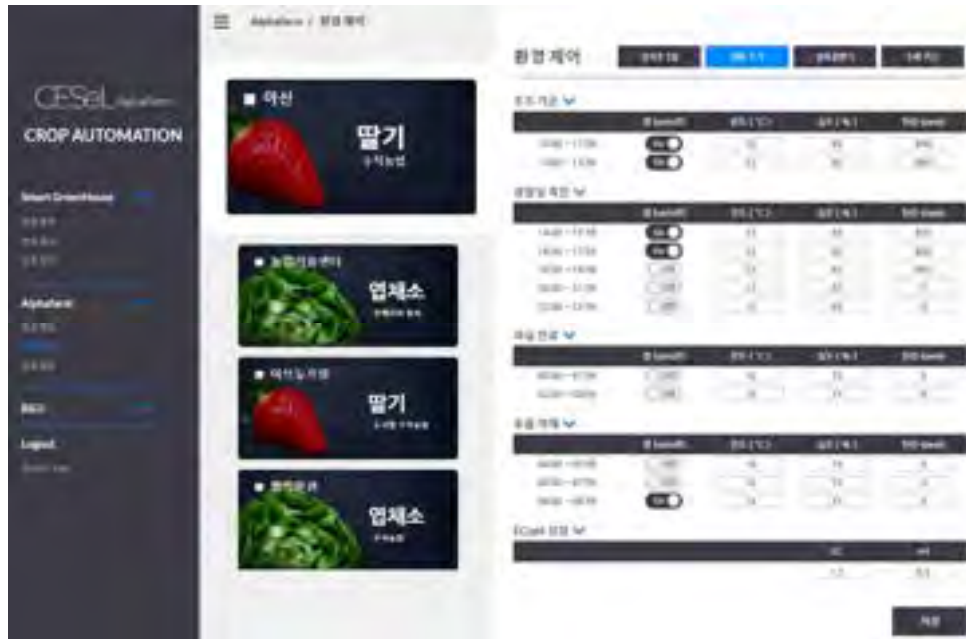
[그림 2-764] 환경 변수의 설정값과 현재값 표시



[그림 2-765] 시간대별 환경 변수값 설정 화면

- 수직 농장용
 - 생육 단계별 환경 변수를 제어함 (LED, 온도, 습도, 탄산, pH)
- 광 LED의 제어
 - 생육 단계별 시간대별 광을 켜거나 끌 수 있으며, 레시피 DB에서 설정값을 불러옴
 - 수동 조작이 필요한 경우는 On/Off 버튼을 클릭하여 해당 시간대에서 LED를 켜거나 끌 수 있도록 구현함

- 온도와 습도, EC, pH도 생육 단계별 레시피를 DB에서 읽어와서 표시하고 제어함
- 온도와 습도는 설정값에 도달하도록 분전반에 연결된 릴레이를 제어하여 On/Off 시킴
- EC와 pH는 목표값 저장 시 자동으로 양액 제어기를 통해 혼합 비율을 조절함(사이트의 양액 제어기는 인터넷 연결되어 있으며 웹 연동으로 제어함) 이때, 전체적인 모니터링과 제어는 웹 UI를 통해 진행함



[그림 2-766] 수직농장 환경 제어 화면

□ 스마트팜 클라우드 운영기술 표준화(기능적 측면) 제안

○ 스마트팜 빅데이터 플랫폼 개발사업에 총괄 주관 책임자로 참여(제안서 제출)

연구개발목표		스마트팜 빅데이터 플랫폼 개발											
연구개발내용		▷ 스마트팜 R&D 데이터 표준화 및 정보수집 연계시스템 개발 ▷ 빅데이터/AI 분석지원 시스템 및 클라우드 환경 개발 ▷ 스마트팜 R&D 산출물 관리 및 공유 시스템 개발 ▷ 스마트팜 연구자 커뮤니티 지원 시스템 개발											
연구개발성과		<예상되는 연구개발성과 유형>											
		구분	논문	특허	보고서 편문	연구 시설 ·경비	기술 요약 정보	소프트 웨어	특허출 원	성명 가인		신공종	
		대상일과 (시/간)	3/20 21	11/2 021			4/202 1	4/2021		성명 정보	성명 자한	정보	성명
		① 스마트팜 R&D 데이터 표준화 및 정보수집 연계 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 품목별 데이터 항목 표준화 및 데이터 연동 규격 개발 • 스마트팜 R&D 빅데이터 관련 메타데이터 및 데이터베이스 구축 • Open API 및 데이터 연동 규약 개발 • 스마트팜 데이터 표준화, 분류체계, 품질관리 기반 등 개발 • AI 빅데이터 융복합 분석지원 기반구축 • 스마트팜 다부처 패키지지원 사업 연구관리를 위한 정보화 기반구축 ② 빅데이터/AI 분석 지원 시스템 및 클라우드 환경 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 스마트팜 빅데이터 서비스를 위한 인프라 및 클라우드 플랫폼 구축 • AI/빅데이터 기반의 스마트 연구지원 서비스 구축 • R&D 빅데이터/AI 분석지원 시스템 구축 ③ 스마트팜 R&D 산출물 관리 및 공유 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 연구개발 산출물 밀관관리 체계를 활용한 정보 활용 공유 네트워크 구축 • 연구개발 산출물의 사용자 기반 연구개발 산출물 분류와 관리체계 구축 • 공공/민간 협력기반의 스마트팜 R&D 연구 고도화를 위한 산출물 공유시스템 구축 • 연구개발 산출물의 관리 체계화 및 온라인 정보공유 정책 개발 등 ④ 스마트팜 연구자 커뮤니티 지원 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 스마트팜 R&D 연구개발 참여자들 간의 협업, 공유, 소통을 지원하는 통합 커뮤니티 플랫폼 환경 구축 • R&D 실적 및 데이터 유출 방지를 위한 서비스에 대한 접근권한과 인영된 시스템 보안체계 구축 											
활용계획 및 기대효과		▷ 스마트팜 데이터표준화를 통해 데이터생태계의 기반을 마련함으로써 이를 활용한 생산성 향상 연구 및 알고리즘 기반 제품의 기능화 촉진 ▷ 스마트팜 산출물 공유 및 확산을 도모하여 스마트팜 산업 경쟁력 제고 ▷ 표준화된 스마트팜 데이터 활용을 통한 머신러닝, AI 등의 R&D 연구 효율성 제고 및 활성화											
핵심어 (5개 이내)	국문	스마트팜	빅데이터	표준화	플랫폼	클라우드							
	영문	Smart Farm	Bigdata	Standardization	Platform	Cloud							

<PMO (Project Management Office) 조직 구성 및 운영계획>

○ 조직구성



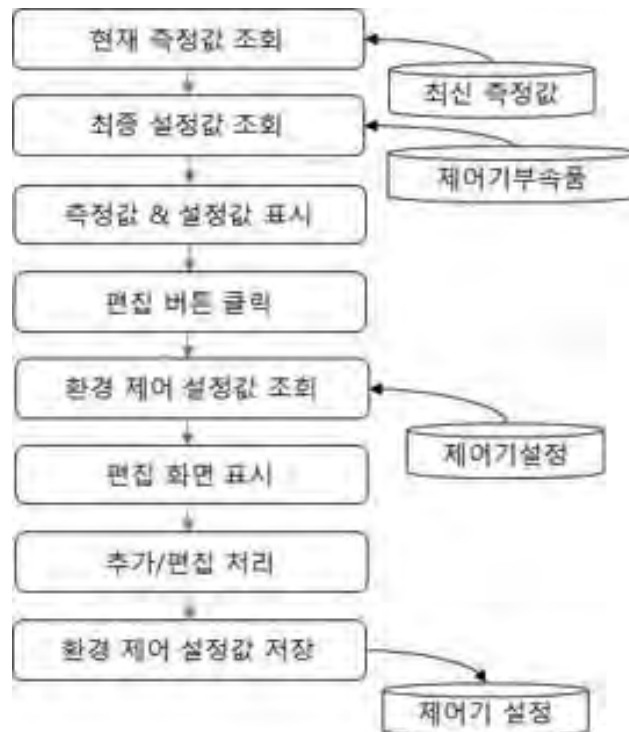
○ 운영계획

- PMO 조직은 PM, DG, DA, 사업관리자, 사업단 상주근무 등 총 6명으로 구성
- PM과 사업관리자는 총괄주관인 한국스마트팜산업협회에서 관련분야 전문가를 채용할 예정
- DG는 클라우드플랫폼 개발사인 농협정보시스템의 파견인력이 스마트팜사업단(대전)에 상주근무하여 플랫폼 활용에 지장이 없도록 말차 지원할 예정
- DA는 산출물 관리시스템 개발사인 중부대의 파견인력이 스마트팜사업단(대전)에 상주근무하여 산출물공유 등 시스템 활용에 지장이 없도록 말차 지원할 예정
- PMO 인력운영 비용 등은 총 출연금의 5%범위를 연구비에 산정, 편성하여 총괄주관인 한국스마트팜산업협회에서 집행함

○ 환경 제어

- 환경 제어를 설정 값을 입력할 저장할 수 있게 함
- 현재 센서 측정값과 설정값을 표시함 (온도, 습도, 탄산, EC, pH)
- 편집 버튼을 클릭하면 설정값을 추가/편집 할 수 있는 화면을 아래로 표시함
- 등록된 설정값을 리스트 형식으로 표시함

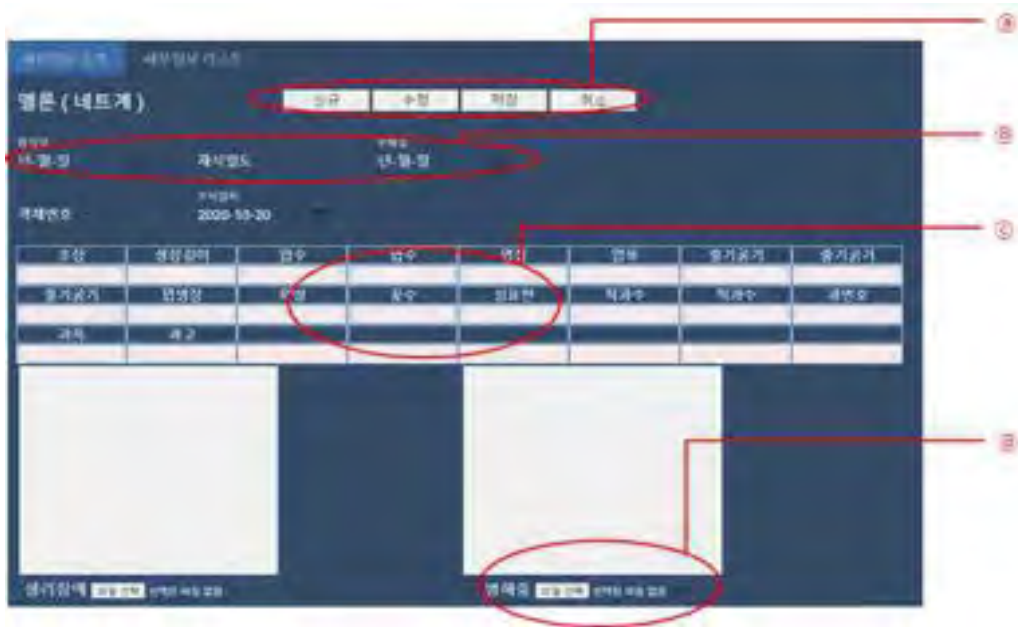
- 등록된 설정값을 그래프 형식으로 표시함
- 저장 버튼을 클릭하면 입력한 설정값을 저장 처리함
- 화면 창을 OPEN할 때 현재 센서 측정값과 설정값 표시하는 화면만 표시함
- 그래프를 클릭하면 등록된 설정값을 편집할 수 있게 처리함
- 온도, 습도는 2개의 측정기로 측정하기 때문에 2개를 동시에 표시함
- 각 설정값 하단에는 실질적으로 설정한 최종 일자와 시각을 표시함
- 최신 측정 정보에서 현재 측정값을 조회함
- 제어기 부속품 정보에서 최종 설정값을 조회함
- 현재 측정값과 최종 설정값을 화면에 표시함
- 편집 버튼을 클릭하면 해당 제어기의 제어기 설정 정보를 조회하고 편집할 수 있는 화면으로 전환함



[그림 2-767] 환경 설정 프로세스

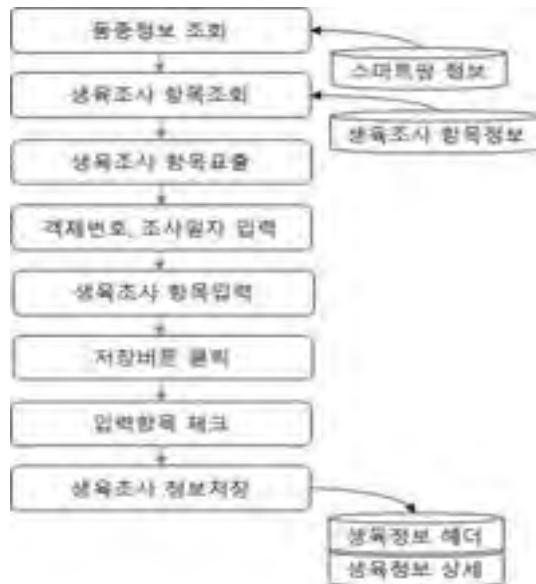
- 각 제어기 박스를 클릭하면 해당 제어기를 편집할 수 있는 데이터를 조회하여 다시 표시함
- 그래프 클릭하면 해당 구간의 설정값을 편집할 수 있게 입력 필드에 표시하고 입력 필드를 수정할 수 있게 함
- 저장 버튼을 클릭하면 입력한 설정값을 저장 처리함

○ 생육 정보 - 세부정보 등록



[그림 2-768] 세부정보 등록

- 측정한 생육 정보를 등록할 수 있게 함
- 신규 버튼을 클릭하면 정식일/재식밀도/수확일을 입력 할 수 있게 함
- 수정 버튼을 클릭하면 최종 정식일 정보를 표시함
- 저장 버튼을 클릭하면 입력한 생육 정보를 저장 처리함
- 화면 창을 OPEN할 때 선택된 품종의 생육조사 항목을 조회하여 표시함
- 병해충 또는 생리장애가 발생할 경우 사진을 등록할 수 있게 함
- 세부정보등록, 세부정보리스 tab을 분리하여 각 화면을 관리하게 함



[그림 2-769] 생육정보 등록

- 스마트팜 정보에 등록된 품종정보를 조회하여 생육조사 항목정보를 조회함
- 조회된 생육조사 항목정보를 입력할 수 있게 나열하여 표시함
- 객체번호, 조사일자를 입력할 수 있게 함
- 조사된 생육 측정정보를 입력할 수 있게 함
- 저장버튼을 클릭하면 객체번호, 조사일자를 입력하였는 가를 체크함
- 입력한 객체번호, 조사일자는 생육정보 헤더정보로 저장함
- 입력한 생육 측정정보는 생육정보 상세정보로 저장함
- 병리장애, 병해충 이미지를 선택하면 사진 정보를 서버로 upload하여 저장함

○ 생육 정보 - 세부정보 리스트

번호	작물명	품종명	생육단계	조사일자	조사시간	조사자	조사장소	조사내용	조사결과	조사비고	조사일지
1	배추	배추	1	2023-10-27	10:00	김민준	1	배추	1.5	배추	배추
2	배추	배추	2	2023-10-27	10:00	김민준	1	배추	2.5	배추	배추
3	배추	배추	3	2023-10-27	10:00	김민준	1	배추	3.5	배추	배추
4	배추	배추	4	2023-10-27	10:00	김민준	1	배추	4.5	배추	배추
5	배추	배추	5	2023-10-27	10:00	김민준	1	배추	5.5	배추	배추
6	배추	배추	6	2023-10-27	10:00	김민준	1	배추	6.5	배추	배추
7	배추	배추	7	2023-10-27	10:00	김민준	1	배추	7.5	배추	배추
8	배추	배추	8	2023-10-27	10:00	김민준	1	배추	8.5	배추	배추
9	배추	배추	9	2023-10-27	10:00	김민준	1	배추	9.5	배추	배추
10	배추	배추	10	2023-10-27	10:00	김민준	1	배추	10.5	배추	배추

[그림 2-770] 세부정보 리스트

- 측정한 생육 정보를 조회하여 표시함
- 정식일 기준 생육 측정 정보를 표시함
- 한번에 80라인을 표시하고, Next버튼을 클릭하면 다음 측정 정보를 표시함
- 작물별로 생육 측정 항목을 다르게 표시함
- 화면 창을 OPEN할 때 선택된 품종의 생육조사 항목을 조회하여 표시함



[그림 2-771] 생육 정보 표시

- 스마트팜이 관리하는 작물의 생육 측정할 항목을 조회하여 화면 헤더로 표시함
- 최종 정식일을 조회하여 해당 정식일 이후의 측정된 생육 측정 정보를 표시함

○ 생육 모니터링 (딸기)



[그림 2-772] 생육 모니터링

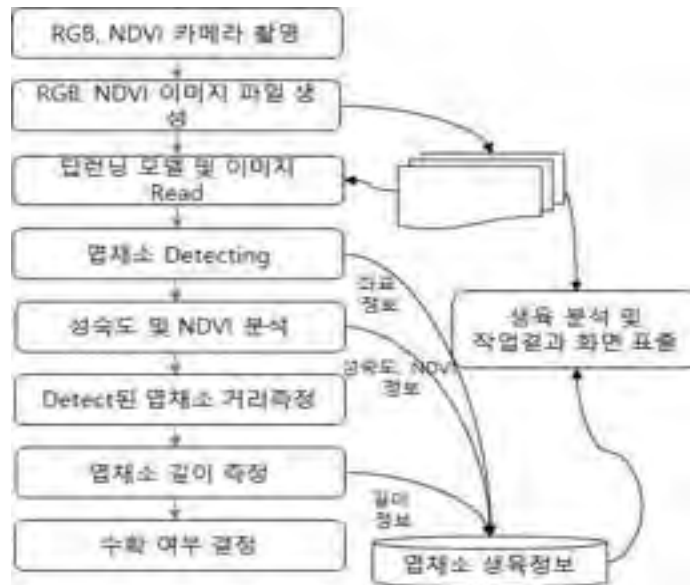
- Eyesensor로 촬영한 딸기에 대한 생육 분석 정보를 표시함
- RGB 카메라로 촬영한 이미지를 Yolo 알고리즘에 의하여 detect된 사진 표시함
- NIR 카메라로 촬영한 이미지를 Yolo 알고리즘에 의하여 detect된 사진 표시함
- 이미지 detect된 딸기 객체수를 표시함
- 딸기 열매에 대하여 이미지 상의 좌표, 카메라와의 거리, 과장, 과폭, 성숙도를 표시함
- 딸기 잎에 대하여 NDVI 분석 결과를 표시함
- 미리 딸기 성숙도를 분석 할 수 있게 성숙도 딥러닝을 시킴
- 딥러닝된 모델 정보를 파일로 저장
- 이미지 파일을 읽고 해당 이미지에 객체 부분을 분류 처리함
- 딥러닝된 모델 정보 파일을 읽은 후 딸기 성숙도를 분석함
- 이미지에 딸기 객체 위치의 좌표와 해당 객체의 성숙도 정보를 전송
- 생육 분석 정보를 수신하여 저장함
- 이미지 촬영 시스템과 이미지 분석 시스템이 Embedded SYSTEM에 적재되어 이미지 촬영 후 분석 하고 이미지 정보와 분석 정보를 같이 전송함

○ 생육 모니터링 (엽채소)



[그림 2-773] 생육 모니터링 (엽채소)

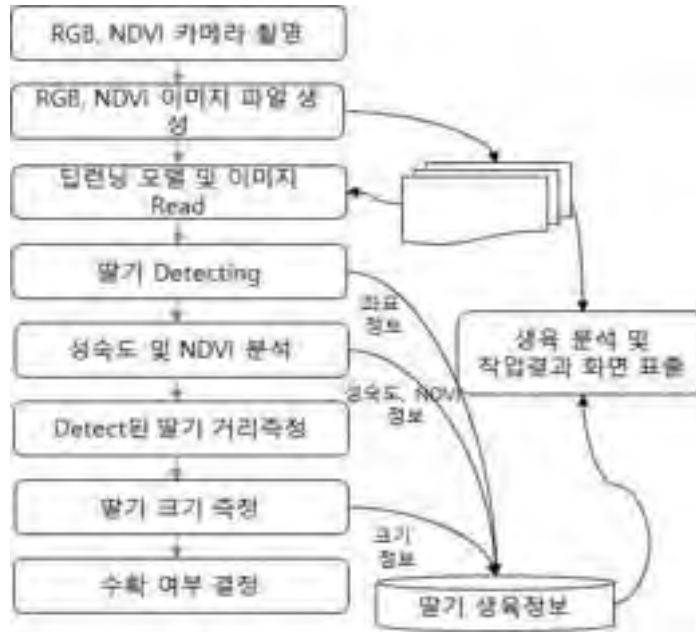
- Eyesensor로 촬영한 엽채소에 대한 생육 분석 정보를 표시함
- RGB 카메라로 촬영한 이미지를 Yolo 알고리즘에 의하여 detect된 사진 표시함
- NIR 카메라로 촬영한 이미지를 Yolo 알고리즘에 의하여 detect된 사진 표시함
- 이미지 detect된 엽채소 객체수를 표시함
- 엽채소 앞에 대하여 이미지 상의 엽수, 엽장, 엽폭, 엽온, 중량을 표시함



[그림 2-774] 수확 결정 위한 생육 정보

- 미리 엽채소 성숙도를 분석 할 수 있게 성숙도 딥러닝을 시킴
- 딥러닝된 모델 정보를 파일로 저장
- 이미지 파일을 읽고 해당 이미지에 객체 부분을 분류 처리함
- 딥러닝된 모델 정보 파일을 읽은 후 성숙도를 분석함
- 이미지에 엽채소 객체 길이 정보와 해당 객체의 성숙도 정보를 전송
- 생육 분석 정보를 수신하여 저장함

- 이미지 촬영 시스템과 이미지 분석 시스템이 Embedded SYSTEM에 적재되어 이미지 촬영 후 분석 하고 이미지 정보와 분석 정보를 같이 전송함



[그림 2-775] 수확 결정 위한 딥러닝

○ 농작업 자동화 (정식)

작업명	작업상태	작업시작	대상작물
모종 00	완료	15:20	정식
모종 01	완료	15:23	불량
모종 02	완료	15:26	정식
모종 03	준비		
모종 04	준비		
모종 05	준비		
모종 06	준비		

[그림 2-776] 자동 정식 결과

- 모종 자동 정식을 위한 작업 지시서 생성 및 결과 표시함
- 모종 이식/정식 작업 일자를 표시함
- 작업 생성 버튼을 클릭하면 해당 일 계획 중인 작업 내용을 기입하여 생성함
- 작업 시작 버튼을 클릭하면 자동화 기계(로봇팔)에 작업 계시 명령 전달함
- 작업 결과 버튼을 클릭하면 작업 상태, 시각 및 작업 대상 작물 상태(정/불량) 표출함
- 자동 정식 로봇과 연동하여 작업을 지시하고 결과를 받아 표시함



[그림 2-777] 자동 정식 로봇 연동 결과

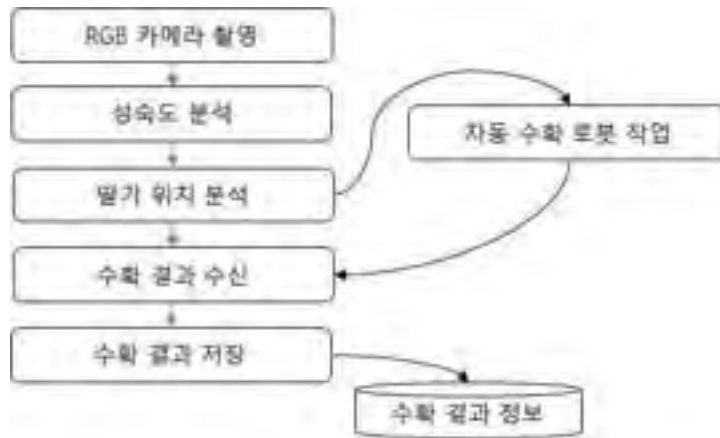
- 해당 일 계획 중인 작업 내용을 작성 하고, 작업 시작 버튼을 클릭하면 자동 정식 로봇과 연동하여 작업을 지시
- 자동 정식 로봇에서 처리한 결과를 전송하면 정보를 저장함
- 해당 작업 결과를 화면에 표시함

○ 농작업 자동화 (수확)



[그림 2-778] 수확 결과 화면

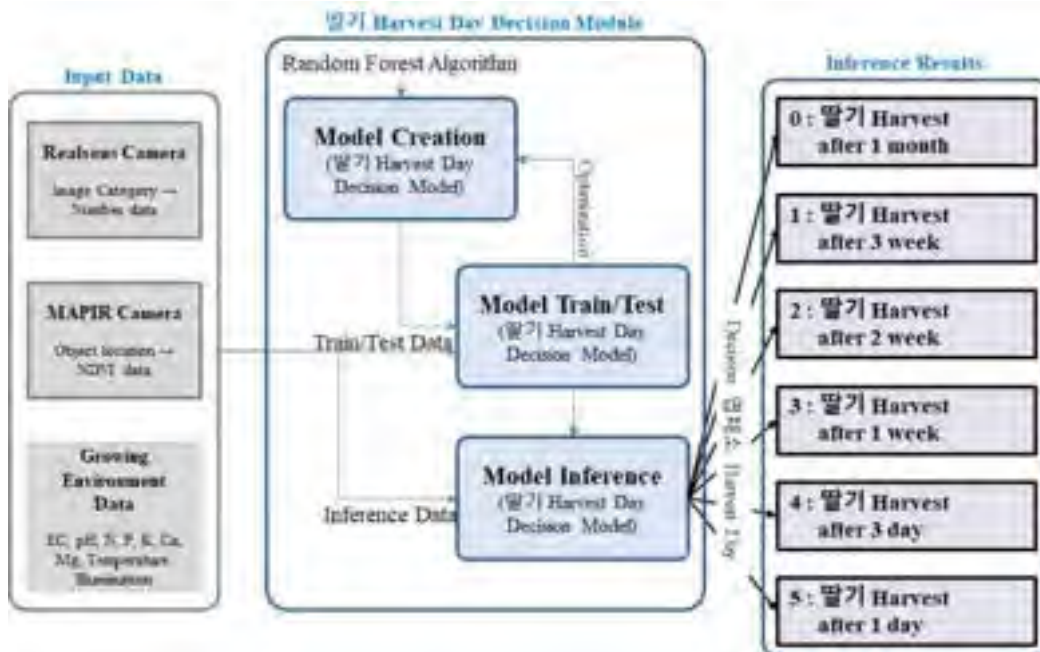
- 자동 수확한 작업 결과를 화면에 표시함
- 촬영된 RGB이미지와 딸기별 성숙도, 위치를 표시한 이미지를 표시함
- 생육 분석 시스템에서 분석된 딸기수를 표시함
- 생육 분석 시스템에서 분석된 딸기별 성숙도, 위치를 표시하고 작업 결과를 표시함
- Embedded System에서 분석하여 자동 수확 로봇과 연동하고, 그 결과를 서버로 전송하여 저장함



[그림 2-779] 하동 수확 프로세스

- 미리 딸기 성숙도를 분석 할 수 있게 성숙도 딥러닝을 시킴
- 딥러닝된 모델 정보를 파일로 저장
- 이미지 파일을 읽고 해당 이미지에 객체 부분을 분류 처리함
- 딥러닝된 모델 정보 파일을 읽은 후 성숙도를 분석함
- 이미지에 딸기의 수확 여부를 결정하고 딸기의 위치를 분석함
- 딸기의 위치를 자동 수확 로봇에 전송하여 수확하도록 함
- 자동 수확 로봇에서 수확 결과를 수신 받고 해당 정보를 서버로 전송하여 저장함

○ 수확시기 예측 방안



[그림 2-780] 수확시기 예측

○ 딥러닝 개념

- 심층학습(深層學習) 또는 딥러닝(영어: deep structured learning, deep learning 또는 hierarchical learning)은 여러 비선형 변환기법의 조합을 통해 높은 수준의 추상화(다량의 데이터나 복잡한 자료들

- 속에서 핵심적인 내용 또는 기능을 요약하는 작업을 시도하는 기계 학습 알고리즘의 집합으로 정의되며, 큰 틀에서 사람의 사고방식을 컴퓨터에 게 가르치는 기계학습의 한 분야라고 이야기할 수 있음
- 어떠한 데이터가 있을 때 이를 컴퓨터가 알아들을 수 있는 형태(예를 들어, 이미지의 경우는 픽셀정보를 열벡터로 표현하는 등)로 표현하고 이를 학습에 적용하기 위해 많은 연구(어떻게 하면 더 좋은 표현기법을 만들고 또 어떻게 이것들을 학습할 모델을 만들지에 대한)가 진행되고 있으며, 이러한 노력의 결과로 deep neural networks, convolutional deep neural networks, deep belief networks와 같은 다양한 딥러닝 기법들이 컴퓨터비전, 음성인식, 자연어처리, 음성/신호처리 등의 분야에 적용되어 최첨단의 결과들을 보여주고 있음
 - 2012년 스탠포드대학의 앤드류 응과 구글이 함께한 딥러닝 프로젝트에서는 16,000개의 컴퓨터 프로세서와 10억 개 이상의 neural networks 그리고 DNN(deep neural networks)을 이용하여 유튜브에 업로드되어 있는 천만 개 넘는 비디오 중 고양이 인식에 성공함
 - 이 소프트웨어 프레임 워크를 논문에서는 DistBelief로 언급하고 있다. 이뿐만 아니라 마이크로소프트, 페이스북 등도 연구팀을 인수하거나 자체 개발팀을 운영하면서 인상적인 업적들을 만들어 내고 있음
 - 심층 신경망(Deep Neural Network, DNN)은 입력층(input layer)과 출력층(output layer) 사이에 여러 개의 은닉층(hidden layer)들로 이뤄진 인공신경망(Artificial Neural Network, ANN)이다. 심층신경망은 일반적인 인공신경망과 마찬가지로 복잡한 비선형 관계(non-linear relationship)들을 모델링할 수 있음
 - 예를 들어, 물체 식별 모델을 위한 심층 신경망 구조에서는 각 물체가 영상의 기본적 요소들의 계층적 구성으로 표현될 수 있다. 이때, 추가 계층들은 점진적으로 모여진 하위 계층들의 특징들을 규합시킬 수 있다. 심층 신경망의 이러한 특징은, 비슷하게 수행된 인공신경망에 비해 더 적은 수의 유닛(unit, node)들 만으로도 복잡한 데이터를 모델링 할 수 있게 해줌
 - 이전의 심층 신경망들은 보통 앞먹임 신경망으로 설계되어 왔지만, 최근의 연구들은 심층 학습 구조들을 순환 신경망(Recurrent Neural Network, RNN)에 성공적으로 적용했다. 일례로 언어 모델링(language modeling) 분야에 심층 신경망 구조를 적용한 사례 등이 있다.
 - 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)의 경우에는 컴퓨터 비전 (computer vision) 분야에서 잘 적용되었을 뿐만 아니라, 각각의 성공적인 적용 사례에 대한 문서화 또한 잘 되어있다. 더욱 최근에는 합성곱 신경망이 자동음성인식 (Automatic Speech Recognition, ASR)을 위한 음향 모델링(acoustic modeling) 분야에 적용되었으며, 기존의 모델들보다 더욱 성공적으로 적용되었다는 평가를 받고 있음
 - 심층 신경망은 표준 오류역전파 알고리즘으로 학습될 수 있다. 이때, 가중치(weight)들은 아래의 등식을 이용한 확률적 경사 하강법(stochastic gradient descent)을 통하여 갱신 될 수 있음

$$\Delta w_{ij}(t+1) = \Delta w_{ij}(t) + \eta \frac{\partial C}{\partial w_{ij}}$$

<가중치 갱신을 위한 식>

- 여기서, η 는 학습률(learning rate)을 의미하며, C는 비용함수를 의미한다. 비용함수의 선택은 학습의 형태(지도 학습, 자율 학습 (기계 학습), 강화 학습 등)와 활성화함수(activation function)같은 요인들에 의해서 결정된다. 예를 들면, 다중분류문제(multiclass classification problem)에 지도 학습을 수행할 때, 일반적으로 활성화함수와 비용함수는 각각 softmax 함수와 교차 엔트로피 함수 (cross entropy

function)로 결정

- 기존의 인공신경망과 같이, 심층 신경망 또한 나이브(naive)한 방식으로 학습될 경우 많은 문제들이 발생할 수 있다. 그 중 과적합과 높은 시간 복잡도가 흔히 발생하는 문제임
- 심층 신경망이 과적합에 취약한 이유는 추가된 계층들이 학습 데이터의 rare dependency의 모형화가 가능하도록 해주기 때문이다. 과적합을 극복하기 위해서 weight decay (ℓ_2 - regularization) 또는 sparsity (ℓ_1 - regularization) 와 같은 정칙화 (regularization) 방법들이 사용될 수 있다. 그리고 최근에 들어서는 심층 신경망에 적용되고 있는 정칙화 방법 중 하나로 dropout 정칙화가 등장했다. dropout 정칙화에서는 학습 도중 은닉 계층들의 몇몇 유닛들이 임의로 생략된다. 이러한 방법은 학습 데이터 (training data)에서 발생할 수 있는 rare dependency를 해결하는데 도움
- 오차역전파법과 경사 하강법은 구현의 용이함과 국지적 최적화(local optima)에 잘 도달한다는 특성으로 인해 다른 방법들에 비해 선호되어 온 방법들이다. 그러나, 이 방법들은 심층 신경망을 학습시킬 때 시간 복잡도가 매우 높다. 심층 신경망을 학습시킬 때에는 크기(계층의 수 와 계층 당 유닛수), 학습률, 초기 가중치 등 많은 매개변수(parameter)들이 고려되어야 한다. 하지만, 최적의 매개변수들을 찾기 위해 매개변수 공간 전부를 확인하는 것은 계산에 필요한 시간과 자원의 제약으로 인해 불가능하다.
- 시간 복잡도를 해결하기 위해, 미니 배치(mini batch, 여러 학습 예제들의 경사를 동시에 계산), 드롭아웃(drop out)과 같은 다양한 '묘책'들이 등장하였다. 또한, 행렬 및 벡터 계산에 특화된 GPU는 많은 처리량을 바탕으로 두드러지는 학습 속도 향상을 보여줌
- 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)은 최소한의 전처리를 사용하도록 설계된 다계층 퍼셉트론(multilayer perceptrons)의 한 종류이다. CNN은 하나 또는 여러 개의 합성곱 계층과 그 위에 놓인 일반적인 인공 신경망 계층들로 이루어져 있으며, 가중치와 통합 계층(pooling layer)들을 추가로 활용한다. 이러한 구조 덕분에 CNN은 2차원 구조의 입력 데이터를 충분히 활용할 수 있음
- 다른 딥러닝 구조들과 비교해서, CNN은 영상, 음성 분야 모두에서 좋은 성능을 보여준다. CNN은 또한 표준 역전달을 통해 훈련될 수 있다. CNN은 다른 피드포워드 인공신경망 기법들보다 쉽게 훈련되는 편이고 적은 수의 매개변수를 사용한다는 이점이 있다. 최근 딥러닝에서는 합성곱 심층 신뢰 신경망(Convolutional Deep Belief Network, CDBN)이 개발되었는데, 기존 CNN과 구조적으로 매우 비슷해서, 심층 신뢰 신경망 (Deep Belief Network, DBN)에서의 선훈련에 의한 장점도 취할 수 있다. CDBN은 다양한 영상과 신호 처리 기법에 사용될 수 있는 일반적인 구조를 제공하며 CIFAR와 같은 표준이미지 데이터에 대한 여러 벤치마크 결과에 사용되고 있음
- 순환 신경망은 인공신경망을 구성하는 유닛 사이의 연결이 Directed cycle을 구성하는 신경망을 말한다. 순환 신경망은 앞먹임 신경망과 달리, 임의의 입력을 처리하기 위해 신경망 내부의 메모리를 활용할 수 있다. 이러한 특성에 의해 순환 신경망은 필기체 인식과 같은 분야에 활용되고 있고, 높은 인식률을 나타냄
- 순환 신경망을 구성할 수 있는 구조에는 여러 가지 방식이 사용되고 있다. 완전 순환망(Fully Recurrent Network), Hopfield Network, Elman Network, Echo state network(ESN), Long short term memory network(LSTM), Bi-directional RNN, Continuous-time RNN(CTRNN), Hierarchical RNN, Second Order RNN 등이 대표적인 예
- 순환 신경망을 훈련시키기 위해 대표적으로 경사 하강법, Hessian Free Optimization, Global Optimization Methods 방식이 쓰이고 있다. 하지만, 순환 신경망은 많은 수의 뉴런 유닛이나 많은 수의 입력 유닛이 있는 경우에 훈련이 쉽지 않은 스케일링 이슈를 가지고 있음

[표 2-318] 퍼블싱 이후 작업 내용

작업 구분	작업 내용	일정
퍼블싱 확인	- html, css 화면 확인 (web환경) - UI/UX 기능 확인	10월 말
DB 설계	- 화면과 기존 alphafarm DB정보와 비교하여 변경 및 추가	11월 초
WEB 프로그래밍	- 각 화면별 기능 구현 - DB와 연동하여 화면에 자료 표시	11월 말
Server 프로그래밍	- 필요한 항목에 대한 수집 구현	12월 초
테스트	- 단위 테스트 및 통합 테스트	12월 중순
운영시스템 배포	- 운영 시스템에 배포	12월 말
운영시스템 테스트	- 운영 시스템 테스트	12월 말

3.6. 고수의 작물 최적 생육프로파일 연구

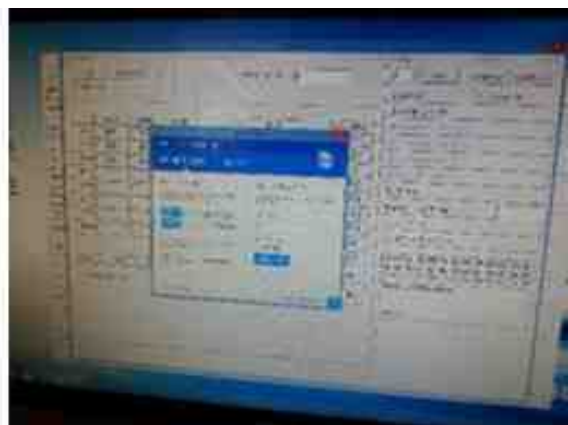
(1) 개요

- 4차년도 연구개발은 더덕, 도라지, 인삼 등 약용작물의 기능성강화 및 생산성향상을 위한 재배기술 확립을 위하여 품목별 생육환경 및 생육량 데이터 작성을 통하여 작물 생육 최적 환경제어 모형 개발

(2) 접근방법

(가) 기능성작물 “더덕”, “도라지”의 환경 및 생육 데이터 작성

- 대상작목 : 더덕, 도라지
- 재배방식 : 수경, 토경
- 온실유형 : 단동 플라스틱하우스
- 환경데이터수집 : 지상환경 데이터(온도, 습도, 탄산가스 농도), 근권환경데이터(수분 함유율, 농도, 산도, 온도)
- 제어기와 복합환경제어프로그램(마그마, 그린씨에스)에 의하여 센서(온도, 습도, 탄산가스, 지온)에서 5초마다 환경데이터를 수집하여 서버에 저장



[그림 2-781] 환경데이터 자동수입을 위한 복합환경제어프로그램(마그마, 2020)

- 생육량데이터 : 초장, 엽수, 엽면적, 수확량(근중)
 - ※ 정식후 1주간격으로 비파괴 생육조사를 실시하고, 최종수확시 파괴조사를 통하여 각 기관별 생체중, 건물중과 수확량(근중)을 조사함



[그림 2-782] 환테스트베드로 사용될 연구온실(한국온실작물연구소, 2020)

(나) 작물 생육 최적 환경제어 모형 개발

- 더덕의 생육 최적 환경제어 알고리즘 개발 : 더덕의 수경, 토경재배 조건별 환경정보 데이터베이스와 생육량정보 데이터베이스를 활용한 생육 최적 환경제어 모형개발 위한 알고리즘 작성
- 도라지의 생육 최적 환경제어 알고리즘 개발 : 도라지의 수경, 토경재배 조건별 환경정보 데이터베이스와 생육량정보 데이터베이스를 활용한 생육 최적 환경제어 모형개발을 위한 알고리즘 작성



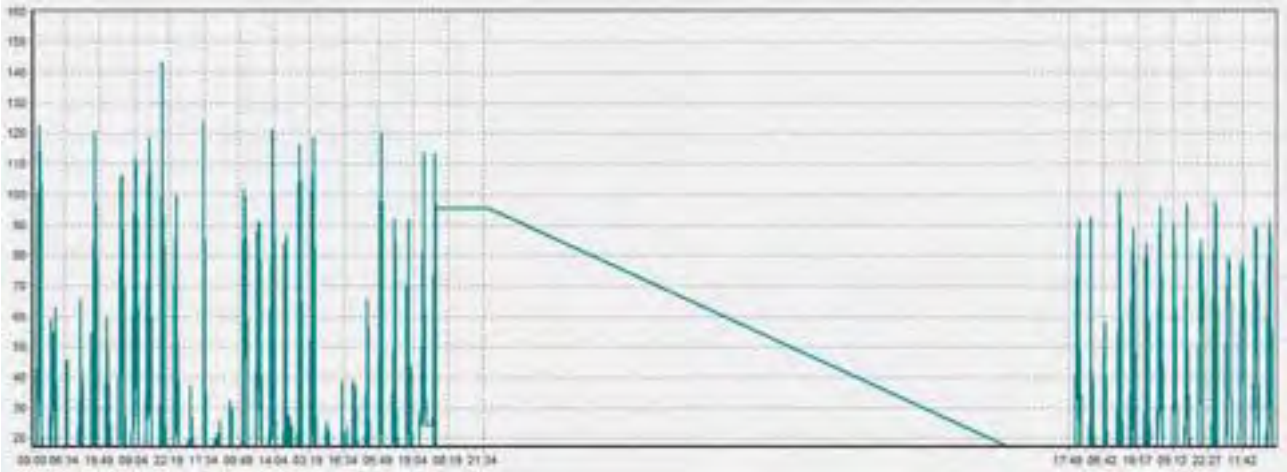
[그림 2-783] 작물 생육, 환경정보를 이용한 생육진단 알고리즘 작성 예(한국온실작물연구소, 2017)

(4) 연구결과

(가) 환경정보 수집, 분석

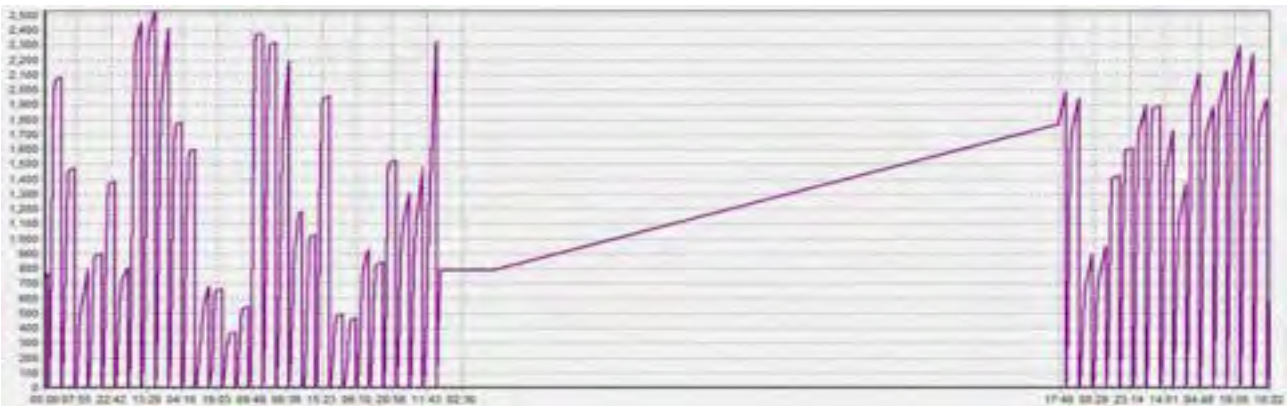
○ 외부 일사량과 누적광량

- 외부일사량(2020. 7. 1 - 9. 30) : 장마기간이 길어지면서 외부 광량이 $100\text{W}/\text{m}^2$ 이하의 일수가 많았다.



[그림 2-784] 시험기간 동안의 외부일사량 추이(2020. 7. 1 - 9. 30)

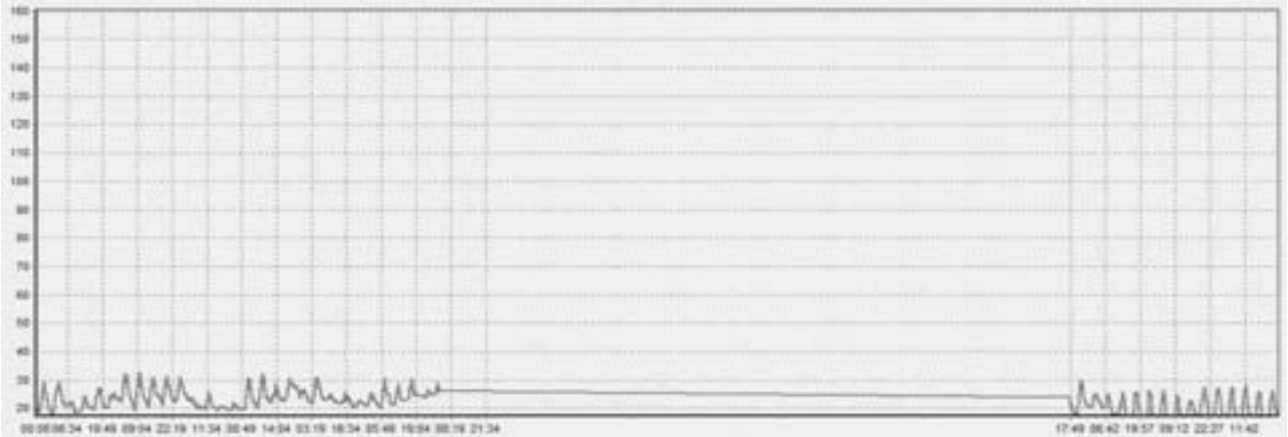
- 누적광량(2020. 7. 1 - 9. 30) : 장마기간이 길어지면서 누적광량이 $1,500\text{J}/\text{cm}^2$ 이하의 일수가 많았다.



[그림 2-785] 시험기간 동안의 누적광량 추이(2020. 7. 1 - 9. 30)

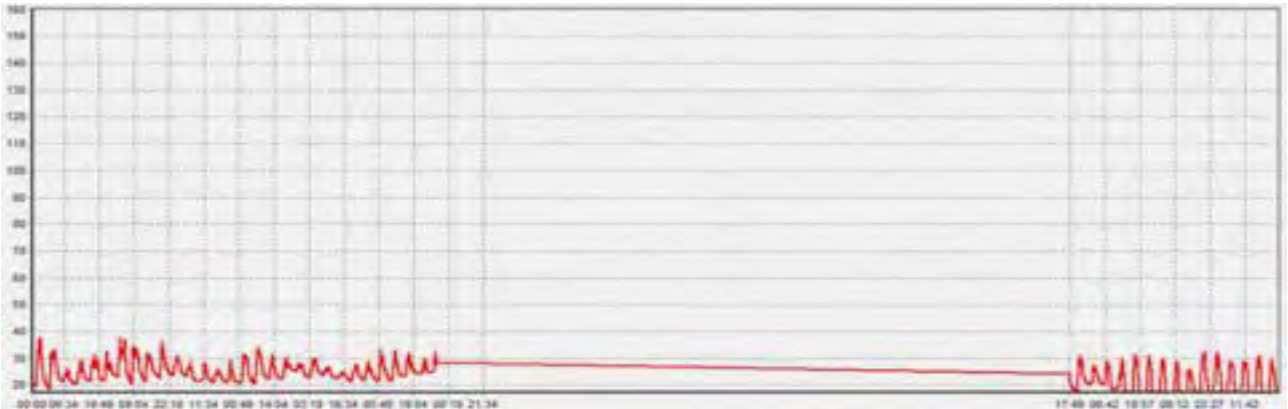
○ 시설 외부와 내부온도

- 시설 외부온도(2020. 7. 1 - 9. 30) : 장마기간이 길어지면서 하계 외부온도가 30°C 미만의 일수가 많았으며, 생육초기단계에서는 25°C 이하의 저온일수가 75% 이상 점유하여 일조 부족과 함께 적산온도가 지연된 결과를 보였다.



[그림 2-786] 시험기간 동안의 외부온도 추이(2020. 7. 1 - 9. 30)

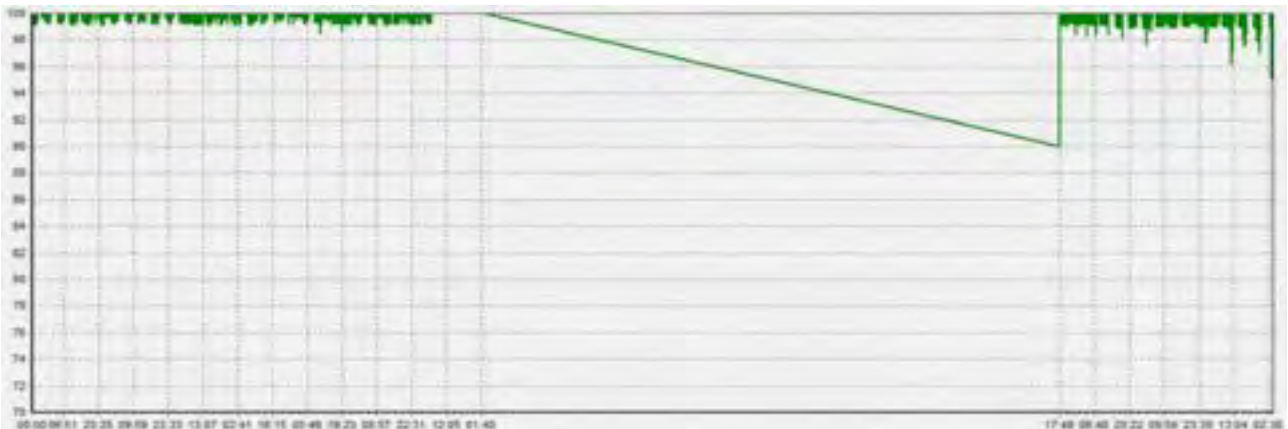
- 시설 내부온도(2020. 7. 1 - 9. 30) : 시설 외부온도와 유사한 패턴을 보였으며 외부온도가 높은 날은 시설 내부온도와 차이가 크게 증가하였지만, 시설 외부온도가 낮을 때에는 시설 내부와의 온도 차이가 현저하게 감소하는 특징을 보였다.



[그림 2-787] 시험기간 동안의 내부온도 추이(2020. 7. 1 - 9. 30)

○ 시설 내부습도

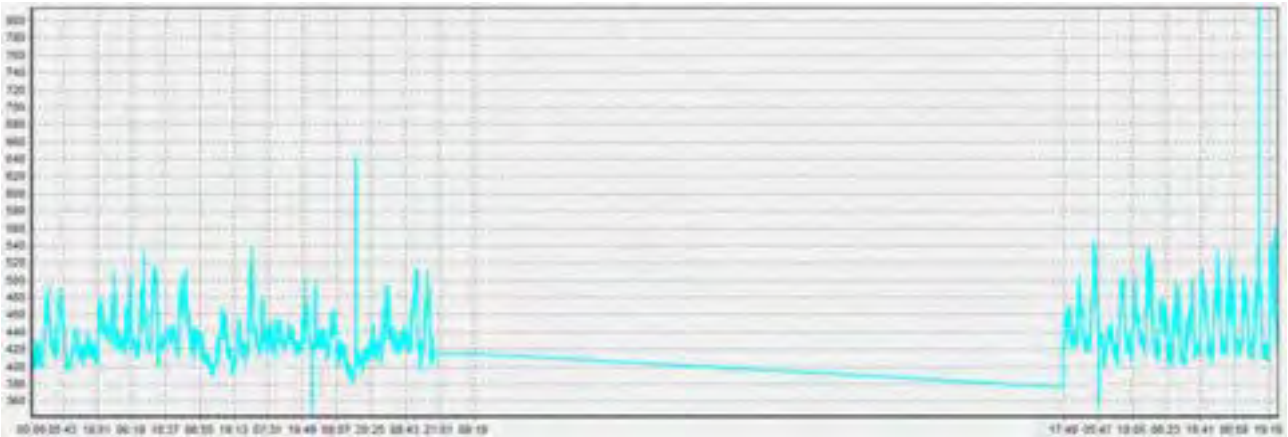
- 시설내부 습도(2020. 7. 1 - 9. 30) : 시설내부 습도는 장마기간이 지속되어 대부분 95% 이상의 다습한 환경을 보였다.



[그림 2-788] 시험기간 동안의 내부습도 추이(2020. 7. 1 - 9. 30)

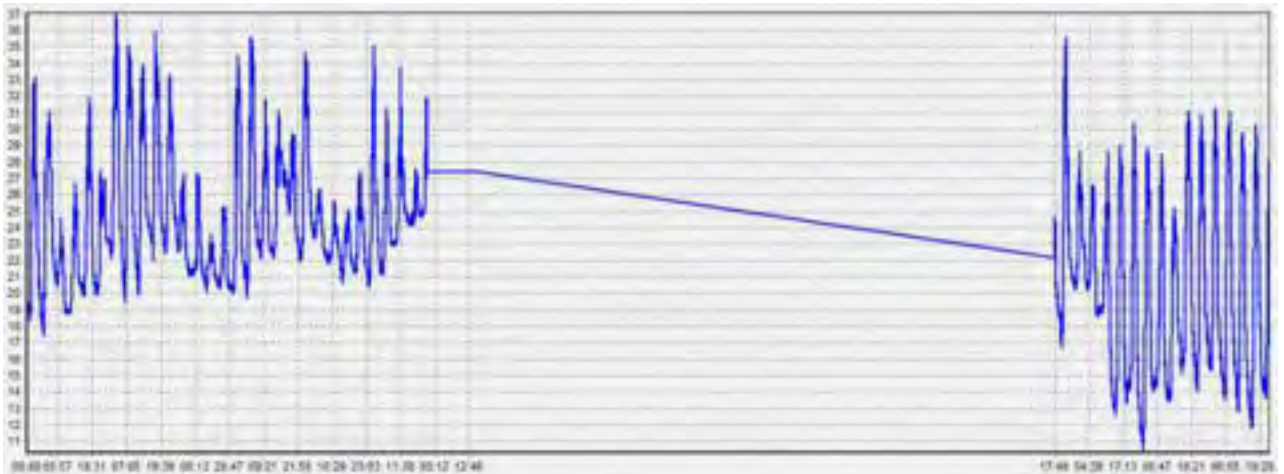
○ 시설 내부 CO2

- 시설내부 탄산가스 농도(2020. 7. 1 - 9. 30)

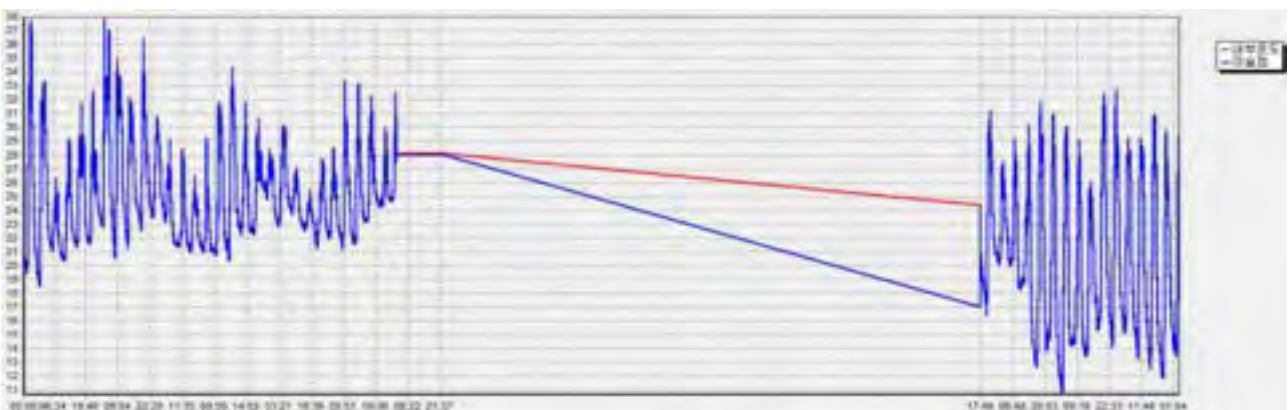


[그림 2-789] 시험기간 동안의 CO2 추이(2020. 7. 1 - 9. 30)

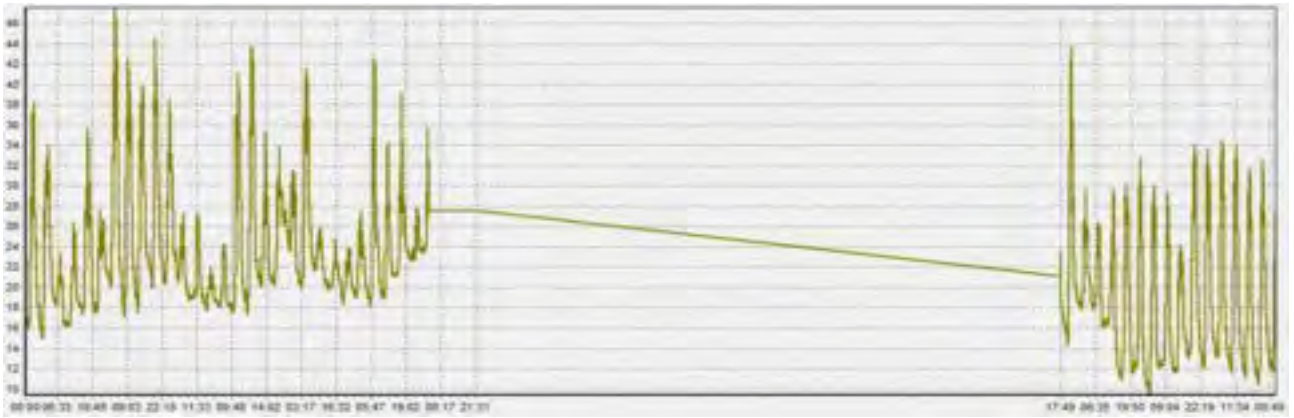
- 시설 내부 이슬점온도, 절대습도, 수분부족분, 포화수분의 비교



[그림 2-790] 시험기간 동안의 이슬점온도 추이(2020. 7. 1 - 9. 30)



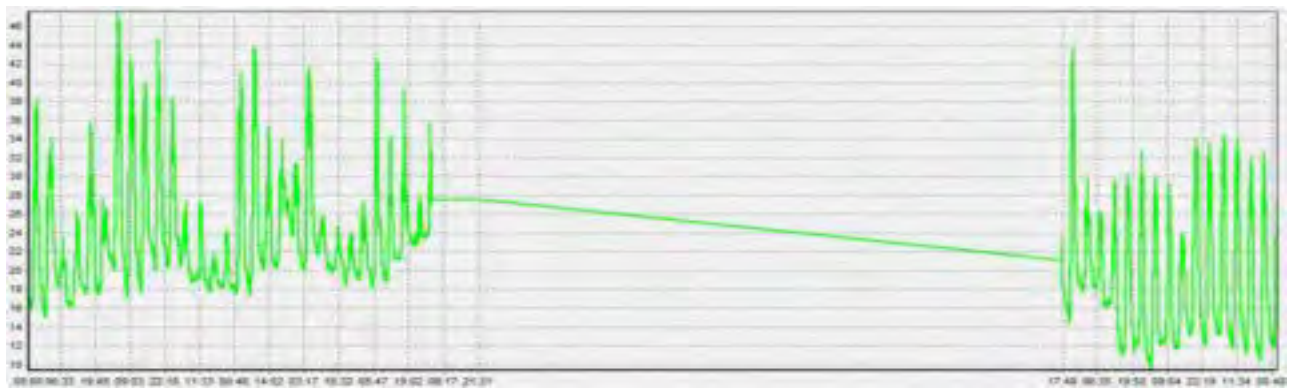
[그림 2-791] 시험기간 동안의 이슬점온도와 시설내부 온도 비교(2020. 7. 1 - 9. 30)



[그림 2-792] 시험기간 동안의 절대습도 추이(2020. 7. 1 - 9. 30)



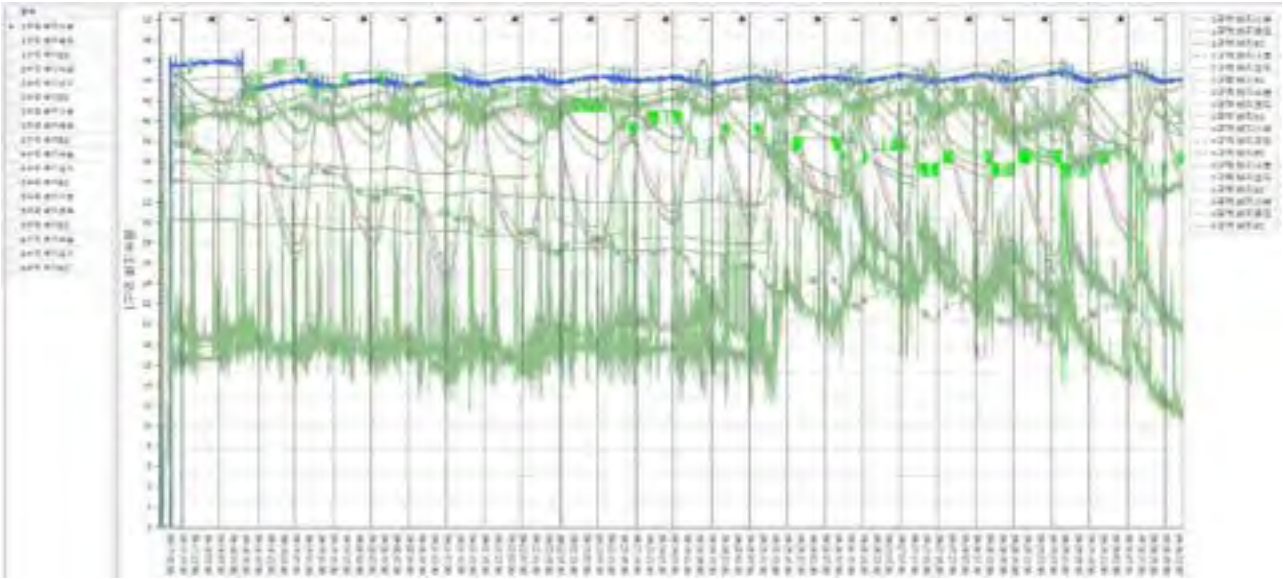
[그림 2-793] 시험기간 동안의 수분부족분 추이(2020. 7. 1 - 9. 30)



[그림 2-794] 시험기간 동안의 포화수분 추이(2020. 7. 1 - 9. 30)

○ 배지의 함수율 데이터

- 배지의 함수율은 재배기간동안 주야간의 함수율 차이가 명확하게 구분되고, 일정한 패턴으로 추이하였다.



[그림 2-795] 시험기간 동안의 배지 함수율센서 데이터 추이(2020. 7. 1 - 9. 30)

(나) 생육량정보 수집, 분석

- 정식일 : 2020. 6. 19
- 조사기간 : 정식 후 2주 간격 7회 조사, 개체 3반복
- 조사항목 : 초장, 엽수, 엽장, 엽폭, 근장, 근경, 엽면적, 생체중(지상부, 지하부), 건물중 (지상부, 지하부)

○ 일당귀의 1세대스마트팜 수경재배 조건하에서의 성장반응

- 초장 : 정식후 14주 기간 직선적 패턴으로 생육이 이루어졌다.



[그림 2-796] 일당귀 생육조사(좌 ; 20. 7. 14, 우 : 20. 9. 22)

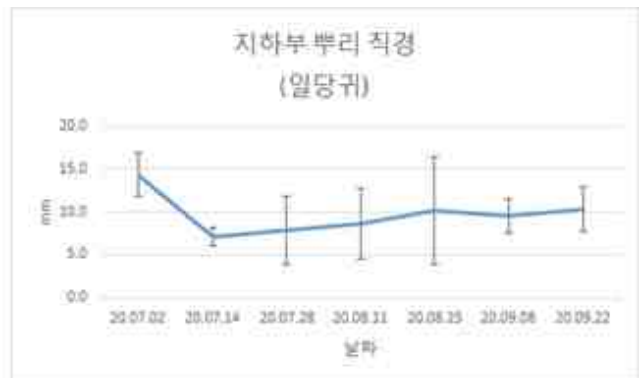
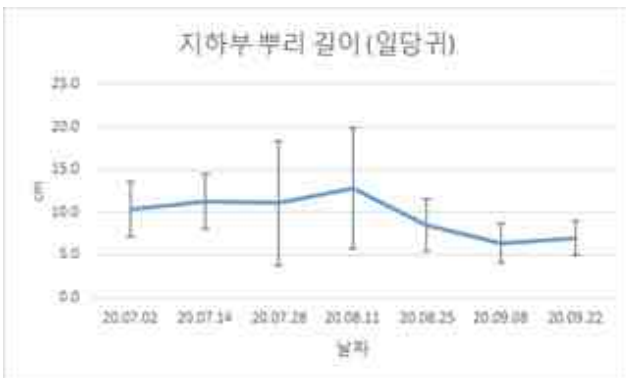
○ 엽의 생육반응

- 엽수, 엽장 및 엽폭은 직선적 생육 증가반응을 보였으며, 엽면적은 지수함수적 생육량 증가 패턴을 보였다.



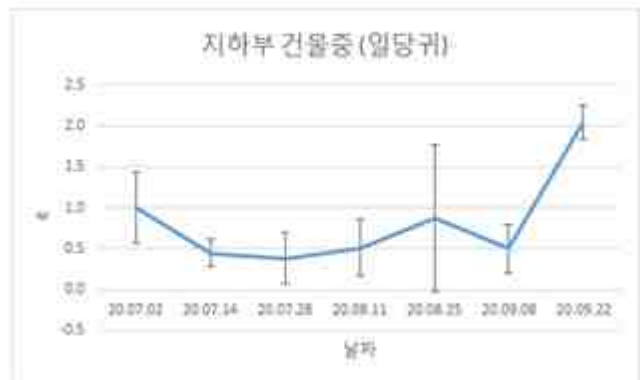
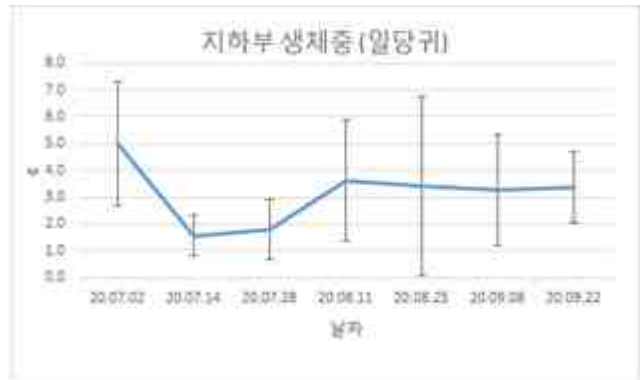
○ 뿌리의 생육반응

- 근장과 근경은 생육시기별 생육량의 차이가 변동이 심한 특성을 보였으며, 근장과 근경은 상호 반비례적 생육 패턴을 보였다.

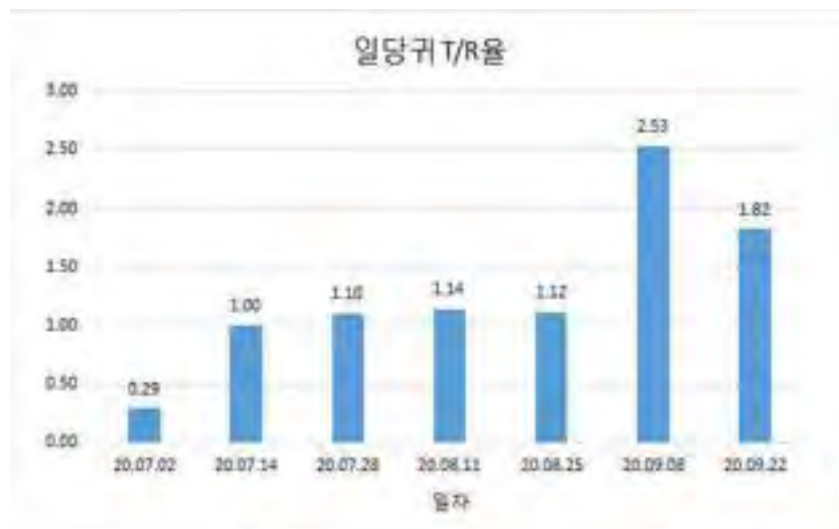


○ 생장해석

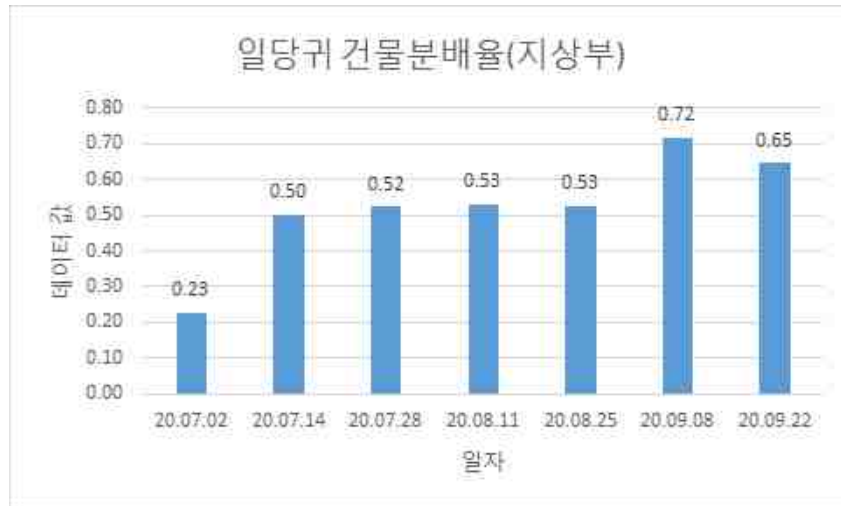
- 기관별 생체중 및 건물중 생육 결과는 경시적으로 지수함수적 패턴을 보였으며, 지하부의 경우는 일정한 패턴을 보이지 않았다.



- T/R율(Top/root, %)을 변화 패턴 : T/R율은 정식후 4주차부터 10주차 기간에는 1.00~1.12 범위 내에서 추이하였으며, 후반기에는 지상부 생육량에 비하여 지하부 생육량보다 크게 높아져 1.82 이상 높게 나타났다.



- DMPR(Dry matter partitioning ratio, %) 변화 패턴 : 기관별 건물분배율(DMPR, %)은 지상부가 조사기간 내 50% 이상 높아져 정식후 12주차인 2020년 9월 8일에는 72%까지 높아졌다.



○ 도라지의 1세대스마트팜 수경재배 조건하에서의 성장반응



[그림 2-797] 도라지 생육조사(좌 ; 20. 7. 14, 우 : 20. 9. 22)

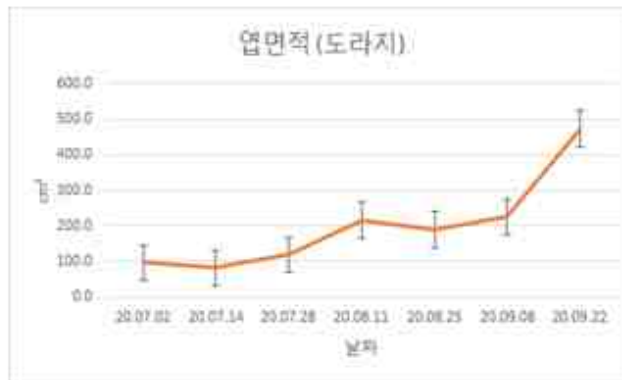
- 초장

정식후 14주 기간 직선적 패턴으로 생육이 이루어졌다.



○ 엽의 생육반응

- 엽장 및 엽폭은 직선적 생육 증가반응을 보였으며, 엽면적은 지수함수적 생육패턴을 보였다.



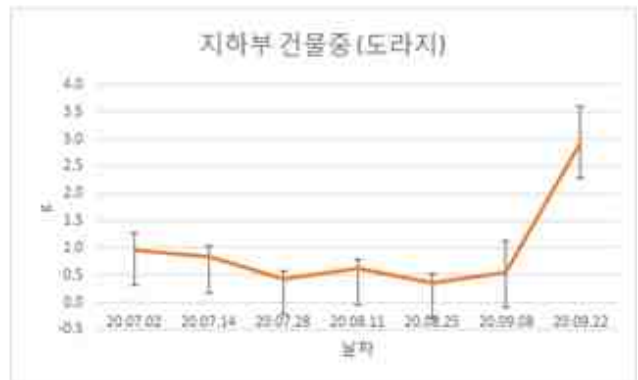
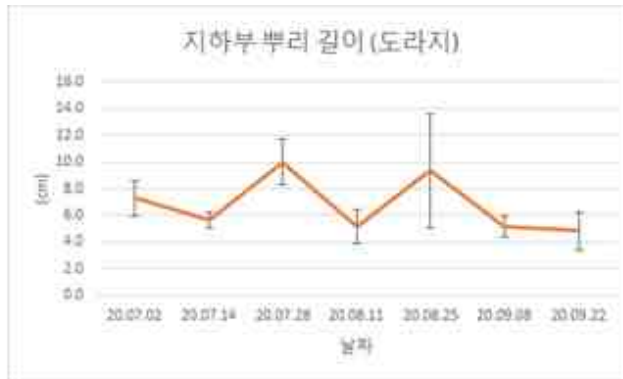
○ 지상부 생체중 및 건물중 분석

- 지상부 생체중과 건물중은 조사기간내 지수함수적 증가 반응을 보였으며, 생육량이 생육 후반에도 지속되어 최종 건물중 비율이 매우 높아지는 특성을 나타냈다.



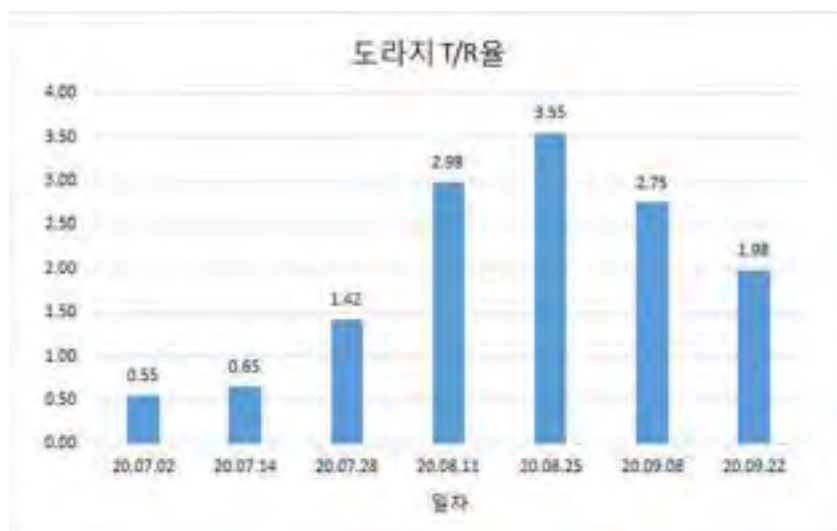
○ 뿌리의 생육반응

- 지하부 뿌리길이의 생육량은 주간 변동이 심하게 나타나 환경 변화에 따라 민감하게 반응하는 패턴을 나타내는 특성을 보였다.
- 지하부 생체중은 정식후 4주간 감소하다가 6주부터 직선회귀식 패턴으로 증가하였으며, 최종 근건물중 비율을 크게 높이는 결과를 보였다.

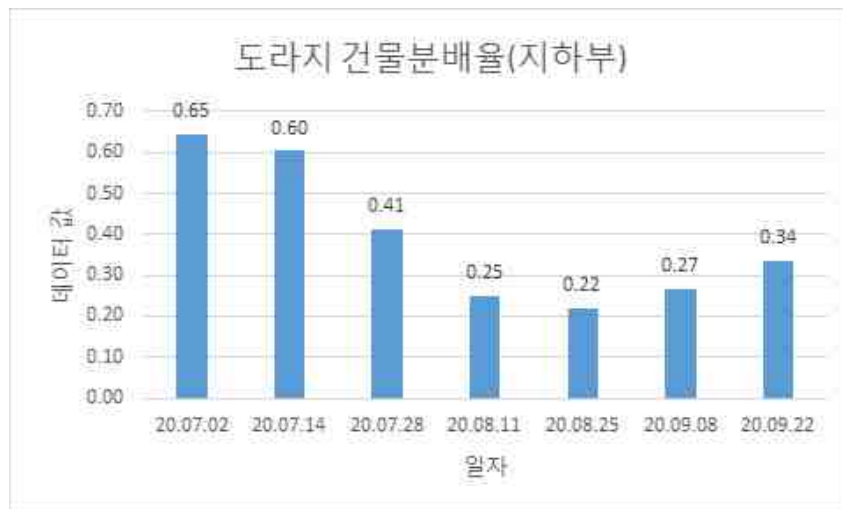


○ 생장해석

- T/R율(Top/root, %)을 변화 패턴 : T/R율은 정식후 10주차 최대치를 보이는 포물선 생육 패턴을 보였다.



- DMPR(Dry matter partitioning ratio, %)은 정식후 초기에는 지상부보다 지하부 건물 분배율이 높았으나 6주차부터는 지상부 건물분배율이 크게 높아져 정식후 10주차에 최고치를 보였다.



○ 품질분석 결과

- 뿌리의 총사포닌 함량 분석 결과 10.88% ±0.9795로 일반 도라지 2.5% 대비 4.352배 높게 나타났다. 동 시기에 수경인삼과 비교한 결과 인삼은 18.62%로 도라지에 비해 1.7배 높은 것으로 나타났다.

(단위 : %)

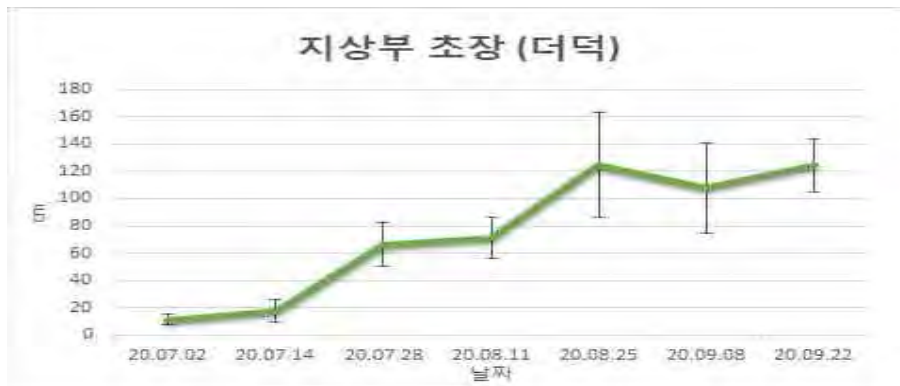
항 목	1	2	3	4	5	평균	표준편차
총사포닌함량(%)	11.852	10.385	11.950	10.224	9.991	10.880	0.9795

○ 더덕의 1세대스마트팜 수경재배 조건하에서의 생장반응



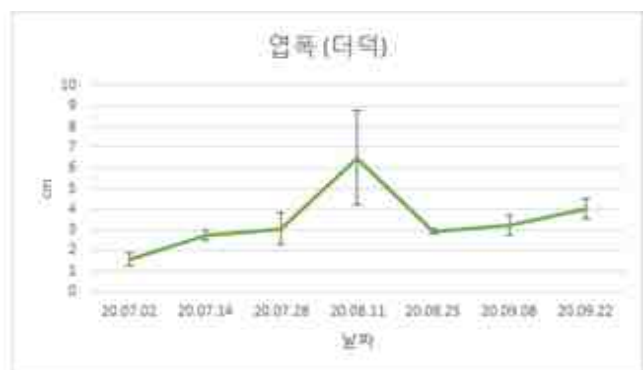
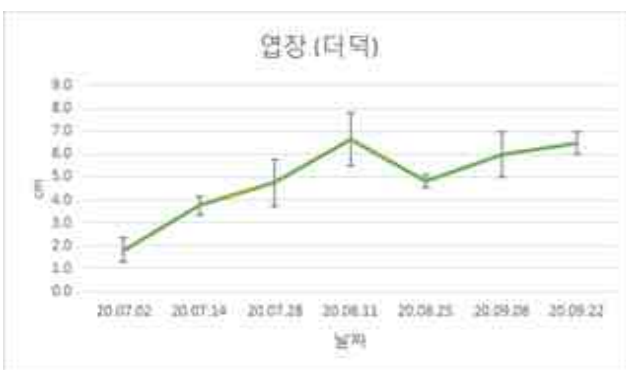
[그림 2-798] 더덕 생육조사(좌 ; 20. 7. 14, 우 : 20. 9. 22)

- 초장
정식후 14주 기간 직선적 패턴으로 생육이 이루어졌다.



○ 엽의 생육반응

- 엽장 및 엽폭은 직선적 생육 증가반응을 보였다.

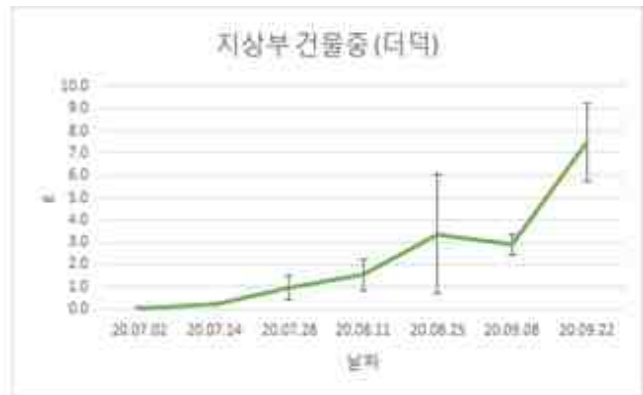
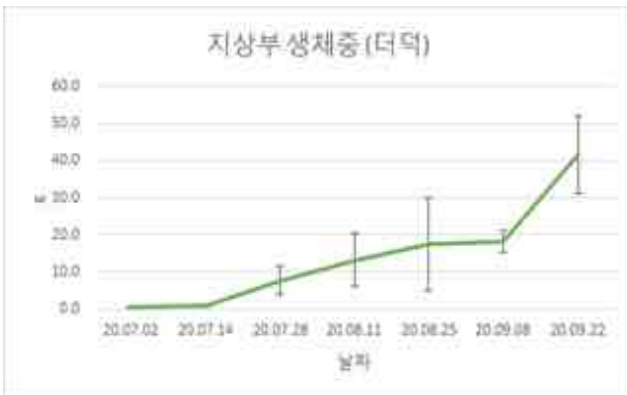


- 엽면적은 로그함수적 생육 증가 패턴을 보였다.



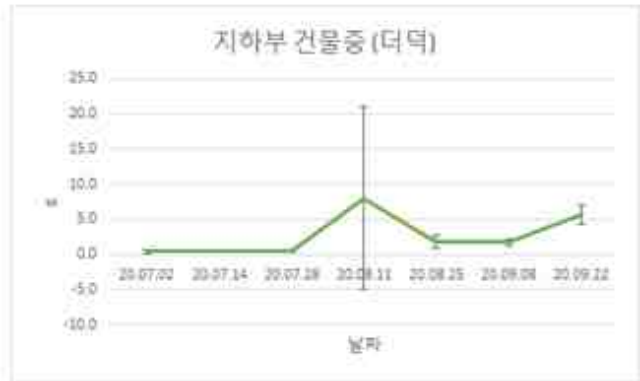
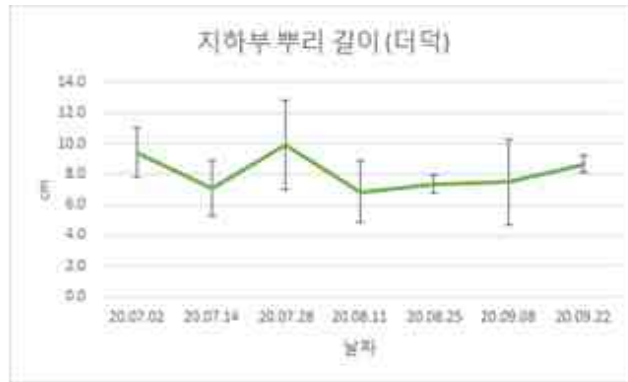
○ 지상부 생체중 및 건물중 분석

- 지상부 생체중과 건물중은 조사기간내 지수함수적 증가 반응을 보였으며, 생육량이 생육 후반에도 지속되어 최종 건물중 비율이 매우 높아지는 특성을 나타냈다.



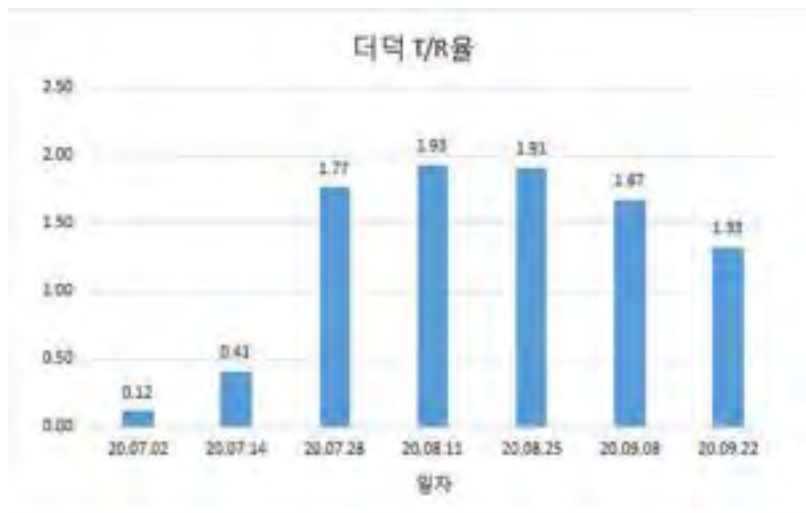
○ 뿌리의 생육반응

- 지하부 뿌리길이의 생육량은 주간 변동이 심하게 나타나 환경 변화에 따라 민감하게 반응하는 패턴을 나타내는 특성을 보였다.
- 지하부 생체중은 정식후 지속적으로 증가하였으며, 지하부 건물중은 생체중과 비례적 경향을 보였으며, 엽면적의 생육량과 반비례적 특성을 나타내는 것으로 조사되었다.

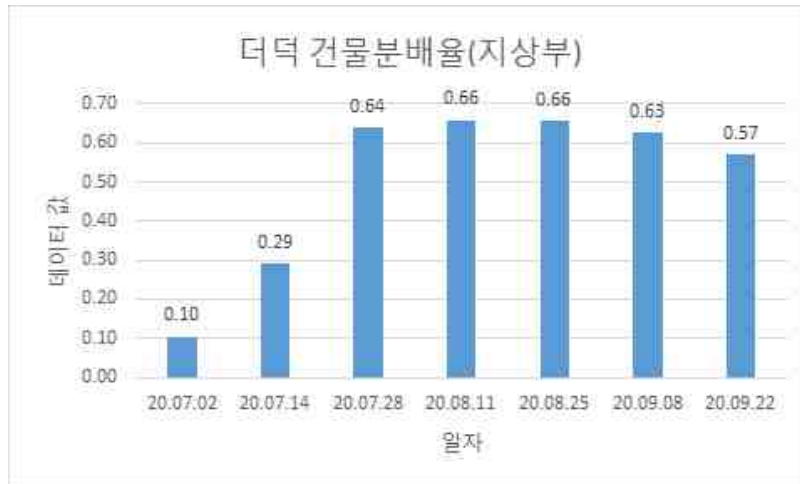


○ 성장해석

- T/R율(Top/root, %)을 변화 패턴 : T/R율은 정식후 8주차가 피크치를 나타내는 2차성장 곡선 포물선 패턴을 보였다.



- DMPR(Dry matter partitioning ratio, %)은 정식후 초기에는 지상부보다 지하부 건물 분배율이 높았으나 6주차부터는 지상부 건물분배율이 크게 높아져 정식후 10주차까지 최고치를 보였다.



3.7. i-FDSS 지능형 서비스 글로벌 론칭

3.7.1. 지능형 서비스 글로벌 론칭

1) 글로벌 향 WEF(자원-재배관리)복합관계 솔루션 론칭

- 한국스마트팜산업협회의 “1세대 스마트팜 실증사업”에 적용하기 위해 토마토, 딸기, 파프리카 등 이미 보급 농가가 많은 품목을 제외한 품목 11종(방울토마토, 애호박, 멜론, 가지, 오이, 고추, 수박, 상추, 장미, 국화, 분화류)에 대한 품목별 생육환경 최적화 및 원격 모니터링, 제어가 가능한 1세대 스마트팜 모델을 개발하여 제공하였음
- 제작한 아이센서와 환경센서를 11개 농장에 구축 (농진청, 농업기술원 등과 협업), 현장에서 11개 작물 데이터 확보
- 방울토마토, 고추, 애호박, 국화, 오이, 가지, 장미, 분화류, 멜론, 상추, 수박
- 생육환경, 생육량, 수확량 데이터를 축적하여 레시피 구축에 활용
- 생육환경 데이터 : 외부의 광, 온도, 풍향, 풍속, 강우, 내부의 광, 온/습도, 탄산가스
- 농도, 근권부의 온도, EC, PH, 수분 함유율
- 생육량 데이터 : 조장, 경경, 엽수, 엽면적, 절간장, 개화수, 착과수

- 수확량 데이터 : 과수, 과중
- 씨슬프라이머스가 '21년 구축한 농협쌀박물관, 아브뉴프랑광고 인-도어 딸기팍, 천안시 농업기술센터 수직 농장의 데이터도 추가로 수집 진행함

[표 2-319] 표 작물 데이터 수집 항목

데이터 구분	수집 항목	
생육 환경 데이터	외부	광, 온도, 풍향, 풍속, 강우
	내부	광, 온/습도, 탄산가스농도
	근권 환경	온도, EC, pH, 수분 함유율
생육량 데이터	초장, 경경, 엽수, 엽면적 (엽장, 엽폭), 절간장(화방간장), 개화수, 착과수	
수확량 데이터	과수, 과중(과고, 과폭, 과중)	

[표 2-320] 테스트 베드 품목 및 장소 (11개소 + 3개소)

작물	주소
오이	경기도 오산시 갈곶동
가지	경기도 안성 일죽면 화곡리
장미	경기도 고양시 덕양구 오금동
선인장	경기도 고양시 일산서구 구산동
상추	경기도 평택시 진위면
토마토	전남 화순군 도곡면 대곡리
호박	전남 나주시 봉황면 용전리
멜론	전라남도 곡성군
국화	전남 무안군 신학리
고추	전남 담양군 한수동로
수박	충북 음성군 대소면
딸기	아브뉴프랑 광고점 인-도어 딸기팍
딸기/토마토/허브	서대문 농협 쌀박물관
옆재소	천안시 농업기술센터



- 빅데이터 수집 체계 확보
 - 이들 품목의 스마트팜 측정데이터 표준화하여 빅데이터 수집체계를 확보하였음
 - 측정된 값은 웹을 통해 모니터링 할 수 있도록 웹 기반의 모니터링 시스템 구축함
 - 전국 11개 테스트 베드의 작물 환경과 씨슬프라이머스가 '21년 구축한 사이트의 환경을 실시간으로 웹을 통해서 모니터링 할 수 있도록 함



[그림 2-799] 11개 농장 테스트 베드의 환경 데이터 표시



[그림 2-800] ㈜세슬프라이머스 구축 사이트 환경 데이터 표시

○ 스마트팜 클라우드 운영 기술 표준화

- 한국스마트팜 산업협회 1세대 스마트팜 실증사업에 AlphaFarmTM 솔루션 적용



[그림 2-801] 실증 사업에 적용된 AlphaFarmTM 솔루션 화면

2) 지능형 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 모듈 기능개선

□ 환경의 센싱

○ 센서의 사양

- 최대 15개의 센서를 배치
- 내부 : 온도, 습도, CO2, 일사량
- 외부 : 일사량, 온도, 강우, 풍향, 풍속
- 양액 : EC, PH, 유량
- 근권부 : 지온, EC, 수분

○ 통신 방식

- 센서는 RS485 시리얼 통신 방식으로 유선 연결을 통해 통신 연동하도록 구성
- 통합 제어기에 여러 개의 센서를 구성하는 데 유리한 방식

[표 2-321] 센서의 규격

환경 센서	품목	규격		
		내부	외부	
환경 센서	온도 센서	0°C~100°C		
	습도 센서	0~100%		
	CO2센서	0~3000PPM		
	실내일사센서	0~1800W/m ²		
	외부일사계	0~1800W/m ²		
	온도검출기외기용	0°C~100°C		
	강우계	on/off		
	풍향계	0~360°		
	풍속계	0~60 M/S		
	양액 관수	배액EC	0~10 ds/m ³	
		배액PH	0~14 ph	
		배액량	유량계	
	근권부	지온	0°C~100°C	
		EC	0~10 ds/m ³	
		수분	0~100%	

○ 센서 정보의 입수

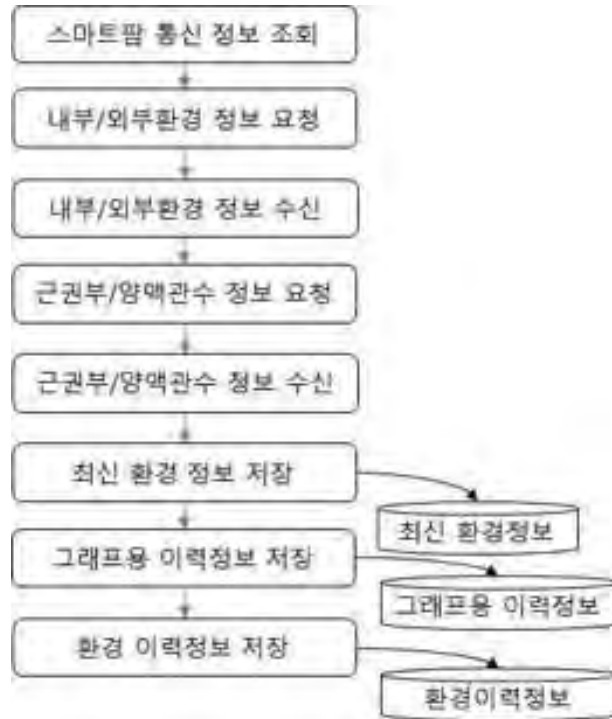
- 각 센서들과 통합제어기가 연결하여 센서에서 측정된 값을 통합제어기가 수신받아 복합
- 환경 제어시스템이 설치되어 있는 PC에 전송하고, 복합 환경 제어시스템에서 센서 서버로 측정값을 전송하고 해당 전송된 환경정보를 DB에 적재함



[그림 2-802] 센서의 데이터 Flow

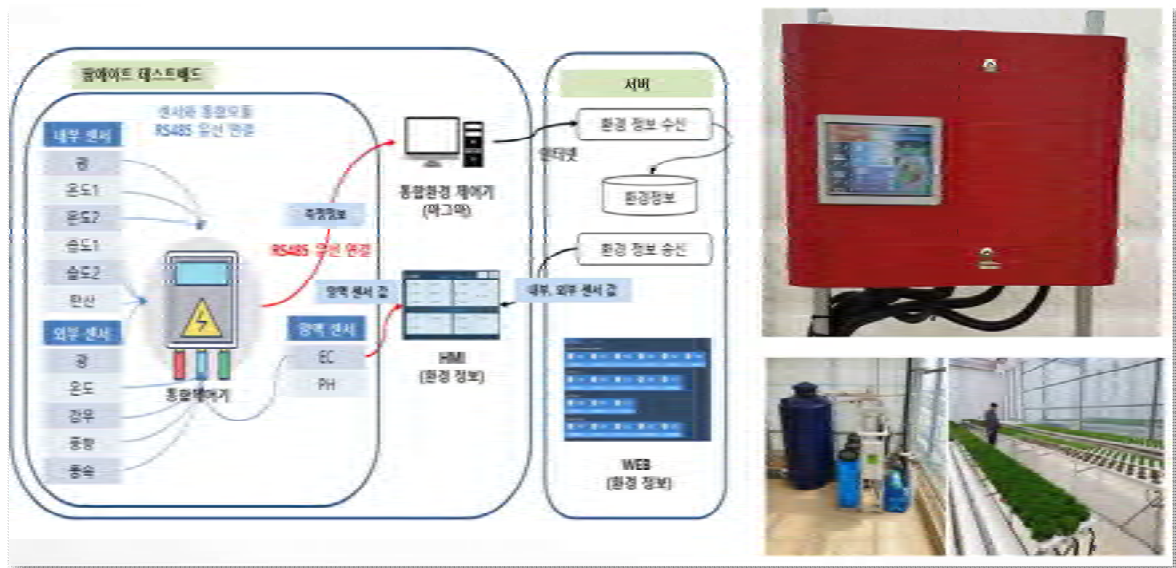
- 센서 데이터베이스와 연동할 수 있는 스마트팜 통신ID를 조회하여 해당 내부/외부 환경 정보를 요청/수신하여 환경 정보를 DB로 저장함
- 이력 관리 도식화 하기 위해 별도의 이력 정보를 DB 형태로 구축함
- 수신하는 Data는 Parsing 처리하여 저장하며, 1분마다 센서값을 요청하여 저장하는데 관계형

데이터베이스에는 최신 정보만 유지하고 NoSQL 데이터베이스에는 데이터를 계속 쌓아 저장함



[그림 2-803] 센서 측정값 수집 흐름도

- 환경의 제어
- 환경 정보



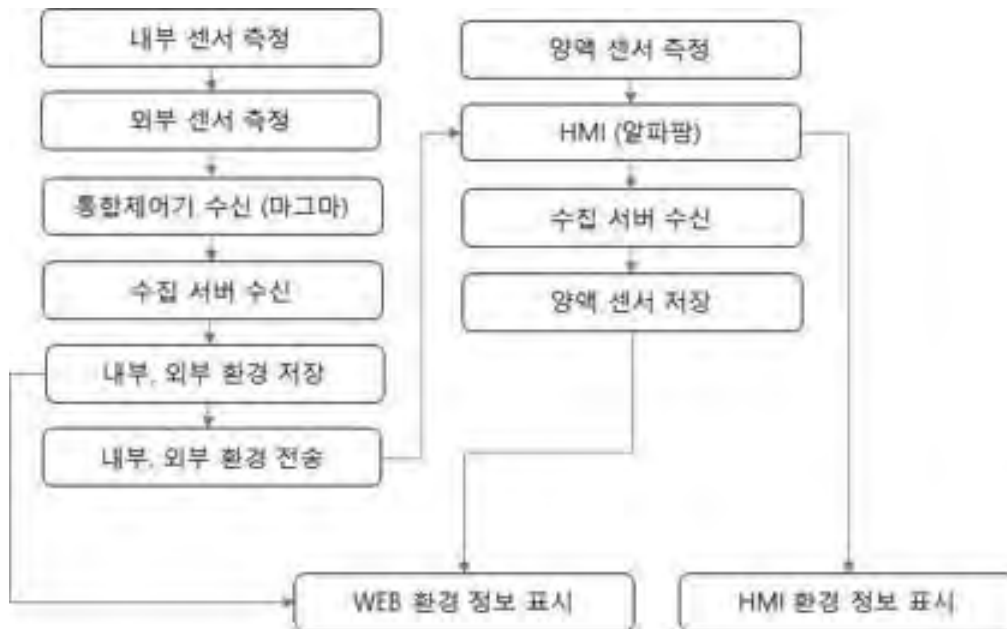
[그림 2-804] 재배관리 엔진 고도화 검증 (팜에이트 테스트베드)

- 내부 센서 (광, 온도1, 온도2, 습도1, 습도2, 탄산) 값을 받아서 서버로 전송
- 외부 센서 (광, 온도, 강우, 풍향, 풍속) 값을 받아서 서버로 전송
- 양액 센서 (EC, pH) 값을 받아서 서버로 전송

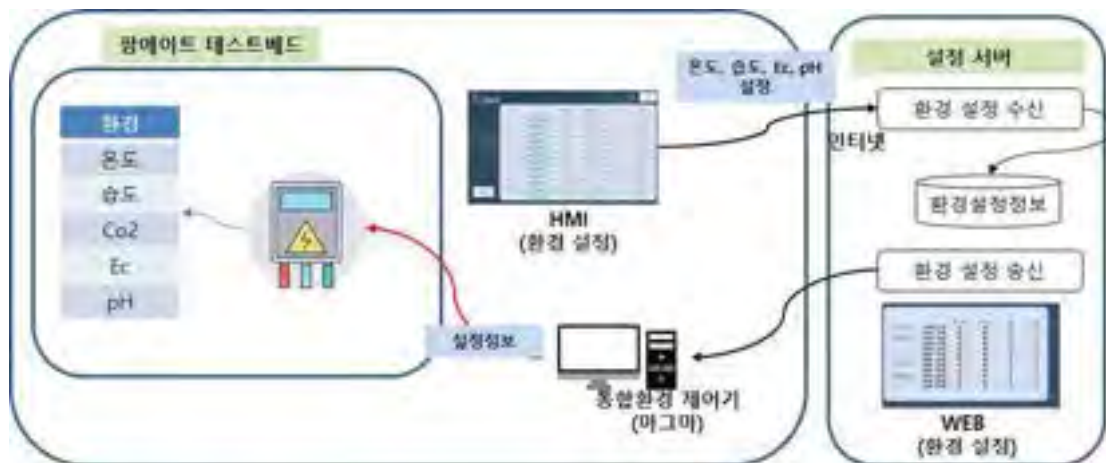
- 현장에 있는 HMI 화면에서 내부, 외부, 양액 정보를 조회함
- WEB으로 내부, 외부, 양액 정보를 조회함
- 내부, 외부 센서 측정값은 현장에 있는 통합제어기에서 수신받아 서버로 전송함
- 서버에서 현장에 있는 HMI로 내부, 외부 센서 측정값을 전송함
- 양액 센서 측정값은 현장에 있는 HMI로 수신받아 서버로 전송함
- 현장에 있는 HMI 화면에서 내부, 외부, 양액 정보를 표시함
- WEB으로 내부, 외부, 양액 정보를 표시함

○ 환경 설정

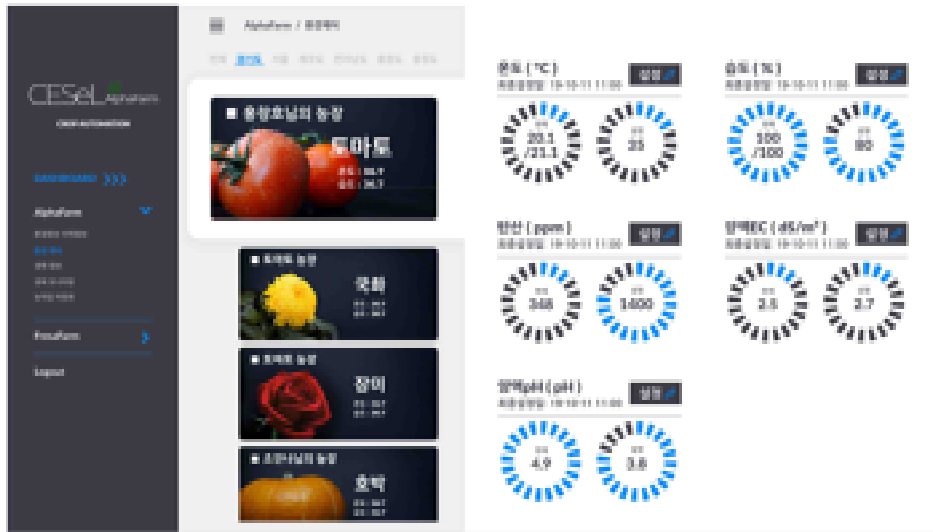
- HMI에서 온도, 습도, Ec, pH 설정값을 입력하여 서버로 전송
- 서버에서 통합환경 제어기(마그마)로 온도, 습도, Ec, pH 설정값을 전송
- 통합환경 제어기(마그마)에서 설정값을 기준으로 주변 장비 제어하여 환경 조절



[그림 2-805] 환경 정보 표시



[그림 2-806] 환경 설정 도식화



[그림 2-807] 환경 정보 표시

3) 인공지능 수확시기 예측모델

□ 작물 인식용 알고리즘 개발

○ 인공지능 엔진 선택

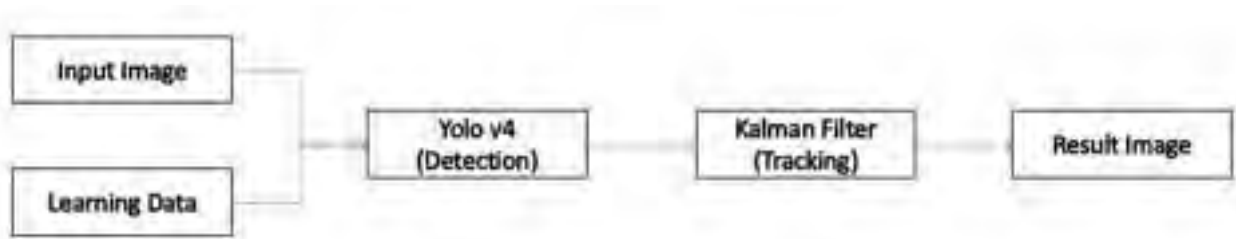
- YOLO (You Only Look Once) 알고리즘은 이미지를 한번 보는 것만으로 객체의 종류와 위치를 추측하는 딥러닝 기반의 물체인식 알고리즘
- 기존에 사용하던 R-CNN 계열의 기술들은 2-Stage-Detector 방식이었는데 mAP(정확도)는 높지만 현저하게 낮은 FPS(정확도)로 인하여 실시간 영상을 처리하기에는 문제가 발생
- 옛지에서 빠른 영상 처리를 위해 1-Stage-Detector 사용

[표 2-322] R-CNN 계열 비교

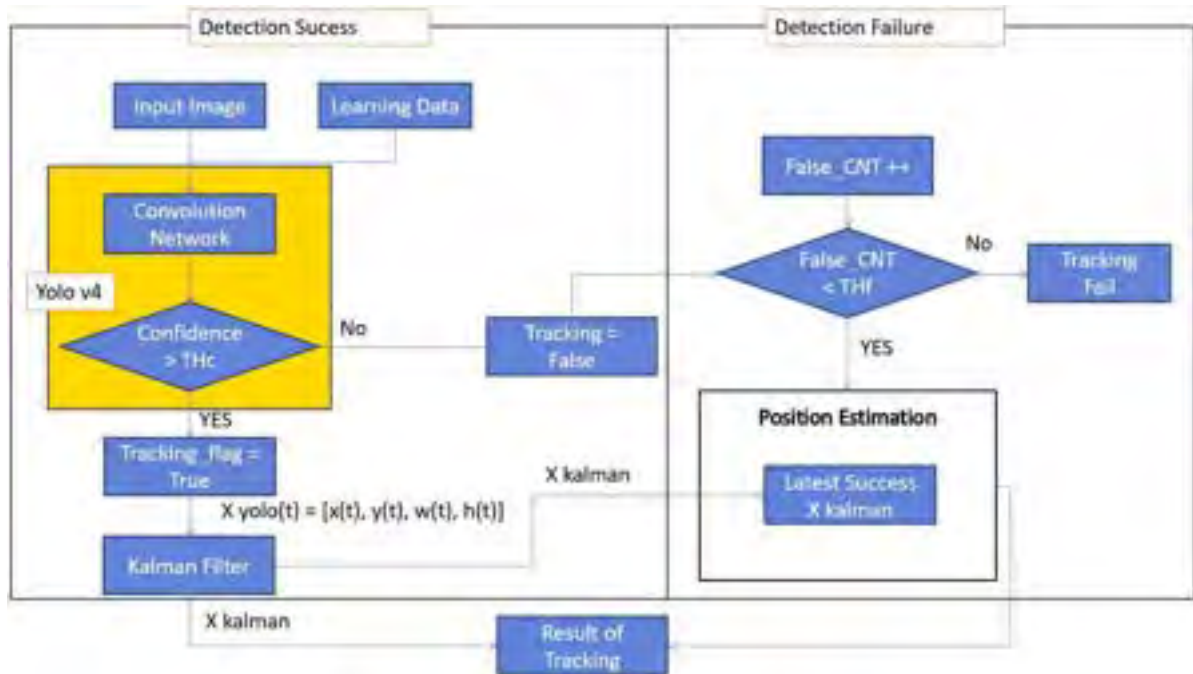
계열	방식	알고리즘	mAP (정확도)	FPS (속도)
CNN	1-Stage-Detector	Yolo	낮음	높음
		SSD	높음	높음
	2-Stage-Detector	Faster R-CNN	높음	낮음
		Mask R-CNN	높음	낮음

○ 작물 인식 프로세스

- Input 이미지가 Yolo-v4 Convolutional neural Network(CNN)에 들어가 물체 인식
- 신뢰도가 임계치(THc)를 넘겼다면 물체 인식에 성공했다 판단하고, 넘기지 못했다면 실패했다고 판단
- 물체 인식에 성공한 경우, 칼만 필터를 씌워 결괏값(추정치)으로써 출력하며, 최근의 성공기록으로써 저장시켜 놓는다.
- 만일 실패한 횟수가 임계치(THf)를 넘길 경우, 트래킹 실패를 출력하며, 임계치보다 낮을때 최근에 성공했던 기록을 출력한다.



[그림 2-808] 객체 인식 전체 흐름도



[그림 2-809] 객체 인식 프로세스

- 수확 시기 예측 알고리즘 개발
 - 영상 취득 시스템 고도화
 - 기존 영상수집 장치 (아이센서 1.0)을 고도화 개발함 (아이센서 2.0)
 - 카메라 시스템은 작물의 색도, 형상, 크기 및 성숙도를 판단하기 위한 영상 촬영을 담당하는 카메라와 인공지능 칩이 내장된 Embedded System으로 구성됨
 - Embedded System은 옛지에서 성숙도 판단뿐만 아니라 카메라의 제어 기능도 수행함



[그림 2-810] 영상 취득 장치 디자인 및 최종 상품화



[그림 2-811] 아이센서의 구성

[표 2-323] 아이센서 2.0 Embedded System

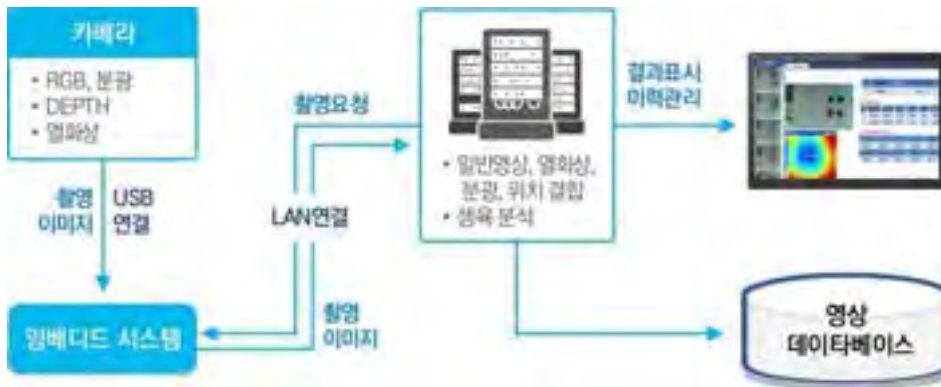
항목	주요 사양
제품	NVIDIA Jetson Xavier 모듈
구성	CPU, GPU PMIC, DRAM
GPU	512-Core Volta GPU with Tensor Cores
CPU	8-Core ARM v8.2 64-Bit CPU, 8MB L2+4MB L3
메모리	32GB 256비트 LPDDR4x
스토리지	32GB eMMC 5.1
연결	USB, Wi-Fi 온보드, 기가비트 이더넷
OS	Ubuntu 18.04.3 LTS (Linux)

[표 2-324] 아이센서 2.0 RGBD 카메라 사양 (Use Case : 3D scanning, Robotics collision avoidance)

항목		주요 사양
제품		Intel RealSense Depth Camera D455
범위		0.4~6m
Depth	기술	Active IR stereo
	FOV	86° × 57° (±3°)
	Minimum Depth	~40 cm
	Output resolution	Up to 1280 × 720
	Accuracy	<2% at 4m
	Frame rate	90 fps
RGB	Frame resolution	1920 × 1080
	FOV	70° × 43° (±3°)
	Frame rate	30 fps
	Sensor resolution	1MP
	Sensor technology	Global shutter
Processing		Intel RealSense Vision ASIC, Integrates an IMU
Connectors		USB-C* 3.1 Gen 1*

[표 2-325] 아이센서 2.0 열화상 카메라 주요 사양

항목	주요 사양
제품	i3System, TE-EV2
적외선해상도	640 x 480 pixels
픽셀크기	12 μ m
파장대역	8~14 μ m (장파장 적외선)
온도분해능	\leq 50mK@F/1, 300K
프레임 속도	30Hz
측정온도 범위	-10 $^{\circ}$ C ~ 150 $^{\circ}$ C
동작온도 범위	-10 $^{\circ}$ C ~ 65 $^{\circ}$ C
소비전력	<2.0W@30Hz
무게	<50g (기본렌즈 포함)
크기	30 mm x 36 mm x 27 mm
인터페이스	USB output mode



[그림 2-812] 영상 취득 프로세스



[그림 2-813] 영상 획득~생육 관리 프로세스

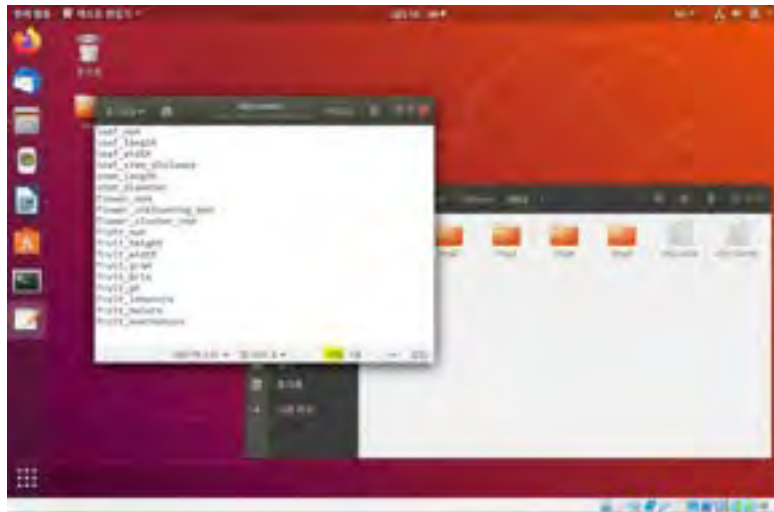
○ 성숙도 판단 학습

- Data Labeling
- 딸기와 엽채소의 성숙도에 따라 수확시기를 예측하기 위해 미리 성숙도를 분석할 수 있도록 성숙도 딥러닝을 수행
- 성숙도는 YOLO 알고리즘에서 객체를 박스로 표시하는 작업을 할 때 성숙도에 따라 각기 다른 라벨링으로 박스 표시함
- 딸기의 경우 박스 라벨링은 미성숙 ~ 아주 성숙의 총 6단계로 구분

[표 2-326] 딸기 성숙도 라벨링

구분	라벨	설명
1단계	immature	아주 미성숙
2단계	30_immature	30% 성숙
3단계	50_immature	50% 성숙
4단계	60_immature	60% 성숙
5단계	80_immature	80% 성숙
6단계	mature	아주 성숙

- Yolo를 학습하기 위해서 진행되는 단계로 이미지에 Annotation 및 Class를 지정해주는 단계를 거침



[그림 2-814] Annotation 및 Class 지정 단계

- Annotation Tool (Labelme, VIA, Roboflow, Yolo_Mark ...)의 경우 Window 운영체제에서는 Labelme를 주로 사용하며, Linux 운영체제에서는 Yolo_Mark를 주로 사용.
- 현 PC에서는 Linux 운영체제이므로, Yolo_Mark를 이용하여 Labeling을 진행함

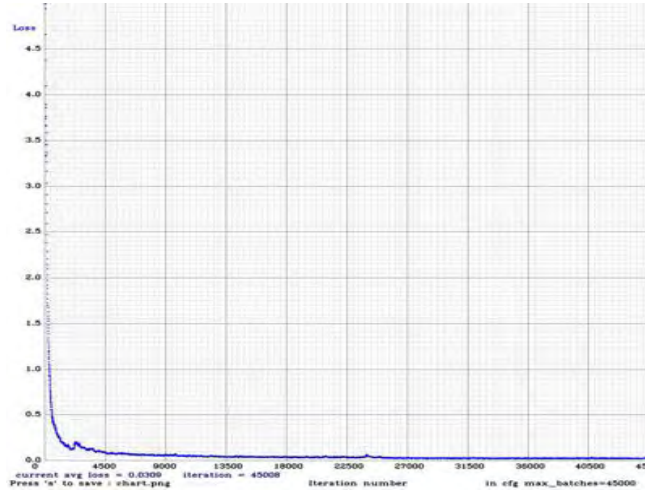


[그림 2-815] Annotation Tool을 이용한 라벨링 작업(딸기)



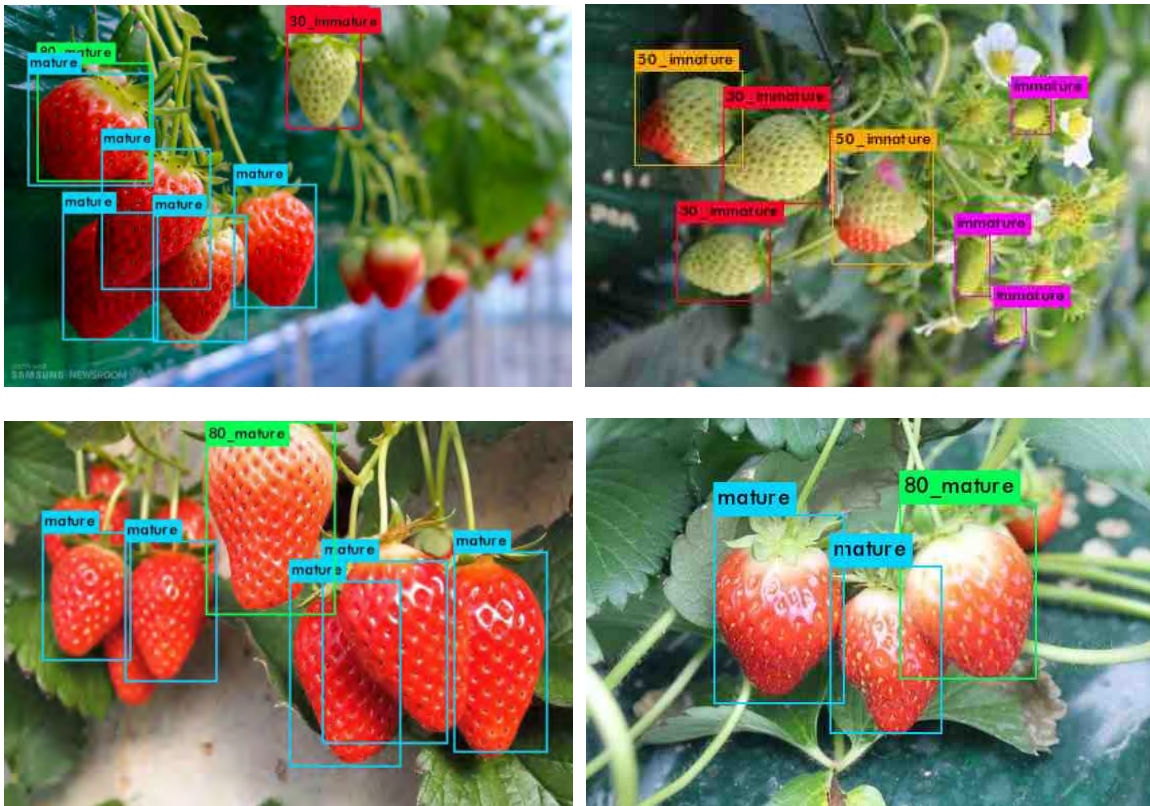
[그림 2-816] Annotation Tool을 이용한 라벨링 작업 (엽채소)

- 이미지 파일에서 딸기에 라벨링 박스를 표시하고 성숙도 단계를 기재하여 학습을 진행 손실률의 평균이 가장 낮을 때까지 학습을 진행
- 그래프에서 가로축은 학습 수행 횟수를 표시, 세로축은 손실률을 표시
- 본연구결과에서 max_batches = 20,000번의 Train을 진행했으며, 대략 30~40시간의 학습 결과 0.3541의 loss(손실률)의 학습데이터를 획득
- 수행 횟수를 무조건 늘린다고 인식률이 높아지는 것이 아니며, 오히려 더 좋지 않은 결과를 초래할 수 있음
- 학습이 진행될수록 학습 수행 횟수는 늘어나고 손실률은 줄어드는 반비례 그래프의 형태를 지님
- 완료된 학습데이터의 경우, Backup 디렉토리에 yolov4_xxx.weights 형태의 가중치로 저장



[그림 2-817] 학습 결과 그래프

- 학습에 사용되지 않은 여러 딸기 사진 파일을 대상으로 테스트를 진행하였고 아래 예와 같이 성숙도 분류가 정상적으로 진행됨을 확인



[그림 2-818] YOLO 테스트 결과

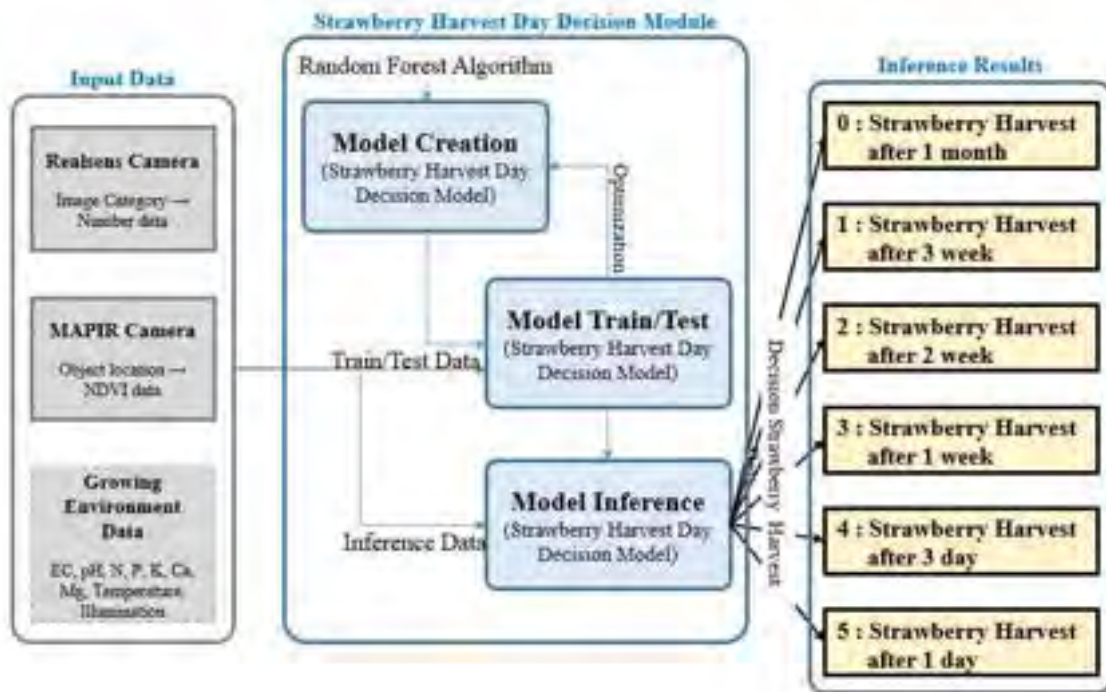
○ 성숙도 분석 프로세스

- 미리 성숙도를 분석할 수 있게 성숙도 딥러닝을 시킴
- 딥러닝 된 모델 정보를 파일로 저장
- 이미지 파일을 읽고 해당 이미지에 객체 부분을 분류 처리함
- 딥러닝 된 모델 정보 파일을 읽은 후 성숙도를 분석함

- 이미지에 객체 위치의 좌표와 해당 객체의 성숙도 정보를 전송
- 생육 분석 정보를 수신하여 저장함
- 이미지 촬영 시스템과 이미지분석 시스템이 Embedded SYSTEM에 적재되어 이미지 촬영 후 분석하고 이미지 정보와 분석 정보를 같이 전송함



[그림 2-819] 생육 분석 프로세스



[그림 2-820] 수확 예측 모델

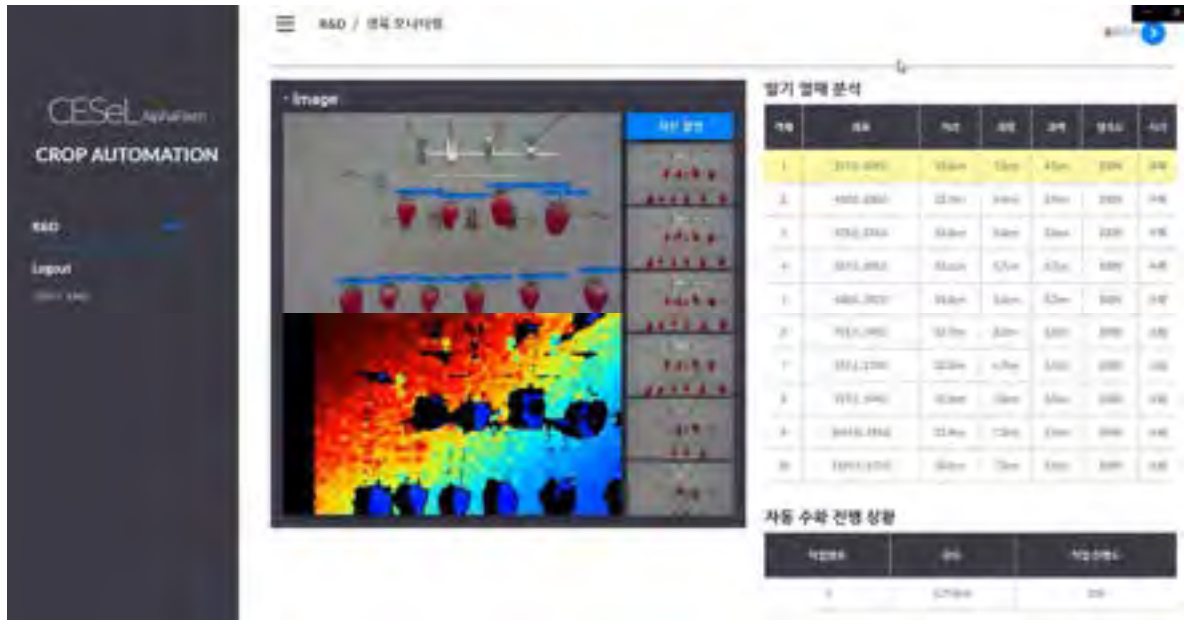


[그림 2-821] 현장 설치 양액 제어기 사례(한글)



[그림 2-822] 현장 설치 양액 제어기 사례(영문)

- 생육 모니터링 및 수확 기능
 - 생육 모니터링
 - 사진 촬영 버튼을 누르면 아이센서가 이미지 촬영 (상단 RGB, 하단 Depth)
 - RGB 이미지로부터 머신러닝 바탕의 객체 인식과 성숙도 분석이 진행되어 딸기 객체와 성숙도가 화면에 표시됨
 - Depth 카메라로부터 딸기의 좌푯값을 계산하여 화면에 표시함
 - 하단부에는 딸기의 수확 진행 상황을 표시함



[그림 2-823] 딸기 생육 분석 및 수확 화면

[표 2-327] 화면 표시 항목

항목	주요 사양
딸기 객체 정보	객체 번호(0~10의 숫자) 좌표 (x, y) 거리 (z) 과장, 과폭 (cm) 성숙도 (0~100%) 수확
수확 진행 상황	작업 번호 (0~10의 숫자) 당도 (Brix) 작업 진행도 (작업 대기, %)

- 엽채소의 경우도 객체 인식, 수확 여부, 성숙도와 위치, NDVI 분석 결과를 표시
- 로봇 수확 자동화 플랫폼과 연동함



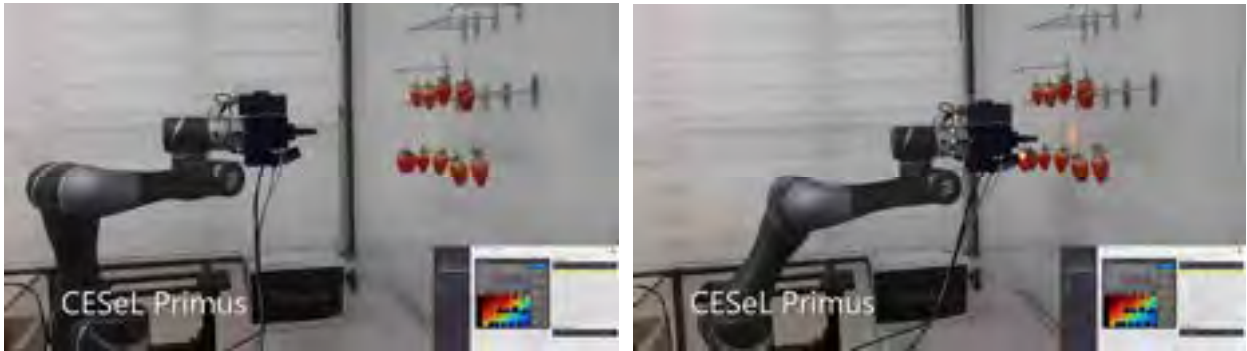
[그림 2-824] 엽채소 생육 분석 화면

○ 수확 기능 구현

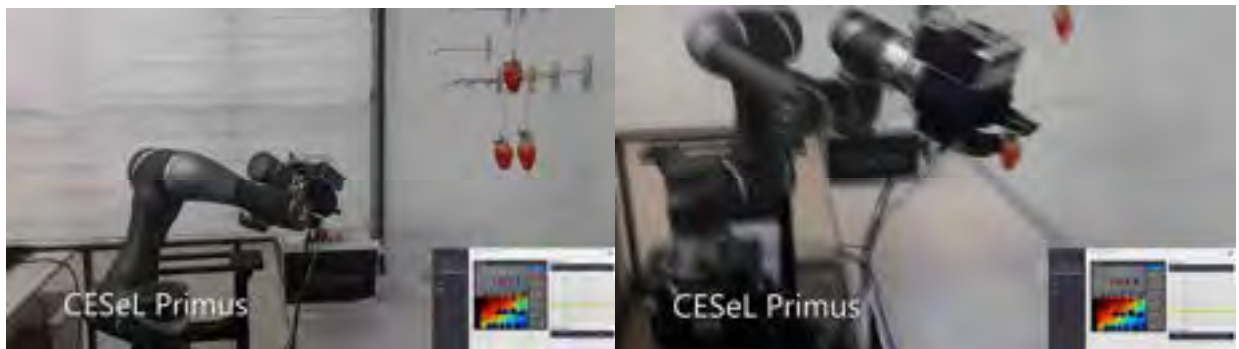
- 당사가 보유한 세슬알파팜 친환경 수직농장에서 엽채소 수확 로봇 시험하였고, 연구소에서 딸기 수확 기능 시험 완료함



[그림 2-825] 엽채소 수확 자동화

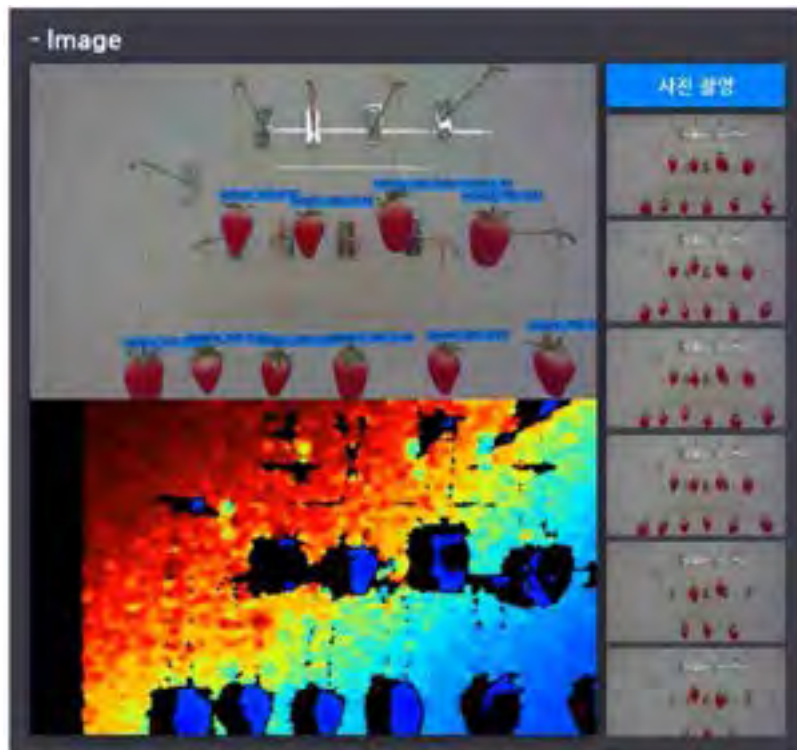


[그림 2-826] 10개의 딸기 수확 및 당도 측정(우측) 모습과 웹 모니터링 화면



[그림 2-827] 딸기 당도에 의한 선별 작업 수확 (좌, 우측)

- 딸기의 경우 아래 그림과 같이 아이센서로 촬영한 RGB 이미지와 Depth 이미지를 표시함
- RGB 이미지에는 딸기 객체 인식과 성숙도 판단 결과를 표시함
- Depth 이미지로부터 딸기의 위치를 계산하여 별도 표로 표시함



[그림 2-828] 아이센서 촬영 결과

- 열매 분석 결과는 인식된 개체의 Number, 좌표, 거리, 과장, 과폭, 성숙도, 수확 여부를 표로 표시함
- 수확 진행 시 수확하고 있는 딸기를 별도로 하이라이트 시켜서 상황을 알 수 있도록 하였음
- 수확하는 딸기의 Number와 측정된 당도, 진행도 (%)를 별도 표로 표시하였고, 모든 수확 작업이 완료되면 작업 진행도에 “작업 완료”로 표시함

딸기 열매 분석

개체	좌표	거리	과장	과폭	성숙도	시기
1	277.0, 609.0	32.6cm	5.2cm	4.5cm	100%	수확
2	410.0, 600.0	32.7cm	5.6cm	3.9cm	100%	수확
3	475.0, 293.0	31.8cm	5.6cm	3.6cm	100%	수확
4	557.5, 605.0	33.1cm	5.7cm	3.7cm	100%	수확
5	630.0, 307.0	31.8cm	5.5cm	3.7cm	100%	수확
6	721.0, 599.0	32.7cm	6.1cm	4.2cm	100%	수확
7	815.5, 270.0	32.3cm	6.7cm	4.6cm	100%	수확
8	919.5, 594.0	32.1cm	5.8cm	3.8cm	100%	수확
9	1015.0, 295.0	31.9cm	7.3cm	5.5cm	100%	수확
10	1154.5, 573.0	32.5cm	7.3cm	5.6cm	100%	수확

자동 수확 진행 상황

작업번호	당도	작업 진행도
6	5.92Brix	60%

[그림 2-829] 생육 분석 결과와 수확 작업 진행 상황 표시

- 개발 플랫폼을 활용한 수직농장 재배 시스템 개발
 - 국내 상품화 진행하여 사례 사이트로 수출에 활용
- 가. 친환경 사계절 인-도어 딸기팜 시스템 개발
- 실내형 및 콜드체인 컨테이너 사계절 딸기팜 상품화
 - 고표광 LED 시스템 적용
 - 고밀도 재배대 설계를 통한 14x 생산성 확보
 - 웹 기반의 생육 모니터링 적용
 - 딸기, 딸이 토마토, 딸기 자묘, 화훼류 재배

- 사례 사이트 구축
- 농협 쌀박물관 내 수직농장 구축하여 딸기, 땅딸이 토마토, 허브류 재배 실증 진행하였으며 개발한 웹 UI 적용함 ('21년 2월)
- 아브뉴프랑 광고 점에 인-도어 딸기 팜 구축('21년 11월)하여 딸기 재배 진행 중이며 웹을 통한 모니터링과 환경 제어, 아이센서 및 생육 진단 적용함



[그림 2-830] 인-도어 딸기팜 기술 적용



[그림 2-831] 인-도어 딸기팜 모델 개발



[그림 2-832] 컨베이어컬처 플랫폼 모델

나. 컨베이어컬처 플랫폼 개발

○ 공간, 에너지 최소화 인-도어팜 솔루션으로 개발

- 노동력 절감과 운영비용 감소
- 엽채소, 마이크로 그린 재배
- 천안시 농업기술센터 수직농장 구축 ('21.11월)으로 실증 사업화, 사례 사이트로 구축



[그림 2-833] 컨베이어컬처 플랫폼 적용

○ 수출 영업 진행 현황

가. 진행 상황 요약

- 인-도어 딸기팜, 컨베이어컬처 플랫폼, 보급형 스마트온실 사업 시장 개척
- 우즈베키스탄 사업 참여기업 확정, 미국, 방글라데시, 태국, 브루나이 협의 중

[표 2-328] 수출 추진 상황

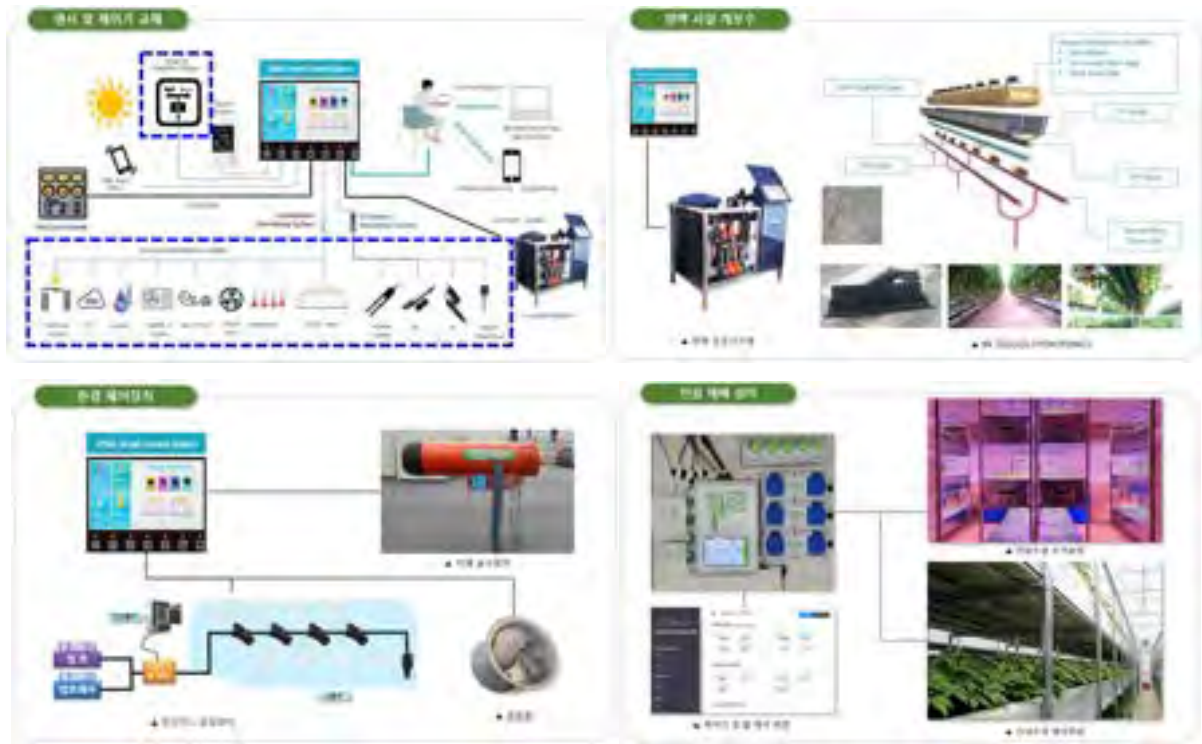
구 분	추진 내용
우즈베키스탄	- CIS 거점단지 조성사업 참여기업 확정 - 거점 시설 구축 . 시범온실 개보수 및 재활용 사업에 의료용 마리화나 스마트온실 장비 활용 . 당사 보유 센서 (온/습도, EC, PH, CO2)와 제어기, 웹 관리 시스템 활용 . 알파팜 수경재배 시스템 레버리지 하여 인삼 수경 생산온실 참여 - 스마트팜 단지 조성 . 수직농장 컨베이어컬처 플랫폼 . 스마트 온실
미국	인-도어 딸기팜
방글라데시	보급형 스마트 온실
태국	인-도어 딸기팜 프랜차이즈
브루나이	마이크로 그린 및 샐러드용 컨베이어컬처

나. 진행 상황

○ 우즈베키스탄

- CIS 거점단지 조성사업 참여기업 확정
- 거점시설 구축
- 시범온실 개보수 및 재활용 사업에 의료용 마리화나 스마트온실 장비 활용
- 당사 보유 센서 (온/습도, EC, PH, CO2)와 제어기, 웹 관리 시스템 활용
- 알파팜 수경재배 시스템 레버리지 하여 인삼 수경 생산 온실 참여

구 분	시설내역	참여 여부
피복재 교체	1ha, 2중, PO필름	
스크린 교체	1ha, 3중스크린(차광, 보온, 에너지)	
센서 및 제어기 교체	1ha	참여
양액시설개보수	양액공급시스템, 베드, 배지, 관수자재	참여
난방시설 개보수	보조난방시스템	
환경제어 장치 개보수	미세살수장치1.0, 탄산가스공급장치 1.0, 유동팬0.5	참여
관리시설 개보수	사업단(기업) 사업관리동	
새싹채소 식물공장	조립식 판넬, 새싹채소재배기10대, 세척, 포장, 저장시스템	
인삼수경 생산온실	1,000㎡ 반밀폐온실, 인삼수경시스템, 인삼 종자 발근장치	참여
씨감자생산온실	1,000㎡ 반밀폐온실, 씨감자생산시스템, 씨감자저장시설	



[그림 2-834] 거점 시설 구축 참여 내용

- 스마트팜 단지 조성
- 수직농장 컨베이어컬처 플랫폼 및 스마트 온실 구축 사업
- 엽채소 재배용 스마트팜 단지 구축 참여
- 컨베이어컬처 플랫폼 150평, 스마트 온실 800평

[표 2-329] 시설내역 및 참여내용

구분	시설내역	사업비 (억원)
스마트팜 단지 조성 (2023년 9ha)		65
	기반조성	8
	온실	54
	유통시설	3
민관협력 사업		10
	스마트팜 기업 설치 (발효기, 포장기, 저장시설, 창고, 난방기/방제기 제조시설, 온실, 스마트팜 체험관)	3
	농식품유통/가공 시설 확충 (냉동과일용 IQF 시설, 착즙, 포장)	2
	스마트팜 전문가 컨설팅 (교육, 기술지도)	2
	농민 연수생 초청 (단기 6개월, 장기 1년)	3
계		75

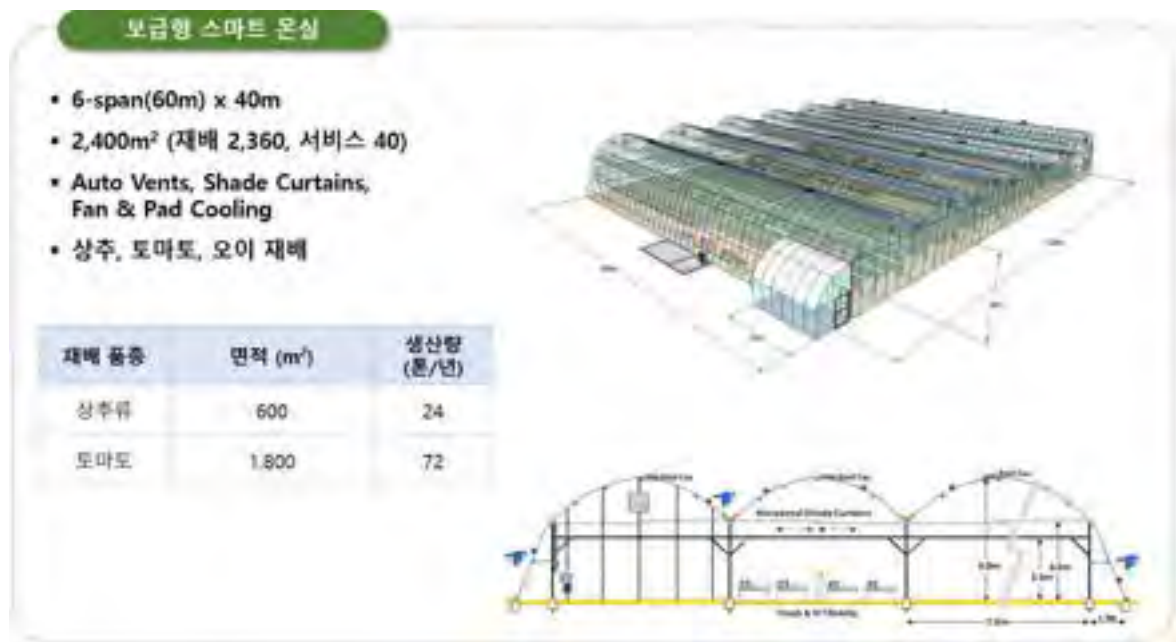
○ 미국 인-도어 딸기팍

- 총규모 : 300평 (992m²)
- 총 재배대 수 : 195개
- 인-도어팍 설치 슈퍼바이징, 딸기 재배 교육
- 딸기 러너 재배를 통한 지속 가능한 재배 운영



○ 방글라데시 보급형 스마트 온실 구축

- 6-span(60m) x 40m
- 2,400m² (재배 2,360, 서비스 40)
- Auto Vents, Shade Curtains, Fan&Pad Cooling 시스템 지원
- 상추, 토마토, 오이 재배



3.8. 고수의 작물 생육프로파일 데이터 분석

○ 시험방법

가. 데이터 수집 내역

- 데이터 수집 site 정보

지역	시설유형	재배방식	데이터 수집기간	데이터 수집내용
전남 담양 ¹⁾	단동플라스틱하우스	수경	20210910-20211230	환경정보, 생육정보
경북 상주 ²⁾	연동플라스틱하우스	토경	20210215-20210620	환경정보, 생육정보
경북 상주 ²⁾	연동플라스틱하우스	수경	20210201-20210531	환경정보, 생육정보
경기 안성 ²⁾	단동플라스틱하우스	토경	20210204-20210615	환경정보, 생육정보

- 전남 담양(연구소) : ‘마그마’(그린씨에스) 복합환경제어프로그램 www.smartfarmkorea.net

나. 데이터 수집항목

○ 일반정보 : 지역, 품종, 재배면적, 시설유형, 재배방식, 데이터 수집기간

○ 환경정보

- 외부 : 온도, 습도, 일사량, 풍향, 풍속, 강우, 강우감지)

- 내부 : 온도, 습도, CO₂, 근권EC, 근권pH, 지온, 지습, 급배액량, 급배액pH, 급배액EC

○ 생육정보 : 초장, 경경, 마디수, 엽수, 엽장, 엽폭, 암꽃수, 과실수



[그림 2-835] 오이 스마트팜 보급농가의 기자재 설치 기준

- 센서(시설 내외부 기상센서), 제어기, 환경제어 및 원격제어 프로그램, 재배방식별 근권환경 측정센서

나. 오이 생육 최적 환경 제어 모형 개발

○ 오이 작물생육 프로파일 조사 및 분석

- 생장해석 : LAI(엽면적지수), LAR(엽생장지수), DMPR(건물분배율)

○ 오이 작물생육 환경제어 요인 조사 및 분석

- 일중온도, 최고온도, 최저온도, 구간별 온도패턴분석
- 일중 습도, 탄산가스 농도 패턴분석
- 근권 함수율센서를 이용한 수분함유율, 농도(EC), 지온 변화 패턴 분석
- 오이 작물생육 환경제어 모형 개발
 - 초장, 경경데이터를 이용한 stem growth model
 - 엽수, 엽장, 엽폭을 이용한 leaf growth model
 - 수확과의 품질과 규격, 중량(생체중, 건물중)을 이용한 수확지수(harvest index) 분석

다. I-FDSS의 데이터베이스 구축용 데이터 확보

- 오이 품종별 생육 데이터 베이스
 - 신희진주, 한빛백침, 조은백다다기, 입추낙합, 청 낙합 등 5개 품종에 대한 기간 내 생육, 생산성, 품질 데이터
- 시설유형별, 재배방식별 생육, 환경 데이터베이스 : www.smartfarmkorea.net의 정보공유 시설오이 데이터

지역	시설유형	재배방식	데이터 수집기간	데이터 수집내용
경북 상주	연동플라스틱하우스	토경	20200927-20210628	환경정보, 생육정보
경북 상주	연동플라스틱하우스	수경	20210201-20210531	환경정보, 생육정보
경기 안성	단동플라스틱하우스	토경	20210204-20210615	환경정보, 생육정보
충남 부여	연동플라스틱하우스	수경	20210204-20210521	환경정보, 생육정보

□ 시험결과

가. 오이 품종별 생육 및 환경 데이터 : 단동형플라스틱하우스 1,000㎡(전남 담양, 수경)

- 생육데이터
 - 엽면적은 생육초기부터 지속적으로 한빛백침과 조은백다다기 품종이 다른 품종에 비하여 넓게 나타나 엽수와 개엽면적이 넓은 품종으로 확인되었다.
 - 엽면적이 큰 품종에서 잎과 줄기의 기관별 생체중과 건물중도 많았다.

[표 2-330] 오이 품종별 생육데이터

일자	품종	엽수 (매)	초장 (cm)	최대엽(cm)		엽면적 (㎡)	생체중(g)		건물중(g)	
				엽장	엽폭		엽	경	엽	경
10/6	신희진주	6.0 ^{c 2)}	14.4 ^c	6.6 ^c	9.7 ^{bc}	69.0 ^d	2.9 ^{bc}	3.4 ^c	0.3 ^d	0.2 ^d
	한빛백침	9.0 ^b	19.0 ^b	11.6 ^a	13.0 ^a	153.1 ^a	4.4 ^a	5.6 ^a	0.7 ^a	0.4 ^b
	조은백다다기	8.0 ^b	18.3 ^b	8.0 ^b	10.1 ^b	78.2 ^{cd}	2.9 ^{bc}	4.6 ^b	0.4 ^c	0.3 ^c
	입추낙합	8.0 ^b	22.3 ^a	9.3 ^b	10.3 ^b	96.6 ^{bc}	3.0 ^b	5.4 ^a	0.4 ^c	0.3 ^c
	청낙합	9.0 ^a	22.9 ^a	8.9 ^b	10.7 ^b	110.0 ^b	3.5 ^b	6.4 ^a	0.5 ^b	0.5 ^a
10/9	신희진주	9.0	34.4 ^c	13.0 ^{cd}	15.3 ^c	215.4 ^c	6.0 ^d	9.5 ^d	1.0 ^c	0.6 ^b
	한빛백침	11.7 ^a	44.0 ^a	15.0 ^{bc}	18.3 ^b	397.0 ^b	9.7 ^c	11.3 ^c	1.4 ^{bc}	0.6 ^b
	조은백다다기	11.0 ^a	43.6 ^a	16.9 ^a	21.4 ^a	789.1 ^a	22.5 ^a	21.0 ^a	2.9 ^a	1.2 ^a
	입추낙합	11.3 ^a	47.4 ^a	14.7 ^{bc}	17.2 ^{bc}	444.8 ^b	11.5 ^b	14.7 ^{bc}	1.9 ^b	0.9 ^a
	청낙합	10.7 ^b	38.4 ^{bc}	11.9 ^d	14.2 ^c	229.5 ^c	6.5 ^d	15.8 ^b	0.9 ^c	1.0 ^a
10/12	신희진주	10.3	48.8 ^{bc}	15.3 ^c	18.2 ^b	365.7 ^c	12.1 ^c	13.1 ^d	1.6 ^d	0.8 ^c

일자	품종	엽수 (매)	초장 (cm)	최대엽(cm)		엽면적 (cm ²)	생체중(g)		건물중(g)	
				엽장	엽폭		엽	경	엽	경
	한빛백침	13.7 ^a	65.4 ^a	18.1 ^a	21.6 ^a	1,331.0 ^a	35.9 ^a	25.5 ^b	4.9 ^a	1.9 ^a
	조은백다다기	12.7 ^b	60.4 ^a	18.1 ^a	22.7 ^a	1,118.5 ^a	33.0 ^a	29.1 ^a	3.8 ^b	1.7 ^a
	입추낙합	11.7 ^c	63.8 ^a	17.0 ^b	20.4 ^a	716.4 ^b	20.5 ^b	22.0 ^{bc}	2.9 ^c	1.2 ^{ab}
	청낙합	12.0 ^{bc}	56.6 ^b	14.6 ^c	18.3 ^b	709.9 ^b	19.6 ^b	20.3 ^c	3.0 ^c	1.3 ^{ab}
10/16	신흑진주	10.7 ^d	64.2 ^b	19.9 ^c	23.7 ^b	688.6 ^c	25.4 ^b	26.6 ^{bc}	4.4 ^b	2.0 ^a
	한빛백침	13.0 ^a	75.3 ^a	23.5 ^a	28.1 ^a	1,288.5 ^a	32.6 ^a	26.2 ^{bc}	5.3 ^a	1.8 ^a
	조은백다다기	12.7 ^b	74.8 ^a	23.5 ^a	29.5 ^a	982.1 ^b	26.3 ^b	31.0 ^a	4.0 ^{bc}	2.2 ^a
	입추낙합	11.7 ^c	75.7 ^a	22.1 ^b	26.5 ^a	919.0 ^b	26.8 ^b	27.1 ^b	3.8 ^{bc}	1.8 ^a
	청낙합	10.3 ^d	52.3 ^c	19.0 ^c	23.8 ^b	706.8 ^c	20.0 ^c	16.7 ^{cd}	3.6 ^c	1.3 ^b

- DMRT 평균치 유의차 검정, 95% 수준
- 수확량 및 품질 데이터
 - 조사기간(2021. 10. 16 - 10. 18, 13일)의 기간 내 품종별 수량과 품질을 비교한 결과 신 흑진주와 한빛백침오이 품종에서 수확량이 많았으며, 당도는 입추낙합오이 2.50Brix로 타 품종에 비하여 높은 편이었으며, 경도는 ‘한빛백침’ 오이 품종이 가장 강했으며, 이어서 ‘청낙합’ 품종과 ‘신흑진주’ 품종이 높게 나타났다.

[표 2-331] 오이 품종별 수량성 및 품질 비교

품종	일자	수량		품질	
		과수(개)	과중(kg)	당도(oBrix)	경도(g/mm)
신흑진주	10월16일	4	1.2	2.5	947.0
	10월20일	4	1.4	2.2	952.7
	10월22일	4	1.4	2.0	960.7
	10월28일	1	0.4	2.2	1,228.0
	평균	3.25	1.10	2.23	1,022.10
한빛백침	10월16일	6	1.2	2.6	1,096.0
	10월20일	3	0.6	2.4	1,029.3
	10월22일	1	0.6	2.2	1,125.2
	10월28일	4	1	2.2	892.7
	평균	3.50	0.85	2.35	1,035.80
조은백다다기	10월16일	5	1.6	2.8	965.0
	10월20일	1	0.3	2.0	920.0
	10월22일	3	0.7	2.0	766.7
	10월28일	2	0.5	2.8	807.0
	평균	2.75	0.78	2.40	864.68
입추낙합	10월16일	4	0.9	2.0	896.7
	10월20일	3	0.6	3.0	1,016.5
	10월22일	2	0.2	2.4	776.0
	10월28일	1	0.2	2.6	1,178.0
	평균	2.50	0.48	2.50	966.80
청낙합	10월16일	4	1.8	2.6	1,216.5
	10월20일	3	0.8	2.6	982.3
	10월22일	2	0.4	2.0	1,020.0
	10월28일	1	0.2	2.2	865.0
	평균	2.50	0.80	2.35	1,020.95

[표 2-332] 환경데이터(2021. 10. 1 - 10. 31)

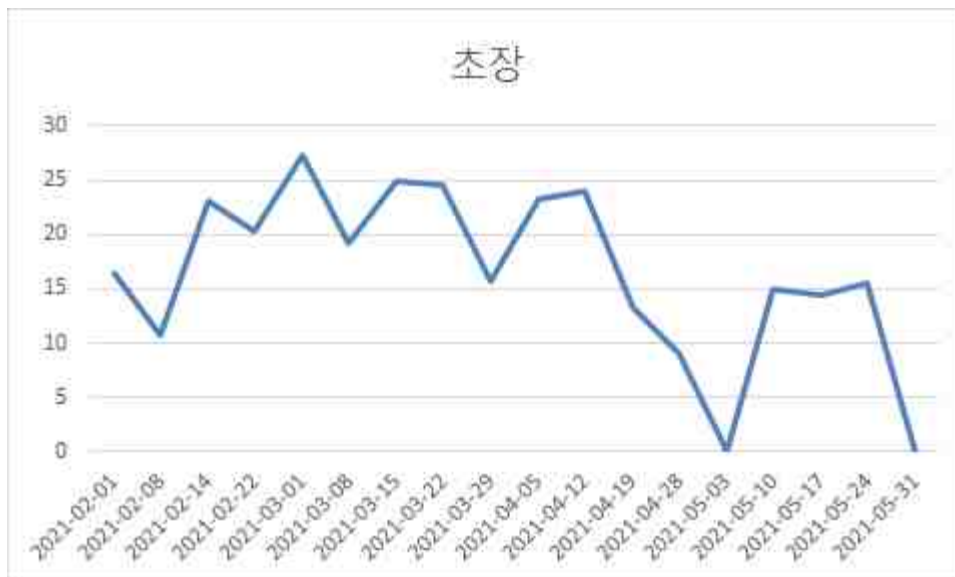
일자	외부온도(°C)			외부 일사량			내부온도(°C)			내부습도(%)		
	최저 온도	최고 온도	평균 온도	최저 일사량	최고 일사량	평균 일사량	최저 온도	최고 온도	평균 온도	최저 온도	최고 온도	평균 온도
10.1	10.6	20.3	16.2	0	163	28.6	13.5	22.1	17.9	96.6	98.3	97.7
10.2	18.9	24.5	21.3	0	923	97.4	19.7	28.3	22.5	96.7	99.0	97.9
10.3	15.1	24.6	19.2	0	835	19.7	16.7	30.4	21.8	149	96.3	99.3
10.4	12.3	25.1	18.4	0	900	194.1	14.9	29.5	21.2	46.3	100	86.1
10.5	15.3	20.3	17.8	0	598	68.6	17.7	24.9	20.4	54.6	85.8	76.9
10.6	15.3	18.8	17.0	0	304	41.4	17	23.3	19.7	74.6	94.6	86.0
10.7	16.9	24.9	19.9	0	1,101	148.5	18.9	28.3	22.3	53.6	93.6	78.7
10.8	14.9	29.1	21.1	0	828	187.3	17	30.8	23.2	48.4	92.4	75.7
10.9	15.9	29.6	21.7	0	713	190.6	17.5	32.3	23.6	48.3	90.3	75.6
10.10	16.1	28.5	21.6	0	891	155.4	18	31.7	23.5	54.9	91.5	79.0
10.11	14.7	20.9	18.3	0	814	51.9	15.9	25.1	20.3	68.7	93.6	82.7
10.12	10.6	15.1	13.0	0	114	23.4	12.4	19.7	16.1	77.9	87.5	83.7
10.13	5.6	19.9	11.4	0	745	257.9	8.9	26.2	15.9	29.5	85.7	67.0
10.14	13.1	21.7	16.2	0	550	61.5	15.1	25.3	18.2	40.4	78.2	62.3
10.15	12.0	18.9	15.1	0	898	77.0	13.9	24.8	17.6	53.9	87.1	75.8
10.16	12.1	21.1	16.7	0	738	80.7	14.2	24.8	18.4	53.7	86.2	75.9
10.17	10.6	24	15.6	0	926	123.8	12.6	26.7	17.8	45.2	87.2	76.2
10.18	12.8	19.6	16.7	0	706	69.9	14.4	24.8	18.1	54.3	86.7	74.9
10.19	11.2	22.7	15.9	0	928	139.1	13	27.1	18.2	42.1	87.4	72.1
10.20	8.6	24.8	15.9	0	804	176.2	10.8	27.8	18.3	46.1	86.2	70.8
10.21	8.3	23.7	15.9	0	681	183.5	10.7	28.3	18.1	41.9	85.6	69.6
10.22	8.0	24.1	17.0	0	684	182.5	10.2	27.8	18.1	40.5	83.0	62.2
10.23	7.4	20.4	13.8	0	677	172.6	10	25.4	16.3	40.9	83.6	66.5
10.24	7.0	21	12.7	0	825	148.2	9.9	25.3	15.9	46.3	86.9	73.1
10.25	4.6	20.1	11.3	0	655	159.0	9.5	15.1	15.7	46.8	86.5	71.8
10.26	5.6	51.6	12.5	0	954	139.0	8.9	25.2	15.8	46.2	86.8	73.5
10.27	7.6	23	14.5	0	795	131.1	10	26.1	16.7	48.3	87.9	73.7
10.28	6.9	23.6	15.1	0	842	137.1	9.3	27.2	16.9	45.6	87.5	73.2
10.29	10.3	18.7	13.6	0	579	136.8	10.3	24.1	15.3	48.6	89.0	70.2
10.30	2.0	13.8	8.8	0	657	172.7	7.9	24.3	14.4	38.3	84.4	61.3
10.31	-0.6	17.9	8.1	0	657	170.8	7.9	24.6	15.3	38.3	84.4	60.8

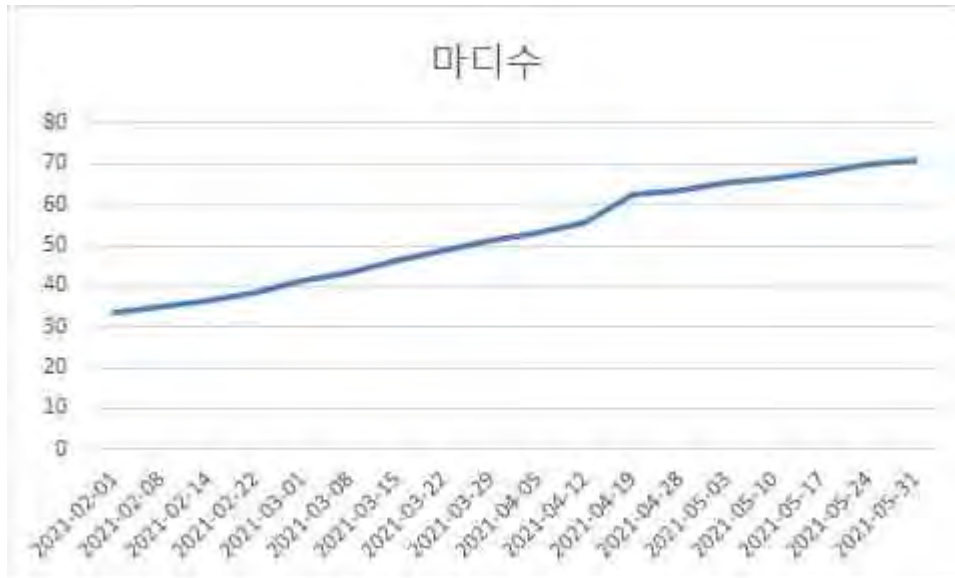
나. 시설 유형과 재배방식별 생육 및 환경 데이터

○ 생육데이터

- 연동플라스틱하우스 수경재배 농가(경북 상주, 5,200m²)

일자	초장 신장량 (cm)	마디수	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	경경 (mm)	암꽃수	열매수	최종화방 차수
2. 1	16.5	33.5	18	24.5	17.25	6.75	3.75	7.75	4.5
2. 8	10.75	35	-	24.75	21	7	2.25	7.5	4.75
2. 14	23	36.25	-	25	20	-	2.5	-	-
2. 22	20.25	38.25	18.5	-	19.5	7.75	4.75	-	-
3. 1	27.25	41.25	17.75	-	17.5	8	5	-	-
3. 8	19.25	43.25	18.75	27.5	18.25	-	5.25	-	-
3. 15	25	46.25	19.25	27.75	18.5	-	5.5	8.75	-
3. 22	24.5	49	18.25	26.5	15.75	9	5.75	8.25	-
3. 29	15.75	51	-	27.25	15.25	-	-	-	4
4. 5	23.25	53.25	19.75	28.25	17	-	-	-	-
4. 12	24	55.75	20.25	-	17.75	-	6	-	-
4. 19	13.25	62.5	-	-	19.75	-	6.25	9.5	3.75
4. 28	9	63.5	20	-	-	-	7.25	9.75	-
5. 3	-	65.5	-	-	-	-	6.75	10	4.25
5. 10	15	66.5	20.5	-	-	-	6.5	10.75	-
5. 17	14.5	67.75	-	-	-	-	7	10.5	5
5. 24	15.5	69.75	21.25	-	-	-	-	-	-
5. 31	-	70.75	21.75	-	-	-	-	-	-





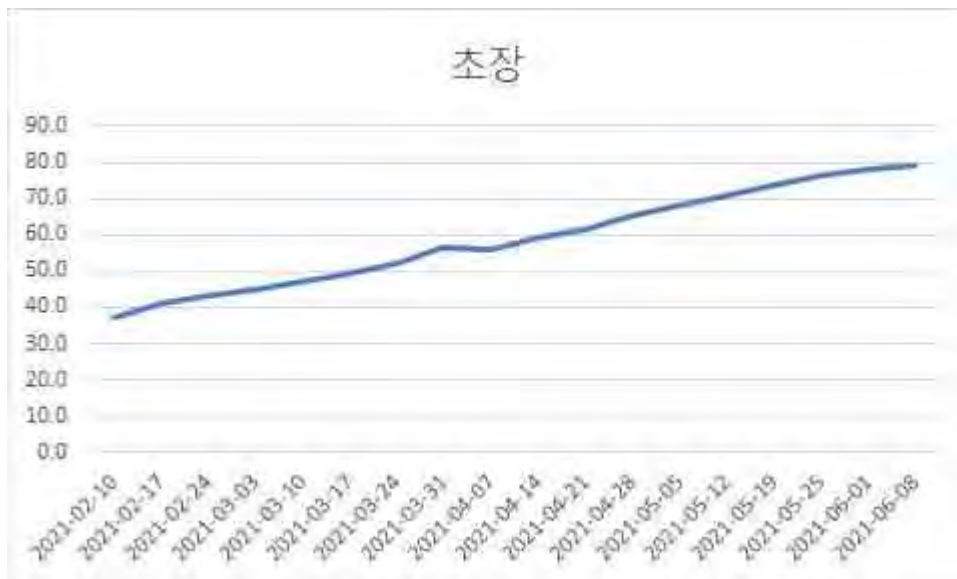
- 연동플라스틱하우스 토경재배 농가(경북 상주, 2,975m²)

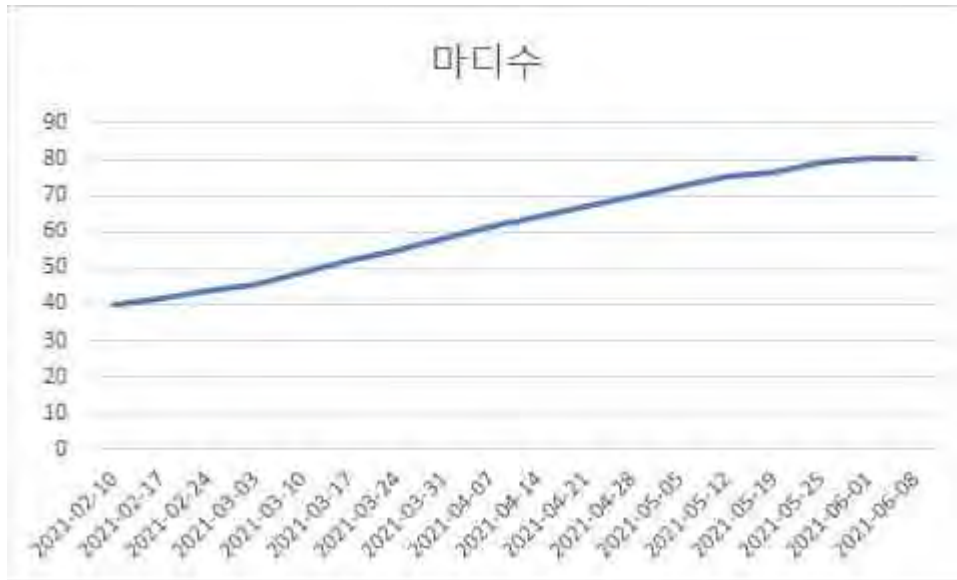
일자	초장 신장량 (cm)	마디수	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	경경 (mm)	암꽃수	열매수	최종화방 차수
2. 1	28.68	55	17.65	25.08	13	7.75	0.75	5	52.25
2. 8	24.25	57	18.38	27.48	15.25	7.65	1	5.5	55.5
2. 15	60.25	14.63	27.38	16	-	-	4.75	57.25	60.25
2. 22	27.38	63	17.63	26.88	-	7.55	0.5	3.25	60.75
3. 1	29.5	65.75	18	25.63	-	7.25	-	3	63.75
3. 8	30.38	68.5	-	25.88	-	6.38	1.25	4	66
3. 15	28.5	71.25	17.25	25.13	12.75	7.2	-	3.75	69.25
3. 22	31.38	74.25	17	24.38	-	7.4	-	-	71.75
3. 29	34.5	77.5	17.13	23.95	13.5	7.48	-	2.25	74.5
4. 5	35.25	81	17.5	24.5	13.25	7.43	-	1.75	77.5
4. 12	29.75	84	18.13	-	14.25	-	-	-	81
4. 18	25.75	86.75	-	24.75	13.75	7.3	0.25	-	83.75
4. 25	-	89.75	16.88	23	-	7.38	-	4.5	86.25
5. 2	20.25	92	16.75	22	-	7.15	0	-	89
5. 9	11.75	94	16.5	20.88	-	7.13	-	2	90.75
5. 17	17.25	96.25	15.38	21.25	15.5	-	-	-	93.75
5. 23	7.5	97.5	14.5	18.75	-	7.08	-	0.75	96
5. 30	11.25	99.75	-	17.5	15	7	-	2.5	97.75
6. 7	6.75	1.5	14.75	17.25	14.5	6.98	-	-	1.25
6. 13	4.5	49.5	-	16.88	-	6.75	3.5	1	49
6- 20	5.5	25.75	14.73	16.68	14	-	-	-	48.75



- 단동플라스틱하우스 토경재배 농가(경기 안성, 2,970m2)

일자	초장 신장량 (cm)	마디수	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	경경 (mm)	암꽃수	열매수	최종화방 차수
2. 10	37.3	40	17	27	29	8	1	9	37
2. 17	41.1	42	20	27	33	9	-	9	40
2. 24	43.5	44	18	27	31	9	1	8	35
3. 3	45.1	46	16	24	32	8	-	8	43
3. 10	47.3	49	18	24	35	8	1	8	47
3. 17	49.3	52	16	24	39	8	2	-	50
3. 24	52.3	55	20	26	36	9	-	7	53
3. 31	56.3	58	19	26	-	9	-	-	56
4. 7	56.2	61	16	23	41	9	1	-	59
4. 14	59.3	64	18.25	24.75	47.5	8.7	-	-	61.75
4. 21	61.5	67	-	25	47	9	-	-	65
4. 28	65.3	70	19	25	49	8	-	-	68
5. 5	68.2	73	21	27	62	9	-	7	71
5. 12	70.8	76	20	28	50	9	-	-	74
5. 19	73.9	77	20	-	53	-	-	-	75
5. 25	76.5	79	18	23	55	9	-	-	77
6. 1	78.2	81	18	24	57	8	-	-	79
6. 8	79.4	80	-	25	57	9	0	5	80





○ 환경데이터

- 연동플라스틱하우스 수경재배 농가(경북 상주, 5,200m2)

일자	외부온도(°C)			내부온도(°C)			내부습도(%)			CO2(ppm)		
	최저	최고	평균	최저	최고	평균	최저	최고	평균	최저	최고	평균
2. 1	0.0	12.2	4.8	9.7	24.1	15.4	87.2	96.4	93.4	228.0	520.1	341.8
2. 8	-4.0	1.7	-1.7	10.2	26.1	16.0	46.6	96.0	87.4	142.4	348.9	279.9
2. 14	-2.5	15.5	6.3	10.0	24.2	15.3	76.4	96.0	92.6	228.0	603.5	385.9
2. 22	2.2	19.0	11.6	8.7	25.3	16.1	44.4	93.9	79.6	227.8	294.0	251.6
3. 1	3.8	12.8	8.1	10.0	20.7	14.2	92.6	95.9	94.8	228.9	506.7	354.6
3. 8	-2.8	13.3	4.3	9.0	25.7	16.0	39.8	95.9	81.9	152.3	509.7	324.0
3. 15	-1.0	19.7	9.6	8.8	23.8	16.4	36.6	96.0	78.3	228.4	530.5	330.1
3. 22	0.5	12.2	6.0	9.0	25.2	16.4	37.8	95.7	77.5	230.0	308.6	265.5
3. 29	8.5	17.4	12.5	11.0	24.6	17.5	38.3	96.0	78.4	130.1	321.4	262.8
4. 5	1.1	16.0	8.0	11.0	23.8	16.1	35.0	95.9	73.3	228.9	488.0	312.8
4. 12	8.0	8.83	8.4	12.0	12.0	12.0	95.0	95.0	95.0	339.0	347.0	342.5
4. 19	3.8	22.2	13.6	10.0	23.7	16.5	28.9	94.2	46.9	38	343.1	205.2
4. 28	10.0	23.4	16.8	13.3	24.5	18.4	36.5	96.8	75.5	230.0	444.3	291.8
5. 3	2.1	24.6	14.3	7.9	25.4	17.6	31.2	96.0	68.1	229.9	362.9	273.0
5. 10	6.2	12.1	10.4	5.0	15.6	10.7	-	-	-	-	-	-
5. 17	15.0	20.7	17.4	15.8	22.0	18.8	-	-	-	-	-	-
5. 24	11.8	27.5	20.0	11.4	25.2	19.1	-	-	-	-	-	-
5. 31	15.0	25.0	18.6	16.0	25.0	20.3	-	-	-	-	-	-

- 연동플라스틱하우스 토경재배 농가(경북 상주, 2,975m²)

일자	외부온도(°C)			내부온도(°C)			내부습도(%)			CO2(ppm)		
	최저	최고	평균	최저	최고	평균	최저	최고	평균	최저	최고	평균
2. 1	0.0	11.9	5.4	10.1	27.1	16.5	86.2	86.0	93.9	243.1	877.0	546.7
2. 8	-3.0	2.0	-1.0	9.2	26.5	15.8	79.9	95.7	90.2	241.3	735.6	480.6
2. 15	-2.0	7.3	3.9	9.9	25.4	15.8	81.0	96.0	92.9	248.0	741.8	517.4
2. 22	3.0	19.5	12.2	10.8	27.3	17.4	50.0	96.0	81.6	226.0	618.4	386.5
3. 1	4.3	13.0	8.4	12.0	23.3	15.9	91.2	96.6	95.3	302.1	833.4	565.9
3. 8	-1.9	14.3	5.2	8.4	26.9	16.2	57.4	95.9	84.2	248.1	808.0	470.0
3. 15	0.0	19.9	10.4	8.9	27.2	16.9	38.5	96.0	79.8	267.4	942.1	525.3
3. 22	1.7	12.1	6.2	9.0	26.3	16.7	29.6	94.7	79.6	148.0	746.3	465.9
3. 29	6.8	17.7	12.6	13.0	25.5	17.8	42.6	96.0	77.3	167.8	874.1	499.2
4. 5	1.8	17.1	8.4	12.0	24.5	17.7	38.3	95.0	73.7	171.7	992.6	550.1
4. 18	6.9	18.5	10.9	11.2	26.0	17.2	38.4	95.1	77.5	281.1	813.4	508.1
4. 25	9.8	24.0	16.4	13.7	24.9	18.4	39.9	92.0	74.3	907.7	676.0	442.1
5. 2	6.7	20.9	12.3	11.0	25.2	17.0	38.4	94.7	73.4	288.6	775.8	482.1
5. 9	23.0	23.5	23.2	24.1	24.9	24.5	29.3	31.3	30.3	308.0	309.0	308.5
5. 17	15.0	21.0	17.5	16.0	22.5	19.6	90.7	96.0	94.6	446.3	891.7	673.9
5. 23	10.9	30.7	20.4	10.7	30.4	20.1	36.3	94.0	72.9	173.4	491.7	338.4
5. 30	9.0	29.0	19.2	9.2	28.6	19.7	34.1	93.0	70.3	213.0	696.1	404.7
6. 7	13.2	32.2	22.8	12.0	29.8	21.5	42.0	93.2	70.0	280.0	535.5	348.0
6. 13	19.1	33.9	25.9	17.2	32.6	24.4	47.7	95.0	76.8	302.8	345.2	318.7
6. 20	15.0	34.8	24.8	15.0	35.0	24.4	30.0	91.1	60.3	299.2	350.8	320.1

- 단동플라스틱하우스 토경재배 농가(경기 안성, 2,970m²)

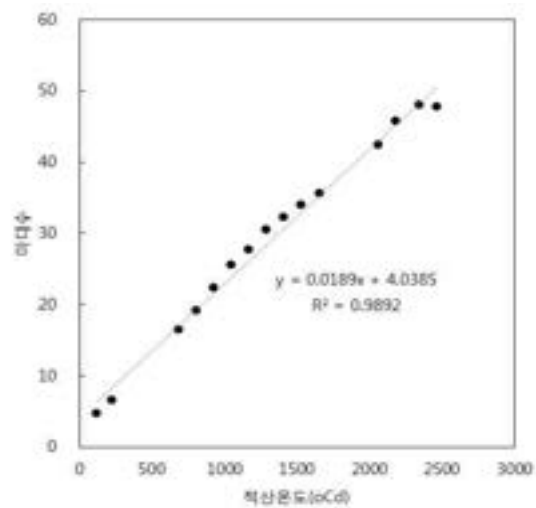
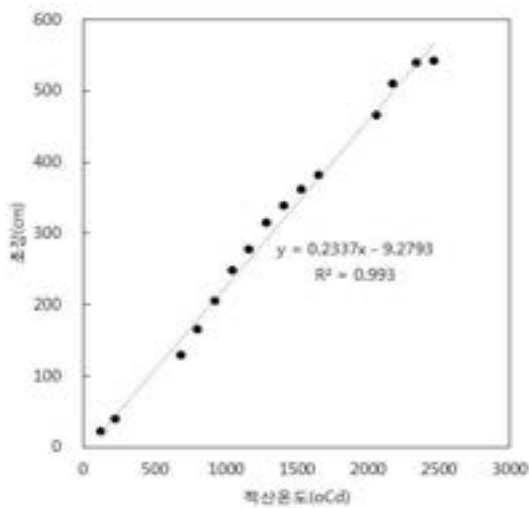
일자	외부온도(°C)			외부일사량(W/m ²)		내부온도(°C)			내부습도(%)			CO ₂ (ppm)		
	최저	최고	평균	최고	평균	최저	최고	평균	최저	최고	평균	최저	최고	평균
2. 10	-1.1	7.0	3.8	539.6	141.3	8.87	19.9	12.7	96.2	99.7	98.4	171.6	1,248.7	546.9
2. 17	-8.5	-4.9	-6.7	646.5	218.0	5.8	15.6	8.7	96.4	98.0	96.9	158.4	1,140.3	774.5
2. 24	-2.0	8.8	1.1	665.0	189.4	7.8	20.6	11.6	95.0	99.6	97.9	310.6	1,512.4	987.5
3. 3	-1.9	9.6	3.3	666.6	167.9	7.5	19.9	12.2	96.0	99.8	98.1	249.9	1,400.4	732.9
3. 10	0.0	16.6	8.0	785.8	194.1	8.3	24.5	14.6	93.7	99.9	98.2	288.0	1,832.1	888.9
3. 17	5.4	17.3	11.4	798.0	446.6	10.5	24.5	19.4	95.6	99.8	98.2	352.6	676.5	434.7
3. 24	1.0	17.1	8.4	719.2	194.3	8.4	25.3	14.9	96.6	99.8	98.0	332.4	1,137.8	717.2
3. 31	1.1	22.5	9.9	896.8	273.6	8.0	28.9	15.7	96.4	99.8	98.3	369.2	1,167.1	757.7
4. 7	4.4	20.1	11.8	934.4	310.8	9.4	27.9	17.3	98.0	99.9	99.1	376.6	1,241.9	695.9
4. 14	2.0	13.2	7.8	968.0	323.6	9.6	23.2	15.1	96.4	99.9	98.6	363.6	1,433.4	741.5
4. 21	7.0	29.1	17.3	941.7	305.0	10.8	31.6	20.2	95.0	99.6	97.8	348.3	1,318.9	731.9
4. 28	11.0	19.7	15.2	760.6	226.4	13.1	23.5	18.1	93.5	99.8	97.9	355.7	1,389.7	738.7
5. 5	9.3	18.1	14.2	1,028.7	348.8	11.8	25.0	18.1	97.9	99.9	99.2	357.0	1,490.8	740.8
5. 12	14.3	27.0	20.5	1,043.1	343.2	14.4	30.6	22.3	95.6	99.6	98.5	358.4	1,456.8	708.0
5. 19	11.0	26.3	19.2	990.7	349.2	11.7	31.3	21.3	96.7	99.8	98.7	378.6	659.2	481.8
5. 25	12.0	18.8	15.3	914.1	266.6	12.8	24.5	17.6	97.6	99.9	99.1	354.6	775.8	510.0
6. 1	17.0	26.7	21.8	831.1	278.3	16.9	30.1	22.9	96.3	99.8	99.0	360.0	752.5	495.5
6. 8	18.8	29.8	23.7	912.6	285.7	17.4	33.8	25.0	97.6	99.4	98.7	361.6	764.6	483.4

○ 생육최적환경제어 모형 개발

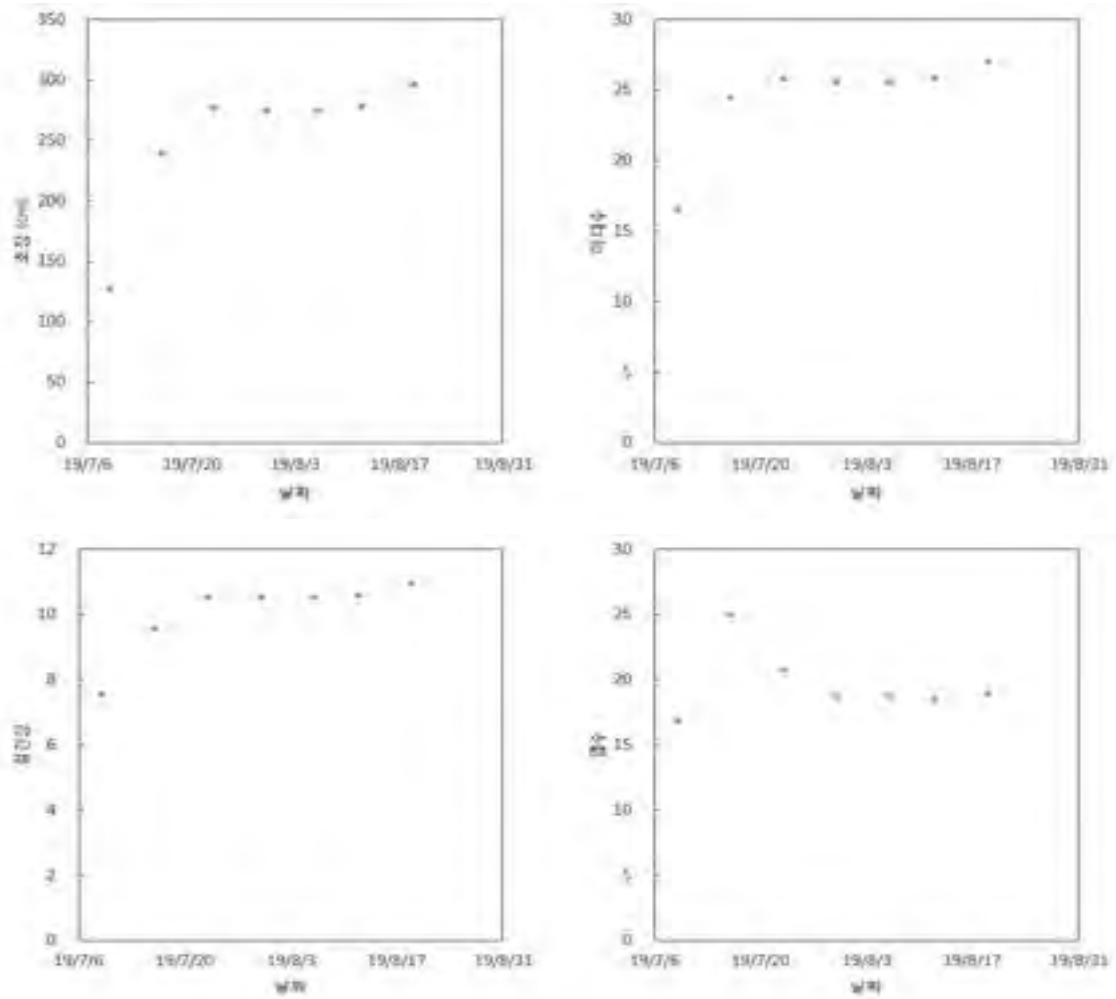
- 대상농가 : 경기도 오산(5연동 플라스틱하우스 수경재배, 2,479m², 수경재배)

○ 품종별 생육모델

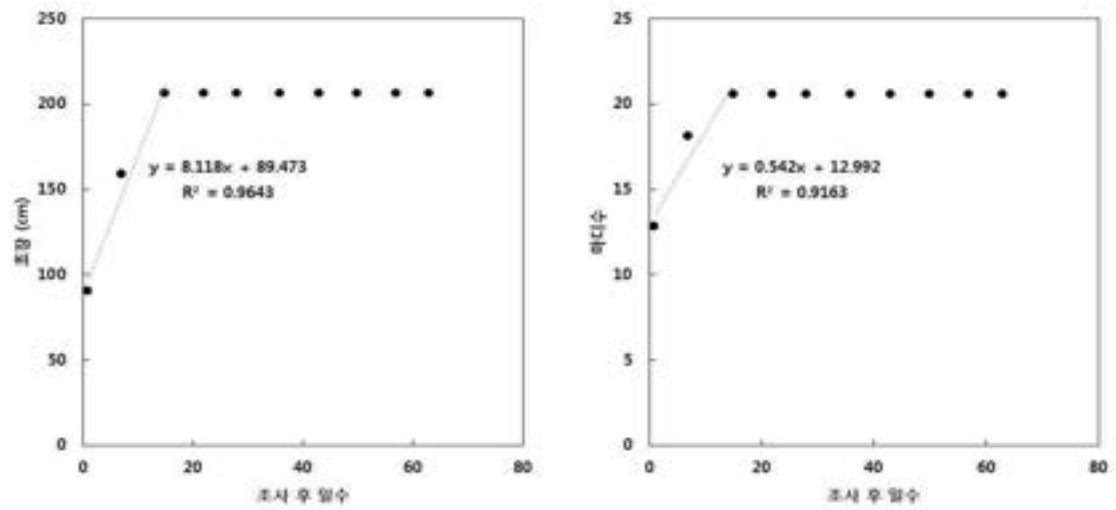
- '청춘'품종의 생육기간 내 적산온도별 초장, 마디수 생육 패턴

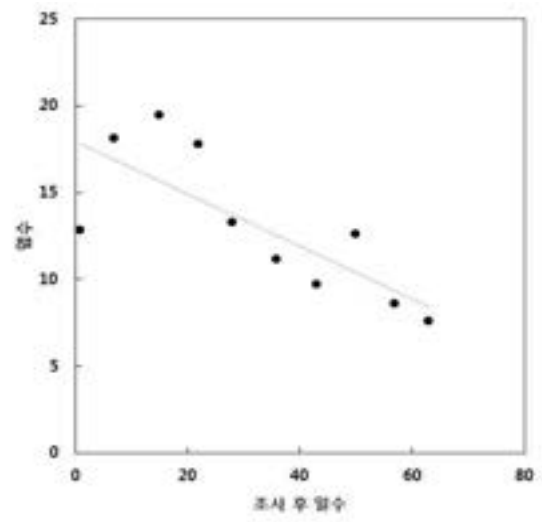
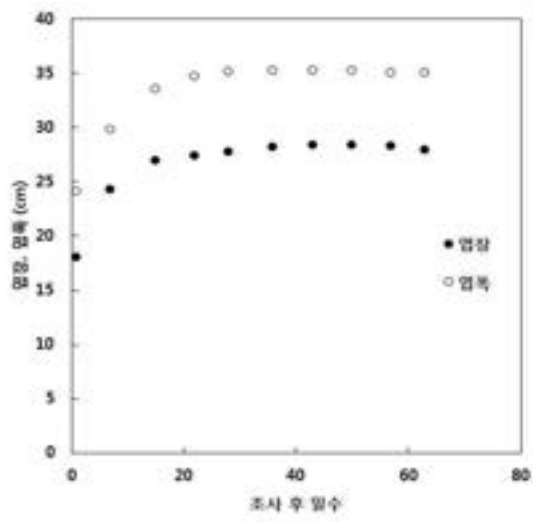
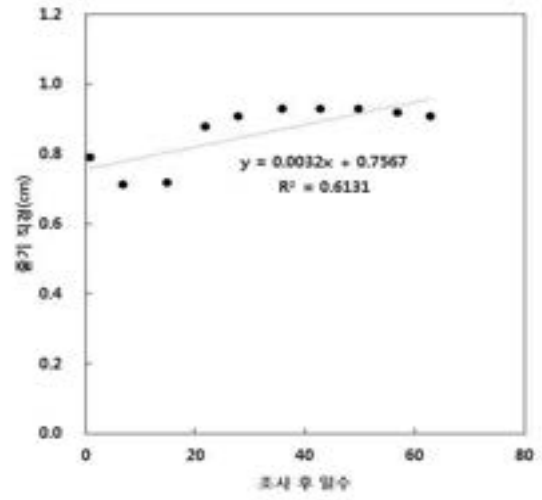
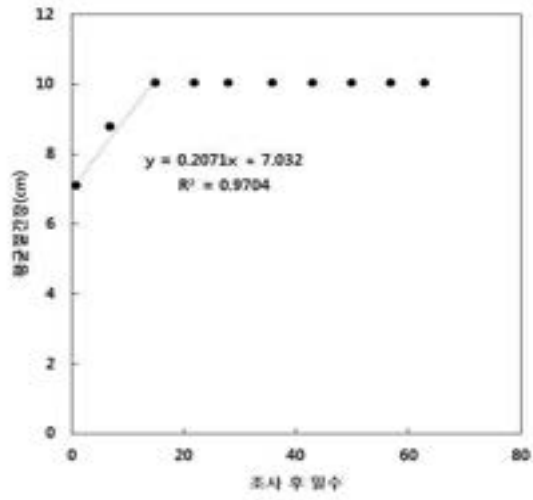


- '스마일' 품종의 생육기간내 초장, 마디수, 절간장 및 엽수 생육 패턴



- '다음' 품종의 생육기간 내 초장, 마디수, 평균 절간장, 경경, 엽장, 엽폭 및 엽수 생육 패턴





마. 기능성 작물의 환경 및 생육데이터 작성

(1) 개발 내용 및 범위

- 대상작목 : 인삼
- 재배방식 : 수경, 토경
- 온실유형 : 단동플라스틱 하우스



<파종후 1년된 묘삼>



<묘삼을 정식묘로 만들기 위한 번식상>



<발근, 출아가 완료된 정식용 묘삼>



<정식용 스티로폼판넬에 정식용 묘삼을 우레탄스펀지로 감싸서 정식 직후 광경>



<정식후 재배조 내 급액파이프로부터 양액이 분무되면서 성장하고 있는 인삼 뿌리>

[표 2-333] 생육량데이터(2021.4.1-530)

정식후 일수	초장(cm)	엽수(매)	엽면적(cm ²)	근중(g)
0	4.5	2	62	1.8
15	10.2	3	105	2.4
30	19.2	4	175	3.3
45	26.5	5	220	4.8

(주) 분무경인삼의 9반복 개체 평균

[표 2-334] 환경데이터(2021.4.1-530)

일자	외부온도(°C)			내부온도(°C)			내부습도(%)			CO ₂ (ppm)		
	최저	최고	평균	최저	최고	평균	최저	최고	평균	최저	최고	평균
3. 29	6.8	17.7	12.6	13.0	25.5	17.8	42.6	56.0	77.3	167.8	874.1	499.2
4. 5	1.8	17.1	6.4	12.0	24.5	17.7	38.3	95.0	73.7	171.7	992.6	550.1
4. 18	6.9	18.5	10.9	11.2	26.0	17.2	38.4	95.1	77.5	281.1	813.4	508.1
4. 25	9.8	24.0	16.4	13.7	24.9	18.4	39.9	92.0	74.3	907.7	676.0	442.1
5. 2	6.7	20.9	12.3	11.0	25.2	17.0	38.4	94.7	73.4	288.6	776.8	482.1
5. 9	23.0	23.5	23.2	24.1	24.3	24.5	29.3	31.3	30.3	308.0	308.0	308.5
5. 17	15.0	21.0	17.5	16.0	22.5	19.6	80.7	96.0	94.6	446.3	891.7	673.9
5. 23	10.9	30.7	20.4	10.7	30.4	20.1	36.3	94.0	72.9	173.4	491.7	339.4
5. 30	9.0	25.0	19.2	9.2	28.6	19.7	34.1	93.0	70.2	213.0	886.1	404.7

바. 작물 생육 최적 환경제어 모형 개발

(1) 인삼의 생육 최적 환경제어 알고리즘 개발

□ 인삼의 생육 최적 환경제어 알고리즘



- 광 환경 : 보상점 0.5klux, 최적 광도 10-15klux
 - 6-8월, 15-20°C에서 12-15klux, 30°C에서 6-8 klux
 - 9월 : 6월에 비해 광합성 능력 저하(인삼 잎 노화)
- 온도 환경 : 광합성 적온 15-20°C(30°C이상+고광도에서 급격히 감소)
 - 생육최적온도 : 18-21°C
 - 개화 수정기 : 15°C이상
 - 장과 성숙기 : 20-25°C
- 수분 환경 : 포장용수량의 60% 정도
 - 전엽기, 뿌리 신장생장기 (5-6월)에 충분한 물
 - 뿌리 비대생장기(7-8월) : 근권 과습 → 뿌리 호흡 억제 → 근모 발생 감소 → 무기양분 흡수 저하 → 생육 부진, 병 발생
- 토양 환경: 산성 부식토
 - 최적 토양pH 4.5-5.8
 - pH 6.5 이상에서 생리장해
 - 작토층 : 토심 40cm 내외
- 인삼 생육 분석, 진단 알고리즘



- 생육정보 입력 : 엽수, 엽장, 엽폭, 엽병장, 경경
- 환경정보 입력 : 광, 온도, 습도, CO2농도
- 생육 예측 및 진단 알고리즘 : 엽면적지수, 엽형지수, 상대 성장률(RGR), 순광합성율(NAR)
- I-FDSS의 데이터베이스 구축용 데이터 확보

가. 오이 품종별 생육, 환경 데이터베이스

- 신희진주, 한빛백침, 조은백다다기, 입추낙합, 청 낙합 등 5개 품종에 대한 기간 내 생육, 생산성, 품질 비교(2021. 10. 6 ~ 10. 28) : 표 1, 표 2. 그림 1

나. 시설유형별, 재배방식별 생육, 환경 데이터베이스

- www.smartfarmkorea.net의 정보공유 시설원에 작기 데이터셋 “오이”

시설원에 작기 데이터셋

☛ 정보분석 > 데이터셋 기반 > 시설원에 작기 데이터셋

품목	지역	단종/연동	규모	다운로드
오이	경기도	단종	중규모	다운로드
	경상북도	연동	대규모	다운로드
		연동	중규모	다운로드
		연동	소규모	다운로드
	충청남도	-	-	다운로드
		전체		다운로드

오이 양액재배기술

1. 파종과 육묘작업

- 오이 재배는 파종과 육묘가 성패를 좌우한다. 보통 파종은 암면 플러그나 피트를 이용하며 파종후 복토 재료로는 굵은 입자의 버미큘라이트가 바람직하다.
- 파종배지는 물 또는 양액(EC 1.5mS/cm 내외, pH 6.0)을 포화시켜 사용하므로써 배지를 확실하게 젖게 해주어야 하며 제조과정에서 발생할 수 있는 부산물을 완전하게 제거시킨다. 암면 플러그 구멍은 버미큘라이트로 채울 필요가 없으며 양액 온도는 20~25°C를 조절한다. 파종배지의 적정 온도는 24°C이며 작은 플라스틱 터널로 피복하여 발아에 필요한 공간을 확보하면서 열 손실을 막고 건조를 방지한다. 발아되기 시작하면 터널 끝을 열어두다가 자엽이 완전히 전개되면 제거한다.
- 플라스틱 피복물을 제거할 때 급격한 온도나 습도 변화가 없도록 하고 발아 초기에 묘잘록병(damping out) 등에 대한 살균제 관주처리는 피한다. 오이는 이들 살균제에 매우 민감하게 반응하여 왜화되거나 발아가 늦어지게 된다.
- 파종후 본엽이 1~2매 출현하였을 때 이식하게 된다. 이식시기가 지나치게 빠르면 활착이 더디며 무엇보다도 취급하기 어렵게 되어 뿌리 손상을 초래하므로 주의한다. 육묘용 큐브 온도는 23°C가 적정하며 습도가 60% 이하로 낮을 경우 기화 냉각에 의하여 기온보다 낮아질 수 있으므로 주의한다.
- 톱밥 배지를 이용하여 파종할 경우에는 미리 EC 0.5 정도로 양액을 흡수시키고 육묘용 암면에 옮길 때 초세가 강한 것만을 선택하여 이식한다.
- 오이의 뿌리는 부러지기 쉬워 이식시 스트레스를 받기 쉽다. 또한 식상을 입은 뿌리가 근부병을 일으키는 피티움균(Pythium)에 감염되지 않도록 주의한다. 블랙 온도는 초기 17일 동안 23°C를 유지하고 주야간 온도차는 26/21°C로 부여하는 것이 매우 중요하다.
- 이것은 엽의 수평 유지를 통하여 채광성을 높여 주며, 줄기 두께를 가늘고 길게 하면서 건물중을 높인다. 이렇게 하면 초기의 작물 초세가 강해지면서 내병성도 강해진다. 7일후 EC를 2.5~2.8 정도로 높혀주고 약광기에는 1일 18~24시간 정도 보광(2500룩스, 35 PAR, 120~180 W/m²)도 유효하다. 탄산가스 시비는 700~800ppm 정도가 좋고 약 30일 동안 16풏트/m² 정도의 묘 간격을 유지한다. 묘 간격은 엽이 겹치도록 최소화 한다.

2. 정식 작업

- 본엽이 3~4엽(21~30일 묘)이 전개되었을 때 톱밥이나 암면슬라브로 정식한다. 정식전 자루의 목표 온도는 21~22°C로 유지한다. 만약, 광과 온도 수준이 부족할 경우 육묘장에서 30일까지 유지할 수는 있다. 온실에서 처음 2일간은 기후 환경의 충격을 줄이고 상대습도를 감소시키기 위하여 17.5~18°C로 온도를 낮게 설정한다.
- 1일에 1°C씩 생육온도를 변화시켜 야간에는 22°C, 주간에는 23°C씩 유지하며, 조기 정식한 작물의 경우에는 작물 활착후 1일 11:00~14:00 사이의 온도를 2°C 정도 증가시킨다.
- 온도 설정은 24시간 평균온도로 흐린날에는 최저 21.5°C, 맑은 날은 최대 23.5°C로 목표한다. 상대습도를 70~80%를 높혀 주어야 하며 다습에 의하여 발생하는 증산율의 감소를 피하기 위하여 근권온도가 높지 않도록 주의한다. 초기 생육단계에서 환기가 적거나 없을 때에는 기부 가까운 줄기가

갈라지거나 엽이 말리는 현상으로 발전될 수 있다.

- 작물이 1m 정도로 신장되었을 때 발육하고 있는 생장점 부근의 칼슘 결핍에 의해서 엽이 말리는 현상이 민감하게 발생된다.
- 발근 및 활착을 빠르게 유도하기 위해서는 근권온도를 20°C로 유지한다. 낮은 근권온도는 블럭에서 슬라브로의 뿌리 활착이 느려지는 결과를 초래한다. 오이의 주경이 와이어로 유인되고 있을 때는 1~2% 환기율을 이용할 수 있다. 습도가 80% 이상으로 높을 때는 가벼운 환기로 작물의 왕성한 증산을 유도해야 한다.
- 기온 및 배지온도는 18~25°C 범위로 관리한다. 여름철 고온기는 한랭사나 차광망을 설치하여 배지온도가 상승하는 것을 방지하는 것도 바람직하다.
- 본잎 3~4매 때 정식하는데 육묘기간은 재배작형에 따라 20~30일 정도 육묘한다. 베드의 배지는 정식 2~3일 전에 양액으로 충분히 적셔준다.
- 재식거리는 측지착과형 백침계 오이의 경우는 180~200×30~35cm로 300평당 1,500~1,800주를, 주지착과형 오이품종은 180~200×18~16cm로 300평당 3,000주를 정식한다.

3. 양액의 조성

- 오이 양액조성은 표 1과 같이 한국원예연구소 처방액, 일본 야마자키 처방액, 네덜란드 PTG양액 등이 있다. 양액 선택은 재배작형과 품종, 생육과 수량 등 재배조건을 고려하여 선택한다.
- K/N 비율은 일본 원시액 < 일본 야마자키 양액 < 네덜란드 PTG 양액 순으로 높으며 Ca, S 농도도 이와 같다. 따라서, 초세가 강한 품종은 네덜란드 PTG 양액으로, 약한 품종은 일본 원시액, 중간 정도의 것은 일본 야마자키 양액으로 재배하는 것이 무난하다.

표 1. 오이 양액재배용 양액조성 예

(단위 : ppm, g/톤)

비 료 종 류		일 본 야마자키		일 본 원 시 액		네델란드 PBG	
		I	II	I	II	I	II
A 액	질산칼슘 5[Ca(NO ₃) ₂ ·2H ₂ O].NH ₄ NO ₃	756	-	864		865	
	질산칼슘 Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	-	826	-	944	-	945
	질산칼륨 KNO ₃	192	206	253	268	174	165
	킬레이트철 Fe-EDTA(12.5%)	16	16	20	20	16	16
B 액	질산칼륨 KNO ₃	344	400	476	540	553	643
	황산마그네슘 MgSO ₄ ·7H ₂ O	492	492	492	492	339	339
	제1인산칼륨 KH ₂ PO ₄	95	-	109	-	112	-
	제1인산암모늄 NH ₄ H ₂ PO ₄	34	114	61	152	52	145
	붕산 H ₃ BO ₃	1.200		2.860		1.509	
	황산망간 MnSO ₄ ·H ₂ O	0.625		1.567		1.700	
	황산아연 ZnSO ₄ ·7H ₂ O		0.090		1.450		
	황산구리 CuSO ₄ ·5H ₂ O		0.040		0.200		
	몰리브덴산소다Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O		0.013		0.120		
EC (mS/cm)		2.0		2.2		2.0	

- 이러한 양액의 종류는 재배 시스템이 순환식인가 아니면 관주식인가에 따라 달라져야 하며 순환식의 경우는 관주식 보다 농도를 낮게 하여야 한다. 어떠한 종류든 양액 처방액을 선택한 후에는 양액의

농도를 증감시켜야 할 경우 전체 무기원소를 같은 비율로 높이지 않고 다량원소중 인산을 제외한 N, K, Ca, Mg 농도만을 동등한 비율로 증감시켜야 한다.

표 2. 양액의 종류별 질소, 칼륨 및 칼슘 함량과 비율

양액의 종류	NO3-N	NH4-N	K	Ca	NO3/NH4	K/N	K/Ca
일본야마자키	219.3	18.2	301.0	159.5	12.05	126.7	188.7
일본원예시험장	178.3	13.7	231.5	139.6	13.02	120.6	165.8
네덜란드 PTG	198.9	6.1	308.1	146.0	32.61	150.3	211.0

표 3. 암면과 피트를 이용한 양액조성

(단위 : mM/l)

배 지	NO3-N	H2PO4	K	Ca	Mg	S	NH4-N
암 면	16.0	1.25	8.0	4.0	1.375	1.375	1.25
피 트	16.6	1.6	8.7	4.6	1.5	1.4	-
배 지	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo	EC
암 면	15	25	10	5	0.75	0.75	2.2
피 트	15	25	10	5	0.8	0.5	2.5

(주) 암면 : 네덜란드 PBG, 피트 : 벨지움 EVRDC

표 4. 오이 순환식 고품배지경 양액 (서울시립대, 1997)

배양액 종류	생육시기	양액농도(me. l-1)				
		N	P	K	Ca	Mg
야마자키 오이배지경전용액		13.0	3.0	6.0	7.0	4.0
		12.0	2.0	7.0	5.0	2.0
서울시립대	영양생장기	11.4	3.3	6.0	4.5	3.5
	생식생장기	10.4	3.3	5.0	4.5	3.5

- 양액의 조성관리에 대한 연구는 암면에서 활발히 연구가 진행되어 있지만 천연 유기배지 조건에서는 연구 성과가 미흡한 실정이다. 표 3은 피트를 배지로 한 배지경 재배에의 양액조성 예로써 암면을 기준으로 한 양액조성과는 다소 다른 특징을 보인다.
- 피트는 NO3-N, K, Ca, Fe 성분을 상당량 치환하는 특성이 있으므로 정식초기에 이들 성분량을 보정해주는 것이 좋다. 또한, 무기질 배지의 경우보다 양액의 전체 농도를 0.5~1.0dS/m 정도 높여주는 것이 무기이온 균형의 흐트러짐이나 산도 변화를 예방하는데 효과적이다.

4. 급배액관리

(1) 양액 농도

- 양액관리는 계절과 생육시기에 따라 다르게 관리해야 하는데 일반적으로 여름재배는 EC농도를 낮게 관리하고 겨울재배는 EC농도를 높게 관리하는데 오이의 경우 봄재배는 EC 2.0~2.3, 여름재배는 1.8~2.0, 가을재배는 2.0~2.4, 겨울재배는 EC 2.4~3.0dS/m 범위가 바람직하다고 하였다.
- 생육단계별 양액 농도는 표 8~9와 같은데 정식 초기에는 발근을 촉진시키기 위하여 저농도에서

관리한다. 활착 이후부터 8~10절위에 이르면 근권농도가 급격히 저하하게 되는데 이 때 양액의 농도를 높이는 시기가 되며 이전 관리농도가 EC 1.7이었다면 서서히 양액농도를 높여 EC 2.2 정도에 이르게 한 뒤 근권 EC 감소가 적어지거나 안정화되면 EC 2.0dS/m으로 재조정하여 수확 중반기까지 관리한다.

표 5. 오이 배지경재배에서 수확기에 계절별 최적 급액농도(이용범, 1995)

시기	급액농도 (dS/m)	근권내농도 (dS/m)	급액량 (l/주/ day)
4월 ~ 6월	2.0 ~ 2.2	2.0 ~ 3.0	1.8 ~ 2.4
7월 ~ 8월	1.8 ~ 2.0	1.5 ~ 2.5	2.0 ~ 2.5
9월 ~ 10월	2.0 ~ 2.4	2.0 ~ 3.0	1.8 ~ 2.2
11월 ~ 3월	2.4 ~ 3.0	2.5 ~ 3.5	1.3 ~ 1.8

표 6. 오이 관주식 암면경의 월별 급액농도(田中)

(단위 : dS/m)

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
급액농도 (표준편차)	2.02 0.16	2.02 0.10	1.82 0.25	1.76 0.29	1.61 0.19	1.64 0.16	1.57 0.24	1.61 0.20	1.50 0.10	1.68 0.26	1.99 0.10	2.00 0.25

표 7. 양액농도가 오이의 수량에 미치는 영향 (일본, 1992)

작 형	양액농도 (mS/cm)	곡과정도별 수확과수			부정형과	총수확 과 수	상품율 (%)
		1cm이하	1~3cm	3cm이상			
반축성재배 ('90. 4.5파종)	2.0 일정	17.4	31.1	8.4	5.3	62.1	78.1
	2.0→2.5	22.3	32.3	8.4	4.1	67.0	81.5
억제재배 ('90. 7. 23파종)	2.0 일정	25.8	28.1	4.6	6.5	65.0	82.9
	2.0→2.5	35.9	32.9	5.4	14.3	88.4	77.8

- 표 6은 암면경에서 양액농도와 상품율, 수량 관련 시험결과를 나타낸 것인데 품종은 “샤프1”로 양액농도를 EC 2.0mS/cm으로 일정하게 관리하는 것보다 수확 중반기에 양액의 농도를 EC 2.5로 상승시킨 관리방법에서 수량이 많은 것으로 조사되었고 특히, 약광기에 효과적인 것으로 제안하고 있다.
- 한편, 수확후기에 생육이 심하게 억제되고 과비대가 불량해지는 증상은 근권의 노화로 인한 양수분의 흡수가 억제되기 때문이다. 이때에는 배액을 점검하여 양액이 베드내에 집적되었는지 확인하고 양액농도를 상당히 낮추어 관리한다.

표 8. 오이 생육단계별 최적 양액 농도(이용범·노미영, 1995)

구 분	육 묘 기		정식기~ 수확기	수 확 기		
	전 기	후 기		전 반 기	중 반 기	후 반 기
급액 EC	1.6	2.0	2.4	2.2	2.0	1.8
근권 EC	1.5~2.5	1.5~2.5	1.5~2.5	2.0~3.0	2.0~3.0	2.0~3.0

- 오이는 수확과 동시에 영양생장과 생식생장의 균형이 흐트러지기 쉬우며 만약 과번무 증상과 함께 과실 비대, 수확량이 적어지면 EC를 2.5로 높여 4~5일간 정수관리 하면서 근권에 흡수스트레스를 주어 생식생장으로 상전환을 꾀한뒤 초세가 정상화되면 다시 EC 2.0dS/m로 조절하여 급액관리한다. 반대로

- 영양생장이 부족한 경우에는 농도를 낮추어 관수량을 늘려 4~5일간 관리하는 것이 효과적일 수 있다.
- 매일 근권 EC, pH, 급액량, 급액횟수, 급액시기 등을 점검하면서 근권의 pH와 EC를 안정시키기 위한 급액량과 급액횟수의 조절에 주의를 기울여야 하며 만약, 1일중 급액농도를 변경하고자 할 때에는 1일 0.2dS/m 이내 범위내에서 변경하여야 한다.
 - 급격한 환경변화로 인하여 근권 EC가 급격히 상승한 경우에는 맑은날 아침일찍 1회 급액량을 통상 급액량의 3-4배 정도 많게 급액하면 효과적이다.

표 9. 배지경에서 생육단계별 일사량에 따른 EC 관리(이용범, 1994)

생 육 단 계	기준양액농도(dS/m)
육묘기	2.0
정식~정식후 30일	2.4
수확초기(수확 4주까지)	2.2
수확중기(수확5~8주)	2.0
수확후기(8주 이후)	1.8

* 광량조건 : 12.56mj/m²를 기준으로 하여 2.1mj/m² 증감에 따라 양액농도를 역으로 0.1dS/m씩 변화를 준다.

4.19mj/m ² → 2.4dS/m	8.36mj/m ² → 2.2dS/m
12.50mj/m ² → 2.0dS/m	16.70mj/m ² → 1.8dS/m
20.93mj/m ² → 1.6dS/m	

(2) 양액 산도(pH)

- 양액 근권관리의 중요한 요소중 하나인 pH 변화로 뿌리에서 흡수되는 이온변화와 식물체의 상태를 파악할 수 있다. 식물체가 NO₃와 H₂PO₄ 등 음이온을 우선적으로 흡수하면 pH가 상승하고, NH₄⁺와 Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ 등 양이온을 흡수하면 pH는 저하되어 산성화된다.
- 오이의 적정 pH는 5.5~6.0 범위이며 pH가 4.5 이하, 7.0 이상 초과하게 되면 대부분의 무기원소의 흡수가 저해되며 특히, Ca과 B 흡수를 저해하여 과실의 강도가 물러지고 축엽, 순땀이 현상 등이 발생하기 용이해진다. pH는 용수의 수질에 중탄산이온의 함량이 없는 경우에 변동이 쉬우므로 이 때에는 용수 또는 양액에 소량의 탄산칼슘이나 중탄산칼륨을 첨가하므로써 pH를 안정화시킬 수 있다.
- 그러나, NO₃-N 흡수량이 증가하면서 pH가 상승할 경우에는 일정량의 N를 NH₄-N으로 바꾸어 주어야 하며 NO₃-N의 절대량을 늘려 주어도 효과적일 수 있다. 이와는 반대로 생식생장기에는 K흡수량이 많아지면서 근권 pH가 낮아지기 쉬우므로 이 때에는 K의 절대량을 20~40% 정도 늘려주는 것이 바람직하다.
- 재배도중 철분 결핍이 심할 때에는 급액되는 양액이나 근권 pH가 7 이상되지 않게 관리하여야 하는데 이 때에도 Mn 농도가 과도하게 많거나 적은 경우에 Fe 결핍이 발생할 수 있으므로 점검을 요한다.

표 10. 근권내 pH조절 방법 (서울시립대 1996)

근권내 pH가 높을 경우	근권내 pH가 낮을 경우
-pH 5.0 이상의 양액을 급액 (질산으로 pH 조정) -암모니아태질소(NH ₄ -N)를 전체 질소량의 10~20% 정도 추가 (암모니아 함량은 30ppm 이내로)	-pH 6.5 이하의 배양액을 급액 -암모니아태질소(NH ₄ -N) 공급량을 감소 -탄산칼륨(KHCO ₃) 추가 공급 (농축액과는 별도로 공급)

- pH에 따라 양액의 흡수형태가 변화되는데 pH 4.5 이하 강산성에서는 Ca, Mg, K 등 알칼리성 염류가

불용화되기 쉽고, pH 7.0 이상에서는 Fe, Cu, Zn 등의 미량요소가 불용화될 수 있고, P과 Cu가 결합 침전되어 이용이 어렵게 된다. N원중 NO₃-와 NH₄⁺의 비율을 조절하면 pH의 급변을 막을 수 있다. NH₄⁺를 다량 첨가하게 되면 pH는 낮아지고 NH₄⁺가 없을 경우에는 pH가 상승하게 되며 암모니아태 질소를 첨가함에 따라서 오이의 황화지수가 감소되고 수량 증수 효과도 있다.

(3) 급액관리

- 오이 양액재배의 일일 급액 횟수와 급액시간은 베드의 용량과 경사도, 배지 입자 크기, 계절과 일사량, 생육단계, 모터펌프의 압력 등을 고려하여야 한다. 현재 오이 양액재배 농가의 양액관리 방법은 각기 달라서 기후조건, 양액재배시스템, 재배작형과 생육시기별로 최적 양액 공급모델의 설정이 시급한 실정이다.
- 오이 양액재배시 흔히 발생하는 문제점 등의 하나가 과일이 착과되면서 근권의 양액농도가 급격히 저하되는데 이때는 주간 공급횟수를 늘리고 야간에도 3회 이상 급액하는 것이 좋다. 그리고, 수확중기(주당 5~7과 수확기)에 초세가 급격히 악화되면서 엽맥간에 반점증상과 엽가장자리가 타들어가면서 낙하산엽이 되는 증상이 보이며 순뭉치가 발생된다. 이 경우는 대부분 착화직전에 지나치게 초세를 강하게 유지한 경우에 발생하게 된 것으로 추정되며 야간의 지온관리가 부적절하고 야간 급액을 하지 않아 근권주변의 양액 EC가 매우 낮아질 경우에 자주 발생되고 있다. 양액재배 방식에 따라 근권 EC와 pH는 급액되는 양액의 농도와 산도를 보정하는 것만으로 조절하기 어려운 경우가 있는데 이 때에는 급액량과 급액간격을 조절하면서 일중 근권 환경변화를 최소화 한다.
- 야간에도 급액은 반드시 필요한데 주간에 양액공급이 중단된 후 적어도 4시간 이내에는 1회 급액하고, 일출전에 1회 정도 추가 급액하는 것이 좋다. 잎에 일액현상이 심한 경우에는 주간보다 다소 높은 농도의 양액(+EC 0.3dS/m)을 급액하고, 칼슘 결핍이 예상되는 시기에는 주간과 동일한 EC나 다소 낮은 농도의 양액(-EC 0.3dS/m)을 급액하는 것이 효과적일 수 있다.
- 일본에서 사용하고 있는 관주식 암면경의 급액량은 표 18과 같이 겨울에는 주당 일평균 급액량을 1.0ℓ, 여름에는 평균 2.5ℓ로 최대 2.8ℓ 정도까지 공급하고 있다. 그러나, 이 급액량은 생육시기, 정지방법, 재식밀도, 일사량 등에 따라 달라질 수 있다. 관주식의 경우는 급액량의 20% 정도 배액되도록 급액해야 한다. 그러나, 과다한 급액은 근권이 습해를 받아 양수분 흡수가 장애를 받아서 노균병이 발생될 수 있으므로 주의해야 한다.

표 11. 오이 관주식 암면경의 월별 급액량 기준

(단위 : ℓ/주/일)

월 별	1	2	3	4	5	6
급액량	1.08±0.10	1.01±0.21	1.15±0.15	1.56±0.66	2.07±0.48	1.82±0.31
월 별	7	8	9	10	11	12
급액량	2.24±0.38	2.52±0.30	2.02±0.58	1.43±0.59	1.11±0.31	0.91±0.21

표 12. 적산일사량에 따른 오이재배에서 급액시 배지종류별 흡수량 및 배액률

(서울시립대, 1995)

배 지	적산일사량 (급액)								
	10cal/cm ²			20cal/cm ²			30cal/cm ²		
	급액량 ml/주	흡수량 ml/주	배액률 %	급액량 ml/주	흡수량 ml/주	배액률%	급액량 ml/주	흡수량 ml/주	배액률%
암면(Grodan)	900	790	12.2	1750	1316	24.8	1816	1208	33.5
암면(한국UR)	900	824	8.4	1750	1349	22.9	1816	1222	32.7
입상면+펄라이트(2:8)	900	796	11.5	1750	1393	20.4	1816	1364	24.9
펄라이트	900	644	28.4	1750	1080	38.3	1816	966	46.8

* 급액조건 : 10cal/cm², 50ml/1회, 4분 급액, 20cal/cm², 100ml/1회, 8분 급액
30cal/cm², 100ml/1회, 8분 급액

- 고품배지경의 급액조절 방법은 타이머제어 방식이 일반적으로 사용되고 있으나 수분센서를 이용한 제어방식과 일사량에 의한 PC제어 방식이 최근 실용화되고 있다. 배액율은 봄, 가을에는 15~20%, 여름에는 30% 이상이 적당하다.

표 13. 오이배지경 재배에서 수확기에 계절별 최적 급액농도 및 급액량

(서울시립대, 1995)

시기	급액농도 (dS/m)	근권내 농도 (dS/m)	급액량 (l/주/일)
4월~6월	2.0~2.2	2.0~3.0	1.8~2.4
7월~8월	1.8~2.0	1.5~2.5	2.0~2.5
9월~10월	2.0~2.4	2.0~3.0	1.8~2.2
11월~3월	2.4~3.0	2.5~3.5	1.3~1.8

표 14 . 일사량과 급액량에 따른 수량변화(구례오이시험장, 1998)

(단위 : kg/10a)

급액 시점	급액량 ml/주/회	계	1중	1하	2상	2중	2하	3상	3중	3하	4상	4중	4하	5상
10 cal/ cm ²	100	13,271	120	708	731	722	860	755	1,503	1,432	1,491	1,452	2,111	1,386
	150	13,246	91	599	714	645	895	748	1,325	1,577	1,562	1,468	2,252	1,343
	200	13,960	115	651	171	809	877	676	1,494	1,667	1,644	1,545	2,332	1,433
	평균	13,492	109	653	721	725	877	726	1,450	1,59	1,566	1,488	2,232	1,387
20 cal/ cm ²	100	11,959	189	839	880	779	936	767	1,221	1,386	969	1,133	1,725	1,135
	150	12,570	195	796	795	828	918	760	1,220	1,427	1,320	1,209	1,853	1,249
	200	12,410	127	804	840	771	983	798	1,252	1,369	985	1,281	1,939	1,261
	평균	12,313	170	813	838	793	846	775	1,231	1,394	1,091	1,208	1,839	1,215

제6절. 스마트팜 에코솔루션과 G-GAP 인증 개발

2-2 세부

[케이티] 스마트 팜 에코솔루션과 G-GAP 인증 개발

1. 최종목표

구분 (연도)	세부과제명	구분	내용
1, 2차 년도	스마트 팜 에코솔루션과 G-GAP 인증 개발	최종목표	스마트 팜 에코솔루션과 G-GAP 인증 개발
		세부목표	<ul style="list-style-type: none"> o 스마트 팜 에코솔루션 기능 설계 및 구현 - Global GAP 인증 앱 기능 설계 및 구현 - Global 적용 위한 영문화 및 시범사이트 적용
3차 년도	스마트 팜 에코솔루션과 G-GAP 인증 개발	최종목표	스마트 팜 에코솔루션과 G-GAP 인증 개발
		세부목표	<ul style="list-style-type: none"> o 스마트 팜 에코솔루션 기능 설계 및 구현 - Global GAP 인증 앱 기능 설계 및 구현 - Global 적용 위한 영문화 및 시범사이트 적용

2. 목표 및 결과

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
1차 년도	스마트 팜 에코솔루션과 재배 지식 프로파일 개발	스마트 팜 에코솔루션 개발	<ul style="list-style-type: none"> o 에코솔루션 대상 및 기능 범위 정의 o 장비/기자재 기본정보 수집 및 분석 o 에코솔루션 기능 기본 설계 o 에코솔루션 시스템 설계 	<ul style="list-style-type: none"> o 에코솔루션 시스템/UI 설계서 o 에코솔루션 시작품
		작물 생육 프로파일 개발	<ul style="list-style-type: none"> o 토마토 작업관리 데이터 확보 o 토마토 병충방제 데이터 확보 	<ul style="list-style-type: none"> o 토마토 작업관리/병충방제 데이터 수집
2차 년도	Global GAP 인증 앱 개발	G-GAP 인증 앱 기능 설계 및 구현	<ul style="list-style-type: none"> o G-GAP IFA 관리기준 분석 o G-GAP 인증 앱 기능 설계 o G-GAP 인증 앱 구현 	<ul style="list-style-type: none"> o G-GAP 인증 앱
		에코솔루션 장비 현행화	<ul style="list-style-type: none"> o K-Plant 설비 정보 반영 	<ul style="list-style-type: none"> o K-Plant 정보 반영
3차 년도	스마트 팜 에코솔루션과 G-GAP 인증 개발	온실 구성화면 가시화 고도화	<ul style="list-style-type: none"> o 1차년 에코솔루션 UI기능 개선 o 온실 구성 3D 가시화 o 영문 지원 기능 	<ul style="list-style-type: none"> o 스마트팜 에코솔루션 메인 온실 3D 가시화 솔루션
		스마트팜 환경 데이터 연동	<ul style="list-style-type: none"> o 스마트팜 솔루션 연동 기능 o 환경 데이터 이력 조회 기능 o 작물별 다양한 평균 및 통계 기능 제공 	<ul style="list-style-type: none"> o G-GAP 센서데이터 연동

3. 세부 연구결과

3.1. 스마트 팜 에코솔루션 개발

(1) 개요

- 첨단온실 설계시 건축 설계와 환경설비 설계로 구분
- 건축설계는 철골구조, 관수자재, 건축자재 등이 포함
- 환경설비는 센서, 개폐기, 수평커튼, 냉난방기, 유동팬, 환기팬, 양액기 등이 포함
- 스마트 팜 솔루션이 구축 컨설팅과 유지보수를 위해 스마트 팜 관련 장비와 기자재 정보가 체계적으로 관리되고 공유할 수 있는 에코솔루션 개발이 요구 됨

(2) 접근방법

- 온실 구성하는 요소를 조사 분석하여 컨설팅시 필요한 정보를 분류화하여 스마트 팜 온실에 필요한 정보를 체계화함
- 초기에 kt가 스마트 팜 사업을 추진중인 협력업체의 설비와 기자재 정보를 수집하여 자료를 정리하여 에코솔루션으로 정보화
- 1세부에서 추진하고 있는 K-Plant 설계가 완료되면 그 정보를 반영

(3) 연구내용

□ 에코솔루션 설계

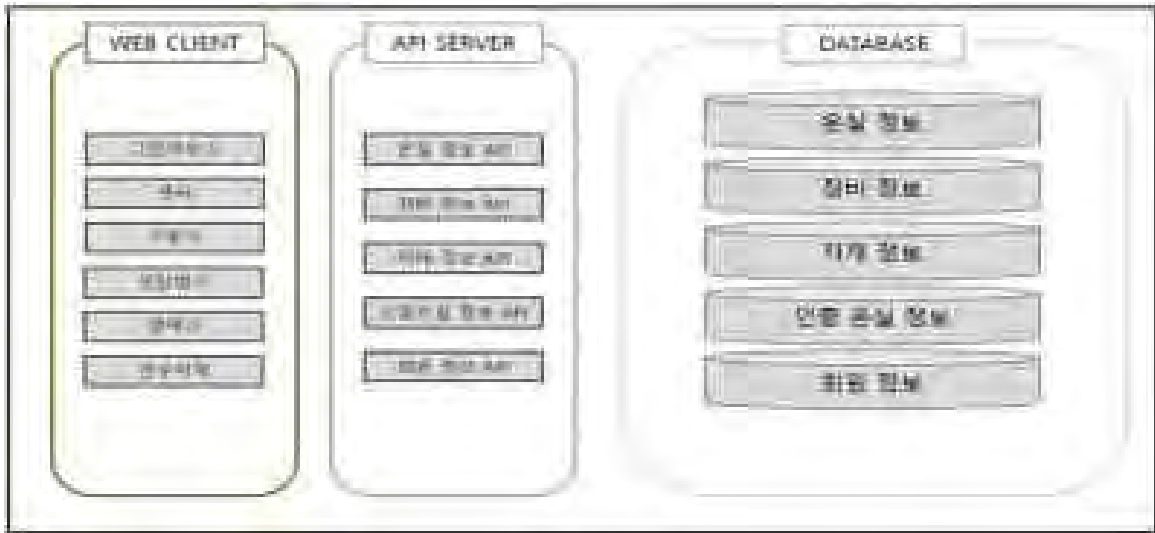
- 스마트 팜 에코솔루션은 시설원에 분야에서 온실구축시 필요한 기자재와 센서, 구동기 관련정보를 조사, 분석하여 정보를 체계화하여 웹으로 제공하는 시스템
- 온실 내외부 환경을 모니터링 하는 센서류, 천창/측창 등 창 개폐하는 모터류, 양액재배를 하기 위해 설치되는 관수자재와 제어하는 양액기, 온실내 온도를 유지하기 위한 수평커튼/보온덮개류, 온실 공기 흐름을 원활하게 하는 유동팬 등으로 구분

가) 기능

- 센서, 구동기(개폐기), 양액기, 냉난방기, 관수자재 등 장비를 관리하는 기능, 온실 형태나 건축자재 등록관리 기능, 신규 온실 생성기능, 온실에 설치되는 센서, 구동기 정보를 입력하는 기능, 현 구성에서 간단한 견적을 추출하는 기능 등이 있음
 - 장비관리: 장비를 분류하고 센서/구동기 등을 등록/삭제 할 수 있는 기능
 - 자재관리: 건축자재를 분류하고 등록/삭제하는 기능
 - 타입관리: 온실타입(비닐/유리)과 형태(폭,길이,높이), 온실 구성품 관리기능
 - 생성관리: 온실이름과 타입을 생성 관리하는 기능

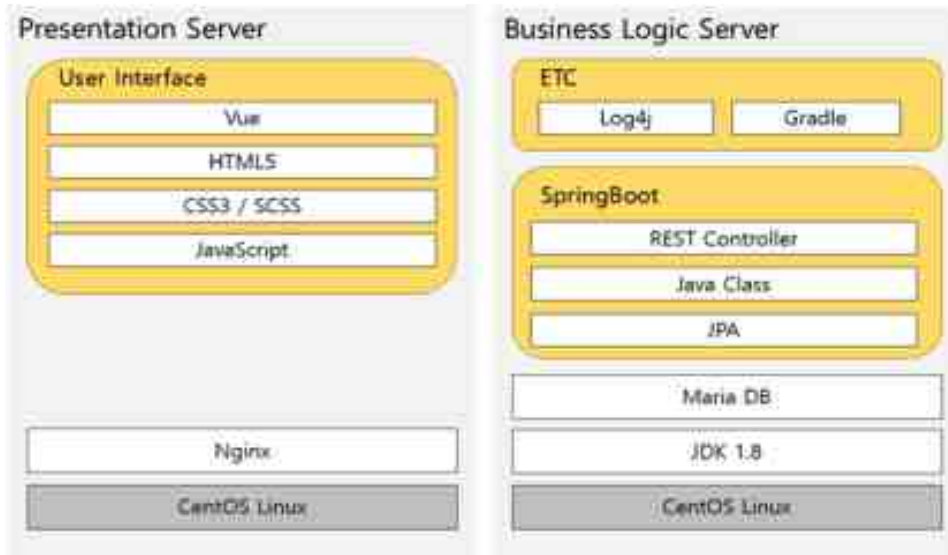
나) 기능 설계도

- 에코솔루션은 웹과 DB, API 서버로 구성됨



[그림 2-836] 기능블록도

- 에코솔루션의 기능 블록도와 소프트 아키텍처는 <그림 2-29>과 같음
 - 리눅스환경에서 웹서버는 Nginx로 Spring 환경에서 자바로 구현되고, DB는 Maria DB를 사용함



[그림 2-837] 소프트웨어 아키텍처

(4) 연구결과

- 스마트 팜 에코솔루션은 웹으로 구성되어 있으며 주요 화면은임
 - 메인화면에서 사용자가 등록한 정보를 확인할 수 있으며, 중앙에는 입력한 온실의 형상 이미지가 표시되고 왼쪽 메뉴는 온실에 설치되는 설비 정보 확인
 - 오른쪽 상부는 왼쪽 메뉴에서 선택된 정보를 확인하고 추가 가능
 - 오른쪽 아래는 현재 선택된 온실에서 기자재, 설비 가격의 견적을 확인 가능



[그림 2-838] 메인화면

- 메인화면의 상단에 추가되는 정보를 관리하는 메뉴가 있으며, 구동기 등의 장비를 관리하는 장비관리, 온실 건축에 관련한 자재관리, 온실타입을 관리할 수 있는 기능이 있음



[그림 2-839] 장비관리 화면

- 장비에서 새로운 설비를 추가하는 화면으로 이름과 업체명, 규격, 가격 등을 관리



[그림 2-840] 장비 추가 화면

3.2. 재배지식 프로파일 개발

(1) 개요

- 농장주의 경험에 기반하여 작물을 재배하고 있어 개인별로 생산량과 품질에 많은 차이가 있음
- 스마트 팜 솔루션을 설치하여 데이터 기반으로 재배하면 고품질의 농산물을 많이 생산 가능
- 센서를 설치하면 환경데이터는 자동으로 수집가능하나, 작물 생육단계별 농작업과 병해충 방제 작업은 농장주로부터 제공받아 정보화함

(2) 접근방법

- 스마트 팜 솔루션이 도입된 농가에서 환경데이터와 양액 관수데이터는 제어를 통해 자동으로 수집가능하나, 작물을 잘 키우기 위한 농작업과 병해충 방제 작업은 자동으로 수집할 수 없음
- kt 스마트 팜을 도입한 영농법인을 통해서 토마토의 생육단계별로 수행하는 농작업과 병해충 방제 정보를 수기로 기록하여 정보화함

(3) 연구내용

가) 토마토 생육단계별 가이드 지표

- 1차년도에는 토마토를 재배단계별로 프로파일화(DB화) 하기 위해 농업법인으로부터 생육단계별로 관리하는 데이터를 수집하여 정리하는 것을 목표로함
- 재배지식을 프로파일화 하기 위한 데이터는 아래와 같음

(4) 연구결과

- 농업법인에서 토마토 재배시에 생육단계별로 작성된 작업관리 데이터를 정리하였으며 그 내역은 아래에 샘플데이터를 표시
- 토마토를 배지에 정식 전에 준비해야 하는 사항과 정식 후 단계별(활착기, 개화기, 비대기, 착색기, 출퇴기, 수확기 등)로 작업할 사항들을 정리함



[그림 2-841] 재배 데이터 수집내역

[표 2-335] 토마토 작업관리 데이터

일차	연세농장	연세농장	작업일차	작업명	작업내용	비고
1차	1차	1차	1차	1차	1차	1차
2차	2차	2차	2차	2차	2차	2차
3차	3차	3차	3차	3차	3차	3차
4차	4차	4차	4차	4차	4차	4차
5차	5차	5차	5차	5차	5차	5차
6차	6차	6차	6차	6차	6차	6차
7차	7차	7차	7차	7차	7차	7차
8차	8차	8차	8차	8차	8차	8차
9차	9차	9차	9차	9차	9차	9차
10차	10차	10차	10차	10차	10차	10차
11차	11차	11차	11차	11차	11차	11차
12차	12차	12차	12차	12차	12차	12차
13차	13차	13차	13차	13차	13차	13차
14차	14차	14차	14차	14차	14차	14차
15차	15차	15차	15차	15차	15차	15차
16차	16차	16차	16차	16차	16차	16차
17차	17차	17차	17차	17차	17차	17차
18차	18차	18차	18차	18차	18차	18차
19차	19차	19차	19차	19차	19차	19차
20차	20차	20차	20차	20차	20차	20차
21차	21차	21차	21차	21차	21차	21차
22차	22차	22차	22차	22차	22차	22차
23차	23차	23차	23차	23차	23차	23차
24차	24차	24차	24차	24차	24차	24차
25차	25차	25차	25차	25차	25차	25차
26차	26차	26차	26차	26차	26차	26차
27차	27차	27차	27차	27차	27차	27차
28차	28차	28차	28차	28차	28차	28차
29차	29차	29차	29차	29차	29차	29차
30차	30차	30차	30차	30차	30차	30차

- 농업법인에서 토마토 재배시에 병해충 발생을 방지하기 위해 방제하는 데이터를 정리
- 병해충 발생하기 전에 미리 방제를 하는 것이 중요
- 토마토에 발생하는 병해로는 청고, 시들음, 역별, 바이러스, 잣빛, 탄저 등이 있고 충해로는 앞굴파리, 진딧물, 가루이, 나방 등이 있음
- 병해는 스마트 팜 설비를 사용하여 환경관리를 잘 하면 발생을 줄일 수 있으며, 충해는 외부로부터 충이 전이되는 것을 방지할 수 있음

[표 2-336] 토마토 병해충 방제 데이터

일차	연세농장	연세농장	병해충명	발생정도	작업내용	제충약품명	제충약품량	제충약품량	비고
1차	1차	1차	1차	1차	1차	1차	1차	1차	1차
2차	2차	2차	2차	2차	2차	2차	2차	2차	2차
3차	3차	3차	3차	3차	3차	3차	3차	3차	3차
4차	4차	4차	4차	4차	4차	4차	4차	4차	4차
5차	5차	5차	5차	5차	5차	5차	5차	5차	5차
6차	6차	6차	6차	6차	6차	6차	6차	6차	6차
7차	7차	7차	7차	7차	7차	7차	7차	7차	7차
8차	8차	8차	8차	8차	8차	8차	8차	8차	8차
9차	9차	9차	9차	9차	9차	9차	9차	9차	9차
10차	10차	10차	10차	10차	10차	10차	10차	10차	10차
11차	11차	11차	11차	11차	11차	11차	11차	11차	11차
12차	12차	12차	12차	12차	12차	12차	12차	12차	12차
13차	13차	13차	13차	13차	13차	13차	13차	13차	13차
14차	14차	14차	14차	14차	14차	14차	14차	14차	14차
15차	15차	15차	15차	15차	15차	15차	15차	15차	15차
16차	16차	16차	16차	16차	16차	16차	16차	16차	16차
17차	17차	17차	17차	17차	17차	17차	17차	17차	17차
18차	18차	18차	18차	18차	18차	18차	18차	18차	18차
19차	19차	19차	19차	19차	19차	19차	19차	19차	19차
20차	20차	20차	20차	20차	20차	20차	20차	20차	20차
21차	21차	21차	21차	21차	21차	21차	21차	21차	21차
22차	22차	22차	22차	22차	22차	22차	22차	22차	22차
23차	23차	23차	23차	23차	23차	23차	23차	23차	23차
24차	24차	24차	24차	24차	24차	24차	24차	24차	24차
25차	25차	25차	25차	25차	25차	25차	25차	25차	25차
26차	26차	26차	26차	26차	26차	26차	26차	26차	26차
27차	27차	27차	27차	27차	27차	27차	27차	27차	27차
28차	28차	28차	28차	28차	28차	28차	28차	28차	28차
29차	29차	29차	29차	29차	29차	29차	29차	29차	29차
30차	30차	30차	30차	30차	30차	30차	30차	30차	30차

3.3. Global GAP 인증 앱 개발

(1) 개요

- 소비자가 안심할 수 있는 안전한 농산물의 유통과 생산을 위해 전세계적으로 인정되는 Global GAP(Good Agriculture Practices)을 인증할 수 있는 도구를 제공하여 스마트 팜 농장주가 G-GAP 인증을 신청할 수 있는 문서작성
- G-GAP 인증을 받은 농산물은 국가간의 농산물 무역을 촉진할 수 있음

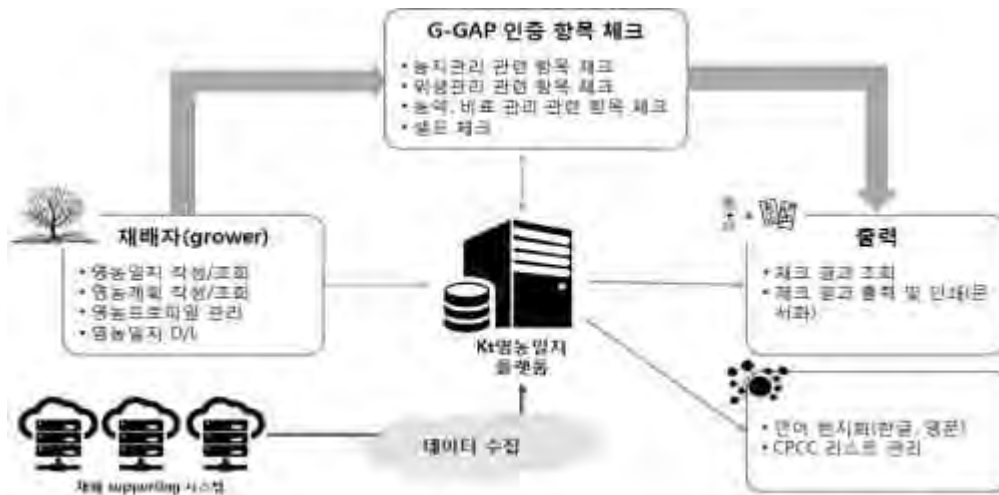
(2) 접근방법

- Global GAP IFA(Integrated Farm Assurance) V5.0 관리 기준을 분석하여 개별농가와 농가단체의 Global GAP 인증 체크리스트와 인증 문서 등록 기능을 구현
- 영농일지 App을 통해 작성된 재배 데이터를 바탕으로 Global GAP Checklist를 구현하여 재배, 수확 과정 중 정량화 할 수 있는 항목들을 자동화하며 이외 항목들도 최대한 전산화하여 Global GAP 인증 지원시스템 앱을 개발

(3) 연구내용

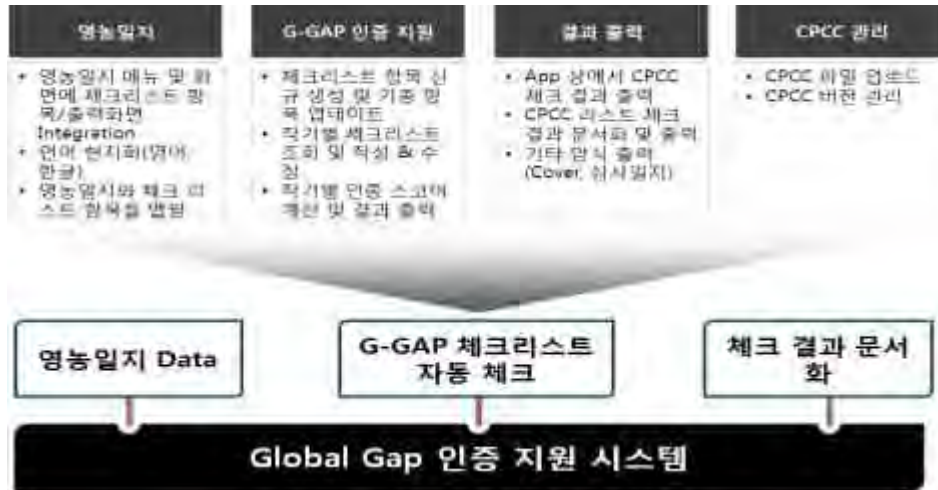
가. G-GAP 인증 지원시스템

- 기존의 복잡하고 수작업으로 진행하던 Global GAP 인증절차를 전산화 및 자동화하여 인증 절차를 간소화
- 인증 절차 간소화를 통해 많은 농가에서 Global GAP 인증을 할 수 있도록 유도하고 소비자들에게 먹거리 안정성을 높이고 농민들이 글로벌 표준을 준수하도록 하여 수출 편의성을 제공



[그림 2-842] G-GAP 인증 지원 시스템 구성도

- G-GAP 인증 앱의 기능으로 영농일지를 통해 체크리스트를 항목을 확인하고 작기별로 체크리스트를 작성 및 수정
- 작성된 문서를 출력하여 문서화 하는 기능



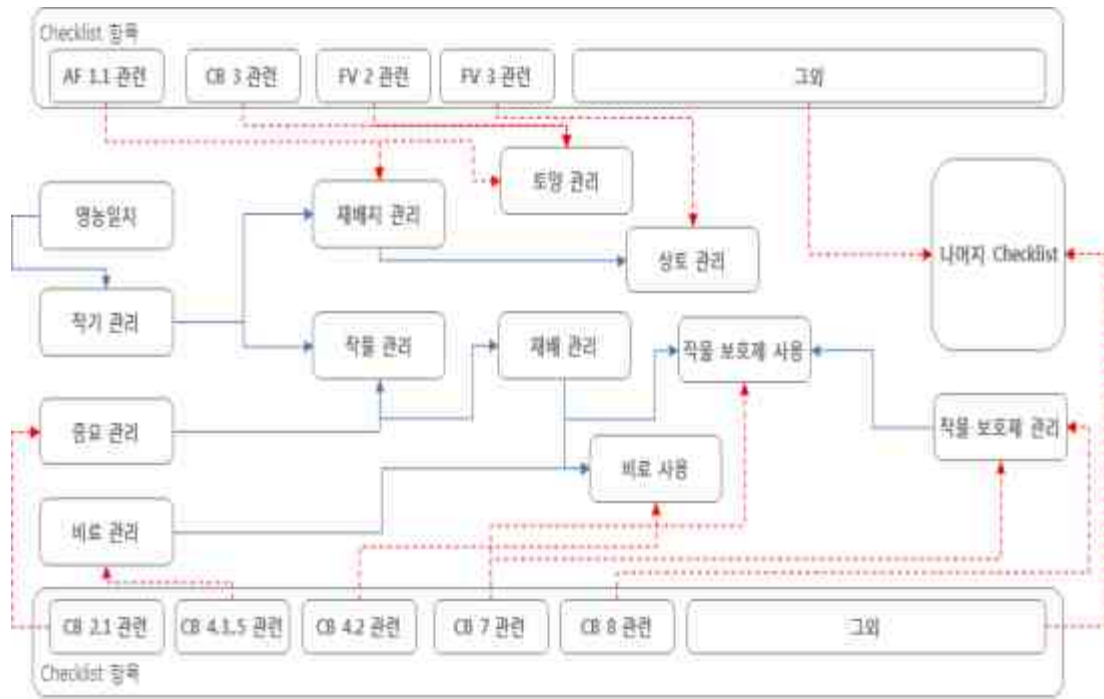
[그림 2-843] G-GAP 인증 앱 기능

- G-GAP 인증 앱에서 기능 구현에 관련한 기능 절차는 작물과 농지를 선택하고 작기를 생성한 후 G-GAP 인증하기 위한 정보를 선택하여 입력
- CPCC(Check Points and Compliance Criteria) 리스트와 입력데이터와 매핑을 하고 문서를 출력하는 기능을 수행하며 그 절차는 아래 그림에 표시



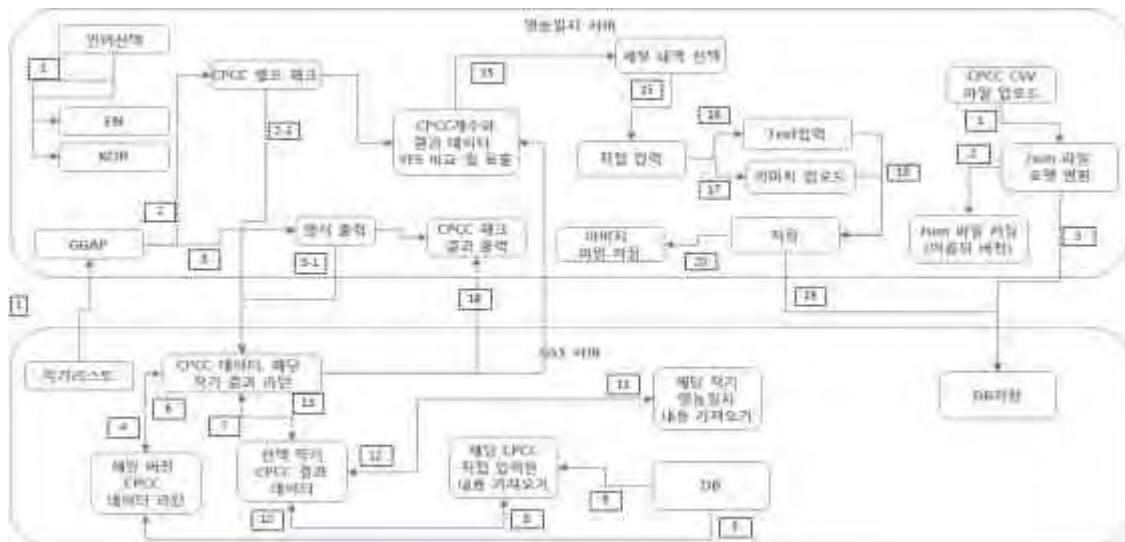
[그림 2-844] G-GAP 인증 앱 기능 절차

- G-GAP 인증을 받기 위해서 Checklist를 확인하고 영농일지 정보와 연동 가능한 부분은 수집하고 전체 Checklist에 항목과 셀프 Checklist 결과 출력에 대한 절차는 하기 표에 표시
- Checklist 항목은 농장전반적인 공통으로 적용되는 작기, 종묘, 비료 등의 항목으로 구성된 AF(All Farm Base)과 작물관리와 재배관리 등의 항목으로 구성된 CB(Crops Base), 과일과 채소의 상토관리 등의 항목으로 구성된 FV(Fruit Vegetable)와 그 외로 구성



[그림 2-845] Checklist 항목과 흐름도

- G-GAP 인증 앱을 구성하는 기능의 전체적인 흐름도는 하기 그림과 같음
- 장주가 CPCC 셀프체크 할 수 있는 기능과 세부내역 입력, 이미지 업로드 기능 등과 문서로 출력할 수 있는 기능 등으로 구성됨



[그림 2-846] G-GAP 인증 앱 전체 흐름도

- G-GAP 인증 앱 구현을 위한 소프트웨어 구성도는 아래와 같음
- 앱서버는 리눅스 환경에서 tomcat, Spring Framework에서 자바로 구현되어 있음



[그림 2-847] G-GAP 인증 앱 소프트웨어 구성도

(4) 연구결과

- G-GAP 인증 앱을 구현하였으며 주요화면은 아래와 같음
- G-GAP 기능은 농작업과 농약관리 등을 구현한 영농일지의 기능으로 구현되었으며 체크리스트를 입력하는 항목과 출력하는 항목으로 구분
- 체크리스트는 AF, CB, FV 항목으로 구분해서 각 항목별로 설명과 완료여부를 표시함





[그림 2-848] G-GAP 앱 주요 화면

제7절. 고수의 작물 최적 생육프로파일 연구


2-1 위탁

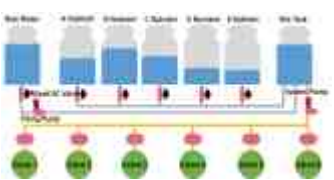

[한경대] 고수의 작물 최적 생육프로파일 연구

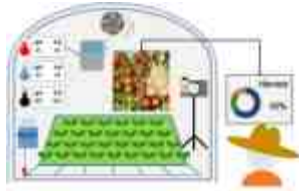
1. 최종목표

구분 (연도)	세부과제명	구분	내용
1, 2차 년도	고수의 작물 최적 생육프로파일 연구	최종목표	- 한국형 스마트팜 재배관리 및 의사결정지원 기술 개발
		세부목표	- 지능형 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 플랫폼 개발 - 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 H/W 및 S/W 인벤토리 구성 - 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 모듈 개발 - 지능형 스마트팜 재배관리 및 의사결정지원 기술 개발

2. 목표 및 결과

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
1차 년도	고수의 작물 최적 생육프로파일 연구	국내외 스마트팜 환경 모니터링 및 제어관련 관련 기술동향 분석 및 수요 조사	<ul style="list-style-type: none"> 스마트팜 환경 모니터링 H/W 및 S/W 인벤토리 조사 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 기술 사용자 인터페이스 및 제어 기술 알고리즘 조사 및 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 국내외 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 기술 H/W, S/W, 사용자 인터페이스, 알고리즘 조사 및 분석
		스마트팜 환경 모니터링 및 제어 인벤토리 구성	<ul style="list-style-type: none"> 스마트팜 환경관리 (온도 습도 CO2-광량 풍속 등)에 대한 정보수집 및 원격 모니터링 구성 스마트팜 생장관리 환경제어 및 생육에 필요한 복합환경 관리 모니터링 구성 축적된 생육정보 DB를 활용한 스마트팜 분석 및 컨설팅 지원 관리 구성 	<ul style="list-style-type: none"> 국내외 스마트팜 환경관리 및 생장관리에 대한 조사 및 분석 생육정보 DB를 축적하기 위한 생육정보 수집
		지능형 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 플랫폼 설계	<ul style="list-style-type: none"> ICT 융복합 시설장비 및 정보시스템 플랫폼 설계 센서장비 (외부 온도 풍속 감우 조도 등과 시설 내부 온습도, CO2, 토양수분, 배지수분, 양액 EC/PH 모니터링을 위한 센서장비) 영상장비 (영상모니터링 장비 등) 제어장비 (환풍기, 천창, 측창, 차광커튼, 보온커튼, 광량, CO2, 감우 및 양액재배시설 등 제어장비) 정보시스템 (온실 내 센싱, 제어정보의 모니터링, 제어 및 분석 시스템) 	<ul style="list-style-type: none"> 센서장비, 영상장비, 제어장비를 통합관리 할수 있는 플랫폼을 설계함 ICT 융복합 시설장비 및 정보시스템 GUI를 설계함 

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
2차 년도	고수익 작물 최적 생육프로파일 연구	작물 생육 모니터링을 위한 작물별 생육프로파일 조사 및 DB 구축	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생육 프로파일 생성을 위한 데이터베이스 설계 (온도, 습도, 이산화탄소, 양액) ○ 허브 식물의 품종별 재배상 특징 및 생육 프로파일 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생육 프로파일 생성을 위한 항목으로는 온도, 습도, 이산화탄소, 양액으로 구성하였음 ○ 각 항목별 시간, 현재 항목 데이터, 추천 항목 데이터, 농장 및 온실에 대한 정보를 포함하여 설계
		스마트팜 환경 모니터링 및 제어를 위한 H/W (장비 구조) 및 S/W (구성) DB 구축	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트팜 온실 제어를 위한 장비의 기본 구성도 ○ 스마트팜 제어에 필요한 보드와 장비의 세부 항목을 구성하였음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 구동보드, 센서보드, 기상보드, 카메라보드 구성 항목 및 내용 설계 ○ 온실 환경 제어를 위한 데이터베이스 설계
		스마트팜 환경 모니터링 및 제어를 위한 GUI 설계 및 구현	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트팜 환경 모니터링 및 제어를 위해 Main Page, GreenHouse, Control, Manager Setting Page로 구성하여 GUI 설계함 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트팜 환경 모니터링 (온실 내외부 온도, 습도 및 온실 내 작물의 상태) 확인 가능한 GUI 설계 ○ 온실내 에너지, 양액기, 펌프, 관개, 환경 제어 GUI 설계
		지능형 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 플랫폼 설계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 온도 제어, 습도 제어, 이산화탄소 제어, 양액 제어를 위한 제어패킷 설계 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 온도 제어, 습도 제어, 이산화탄소 제어, 양액 제어를 위한 제어패킷 및 알고리즘 설계 
		우선 대상국 (중국, 러시아) 대상 지능형 스마트팜 GUI 설계 및 구현	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중국 및 러시아의 온실 및 스마트팜 동향 및 시사점 ○ 스마트농업 적용 중국 기업 사례 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 우선 대상국 대상 스마트팜 시스템 설계를 위한 필요 구축사항 설계 

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
		지능형 스마트팜 환경 모니터링 및 제어를 위한 H/W, S/W, GUI의 시범단지 실증	○ 지능형 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 시범단지 실증 시 발생 가능한 문제점과 보완 방법	

3. 세부 연구결과

3.1. 국내 외 스마트팜 기술동향 분석 및 수요 조사

(1) 개요

- 정부는 USN 기반 센서와 접목 제어기능에 대한 개발 보급 사업을 진행하고 있으며, 농가 소득향상을 위한 방안으로 자동화 장치의 보급 및 활용을 위하여 IT가 접목된 생산환경관리 및 원격제어가 가능한 기상 환경 IT 기술을 반영한 시스템의 개발, 스마트폰을 활용한 원격 감시, 원격 제어, 원격 모니터링 기능을 확대하는 추세에 있음

(2) 접근방법

- 국내외 스마트팜 환경 모니터링 및 제어관련 관련 기술동향을 분석 및 수요, 스마트팜 환경 모니터링과 그에 따른 제어 H/W 및 S/W 인벤토리, 스마트팜 환경 제어 H/W 및 S/W 인벤토리, 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 기술 사용자 인터페이스, 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 기술 알고리즘을 조사하였음

(3) 연구내용

- 스마트팜 환경 모니터링 H/W 및 S/W 인벤토리 조사
 - 스마트팜 환경 모니터링 설계를 위해 H/W와 S/W 인벤토리를 조사하였음
 - 스마트팜 환경 모니터링을 위한 장비는 시설원에 내·외부 환경을 감지하는 환경 센서로 구성되어 있으며, 각 센서와 통수신 장비에 적절한 소프트웨어로 구성됨
 - 국내외 관련 기업의 환경 센서 및 통수신 장비의 인벤토리를 조사하여 분석하고자 하였음

스마트팜 환경 제어 H/W 및 S/W 인벤토리 조사

- 작물의 성장 환경 제어 시스템을 구현하기 위해 창문제어, 양액제어, 관수 제어, CO2 공급 제어환경 등을 구현해야 하고, 이를 위해 각 제어장치 인터페이스를 개발하기 위해 국내외 기업의 스마트팜 환경 모니터링을 통한 제어 구성요소를 조사하였음

스마트팜 환경 모니터링 및 제어 기술 사용자 인터페이스 조사 및 분석

- 작물의 성장 환경 제어 시스템을 구현하기 위해 창문제어, 양액제어, 관수 제어, CO2 공급 제어환경 등을 구현해야 하고, 이를 위해 각 제어장치 인터페이스를 개발해야 하므로 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 기술 사용자 인터페이스 조사하였음

- 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 기술 알고리즘 조사 및 분석
- 시설 원예 내·외부의 환경에 따라 생육환경에 최적화된 지능형 알고리즘을 적용하고 있는 국내외 기업의 자료를 조사하여 온실온도와 외부온도에 따라 난방, CO2 공급을 비례제어 등의 분석을 하고자 함

(4) 연구결과

- 가. 국내외 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 기술 H/W, S/W, 사용자 인터페이스, 알고리즘 조사 및 분석
 - ㈜우성하이텍사의 Welsys 시스템은 시설원예 내·외부의 환경을 감지하는 각종 환경센서로 구성되어 있으며, Welsys 시스템의 규격화된 제품으로 메인 컴퓨터의 지령을 받는 자체의 임베디드 컴퓨터와 릴레이(Relay)보드, 센서 정보 수신장치로 구성되어 이 장치의 릴레이 출력단자에 해당 로컬 컨트롤러를 연결할 수 있음
 - 나래트랜드의 환경 모니터링 센서는 내부, 토양, 외부환경 센서가 있으며, 내부환경 센서는 온도, 습도, 이산화탄소, 조도, 토양환경 센서는 토양온도, 습도, EC, pH, 관수량 등을 측정할 수 있고, 외부기상 센서로는 온도, 습도, 풍향, 풍속, 일사량, 강수량 등이 있음
 - 나래트랜드의 제어시스템은 컨트롤러 장치, 온·습도 1세트 디스플레이로 구성되어 있으며 컨트롤러 장치에는 다수의 센서노드(최대 5식)를 연결할 수 있고, 센서노드는 기본 온·습도를 포함하여 CO2, 토양센서, EC, 광량, 일사량, 조도, 급수량 등 다양한 센서 연결이 가능함
 - 나래트랜드의 제어시스템은 LTE라우터 또는 공유기를 통해 유/무선으로 네트워크 통신이 가능하며 카메라는 아날로그, IP, PTZ 등 사용 가능하고 수집된 정보는 모바일과 양방향 통신이 가능하고, 분석에 의한 재배기술과 효율적인 에너지 관리로 생산비와 노동력을 절감하고, 작물의 생산량과 품질을 향상시킬 수 있음
 - 나래트랜드는 온·습도, CO2, 토양수분 등 각종 센서에 의한 자동제어와 온·습도 이상이나 정전 등 주시해야할 상황 발생 시 스마트폰으로 즉시 알람 전송되어 원격제어가 가능하고 측정된 모든 센서데이터는 5분 단위로 데이터서버에 저장, 그래프 조회 및 비교통계 분석이 가능함
 - 나래트랜드의 제어 시스템은 생육환경에 최적화된 지능형 복합제어 알고리즘을 적용하여 작동시간, 내·외부환경 등 다양한 조건별 다중제어 설정이 가능하고 풍상창 열림지원 및 좌우 개폐범위 조절, 다수의 온도센서에 대한 평균온도로 온실제어 등이 가능함.
 - Priva사의 climate sensors를 이용하여 상대 습도와 온실별 구획 당 온도 측정이 가능하고 상대 습도 및 상대 습도를 별도의 모듈에서 측정하여 전자적으로 CO2 함량을 계산할 수 있으며, 이산화탄소 농도 측정뿐만 아니라 그 농도를 제어, 조절, 모니터링 할 수 있음
 - Priva Compass는 최적의 작물 통제가 가능하도록 사용자 중심의 간편 제어솔루션을 제공하여 저렴한 프로세스 컴퓨터를 통해 사용자 친화적이고 지속 가능한 솔루션을 통해 재배 정밀도, 품질 등을 제어 할 수 있음
 - Hortimax의 Multima(멀티마)는 재배시설의 양액과 환경을 같이 제어할 수 있으며 미리 날씨를 예측하여 온도와 환기운용을 조절할 수 있음
 - HortiMaX CX500은 모든 기후와 국가에는 각각의 특성에 맞는 해결책이 필요한 것에서 착안하여 네덜란드 이외 지역에서도 사용 가능하도록 설계된 적응형 온실 기술의 표준이라고 할 수 있으며 이 시스템은 사용자 정의 가능하고 확장 가능하며 사용하기 쉽고 사용자의 지식과 경험과 함께 성장할 수 있는 시스템이라고 할 수 있음
 - HortiMaX-Go는 스마트 온실 컨트롤러로서 각각의 제어를 위한 스마트 스위치가 탑재되어 있으며 모든 스위치의 작동을 위해 특별히 설계된 최신 하드웨어 기술과 소프트웨어를 이용함

- HortiMax의 환경제어 운용 소프트웨어인 Synopt은 제한이 없는 멀티 윈도우창 기능을 가지고 있어서 여러 개의 데이터를 한 개의 화면에서 확인이 가능함
- Hortimax사의 경우 센서 및 기상 정보를 활용하여 시설의 기성정보 예측 및 작물의 주변 환경을 수집하도록 지원함으로써 시설 내의 온도를 최적으로 관리하는 솔루션을 제공하고 있으며 사용자 설정이 가능한 소프트웨어 기반의 제어시스템을 통해 다양한 제어 옵션을 지정하여 다수의 블록을 동일한 조건으로 제어함으로써 시설 내부의 환경을 최적화함
- 이스라엘의 네타팜사의 온실컨트롤러는 컴팩트하면서 각종 환경 제어가 가능한 컨트롤러로 온도, 습도, CO2, 풍향 풍속 및 광량센서 등 각종 센서를 연결 사용할 수 있도록 되어있음
- 환경 모니터링에는 각 센서 장비와 통신 장비에 알맞은 다양한 소프트웨어를 필요로 하며 USN 센서 노드, USN 중계 노드는 Tiny OS, NanoQ+ 등 OS, RF 신호관리 소프트웨어 등이 필요하고 게이트웨이는 외부 TCP/IP 망과 연동하기 위한 관련 소프트웨어가 필요함. 게이트웨이는 추가적으로 방화벽 소프트웨어를 설치할 수 있음
- 운용 Client Web서버, DB 서버, 통합관제서버 등은 윈도우, Linux 등 OS가 구현되어야 하고, TCP/IP 소프트웨어가 구현되어야 함
- DB 서버는 MSsql, 오라클, mysql 등 DBMS와 미들웨어 프로그램이, 통합관제 서버는 해당 미들웨어 소프트웨어가 구현되어야 함
- 대부분 농가는 제어 외부 입출력 신호 자체가 없는 제어 장치가 많으며 통일된 인터페이스를 사용하지 않은 농가가 대부분이기 때문에 통합적인 생장환경 제어 시스템을 운영하는데 한계가 있으므로 따라서 각 부별 인터페이스 존재의 유무를 기반으로 하여 시스템을 구축해야함.

3.2. 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 인벤토리 구성

(1) 개요

- 기존의 토지, 인력에 의존하던 농업에서 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능 등이 결합된 새로운 농업 방식으로 새로운 가치를 창출하고자 농업정책, 농업의 구조적 특성, 농업인의 요구도, 지역적 특성 등을 고려하여 국내의 실정에 맞도록 접목 가능한 부분에 대한 선택과 집중을 하여 우리나라 농업 여건에 적합한 ‘한국형 모델’을 개발하는 것이 필요함

(2) 접근방법

- 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 인벤토리, 스마트팜 환경관리(온도 습도 CO2·광량·풍속 등)에 대한 정보수집 및 원격 모니터링, 스마트팜 생장관리 환경제어 및 생육에 필요한 복합 환경 관리 모니터링, 축적된 생육정보 DB를 활용한 스마트팜 분석 및 컨설팅 지원 관리 구성에 목적을 두었음

(3) 연구내용

가. 스마트팜 환경관리에 대한 정보수집 및 원격 모니터링 구성

- 스마트팜 모니터링 설계를 위해 국내외 관련 기업들의 환경관리를 위한 정보 수집 및 관리, 수집된 정보의 원격 제어 방안을 조사하고자 하였음
- 단순제어 스마트팜의 기능은 센서기반 시설장치 자동제어, 실시간 영상 모니터링, 센서데이터 실시간 확인, PC/스마트폰 장치 원격제어, 관수/개폐기/환기팬 등, 센서데이터 그래프분석, 인터넷 영농일지 작성 및 통계/분석으로 구성되어 있음

나. 스마트팜 생장관리 환경제어 및 생육에 필요한 복합환경 관리 모니터링 구성

- 시스템에 미리 설정된 품목별, 생육기별 생장환경 적정범위에서 벗어난 센서 데이터가 입력되었을 경우 생장 관리 자동제어 서비스를 제공하여 복합환경 관리 모니터링 구성을 위한 자료를 조사하였음
- 디지털제어기(온실 및 노지의 기존 전기 장비를 디지털신호를 이용하여 제어할 수 있도록 기능을 제공하는 장치)와 웹 기반 생장환경 관리 서비스를 활용하여 자동으로 제어가 가능하며 경우에 따라 사용자가 수동으로 조절할 수 있는 알고리즘을 설계하기 위한 자료를 조사하였음

다. 축적된 생육정보 DB를 활용한 스마트팜 분석 및 컨설팅 지원 관리 구성

(4) 연구결과

가. 국내외 스마트팜 환경관리 및 생장관리에 대한 조사 및 분석

- 나래트랜드는 클라우드 기반의 팜노트 서비스를 통해 센서데이터 DB분석과 영농일지 서비스를 제공하고 있음
- 반딧불이 보급형은 현장의 자동 개폐 판넬을 그대로 활용하면서 스마트폰을 통해 원격에서도 제어할 수 있도록 구성하여 합리적인 구축비용으로 스마트팜을 사용할 수 있도록 한 시스템임
- (주)우성하이텍사는 시설원에 내의 재배환경을 최적으로 조성하고 유지하기 위하여 각종 환경센서가 감지한 정보를 대용량 정보처리 능력을 가진 컴퓨터로 분석, 연산하여 시설의 내·외부에 설비되어 있는 각종 환경조절용 기계장치를 자율적으로 제어하는 고도로 발달된 시설 원에 재배환경 관리방식인 'ICT복합환경 제어시스템'Welsys를 우리나라의 비닐하우스 재배환경에 맞게 개발됨
- Farmsys는 첨단 ICT융복합 기술이 들어있는 시설원에 통합환경제어 시스템이며 Farmsys의 컴퓨터 소프트웨어는 다양하게 변하는 환경 속에서 재배작물이 항상 최고의 컨디션을 유지할 수 있도록 자율적으로 생육환경을 제어하고 데이터를 저장하는 등의 다양한 기능이 있음

나. 축적된 생육정보 DB를 활용한 스마트팜 분석 및 컨설팅 지원 관리 구성

- 같은 생장환경 내에서도 온도/습도 등의 값은 달라질 수 있으며, 센서를 어떻게 배치하느냐에 따라 값이 다르게 나타날 수 있으므로 생장환경 관리 시스템은 동작 환경의 본질을 이해하고 장비들을 배치하여야 함
- 센서가 정상적으로 작동할 수 있고, 생장환경을 가장 바르게 나타낼 수 있는 환경에 센서를 배치해야 하며 생장환경 관리시스템을 위한 실내/실외 생장환경의 현장 및 동작 환경에 대해 고려해야 함
- 스마트팜 분석 시 현장 실사를 실시하는 것은 매우 중요하며 현장실사에서는 생장환경 내에 센서간의 통신을 저해할 수 있는 요소의 최소화와 생장환경의 도면 확보, 각종 제어 장치의 배치를 고려해야 함
- 생장환경 관리 시스템을 구축하는데 있어서, 센서를 어떻게 배치하느냐에 따라 측정값의 정확도나 통신의 신뢰도가 달라질 수 있으며, 이는 각각의 센서 특성을 고려하여 배치되어야 함
- 생장환경 관리 시스템을 구축하는데 있어서, 센서를 어떻게 배치하느냐에 따라 측정값의 정확도나 통신의 신뢰도가 달라질 수 있으며, 이는 각각의 센서 특성을 고려하여 배치되어야 함

3.3. 지능형 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 플랫폼 설계

(1) 개요

- 한국형 스마트팜 모니터링 및 제어 플랫폼 설계를 목적으로 함

(2) 접근방법

- 지능형 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 플랫폼, ICT 융복합 시설장비 및 정보시스템 플랫폼 설계를 위하여 센서장비 (외부 온도 풍속 감우 조도 등과 시설 내부 온습도, Co2, 토양수분, 배지수분, 양액 EC/PH 모니터링을 위한 센서장비), 영상장비 (영상모니터링 장비 등), 제어장비 (환풍기, 천창, 측창, 차광커튼, 보온커튼, 광량, Co2, 감우 및 양액재배시설 등 제어장비), 정보시스템 (온실 내 센싱, 제어정보의 모니터링, 제어 및 분석 시스템)에 대해 조사함

(3) 연구내용

가. ICT 융복합 시설장비 및 정보시스템 플랫폼 설계

- 작물에 대한 실내 환경 모니터링과 시설/ 노지 작물에 대한 실외환경 모니터링, 시설제어 시스템으로 구성되며 외부에서 원격으로 센싱정보를 확인하고 제어 명령을 수행할 수 있는 원격 접속시스템, 이를 통합하여 센싱정보를 DB에 저장하고 분석/제어를 관제하는 시스템으로 구성할 수 있음
- 실내/외 환경 모니터링 시스템은 온/습도 센서, 일사량 센서 등 센서류 및 Zigbee, 무선랜, IP-USN 등 USN 네트워크 장비들로 구성되고, 시설제어시스템은 창문 개폐, 커튼 개폐 시스템, 통신장비 등의 시스템으로 구성할 수 있음. 통합관제 시스템 및 원격 접속 시스템은 서버 및 PC, 그리고 SMS 서비스를 위한 연동 시스템 등이 필요하며 각각의 시스템은 인터넷 등을 활용하여 서로 통신이 가능하도록 설계하여야 함

나. 센서장비

- 센서를 활용함으로써 온실 내 환경을 작물생육에 적합하도록 쾌적한 환경을 조성함으로써 병해를 예방하고 적절한 관리를 통한 생산성 증진과 품질향상에 기여할 수 있음
- 센서 활용을 통해 온실 내 환경을 원격으로 진단하고 조절함으로써 쉽게 적절한 환경제어가 가능함으로써 합리적인 영농 구현이 수행될 수 있음
- 작물마다 필요한 생장환경이 다르기 때문에 센서는 작물별로 적합한 생장환경을 측정할 수 있는 센서를 선택, 사용해야함. 시설농장물 관리용 센서는 실내 생장환경에서 필요한 센서와 실외 기상환경에서 필요한 센서로 나누어지며 각 센서들은 센서노드에 연결되어 수집된 데이터를 송신함
- 온도 센서는 작물의 생장환경조건인 가장 기본이 되는 센서로서 작물의 발육이나 과실의 착상, 병충해 발생 등 작물 생장에 가장 실질적인 향을 미치고 있음. 예를 들어 온도가 높으면 과실의 착과, 증식 작용 등이 불량일 생기고, 온도가 낮으면 불량 과실이 발생하거나 뿌리 생육을 저해 할 수 있음. 온도 조건을 맞추기 위해 창문/커튼 조절을 하거나 관수시스템을 통한 물 공급, 동절기에는 보일러의 온도 조절을 통해 생장 조건을 맞춤
- 습도센서는 작물의 병충해 발생과 관련이 있어 습도가 높으면 병충해 발생 가능성이 높아지고, 습도가 낮으면 작물의 호흡작용에 문제가 생겨 양분 공급을 저해 할 수 있음. 습도 조절을 위해서는 창문 개폐 등을 통해서 습도 조절 가능함
- 함수율 측정 센서는 작물이 포함하고 있는 수분량을 측정하는 센서로 작물이 적합한 수분을 포함하고 있는가를 측정함. 일반적으로 60~70%의 수분을 함유하는 것이 적절한 함수율 조건으로 알려져 있음. 관수 시스템을 통해서 함수율을 제어함
- 지습센서는 흙이 포함한 습도를 검출하는 센서로 흙이 작물의 생장에 적절한 수분을 포함하고 있는지를 측정함. 작물 뿌리의 환경을 관리하기 위한 센서로 지습이 높으면 뿌리가 물에 잠겨 있는 상황이기 때문에 작물이 숨을 쉴 수가 없는 환경이 되며, 지습이 낮을 때는 물을 통한 작물의 양분 공급이 어려워

관수시스템을 조절하여 지습 상태 제어해야함

- 줄기변화 측정센서는 줄기의 변화를 측정하여 작물의 생장 상태를 파악하는 센서로 작물의 가지 등에 측정기를 설치하여 줄기의 변화를 측정함. 생장 상태가 미진한 경우 양액 공급, 빛의 양 공급 증대 등을 통해 발육을 촉진시킴
- 엽온/과실온도 측정센서는 작물 잎/과실의 온도를 측정하는 센서로 잎의 온도를 통해 작물의 상태를 확인할 수 있음. 엽온이 높으면 관수 공급을 통해서 온도를 낮추는 등의 작업을 수행함
- 실외 온도/습도 센서는 외부의 온도와 습도를 측정하는 센서로 하우스 내부의 온도/습도조절에 영향을 줄 수 있음. 실외 온도/습도 데이터를 통해 온실 내부 온/습도 기준을 온실의 천창 환기, 차광/보온 커튼 등의 설정을 통해 맞출 수 있음
- 풍향/풍속 센서는 온실 구조물 안전 관리(차양막, 지지목, 온실 등)를 위해 활용하고 있으며, 온실의 창문을 열어놓는 하절기의 경우 풍향/풍속은 온실의 온도변화에 급격한 향을 줄 수 있음
- 풍향/풍속에 따라 하우스 내부 온도가 변화할 가능성이 있으면 하우스 창문을 조절하여 내부 온도를 제어함. 강풍 등에 따른 시설 피해가 예상되면 비닐하우스 비닐이 손상되지 않도록 사전 조치를 수행함
- 적설량 센서는 현재 쌓인 눈의 양을 측정하는 것으로 쌓인 눈의 양을 통해 구조물이 눈으로 인해 함몰 되지 않도록 예방함. 눈이 많이 오는 경우 난방을 통해서 쌓인 눈을 녹이는 등의 조치 수행함
- 강우센서는 비가 내린 양이나 그 강도를 측정하고 이를 통해 강우에 의한 기상재해 예 측 및 인지함. 시설 피해가 예상되면 비닐하우스 비닐이 손상되지 않도록 지지하는 등의 조치 수행함
- 강우감지센서는 강우의 여부를 감지하는 센서로 비가 내리면 온실의 창문을 닫아서 비로 인해 작물의 피해가 발생하지 않도록 함.

다. 영상장비

- CCTV는 영상장비로서 생장환경을 모니터링을 진행하는데 중요한 역할을 함. 생장환경과 관련된 상황을 모니터링 할 수 있고, 현장에 제어 시스템이 정확히 동작하는 지를 확인할 수 있음. 작물의 생장 상태를 육안 확인, 작물 및 시설의 도난, 병충해, 재해 피해 등을 육안으로 모니터링 할 수 있음

라. 제어장비

- 환풍기, 천창, 측창, 차광커튼, 보온커튼, 광량, CO₂, 감우 및 양액재배시설 등 제어장비
- 일사량 센서는 햇빛의 양을 측정하는 센서로 해당 정보는 작물의 일(광합성)하는 양을 추측하는 기준이 될 수 있음. 일사량이 크면 작물의 광합성이 활발히 이루어지기 때문에 작물의 관수 공급을 많이 해주어야 하고 동시에 CO₂ 공급을 늘려야 함. 일사량이 적으면 관수공급을 적게 하거나 인공광원(LED)이나 커튼을 열어 주는 등의 작업을 수행하고 일사량이 많은 경우 커튼을 닫는 등의 작업을 수행함
- CO₂ 센서는 감지된 CO₂ 농도를 통해 작물의 광합성 환경, 즉 작물의 숨을 쉴 수 있는 환경을 조절할 수 있음. CO₂ 농도가 낮을 시에는 작물이 숨을 쉴 수가 없어 작물의 생장 속도가 더디게 이루어지기 때문에 일사량이 높아 작물의 활동이 많을 때에는 CO₂ 공급을 높여 작물의 생장에 문제가 발생하지 않도록 함
- 양액 측정센서는 작물의 EC, PH, 지온 등의 센서는 작물의 양 상태를 측정하는 장비로 각 작물마다 양분 공급 조건이 다르기 때문에 양액 측정센서 데이터에 따라서 작물에 필요한 양액을 공급함. EC, PH, 지온 등을 조절하기 위해서 양분 혼합 비율을 달리함
- 수액흐름변화 측정센서는 식물체 내의 수액이 도관을 통하여 이동하는 수액의 양과 속도를 측정하여 식물 성장에 활성화 정도를 수치적으로 파악할 수 있음. 수액흐름 속도가 적으면 CO₂, 물 공급 등을 증가시켜 성장을 활성화시킴

마. 정보시스템

- 센서네트워크는 크게 무선, 유선으로 구분될 수 있음. 무선센서네트워크 기술로는 Zigbee Alliance 그룹에서 표준화하고 있는 IEEE802.15.4기반 Zigbee, IPv6 기반 IP-USN 그리고 무선랜 등이 있음
- ZigBee는 LOS(Line of sight)의 경우 400m 이내, 시설 안의 경우 100m 이내일 경우 사용됨. ZigBee의 경우 3개의 기술 중 전력 사용량이 가장 낮지만 대역폭이 낮아 (최대 250kbps) CCTV 상 전송 등에 사용하기에는 어려움이 있음
- IP-USN의 경우는 Zigbee의 대부분 동일한 특성을 가지나 센서 노드에 IP 주소를 할당하여 직접 센서 노드 관리가 가능함. 전력 소모는 Zigbee보다 큼. 무선랜의 경우 대역폭이 크며 (50Mbps, 802.15.4g 기준) 전력 소모량은 Zigbee보다 커서 배터리 등을 활용한 USN 망 구축에는 적합하지 않음
- 유선의 경우 Ethernet, RS232 등이 있으며 환경에 따라 선택하여 사용할 수 있음. 실내시설하우스의 경우 전원 배선이 이미 이루어진 상태라 유선을 많이 사용하며, 유선 배선의 복잡성으로 인하여 무선 기반 센서네트워크를 많이 사용하기도 함
- ㈜우성하이텍사의 Welsys 컨트롤러는 메인 컴퓨터가 내리는 지령을 받아 현장에 설치되어 있는 기계장치가 작동 또는 정지되도록 전기를 출력하며 센서가 취득한 환경정보를 메인컴퓨터로 보내주도록 구성되어있음.
- 복합환경제어 전용 소프트웨어는 각종 센서가 취득한 환경정보를 복합적으로 연산하고 판단하여 설비된 기계장치가 작동되게 지령을 내리고 데이터를 저장하는 등 시스템 전체를 운용하고 재배환경은 이 소프트웨어의 연산에 의해 자동으로 조성, 유지됨
- 시설원에 현장의 기계장치 수량, 용량에 맞추어 제작하는 주문형 제품으로 메인 컴퓨터의 지령을 받는 자체의 임베디드 컴퓨터와 릴레이 보드, 센서정보 수신장치, 전기를 공급하는 마그네틱 콘택트 스위치, 수동운전 스위치, 출력단자 등이 일체로 구성된 장치로 출력 단자에 환경조절용 기계장치를 직접 연결할 수 있음

(4) 연구결과

가. 센서장비, 영상장비, 제어장비의 통합관리 플랫폼 설계

온도 확인 및 설정



화면 설명

- Farming Care Page에서 온도 버튼을 선택하면 온도 확인 및 설정 화면으로 이동할 수 있음
- 이 화면에서는 현재 온도 및 외부 온도를 확인할 수 있으며 희망 온도 설정 및 희망 온도로 설정할 수 있도록 냉방기 및 난방기 가동의 활성화가 가능함

습도 확인 및 설정



화면 설명

- Farming Care Page에서 습도 버튼을 선택하면 습도 확인 및 설정 화면으로 이동할 수 있음
- 이 화면에서는 현재 습도 및 외부 습도를 확인할 수 있으며 희망 습도 설정 및 희망 습도로 설정할 수 있도록 () 가동의 활성화가 가능함

이산화탄소 확인 및 설정



화면 설명

- Farming Care Page에서 이산화탄소 버튼을 선택하면 이산화탄소 확인 및 설정 화면으로 이동할 수 있음
 - 이 화면에서는 온실 내 현재 CO2 값을 확인할 수 있으며, 희망 CO2를 설정할 수 있음
 - 희망 CO2를 설정한 후에 희망 CO2 아래의 녹색 버튼을 누르면 이산화탄소 발생기를 동작시킬 수 있음
-

CCTV 확인



화면 설명

- Farming Care Page에서 CCTV 버튼을 선택하면 CCTV 확인 화면으로 이동할 수 있음
 - 이 화면에서는 현재 온실을 확인할 수 있으며 또한 지정된 구역별로 확인이 가능하다. CCTV 화면 위의 구역 버튼을 누르면 각 구역의 CCTV 화면을 볼 수 있음
 - CCTV 화면에서 볼 수 있는 상단의 아이콘을 누르면 CCTV 녹화 파일을 확인할 수 있고, 하단의 카메라 아이콘을 누르면 스냅샷을 저장할 수 있음
-

머신러닝 페이지



화면 설명

- Farming Care Page에서 구역별 작물 분석 버튼을 누르면 이 화면으로 이동할 수 있다.
- 오른쪽 상단의 구역을 선택하면 구역별 작물의 사진으로 바뀌며 사진 아래 촬영시기 및 정보를 제공하고 있다.
- 오른쪽 하단에는 최적수확정보를 제공하고 있으며 구역별로 수확에 대한 점수를 알 수 있다.

3.4. 작물 생육 모니터링을 위한 작물별 생육프로파일 조사 및 DB 구축

(1) 개요

- 생육 프로파일은 작물 생육에 필요한 모든 데이터를 기록, 생성하는 것으로 작물별 재배일지, 이미지, 환경 요소별 데이터 등을 의미하며, 환경 모니터링을 통해 작물 생장에 적절한 환경을 제공하고자 함

(2) 접근방법

- 환경 모니터링을 통해 작물의 상태를 확인하고 온실의 상태를 작물에 적절한 환경으로 제공하기 위해서는 그 환경요소별 기준 값이 요구되며 이러한 작물별 환경요소 기준 값을 구축하고, 기록하기 위해 온도, 습도, 이산화탄소, 양액에 대한 DB를 설계하여 구축하고자 함. 대상작물인 허브 식물(바질)을 생육 프로파일 DB에 필요한 최대, 최소값을 정의하였음

(3) 연구내용

가. 생육 프로파일 DB 설계

- 온도, 습도, 이산화탄소 및 양액조성 측정을 위한 센서가 온실에 다수개가 설치되는 상황을 고려하여 설치 위치가 구분 가능해야 하며, 센서별 식별자를 부여하여 각각의 센서가 정의되어야 하는 것을 고려함
- 온도, 습도, 이산화탄소 및 양액조성 센서를 통해 측정값과 취득시간이 누적되어야 하며, 센서별 취득한 자료를 통해 온실 제어가 가능하기 위해서는 프로파일 값이 정의되어야 하는 것을 고려함
- 온실 내 온도, 습도, 이산화탄소 및 양액조성 제어는 사용자가 직접 제어하는 수동 제어, 측정값과 프로파일 값을 비교하여 적절한 환경을 제공하는 제어는 자동제어로 정의하여 두 제어에 대한 정보를 취득해야 하는 것을 고려함

나. 허브 식물의 품종별 재배상 특징 조사

- 농진청의 원예시험연구(2011)에 따르면 중부지방 경량형 옥상텃밭에서 재배한 허브류 중 월동이 가능한

허브종은 약 24종이 있으며 종묘의 갱신 없이 장기간 재배가 가능함. 월동하지 못한 종들은 약 32종으로 매년 새로운 종묘로 갱신해야 재배가 가능함

- 종자채종이 가능한 허브식물은 스팅넛틀, 스위트라벤더 등 29종이며, 이중 21종(다이어즈케모마일, 오레가노, 캣닢, 루, 커먼말로우, 로먼캐모마일, 레몬밤, 이탈리아 파슬리, 샬러드버넛, 히속, 흰넬브론즈, 밀크시슬, 옥스아데이지, 휘버트, 슝워트, 페니로얄민트, 버베인, 에키네시아, 탄지, 벨가뭇)은 30%이상 발아율을 보여 종자번식이 가능함

[표 2-337] 중부지방의 재배형태에 따른 월동특성(2010-2011, 원예원)

재배형태	월 동	미 월 동
옥상정원 (월동 24) (미월동 32)	스팅넛틀, 램즈이어, 레이디스맨틀, 커먼말로우, 오데코롱민트, 초코민트, 벨가뭇, 샬러드버넛, 세인트존스워트, 슝워트, 야로우, 에키네시아, 오레가노, 옥스아데이지, 와일드스트로베리, 차이브, 다이어즈케모마일, 로먼캐모마일, 캣닢, 오렌지타임, 카펫타임, 탄지, 머쉬말로우, 휘버휴	딜, 스위트라벤다, 레몬버베나, 레몬밤, 로즈마리, 클리핑로즈마리, 루, 스피아민트, 애플민트, 파인애플민트, 페니로얄민트, 페퍼민트, 버베인, 산토리나, 선더우드, 파인애플세이지, 학자스민, 커리플랜트, 골든레몬타임, 레몬타임, 실버타임, 커몬타임, 크리핑타임, 이탈리아 파슬리, 캘리포니아포피, 폭스글로브, 허브장미, 헬리오트로프, 흰넬, 흰넬브론즈, 히속, 밀크시슬
노지정원 (월동 37) (미월동 19)	스팅넛틀, 딜, 램즈이어, 레몬밤, 레이디스맨틀, 스피아민트, 애플민트, 오데코롱민트, 초코민트, 파인애플민트, 페퍼민트, 버베인, 벨가뭇, 산토리나, 샬러드버넛, 선더우드, 세인트존스워트, 슝워트, 야로우, 에키네시아, 오레가노, 옥스아데이지, 와일드스트로베리, 차이브, 다이어즈케모마일, 로먼캐모마일, 캣닢, 골든레몬타임, 레몬타임, 오렌지타임, 카펫타임, 커몬타임, 크리핑타임, 탄지, 폭스글로브, 머쉬말로우, 흰넬	스위트라벤다, 레몬버베나, 로즈마리, 클리핑로즈마리, 루, 커먼말로우, 페니로얄민트, 파인애플세이지, 학자스민, 커리플랜트, 실버타임, 이탈리아파슬리, 캘리포니아포피, 허브장미, 헬리오트로프, 흰넬브론즈, 휘버휴, 히속, 밀크시슬

- 전북농업기술원은 허브의 종류가 매우 다양하고 농가에서 매우 소규모 다품종을 재배하여 대표적이면서 농가당 소득분석이 가능한 10a이상 재배를 하는 대표품종에 대한 소득분석을 실시함(2008). 노지 허브재배시 10a당 로즈마리 852천원, 라벤더 624천원, 레몬밤 853천원, 바질 564천원의 소득을 올릴 수 있음

[표 2-338] 허브 조사농가 평균 일반개황(2008)

구분	재배 경력	경영면적(m ²)				재배면적(m ²)
		자작지	임차지	임대지	계	
로즈마리	3.5	9,421	4,132	-	13,553	7,603
라벤더	4	19,173	4,628	-	23,801	1,983
레몬밤	2	85,950	13,223	-	99,173	991
바질	3	33,719	79,338	-	113,057	3,305

[표 2-339] 허브 재배의 경영성과(노지, 원/10a 기준)

구 분		로즈마리	라벤더	레몬밤	바질
조 수 입	수 량(kg)	927	840	2,080	2,310
	단가(원/kg)	2,300	2,400	1,000	1,000
	금 액	2,132,100	2,016,000	2,080,000	2,310,000
비 용	중간재비	988,219	1,141,220	953,734	1,073,982
	경 영 비	1,279,881	1,391,077	1,226,909	1,745,630
	생 산 비	2,561,908	2,350,138	2,409,510	3,069,230
수 익	부가가치	1,110,973	860,423	1,121,966	1,221,108
	소 득	852,219	624,923	853,091	564,370
	순 수 익	△429,808	△334,138	△329,510	△759,230
생 산 성	노동생산성	5,122	5,282	5,990	3,619
	토지생산성	3,703	2,868	3,740	4,070
자 본 효 율		0.67	0.45	0.70	0.32
kg당 생산비		2,764	2,798	1,158	1,329
노동시간		216.9	162.9	187.3	337.4

(4) 연구결과

가. 생육 프로파일 DB 구축

- 사용자 정보에 해당 사용자의 농장 정보, 온실 정보, 구역 정보, 작물 정보 등이 포함되어 있으므로, 온실 내 온도 센서의 설치 위치를 확인하기 위해 user_id를 추가함
- 센서별 식별 가능한 식별자로 device_id를 추가함
- 정의된 시간 간격마다 값을 측정하여 측정값을 누적하기 위해 tem_value(온도), hum_value(습도), CO2_value(이산화탄소), EC_value(양액)와 측정 시간 정보를 누적하기 위해 각 항목마다 reg_time을 추가함
- 온실 내 장비가 자동 제어인 경우 온실 제어를 하기 위해 프로파일에 정의된 추천 값이 필요하므로 각각 최댓값, 최솟값을 정의하여 적절 환경 요소값 범위를 설정하고자 함. 온도의 경우 profile_tem_min, profile_tem_max, 습도의 경우 profile_hum_min, profile_hum_max, 이산화탄소의 경우 profile_co2_min, profile_co2_max로 정의하였으며, 양액은 범위를 제공하지 않고 최적 값(profile_EC)으로만 제공함
- 작물별 맞춰야 할 환경 요소 값이 다르므로 user_id에서 정의된 작물 정보에 적절한 프로파일을 생성해야 함
- 온실 내 장비 제어 상태를 확인하기 위해 operation_state를 추가하여 자동, 수동 상태(Manual/Auto)상태를 확인하도록 함

[표 2-340] 생육 프로파일 온도 DB

No	FieldName	DataType	Comment
1	user_id	VARCHAR	사용자 식별
2	device_id	VARCHAR	장비마다 부여된 고유 ID
3	reg_time	DATETIME	온도 값 업데이트 시간
4	tem_value	FLOAT	온실 내 온도 값(°C)
5	profile_tem_min	FLOAT	프로파일 정의 최솟값(°C)
6	profile_tem_max	FLOAT	프로파일 정의 최댓값(°C)
7	operation_state	VARCHAR	자동/수동(Manual/Auto) 상태

[표 2-341] 생육 프로파일 습도 DB

No	FieldName	DataType	Comment
1	user_id	VARCHAR	사용자 식별
2	device_id	VARCHAR	장비마다 부여된 고유 ID
3	reg_time	DATETIME	습도 값 업데이트 시간
4	hum_value	FLOAT	온실 내 습도 값(%)
5	profile_hum_min	FLOAT	프로파일 정의 최소값(%)
6	profile_hum_max	FLOAT	프로파일 정의 최대값(%)
7	operation_state	VARCHAR	자동/수동(Manual/Auto) 상태

[표 2-342] 생육 프로파일 이산화탄소 DB

No	FieldName	DataType	Comment
1	user_id	VARCHAR	사용자 식별
2	device_id	VARCHAR	장비마다 부여된 고유 ID
3	reg_time	DATETIME	이산화탄소 값 업데이트 시간
4	co2_value	FLOAT	온실 내 이산화탄소 값(%)
5	profile_co2_min	FLOAT	프로파일 정의 최소값(%)
6	profile_co2_max	FLOAT	프로파일 정의 최대값(%)
7	operation_state	VARCHAR	자동/수동(Manual/Auto) 상태

[표 2-343] 생육 프로파일 양액 DB

No	FieldName	DataType	Comment
1	user_id	VARCHAR	사용자 식별
2	device_id	VARCHAR	장비마다 부여된 고유 ID
3	reg_time	DATETIME	양액 값 업데이트 시간
4	EC_value	FLOAT	온실 내 양액 값
5	profile_EC	FLOAT	최적 양액조성비
6	operation_state	VARCHAR	자동/수동(Manual/Auto) 상태

나. 허브 식물(바질)의 생육 프로파일 구축

- 바질의 생육단계는 파종, 성장, 수확의 순서로 이루어지며, 그 각 단계별 생육 기간을 정의하였음
- 바질의 온도 프로파일을 파종과 성장 시기 각각의 최저 온도(profile_tem_min)와 최대 온도(profile_tem_max)값으로 정의하였음
- 바질의 습도 프로파일을 파종과 성장시기의 최저 습도(profile_hum_min)와 최대 습도(profile_hum_max)값으로 정의하였음
- 바질의 이산화탄소 프로파일을 파종과 성장시기의 최저 이산화탄소(profile_co2_min)와 최대 이산화탄소(profile_co2_max)값으로 정의하였음
- 바질의 최적 양액조성비(profile_EC)는 1.24mS/cm으로 정의하였음

[표 2-344] 바질의 생육기간

품종명	발아기간 (파종~모종)	모종생육기간 (모종~성숙, 개화)	수확 및 판매기간 (성숙, 개화 후)	전체생육기간 (파종~수확)
바질 (Basil)	5~10일	8주	5주	15주

[표 2-345] 바질의 온도 프로파일

시기	생육 최저 온도 (profile_tem_min)	생육 최대 온도 (profile_tem_max)
파종	20°C	30°C
생장	20°C	30°C

[표 2-346] 바질의 습도 프로파일

시기	생육 최저 습도 (profile_hum_min)	생육 최대 습도 (profile_hum_max)
파종, 생장	40%	60%

[표 2-347] 민트의 CO2 프로파일

시기	생육 최저 CO2 (profile_co2_min)	생육 최대 CO2 (profile_co2_max)
파종, 생장	380ppm	450ppm

3.5. 스마트팜 환경 모니터링 및 제어를 위한 H/W (장비구조) 및 S/W (구성) DB 구축

(1) 개요

- 스마트팜 환경 모니터링을 통해 온실 내 환경을 측정하고 작물별 적절한 환경을 제공하기 위해 제어하는 장비의 구조를 정의하고, 머신러닝을 통한 작물 생육 정보 추정 및 시장 가격 예측 구성을 정의하고자 함

(2) 접근방법

- 스마트팜 환경 모니터링 및 제어를 위한 장비 구조는 장비를 연결하는 보드를 바탕으로 그 쓰임새별로 크게 구동보드, 센서보드, 기상보드, 카메라 보드로 나누어 level 1, level 2, level 3을 각각 Board ID, 장비(센서) 항목, Device ID로 구분하여 나타내고자 하였음. S/W(구성)은 머신러닝 플랫폼을 적용하여 작물의 생육 단계 측정 및 시장 가격 예측을 위한 구성 요소를 정의하고자 하였음

(3) 연구내용

가. 보드(Board)의 구성 항목 설계

- 구동보드는 온실 내 환경 및 작물 생육을 제어하기 위해 필요한 장비를 연결하는 보드이며, 센서보드는 온실 내 환경 및 작물 생육에 대한 정보를 측정하기 위해 필요한 장비를 연결하는 보드이고, 기상보드는 온실 밖 기상을 직접 센서를 이용해 그 값을 측정하기 위하여 기상센서를 연결하는 것임.

- 카메라보드는 작물의 생육시기를 측정하여 온실을 제어하기 위해 작물의 사진을 주기적으로 취득하는 카메라를 연결하는 보드이며, 온실 내 작물의 생육시기를 측정하기 위한 것으로 센서보드 ID를 부여함
- 각 보드는 level 1, level 2, level 3으로 구분하여 level 1에는 각각의 장비에 부여 가능한 Board ID를 정의하였고, level 2는 보드에 연결할 장비의 항목, 최대 연결 가능 개수를 정의하였음. level 3은 각 장비별 부여 가능한 Device ID를 정의함

나. 머신러닝 적용 DB 설계

- 스마트팜 머신러닝 적용 플랫폼을 개발하기 위해 필요한 카메라 등의 계측정보, 온실 내 설치된 카메라를 통해 주기적으로 취득한 사진을 통해 생육시기를 측정하기 위한 생육측정모델 및 분석 결과 정보, 시장 가격을 예측하기 위한 시장 가격 수집 및 분석 정보, 외부기상정보 등 각 항목별 테이블을 정의함

(4) 연구내용

가. 보드(Board)의 구성 항목 구축

- 구동보드의 level 1에는 1-1000까지의 ID가 부여 가능하며, level 2에는 구동보드에 연결할 장비의 항목, 최대 연결 가능 개수를 정의하였으며, level 3에는 각 장비별 부여 가능한 Device ID를 정의하였고, 정의된 장비를 사용 중에 추가 가능한 형태로 만들기 위하여 Device ID를 2000까지 부여하여 아래 표와 같음
- 구동보드의 각 장비별 내용은 아래 표와 같이 정의하였음

[표 2-348] 구동보드의 Board ID, 연결 가능 장비, Device ID 정의

Level 1	Level 2			Level 3
Board ID	alias	항목	개수	Device ID
1 - 1000	Ac_motor	AC 모터	50	1 - 50
	Dc_motor	DC 모터	200	51 - 250
	Air_Circulation	유동팬	50	251 - 300
	Water_Pump	관수펌프	100	301 - 400
	Water_Valve	관수밸브	100	401 - 500
	CO2	CO2 발생기	50	501 - 550
	Nutrient	양액기	50	551 - 600
	Cooling	냉방기	50	601 - 650
	Heating	난방기	50	651 - 700
	Power_Generator	발전기	50	701 - 750
	Hit_Pump	히트펌프	50	751 - 800
	Carrying_Robot	운반로봇	50	801 - 850
	Harvesting_Robot	수확로봇	50	851 - 900
	Sowing_Robot	파종로봇	50	901 - 950
	Automation	자동화시설	50	951 - 1000
	reserved		1100	1001 - 2000

[표 2-349] 구동보드 구성제어 리스트

항목	내용
AC 모터	창 제어 모터로 창을 열고 닫는 데 이용함
DC 모터	
유동팬	온실 내 중앙 순환을 도와 모든 공간을 균일하게 함
관수펌프	관수를 위한 장비에 해당하며 이를 이용하여 작물의 생육기 동안에 필요량의 양분, 물 제공함
관수밸브	
CO2 발생기	작물의 광합성 작용에 필요한 CO2가 부족할 때, CO2를 인위적으로 제공함
양액기	작물에 제공할 양액의 농도를 맞춰 작물에 제공함
냉방기	온실 내 온도를 제어할 때 온도가 프로파일에 정의된 온도보다 높은 경우 가동하여 온도를 낮춤
난방기	온실 내 온도를 제어할 때 온도가 프로파일에 정의된 온도보다 낮은 경우 가동하여 온도를 낮춤
발전기	온실 내 자가발전을 위해 사용함
히트펌프	난방기와 같은 기능으로 온도를 낮추는 데 이용함
운반로봇	수확 로봇을 통해 수확한 작물을 운반하는데 이용함
수확로봇	작물을 수확하기 위해 이용함
파종로봇	작물을 심기 위해 씨앗을 심는 로봇을 이용함
자동화시설	컨베이어 벨트와 같은 장비를 제어함

- 센서보드의 level 1에는 1000 - 1100까지의 Board ID가 부여 가능하며, level 2에는 센서보드에 연결 가능한 센서 및 장비의 항목, 최대 연결 가능 개수를 정의하였고, level 3에는 각 센서별 부여 가능한 Device ID를 정의하였으며, 정의된 센서를 온실에서 사용 중에 추가 가능한 형태로 만들기 위해 Device ID를 2001 - 4000까지 부여하였으며 이는 reserved에 해당함.
- 센서보드의 구성항목은 표 14와 같이 정의하였으며, level 2의 alias 중 이산화탄소를 의미하는 CO2 는 위첨자를 쓰지 않음
- 센서보드의 각 장비별 내용은 표 15와 같이 정의하였음

[표 2-350] 센서보드의 Board ID, 연결 가능 장비, Device ID 정의

Level 1	Level 2			Level 3
Board ID	alias	항목	개수	Device ID
1000 - 1100	Temperature	온도	50	2001 - 2050
	Humidity	습도	50	2051 - 2100
	CO2	CO2	50	2101 - 2150
	EC	EC	50	2151 - 2200
	PH	PH	50	2201 - 2250
	Soil_Temp	토양 온도	50	2251 - 2300
	Soil_Humid	토양 습도	50	2301 - 2350
	Soil_Nutrient	토양 양분	50	2351 - 2400
	Fine_Dust	미세먼지	25	2401 - 2425
	Ultrafine_Dust	초미세먼지	25	2426 - 2450
	Water_Tank_Level	저수조 수위	25	2451 - 2475
	Flux	유량	25	2476 - 2500
	Flow_rate	유속	25	2501 - 2525
	Nutrient	양액기	50	2526 - 2575

Level 1	Level 2			Level 3
	Cooling	냉방기	50	2576 - 2625
	Heating	난방기	50	2626 - 2675
	Power_Generator	발전기	50	2676 - 2725
	Heat_Storage	축열조	10	2726 - 2725
	Hit_Pump_Sensor	히트펌프	50	2736 - 2785
	Carrying_Sensor	운반 로봇	50	2786 - 2835
	Harvesting_Sensor	수확 로봇	50	2836 - 2885
	Sowing_Sensor	파종 로봇	50	2886 - 2935
	Auto_Sensor	자동화 시설	50	2936 - 2985
		reserved	1014	2986 - 4000

[표 2-351] 센서보드 구성제어 리스트

항목	내용
온도	온실 내 온도를 측정하기 위해 다수의 온도 측정 센서를 설치하여 온실 내 온도 평균 및 각각의 온도 값을 측정하고자 함
습도	온실 내 습도를 측정하기 위해 다수의 습도 측정 센서를 설치하여 온실 내 습도 평균 및 각각의 습도 값을 측정하고자 함
CO2	온실 내 이산화탄소를 측정하기 위해 다수의 이산화탄소 측정 센서를 설치하여 온실 내 이산화탄소 평균 및 각각의 이산화탄소 값을 측정하고자 함
EC	작물에 제공할 양액의 농도(EC)와 pH의 값을 측정함
PH	
토양 온도	온실 내 설치된 토양온도센서를 통해 토양의 온도 값을 측정하고자 함
토양 습도	온실 내 설치된 토양습도센서를 통해 토양의 습도 값을 측정하고자 함
토양 양분	온실 내 설치된 토양양분센서를 통해 토양의 양분 값을 측정하고자 함
미세먼지	미세먼지 측정 센서를 통해 온실 내 미세먼지, 초미세먼지 값을 측정하고자 함
초미세먼지	
저수조 수위	저수조 수위를 측정하는 센서이며, 가동 중인 장비, 센서를 표현하는 것이 불가능 하므로 저수위 값을 보여줌
유량	양액과 물을 작물에 제공할 때 유량과 유속을 측정함
유속	

- 기상보드의 level 1에는 Board ID가 1100 - 1110까지 부여 가능하며, level 2는 기상보드에 연결 가능한 기상센서 및 연결 가능 개수를 정의하였고, level 3은 각 센서별 부여 가능한 Device ID를 정의하였으며, 정의된 센서를 온실에서 사용 중에 추가 가능한 형태로 만들기 위하여 Device ID를 4001 - 5000까지 부여하였으며 이는 reserved에 해당함
- 센서보드의 구성항목 및 장비별 제어 내용은 아래 표와 같이 정의함

[표 2-352] 기상보드의 Board ID, 연결 가능 장비, Device ID 정의

Level 1	Level 2			Level 3
Board ID	alias	항목	개수	Device ID
1100 - 1110	Wind_Direction	풍향	1	4001
	Wind_Speed	풍속	1	4002
	Extern_Temp	외부온도	1	4003
	Extern_Humid	외부습도	1	4004
	Precipitation	강수량	1	4005
	Irradiation	일사량	1	4006
		researved		994

[표 2-353] 기상보드 구성제어 리스트

항목	내용
풍향	온실 외부에 기상을 측정할 수 있는 센서를 설치하여 풍향, 풍속, 온도, 습도, 강수량, 일사량을 측정함
풍속	
외부온도	
외부습도	
강수량	
일사량	

[표 2-354] 보드(board) 구성 항목 DB

No	FieldName	DataType	Comment
1	board_type	VARCHAR	보드 유형 구분
2	board_id	INT	보드마다 부여된 고유 ID
3	device_id	INT	장비마다 부여된 고유 ID
4	device_category	VARCHAR	해당 장비의 명칭
5	farm_id	INT	농장 식별
6	house_id	INT	온실 식별
7	area_id	INT	구역 식별

나. 머신러닝 적용 DB 설계

- 계측정보 그룹은 온실에서 키우는 작물의 이름과 같은 정보를 정의하고, 온실에 구역을 나누어 구역별 카메라를 설치하는 것으로 설계하여 취득한 이미지의 카메라 및 구역 정보, 이미지를 취득한 시간 정보를 포함함. 다수의 농장 및 온실과 구역을 보유하는 경우 구분하기 위하여 농장정보와 하우스도 포함하여 표 18과 같이 설계함

[표 2-355] 계측정보 DB

No	FieldName	DataType	Comment
1	crop_id	INT	작물 종류 식별
2	device_id	INT	카메라 장비의 식별
3	cam_image	VARCHAR	카메라를 통해 취득한 이미지의 DB 저장 경로
4	reg_time	DATETIME	카메라 장비를 통한 이미지 취득 날짜
5	farm_id	INT	농장 식별
6	house_id	INT	온실 식별
7	area_id	INT	구역 식별

- 학습을 위한 데이터 그룹은 작물의 생육시기를 측정하기 위한 모델을 생성하고, 주기적으로 모델의 학습이미지를 추가하여 모델의 측정 정확도를 높이기 위해 농장에서 취득한 이미지의 정보 데이터를 구축함

[표 2-356] 학습을 위한 데이터 DB

No	FieldName	DataType	Comment
1	crop_id	INT	작물 종류 식별
2	train_data	VARCHAR	학습을 위한 데이터가 저장된 경로
3	model_fig	VARCHAR	학습 모델이 저장된 경로

- 이미지 분석정보 그룹은 온실에서 취득한 이미지를 머신러닝 모델에 적용하여 얻은 결과를 저장함. 과실의 성숙도를 결과로 표시하기 위해 3단계의 파종, 생장, 수확의 값을 전체 과실에 대비하여 %로 나타냄. 작물의 결과를 농장, 온실, 구역별로 분류하기 위하여 농장, 온실, 구역정보를 포함함

[표 2-357] 이미지 분석정보 DB

No	FieldName	DataType	Comment
1	crop_id	INT	작물 종류 식별
2	result_seed	INT	파종 단계 추론 결과 정확도
3	result_growth	INT	생장 단계 추론 결과 정확도
4	result_harvest	INT	수확 단계 추론 결과 정확도
5	reg_time	DATETIME	결과가 도출된 시간
6	farm_id	INT	농장 식별
7	house_id	INT	온실 식별
8	area_id	INT	구역 식별

- 시장 가격 정보 분석 그룹은 작물별 시장가격을 예측하여 수확기의 시장가격을 파악하고 작물의 생육을 당기거나 늦추기 위해 작성함. 일자별 자료를 제공하기 위해 시간 정보를 포함하였고, 지역별 시장가격을 제공하기 위해 지역 정보를 추가함

[표 2-358] 시장 가격 정보 분석 DB

No	FieldName	DataType	Comment
1	crop_id	INT	작물 종류 식별
2	reg_time	DATETIME	시장 가격 예측된 날짜
3	price_prediction	INT	해당 날짜의 시장 가격 예측
4	local_market	VARCHAR	지역별 시장 가격정보 제공

- 시장 가격 정보 수집 그룹은 표 11의 시장 가격 정보 분석 그룹에서 시장 가격을 예측하기 위한 기초 자료로 과거 시장별 시장 가격 정보를 저장하고, 현재의 시장 가격도 저장하기 위해 작성됨. 해당 날짜의 시장별 가격을 저장하기 위해 시간 정보와 시장 정보, 그에 따른 시장 가격 정보를 저장함

[표 2-359] 시장 가격 정보 수집 DB

No	FieldName	DataType	Comment
1	crop_id	INT	작물 종류 식별
2	reg_time	DATETIME	시장 가격 정보의 해당 날짜
3	market	VARCHAR	시장 정보
4	market_price	INT	해당 시장의 가격 정보

- 외부 기상 정보 수집 그룹 은 표 42의 시장 가격 정보 수집 그룹에서 수집한 시장 가격과 외부 기상 정보를 이용하여 시장 가격 정보를 예측하기 위해 수집함. 시장 가격이 지역별로 제공하도록 설계하였으므로 기상 정보도 지역별로 수집하기 위해 지역정보를 비롯하여 기온, 강수량, 일사량, 습도 등을 포함함

[표 2-360] 외부 기상 정보 수집 DB

No	FieldName	DataType	Comment
1	local	VARCHAR	지역 분류
2	reg_time	DATETIME	해당 날짜의 기상 정보
3	tem_data	FLOAT	해당 지역의 해당 날짜의 기온 정보
4	precipitation_data	FLOAT	해당 지역의 해당 날짜의 강수량 정보
5	solar_data	FLOAT	해당 지역의 해당 날짜의 일사량 정보
6	humidity_data	FLOAT	해당 지역의 해당 날짜의 습도 정보

3.6. 스마트팜 환경 모니터링 및 제어를 위한 GUI 설계 및 구현

(1) 개요

- 스마트팜 환경 모니터링과 그에 따른 제어를 할 경우 사용자가 확인이 가능해야 하며, 사용자가 확인 후 제어를 수정도 가능해야 하므로 GUI 설계를 하여 그 편의성을 높이고자 함

(2) 접근방법

- 사용자가 스마트팜 환경 모니터링 및 제어에 관한 정보를 확인하고 스스로 제어가능 하도록 하기 위해 각 기능별로 water care, energy care, automation care, farming care로 나누어 온실을 제어하고자 하였음

(3) 연구내용

- GUI 설계를 level 1, level 2, level 3로 나누어 설계하였으며 level 1은 water care, energy care, automation care, farming care의 제어 선택을 하는 화면으로 구성하였고, level 2는 선택한 제어의 제어 가능한 장비를 선택하는 화면으로 구성하였으며, level 3은 각 장비제어를 관리하는 화면으로 구성하여 설계하였음

(4) 연구결과

- GUI 화면 설계는 아래와 같이 설계하였음



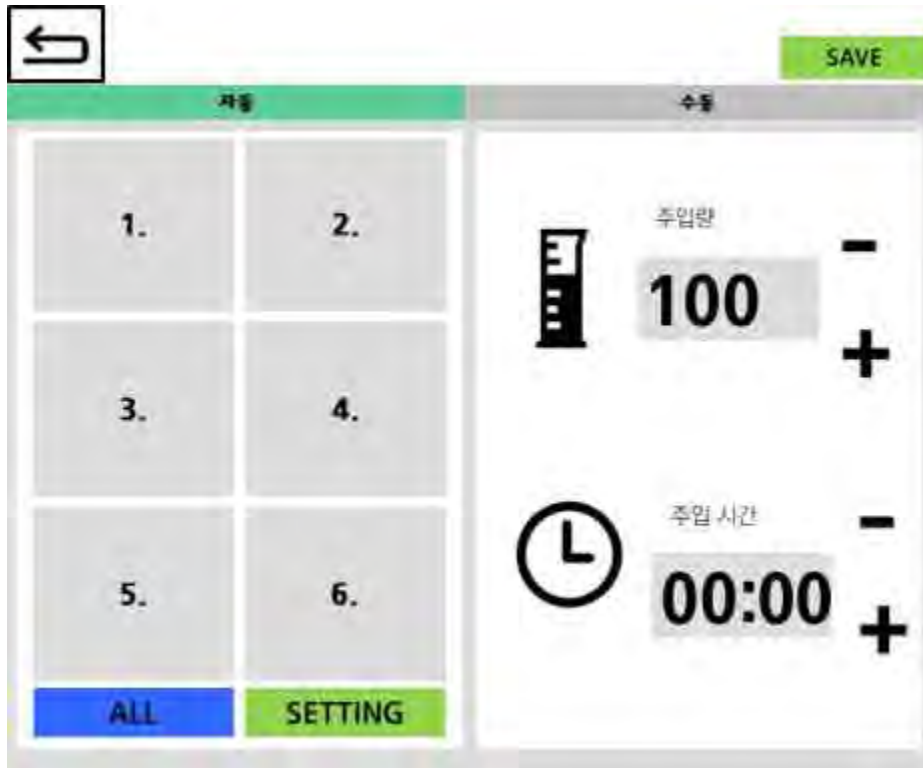
[그림 2-849] 제어 선택 화면



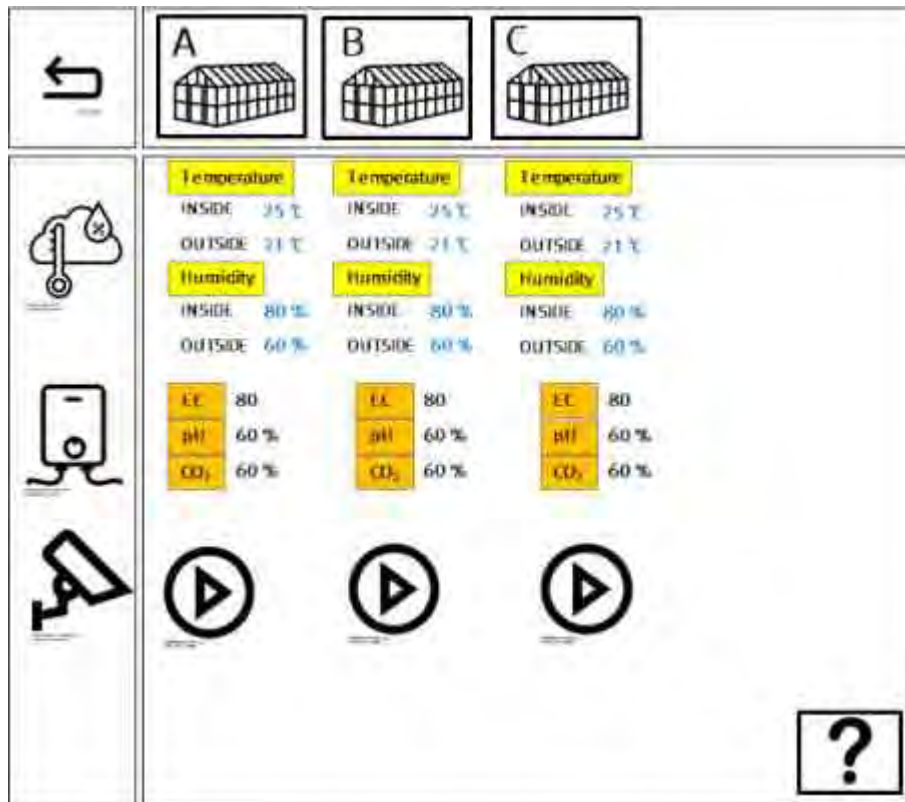
[그림 2-850] 제어 장비 선택 화면



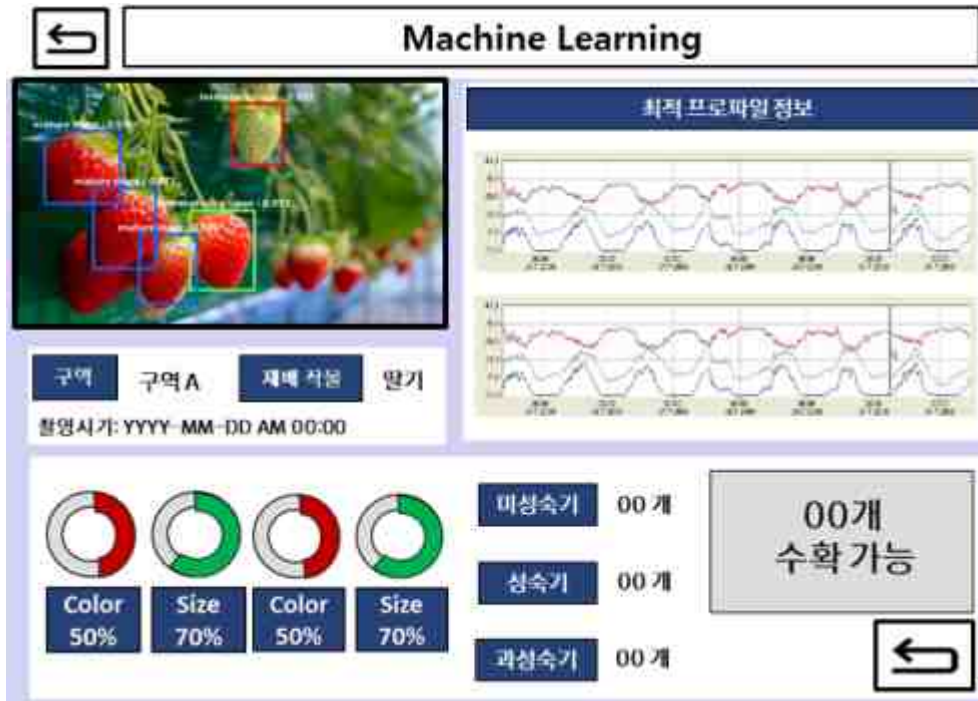
[그림 2-851] 장비 제어 관리 화면



[그림 2-852] 양액 제어 주입량, 주입시간 입력 화면



[그림 2-853] 온실별 온도, 습도, 양액, 이산화탄소 확인 화면



[그림 2-854] 머신러닝 플랫폼을 적용하여 수확가능량 예측 화면

3.7. 지능형 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 플랫폼 설계

(1) 개요

- 스마트팜 환경 모니터링을 통하여 온실을 자동으로 제어할 경우 장비를 제어하기 위한 알고리즘이 필요하게 되며 제어해야 할 항목과 제어 가능한 장비를 정의하여 알고리즘을 구축하고 자 하였음

(2) 접근방법

- 온실을 자동으로 제어하기 위해 제어할 항목을 프로파일에서 정의한 온도, 습도, 이산화탄소, 양액으로 정의하였으며 각 항목을 프로파일 값과 비교하여 높거나 낮추기 위한 장비를 정의하고 프로파일 값에 맞추기 위한 일련의 과정을 흐름도로 나타내어 설계하고자 함

(3) 연구내용

가. 온도 제어를 위한 제어패킷 설계

- 온도 제어를 위한 제어패킷은 생육 프로파일 범위(최소, 최대)에 벗어나 온실 내 온도가 높거나 낮은 경우 범위에 만족하도록 장비 등을 제어하는 알고리즘으로 정의함
- 온실 온도를 높일 수 있는 장비는 히트펌프(heat pump)와 난방기가 있으며, 우선 제어 순위는 난방기에 있음
- 온실 온도를 낮출 수 있는 장비는 환기(motor)와 냉방기가 있으며, 우선 제어 순위는 냉방기에 있음
- 장비 과부하를 고려하여 생육 프로파일에서 벗어난 범위가 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 이내인 경우는 제어하지 않으며, 장비를 제어(작동 중지)한 후 온도가 자연적으로 높아지도록 10분의 지연 시간을 추가함
- 장비의 가동이 불가능하거나 제어가 불가능한 경우 GUI 알람을 설정하여 사용자가 확인할 수 있음

나. 습도 제어를 위한 제어패킷 설계

- 습도 제어를 위한 제어패킷은 생육 프로파일 범위(최소, 최대)에 벗어나 온실 내 습도가 높거나 낮은 경우

범위에 만족하도록 장비 등을 제어하는 알고리즘으로 정의함

- 일반적으로 온실은 다습한 환경을 가지고 있으며 습도 제어는 적정 이상 습도가 높아지지 않도록 환기하는 것에 목적을 두고 있으므로 습도 제어가 가능한 장비는 환기(motor)로 정의함
- 온실 내 중앙 순환 및 온실 내 모든 구역의 동일한 환경 조성을 위해 유동팬은 항상 가동되어야 하며, 유동팬 가동이 불가능한 경우 GUI 알람을 하도록 설계함

나. 이산화탄소 제어를 위한 제어패킷 설계

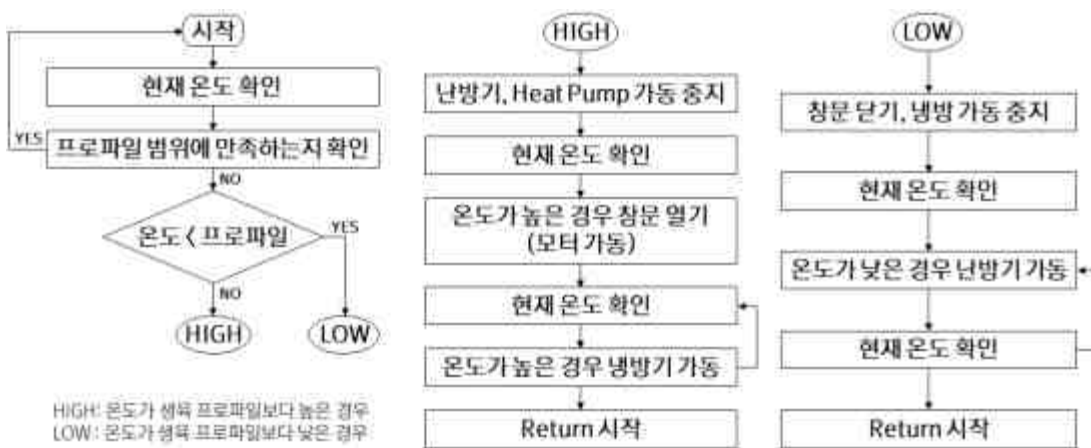
- 이산화탄소 제어를 위한 제어패킷은 생육 프로파일 범위(최소, 최대)에 벗어나 온실 내 이산화탄소 농도가 높거나 낮은 경우에 범위에 만족하도록 장비 등을 제어하는 알고리즘으로 정의함
- 이산화탄소 제어가 가능한 장비는 이산화탄소 발생기와 환기(motor)가 있으며, 이산화탄소 발생기는 이산화탄소 농도가 낮을 때 가동하고, 환기는 이산화탄소 농도가 높을 때 이루어짐
- 온실 내 이산화탄소 농도를 균일하게 유지하기 위해서는 유동팬이 가동되어야 하며 유동팬 가동이 불가능한 경우 GUI 알람을 하도록 설계함.
- 이산화탄소 제어를 위한 장비가 정상 작동되지 않아 제어가 불가능한 경우에는 사용자가 알람을 받을 수 있도록 설계함

다. 양액 제어를 위한 제어패킷 설계

- 양액 제어를 위한 제어패킷은 Mix Tank의 농도를 맞추는 것과 생육 프로파일 범위에 벗어나 온실 내 토양 EC, pH가 높거나 낮은 경우 범위에 만족하도록 밸브 등을 제어하는 알고리즘으로 정의함
- 양액 제어는 물(Raw water)을 주입하거나 양분(Nutrient)을 주입하여 농도를 맞추게 되며 Raw water는 Pump를 가동시켜야 Mix Tank에 물 주입이 가능함
- 작물에 Mix Tank의 양액을 제공하기 위해서는 System Pump를 먼저 가동하여 구역별 설치된 valve를 열어 모든 작물에 양액 제공을 함

(4) 연구결과

- 온도, 습도, 이산화탄소, 양액을 제어하기 위한 알고리즘을 아래 그림과 같이 프로파일보다 높을 때와 낮을 때를 구분하여 설계하였음



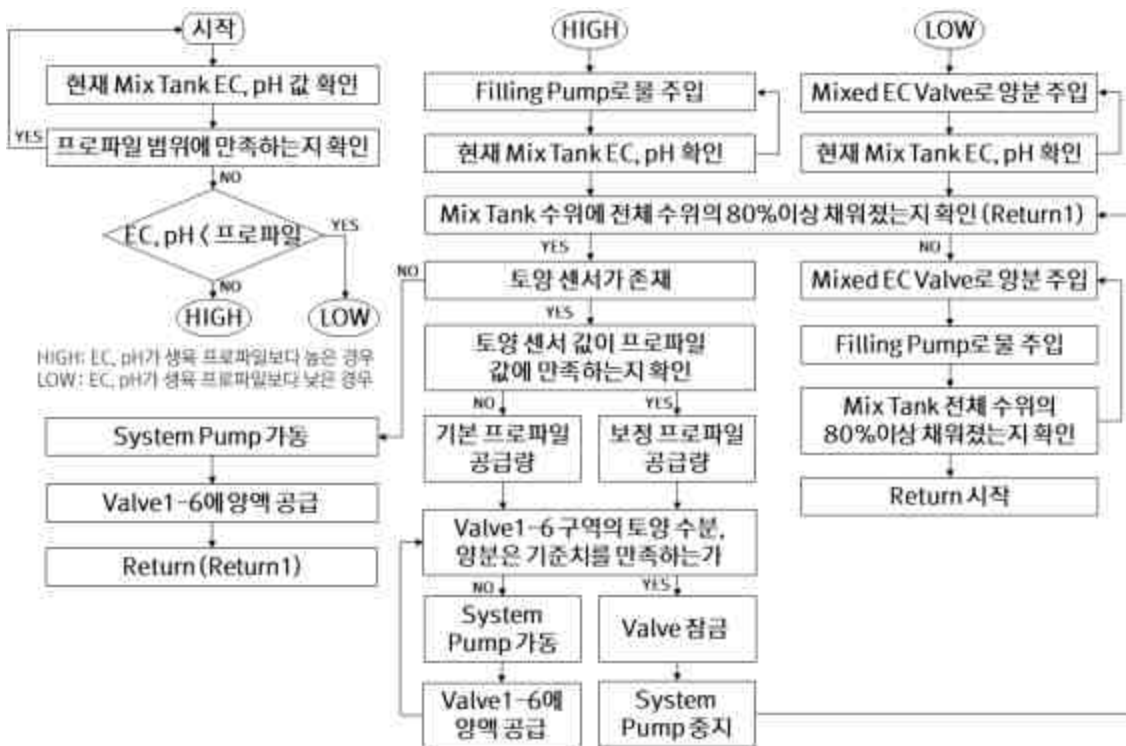
[그림 2-855] 온도 제어 알고리즘



[그림 2-856] 습도 제어 알고리즘



[그림 2-857] 이산화탄소 제어 알고리즘



[그림 2-858] 양액 제어 알고리즘

3.8. 우선 대상국 (중국, 러시아) 대상 지능형 스마트팜 GUI 설계 및 구현

(1) 개요

- 우선 대상국인 중국과 러시아의 스마트팜 동향을 조사하여 현재 중국과 러시아의 스마트 농업을 파악하고 그에 따른 편의성 도모 및 수출 가능한 GUI를 설계하고자 함

(2) 접근방법

- 우선 대상국인 중국과 러시아의 스마트 농업의 동향을 조사하여 기술 발전의 정도, 개발 중인 기술 등을 파악하여 적절한 GUI를 설계하고자 함

(3) 연구내용

가. 중국의 스마트 농업 동향 조사

- 중국은 현재 농민 노동력 감소 고령화 등 현안에 대한 해결방안으로, 농업 현대화를 위해 농기계 등 정부 지원정책을 추진하고 있고, 각종 농업 현대화 시범사업을 추진하고 있는 중임
- 스마트농업은 중국의 농촌 정보화를 통해 구축돼온 인프라를 활용 혹은 확대해, 전통농업의 한계를 규모화 집적화 시스템화해 최적화된 농업 생산·유통·소비 시스템을 구축하기 위한 방안임
- 중국 농업이 필수적으로 나아가야 할 분야로서 스마트농업의 중요성이 커짐. 발전 잠재력이 큰 분야이면서 동시에 아직 초보단계인 관계로, IT기술과 응용 솔루션, 설비장비 공급, 농기계, 농업용 로봇, 전세 시스템 운영경험과 노하우 등에 있어서 우리 국내기업에 비즈니스 기회를 제공할 것으로 보임
- 중국 농업은 국내기업의 주요 개척 대상산업으로, 내륙 지역별 현황과 소비자에 대한 분석, 성별 농업박람회 참가 혹은 탐색 등을 통한 개별적 진출전략 수립이 필요할 것으로 보임
- 중국의 경우 대규모로 스마트팜 시설을 보급하고 있어 우리 기술 및 자재가 수출될 수 있는 방안이 필요함

나. 러시아의 스마트 농업 동향 조사

- 러시아는 2015년부터 서방 농산물 수입을 제재하였고, 이는 러시아 기업의 자생력 강화로 이어져 급속도로 농업이 발전함
- 2017년 러시아의 온실 총 면적은 전년대비 200헥타르 이상 증가한 2,600 헥타르였으며, 2020년까지 약 3,200 헥타르로 확대될 것으로 전망됨. 또한 러시아 온실 협회에 따르면 2017년 러시아 온실에서 93만톤의 작물이 수확됨
- 러시아 온실에서 가장 많이 재배하는 작물은 오이(66%), 토마토(31%)로 3-11월의 러시아 오이 자급률은 90-95%이지만 그 외의 기간에는 50% 이상 수입에 의존하며, 토마토는 제철이 아닌 시기에 75-80% 수입에 의존함
- 러시아 쿠반은 러시아 내 온실 농업이 가장 활성화된 지역으로 230헥타르의 온실이 구축되어 있음. 그 중 마그니트의 자회사인 그린 라인이 83 헥타르의 온실을 쿠반에서 운영 중이고 이 온실은 오이 재배에 사용되고 있음
- 러시아 스마트 농업 기기는 크게 무인 트랙터, 드론, 무인 조종을 위한 네비게이션 및 통신 장비 확충에 집중됨. 무인 트랙터, 수확기 외에도 기계 학습, 인공 지능, 블록 체인, 개방형 데이터 등이 응용된 스마트 농업 분야가 있으나, 러시아는 현재 장비 측면에 편중되어 있음.
- 러시아 내 스마트팜 관련 투자는 현재 기계 장비 구축 및 확충에 집중되어 있고, IoT 등의 소프트웨어 측면은 정부 주도로 진행되고 있음
- 무인 농업 기계에 대한 투자로 무인 트랙터, 무인 수확기 등의 기계에 사용되는 네비게이션 및 작동 제어

시스템 개발이 활성화되어 있음

- 스마트팜 구축 핵심 제품 중 하나는 드론으로 이는 B-pla사에서 노보시비르크 지역을 중심으로 토지 측량 등 농업 및 도로, 수로 인프라 구축되는 드론을 2년간 테스트 운영하는 등 운영단계에 있음
- 농업 클라우드 등의 농업 분야 사물인터넷(IoTAg)은 2016년 러시아의 IoT 프로젝트 중 6%를 차지하고 있으며, ISBC 그룹은 젤레노그라드 지역에서 RFID(스마트 태그) 기술을 스마트 팜에 접목하여 테스트하였으며, Strizh Telematics사는 농업 원격 제어 및 감시 시스템을 개발하여 벨고로드 지역에서 테스트함
- 장기적인 관점에서 IoT, 블록체인 등의 기술이 러시아 농업에 도입될 전망이나 현재까지는 미성숙한 상태임. 중단기적인 관점에서 드론, 무인 농업 기계 등에 대한 우리 기업의 수출이 유망할 것으로 파악됨
- 2035 국가 기술 이행 정책에 따라 스마트 농업 분야에 대한 투자는 지속 증가할 것으로 보이나 러시아 수입대체화 정책과 정부 지원 효과에 따라 농기구 생산 기업에 대한 보조금 등으로 우리 기업은 가격 경쟁력에서 밀릴 수 있어, 현지합작 투자 진출을 고려해볼 만 함

(4) 연구결과

가. 중국 대상 GUI 설계

- 중국을 대상으로 지능형 스마트팜 GUI를 로그인 화면, 홈 화면, 제어 화면으로 구성하여 설계하고자 하였음
- GUI 첫 화면은 사용자 로그인 화면으로 구성하였으며, 로그인 후에 홈 화면으로 이동할 수 있도록 설계하였음



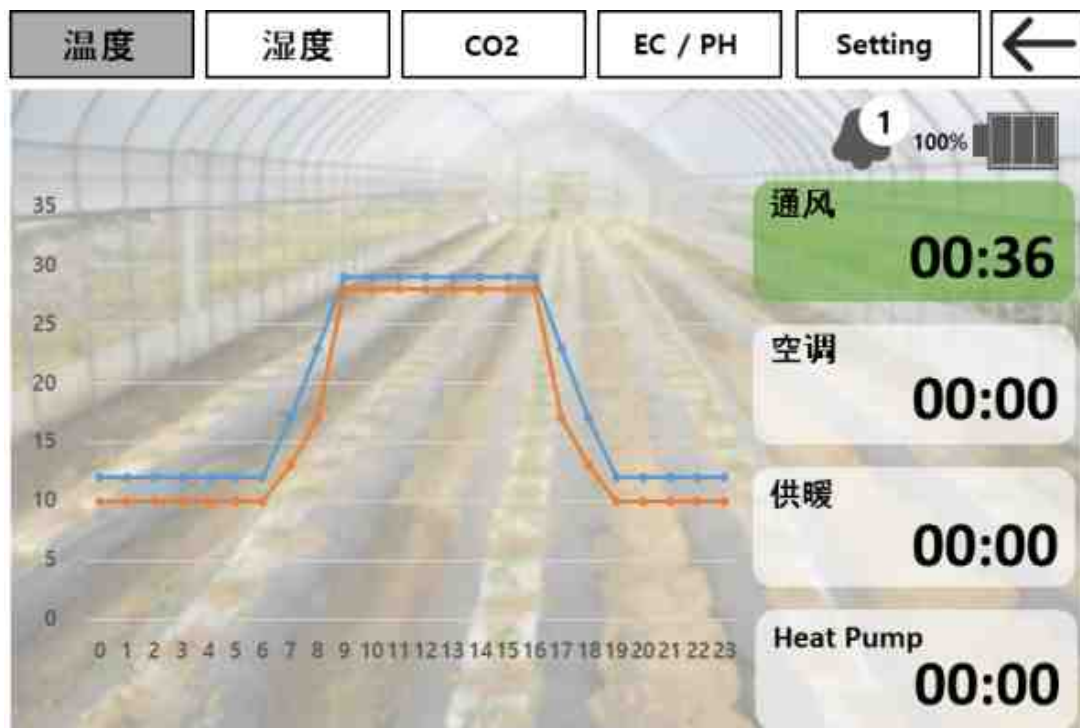
[그림 2-859] 중국 대상 GUI 로그인 화면 설계

- GUI 홈 화면은 그림 과 같이 설계하였으며, 각 온실을 선택할 수 있고 선택한 온실에 대한 온도, 습도, 이산화탄소, EC값을 확인할 수 있도록 설계하였음



[그림 2-860] 중국 대상 GUI 홈 화면 설계

- GUI 제어 화면은 상단 온도, 습도, 이산화탄소, 양액을 각각 선택하여 제어할 수 있도록 설계하였으며 온도를 선택할 경우 그림과 같이 프로파일 값과 측정 온도 그래프를 확인할 수 있고 이에 따른 장비가 우측에 가동 중인지 몇 시간 가동되고 있는지 확인가능 하도록 설계하였음



[그림 2-861] 중국 대상 GUI 제어화면 설계

3.9. 지능형 스마트팜 환경 모니터링 및 제어를 위한 H/W, S/W, GUI의 시범 단지 실증

(1) 개요

- 구축한 H/W, S/W와 설계된 GUI를 시범 단지에 구축하여 그 효율성과 개선되어야 할 사항을 찾고자 함

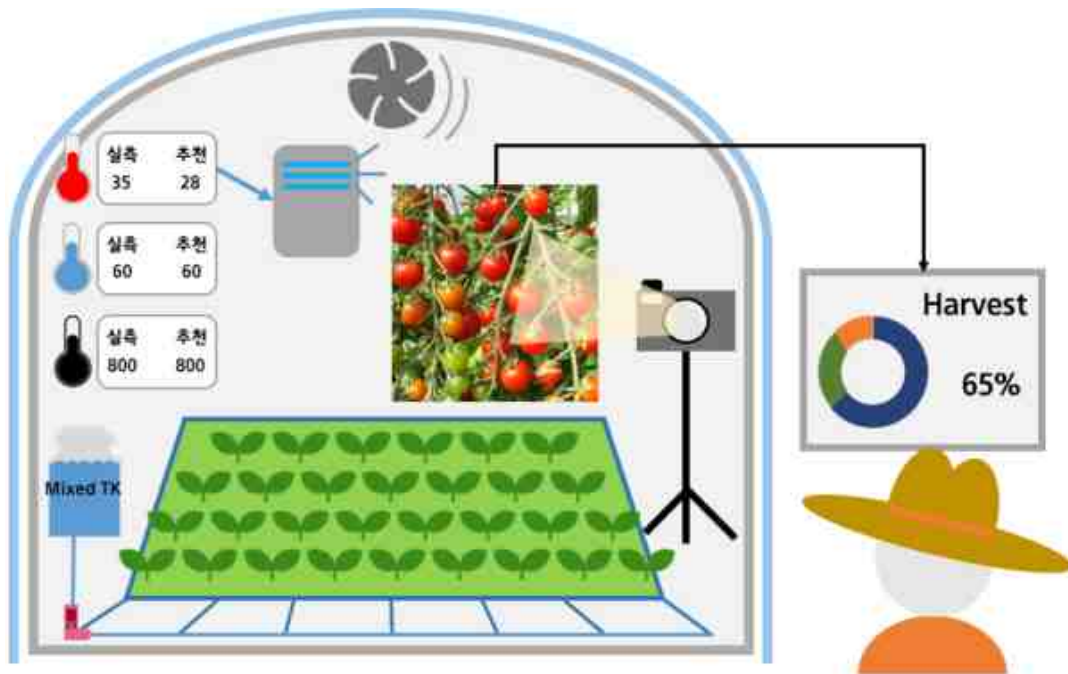
(2) 접근방법

- 시범단지 실증 전 발생 가능한 문제점을 파악하고 그 보완방법을 찾고자 함

(2) 연구내용

가. 실증 시 발생 가능한 문제점과 보완 방법

- 현재까지 설계된 S/W (구성)와 그에 따른 H/W (장비구조)를 그림 38과 같이 간략하게 나타내 보았음. 센서를 통해 온실 내 환경에 대해 실측한 값을 통해 정의된 프로파일 값과 비교하여 그림 15의 실측 온도 값이 프로파일(추천) 값보다 높을 때 냉방기를 가동하는 등 작물 생육에 적절한 환경을 자동으로 제공하고자 함. 온실에 설치된 카메라는 주기적으로 작물 이미지를 찍어 작물의 성숙도를 학습한 모델에 적용하여 그 결과를 사용자에게 제공하고자 함



[그림 2-862] 현재 설계된 스마트팜 환경 모니터링 제어를 위한 구성 예시

- 현재 작물의 성숙도를 학습한 모델은 위 그림 과 같이 선명하고, 색구분이 뚜렷한 이미지로 학습이 되어있음. 그러나 (2)의 실제 하우스에서 취득한 이미지는 색 구분이 뚜렷하지 않고, 작물이 (1)의 학습데이터보다 작게 보이며, 카메라 가까이에 위치한 작물은 잎과 색이 크게 다르지 않은 특징을 가지고 있음. 작물의 성숙도를 착색도에 따라 클래스를 분류하고 그에 알맞은 착색이 선명한 작물의 이미지 데이터로 학습된 모델을 구축하였기 때문에 현재 구축된 모델은 실제 농가에서 취득한 이미지에서 결과를 얻기 어려울 것으로 보임

(4) 연구결과

- 사진과 같은 데이터로 성숙도 및 수확기 결과를 얻기 위해서는 현재 구축된 모델에 실제 농가에서 취득한 이미지로 학습 데이터를 추가해야 할 것으로 보임. 머신러닝 모델은 같은 학습할 물체 혹은 이미지에 대해 사진을 자르는 등 여러 특징을 제공하면 해당 물체에 대한 인식 정확도를 높일 수 있음. 따라서 현재 구축된 모델을 실증하기 위해서는 우선 구축된 모델에 실제 농가의 작물 이미지를 학습데이터로 추가하여 학습해야 할 것으로 보임



[그림 2-863] 실증 시 발생 가능한 문제점과 보완 방법

제8절. 스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 사업화 운영

3-1 세부

[이수화학] 스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 사업화 운영

1. 최종목표

구분 (연도)	세부과제명	구분	내용
1, 2차 년도	스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 사업화 운영	최종목표	- K-Plant 공유형 체인화 모델 수출 및 국가별 가공 유통 프로세스 구축 지원
		세부목표	- K-Plant 지원사업 추진대상국 선정 및 스마트팜 수출 채널 구축 - 해외 K-Plant 실증단지 구축 및 마케팅 - K-Plant 공유형 체인화 모델 수출 및 국가별 가공 유통 프로세스 구축 지원 - K-Plant 공유형 체인화 모델 운영 및 보완 - 스마트팜 수출 체인화 모델 확대 구축
3차 년도	스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 사업화	최종목표	- K-Plant 공유형 체인화 모델 수출 및 국가별 가공 유통 프로세스 구축 지원
		세부목표	- K-Plant 지원사업 추진대상국 선정 및 스마트팜 수출 채널 구축 - 해외 K-Plant 실증단지 구축 및 마케팅 - K-Plant 공유형 체인화 모델 수출 및 국가별 가공 유통 프로세스 구축 지원 - K-Plant 공유형 체인화 모델 운영 및 보완 - 스마트팜 수출 체인화 모델 확대 구축
4차 년도	스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 사업화	최종목표	- K-Plant 공유형 체인화 모델 운영 및 보완
		세부목표	- K-Plant 공유형 체인화 모델 운영 - 국내 검증된 스마트팜 기술의 해외시장 적용 및 지역별 특성에 따른 적정운영, 보완 마련
5차 년도	스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 사업화	최종목표	○스마트팜 수출 체인화 모델 확대 구축
		세부목표	○현지 관련기관과의 협력 네트워크 구축을 통한 향후 발주사업 참여 기반 조성 및 인근 국 가로의수출을 위한 거점화 방안 수립 ○기술 중장기 확대 전략 수립 . 대륙별/국가별 등 지역별 맞춤형 기술개발(적정수준, 적정기술) . 스마트팜 거점국가 구축(현지화)을 위한 방안 수립

2. 목표 및 결과

구분	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
1차 년도	스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 사업화 운영	K-Plant 지원사업 추진대상국 선정 및 스마트팜 수출 채널 구축	○대상지역 스마트팜 현황분석 (SOC, 법적/제도적, 국내 정부 정책방향, 현지 구축 인프라 등)	○1차 목표국 중국 선정 : 중국신장성 內 JV 설립 및 스마트팜 단지 구축 계약 체결 ○퓨처팜 비즈니스 모델 수립
			○시장 진입절차 분석 및 수출 채널 구축	○유통시장 조사 및 수출채널 확보 ○샘플온실 수출 통한 해외 테스트베드 구축

구분	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
			○관련 네트워크 구축	○중국 시설농업협회 ○북경 농업과학원 ○신장성 농업과학원
2차 년도	해외 실증단지 적지 선정 및 단지 구축	실증단지 적지 선정 및 단지 구축	○북경 농업과학원 내 농가보급형 시범온실 구축 - 농가보급형 K-Plant 실증단지로 활용 검토 가능	○한국형 농가보급 온실마케팅 채널 역할 - 북경 농과원 내 설치로 정부관계자 다수 견학 ○중국 시설원예학회 등 정부기관 네트워크 구축 ○한국형 장비에 대한 애로사항 확인
			○중국 서북부 지역(이닝) 스마트팜 단지 구축 중 - 기업형 K-Plant 실증단지 활용 가능	○중국 내 스마트팜 단지 사업화 위한 전단계 검증 - 부지, 시장조사, 정부인허가 등 ○현지 협력업체 네트워크 확보 - 한국 수출기업 진출 시 현지 협력파트너 필요
	K-Plant 마케팅 전략 수립	K-Plant 마케팅 전략 수립	○마케팅 추진 방향 설정 - 농가보급형 모델과 기업형 모델 구분한 수출전략 필요성 제시	○북경시 농업과학원 내 시범온실 지속적인 온실 자동화 및 재배 기술지도 ○농가보급형 온실 (K-Plant)에 대한 관심 확인 ○현 진행 중인 이닝 PJ 온실 기업형/규모화 - K-Plant의 실증 온실로 프로모션 예정
3차 년도	스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 사업화	K-Plant 공유형 체인화 모델 수출	○현지 생태계 분석 및 거버넌스 구축	○러시아, 카자흐스탄, 쿠웨이트 농 식품 현황 및 현지 생태계 분석을 통한 거버넌스 구축 방안 수립
			○플랜트 공유형 체인화 모델 수출	○플랜트 공유형 체인화 모델 개발 및 수출전략 수립
4차 년도	K-Plant 수출	K-Plant 공유형 체인화 모델 운영 및 보완	○K-Plant 공유형 체인화 모델 운영	○중국 이닝 지역에 5ha 규모의 벤 로형 유리온실 완공 ○방울토마토, 파프리카, 딸기 작물 에 대한 생산, 유통(고유 브랜드 제작) 판매 프로세스 구축 및 운영 /보완

구분	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
			<ul style="list-style-type: none"> ○국내 검증된 스마트팜 기술의 해외시장 적용 및 지역별 특성에 따른 적정운영. 보완 마련 	<ul style="list-style-type: none"> ○농업에 적용가능한 4차 산업혁명 핵심기술과 농업연계 방안 ○미래 스마트팜 기술과 농업의 현안문제 해결 지역 특성 맞춤형 스마트팜 적용모델 도출 ○지역 특성 맞춤형 스마트팜 적용모델의 타지역 전파 및 수출 방안
5차 년도	K-Plant 모델 확대 구축	스마트팜 수출 체인화 모델 확대 구축	<ul style="list-style-type: none"> ○현지 관련기관과의 협력 네트워크 구축을 통한 향후 발주사업 참여 기반 조성 및 인근 국가로의 수출을 위한 거점화 방안 수립 ○기술 중장기 확대 전략 수립 <ul style="list-style-type: none"> - 대륙별/국가별 등 지역별 맞춤형 기술개발(적정수준, 적정기술) - 스마트팜 거점국가 구축(현지화)을 위한 방안 수립 	<ul style="list-style-type: none"> ○중국 GAP 및 글로벌 GAP 인증서 획득 ○신장성 농업연구기관과의 MoU 체결 ○일대일로를 통한 중국 인근지역 수출 및 사업확대방안 제시 ○스마트팜 관련 전후방 산업 여건 변화 제시 ○맞춤형 스마트팜 모델 개발(안) 제시 ○국내 스마트팜 적용사례 및 시사점 도출을 통한 해외 적정 기술 및 거점국가구축을 방안 제시

3. 세부 연구결과

3.1. K-플랜트 지원사업 추진 대상국 선정 및 스마트팜 수출 채널 구축

3.1.1. K-Plant의 중국 수출전략

(1) 개요

- K-Plant 중국 수출을 위한 중국 농업현황 및 K-Plant 수출환경 조사를 통해
- 전략 과제를 도출하고 구체적인 실행 계획에 대한 연구를 진행하였음

(2) 접근방법

- 이닝 스마트팜 건설을 통해 중국 내 사업기반을 확보한 후, 현지 농가 교육/기술 전수를 통해 100ha 규모의 협력 농가를 확보함. 이와 별도로 해외 유희온실 개보수/위탁운영을 진행하며 국내 개발 중인 ICT Solution 및 온실자재를 활용하여 사업기반을 확장함. 성공적인 운영으로 인지도를 형성한 후, K-Plant 수출을 중국 전역으로 확장할 수 있음. 또한 과채류 유통사업에 진출하여 전후방 연관 산업으로 확장, 궁극적으로 스마트팜 'Total Solution Provider'로 자리매김함.

(2) 연구내용

- 중국의 농업 현황

가. 농업 개황

(1) 농업 규모

- 중국 1차 산업의 명목GDP 비중은 지속적으로 감소하고 있음.
- 지난 15년간 2·3차 산업의 실질GDP가 400% 이상 증가한 것에 비해 1차 산업은 82%가 증가함.
- 농림목축업의 총생산액은 매년 증가 중이나, 성장 폭은 감소세를 보임.

(2) 농업종사자

- 농촌인구는 2016년 기준 5.9억명으로 중국 전체 인구의 43% 수준
- 도시이주 인구가 많아지면서 중국의 농촌 노동력 감소세

(3) 주요 생산품목

- 곡물의 연간 식량생산량은 2017년 기준 6.2억톤으로 5년연속 6억톤을 초과함
- 생산비중은 옥수수(35%), 쌀(34%), 밀(21%)이 대부분
- 육류 생산량은 8,431만톤으로 완만하게 증가하는 추세

[표 2-361] 중국의 주요 곡물 생산량

단위 : 만 톤

구분	2014	2015	2017
옥수수	21,567	2,2453	21,589
벼	20,643	20,825	20,856
밀	12,617	13,019	12,977
기타	5,883	5,842	6,369
총계	60,710	62,144	61,791

출처 : 중국 국가통계국

나. 중국 주요 채소(토마토, 파프리카, 딸기)의 수급

(1) 토마토 생산 및 소비

- 최근 몇 년 동안 중국 토마토 파종 면적은 1,600만 묘 이상, 생산량은 5,600만 톤이 넘으며 소비량은 4,000만 톤 이상으로 안정적인 추세임.
- 토마토 도매가격은 겨울과 봄엔 높고 여름과 가을엔 낮아 전형적인 "U"형 추세를 보임.



[그림 2-864] 중국 토마토의 생산과 소비 변화

(2) 냉동/신선 토마토의 수출

- 지난 5년간 20년간 50만 톤을 유지하면서 안정적인 추세를 보이고 있음.
- 주요 수출국은 러시아, 홍콩, 카자흐스탄, 키르기스스탄 등이며 이들의 비중이 86% 이상을 차지함.
- FOB가격은 0.6-1달러 사이임.
- 2018년 토마토와 토마토 관련제품의 수출량은 110~120만 톤으로 예상됨.

나라	수량 (톤)	금액 (십만 달러)	가격 (달러/킬로그램)	수출량 비중 (%)
합계	181,796.7	1795.9	0.988	100.00%
러시아	80,752.5	746.1	0.924	44.42%
홍콩	66,443.3	817.9	1.231	36.55%
베트남	16,237.0	122.4	0.671	10.03%
카자흐스탄	9,474.8	89.1	0.941	5.21%
마카오	3,140.5	6.9	0.219	1.73%
몽골	2,947.5	6.9	0.234	1.62%
태국	364.3	2.4	0.646	0.20%
키르기스스탄	246.2	2.8	1.119	0.14%
기타	190.7	1.5	0.10%	



2018년 1-11월 토마토 제품 수출량 통계

	수량 (톤)	금액 (십만 달러)	가격 (달러/킬로그램)
합계	790,393.7	5,884.0	0.74
토마토캔	1,572.2	13.90	0.88
케첩	785,014.5	5746.3	0.73
기타 제품	3,906.9	121.82	3.20

[그림 2-865] 중국 토마토 국별 수출(수량, 금액)과 수출가격

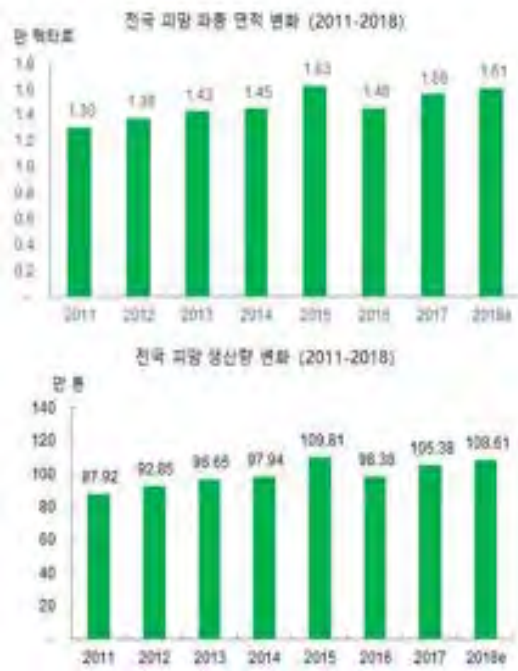
자료: 국가 세관

(3) 중국의 파프리카 생산과 소비 및 교역

- 2018년, 중국 파프리카 재배면적은 약 24만 묘, 생산량은 약 108만 톤; 국내 파프리카 소비량은 약 87만 톤으로 파프리카 전체 소비량의 약 2% 차지하고 있음.
- 파프리카 도매가격은 겨울과 봄엔 높고 여름과 가을엔 낮은 추세임.

(4) 파프리카 수출

- 러시아, 카자흐스탄, 키르기스스탄이 수출량의 50% 이상 차지하며 6-9월은 수출 비수기로 수출가격이 떨어짐.
- 러시아, 카자흐스탄, 키르기스스탄 3개국으로의 수출가격은 모두 평균 가격보다 높고 그중 카자흐스탄이 1.358달러/kg로 가장 높다



[그림 2-866] 중국의 파프리카 재배면적과 소비량 및 도매가격의 변화

[표 2-362] [파프리카 국별 수출 실적(2018년 1-11월)]

국가	수량 (톤)	금액 (십만 달러)	가격 (달러/Kg)	수출량 비중
합계	89,187.3	690.4	0.774	100.00%
러시아	44,811.1	402.1	0.897	50.24%
태국	20,552.3	130.4	0.634	23.04%
몽골	7,388.7	16.8	0.228	8.28%
카자흐스탄	4,222.7	57.4	1.358	4.73%
홍콩	4,151.5	21.9	0.527	4.65%
베트남	1,889.2	18.7	0.992	2.12%
대만 지역	1,872.6	13.7	0.733	2.10%
마카오	1,676.1	3.5	0.208	1.88%
말레이시아	1,357.3	13.7	1.008	1.52%
북한	391.9	2.4	0.606	0.44%
한국	264.0	1.4	0.546	0.30%
키르기스스탄	151.4	1.8	1.17	0.17%
기타	458.5	6.60		0.53%

중국 고추 수출 가격 변화 (2018.1-2018.11)



[그림 2-867] 고추의 수출가격 변화

(5) 딸기의 생산과 무역

- 2011년부터 2017년까지 딸기의 파종 면적과 생산량은 안정적으로 증가하고 무역량이 비교적 적은 편임.
 - 중국은 전 세계 딸기 생산과 소비 대국으로 세계 생산판매량의 40% 이상을 차지함.
 - 파종면적은 9.6만 헥타르에서 14만 헥타르로 증가
 - 생산량은 249만 톤에서 400만 톤 가까이 증가(연평균 6~7%의 성장률)
 - 총생산액은 600억원 이상임.
- 중국 딸기 수출입 무역은 냉동 딸기가 위주이고 수입량은 기본적으로 1만 톤을 유지하며 수출량은 10만 톤에 달함.
 - 2017년 딸기 수출량은 9.76만 톤이고 수입량은 1.24만 톤임.



[그림 2-868] 딸기의 재배면적, 생산량, 수출입량의 변화

출처: 중국 농업부 시장 정보망

(6) 딸기 소비

- 딸기 소비량의 꾸준한 증가하지만 비교적 큰 손실률 때문에 계절성 가격 파동이 뚜렷함.
 - 중국 딸기는 주로 국내에서 소비되며 생산판매량은 거의 비슷하며 현재 소비량은 400여만 톤임.
 - 딸기는 쉽게 상하고 손실률이 높아 손실률이 40% 정도임.
- 딸기는 계절적 가격 변동이 심하며, 봄과 여름엔 생산량이 집중됨.
 - 도매가격이 10~15위안/Kg이며, 가을과 겨울엔 20위안/Kg 이상, 2018년 말에는 45위안/Kg까지 오름.



[그림 2-869] 중국 딸기의 소비량 변화와 도매가격의 변화

출처: 중국 농업부 시장 정보망

다. 중국 채소산업의 유통 과제

(1) 신선식품 공급체인의 단점

○ 높은 손실률

- 토마토 손실률은 약 24%, 딸기 손실률은 약 40% 정도임.
- 높은 손실 원가에 반품, 환불 비용까지 더해져 신선제품의 계약 이행 단가가 높아짐.

○ 긴 유통채널

- 산지(기지)부터 소비자(식탁)까지 수확, 예냉, 선별, 분급, 포장, 창고, 운송,
- 판매 등을 거치면서 거치는 유통채널이 많아 손실이 커지고 품질이 저하됨.

○ 불완전한 저온유통체계

- 대부분의 기업은 여전히 전통적인 방식으로 운송함.
- 현재의 저온 유통서비스 가격이 비싸 일반업체들은 원가 절감 차원에서 많이 사용하지 않음.

(2) 낮은 소비자의 신뢰도

○ 식품안전 사건이 소비자의 우려를 가중시키고 있음.

- '청곡전원'의 썩은 사과로 사과즙 짜기 사건과 유기농 채소업체의 일반 채소
- 구매 후에 유기농 라벨을 부착하는 등의 불신 사례가 빈번하게 발생함.

○ 기업 홍보와 표준 집행

- 업계는 자율성이 부족해 생산관리 과정에서 관련 표준체계를 엄격히 준수하지 않고 과장된 홍보를 하는 사례가 적지 않음.

○ 구태의연한 소비자와의 소통

- 브랜드 측이 소비자와 장기적으로 교류를 지속해야 소비자 신뢰를 얻을 수 있다. 기존의 홍보와 소통 방식은 형식적이고 실속이 없어 소비자들의 관심에 제대로 부응하지 못하였음.

(3) 동질화 경쟁

○ 제품 장점 대동소이

- 모든 제품이 재배기술, 산지환경, 품종, 안전, 식감, 품질 등에 우월함을 강조하고 있어 차별성을 강조하기 어려움.

○ 마케팅 홍보의 천편 일률성

- 지역 시식 체험, 전시회 홍보, 원구 참관, 공휴일 판촉 등 마케팅 방법은 과채

- 신제품 홍보에 필요하지만, '빙탕굴'과 같은 히트상품으로 만들기에는 부족함.

(4) 브랜드 영향력이 적음.

○ 전국적인 브랜드가 적음

- 지순, 청곡전원, 흥푸시 등 중고급 과채 브랜드의 산지, 타깃 시장 소재지의 영향력은 제한적이어서 전국적 인지도가 없음.

○ 기업의 브랜드 비전 결여

- 높은 인지도와 명성을 지닌 장기 브랜드를 만들기 위해서는 기업이 소비자와 접촉하는 모든 곳에서 브랜드 정보가 동일해야 브랜드 자산을 효율적으로 축적 할 수 있음.
- 통일된 브랜드 비전을 위한 단일 마케팅 활동이 적어 브랜드 컨버전스를 형성하기 어렵고 소비자의 인지도가 낮아질 수 있음.

라. 스마트팜과 관련된 주요 농업정책

□ 시설농업 관련정책의 지원 방향

○ 중국 정부는 '14년초 발행한 '1호 문건'(매년 발행)을 통해 농업개혁 방향을 제시하고 농업선진화를 위한 정책지원 항목을 발표함으로써 향후 농업분야에 전방위 투자가 예상됨.

- 주요 내용은 현대농업건설과 농업발전방식 전환 농민수익증대와 농업장려정책 신농촌 건설 심화 농촌개혁 심화 농촌법치건설 등 5개 테마의 32개 항목으로 구성되어 있음.

○ 중국은 농업현대화 사업의 일환으로 시설농업 기술을 집중 육성하는 '농산업화 시범공정'을 추진하고 있음.

- 중국은 최근 자국기업이 단독으로 추진하는 농업사업에 대한 지원금을 줄이고 있는 반면, 글로벌 차원의 협력사업은 적극 지원하고 있음.

○ 중국의 장기발전 전략인 소강사회(小康社会) 건설에 따른 소득수준 향상으로 안전 먹거리에 대한 인식이 확대되고 있으며, 고급 농산물에 대한 수요가 지속 증가하고 있음.

[표 2-363] 중국의 주요 농업지원 정책

주제	문건 명칭	내용
특색 발전 농산물 격려 농산물 추출	농촌 진흥 전략 계획 (2018-2022년)	<ul style="list-style-type: none"> •품질 향상 추진 프로세스 •특색 농산물 우수지역 설립.2020년까지, 300여개의 국가급 특색 농산물 우수 지역 설립, “중국제일, 세계유명”의 특색 농산물 브랜드의 창조, 녹색 우수 중고급 특색 농산물 공급 능력 강화, 특색 농산물 우수 지역 브랜드의 선전 및 홍보를 강화함. •특색 우수 농산물 수출 증가.과일, 야채, 찻잎 및 수산물 수출 추진, 기업 국제 인정 승인 지지, 국제 인지도 있는 전람회에 참여함.
세금 감소 면제 정책		<ul style="list-style-type: none"> •농업 생산자의 자체 농업 생산품의 소득세 면제, 농민 전문 합작 판매회의 회원 생산품 소득세 면제, 액체젖, 농업비닐, 사료, 씨, 종자, 농약, 농기계, 농업서비스 및 기술교육 등의 면세. •일부 농업 종식, 양식, 가공 기업의 면세. •농업 종사자의 토지사용세, 계약세, 인지세 등의 면세. •농산물 유통 방면, 채소, 고기 상품 유통 부분의 면세, 농산물 도매 시장 등 부동산세 농촌 토지사용세 면제, 대량 상품 저장 시설 토지사용세 50% 면제.

□ 마스터플랜 수립

(1) 3단계의 마스터플랜을 수립하여 이를 시행함.

- 1단계: 사업기반 확보
- 2단계: 스마트팜 플랫폼 구축
- 3단계: 글로벌로의 확장

(2) K-Plant의 사업 영역

○ 사업영역의 확대

- 스마트팜 플랜트 구축, 위탁운영/교육, 스마트팜 ICT 자재설비 유통, 협력농가의 고급 과채류 유통사업 등으로 확대하고 이들을 신규 사업화함.



[그림 2-870] 연도별 K-Plant의 사업영역 확대 계획

(3) 중국 이닝 스마트팜과 국내 한가람 포닉스를 거점으로, 한국과 중국 전역에 사업거점을 확보하고 향후 타 국가 확장도 추진할 계획임.

○ 과채류 유통사업의 전개 → 위탁운영 사업의 전개 → 국내외 온실플랜트 구축 및 관련 자재/솔루션의 공급



[그림 2-871] 스마트팜 사업의 영역 확대

(4) 향후 계획

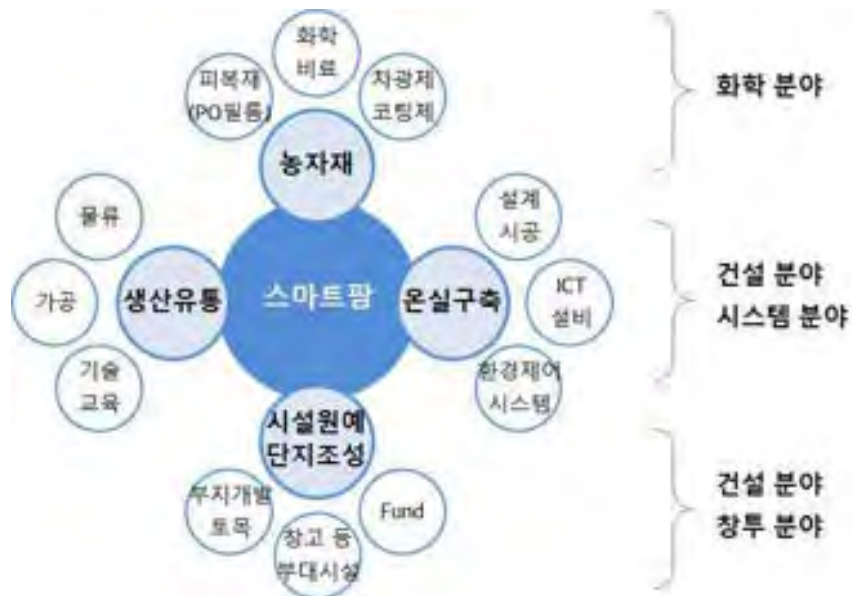
- 사업 초기 필수적인 현물출자 핵심자산 先 확보
 - 직원 기숙사, 사무동 일부, 저온 저장고 확보
 - 식당, 연회장 등은 추후 고려
- 룡쿤社 기존 토지계약서 법적 보강 요구
 - 공장국 승인 위한 보충자료 필요
- JV 조건 협의 지속
 - 토지 분쟁 발생 時, Risk 최소화 조항 삽입 등

(5) 신장성 농업연구기관과 MOU 체결(17. 09)

- 신장성 농업과학원 산하의 원예작물과학연구소와 스마트팜 사업에 관한 협력을 위하여 포괄적 MOU를 체결함.
- 이닝 지역 기상자료 제공 및 농업 전문인력 소개
- 상호 품종 교류/시험재배 통해 지방정부 차원의 농업지원 정책의 수혜 가능성을 타진
- 국가 위험(사드 등)에 대한 헛징

나. 스마트팜 및 관련 산업의 가치사슬 확장

- (1) 스마트팜 사업은 다양한 Value Chain으로 확장되며 따라서 관련 전후방산업과의 연계를 통하여 스마트팜 사업의 가치사슬을 확대함.
 - K-Plant: 스마트팜 건립(시공) + 작물 재배(재배기술) + 유통·판매(경영)의 종합 시스템
 - 전후방산업인 농자재산업과 가공·저장·유통·물류산업 등과 직접적 연계되어 있는 종합 산업



[그림 2-872] 스마트팜과의 연계산업

다. 스마트팜 단지 조성

- (1) 스마트팜 단지는 중국과 중앙아시아의 국경 인근에 입지한 375 ha의 생태농장 내에 5ha의 스마트팜을 구축함.
 - 스마트팜 단지내에 호텔, 관광농원, 축산업 단지를 종합화한 클러스터를 구성함.



[그림 2-873] 이수화학 이닝시 스마트팜 단지 구상도

*주) 1은 호텔, 관광농원 등, 2) 스마트팜 단지, 3) 축산업 부지 등

라. 기본 인프라 조성

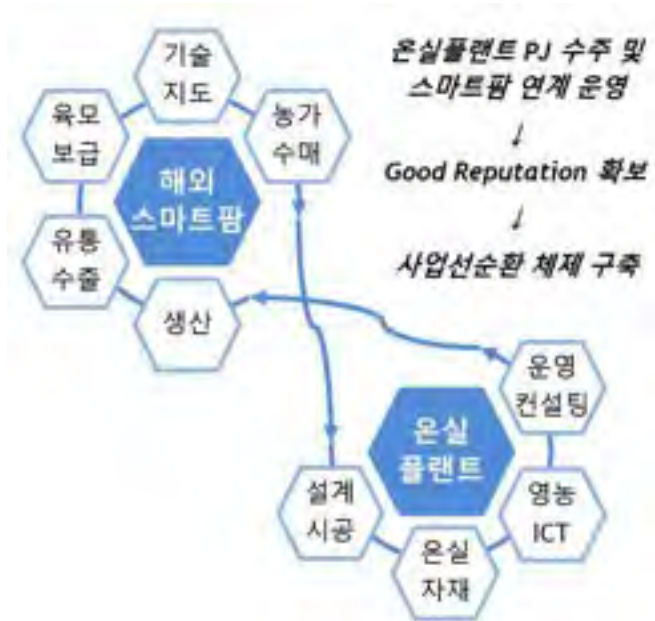
- (1) 현재 스마트팜의 사업 부지는 도로/관개시설/사무동/기숙사 등 기반 Infra가 완비되어 있음.
 - 거의 모든 인프라 조성이 완료되어 있어 사업을 빠르게 진행할 수 있는 여건을 갖추고 있음.
 - 이외에도 현재 부지는 생산성이 높으며 물류여건이 좋은 지역임.



[그림 2-874] 현지의 주요 인프라

마. 비즈니스 모델

- (1) 핵심 Biz Model을 '해외 스마트팜 운영' 과 '온실플랜트 구축'으로 설정하고 사업간의 상호연계 시너지를 확보함과 동시에 사업의 선순환 체제를 구축 운영함.
 - 해외 스마트팜의 직접 운영과 온실 플랜트 구축의 직접 연계
 - 온실플랜트 운영 → 좋은 평판 → 사업의 선순환 구축



[그림 2-875] 중국 스마트팜 사업의 비즈니스 모델과 시너지 효과

바. 마케팅 전략

- (1) 중국 국내 또는 인근 국가로 수출할 경우 기획되어야 할 마케팅 전략은 브랜드 전략, 제품전략(Product), 가격 전략(Price), 유통경로(또는 장소)전략(Place), 홍보 전략(Promotion)
- (2) 브랜드 개발의 기본 방향
 - 브랜드 이름, 포지셔닝, 로고, 브랜드 스토리 등을 설정하고 시각적 이미지를 디자인함.

브랜드 이름, 슬로건	브랜드 포지셔닝	브랜드 전략	제품 핵심 장점	브랜드 스토리	이미지 설계
<ul style="list-style-type: none"> • 높은 식별, 제품의 명과 연계, 이해하기 용이 	<ul style="list-style-type: none"> • ISU 제품 타깃 그룹 분석 • 브랜드 핵심 이익을 향상 • 브랜드 가치 제안을 향상 	<ul style="list-style-type: none"> • 초기에 동일 브랜드 사용 후 차별화 도입 • 브랜드 자산 구축 • 브랜드 자산 관리 	<ul style="list-style-type: none"> • 제품의 기초적 가치 • 제품의 기능적 가치 • 제품의 감상적 가치 	<ul style="list-style-type: none"> • 브랜드 가치 전파, • 소비자 요구에 응답, • 소비자가 브랜드와 제품 전파 	<ul style="list-style-type: none"> • 브랜드 로고 • VI 기초 항목 • 제품 포장 설계

[그림 2-876] 브랜드 개발의 기본 방향

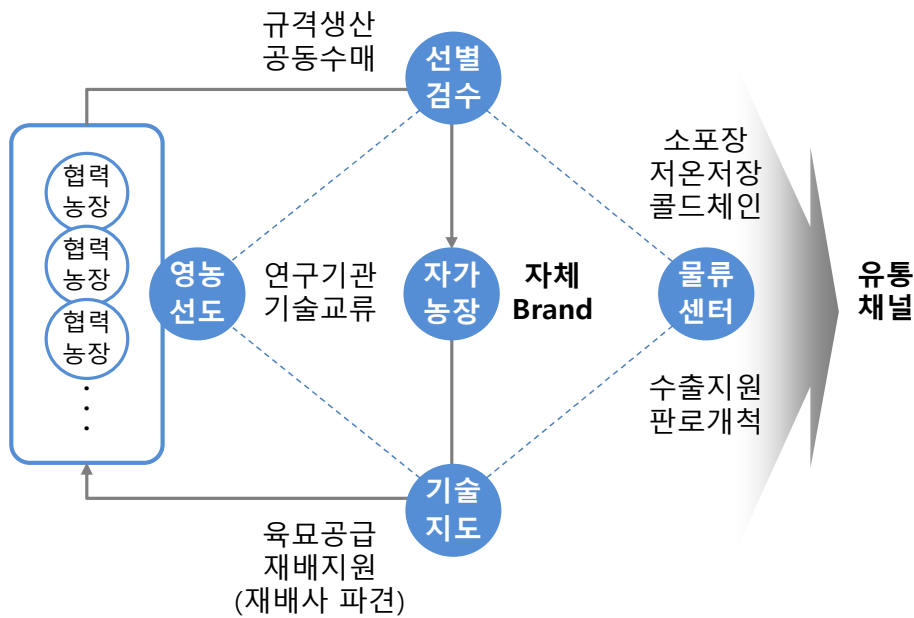
- (3) 브랜드 개발의 방향
 - 브랜드 개발의 중점 사항: 안전은 기본, 기능은 핵심 기능을 커버하고 정서적으로 공감을 얻는 것을 목표로 설정



[그림 2-877] 브랜드 개발의 방향

(4) 브랜드 유통모델의 구축

- Brand 유통구조 Modeling 위해서는 '자가농장' 운영 뿐만 아니라, 협력농장 운영하기 위한 '선별검수', '기술지도', '물류센터' 역량을 추가로 확보함.



[그림 2-878] 브랜드 유통 모델(구상 안)

(5) 제품(품목) 전략(Product)

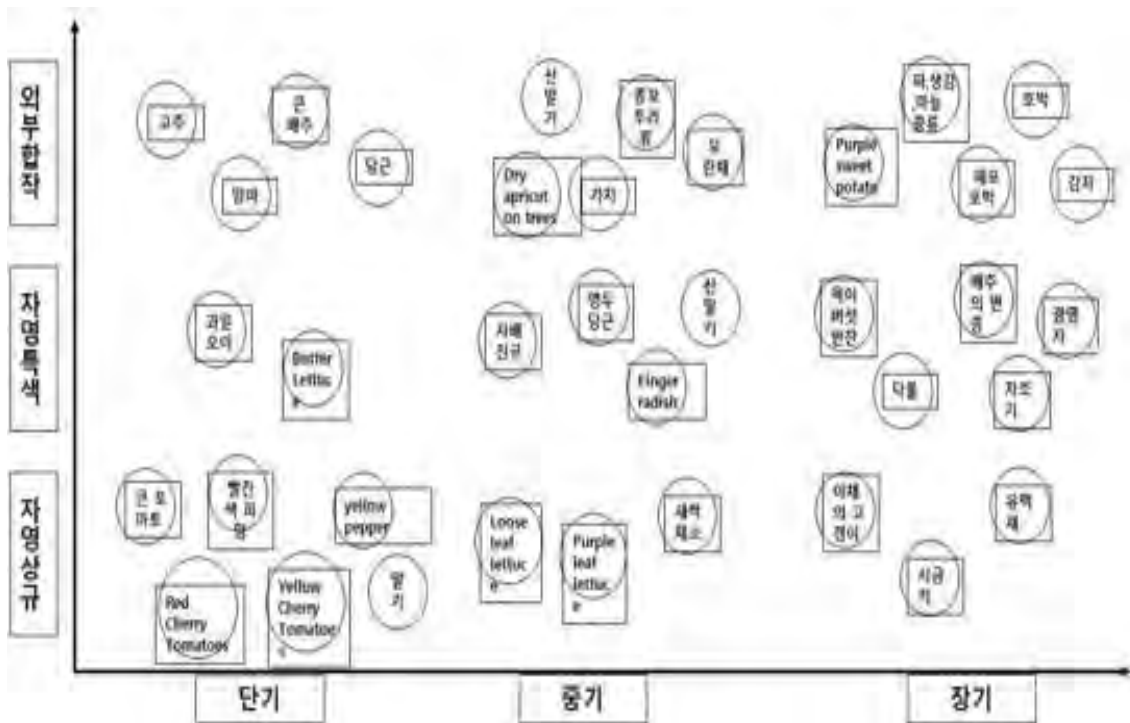
- 제품 설정의 기본 방향: 아래 <그림 2-24> 참조



[그림 2-879] 제품 설정의 기본 방향

(6) 제품 출시

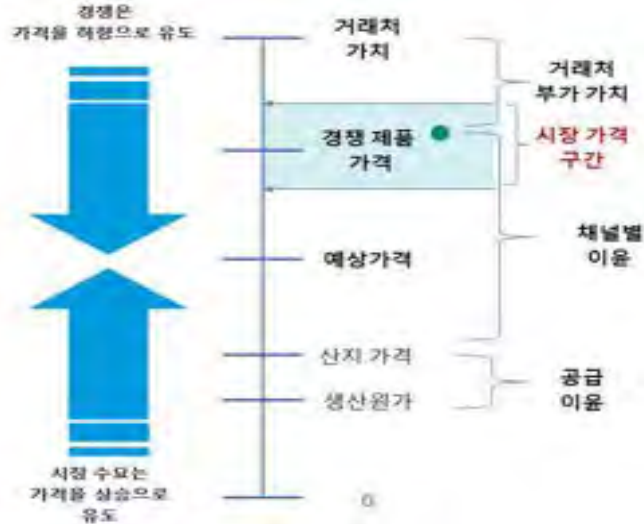
- 경제적 효과와 신장웨이우얼자치구 및 기타 지역의 식습관과 재배 난이도 등을 종합 고려하여 제품(품목) 출시를 정함.
- 시간적 차원(단기, 중기, 장기)과 제품 차원(일반, 특색, 외부합작)에 의하여 제품 출시 방향을 아래 <그림 2-18>과 같이 정함.



[그림 2-880] 제품 출시의 기본 방향

(7) 가격 전략(Price)

- 제품의 가격은 유통채널별(수출 시장, 국내시장의 백화점과 마트, 과일야채 체인점, 신선매점, 특수 경로, 전자상거래, 회원제, 택배 등)로 다양하게 설정함.
- 유형별로 가격을 신축적으로 정함.
- 과채류는 가격 변동이 크기 때문에 수급 관계, 경쟁제품의 판매가격, 소비자 인식 등을 종합적으로 고려하여 가격을 결정함.



[그림 2-881] 가격 전략의 방향

(8) 유통경로 전략(Place)

- 유통 경로는 수출 시장+명품 백화점, 마트를 중심으로의 유통경로를 중심으로 판매함.

[그림 2-882] 유통경로 전략

(9) 수출가격 추정

- 수출단가는 515 ~ 550위안, 평균적으로 533위안/톤으로 추정됨.
- 수출 1 유형
 - 생산기지 → 무역회사 → 수출국가
- 수출 2 유형
 - 생산기지 → (단거리 운수, 지게차) → 무역회사 → 수출국가



[그림 2-883] 수출 유형

(10) 홍보 전략

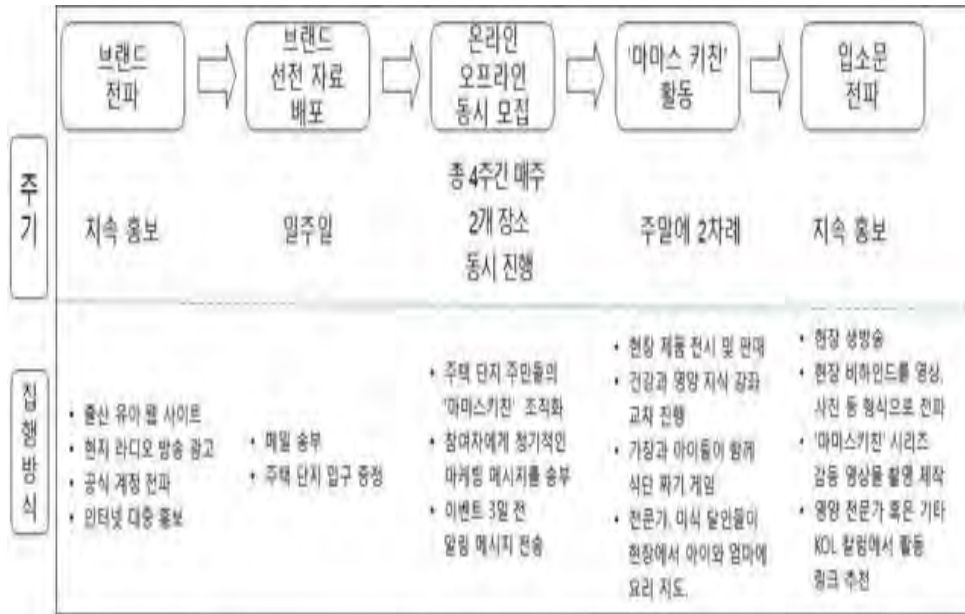
- 아래 <그림 2-22>와 같이 정밀마케팅, 수익률 제고 마케팅, 통합마케팅, 소셜 마케팅, 보는 마케팅 등과 같은 마케팅 원리에 의하여 제품을 홍보함.



[그림 2-884] 홍보 전략의 원리

(11) 지역단위의 홍보 활동방안(예시)

- 우루무치 중간 및 고급주택 단지에서 '마마스 키친(Ma's Kitchen)'을 조직하여 이들 거점을 통하여 홍보활동을 확산시킴.



[그림 2-885] 지역단위의 홍보 활동(예시)

(12) 인근 주요 도시(시장) 진출 순서

- 아래 표와 같이 판매 대상의 주요 4개 도시에 대한 평가를 바탕으로 시장개척의 순서를 우루무치, 시안, 청두, 베이징으로 정함.

	과제 지역 도시 지역 소비 잠재력	유류 부류	품류 애호	병기 주요 눈산품 공급 수준	종합 평가
우루무치	총마포: 10-11만 프리카: 양의 매 발기: 1.55-1만 분	중요하게 평가 마포 우유 지방 우유 지방 우유	지방 우유 우유 지방 우유 우유 지방 우유 우유	상당한 병기 상당한 병기 상당한 병기	경제 종합 수준은 4대 도시에서 제일 발기인 라디오 방송, 건강, 영양, 교육 주요하게 평가한 것 밖에 판매 도시 보관할한다.
시안	총마포: 25-30만 프리카: 양의 매 발기: 1-3만 분	지방 우유 우유 지방 우유 우유 지방 우유 우유	지방 우유 우유 지방 우유 우유 지방 우유 우유	중요하게 평가 중요하게 평가 중요하게 평가	시안 지역은 우유와 관련 소비 수준 가 비평가의 시안, 건강, 영양, 교육 주요하게 평가한 것 밖에 판매 도시 보관할한다.
청두	총마포: 30-35만 프리카: 양의 매 발기: 1.5-2만 분	중요하게 평가 중요하게 평가 중요하게 평가	지방 우유 우유 지방 우유 우유 지방 우유 우유	중요하게 평가 중요하게 평가 중요하게 평가	청두는 발기인 라디오 방송, 건강, 영양, 교육 주요하게 평가한 것 밖에 판매 도시 보관할한다.
베이징	총마포: 70-80만 프리카: 3-5만 발기: 1-10만 분	중요하게 평가 중요하게 평가 중요하게 평가	우루무치 베이징 우루무치 베이징 우루무치 베이징	중요하게 평가 중요하게 평가 중요하게 평가	베이징은 경제 종합 수준이 4대 도시에서 가장 높고, 발기인 라디오 방송, 건강, 영양, 교육 주요하게 평가한 것 밖에 판매 도시 보관할한다.

[그림 2-886] 주요 시장(4대 도시)에 대한 평가 결과

3.1.2. K-Plant의 러시아 수출전략

(1) 개요

- K-Plant 러시아 수출을 위한 러시아 농업현황 및 K-Plant 수출환경 조사를 통해 전략 과제를 도출하고 구체적인 실행 계획에 대한 연구를 진행하였음.

(2) 접근방법

- 러시아 농업시장에 대해 SWOT 분석을 하고, K-Plant 수출을 위한 마스터 플랜에 따라 구체적인 전략 목표 및 과제를 도출하였음. 러시아 진출을 위해서는 전후방 산업을 통합하고 현지 맞춤형 Test Bed 운영을 통해 현지화 수준을 끌고 올리는 노력이 필요함. 이를 기반으로 비즈니스 모델을 확립하여 사업의 지속성을 확보하고 러시아 정부의 우호적인 농업 정책을 활용하여 국내 중소/중견 기업들이 공동으로 진출할 수 있는 스마트팜 종합 플랫폼을 마련하는 것이 중요함.

(3) 연구내용

□ 러시아 농업의 개황

가. 개황

- (1) 러시아 농경지는 전 세계 농경지의 10% 이상을 차지하나 러시아의 총 GDP에서 농업 GDP가 차지하는 비중은 4.7%(2016년 기준)임.

- 주요 수출품은 곡물, 사탕 무, 해바라기 씨, 채소(감자) 등이 있음.
- 2015년 ~2016년 전 세계에서 가장 많이 밀을 수출한 국가이며 이 추세는 당분간 지속될 것임.

- (2) 2016년 농산물 농업생산은 전년 대비 크게 증가하였음.

- 2016년 농산물 생산액은 전년 대비 4.8%가 증가한 5조 6,000억 루블(약 949억 달러)을 기록하였음.
- 2016년 곡물생산량은 1억 1,910만톤으로 전년 대비 13.7%가 증가하였음.

- (3) 2012년 이후 곡물자급률은 100%를 유지해 왔으며, 수출량도 지속적으로 늘고 있음.

- 2016년 기준 전체 농식품 수출입량에서 수출과 수입이 차지하는 비중이 각각 37%와 63%임.

- 2016년 농식품 수출액은 23,643백만 달러이나 농식품수입액 : 26,138백만 달러임.

- 농식품수입이 더 높은 것은 2000년대 이후 GDP의 급격하게 성장(약 7%이상)하면서 소비가 고급화되고 육류, 야채, 낙농제품 등 다양한 수입 수요가 늘었기 때문임.

- 러시아 농업은 2015년부터 서방 농산물 수입을 제재했고, 이는 러시아 기업의 자생력 강화로 이어져 급속도로 농업이 발전하는 계기가 되었음.

(4) 농경지 면적

- 2016년 전체 농경지 면적은 약 2억 2,200만 ha로 추정되며, 이는 국토면적의 약 13%에 달하는 수준임.

- 2013년 기준 총 농업재배면적은 약 1억 2,380만 ha이며, 99%인 약 1억 2,220만 ha는 단년생 작물을 재배하고 1%인 약 160만 ha는 영구작물을 재배함.

- 2020년까지 러시아 정부는 농경지 면적을 24.8% 이상 확장할 계획

- 2016년 농촌 인구는 약 37,383천 명으로 전체 인구의 약 26%를 차지하고 있음.

- 2017년 농업부문의 고용은 전체 경제의 7.5%를 차지하는 것으로 추정되고 있음.

[표 2-364] 러시아 농업 개황

연도	1991	2005	2008	2012	2017
GDP(경상가격, 10억불)	518	764	1,661	2,210	1,578
GDP 연간 성장률 (%)	-5.0	6.4	5.2	3.7	1.5
농업 연간성장률(%)	-4.5	1.6	10.8	-4.8	2.4
농업부가가치(GDP 비중)	13.8	4.3	3.8	3.2	4.0
농업 부가가치 (경상가격, 10억불)	71.3	32.5	62.3	70.7	63.3
총 인구(백만)	148.3	143.8	142.8	143.0	146.8
농촌인구(총인구대비, %)	26.2	26.8	26.5	26.1	25.7
농업부문 고용 (총 고용 대비, %)	13.2	11.2	9.9	9.5	7.5*
재배 면적 (백만 ha)	115.5	75.8	76.9	76.3	80.6

출처 : 2016년 통계자료, 자료: World Bank, Rosstat

(5) 주요 작물 및 생산면적

- 2016년 기준, 생산량이 가장 높았던 작물은 도정곡물(약 12억 70만 톤)이었으며, 그 다음으로 사탕수수(약 5,140만 톤), 해바라기씨앗(약 1,100만 톤), 대두(약 310만 톤) 순이다.
- 러시아 정부는 2012년에 국내자급력을 강화하기 위한 '8개년 계획'을 발표하고, 곡물, 사탕무, 해바라기 씨, 감자 등의 품목에 대한 자급률 목표를 수립하고 정책적으로 지원하고 있음.

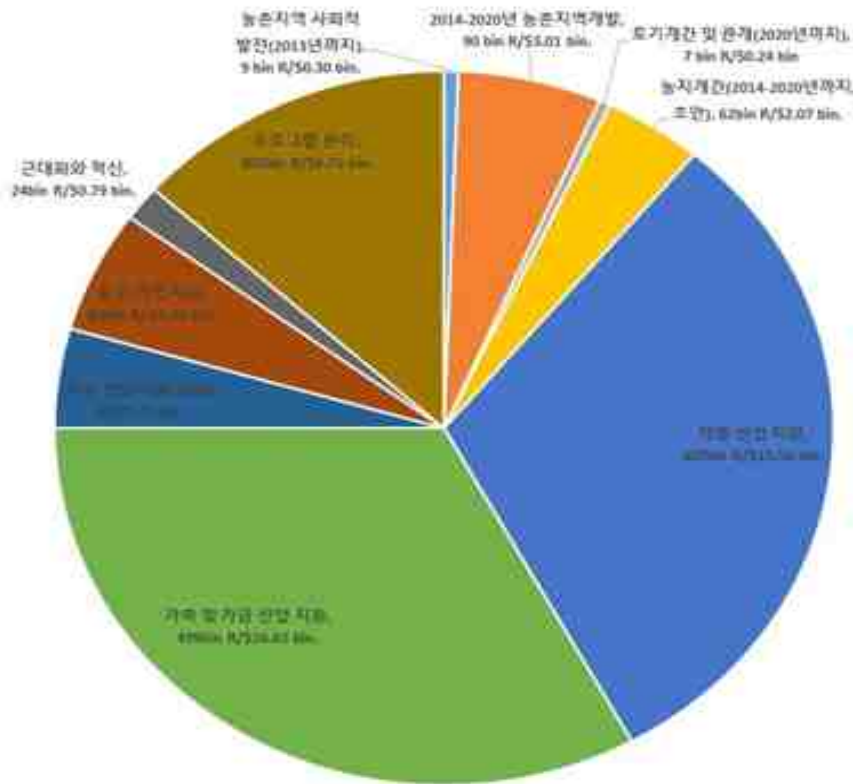
[표 2-365] 러시아 작물의 생산량과 생산면적 추이

구 분	생산량	2015-16 대비 변화량	생산 면적	2015-16 대비 변화량	생산 지역 대비 생산량	2015-16 대비 변화량
단위	천 톤	%	천 ha	%	t/ha	%
곡물 (도정)	120,700	15.2	23.7	10.5	4.6	0.0
사탕수수	51,400	31.8	388.0	21.1	0.1	0.1
해바라기 씨앗	11,000	18.3	14.2	6.3	0.7	0.1
대두	3,100	14.8	13.0	13.8	0.7	2.6
유채꽃 씨앗	1,000	0.0	19.3	-5.7	0.2	2.3
아마 섬유질	41,000	-8.9	9.8	4.1	0.1	-1.0
감자	31,100	-7.4	9.1	3.3	4.4	0.2
채소	16,300	1.2	159.0	-3.8	0.2	1.0
과일	3,900	14.7	225.0	0.9	0.1	3.8

출처: 러시아 통계청 주) 과일은 berries & grapes을 포함함.

(6) 러시아의 농식품 산업 발전을 위한 정부 지원

- '14년 12월 러시아 정부는 '2013-2020 농업 개발 프로그램 및 농식품 시장 규제'를 발표하였음.
 - 주요 농식품품목(육류, 우유, 채소, 감자, 과일 등 대부분 서방산 수입금지 조치된 품목)에 대하여 국가보조금을 지급하여 러시아 농산물의 국제경쟁력을 확보하기 위한 것임.
- 이 지원 프로그램에는 농업생산력 향상을 위한 농가의 환경개선, 유통개선, 금융대출 지원, 관개시설 개발 등 전반적인 인프라 개선이 포함되어 있음.



[그림 2-887] 러시아 정부의 농업 지원액

출처: USDA Foreign agriculture service

나. 최근 러시아 농업의 변화 추세

(1) 최근 러시아 농업은 온실건립의 확대, 유기농 정책의 강화, 동북아시아에 대한 식량공급기지 역할 증대, 농기계와 농자재 수입의 증가, 식량수출의 증가 등과 같은 변화를 보이고 있음.

○ 이들 추세에서 가장 빠른 추세는 온실과 스마트팜 건립임.

(2) 온실 건립의 확대

○ 2015년 이후 과일과 채소의 수입 대체를 위하여 온실 건립을 크게 확대하였으며 그 결과 과일과 채소를 연중 생산하는 체제로 전환하였음.

- 2016년 이후 600 ha의 온실을 건립하고 온실재배 채소 생산량을 31% 증가하였으며 매년 온실 채소를 80만 톤 이상을 생산함.

(3) 유기농정책의 강화

○ 러시아는 향후 10년 내에 세계에서 가장 유기농식품을 많이 공급하는 나라가 될 가능성이 있음. 러시아는

전 세계 유기농식품의 25%를 공급하길 희망함.

- 현재 전 러시아 국토의 0.2%만이 유기농에 활용되지만 8천만에서 1억 ha당의 농지개간을 통하여 구 쏘련 이후 방치되었던 농지를 유기농 농지로 전환할 가능성이 있음.
- 2020년까지 유기농가의 안정적인 재배 환경을 조성하기 위하여 새로운 유기농 생산, 저장, 운송법을 제정할 예정임.

(4) 동북아시아 식량공급원으로서의 역할 증대

- 러시아는 극동러시아 인근에 있는 3개국 중국, 일본, 한국의 대규모 식량과 과일 채소의 공급원으로서 역할을 증대하려고 함.
- 2017년 중국으로 수출하는 농산물(대두, 해바라기 등) 금액이 11억 3천만 달러에 달하였음.

(5) 농기계와 농자재의 수입 증가

- 러시아는 농기계와 농자재의 수입을 증가시키고 있음.
- 러시아 농기계 수입시장은 12억불 시장으로 유라시아 공동체국가인 벨라루스 이외에 독일과 네덜란드는 농기계의 주요 수출국가임.
 - 독일과 네덜란드의 농기계 수출금액은 6억 5천만 달러에 달함.

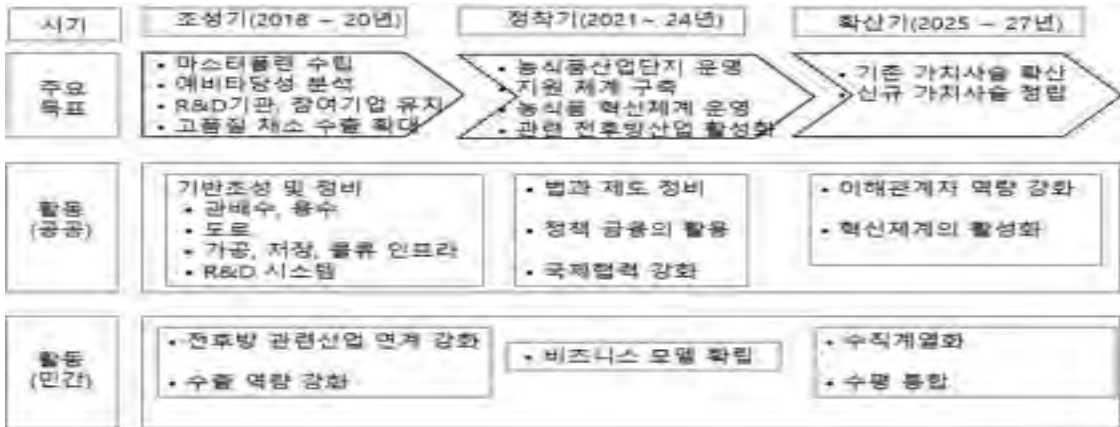
(6) 러시아 식량 수출의 증가

- 러시아는 밀 등 주요 곡물의 주요 수출대국으로 등장하였음.
- 20년 전에 밀 수입국이었지만 지금은 세계 밀 수출시장의 50%를 차지하고 있음.
- 러시아 농산물 수출의 주요 허브로 중동 국가인 알제리, 이집트, 레바논, 터키, 이란 등이 등장하였음.
- 중국도 러시아 식량의 주요 수입국으로 전환하였고 2017년 이후에만 123만톤의 식량을 수입하였음.
- 러시아는 2018년 말까지 농산물 수출이 3% 증가할 것으로 예상됨.

□ K-Plant의 러시아 수출 전략

가. K-Plant의 해외수출 마스터플랜 수립

- (1) K-Plant 해외수출의 활성화를 위해 일차적으로 필요한 것은 K-Plant 해외수출에 관한 마스터플랜을 수립하는 것임.
- 마스터플랜은 단계적 계획으로 조성기 → 정착기 → 확산기 등과 같이 3 단계로 구성함.
- 마스터플랜을 단계적으로 시행하고 목표를 달성하기 위하여 전체의 성과지표를 설정하고 필요한 자원과 역량을 총 집결함.
- K-Plant 해외수출에 관한 마스터플랜은 플랜트의 성격상 다학문적인 종합 접근방식으로 수립 시행함.
 - K-Plant는 시공, 재배, 운영관리의 종합체제
 - 해외사업은 국내와 해외를 연결하는 글로벌 종합사업
 - 정부를 비롯하여 다양한 민간기업과 공공기관이 공동 참여하는 대형 사업임.



[그림 2-888] K-Plant 해외수출 마스터 플랜(예시)

(2) 사업 초기에는 생산성 향상을 기반으로 하여 생산목표를 신축적으로 설정함.

- 구축된 설비들과 재배방식이 안정되기 위해서 최소 3년~5년 정도 소요되므로 목표를 무빙 타겟으로 매년 합리적으로 설정하는 것이 필요함.
- 매년 현재와 향후 수급여건을 검토하고 생산된 농산물의 가격과 국제경쟁력 분석을 통하여 시장여건 및 소비와 연계된 생산 활동이 필요함.

나. K-Plant 가치사슬의 통합 지향

(1) 스마트팜의 시공과 관리운영 및 작물재배에 있어 관련 가치사슬을 통합하는 것을 목표로 설정함.

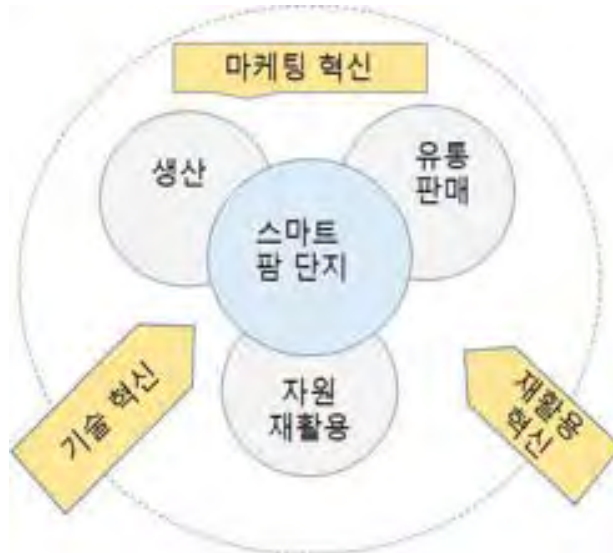
- 재배 작물로 선정된 작물(예를 들어 토마토)의 가치사슬 전반을 통제하여야 높은 부가가치를 획득할 수 있음.
- 시공부터 작물의 재배와 판매·유통과 연계되어야 함.
- 스마트팜의 하드웨어 공급뿐만 아니라 데이터 기반의 소프트웨어체계를 확립해야 함.
- 현지 소비자의 니즈와 시장규모를 바탕으로 소비와 판매 단계에서부터 전체 시스템을 설계하고 시공함.
- 재원조달 방안을 비롯하여 한국정부와 러시아정부의 지원 정책과 관련 법제도의 활용 등을 모색함.



[그림 2-889] K-Plant의 가치사슬체계

다. 극동러시아에 K-Plant 단지 조성

(1) K-Plant 단지의 개념

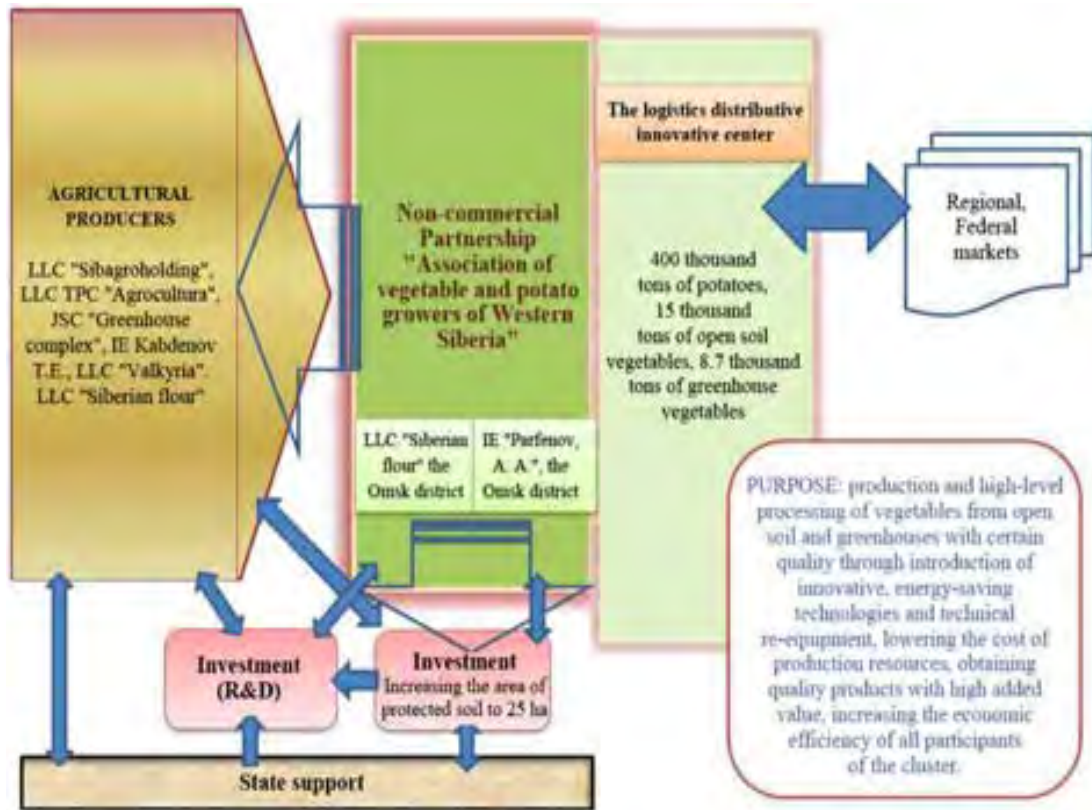


[그림 2-890] K-Plant 단지의 개념

(2) K-Plant 단지의 조성 단계

- 단지 조성요건의 분석과 진단
 - 잠정 참여자 유인
 - 참여자의 자본과 자원 분석
 - 미래 발전 전망 평가
- 단지 조성 체계의 개발
 - 통합과정에 관심이 있는 참여자 확인
 - 농기업의 조직 체계 확립
 - 단지 조성에 참여하는 기관에 영향을 주는 지방정부와 사회 구조
 - 기본 인프라(물, 전기, 도로 등) 확인
 - 단지 운영에 대한 규정 설정
 - 단지 참여기관 간의 상호관계와 상호독립성 규정 확립
- 단지 조성
 - 관리체계의 조직화
 - 협력조정기구의 설립
 - 조정기구와 참여기관간의 업무와 역할 배분
 - 경제 구조의 조직화
 - 기술기준에 따른 단지 역할 분담
 - 참여기관들의 기능적 책임 설정
 - 참여기관간의 활동 규범과 규칙 설정
 - 참여기관의 인력구조 분석
- 단지 조성의 효율성과 전략 평가
 - 단지 조성의 효율성 평가
 - 프로젝트 목적과 결과의 일치 여부 평가

- (3) 스마트팜의 건립, 작물의 생산, 가공, 유통을 일괄적으로 할 수 있는 한국형 스마트팜의 종합단지를 극동러시아 연해주 미하일롭스키 선도개발지역 내에 조성함.
- 기술 혁신과 판매 혁신이 이루어질 수 있도록 단지 내에 한국형 스마트팜 뿐만 아니라 농자재 관련업체들과 연구센터를 건립
 - 장기적으로 채소의 생산, 가공, 수출, 현지판매의 연계 및 관광과도 연계
 - 일차로 극동러시아 선도개발구역 내에 단지 조성
 - 집하, 선별, 포장, 가공 등을 종합 처리할 수 있는 산지유통센터 건립
 - 장기적으로는 블라디보스톡 항구의 복합터미널과도 연계
 - 한국 물류기업이 현지 기업과 제휴하여 농산물과 관련 자재들의 원활한 수급을 도모
- (4) 미하일롭스키 선도개발구역(TASED Mikhailovsky)
- 미하일롭스키 선도개발구역은 농업특화구역으로 농산물생산, 가공, 저장 및 물류를 동시에 할 수 있는 농업 클러스터(cluster)를 조성하고자 하는구역임.
 - 미하일롭스키 선도개발구역의 총면적은 207.7ha로 2개 블록으로 나누어져 있으며, 두빈스키 철도역과 연방고속도로인 M-60이 주변에 위치하고 있어 물류의 어려움이 없음.
 - 다른 농업특화 선도개발구역에 비해 블라디보스톡에 가까워 태평양을 통해 한국, 일본으로 수출하기 유리한 이점을 가지고 있음.
 - 중국과 국경을 접하고 있어 수분하 국경 관문을 통해 육로로 중국 수출도 가능함.



[그림 2-891] 러시아 Omsk 지역의 채소단지 구조

라. 현지 맞춤형 K-Plant 시스템 구축(현지화 전략)

(1) 러시아 지역별로 적합한 K-Plant 시스템을 구축 운영함.

○ 스마트팜 시스템의 일차적으로 가장 큰 영향요인은 기후와 현지 유통 소비여건이므로 국내에서 설정된 K-Plant를 현지에 적합하게 변경하여 시스템을 구축하고 운영관리하는 것이 필요함.

○ 한국형 스마트팜 플랜트

- 온실 시설에 필요한 하드웨어, 실제 플랜트 설치, 운영 소프트웨어, 관련된 장치, 유지보수 및 운영관리 컨설팅, 생산·물류·유통·판매를 종합하는 시스템

○ 현지 맞춤형 실증시험을 실시함.

- 국내 기반 Test Bed 실증시험

- 현지 맞춤형 Test Bed 실증시험

a) K-Plant의 현지화 전략

○ 현지 기후와 유통판매 여건에 적합하도록 K-Plant의 구성요소를 적절히 조정함.

○ 지역에서 관행적인 계절별 생산에서 벗어나 동절기에 농산물을 생산하여 신선한 경엽채류와 과채류를 고가로 공급하기 위해 가온을 위한 가스이용 난방시스템 또는 저렴한 전기를 이용한 전기방열관 시스템 도입, 보온을 위한 국내비닐온실에 적용하는 자동보온망 설치 등 적극적인 에너지 관리시스템의 구축이 필요함.

b) 적합한 대상 작물의 선정

○ 극동러시아에서는 저온성 작물인 고당도 토마토, 딸기, 상추와 파슬리를 포함한 경엽채류를 일차로 재배할 작물로 선정하는 것이 바람직함.

c) 한국형 재배기술의 적용

○ 빅데이터 기반 첨단 생산관리 보급

○ 현지 전문가 국내 초청 연수 및 정보제공

마. 스마트팜 운영 관리에 직결되는 기본 인프라의 구축

(1) 빠른 시일 내에 기본 인프라 구축 완료

○ 지방 정부 또는 연방정부와 협의하여 현지 지역에 필요한 에너지공급 시설, 부지 확보, 용수, 운송망 등 기본 인프라를 구축하는 체제를 갖추.

○ 이들 기본 인프라는 러시아 정부의 적극적인 지원을 활용하여 조기에 설치가 완료되어야 함.

- 극동러시아 스마트팜 운영에서 핵심적인 것은 에너지 비용 절감을 위하여 가스배관이 스마트팜과 연계되어야 함.

- 연관 기업 소개, 법과 제도에 대한 홍보 등은 지방정부의 몫

- 이는 지방정부가 적극 인프라 구축을 지원해야 하는 사항임.

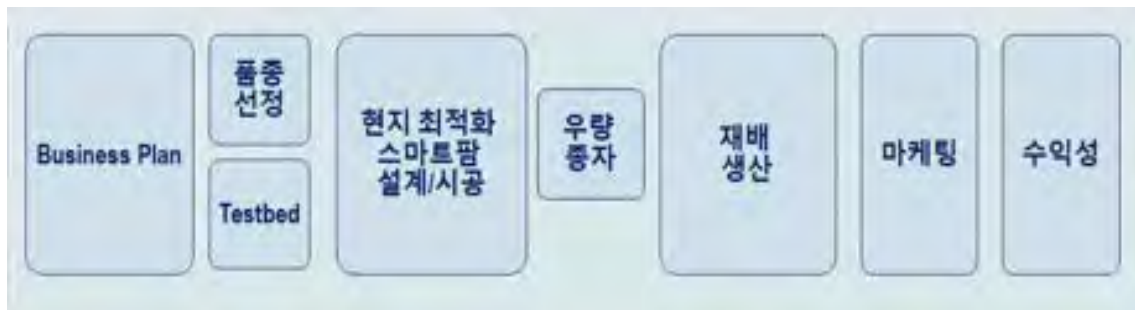
바. 비즈니스 모델 확립

(1) K-Plant의 비즈니스 모델(Canvas) 구성요소

○ 고객세그먼트, 제공가치, 채널, 고객관계, 수익원, 핵심자원, 핵심활동, 핵심파트너십, 비용구조 등

8 핵심 파트너십 (Key Partners)	7 핵심활동 (Key Activities)	2 제공가치 (Value Proposition)	4 고객 관계 (Customer Relationship)	1 고객 세그먼트 (Customer Segment)
<ul style="list-style-type: none"> • 재배/판매 컨설팅 • 협력 수직농장 <ul style="list-style-type: none"> - 파트너십 - 프랜차이즈 	<ul style="list-style-type: none"> • 재배 Process 개선 • 공정 관리 최적화 • 적합용종 재배 	<ul style="list-style-type: none"> • 고부가 품종, • 생산성, 고품질 • Partnership/Franchise model 	<ul style="list-style-type: none"> • 마케팅 Platform • 체험교육 프로그램 • 박람회/이벤트 	<ul style="list-style-type: none"> • 중고소득층 • 백화점 & 마트 • 수출시장
	6 핵심자원 (Key Resources)		3 채널 (Channels)	
	<ul style="list-style-type: none"> • 전문 인력 • 최적화 설계/장비 layout • 반)자동화 장비 /생략화 도구 • 유통망 		<ul style="list-style-type: none"> • 중·대형 마트 • 전자상 거래 • 레스토랑 외식업체 • 과일 채소 채인점 • 회원제 판매 • 플랫폼이츠 협력 	
9 비용구조 (Cost Structure)	<ul style="list-style-type: none"> • 시설구축비 • 전력비용 • 노동비용 각각 30% 감축 		5 수익원 (Revenue Streams)	<ul style="list-style-type: none"> - 재배면적당 생산성(30%) 증대 - 에너지 비용 절감 - 운영비 절감 - 다양한 수익모델 개발

[그림 2-892] K-Plant의 러시아 수출 비즈니스 모델(Canvas)



[그림 2-893] 한국형 K-Plant 수출 비즈니스 모델(Lean Startup Model)의 기본 구성요소

사. K-Plant의 지속성 확보

(1) 운영비용의 절감

- 온실 운영에 있어 운영비 절감을 위해 단위당 노동생산성을 높이는 것이 중요함.
- 온실내에서 이뤄지는 작업으로 육묘, 이식과 정식, 적엽 및 수확 작업, 그리고 방제 작업, 수확 후 식물성 및 광물성 잔재물 등이 생력적으로 처리될 수 있도록 한국의 적정 농기자재를 적극 도입함.
- 온실 생산성을 높이기 위해 CO2 공급이 중요한데 가스공급 시설이 구축되어 있으며 CO2 발생과 난방에너지 보조를 겸할 수 있는 기능이 있는 가스보일러를 설치하여 CO2 비용을 줄이는 방식이 필요함.
- 전기에너지 줄이기 위해 일정 공간에 태양광 발전시스템과 태양열, 또는 지열시스템 등을 적극 설치하여 전기에너지 비용을 줄이는 방안이 필요함.

(2) 경쟁력 있는 전후방산업의 구축

- 지역내 신선 주스로 가공하거나 딸기잼, 피클, 토마토 소스등을 생산 가공할 수 있는 가공공장을 스마트 APC 단지내에 설치하여 후방산업 확충이 필요함.
- 전방산업 확충을 위해 스마트팜 단지를 조성하여 러시아 기업체들이 개발한 각종 온실용 기자재와 생산품들을 활용할 수 있도록 관련 업여건을 조성하는 것이 필요함.
- 스마트팜 단지에 관련 국내 대기업과 외국 업체들을 참여시켜 안정적인 마케팅 구축과 판매 확대를 도모함.



[그림 2-894] K-Plant의 지속성 변수

아. 마케팅 전략(4P) 수립

(1) 생산된 농산물의 판로 확보

- 지역내 소비 확대를 위한 팜내처 확보와 안정적인 물량 공급이 중요함.
- 스마트팜 단지 내에 가공공장을 설치하여 과잉생산으로 가격이 하락할 경우를 대비하여 신선 주스와 가공품을 생산할 수 있는 체제를 갖추어 가격 불안정에 대비함.

(2) 주요 타겟

- K-Plant에서 생산되는 고품질의 과채(토마토, 오이, 파프리카 등)를 한국 농식품의 고품질과 고급화 이미지와 연계시키고 이를 기반으로 구매력이 높은 중산층 이상의 소비자를 타겟으로 함.
- 고품질의 식품에 대한 수요가 높은 도심 거주자를 주 대상으로 하며 블라디보스토크 등 한류에 대한 관심이 높은 극동 지역의 소비자를 주 타겟으로 설정함.

(3) 제품(Product)

- 러시아 중간층 이상의 소비자가 선호하고 러시아가 여전히 수입을 많이 하고 있는 토마토(방울토마토 포함)와 파프리카 및 딸기를 진출 유망 품목으로 설정함.
- 현지 소비자들은 한국산 딸기에 대한 선호도가 높으므로 국내산 딸기를 수출하기보다 현지 온실에서 생산하여 판매하는 것이 바람직할 것임.
- 가공과일 및 채소에서는 건강성과 기능성을 강조한 토마토 가공(캐첩, 과일 주스 등)을 유망 품목으로 설정함.

(4) 가격(Price)

- 계약생산체계 구축으로 을 통한 브랜드화 및 수급조절 체계를 갖추어 가격 경쟁력을 높이는 것이 중요함.
- 중국의 저가 제품과의 가격 경쟁을 피하고 고품질 브랜드 전략을 확산시키기 위하여 고품질 고가 전략을 통해 다른 제품과 차별화함.
- 네덜란드와 일본 유리온실에서 출하되는 채소보다 높은 가격경쟁력을 확보하기 위하여 이들 채소류보다는 다소 낮은 가격을 정함.

(5) 유통 채널(Place)

- 유기농 식품 매대와 같은 전문 제품 매대 보유 등의 특징을 고려하여 최근 비중이 높아지고 있는 프리미엄 마켓 경로를 통하여 유통함.
- 온실 단지에서 가까운 대도시(예를 들면 블라디보스톡 등)의 호텔이나 레스토랑을 일차 직판 거래점으로 정함.
- 현지상설전시장을 운영함.
 - 6차산업 연계 전시 및 시연으로 홍보
 - 바이어에게 실물 제공으로 신뢰성 확보

(6) 홍보 전략(Promotion)

- K-Plant에서 생산된 유기농 채소와 과일을 주제로 세미나를 주최하거나 전문 잡지 등 다양한 홍보 매체를 통해서 제품을 소개함.
- K-Plant의 인지도와 친숙도를 동시에 높이기 위하여 유통업체를 통한 시식회나 팝업 스토어를 활용해 소비자들이 직접 맛과 품질을 경험하도록 함.
 - 극동 러시아지역의 유통업체는 신규제품 입점 시 2~3개월 기간의 프로모션 기간을 무상으로 제공하는 경우도 있으며, 상대적으로 임대료 등 부대비용이 저렴한 장점이 있음.
- 한류에 관심이 있는 소비자 및 젊은 소비층을 대상으로 K-Plant 생산 농산물의 인지도를 높이는 방안을 강구함.
- 온라인 매체(페이스북, 인스타그램, 유튜브 등)에 러시아 현지어로 된 홍보 영상을 제작하여 배포함.

자. K-Plant의 효율적 운영관리를 위한 지원체계 확립

(1) 러시아 연방정부와 지방정부(예 연해주 정부)와의 긴밀한 협력관계 설정과 유지

- 러시아가 지정한 선도개발구역의 활용(극동경제포럼의 활용)
 - 외국투자기업에 많은 혜택을 제공

(2) 다양한 이해관계자가 협력·조정하는 체계의 확립

- 현지 회사와 함께 합작회사 설립하여 현지의 다양한 문제를 해결
 - 예를 들면 현지 정부와의 협력관계, 기술과 자금 문제 등을 함께 해결
- 현장애로과제를 조정하는 컨트롤 타워나 종합 지원센터가 필요함.

(3) 현장 문제를 해결하는 전문가 컨설팅체제 확립

- R&D, 재배 생산, 시설 운영, 유통 판매, 현지인력 교육 등의 분야에서 전문가를 확보하여 필요시 즉시 컨설팅을 하는 체제를 확립함.
 - 공공기관 간의 협력관계를 맺고 관련 전문가를 효과적으로 컨설턴트로 활용하는 체제를 구축함.

(4) 스마트팜과 작목 수출과 관련된 정책들을 일관된 수출지원체계로 운영

- '한국형 스마트팜 플랜트 수출연구사업단'과 토마토, 딸기 등 '시설원예 수출연구사업단'의 목표와 지원방향의 상이한 것을 일관된 체계로 운영함.
- 사후관리체계를 구축하여 소비자들의 신뢰를 높임.
- 현지 기업과 원활한 협력관계로 시장여건 변화를 반영하는 제품을 지속적으로 생산함.

차. 관련 이해당사자들이 적극 참여하는 플랫폼의 구축 운영

(1) 스마트팜 종합관리시스템 운영에 대한 종합 플랫폼 구축 운영

- 한국형 스마트팜의 설비 설계와 모듈화, 지능형 의사지원 시스템, 원격 제어시스템, 통제 시스템 등에 대한

솔루션 제공, 시스템에 대한 종합관리시스템 운영에 대한 종합 플랫폼을 구축

- 플랫폼을 통하여 바람직한 생태계와 지속적인 혁신체제를 확립
- (2) 우리나라 관련 중소·중견기업들이 종합 진출할 수 있도록 공동플랫폼을 조성함.
- 형태의 통관 지원 및 물류통합 비즈니스 모델 개발 및 제공이 필요함.
- 1차적으로 통관시 발생 가능한 문제점 해소를 위한 통관리스크 해결 매뉴얼 마련 및 가이드 컨설팅 실시가 필요함.

3.1.3. 현지 생태계 분석 및 거버넌스 구축

(1) 개요

- 국내외 농식품 분야의 인적·물적 네트워크를 활용한 체계적이고 지속가능한 협력 생태계를 조성함으로써, 진출 대상국과의 긴밀한 협력 관계를 구축하여, 안정적이고 신뢰성 있는 신규 사업 발굴을 통한 사업 초기의 불확실성 회피
- 농식품 관련 민·관·학·연 네트워킹을 통한 공동 협력 방안과 지역별 거점 네트워크 구축을 통한 중·장기 협력 방안 등 국내외 농식품 관련 사업의 협력 방안 및 전략 도출

(2) 접근방법

- 최근 농식품 관련 산업은 ICT, IoT, BT 등과 융합을 통한 기술혁신으로 미래의 신성장 동력으로 인식되어 향후 농업 효율성 및 부가가치 증대를 위해 지속적인 성장이 예상되므로, 농식품 분야에서도 수자원, ICT 분야와 같이 국내외 협력 네트워크 현황을 파악하고 농식품 분야별 전문가간 협력 네트워크 조사 및 향후 우리나라와의 협력 방안 구축

(3) 연구내용

- 농식품 관련 민·관·학·연 네트워킹을 통한 공동 협력 방안과 지역별 거점 네트워크 구축을 위해 대상국가로는 러시아, 중동의 아랍에미리트(UAE) 중앙아시아의 카자흐스탄을 대상으로 현재 농업의 현황 및 정책, 그리고 협력 네트워크 구축을 위한 농식품 관련 주요기관을 조사·분석하여 향후 국내외 농식품 관련 사업의 협력 방안 및 전략을 도출

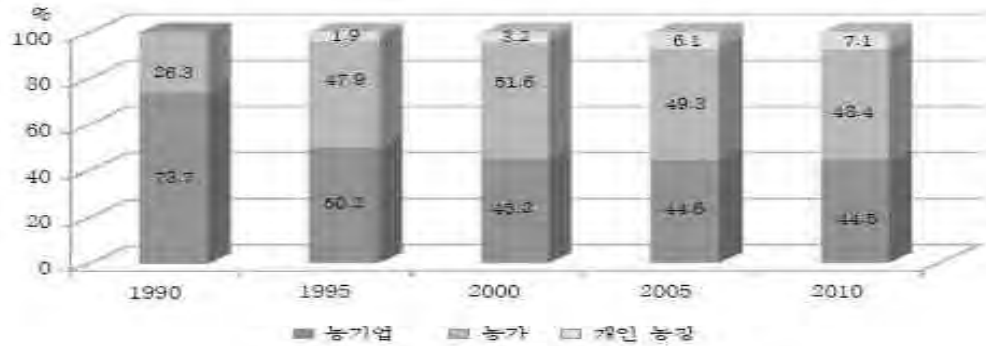
(1) 러시아

(가) 러시아 농업 정책

□ 러시아 농업 정책의 발전과정

- 소련 붕괴 이후 현재까지 러시아의 농업 정책 발전은 1990년대 시장변화, 2000년대초 농업 및 농촌 분야의 포괄적인 정책변화, 2000년대 후반의 세계 금융위기, 2014년 3월 이후 서구 식품에 대한 금수조치(food embargo) 등으로 나누어 설명
- 1990년대
 - 1990년대 농업에 대한 러시아 정부의 개입이 지속되었지만 공동 소유 농장의 개편, 토지개혁 및 민간부문 개발에 대한 지원 등 농업과 농촌의 제도적 틀이 변화하였고, 소유권과 노동 조직에 대한 개혁이 가장 두드러졌으며, 새로운 경영 형태가 점차 제도화 되면서 농업의 산업화가 가속화
 - 또한, 소규모 생산의 확대, 비효율적인 자원의 재분배, 농민의 동기 부여, 농촌의 빈곤 극복과 사회복지서비스의 발전이 동시에 진행
 - 러시아의 농장형태는 농가의 비중이 1990년 26.3%에서 2000년 51.6%로 두 배로 증가한 반면, 농기업의

생산 및 경제적 효율성은 크게 증가하지 않았고, 이에 따라 1990년대 러시아의 전반적인 농업 생산성과 생산량이 감소하였고 농산물 수입이 증가



[그림 2-895] 농장 형태 변화 추이

출처 : Int. Jrnl. of Soc. of Agr.&Food, Vol.21, No.1.

○ 2000년대 정책변화

- 농업 발전을 위한 중기적인 국가 정책은 2006년 농업개발법에 기초하며, 국내농업생산을 촉진하여 농산물의 가격과 품질 경쟁력 향상을 우선하였고, 특히 수입이 증가하는 축산업에 농업보조금을 투입하는 등 축산업 발전을 위해 많은 투자를 하였으며, 또한 2009년 국립 곡물회사인 United Grain Company를 설립하여 곡물 수출을 늘리고 곡물 관련 기반시설을 개선하는 데 힘씀
- 2000년대 초, 국가적 농업 발전 목표는 축산물 생산 증대, 소규모 농장(농가 및 개인 농장) 진흥, 농업농촌 전문가를 위한 주택 공급 등이었으며, 정책은 농산물 생산량 증가, 적자 농기업 수 감소, 수익성 개선 측면에서 성공을 거둔 것으로 평가
- 러시아 총 곡물 생산량은 2000년 6,550만 톤에서 2008년 1억 820만 톤으로 큰 폭으로 증가하여 세계 세 번째 규모의 곡물 수출국이 되었음

○ 2008년 금융위기 영향

- 2008-09년 세계적인 금융 및 경제위기 이후 러시아의 농업정책에 새로운 변화가 시작
- 2008년 이후 식품 가격이 급등함에 따라 정부는 소비자 가격 상승 억제를 위해 수출 규제 정책을 도입하였고, 이후 2008-12년 농업발전 프로그램이 2013-20년 새로운 정부 프로그램으로 교체
- 이는 농산물 국내 총 소비량의 대부분을 국내 생산으로 충족하고, 축산 및 유제품 생산에 중점을 두는 것
- 무역정책 측면에서는 2010년 1월 1일 러시아와 벨로루시, 카자흐스탄의 관세동맹출범이 WTO 가입 외의 중요한 변화였고, 2014년 12월, 러시아는 EU의 對러시아 경제 제재조치에 따른 해외 신용과 투자 중단으로 경제위기를 맞고 2015년 초 높은 인플레이션 과 경기침체에 직면
- 경제위기는 농산물 수출 시장에서 러시아 농산물의 가격 경쟁력을 높이는 긍정적 영향도 있었으나 균형 발전에는 부정적인 영향을 미침

○ WTO 가입의 영향

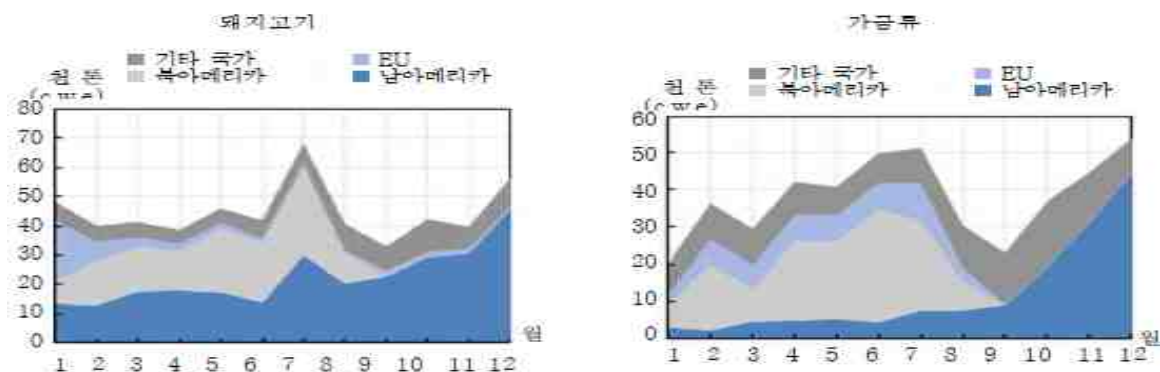
- 전문가들은 러시아가 세계무역기구(WTO)에 가입함에 따라 무역 정책 변화, 농업지원 프로그램 축소 등으로 농업에 부정적인 결과를 가져올 것이라고 판단
- 2012년, 러시아는 WTO 가입으로 2020년까지 관세를 전면 인하하게 되어 최종 평균 관세율은 8.4%가 될 전망이며, 2015년 1월 1일부터 러시아는 유라시아경제연합(EAEU)의 공동 관세를 적용하고 러시아산 농산물에 대한 관세는 2,634개 품목에 해당되며, 2016년 기준 농산물에 대한 평균관세는 14.6%로 전체 평균 관세인 8.3%보다 높음

□ 식량안보 정책

- 2012년 러시아 정부는 식량자급 달성이라는 목적으로 2013-20년 농업개발을 위한 정책 프로그램을 채택
 - 이 프로그램의 목표는 국내외 시장에서 러시아 농업의 경쟁력을 높이고 생산자의 이익을 창출하며 지속가능한 농촌공동체를 만드는 것이며, 특히 이 정책을 위해 축산업 개발에 막대한 자금을 투자하고 있으며 2020년까지 축산물 생산량을 2012년 대비 20% 증가시키는 것을 목표로 하고 있음
- 러시아의 식량안보정책은 품목별 자급목표(곡물 99.7%, 사탕무 93.2%, 유지종자 87.7%, 감자 98.7%, 육류 및 육가공품 88.3%, 우유 및 유제품 90.2%)를 2020년까지 달성하기 위해 추진
 - 이 목표의 달성에는 수입 곡물과의 치열한 경쟁과 유제품, 육류, 과일, 채소의 공급부족 등이 해결해야 할 과제로 산적해 있으며, 또한 러시아의 단위당 평균 수확량은 EU의 절반 수준이며 기후 변화에 따라 생산량 변동이 심한 특징이 있음

□ 수입 제한 조치

- 2014년 러시아 우크라이나 사태 무력개입, 크림반도 강제병합 등에 대한 서방국가들의 對러시아 경제제재에 대응하여 같은 해 8월 러시아는 EU, 미국, 노르웨이, 캐나다, 호주의 농산물 및 식품에 대한 수입제한조치(food embargo)를 발표
- 국가별 수입비중의 변화
 - 수입제한 대상 국가의 농축산식품은 러시아 가구 식품 지출의 2/3에 해당 금수조치 후 해당 조치를 받지 않은 국가로부터 수입이 증가하는 등 무역흐름이 변화
 - 돼지고기는 수입금지의 영향을 가장 크게 받은 품목이며, 대규모 농장을 위주로 지원하는 정부 정책에 따라 장기적으로 국내 생산량이 증가할 전망
 - 금수조치의 영향은 수입원의 변화, 전체 농산물 수입량 감소 등으로 나타났고, 2014년, 대(對) 러시아 돼지고기와 가금류 수출국 중 브라질의 비중이 급증하였으며, 수입 제재 대상 국가인 EU 및 북아메리카의 비중은 미미한 수준으로 감소
 - 대(對) 러시아 주요 식품 수출국들은 러시아의 금수조치 이후에도 무역을 유지할 만큼 경쟁력을 갖추고 있어 향후 세계 시장에서의 무역과 생산, 소비에도 장기적인 영향을 줄 것으로 전망



[그림 2-896] 2014년 수출지역별 축산물 수입량 변화

주: c.w.e(Carcass weight equivalent)는 지육중량 출처: Global Trade Information Services, Inc. (GTI).

○ 생산 및 무역의 영향

- EU와 미국의 러시아 경제에 대한 제재조치는 2014년 루블화 평가절하와 상당한 폭의 인플레이션, 수입가격 상승, 소득과 임금 하락을 유발하는 등 거시경제적 문제를 악화 시켰고, 또한, 러시아의 외국인직접투자(FDI)를 감소시키고, 불안정한 금융환경 및 고금리를 유발하여 투자수요를 크게 위축하며

향후 5~6년 동안 경제성장에 영향을 미칠 것으로 전망

- 러시아는 EU의 세 번째로 큰 무역 상대국으로 EU는 2014년 초부터 우크라이나의 불안정화와 영토보전에 대한 러시아의 개입에 항의하는 의미로 러시아에 대한 외교적, 경제적 제재의 범위를 확대해 왔고 러시아는 특정 EU 국가의 농산물에 대한 금수조치로 대응했으며, EU의 러시아에 대한 경제제재와 러시아의 대응은 2017년 현재도 유지
- EU의 러시아에 대한 농식품 수출량은 감소했지만 대체 시장을 발굴하여 손실은 상당부분 완화되었고, 벨기에, 네덜란드, 덴마크, 폴란드 등의 EU회원국으로부터 러시아로 수입되는 닭고기는 큰 폭으로 감소하고 브라질과 아르헨티나로 수입국이 대체
- 위의 EU 회원국은 러시아로의 닭고기 수출은 감소했지만 수출대상국의 변화로 수출량은 오히려 증가한 것으로 나타났음
- EU 회원국들은 러시아의 수입제한 품목에 대한 새로운 수출대상국을 발굴해냈고, 육류 수출액은 러시아의 금수조치 이전 수준보다 오히려 증가
- 러시아는 아시아, 아프리카, 남아메리카 등 러시아로의 수출이 자유로운 국가들에게는 여전히 매력적인 수출대상국이나, 러시아는 관료주의적인 성격이 강하여 수입국 다변화가 더디게 이루어 지고 있음
- EU공동연구센터(EU Joint Research Center)의 연구에 따르면 러시아의 주요 곡물 자급률은 충분히 높으나, 축산물에 대한 자급률은 점차 감소하여 전체적인 식품 자급률이 감소할 것으로 전망

(나) 러시아 농업의 잠재력

□ 생산량 증가

- 러시아는 우크라이나와 마찬가지로 세계적인 곡물 수출국이면서 토지개량과 자본투입 등으로 향후 생산량이 증가할 가능성이 있음
- 재배면적을 늘리거나 생산성을 향상시킴으로써 생산량을 증가시킬 수 있는데, 연구에 따르면 현대적 기술과 장비를 적절히 활용할 경우 현재보다 80%까지 생산량을 늘릴 수 있는 것으로 나타났으며, 이를 위해서는 농촌지역의 인프라, 교육, 연구 및 생활여건 개선과 농업의 근대화화 수출입 제한 완화 등 안정적인 조건을 갖추어야할 것



[그림 2-897] 농업 예산 지출 계획

(출처: FAS GAIN report May 6, 2014)

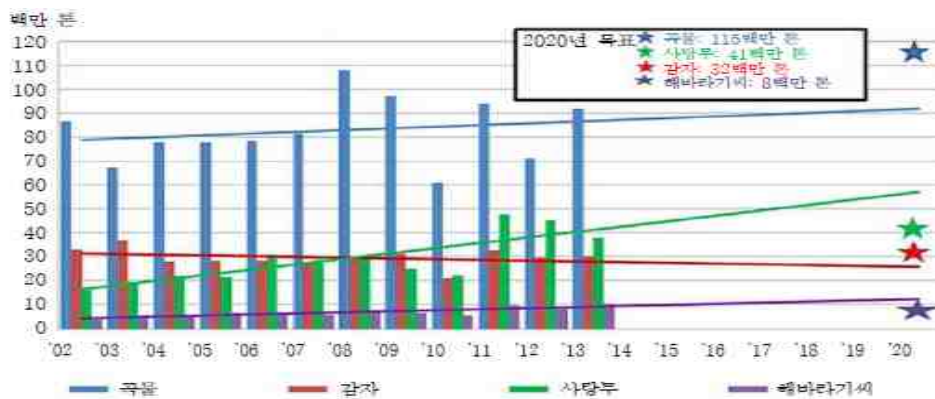
- 일부 전문가는 적절한 투자와 교육이 뒷받침된다면 러시아 농업이 EU 농업보다 전망이 밝다고 판단하나 러시아 농업 생산자들은 금융시장에 대한 접근성과 노동력 확보, 관료주의 극복 등 과제에 직면해 있음
 - 러시아 정부는 곡물 시장의 전략적 발전을 통해 향후 15년 동안 곡물 생산량이 25% 증가하여 1억 3,000만 톤까지 늘고 재배면적은 4,600만 ha에서 4,900만 ha로, 단위당 수확량은 ha당 2.36톤에서 2.74톤으로 증가할 것으로 전망
 - 정부는 물류 인프라 확충에 막대한 예산을 투입하고 농가들에게 많은 비료 사용을 권장



[그림 2-898] 2014년 수출지역별 축산물 수입량 변화

(출처: FAS GAIN report May 6, 2014)

- 러시아 정부는 화학비료 사용 증가가 향후 수년간 곡물 생산 증대를 위한 핵심이라고 여기며 사용을 장려하고 있고, 러시아는 매년 1,800~2,000만 톤의 비료를 생산하여 이 중 국내 곡물 산업에는 전체 비료의 15%인 300만 톤만을 공급
 - 정부는 향후 ha당 비료 사용량을 현재의 33~34kg에서 100kg으로 늘리고 2030년까지 총 곡물 산업에 투입되는 비료의 양을 800~1,000만 톤으로 끌어올리는 목표를 세우고 있었고, 2016년 초 푸틴 러시아 대통령은 비료의 수출 관세를 높여 국내 시장 비료 가격을 낮추고 사용을 장려하라는 지시를 내렸음



[그림 2-899] 농산물 생산량 목표

(출처: FAS GAIN report May 6, 2014)

- 러시아 정부는 향후 10년간 3,650만 ha의 곡물 재배면적을 4,650만 ha로 늘릴 것을 계획하고 있으나 인력 부족 문제가 우선적으로 해결해야 할 과제로 남아 있음

- 토지확대를 계획하는 시베리아와 극동지역은 인구가 매우 적으므로 이민자들에게 자유로운 양도와 개발을 허락함으로써 해결될 수 있을 것으로 판단
- 물류 등 인프라 개발이 덜 된 지역에서는 국가적 인프라 투자가 없이는 곡물 생산은 불가능할 것이므로 러시아 농가의 50%는 높은 생산비로 많은 부채를 가지고 있으며 이는 농가가 장기적인 투자로 농기계 및 저장 설비 등을 갖추기 어렵다는 것을 의미

□ 생산성 증대

- 최근 USDA 보고서에 따르면 러시아의 종자 및 비료 등 생산비 증가와 생산기술의 부족, 재정적 제약 등은 생산성 증대에 부정적인 영향을 미치고 있다고 밝혔음
 - 러시아 미래 농업 정책에 대한 OECD의 평가는 다음과 같음
 - 러시아의 농업 정책은 농업 생산 및 농식품 수입 대체를 위해 2013-20 농업개발 프로그램을 추진하고 있는데 대부분의 작목에서 자급률이 증가
 - 식품위생 및 기술규정에 근거한 비관세 장벽으로 무역 상대국과의 마찰
 - 정부는 경기침체가 농식품 부문에 미치는 영향을 완화시키기 위해 수입경쟁분야에 많은 투자
 - 농업 투입재의 수입 의존도를 낮추기 위해 종자 생산 및 육종 개발에 투자
 - 보조금의 왜곡된 사용 등은 정책목표 달성에 악영향을 미치고 있으며 농업경쟁력의 실질적이고 지속적인 향상을 위해서는 연구개발, 기반시설 확충 등 장기적인 투자가 필요



[그림 2-900] 러시아 농식품 자급률 전망

출처: EU Agricultural Outlook: Prospects for EU agricultural markets and income
2015-25 European Commission DG Agri December 2015.

(다) 스마트팜 시장

1) 일반 현황 및 전망

□ 러시아 전체 현황 및 전망

- 러시아 스마트 팜(스마트 농업, Smart Agriculture) 시장은 2014~2017년 동안 연간 16% 성장하고 있으며, 러시아의 스마트농업은 아직 초기 수준이며, 전체 농업의 5~10%만이 스마트 농업 기술을 사용
 - 러시아 농업부에 따르면, 2018년 러시아는 농업의 디지털화 분야에서 세계 15위를 차지했으며 산업 정보와 컴퓨터 기술 시장은 3천 6백억 루블로 추정
 - 스마트팜 기술을 도입한 러시아 기업은 전체 농업 기업의 1% 수준이며, 1591개 농업기업들이 고려 중
- 러시아에서는 디지털 농업을 통해 산업 생산성을 높이는 기술의 개발과 적용을 가속화하는 것이 시급한 과제
 - 러시아 중앙정부는 수입대체화 정책과 함께 지난 3년 동안 스마트 농업에 대한 지원정책을 수시로 발표

- 농산물 수입 대체화 정책으로 농업생산성이 높아지고, 국내 농산물 생산이 증가하여 농산물 및 식물 수입대체화가 가장 빠르게 이루어지고 있음에도 불구하고, 생산성이 기타 선진국보다 떨어지는 편
 - 2015년 기준 러시아 농민 1인당 생산량 총액은 약 8천달러가량인데 비해 독일은 2만 4천달러, 미국은 19만 5천 달러
 - 러시아 농업 생산성 증가율 : 2015년 2.6%, 2016년 4.8%, 2017년 3.1% 성장, 다만 2018년 0.6% 감소
 - 러시아 농업부는 2019년~21년 디지털 농업을 발표한 바 있으며, 러시아 주요 주에서는 스마트팜을 주정부 주도로 추진 중
 - 스마트팜을 가장 적극 추진중인 러시아 지역은 리페츠크(Lipet나)지역이며, 오를(Oryal)과 사마라(Samara) 지역도 선도 중
 - 러시아에서는 정밀농업, GPS, GIS, 감시.통제 시스템 등 모든 분야에서 기술을 개발 중이며 농업용 드론 또한 개발하고 있음
 - 스마트팜을 적극 고려 중인 러시아 농업 기업들이 꼽고 있는 유망분야는 농지네비게이션 시스템, 농토 샘플링 및 검사, 동력 시스템(무인차량 등) 등이며, 한편 축산업에서 가장 유망한 분야는 착유 로봇(Milking Robots)임.
 - 러시아 온실협회에 따르면, 러시아 내 1인당 온실 작물 소비량은 꾸준히 증가할 것으로 예상되고 있어 스마트 온실 등의 전망이 밝음
 - 수요대비 공급이 부족한 상황이며, 정부 지원을 비롯 러시아 내 자국 식자재에 대한 수요 증가로 온실 비즈니스는 당분간 성장할 것으로 예상
- 시베리아 지역 현황 및 전망 : 농업 디지털화 초기 단계
- 시베리아 연방관구 차원의 디지털 불평등 해소 노력
 - 시베리아 지역의 경우 스마트 농업은 초기 단계로, 이는 인터넷 인프라 구축이 농촌 지역까지 10% 완성되지 못했기 때문
 - 최근 시베리아에도 몇몇 스마트팜 개발업체가 있으며, 스마트 기술을 농업에서 도입하려는 움직임이 시작
 - 노보시비르스크의 경우, 약 500개 정도의 농업 관련 기업 중 120개사 정도만 스마트 농업관련 기술을 사용 중인 것으로 추산되며, 30여 개가 축산업 디지털 기술을 도입
- 극동러시아 지역 현황 및 전망 : 높은 관심 속 스마트팜 도입 노력
- 극동 러시아에서는 스마트 온실 분야를 중심으로 스마트팜 도입 중
 - 스마트팜 초기 단계로, 아직까지 전반적인 분야에서 스마트팜이 확산되지 않았지만, 스마트 온실 프로젝트가 추진되고 있음
 - 추진 중인 온실 프로젝트도 10개 이내로 러시아 내 다른 지역에 비해서는 상대적으로 아직 많지 않은 편
 - 극동개발 정책의 일환으로 스마트팜 지원
 - 극동개발정책 중 하나인 선도개발구역(ASEZ) 등의 지정을 통해 스마트팜을 지원
 - 선도개발구역 중 농축산업으로 특화된 곳은 연해주의 미하일롭스키, 아무르주의 벨로그르스크, 사할린주의 유즈나야, 유대인지치주의야무로 힌간스카야 등

2) 스마트팜 수요 동향 및 시장규모

□ 러시아 스마트팜 니즈

- 러시아 농업과 축산업에 스마트팜을 도입하게 되면 연간 생산성이 6.3% 개선

- 러시아 곡물 생산 비용은 톤당 6579.5루블(102달러)이며, 스마트팜을 도입하게 되면 톤당 5066.2루블(79.2달러)로 30% 비용 절감 효과
- 러시아 농업 IoT를 도입하게 되면 2025년까지 80억 달러 경제적 수익 창출 (PwC)
 - 러시아는 현재 스마트 농업의 도입단계이며, 전체 농업 기업의 5~10%가 스마트 농업 도입에 대한 의지가 있음
 - 러시아 농업기업의 0.05~5%만이 농업 IoT 기술을 받아들일 수 있다고 러시아 아그로피키컬 (Agrophysical) 조사기관은 최근 발표
- 러시아는 스마트팜 실현을 위해 정밀 농업(Precision Land Farming)이라는 현대화된 농업 기술이 소개된 상태
 - 1591개 농업 기업이 정밀 농업에 관심이 높으며, 정밀 농업을 도입하게 되는 농지는 약 751.1만 헥타르(7만5,100km²)
 - 정밀 농업 중 하나인 가축 모니터링 시스템 이용수가 가장 높은 곳은 라페츠크(Lipetsk), 레닌그라드(Leningrad) 지역도 선도중이며, 착유 로봇 도입은 칼루가(Kaluga) 지역이 선도중이며, 스베르들롭스크(Sverdlovsk) 지역도 수요가 높은 편
- 러시아 전반적으로 온실을 중심으로 스마트팜에 대한 니즈 확대
 - 선도 개발 구역 제도 활용을 통한 온실사업 활기
 - 일본4 비즈니스 포럼에서도 한국의 스마트 온실에 높은 관심을 보임
 - 극동헥타르와 연계한 소규모 사업자들의 스마트팜 수요 증가
 - 러시아 정부가 극동지역 인구 유입을 위해 추진 중인 농지 무상 배분 제도인 극동헥타르를 통해 토지를 확보하고 소규모 사업자들이 스마트팜을 시도
 - 러시아 국민이 신청할 경우 극동러시아에 1인당 1헥타르의 토지를 받을 수 있는 제도, 토지를 개발하고 생산물을 판매할 경우 5년간 사용 후 소유권을 인정받을 수 있음
- 시베리아 지역의 스마트팜에 대한 니즈
 - 스마트팜 관련 니즈가 크지는 않지만, 서서히 알려지는 상태
 - 축산 같은 경우에는 동물 상태 모니터링 시스템이 이미 사용되고 있으며, 다만 로봇의 경우 아직까지는 경제성 면에서 농업 대기업이 아니면 도입하기가 어려운 실정
- 스마트 농업 시장규모
 - 그랜드 뷰(Grand View) 연구소에 따르면, 2017년도 기준 러시아 스마트 농업 시장 규모는 2억 2180만 달러
 - 2014년 기준 1억 4970만 달러였으며, 2017년까지 48% 성장
 - 2017년 기준 러시아 스마트 농업의 세계 시장 비중은 1.2%
 - 러시아 농작물 경작 농지는 8천만 헥타르이며, 이 중 5~10%만이 스마트 기술력 도입
- 3) 스마트팜 관련 기업 동향
 - 현지 기업 동향
 - 러시아 스마트 농업과 관련 있는 현지 기업 수는 180개 이상
 - 스마트 농업 관련 솔루션 디자인 회사들은 대부분 스콜코보 혁신단지(모스크바 소재)에 등록되어 있으며, 연구개발특구진흥재단(타타르스탄 소재)에도 스마트 농업 관련 회사들이 등록된 것으로 파악

- 러시아 스마트 농업 관련 현지 기업들이 추구하는 기술력은 무인 농업운송기기, 드론, IoT, 동력전달장치(Parallel Driving), 원격 모니터링 및 네비게이션 장착 농업운송기계, GIS, 자동 초목 시스템(Automated Vegetation), 토지 샘플링, RFID 등임

□ 주요 기업

- 러시아 스마트 농업기기는 무인 트랙터, 드론, 무인 조정을 위한 네비게이션 및 통신장비 확충에 집중되어 있음
 - 코그니티브 테크놀로지(Cognitive Technologies) 사는 2014년부터 라잔 지역에서 무인트랙터 아그로봇(AgroBot)을 개발, 시험 운영중이며, Rostselmach사와 협력해 러시아 로스토프나도누에서 무인 트랙터 및 수확기 등의 농업 기계 시험 운영 중
 - 농기계 원격 시스템을 개발하는 Roselectronics사는 Rostselmach사와 협력해 농기계의 원격 제어설비에 필요한 작동 제어 시스템 개발
- 드론은 스마트팜 구축의 핵심제품 중 하나로 시험단계를 넘어 운영 단계로 진입
 - B-pla사는 노보시비르스크 지역을 중심으로 토지 측량 등 농업 및 도로, 수로 인프라 구축에 사용되는 드론을 2년간 테스트 운영
 - Geoscan사는 전문 항공사진 개발업체로 Agisoft Photoscan 등의 소프트웨어를 개발했으며, 해당 업체의 제품은 주로 농경지 촬영 및 농경지 지도 제작 등에 활용
- 농업 클라우드 등이 농업분야 사물인터넷(IoTAg)은 2016년 러시아의 IoT 프로젝트 중 6%를 차지
 - ISBC 그룹은 켈레노그라드 지역에서 RFID(스마트 태그) 기술을 스마트팜에 접목해 테스트하고 있으며, Strizh Telematics사는 농업 원격제어 및 감시 시스템을 개발해 벨고로드 지역에서 테스트 중
- 시베리아 주요 기업
 - 시베리아 스마트팜 프로젝트 중에 제일 널리 알려진 것은 아이팜(iFarm) 및 오버 그로워(Over Grower)라는 시티팜임
 - 가장 스티어링 장치 전문 업체로는 Bepilotnye tehnologii(노보시비르스크), AeroTechAgro(노보시비르스크), Aerosoyuz(노보시비르스크) 등이 있음

기업명 (웹사이트)	보고/대표 기술	내용
Rostselmach (rostselmach.com/)	 농기계용 원격 모니터링(텔레메이커) 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 로스토프나도주 소재 • 농업 수확기, 트랙터, 토지 경작 견인 장치 등의 러시아 유명 제조 회사 • 농기계용 Agrotronic 원격 모니터링 및 원격 측정 시스템 설계 회사로 알려져 있음 • 온라인 제어가 가능한 시스템 • 원격 모니터링 시스템의 주요 부품: 차량 컴퓨터용 GPRS 모듈, SIM카드, SD 메모리 카드, GLONASS/GPRS 외부 안테나
"Panorama" Design Bureau CJSC (gisinfo.ru/)	 GIS	<ul style="list-style-type: none"> • 모스크바 소재 • GIS 솔루션을 설계하여 토지 관리, 대지 측량, 맵핑, 농업, 공중 항공 등에 도입하는 대형 회사 • 제품 라인 내 농업용 10개 소프트웨어 솔루션 • GIS Panorama Agro: 기본 GIS 솔루션 (토지 회계, 토양 비옥도 데이터베이스, 토지 경작 계획, 현장/작물 모니터링 등) • 그 밖의 솔루션: GIS Auto Panorama (농기계 및 차량용 GPRS/GLONASS 기반의 모니터링), Agrarian Company의 GIS Panorama, Agrarian Holding Company의 GIS Panorama 등
ERA NT (era-nt.ru/)	 자동화 농작물 조육 (Vegetation of Crops)	<ul style="list-style-type: none"> • 살균제 및 성장 촉진제의 정확한 사용, 작물지의 정확한 포지셔닝, 전자장 맵핑 및 작업 오류 방지에 유용한 TREK 소프트웨어 포지셔닝 시스템

기업명 (웹사이트)	보고/대표 기술	내용
코그니티브 테크놀로지(Cog nitive Technologies) (www.cognitive.ru/)	 자동 농업 기계	<ul style="list-style-type: none"> • 모스크바 소재 소프트웨어 회사 • 기업 비즈니스 어플 및 인공 지능(AI) 기반의 선진 운전자 보조 시스템 개발 • 2016년, 러시아 최초 무인 곡물 트랙터 시제품 개발 • 2018년 9월, 라잔 지역에서 "아그로봇(AgroBot)"이라는 자동 트랙터의 테스트 작물 시작 (Avrora Robotics LLC와의 협력으로 설계) • 2016년 8월, 곡물 및 사료 수확기, 트랙터, 스프레이어, 사료 작물 수확 기구 및 곡물 가공 장비 등의 국내 제조업자인 Rostselmach 회사와의 협력으로 로스토프나도주 지역에서 무인 수확기의 첫 현장 테스트 진행 • Cognitive Agro Pilot 자동 조종 시스템을 장비한 R&D 모델 수확기 (RSM 181 TORUM) 개발 • 2017년 4월, 수확기용 컴퓨터 시각 기술 (branded "C-Pilot") 발표
Geoscan (www.geoscan.aero/)	 드론	<ul style="list-style-type: none"> • 상트페테르부르크 소재 • 전문 항공 영상 시스템, Agisoft Photoscan 사진 측량 소프트웨어 및 공간 데이터 시각화 등의 개발 및 제조 회사 • 농경지 목록, 현장 전자지도 제작 • 장비 모니터링, 작물 및 들판 상태(condition of crops and fields under pairs), NDVI 및 기타 지표 계산 • 농업 활동 지원 및 규제
Strich Telematics (strich.tech/)	 사물인터넷	<ul style="list-style-type: none"> • 모스크바 소재 • 사물인터넷용 고효율 에너지 센서 및 LPWAN (저전력 광역 네트워크) 장치를 기반으로 한 무선 솔루션의 설계 및 제조 회사 • 2014년부터 하우징, 보안, 스마트 시티 및 농업용 원격측정 시스템 개발 중 • 벨고로드 지역에서 원거리 모니터링을 통해 사탕무의 온도를 측정하는 시범 프로젝트 진행
KSM-Intech LLC (www.ksmintech.ru/)	 Parallel Driving	<ul style="list-style-type: none"> • 타타르스탄 소재 • 정밀농업 시스템 설계 및 제조 회사 • 제품 라인에 속한 두 개의 평행구동 솔루션 ("COMMANDER" 및 "Atlas 730") • 트랙터 (부가 장치 또는 견인 장치 포함) 및 기타 자체 추진 기계가 올바르게 작동하여 사전 결정된 토지를 따라 흙과 갈라없이 정확하게 이동할 수 있도록 설계됨

[그림 2-901] 러시아 스마트 농업 관련 대표적인 기업현황

4) 스마트팜 주요 분야별 시장

□ 정밀 농업

○ 관련 농업의 러시아 시장 구조

- (최종소비자) 러시아 대기업(대규모 농장운영)과 중견기업
- (공급기업)
- (현지기업) 코그니티브 테크놀로지(Cognitive Technologies)사, 지오스캔(Geoscan)사, KSM-intech LLC 등
- (외국계 파트너) AGCO(미국), John Deere(미국), AG leader(미국), Trimble inc.(미국), Mueller-Elektronik(독일) 등

기업명	웹사이트	관심분야	비고
코그니티브 테크놀로지 (Cognitive Technologies)	www.cognitive.ru	무인 농기계	기업 비즈니스 어플리케이션, AI 기반 선진 운전자 보조 시스템을 개발하는 소프트웨어 회사
KSM-Intech LLC	www.ksm-intech.ru	평행 구동	정밀 농업 시스템 설계 및 제조 회사
AGCO	agco-rm.ru	정밀 농업	정밀 토지 경작을 위한 퓨즈(Fuse) 기술
Ag Leader	www.labsolut.ru	정밀 농업	평행 구동, 정밀 조종, 자동 조종, 수확량 맵핑, 자동 분무, 정밀 파종

[그림 2-902] 정밀농업 주요 기업

□ 주요 비즈니스 모델

○ Ag Leader (미국)

- 러시아에는 지사가 없으나, 독점 유통사 (Labsolut)를 통해 스마트농업 응용기술 개발 디자인으로 활동 중으로 러시아 전체에 13개 딜러망을 구축하고 있으며 웹사이트도 운영 중
- * 딜러망 지역 : Baranul, Volgograd, Rowstov-on-Don, Krasnodar Uta 등

○ AGCO (미국)

- 모스크바에 CIS 지역 본부(AGCO RM LLC)를 두고 있고, Fuse Technologies라는 브랜드명으로 농업기계와 함께 스마트팜 응용기술 개발 중
- 러시아 50개 지역을 커버하는 16개 딜러 및 유통망, 온라인 활동

○ Mueller-Elektroik (독일)

- 러시아에는 지사나 대표사무소가 없으나, 전통적으로 동력 전달장치와 자동조타 기술로 러시아에 인지도 있는 기업
- 볼고그라드의 Poletechnika와 크라스노다르의 아그로-소프트 통합 시스템이 대표적인 딜러 기업임
- * 아그로소프트사는 스마트농업 정보공유를 위해 엔지니어링 서비스 제공중이며, 랜드 데이터 유료소프트(Land-Data Eurosoft)의 독점 유통사임

○ DunavNET (세르비아)

- 스마트농업 IoT 솔루션 개발사로 러시아에는 지사나 대표사무소가 없으나 러시아 Alan 그룹의 Alan IT사와 2017년부터 파트너십 구축
- 솔루션은 생산과정을 디지털화하여 생산성 제고 및 상품화 과정까지 관리
- Alan사는 NunavNet사의 러시아 독점 파트너사이나, CISCO, ABBYY, Symantec, HP 등의 외국계 벤더사들과 파트너십을 구축

□ 수직 농장

○ 시장 동향 및 전망

- 러시아에서는 주로 식당 주인들이 수직농장에 관심을 가지며, 농민들은 아직 농지의 부족함을 느끼지 않아 오히려 토지를 비옥하게 만드는 기술연구에 관심
- 지역적으로는 모스크바와 상트페테르부르크의 인구 밀집 지역에서 수직 농장의 잠재력이 있을 것으로 전망되며, 북쪽의 대도시인 노릴스크 및 무르만스크와 일부 전기세가 저렴한 지역에 수직농장 보급이 가능할 것으로 판단
- 도시농장을 만들고 운영하는 것은 비용이 많이 들기 때문에 현재 수직농장은 주로 야채 재배에 사용되며, 과일과 작물 재배는 수익성이 없음
- 기술은 개발단계에 있으며, 생산비용을 절감할 방법을 연구 중

기업명	웹사이트	관심분야
UrbaniEco	urbanieco.com, urbaneico.ru, urbanifarm.ru, localroots.ru	수경법 장비, 자동 수직농장
iFarm	ifarmproject.ru	수직농장
Agrorus	eliotec.ru	수직농장, 채소 생산
RusEco	ruseco.ru	수직 농장에서의 채소 생산

[그림 2-903] 수직 농장 주요 기업

□ 대표기업 및 비즈니스 모델

○ 어바니에코(UrbaniEco)

- 사업영역 : 로컬 루츠(Local Roots)라는 브랜드로 허브 재배 및 판매, 도시농장 건설, 도시 농민들을 위한 온라인 학교 운영
- 개발 및 자금 조달 : 도시 농장을 위한 교육 프로젝트 어바니에코 도시농장 학교(UrbaniEco City Farming School)로 시작하였고, 2018년 틸테크 자본 기금(TilTech Capital Fund)으로부터 투자를 받기 위해 VkusVill과 제품 공급계약을 맺었고, 이후에 틸테크 자본 기금으로부터 9만 5천 달러의 투자를 받음

○ 아이팜(iFarm)

- 사업영역 : 수직농장과 온실 건설
- 개발 및 자금조달 : 2017년 노보시비르스크에 1백 제곱미터 면적의 온실을 건설하였으며, 농경학자, 난방 시스템 전문가가 팀으로 작업하고 있으며, 초반에는 자체적으로 조달한 자금으로 시작하였으며, 이후 미국 벤처캐피탈기업으로부터 투자 자금 확보
 - * 자사 식료품점의 조미료와 소스에 들어가는 식물의 5%를 재배하고 있으며, 제품의 가격은 1천 제곱미터에 약 40만 유로이며, 이규모의 농장은 연간 30~40톤의 작물을 생산

□ 스마트 온실

- 러시아는 2015년부터 서방 농산물 수입을 제재했고, 이는 러시아 기업의 자생력 강화로 이어져 급속도로 농업이 발전함. 2020년까지 러시아 정부는 농경지 면적을 24.8% 이상 확장할 계획
- 2017년 러시아의 온실 총 면적은 전년대비 200헥타르 이상(10%) 증가한 2600헥타르였으며, 2020년까지 약 3200헥타르로 확대 전망
 - 러시아 온실협회에 따르면 2017년 러시아 온실에서 93만 톤의 작물이 수확됨.
- 러시아 온실 농업으로 가장 많이 수확하는 작물은 오이로 전체의 66%를 차지하며 토마토(31%), 그 외 작물(3%)로 구성됨.

- 3~11월 러시아의 오이 자급률은 90~95%지만 그 외의 기간에는 50% 이상 수입에 의존하며, 토마토 또한 제철이 아닌 시기에는 75~80% 수입에 의존
- 2013~2014년 러시아는 100만 톤의 오이와 토마토를 수입했으나 2016년에는 58만 톤으로 42% 감소



[그림 2-904] 오이 생산 및 수입 변화

- 러시아 내 온실 농업이 가장 활성화된 지역은 쿠반으로 230헥타르의 온실 농장이 구축
 - '마그니트'의 자회사인 '그린 라인'이 83헥타르의 온실을 쿠반에서 운영 중이며, 해당 온실은 오이 재배에 사용되고 있음.
 - 쿠반의 온실은 오이 재배 55%, 토마토 재배 35%, 그 외 작물 및 꽃이 나머지를 차지하고 있음.
- 러시아 스마트 농업기기는 크게 무인 트랙터, 드론, 무인 조종을 위한 내비게이션 및 통신장비 확충에 집중돼 있음.
 - 무인 트랙터, 수확기 외에도 기계 학습, 인공 지능, 블록 체인, 개방형 데이터 등이 응용된 스마트 농업 분야가 있으나, 러시아는 현재 장비 측면에 편중돼 있음.
- 투자 동향
 - Lipetsk-Agro', 'Dolina 야채'가 리페츠크 주에 오이와 토마토 재배를 목적으로 한 40헥타르 규모의 온실 프로젝트 진행하고 있음.
 - 그 외에도 톨마초보, 야로슬라브 등의 지역에서 온실 프로젝트 진행 중

기업명	지역	수확량	웹 사이트
Yuzhny	Karachaevo-Cherkessiya	50	http://ahstep.ru/yuzhny-zgrakombinat
Lipetsk-Agro	Lipetsk-region	45	http://tklipagro.ru/
Zelyonye Linii(Green Lines)/Magnit	Krasnodar Krai-region	40	-
Stavropol Vegetables/Eco-Culture	Stavropol Krai-region	34	http://aph-ecoculture.ru/
Maisky	Tatarstan	32	https://maiski.ru/#main_page
Agro-Invest/Avilon	Kaluga-region	25	http://agroinvest.com/
Moskovsky	Moscow-region	18	http://www.mosagro.ru/
Teplichny	Krasnodar-region	18	http://teplichny.com/
Voborzhets	Leningrad-region	17	http://vyborzec.ru/
Teplichnoye	Mordovia	15	http://www.tkrm.ru/

[그림 2-905] 러시아 기업 온실 투자 지역 및 온실 수확량

- 무인 농업기계에 대한 투자로 무인 트랙터, 무인 수확기 등의 기계에 사용되는 내비게이션 및 작동 제어 시스템 개발 활성화

- Cognitive Technologies사는 2014년부터 라잔 지역에서 무인 트랙터 AgroBot을 개발 및 시험 운영
- 2016년 Cognitive Technologies사는 Rostselmach사와 협력해 러시아 로스토프 온 돈 지역에 무인 트랙터 및 수확기 등의 농업 기계 시험 운영
- 농기계 원격 시스템을 개발하는 Roselectronics사는 Rostselmach사와 협력해 농기계의 원격 제어설비에 필요한 작동 제어 시스템 개발
- 드론은 스마트 팜 구축의 핵심제품 중 하나로 시험단계를 넘어 운영 단계로 들어섬.
- B-pla사는 노보시비르스크 지역을 중심으로 토지 측량 등 농업 및 도로, 수로 인프라 구축에 사용되는 드론을 2년간 테스트 운영
- Geoscan사는 전문 항공사진 개발업체로 Agisoft Photoscan 등의 소프트웨어를 개발했으며, 해당 업체의 제품은 주로 농경지 촬영 및 농경지 지도 제작 등에 활용
- 농업 클라우드 등의 농업분야 사물인터넷(IoTAg)은 2016년 러시아의 IoT 프로젝트 중 6%를 차지
- ISBC 그룹은 켈레노그라드 지역에서 RFID(스마트 태그) 기술을 스마트 팜에 접목해 테스트
- Strizh Telematics사는 농업 원격 제어 및 감시 시스템을 개발해 벨고로드 지역에서 테스트 중

(라) 러시아 식품 산업 시장

□ 러시아 식품 산업 특성

- 러시아 식품산업은 러시아 산업생산 중 14%를 차지, 철강 및 연료(석유,가스,석탄 채굴 및 가공) 산업 다음으로 생산 비중이 높은 산업임.
 - 식품산업 고용 노동자수는 119만명, 그 중 유제품 및 치즈 생산 분야가 17%로 가장 많으며, 그 다음으로 정육업(13%), 수산업(7%)이 뒤를 잇고 있음.
 - 러시아 식품산업은 러시아 국내는 물론 CIS 시장을 타깃으로 하고 있어 판매 시장이 매우 큼.
- 러시아 정부의 식품산업 관련 정책
 - 2020년 식품 가공 산업 확대 전략
 - (배경) 2010 년 러시아당국은 국내 식품 안정성 확보 및 생산 확대 정책 수립. 이와 연계 2012년 러시아 당국은 '2020년 식품 가공 산업 확대 전략'을 수립
 - (목표) 2020년까지 곡물 95%, 설탕 80%, 육류 85%, 채소 및 식용기름 80%, 감자 95%, 유제품 90% 이상을 러시아 국내산으로 공급 계획
 - (현황) 2014년 서방의 대러경제제재에 대한 맞대응으로 유럽 등의 농축산 제품 수입을 금지하면서 러시아 식품가공산업 확대 전략도 탄력을 받음.
- 러시아 정부의 지원
 - 러시아 정부는 2017년 1월 1일부로, 식품생산 및 가공기업에 대해 대출 이자율을 5% 이하로 낮춰 주었음.
 - 이자율 인하에 따른 은행의 손실은 국가 보조금으로 지원하고 있음.
 - '2020년 식품 가공 산업 확대 전략'하에 농업 협동조합에 대해 재배·보관·가공 시설 확대 및 개선작업 등에 선정절차를 통해 한시적으로 최대 7천만 루블의 국가보조금을 지급하고 있음.
- 주요 이슈
 - 시아 주요 유업 및 제과 기업은 상당부분 외국(미국 등) 기업에 인수합병, 운영되고 있음.
 - 반면, 수산물가공업, 과일 및 매소 가공업, 육류 및 유지가공업, 빵류 및 과자류 공업의 경우에는 러시아 기업의 비중이 커지고 있음

□ 산업의 수급 현황

- 최근 3년간 러시아 식품산업 생산능력지수는 최근 3년간 매년 증가하고 있음.
 - 전년대비 2018년에는 +4.9%, 2017년 +5.6%, 2016년 +2.4% 증가하였음
 - 2014년부터 유럽 등의 식품 수입 금지 조치가 이어지면서 수입대체로 식품 산업이 발전하였기 때문.
- 러시아 식품산업 부문별 시장 규모
 - 2017년 기준으로 부문별 시장 규모는 육류가공업이 1위이며, 유지공업이 2위, 유업이 3위임.
 - 매출액 증가율로 유지공업이 1위(+11.6%), 빵류 및 과자류가 2위(+10.7%), 유업이 3위(+9.7%)를 차지했음.

순위	분야	2017년	2016년	2017/16 매출액 증감률(%)
1	육류가공업	1,090	1,067	+3.5
2	유지공업	905	787	+11.6
3	유업	815	748	+9.7
4	제과공업	790	746	+9.3
5	수산물 가공업	371	344	+8.1
6	빵류 및 과자류공업	302	285	+10.7
7	과일 및 채소 가공업	217	208	+5.9

[그림 2-906] 2016-2017 주요 부문별 시장 규모 (단위 : 10억루블)

출처 : 2016/17 러시아 통계청, 관세청 자료 종합

- 러시아 정부는 2014년 후 서방의 경제 제재에 대응해 수입 대체 정책을 표방, 식품산업의 각종 분야에서 실질적 성과를 거두고 있음.
 - 2018년말 기준 러시아 식품시장에서 수입산 비율은 25%로 2014년 대비 약 10% 포인트 가량 떨어졌음.
 - 고기류의 경우, 돼지고기가 사실상 러시아 국내산으로 대체됨 (2018년말 기준, 돼지고기 수입 규모 17년 대비 -78.9%를 기록)
 - 유제품은 소련해체 후 벨라루스로부터 많이 수입하였으나, 최근 들어 러시아 국내 기업들이 유제품 생산에 많이 투자하면서 성장세를 이어나가고 있음.
 - 농기구 현대화로 밀, 호밀, 귀리, 쌀, 옥수수, 보리 등 각종 곡물생산량 또한 늘어나고 있음.

식품명	수입규모 (백만달러)	2017년 대비 증감률
고기류	2,066	-22.7%
수산물	1,802	+10.8%
유제품	2,335	-11.2%
채소	1,843	+2.7%
과일 및 견과류	5,077	+8.5%
곡물	328	-8.5%
유지류	1,340	+10.6%
설탕	406	+1.2%
주류	2,682	+7.6%

[그림 2-907] 2018년 주요 식품 규모

(마) 스마트 농업 관련 정부정책

□ 푸드넷(FoodNet) 프로그램 추진

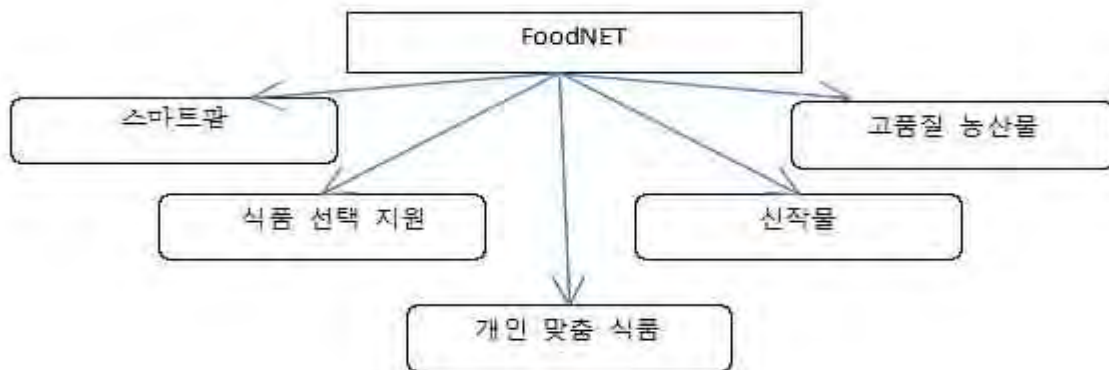
- 러시아가 2016년 4월 발표한 2035년 국가 기술 구상 이행(정부령 317호)에 스마트 팜에 대한 내용이 포함됨.

지원 기구	역할	웹사이트
전략 이니셔티브 에이전시(ASI), 자치 비상업기구	- 국가 기술의 장기 전략 수립 (스마트팜 포함) - 로드맵 수립 및 프로그램 개발	https://asi.ru/
러시아 벤처 컴퍼니(RVC)	- 국가 기술에 계재된 프로젝트 실행	http://www.rvc.ru

[그림 2-908] 2035년 국가 기술 구상 이행

출처 : 러시아 연방 정부령 317호

- 2035 국가 기술 구상 이행에서 농업 관련 분야로 FoodNet(작물과 영양)과 AeroNet(드론) 언급
 - FoodNet은 작물 정보, 식품 정보, 영양 정보 등을 포함하는 DB로 소비자 개인에 맞는 농산품 정보를 제공하는 프로젝트
 - 현재 FoodNet의 일환으로 Skoltech사가 650만 달러 규모의 데이터 구축 프로젝트 진행
- 푸드넷(FoodNet)의 추진 목적은 고품질 올가닉 식품, 신규 원부자재 창출, 고객 맞춤형 식품 개발, 소비자 권리 확대, 스마트 농업 추진이며, 이 밖에 부수적으로는 IT 솔루션을 통한 물류유통 개선, 러시아 신종 가축 도입, 신규 에너지(바이오매스 등) 개발 등도 포함



[그림 2-909] FoodNet 구성 로드맵

(출처 : KOTRA 모스크바 무역관)

- 디지털 농업(Digital Agrculture) 국가 프로젝트
 - 러시아 농업부는 2019년부터 2024년까지 시행될 계획인 디지털 농업 프로젝트를 개발
 - 농업 분야의 IT 혁신을 통해 생산비용 절감 · 투자 증가 · 의사결정 지능화 · 생산과정 자동화 · 일자리 창출 등이 가능할 것으로 예상됨
 - 농업부에 의하면 2024년까지 수출을 위한 모든 농산품에는 밭에서 항구까지(from field to port)라는 디지털 추적 시스템이 도입될 것이며, 국가 내에서는 밭에서 계산대까지(from field to counter)라는 통제 시스템이 실행될 것임
 - 각 지역의 위치, 상태, 실제 사용법을 포함한 정보가 담긴 농지 통합 정보시스템(EFIS CHF)이 구축될 것임
 - 농업 분야에서는 디지털 제품 개발과 국내 IT 솔루션이 대규모 참여가 계획되어 있음
 - 디지털 제품에는 스마트팜, 스마트 필드, 스마트 온실, 스마트 프로세싱, 스마트 농업 융합 등이 있으며, 이 분야에서 혁신적이고 통합된 기술이 적용될 것임



[그림 2-910] 주요 농업시설 디지털라이제이션 개념도

- 2021년까지 54개 디지털 농업 전문 및 훈련 센터 구축 계획
 - 디지털 전문기관 설립은 러시아 농업 디지털라이제이션 프로젝트 추진 동력 구축 일환으로, 5만명 이상의 전문인력 확보 예정
 - 전문기관들은 250개 디지털 농업 시범사업(Experimental digital farming) 추진 예정
- 기타 농업 분야 지원정책
 - 2014년 서방의 경제제재에 대한 맞대응으로 서방산 식품 수입을 금지하면서 자국산 농산물 생산증대를 위해 농기계 구입비용 저리 용자, 토지 무상 임대 등 다양한 지원책 추진
 - 2019년 현재 소규모 농축산업자들에 대한 지원은 크게 2가지가 시행중

프로그램명		지원금	내용
초보농부 프로그램	농장 현대화	1.5~3백만 루블	<ul style="list-style-type: none"> • 토지, 가축, 운송수단 및 장비 구입 • 농장 확대를 위한 추가 건물 설계 • 농장 시설을 보강 및 수리 • 종자 및 비료 구입 • 수도, 전력 공급 등 개선작업
	생활여건 개선	최대 25만 루블	<ul style="list-style-type: none"> • 트럭 또는 주택 구입, 주택 공사 • 기존 부동산 대출 상환금으로 사용 • 수도, 전력 등 공급
가축 목축농장 프로그램		최소 3백만 루블, ~ 최대 3천만 루블	<ul style="list-style-type: none"> • 지원액은 지역에 따라 상이 • 국가 지원금은 총 비용의 60%이하야 하며, 나머지 40%이상은 개인 부담 (그 중 최소 10%는 개인자금, 30%는 은행대출도 가능)

[그림 2-911] 소규모 농축산업자 지원 프로그램

- 스마트팜 관련 지역 정부 정책
 - 시베리아의 주요 주 정부는 스마트팜의 중요성을 인지하고 일부 프로젝트를 지원 중
 - 특히 알타이 지역과 케메로보주는 농업 디지털화 시범지역으로 선정
 - 시베리아 연방관구 내에서 가장 큰 농업지역인 알타이 지역의 경우, 향후 3년내로 전 농업지역에서

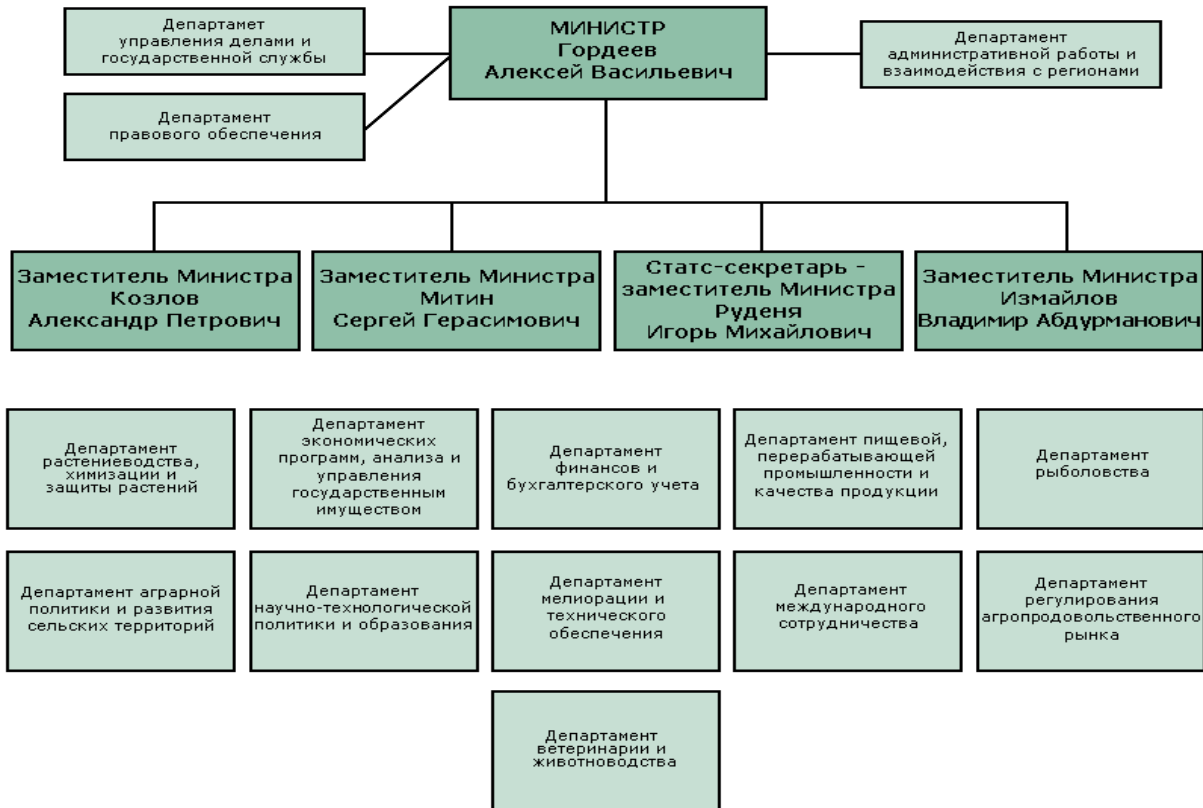
인터넷망 구축을 완료한다는 계획

(바) 유관기관 및 기업 현황

□ 유관기관

○ 러시아 농업부

- 농업정책 및 농촌개발과
- 부서 현황 : 토지 관계부, 농촌 인프라 개발부, 농촌 개발부, 소규모 형태의 관리 및 공공 기관과의 상호 작용 개발 부서로 구성
- 주요 활동 내용 : 부서 규정, 입법 활동에 관한 최신 정보, 러시아 정부의 농식품 정책 입안, 토지 관계 개선, 지속가능한 농촌 개발, 농촌 사회 개발, 중소기업·농업·농업협력 및 개인 자회사 플롯 개발 등
- 러시아 정부의 농식품 정책 (회의에서 승인, 러시아 정부 연맹 7월 27일 2000g. (프로토콜 No. 25)
- 러시아 연방 정부의 농식품 정책의 주요 방향



[그림 2-912] 러시아의 농업기관 조직

○ 러시아 농업아카데미 극동과학센터 - 연해주 농업과학 연구소

- 연해주 우수리스크군 짜미라제프카 마을에 위치하며, 3개의 기관이 업무를 수행
- 정식명칭은 러시아 농업과학 아카데미 국립과학기관 연해주 농업과학 연구소(약칭으로 연해주농업연구소 불림)
- 러시아 농업아카데미 극동 과학센터 : 극동지역의 농업 연구와 지도를 총괄하는 본부로 극동지역에 10개의 연구소와 3개의 시험장을 운영
- 소장 : 차이카 아나톨리 클리멘찌예비치(러시아 농업과학아카데미 원사)
- 부소장 : 에밀리아노프 알렉세이 니콜라예비치(농업학사 후보, 사료작물 전공)

- 연구소에서는 종자의 판매 및 농장들과 영농기술지원 협약을 체결하여 생산을 지원

Отдел экономики и организации в АПК 조직국	영농기업의 경제와
Лаборатория селекции сои	콩 육종 실험실
Лаборатория овощеводства	채소 실험실
Лаборатория селекции риса	벼 육종 실험실
Лаборатория селекции зерновых и крупяных культур 실험실	곡물과 알곡작물 육종
Лаборатория семеноводства	육종 실험실
Отдел земледелия и агрохимии	농학과 농업화학부
Отдел кормопроизводства	사료생산부
Отдел картофелеводства	감자농업부
Лаборатория сельскохозяйственной биотехнологии 실험실	농업 생물공학
Лаборатория селекции и первичного семеноводства кукурузы 실험실	옥수수 육종과 원종자
Приморская научно-исследовательская опытная станция риса (ГНУ ПримНИОС риса)	연해주 벼 과학실험장

[그림 2-913] 연해주 농업과학연구소 내 세부기구



[그림 2-914] 러시아 농업아카데미 극동과학센터 산하 연구소 지역별 현황

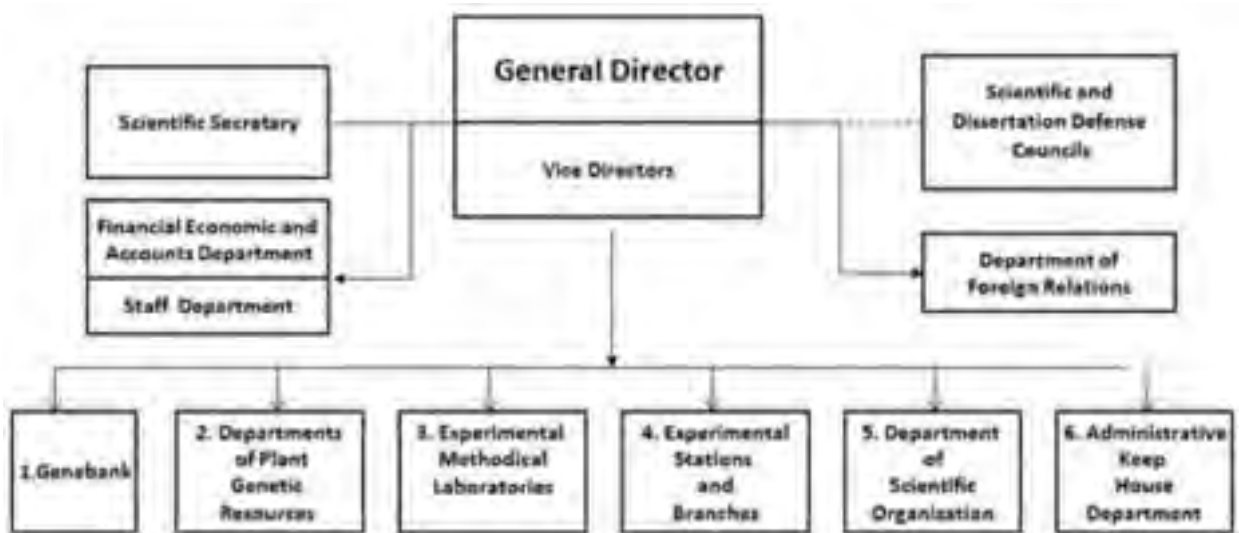
[표 2-366] 러시아 농업아카데미 극동과학센터 산하 연구소

지역	명칭	지역	명칭
극동 전체	러시아농업아카데미 극동과학센터	아무르주	극동 농업기계화와 전기화 기술 과학연구소
연해주	국립과학기관 연해주농업과학연구소	마가단주	마가단지역 북동 농업과학연구소
	국립과학기관 극동 작물보호 과학연구소	캄차트카주	캄차트카 농업과학연구소
	국립과학기관 전러시아 작물연구소 극동실험장	사할린주	사할린 농업과학연구소
	국립과학기관 전러시아 채소연구소 연해주 채소 실험장(아르ჟ문 옆 유리온실단지)	하바로프스 크주	극동 영농기업 경제, 조직, 계획 과학연구소
아무르주	전러시아 공 과학 연구소		극동 농업과학 연구소
	극동지역 수의과학 연구소		

- 러시아 바빌로프 식물산업연구소(N.I. Vavilov Research Institute of Plant Industry; VIR)
 - 식물유전자원의 Gene pool탐색과 유용유전자원 연구하는 VIR는 러시아내 뿐만 아니라 전 세계의 야생종, 재래종, 육성종을 대상으로 수집과 도입, 자원보존, 관리업무를 수행
 - VIR는 러시아 농업과학원(RAAS)산하의 독립연구소로 9개의 작목별로 나뉜 식물유전자원 부서, 13개의

기초연구부서, 12개의 지역시험연구소로 구성되어 있고, 420명의 연구인력과 380명의 관리직원들이 일하고 있음

- 식량작물 95,000점 사료작물 52,000점 등 총 320,000여점의 식물을 보유하고 있고, 260,000 품종을 보유하고 있는 허바리움은 보유한 유전자원과 함께 세계적인 규모임
- 작물별 전문가인 큐레이터 시스템으로 운영이 되므로 자원관리 일련의 과정은 모두 큐레이터를 통해 이루어짐
- 수집이나 도입된 자원은 먼저 등록과정을 거친 후 검역을 받게 되고, 큐레이터에 의해 1차 특성평가와 증식이 이루어진 후 2,3차 특성평가를 받게 됨
- 큐레이터에 의해 특성평가와 증식을 마친 자원은 분양을 통해 신품종 육성재료 또는 다른기관의 연구에 이용됨
- 유전자원의 장기보존은 러시아 Kuban지역 실험장의 -18도 저장고에서 이뤄지며, 약 20만점을 보존할 수 있음
- 1990.8.3 한국과 러시아는 식물유전자원 수집, 교환에 관한 양해각서를 체결
- 2005.8.17 러시아 바빌로프 식물산업연구소와 MOU 연장체결을 함으로써 1998년부터 현재까지 양국의 상호 유전자원 수집과 도입, 전문 연구자 교류가 지속적으로 이루어짐
- 국내 기술수준과의 비교 및 전망
- 향후 식물유전자원의 보고인 중앙아시아지역의 자원을 VIR와 함께 공동수집함으로써 우리나라의 기후변화에 대응할 유용유전자원을 확보 가능
- 중앙아시아 국가들과 긴밀한 관계를 유지하고 있는 러시아 식물 산업연구소와의 공동연구를 통해 중앙아시아 국가들과 협력관계를 구축 가능



[그림 2-915] 러시아 바빌로프 식물산업연구소 조직도

○ 기타 유관 기관

- 스마트팜 분야 러시아 유관기관

기관명	Ministry of Agriculture of Russia / 러시아 농업부
담당 부서	디지털 개발부 (Department of Digital Development), 농업 단지 내 국가 정보 자원 관리부 (State Information Resource Management in the Agrarian Industrial Complex)
홈페이지	old.mcx.ru/ministry/department/v7_show/963.htm
대표 연락처	Tel : +7-495-608-6000, +7-495-607-8000
	E-mail : info@mcx.ru, dit@mcx.ru
	주소 : 107139, Russia, Moscow, Orlikov Per., 1/11
비고	'디지털 농업' 프로젝트 로드맵 구현을 담당함
기관명	Analytical Center of the Ministry of Agriculture of Russia / 러시아 농업부 분석 센터
담당 부서	프로젝트 관리 부서 (Project Management Department)
홈페이지	mcxac.ru
대표 연락처	Tel : +7-495-777-1079
	E-mail : pr.ac@mcxac.ru
	주소 : 115035, Russia, Moscow, Pyatnitskaya Str., Bld. 14/10
비고	농업 분야의 기존 통계를 통합할 목적으로 설립된 러시아 연방 농업부 산하 조직이며, 주요 활동 영역은 정보 및 분석 지원과 농경지 모니터링 (농경지 사용 효율성에 대한 권고안 작성)임
기관명	Rural development department of the Administration of Tomsk region / 톰스크 지역 농업개발국
담당 부서	N/A
홈페이지	depagro.tomsk.gov.ru
대표 연락처	Tel. : +7-3822-909-211
	E-mail : sekretar@agro.tomsk.ru
	주소 : Russia, Tomsk, Pushkin str., 16/1
비고	톰스크 주 정부 차원에서 스마트농업 프로젝트를 다수 지원하고 있음
기관명	Agency of Strategic Initiatives / 전략 이니셔티브 에이전시
담당 부서	사장실 (C.E.O.'s Office)
홈페이지	asi.ru
대표 연락처	Tel. : +7-495-690-9129
	E-mail : asi@asi.ru
	주소 : Russia, 121099, Moscow, Ulitsa Novy Arbat str., 36
비고	▶ 푸틴 대통령이 이끄는 감독위원회와 함께 활동하는 정부 설립의 비영리 자치기구 ▶ 2035년 국가 기술 계획 관리 감독

- 스마트팜 분야 러시아 유관기관 (계속)


기관명	Agricultural cluster of Kemerovo region / 케메로보주 농업 클러스터
담당 부서	N/A
홈페이지	www.ksai.ru
대표 연락처	Tel. : +7-3842-73-43-59 E-mail : agrocluster@ksai.ru 주소 : Russia, Kemerovo
비고	케메로보주 농업 클러스터는 케메로보주의 농업 제품을 생산하는 업체의 협회이며, 케메로보주는 러시아 지역 중에 농업 디지털화할 시범지역으로 선정
기관명	Akadempark / 아카데미파크
담당 부서	바이오테크 프로젝트 부서
홈페이지	academpark.com
대표 연락처	Tel. : +7-383-344-93-13 E-mail : info@academpark.com 주소 : Russia, Novosibirsk, Nikolaeva str., 12
비고	▶Akadem park는 과학 및 비즈니스의 인프라를 바탕으로 첨단기술을 개발하고 발전시키는 종합 테크노파크임 ▶2006년에 노보시비르스크 시청과 러시아 과학 아카데미의 시베리아 지부와 연합해서 Akadem park를 설립했음 ▶Akadem park의 입주 업체는 주로 IT 기술, 나노재료, 계측장치, 바이오 기술 개발 업체들임
기관명	Skolkovo Ventures / 스콜코보 벤처스
담당 부서	벤처 펀드 부서
홈페이지	sk-venture.ru
대표 연락처	Tel. : +7-495-956-0033 E-mail : N/A 주소 : 121205, Russia, Moscow, Innovation Center Skolkovo, Technopark, Bolshoy Bulvar, Bld. 42/1
비고	▶벤처 펀드 관리, 프로젝트 개발 ▶어그테크 분야에 러시아 최초로 투자한 벤처 펀드 기업인 Agrotech Fund를 소유 ▶스콜코보 벤처스의 전략은 러시아 어그테크 기업에 대한 투자를 확대하는 것으로, 러시아에서 사업을 개발하는 외국 기업에게도 투자 제공
기관명	Russian Venture Company / 러시아 벤처 기업
담당 부서	사장실 (C.E.O.'s Office)
홈페이지	www.rvc.ru
대표 연락처	Tel. : +7-495-777-0104 E-mail : info@rvc.ru 주소 : Russia, 121205, Moscow, Skolkovo Innovation Center, Ulitsa Nabelya, str. 1
비고	▶벤처 시장 및 혁신 제품홍보에 힘쓰는 다른 기금을 위한 정부 설립의 예산지원 기금 ▶2035년 국가 기술 이니셔티브 프로젝트 담당

- 스마트 농업 (축산업) 분야 러시아 유관기관

기관명	Minister of Agriculture and Food of the Republic of Belarus / 벨라루스 농업식품부
담당 부서	Department of ICT
홈페이지	www.mshp.gov.by
대표 연락처	Tel. : +375-17-327-3751
	E-mail : kanc@mshp.gov.by
	주소 : st.Kirova,15, Minsk, Belarus
비고	▶ 벨라루스 내 농업(축산업) 분야 정책 총괄 중앙부처

- 육류가공 주요 현지기업


기업명	기업정보		제품 예시
Cherkizovo	웹사이트	https://www.cherkizovo.ru/	
	설립연도	2005년	
	본사 주소	107143, Permskaya 5, Moscow, Russia	
	대표 제품	육류가공 제품	
	판매규모	- 매출액: 90.5억 루블 (2017년) - 순이익: 10.4억 루블 (2019년)	
	특징	- 그룹사 - 가금류 농장 8곳 - 돼지 농장 15곳 - 사료공장 6곳 - 육류가공공장 6곳 보유 - 직원수: 2만명 (2016년)	

기업명	기업정보		제품 예시
Ostankino	웹사이트	https://omak.ru/	
	설립연도	1954년	
	본사 주소	Ogorodniy proezd 18, Moscow, Russia	
	대표 제품	육류가공 제품	
	판매규모	매출액: 32.3억 루블 (2014년)	
	특징	직원수: 9천명	

기업명	기업정보		제품 예시
Velikoyskiy Myasokombinat	웹사이트	http://www.idmk.spb.ru	
	설립연도	1944년	
	본사 주소	182111, Liteinaya 17, Velikie Lyki, Pskovskaya oblast, Russia	
	대표 제품	육류가공 제품	
	판매규모	매출액: 30.5억 루블 (2017년)	
	특징	직원수: 2만명 (2016년)	

- 유지분야 주요 현지 기업

기업명	기업정보		제품 예시
Mytishchinskiy Dairy Plant	웹사이트	http://www.pasmmz.ru/	
	설립연도	1924년	
	본사 주소	141009, Boyarinova 26, Mtishi, Moskovskaya oblast, Russia	
	대표 제품	버터, 마가린, 스프레드	
	판매규모	N/A	

기업명	기업정보		제품 예시
nmgk	웹사이트	https://www.nmgk.ru	
	설립연도	1898년	
	본사 주소	603950, Shosse Jirkombinata 11, Nizhniy Novgorod, Russia	
	대표 제품	버터, 마가린, 마요네즈, 유지 및 식품재료	
	판매규모	N/A	
	특징	일반인 대상 뿐만 아니라 제과기업, 평생산 기업을 상대로 판매	


- 유제품 주요 현지 기업

기업명	기업정보		제품 예시
Hochland	웹사이트	https://hochland.ru	
	설립연도	1927년	
	본사 주소	16-i poselok, Ramenskoj Agrohimstancii, Moskovskaya oblast, Russia	
	대표 제품	크림치즈	
	판매규모		
	특징	<ul style="list-style-type: none"> - 1990년대 러시아 진출 - 2000년 러시아내 공장 설립 - 현재 서부러시아(모스크바주, Belgorod, Penza주) 3개의 공장 보유 - 러시아 직원수 1000명 (2019년 기준) 	

- 과일 및 채소 가공업

기업명	기업정보		제품 예시
Bonduelle	웹사이트	https://bonduelle.ru	
	설립연도	1853년	
	본사 주소	러시아: Verhnyaya Krasnoselskaya 3, Moscow, Russia	
	대표 제품	채소 통조림	
	판매규모	순이익: 9.8백만 RUB (2013년 기준)	
	특징	- 1994년 러시아 진출 - 현재 Krasnodar주에 공장 2곳, Belgorod주에 공장 보유	

기업명	기업정보		제품 예시
Kspod	웹사이트	http://kspod.ru/	
	설립연도	1929년	
	본사 주소	243240, Lenina 26, Starodub, Bryanskaya oblast	
	대표 제품	육류, 채소, 육류+채소 반제품 통조림	
	판매규모	순이익: 2.9백만 RUB (2013년 기준)	

기업명	기업정보		제품 예시
SKK	웹사이트	http://www.skz.ru/	
	설립연도	1929년	
	본사 주소	353560, Grinya 5, Slavyansk na Kubani, Krasnodarskiy krai, Russia	
	대표 제품	채소 통조림	
	판매규모	순이익: 1.2백만 RUB (2013년 기준)	
	특징	- 2개의 브랜드로 식품 판매 - 24개의 대형 리테일러 브랜드 명으로 식품 생산 및 납품	

○ 온실제조/시공 관련 현지 기업 정보

기업 명칭	(노문) БудМирГрупп / (영문) BudMirGroup	홈페이지	promteplica.by
사업 분야	유리 온실 · 비닐 온실 제조/시공 및 관련 원부자재/설비 수입		
기업 개요	<ul style="list-style-type: none"> • 유리 온실 · 비닐 온실 관련 원부자재 등 제조기업, 자체 제조 불가 설비 등은 수입하고 있는 것으로 알려져 있음 • 민간 기업이며, 고객의 주문에 따라, 설계/시공을 진행하는 기업임 • 이탈리아 Da Ros Green Srl社 농기계 공식 딜러이며, 온실 내에 일부 설비는 Da Ros로부터 수입한 제품을 설치하고 있음  <p>자료원 : 동사 홈페이지</p>		
연락처	<ul style="list-style-type: none"> • 대표전화 : +375-23) 223-8888 • 대표메일 : budmir@list.ru • 본사주소 : Республика Беларусь, г. Гомель ул. Объездная,12 		

기업 명칭	(노문) ЛеоМаксГрупп / (영문) LEOMAX Group	홈페이지	leomax.by
사업 분야	건설 디자인/시공, 유리/비닐 온실 시공도 병행		
기업 개요	<ul style="list-style-type: none"> • 일반 건물 · 창고 · 철골구조물 등 건설에 특화된 기업인데, 농업시설 건설을 하면서 유리/비닐 온실 시공도 병행하고 있음 • 건축 자재 판매를 병행하고 있어, 온실 관련 원부자재/설비 판매 대항도 가능함 		
연락처	<ul style="list-style-type: none"> • 대표전화 : +375-17) 236-1305 • 대표메일 : info@leomax.by • 본사주소 : Республика Беларусь, г. Минск, пр. Победителей 103, офис 1001-1002 		

기업 명칭	(노문) Мадагаскар / (영문) MADAGASCAR	홈페이지	www.madagascar.by
사업 분야	건설 디자인/시공, 유리/비닐 온실 시공도 병행		
기업 개요	<ul style="list-style-type: none"> • 일반 건물 · 창고 · 철골구조물 등 건설에 특화된 기업인데, 농업시설 건설을 하면서 유리/비닐 온실 시공도 병행하고 있음 • VELUX, NORDLAND, TEGOLA 등 외국기업 제품의 딜러역할도 하고 있음 		
연락처	<ul style="list-style-type: none"> • 대표전화 : +375-17) 394-4404 • 대표메일 : ooo.madagascar@mail.ru • 본사주소 : Республика Беларусь, г. Минск, ул. Карвата, д. 31А 		

(2) 아랍에미리트 (UAE)

(가) 농업환경과 농산물 시장 동향

□ UAE의 농업환경과 식량수급 현황

○ 고온의 기후와 저조한 강우량

- 혹서기인 7~8월 하루 평균기온이 35°C이며 최고 기온은 48°C로 높아 노지 재배 가능한 작물의 종류가 제한적임.
- 연평균 강우량이 약 42mm로 매우 저조 (한국의 연평균 강우량 약 1,200mm)

○ 부족한 농토와 담수원

- UAE 전체 국토 면적 83,600km² 중 80%가량이 사막지대이며 경작 가능한 총 농지 면적은 전 국토의 0.4%에 불과
- 아울러, 전체 농지의 75%가 아부다비·샤르자·라스알카이마 3개 토후국에 밀집되어 있으나 아부다비를 제외한 2개 토후국 내 인터넷·통신 인프라가 원활하지 않아 ICT 인프라 활용이 요구되는 첨단농업 발전에 걸림돌이 되고 있음.
- 상술한 바와 같이 국토 대부분이 사막지대이며 해양과 접하고 있어 농업용수로 활용 가능한 담수원이 부족함.

○ 농산물에 대한 높은 수입도

- 외국인 유입과 지속적인 인구 증가로 주요 농산물의 소비량은 점차 증가하고 있음.
- UAE 내 자체 생산량만으로는 농수산물품 수급이 어려워 연간 소비되는 농산물의 80% 이상을 수입에 의존하고 있음.

□ 농산물 시장 동향

○ 척박한 기후 환경으로 인해 수입에 의존하는 농식품 시장 구조

- 전통적 농업은 UAE 내 알아인, 라살카이마, 푸제이라 등의 오아시스 지역 중심으로 진행
- 전체 소비하는 농식품의 80~90%를 수입에 의존
- 농식품 수출액 : 6,460 백만 달러 / 수입액 : 21,208백만 달러 (2017년 기준), 농업 부가가치 : 35.7억 달러, 전체 GDP의 1%
- 농촌 인구 : 1,389천 명, 전체 인구 중 약 13.9%, 농촌 경제활동 인구 1.6%

○ UAE 정부의 농식품 생산 확대를 위한 노력

- 현대적 농업 기술 개발 및 해외 인력 및 자원의 유치를 통한 농식품 생산 시장 확대 추진
- 해외 농업 기술 인재 초빙 및 해외 농업 기관과의 협업을 통한 농업 기술 혁신 추진
- 미래 농업 기술 발전을 위한 연구기관 활동을 위한 다양한 조직 구성
- 유기농 재배 장려를 위한 인센티브 및 마케팅 프로그램 운영

○ 주요 생산품목 및 생산규모

- 농산물 생산량은 2013년과 2017년 사이에 연평균 10% 증가되었으며 2021년까지 연평균 4.2% 성장세를 지속할 것으로 예상
- 경주용 말과 가축의 먹이로 사용되는 알팔파(자주개자리), 로드그라스 등이 전체 곡류 생산량의 약 80%를 차지
- 과일류는 2017년 9억 달러로 전체 UAE 농식품 시장 규모의 36%를 차지
- UAE 특산품인 대추 야자의 생산량은 전체 과일 생산량의 81% 차지

○ 딸기

- 미국산과 그리스산을 확인할 수 있었으며, 미국산은 250g, 450g의 소포장으로 유통되고 있었고 그리스산은 1kg의 트레이로 유통되고 있음
- 미국산이 그리스산보다 비싸게 판매되고 있었으며, 매장별로 가격은 다소 차이가 있음
- 미국산 250g : 17.5 AED, 450g : 21.9~28.95 AED, 그리스산 1kg : 27.95~33.5 AED
- UAE 현지산은 없으며, 고온환경 등으로 인하여 생산이 되지 않는 것으로 판단

○ 토마토

- UAE에서 생산되는 것과 네덜란드, 말레이시아, 튀니지, 모로코, 레바논, 프랑스, 세네갈, 스페인 등에서 수입되는 것이 판매되고 있음
- UAE에서 생산되는 유기농 토마토가 일반 토마토에 비해 높은 가격을 형성하고 있음
- 모로코, 말레이시아를 제외한 수입산의 경우 UAE산보다 높은 가격을 형성하고 있었으며, 품종별로는 체리 토마토가 일반 토마토보다 높은 가격을 형성하고 있음

○ 파프리카

- UAE 현지에서 생산되는 일반 파프리카는 단위무게당(1kg) 가격은 3.0~22.7 AED로 품질에 따라 가격 편차가 매우 큰 것으로 조사
- UAE 현지에서 생산되는 유기농 파프리카의 단위무게당(1kg) 가격은 30.0~58.3 AED로 매우 높게 형성.
- 수입산은 이란, 오만, 네덜란드 등에서 들어온 제품을 대형유통매장에서 확인할 수 있었으며, 단위무게당(1kg) 가격은 이란산 4.95 AED, 오만산 9.95~15.95 AED, 네덜란드산 22.95~38.75 AED로 네덜란드산이 가장 높게 시장가격이 형성되어 있음.
- 하바네로 칠리는 프랑스에 수입되어 단위무게당(1kg) 가격이 125~130AED로 네덜란드 파프리카의 4배정도 높은 시장가격을 형성되어 있음

○ 오이

- UAE 현지에서 생산되는 오이의 단위무게당(1kg) 가격은 3.5~9.95(평균 6.73) AED로 품질에 따라 가격 편차가 있음
 - ※ 2.50 AED/kg (ICBA, Water Resources in Arid Areas : The Way Forward)
 - ※ 2.33 AED/kg (Abu Dhabi Food Control Authority)
- 유기농 오이의 단위무게당 가격은 일반 오이의 3배 정도 높은 7.95~12.5(평균 10.23) AED/500g로 형성되어 있음

○ 가지

- UAE 현지에서 생산되는 가지의 단위무게당(1kg) 가격은 3.75 AED, 수입산(네덜란드)은 19.95 AED, 고품질 가지는 단위무게당(1kg) 가격은 24.00 AED로 품질에 따라 많은 차이

○ 쌀

- UAE 생산 판매 쌀은 없으며, 판매되고 있는 쌀은 전량 수입품으로 주요 수출국은 인도, 태국, 이집트, 필리핀, 파키스탄, 미국, 일본 등임
- 쌀의 판매가격은 약 1,400원/kg~5,000원/kg 수준이며, 일본산이 최고급 쌀로 판매되고 있는데 26,000원/kg임
- 자포니카와 인디카 판매비율은 1:9로 인디카형이 많으며, 인디카 중 인도의 바스마티향이 태국의 자스민향보다 고가에 팔리고 있음
- UAE는 연간 130만톤의 쌀을 수입하고 있으며, 1인당 연간 110kg의 쌀을 소비하고 있는 쌀 주요 소비 국가이며, 국내 쌀의 UAE 수출시 최고급 형태가 아니면 가격경쟁력이 없을 것으로 판단

(나) 스마트팜 시장동향 및 수요

□ 스마트팜 시장동향

○ 기후·지리적 한계로 실내재배 각광

- 인근 GCC 국가들과 마찬가지로 고온의 기후와 경작지·수자원 부족으로 실외 대규모 영농이 어려워 이를 극복하기 위해 스마트온실이나 도심재배, 수직농장과 같은 실내재배와 수경재배에 대한 관심도가 높아지고 있음.

○ 국가식량안보전략(National Food Security Strategy) 수립 후 첨단농업 부문에 대한 정부차원의 수요 증가

- 국가식량안보전략이란 2021년 내 세계식량안보지수* 상위 10개국에 진입하고 이후 2051년까지 동 지수 1위 달성을 목표로 하는 UAE 국가전략으로 정부는 이러한 목표를 달성하기 위해 첨단기술을 활용해 범국가적 지속가능 식량생산 체계를 구축하고 현지생산 역량을 제고하는 등 다양한 장단기 이니셔티브를 추진할 예정
- UAE는 저조한 현지생산 수준에도 불구하고 풍부한 정부재원을 바탕으로 식량에 대한 상당한 구매력을 보유하고 있어 2018년 기준 식량안보지수가 총 113개국 중 세계 31로 (한국 25위) 높은 편이나 지난 2007년 국제 농수산물 가격 상승으로 기초 농산물 수급에 어려움을 겪은 바 있어 최근에는 농수산식품의 수입선 다변화뿐만 아니라 현지 생산역량 강화에도 투자하고 있음.

* 세계식량안보지수(Global Food Security Index) : 영국의 경제전문지인 이코노미스트에서 매년 식량의 구매능력(Affordability)과 공급능력(Availability) 및 품질(Quality)을 기준으로 113개 국가 대상 식량안보 역량을 평가하는 지표

□ 스마트팜 수요

○ (정부) 스마트팜을 비롯한 첨단농업 분야는 아직 시장형성 단계로 현재까지는 정부 차원의 수요가 일반 소비자들에 비해 높음

- 2051년 내 세계식량안보지수 1위 진입이라는 국가 목표 달성을 위해 스마트 온실과 수직농장, 종자 개량 등에 다양한 정부기관에서 투자를 확대
- 이전에도 UAE 정부는 환경적 제약을 극복하고자 무토양, 수경, 실내재배 농업방식 확산과 관개시설 현대화에 역량을 집중해 왔으며, 최근에는 정부기금을 통해 스마트온실 프로젝트에 직접 투자하거나 어그테크 분야 기금 조성을 통해 기업들의 농업 부문 R&D 투자를 장려하고 있음
- 이외에도 미생물, 유전자 기술을 활용한 종자 개량과 드론을 활용한 관측 및 농업 지도제작 등 시험단계에 있는 다양한 기술들에 정부 차원의 수요가 있음

○ (기업) 최근 호텔과 레스토랑 등 정기적인 식자재 수요가 발생하는 기업들에서 균등한 품질의 제품을 안정적으로 수급받기 위해 일부 작물을 스마트팜으로부터 공급받거나 나아가 직접 스마트팜을 운영하는 경우가 생겨나기 시작

- 이외 기업 차원의 수요는 대부분 Spinneys와 Carrefour, Union Coop 등의 하이퍼마켓 체인을 통해 발생

○ (일반 소비자) 수직농장 등 실내, 도심재배를 통해 생산된 작물들이 하이퍼마켓 체인과 레스토랑 등을 통해 소비들에게 공급

- 최근에는 중간 유통마진을 줄이고 작물의 신선도를 유지하기 위해 재배된 작물을 소비자에게 직접 유통하려는 시장 내 움직임도 있음
- 스마트팜을 이용한 실내재배는 대부분이 밀폐된 환경에서 배양액에 작물을 재배하는 수경재배 방식을 채택하고 있어, 화학비료나 살충제 사용을 최소화
- 스마트팜 재배작물에 대한 친환경, 유기농 제품 선호 소비자들의 관심도가 점차 증대

(다) 스마트팜 관련 기업 동향 및 정부정책

□ 두바이 투자청 : 미생물 활용 종자 개량 부문 투자

○ UAE 대표 국부펀드인 ICD(Investment Corporation of Dubai)는 지난 2017년 말부터 미국 보스턴 소재의 팜테크 스타트업인 Indigo Agriculture에 약 USD 2억원을 투자했으며 ICD 측에서는 Indigo Agriculture 내에 비상무이사(Board observer) 직책을 두고 사업에 관여할 예정.

- Indigo Agriculture는 작물의 수확량을 증대하기 위해 균류와 미생물 등을 활용하는 기술을 개발. 구체적으로 기온과 염도 등에 스트레스 내성을 가진 작물을 생산할 수 있도록 빅데이터를 통해 필요한 미생물의 종류 등을 결정 후 종자 생산 시 활용

○ 무함마드 빈 라시드 혁신펀드 & 쇼록 인베스트먼트 : 스마트온실 프로젝트 투자

- UAE 재무부 주도로 조성된 민관합작 투자기금인 무함마드 빈 라시드 투자펀드(MBRIF, Mohammed Bin Rashid Innovation Fund)는 지난 2018년 알-아인 소재 스마트팜 스타트업인 Pure Harvest에 AED 550만 (USD 150만) 가량을 투자

- Pure Harvest는 온실재배 기술 선진국인 네덜란드의 제품과 기술을 활용해 연중 농작물 생산이 가능한 스마트온실 조성 및 운영을 목표로 하고 있음.
- 토마토를 시작으로 고추와 딸기, 가지, 오이 등 다양한 작물을 연중 생산해 UAE 시장에 공급할 계획이며 인근 GCC 국가 수출도 계획 중

○ ○ 스타트업 창업과 함께 대기업들의 투자 및 파트너십도 활발

- 최근 어그테크(Agtech)에 대한 국가적 관심을 배경으로 UAE의 기후적 한계를 비즈니스 기회로 활용하려는 스타트업·창업 기업들이 하나둘씩 생겨나고 있으며 국부펀드나 현지 벤처캐피털 및 대기업들도 투자·파트너십 등을 통해 첨단농업 분야 비즈니스에 참여하기 시작
- UAE 최대 항공사 Emirates Airline의 자회사인 Emirates Catering은 지난 2018년 미국 캘리포니아 소재 농업기업인 Crop-One과 USD 4천만 규모의 합작투자를 통해 알-막툼 국제공항 인근 지역에 세계 최대 (12,000㎡) 수직농장(Vertical Farm)을 조성할 예정
- Crop-One에 따르면 2019년 말 완공 예정인 해당 수직농장은 하루 최대 2,700kg의 잎채소를 생산할 수 있으며 생산된 야채들은 Emirates 항공의 기내식 자재로 사용

기관(기업)명	웹사이트	투자분야	비고
ICD	www.icd.gov.ae	미생물활용 정밀농업	UAE 2대 국부펀드
MBRIF	ia.mbrif.ae	스마트온실	UAE 재무부 주도로 조성된 민관공동투자기금
Shorooq Investments	shorooq.ae	스마트온실	현지 유망 VC
Emirates Flight Catering	www.emiratesflightcatering.com	수직농장	항공 기내식 자재 생산 목적

[그림 2-916] UAE 주요 어그테크 VC/CVC

□ 스마트팜 관련 정부정책

○ 스마트팜·어그테크 부문 기금지원

- 아부다비 투자진흥청(ADIO, Abu Dhabi Investment Office) AgTech 지원 프로그램 : 아부다비를 중심으로 한 선진 농업기술 부문의 기업 활동에 산업 활성화를 위한 금융 및 비금융 지원을 제공하고 특별히 농업기술에 대해 3년간 최대 10억 디르함까지 R&D 투자금액을 환급
- 3대 중점지원 농업분야 : 해조류 기반 바이오 연료, 실내 농업기술, 정밀농업 및 농업 로봇 기술

담당기관	지원 내용	비고
아부다비투자 진흥청 (ADIO)	<ul style="list-style-type: none"> - 19년부터 3년간 10억 디르함(약 US\$ 2.7억)의 개발 인센티브를 협약 기업에 분배 - 급여, 장비 비용 등을 포함한 총 R&D 금액의 75%까지 환급 - 건별 상황에 따라 성공을 보장하기 위한 비금전적 추가 인센티브도 제공 	<ul style="list-style-type: none"> - 3대 중점지원 농업분야 ·Algae-based biofuels (해조류 기반 바이오 연료) ·Indoor farming technology (실내 농업 기술) ·Precision agriculture and ag-robotics (정밀 농업 및 농업로봇기술) - 외국기업도 신청 및 지원대상

[그림 2-917] 아부다비 투자진흥청 어그테크 지원 프로그램

출처 : 아부다비 투자진흥청 웹사이트

- 칼리파 기업발전 펀드(Khalifa Fund for Enterprise Development) : 아부다비의 지속 가능한 발전을 이루기 위해 아부다비 2030 플랜에 의거해 설립, UAE 내 중소기업 생태계를 위한 자금 및 코칭, 교육 훈련, 마케팅 지원. 특히나 첨단농업 부문에 대해 'Zaarie'라는 세부 항목으로 지원중이나 재래식 농업은 지원 대상이 아님.
- 2007년 설립, 20억 디르함(5.45억 달러) 규모 자본으로, UAE 국민(Emiratis) 대상 지원 프로그램으로 현지 기업만 이용 가능하며, 외국인(기업)은 참가할 수 없음

담당기관	지원 내용	비고
칼리파기업발 전 펀드	<ul style="list-style-type: none"> - 농업분야에 종사하는 UAE 국민을 지원하고 첨단 농법 사용을 통해 농지개발을 장려 - 대출한도: 최대 AED 100만(US\$ 27.2만) · 기업 납입자본: 규모무관 10% · 납입 유예기간: 24개월 · 최대 상환기간 : 60개월 · 이자율 : 0% 	<ul style="list-style-type: none"> - 아부다비 파머스 서비스센터(Abu Dhabi Farmers 'Services Centre) 및 아부다비 식품안전청 (Abu Dhabi Food Security Center)와 공동 운영 - 지원대상 : UAE 국민(Emiratis)

[그림 2-918] 칼리파 기업발전 펀드 내 어그테크 지원 프로그램

- 일부 농산업 부문 내 외국인 지분보유 100% 허용
 - 지난 2019년 7월 2일, 셰이크 모하메드 빈 라시드 알-막툼 두바이 총리가 주재한 각료회의를 통해 기존 외국인 지분 보유를 최대 49%로 제한하고 있던 122개 산업분야에 대해 100% 지분 보유를 허용하기로 결정했으며 허용 분야에는 농산업도 19개 부문 포함
 - 다만, UAE 연방의 내각결의를 통해 외국인 지분 보유가 완전히 개방된 분야라도 실제 외국인 지분 최대 비율을 결정할 권한은 각 토후 정부에 있어 향후 토후 정부별 적용계획 등에 대해 주시할 필요가 있음.

연번	분야명	최소투자액(AED 100만)
1	Grains farming (wheat, corn, barley etc)	7.5
2	Legumes Farming	7.5
3	Vegetables, watermelons, roots and tubers	7.5
4	Sugarcane farming	7.5
5	Fibre crops farming	7.5
6	Flowers and buds	7.5
7	Grapes farming	7.5
8	Fruits and citrus	7.5
9	Pomme Fruits and drupes (stone fruits) farming	7.5
10	Other fruit trees, shrubs and juglandines	7.5
11	Oily fruits farming	7.5
12	Beverage crops farming	7.5
13	Aromatic and medicinal plants farming	7.5
14	Support activities for crops production	10
15	Support activities for animal production	7.5
16	Post-harvest activities	7.5
17	Seeds processing for reproduction	7.5
18	Agroforestry planting and forests-related activities	7.5
19	Support activities for forests	7.5

[그림 2-919] 외국인 지분보유 100% 허용부문 및 최소투자금액

출처 : 현지 법무법인 AL TAMIMI & CO

- 농업 인프라 개선을 위한 다양한 노력
 - 낙후된 관개시설 현대화
 - 물 손실량이 높은 기존의 담수관개(flood irrigation) 시설을 현대식 관개시설로 대체할 수 있도록 지원함에 따라 스프링클러나 점적관개 사용이 1999년 전체 관개시설의 32%에서 2011년 91%까지 증가
 - 유기농법 진흥
 - 건강한 먹거리의 현지 생산을 위해 UAE 정부는 유기농법을 진흥하고 있으며, UAE 전역에 유기농 채소농장 54곳과 목장 3곳, 생산 전문시설 1곳이 운영되고 있으며, 유기농 제품 생산지역은 2013년말 기준 3920헥타르까지 증가
 - 이와 관련 UAE 표준측량청(ESMA)은 2012년 2월 유기농 식품인증(Organic Food Certification) 계획을 발표하고 일반적인 제품과 유기농 제품을 손쉽게 구분할 수 있도록 유기농 식품인증 마크를 사용
 - 수경재배 활성화
 - UAE 기후변화·환경부와 농업 관련 기관에서는 배양액을 통해 무(無)토양 혹은 소(少)토양 재배가 가능한 수경재배 기술 활성화를 위해 노력하고 이러한 수경재배 기술은 수직농장과 온실 및 컨테이너 등의 스마트팜 부문과도 관련이 깊음
 - 농업기술 혁신을 위한 연구기관 설립
 - 해수농업국제센터(ICBA, International Center for Biosaline Agriculture)와 아부다비 파머스 서비스센터(Abu Dhabi Farmers 'Services Centre), 샤르자 농업혁신센터(Center For Agricultural Innovation in Sharjah) 등 UAE의 열악한 농업환경을 극복하기 위한 다양한 농업 연구기관을 설립
 - 국가식량안보전략 2051 발표

- 2018.11월 마리암 하렙 알메헤이리(Mariam Hareb Almheiri) UAE 식품안전부 장관은 국가식량안보전략을 발표, 다음과 같은 6가지 사항을 목표로 함.
- 2021년까지 세계 식량안보지수 10위권 내 진입, 2051년까지 세계 1위 달성(2018년 기준 113개국 중 UAE는 31위, 한국은 25위)
- 지속가능한 국가차원의 식량생산 시스템 개발, 현지 생산력 강화, 식량원 다변화
- 영양 개선을 위한 정책 활성화, 식량 낭비 감소를 위한 정책 활성화
- UAE는 동 전략을 출범함으로써 전 세계적으로 안전하고 영양가 있는 식품을 보급함으로써 기아 발생률 0%에 도전하고 농업 생산력 증가에 기여하고자 함
- 지속가능한 식량생산 시스템 구축을 위한 윤곽선 제시
- 2019.7월 UAE 식품안전부는 지속가능한 수경재배(Aquaculture) 부문의 세계적 선두주자가 되겠다는 포부를 밝히며 호주 제임스 쿡 대학교(JCU)와 MOI(Memorandum of Intent)를 체결
- 동 협정은 해양과학, 생명공학, 수산업에 중점을 둔 연구개발센터인 셰이크 칼리파 해양연구센터(Sheikh Khalifa Marine Research Centre in Abu Dhabi) 내 해양혁신단지(Marine Innovation Park, MIP)를 세우고 JCU의 생명공학·전자기술·수산양식에 대한 지식과 경험을 연구개발에 활용할 예정

(라) UAE 내 스마트팜 활성화 분야

□ 수직농장

- 노지 재배가 어려운 UAE의 기후·환경적 특성 상 실내재배 기술에 대한 투자가 가장 활발하며, 2017년 UAE 최초의 수직농장인 'Badia Farms'가 문을 연 후 가장 빠르게 상용화가 이뤄지고 있음.
 - 스타트업에 포함된 글로벌 기업들이 정부기관·대기업의 투자를 받아 UAE 시장으로 활발히 진출하고 있으며 Emirates 항공과 캘리포니아 기업 Crop-One의 합작투자가 대표적임.
 - 수직농장들의 경우 레스토랑과 호텔 등에 식자재 납품을 통해 공급 능력을 테스트한 후 Carrefour와 Union Coop, Spinneys 등의 하이퍼마켓 체인과 개인 소비자들을 대상으로 공급하는 편임.
- 주요기업

기업명	웹사이트	취급분야	비고
Badia Farms	www.badiafarms.com	수직농장	UAE 현지기업
UNS Farm	www.unsfarms.com	수직농장	UAE 현지기업
Plenty	www.plenty.ag	수직농장	미국 스타트업

[표 2-367] 수직농장 부문의 주요 비즈니스 모델

기업명	주요 내용
Emirates Airline	○ 자회사인 Emirates Flight Catering을 통해 캘리포니아 소재 농업기업인 Crop-One과 공동 출자해 USD 4천만 규모의 대규모 수직농장을 알-막툼 공항 인근에 조성하고 있음.
UNS Farm	○ 2018년 9월 두바이 알-코즈 지역에서 설립된 UNS Farm은 1천만 달러가량을 투자해 총 8층으로 이루어진 2,780㎡ 규모 수직농장을 조성·운영하고 있으며 매일 1,000~1,500Kg의 작물을 생산하고 있음. - 주요 재배작물은 시금치와 케일, 바질, 양상추, 샐러드 채소이며 향후에는 딸기와 버섯, 꽃까지도 생산 가능 작물의 종류를 늘려나갈 예정 - 현재는 호텔과 레스토랑을 위주로 작물을 공급하고 있으나 조만간 슈퍼마켓과 일반 소비자들을 대상으로 제품을 공급할 계획임.
Plenty	○ Plenty는 2013년 미국 샌프란시스코에서 설립된 농업분야 스타트업으로 최근 일본 최대 IT기업이자 투자사인 소프트뱅크의 비전펀드로부터 2억 달러 규모의 투자를 받아 아부다비에 18,500㎡ 규모의 스마트팜을 조성하기 시작했으며 이르면 올해부터 인근지역에 생산된 작물을 공급할 예정 - 미국 스타트업이 일본기업의 자금을 받아 UAE에 수직농장 프로젝트를 진행하고 있으며 UAE 내 시험 운영을 통해 향후 여타 GCC 및 중동 전역으로 사업영역을 확대할 것으로 예상되며 UAE 외 타 중동국 국부펀드로부터 투자를 받고 있는 것으로 전해짐.



[그림 2-920] UNS Farm 수직 농장

○ 컨테이너 재배

- 네덜란드와 같이 기존 온실 관련 선진기술을 보유한 국가들로부터 장비, 기술 등을 도입하는 경우가 적지 않음
- UAE 스타트업 퓨어 하비스트가 MBRIF와 쇼록(Shorooq)으로부터 투자를 받아 조성한 스마트 온실에도 네덜란드의 수경재배, 온도조절 기술이 적용
- (컨테이너 재배) 수직농장과 재배방식이 크게 다르지 않으나, 통상 대규모로 조성되는 두 방식과 비교했을 때 비교적 소규모 재배시설을 갖출 수 있어 스타트업이나 소기업들에 의해 최근 각광을 받고 있음
- 균일한 품질의 작물생산을 위해서는 재배구역 내 온도·습도·밝기 등의 조건을 일정하게 유지해야 하며 컨테이너 재배의 경우 스마트온실과 수직농장에 비해 규모가 작아 재배환경을 조절하는 것이 더욱 용이
- 수직농장과 마찬가지로 정기적인 식자재 납품이 필요한 호텔과 레스토랑과 하이퍼마켓 체인 최종적으로 일반소비자 대상 직접 납품을 목표로 하는 경우가 많음

[표 2-368] 컨테이너 재배 부문 주요 비즈니스 모델

기업명	주요 내용
Agricool	<ul style="list-style-type: none"> 프랑스 스타트업인 Agricool은 2018년 7월 두바이에 테스트 컨테이너 농장을 설치해 현재 딸기를 생산하고 있으며 프리미엄 생수 예비양으로 널리 알려진 프랑스 식품 대기업 Danone과 투자은행 BPI로부터 2,800만 달러의 투자를 받아 2021년까지 파리와 두바이에 작물 생산을 위한 컨테이너 100박스를 증설할 계획 Cooltainer라 불리는 Agricool의 작물 재배용 컨테이너는 야외 주차장 두 칸 크기인 30㎡ 정도의 공간만 있으면 설치가 가능하며 내부 벽면에 4,000그루의 딸기를 재배할 수 있음. 배양액과 조명, 관개 등 대부분이 원격 제어 방식으로 이루어지며 같은 재배 면적의 재래농법 대비 120배의 딸기를 생산할 수 있음.
Pure Harvest	<ul style="list-style-type: none"> 2016년 설립된 UAE 현지 농업분야 스타트업으로 무함마드 빈 라시드 혁신펀드와 현지 VC 소록 인베스트먼트 (Shorooq Investment)로부터 각각 150만, 110만 달러 규모의 투자를 받아 스마트 온실을 조성 후 운영하고 있으며 현재 현지 시장공급을 위해 토마토를 연중 생산하고 있음



[그림 2-921] Agricool의 Cooltainer 스마트팜

- 이외에도 스마트온실이나 양어수경재배 등의 수경재배 방식을 활용한 농장도 일부 운영되고 있으며 미생물·유전자 기술을 활용한 종자개량과 드론을 활용한 관측 및 농업 지도 제작 등 시험단계에 있는 다양한 기술들에 정부차원의 수요가 있음

□ 우리 기업 진출사례

○ KT 스마트온실

- (진출 개요) KT는 지난 2018년 초 한국을 방문한 셰िका 자밀라 샤르자 공주의 요청에 따라 샤르자 인도주의센터와 협력해 현지 장애인들을 위한 스마트팜을 조성하기로 결정했으며 2018년 11월 18일 샤르자 코르파칸에 장애인 맞춤형 스마트팜을 조성
- (주요 특징) 장애인 근무에 최적화된 시설로써 첨단 ICT 기술들이 적용된 KT 스마트팜에는 에너지소비가 적고 온도를 효과적으로 낮추는 쿨링패드와 쿨링팬 기술이 적용해 실내 온도를 27~28°C로 유지하며 물 순환 시스템을 통해 사용하는 농업용수의 70%가량을 재활용할 수 있음. 아울러, 증강현실(AR) 글라스를 통해 원거리의 관리자가 현장의 작업자에게 실시간 교육과 솔루션을 제공할 수 있음.

○ 국내기업 A사의 스마트 컨테이너

- (진출 개요) 국내기업 A사는 컨테이너 형태의 스마트팜을 생산하는 농업 분야 스타트업으로 지난 2019년 3월 국내 대기업과 업무협약을 체결한 후 UAE 현지 기업과 함께 시장 진출에 착수. 협력 대기업과 UAE 현지 파트너사가 JV로 협업하고 A사 측에서 국내 대기업에 제품과 기술을 제공함으로써 해외 진출에 성공
- (주요 특징) UAE 수출 후 1년간은 A사가 직접 컨테이너를 운영하며 재배된 작물을 호텔에 식자재로 납품할 예정이며 시험 운영 후 현지 파트너사가 스마트팜을 인수할 예정이며, 스마트팜 장비 수출과 함께 현지 파트너의 원활한 운영을 위해 사후 서비스를 제공

(마) 유관기관 및 기업현황

□ 주요 유관기관

○ ICBA(국제해수농업연구센터)

- ICBA는 1996년 IDB(이슬람개발은행)와 아랍에미리트 정부간 합의로 출범한 공식기구
- 1999년 IDB, OPEC, AFESD(아랍사회경제개발연맹), ACEC(아시아개발은행)의 비전공유를 통해 비영리 국제농업연구센터로 창립
- 현재 재정지원은 UAE정부에서 60%, 기타 국제기구 등에서 40%를 지원 받고 있음
- ICBA는 총 58명이 근무하고 있으며, 소장 1, 부소장 1, 연구혁신부 30, 협력 및 지식관리부 7, 운영부 19

○ 주요기능 및 연구

- 염 농도 변화(L, M, H)에 따른 대추야자 생육특성 및 수확량 등 비교
 - * 전 세계 18종의 대추야자 나무를 대상으로 시험실시
- 지하수를 활용한 물고기 양식 후 폐수를 재활용하여 염생식물을 재배하는 아쿠아농법 연구현장
 - * 지하수(염분 16.64%) → 킬라피아 양식 → 폐수활용 함초(통통마디) 재배
- 점적관수와 스프링클러 방식을 활용한 사료용 목초 재배 비교시험
 - * 스프링클러 방식이 목초의 기계 수확이 가능하기 때문에 효율적 목초재배법
- 패드 앤 펜 쿨링시스템 도입을 통한 작물(오이, 토마토, 피망) 재배온실과 네트형 온실 도입을 통한 작물 재배 비교시험
 - * 패드 앤 펜 온실 : 연질필름 사용, 점적 관수로 양액공급(비순환식), 화분재배, 줄기유인 등 실시
 - * 네트형 온실 : 측면 네트, 천정 연질필름, 재배법은 패드 앤 펜 온실과 동일, 미세 모래 먼지 등 유입 많음

○ 아부다비 Farmer's service center

- 아부다비 농업기술센터는 UAE의 37개 센터 중 1곳으로 2009년 2월에 설립되어 농업개혁을 위한 농업인들에 농업기술 안내 및 기술지도 실시
- 주요목표는 농업개혁, 생산성 향상, 농업시스템 현대화, 지역 농산물 경쟁력 강화, 농업 및 식품안전을 위한 정책시행, 식량안보 증진 등
- 지원분야는 대추야자나무 해충 방제, 농지 마련, 온실 및 수경재배 시스템 관리, 국제 우수농산물인증(GGAP) 신청, 신선제품·가금류·가축 등 공급계약 등

○ 주요기능 및 업무

- 주요 업무 : 원예작물재배기술 지도, 병해충 방제 및 판매 마켓팅
- 주요 작물 : 대추야자, 토마토, 파프리카, 바질, 상추, 오이 등
- 지도 기술 : Global GAP(Good Agriculture Practice), 방충 트랩(광 및 페르몬 트랩) 등
- 특징 : 국가가 온실, 품종, 자재 등 대부분 공급하고, 판매까지 지원하는 방식

○ UAE 대학

- UAE 대학은 아랍에미리트를 대표하는 국립종합대학으로 유일하게 농과대학이 있는 곳
- UAE 대학 : Bhanu Chowdhary 농식품 단과대학장, (Masdar Institute) Daniel Choi 교수
- UAE 국립대학은 아부다비 알 아인시에 위치하고 있는 UAE 최초의 대학이며, 1976년에 설립
- 9개 단과대학(휴먼 사회과학, 과학, 교육, 경영과 경제, 법, 식품과 농업, 공학, 의학 및 건강과학, 정보기술)으로 구성되어 있고 교원 약 330명,
- 학부학생 약 13,870명, 대학원 학생 약 680명이 재학하고 있음
- 식품과 농업대학의 학부는 농경제 및 소비과학, 사막농업, 식품과학, 영양과 건강, 수의학부로 구성되어 있음
- 사막농업 학부에 원예전공과 해양수산과 동물과학 전공으로 구성되어 있음

○ SBRC

- 011년 항공업계에서 청정 대체연료 생산을 목표로 지속가능한 비즈니스 모델 구축을 위해 비영리 연구 컨소시엄으로 출발
- SBRC는 아부다비 마스다르시(Masdar City) 소재 마스다르 과학기술 연구소(Masdar Institute of Science and Technology), Etihad Airways, Boeing, Honeywell-UOP에 의해 설립
- 바닷물을 이용하여 어류와 염생식물 등 해양생물을 키워 항공용 바이오 연료뿐 아니라 식량을 생산할 수 있는 연구 수행
- 어류양식 생산량 매년 6%증가, 어류가 배출하는 폐수는 영양분이 풍부하여 환경 피해 우려가 큰 실정
- 해수 에너지 및 농업시스템(Seawater Energy and Agriculture System, SEAS) 개발(2015년 2ha로 출발)
- 틸라피아 양식 → 함초(통통마디) 재배 → 맹그로브 생태를 활용한 수질정화 → 틸라피아 양식용수로 순환 활용
- 이 기술은 현재 2ha 규모로 진행되고 있지만 실행 가능한 것으로 판명되면 200ha 규모까지 시범사업 확장 예정
- BM 생산량 : 18톤/ha, 종자 : 2톤/ha, 기름함량 : 30%(대두 17~20%)

○ ADFCA-바니아스 연구센터

- 2005년 Abu Dhabi Food Control Authority(아부다비식품감독청)과 아부다비환경청이 온실 및 수경재배개발을 위해 Bani Yas에 R&D 기관 설립
- 현재까지 아부다비식품감독청 산하에 설립된 4개의 R&D Station 중 하나
 - * Al Ain 2개소, Bani Yas 1개소, 서부지역 1개소 설립
- Abu Dhabi 지역의 식품 및 농업관련 업무 총괄, 선왕의 숙원 사업으로 창설된 국가농업 핵심기관임
- 45ha 면적에서 농업 전반에 걸친 연구수행, 토양수분측정, 제어, 대추야자 연구, 인공위성 이용 첨단관수 기법 개발, 내염성/내건성 작물 연구, 식물생산 연관성 연구 등 진보된 연구 능력 보유
- 네덜란드 와게닝겐 대학이 연구 및 현지 직원 교육을 제공하고 연구기지를 감독
- 2013년 기준, 현대기술을 사용한 400m² 규모의 폐쇄형 농업시스템 3개 Unit, 전통기술을 사용한 480m² 규모의 2개 Unit로 구성됨
- 전통적 농업방식과 최신 기술을 이용한 온실 관개를 비교하는 방식으로 관개수를 재활용하는 동시에 작물 생산성을 높이기 위함

○ 주요 연구 수행 내용

- 근권 냉방기술과 암면배지를 활용한 첨단 수경재배 유리온실 기술
- 선인장, 망고, 레몬, 아카시아 등 재배농장과 염소사육시설 등 연구시설
- 2018년도에 18개의 과제를 수행하고 있으며, 총 43명으로 구성되어 있으며, 34명의 연구진이 있음
- 바이엘, 코넬대, 이카르다, 신젠타, 오만 등과 함께 다양한 연구를 수행한 경험

○ 주요 연구수행 과제

주요연구테마	내용
비료 사용의 최적화	- 아랍 에미리트의 주요 작물에 대한 최적 비료 프로그램 결정
작물 물 요구 사항을 결정하는 스마트 관개 시스템	- 무선 센서를 이용한 관개 요구 사항 결정 - 아랍 에미리트의 주요 작물 물 소요량 추정
완효성 비료의 평가	- 완효성 비료와 기존 비료의 비교를 통한 효과 분석 - 토양의 화학적 성질에 따른 완효성 비료의 효과 비교 - 다른 조건에 따른 양분 방출 속도 판정
아랍에미리트 가축을 위한 새로운 내염성 토종 사료 개발	- 다양한 염분 수준에서 상업용 재배 및 자생 품종의 생산량 및 영양가 평가 - 다양한 풀의 소화율 및 섭취량을 평가
UAE 조건 하에서 온실 가스 냉각 시스템의 물 소비량 평가	- 온실의 패드 앤 팬 냉각 시스템에서 물의 소모양 분량
UAE에서 옥수수 잡종의 수확량과 성능을 평가	- 8개의 상업용 옥수수 교잡종 평가
사료로서의 선인장 평가	- 다양한 염분 수준에서 선인장의 계통 평가 및 내염성 품종 선발 - 선인장을 이용한 사료 개발
다양한 밀 품종의 평가	- UAE 조건 하에서 해외 품종의 밀 생산성 평가
여러 토양 개량제의 평가	- 토양 개량제가 토양 수질 개선에 미치는 영향 분석 - 토양 개량제에 따른 수분 절감 효과 분석
사탕무의 수확량과 성능을 평가	- 다양한 염분 수준에서 14 가지 사탕무 재배 품종의 생산성 평가

○ Emirates Industry for Camel Milf&Product

- (개요) 세계 최초로 낙타유제품 브랜드(Camelicious)를 출시한 회사
- 두바이 중앙 수의학 연구소의 낙타젖 연구를 바탕으로 설립(2003)
- (생산) 3천 ha 부지에서 낙타 4,600두 사육, 낙타젖 5~6천L/일 생산
- (시설) 세계 최고 수준의 낙타젖 착유·가공시설 보유
- (인증) ISO 22000, HACCP, 할랄 인증(말레이시아, UAE) 획득
- (R&D) 낙타유 생산량·품질 증진, 낙타 교배, 농장관리법 등 연구
- (수출) EU('13), 러시아('16), 미국('17) 수출인증 획득

○ 업무내용

- (회사개요) 낙타 사육부터 착유, 유제품화까지 자체 생산공정을 통해 이루어지며, 현재 5,000마리의 낙타 보유
- 전세계를 대상으로 수출할 계획이며, 현재 관련 수요가 공급을 초과해 2년 이내에 10,000마리 이상의 낙타보유를 목표로 번식 계획
- (활용기술) 낙타를 정밀 관찰하기 위해 IoT 기술 등을 활용하고 있지 않고, RFID칩 등을 활용하여 개별 개체에 이력관리를 진행

- (협력가능성) 한국에서 젓소를 대상으로 개발된 기술을 낙타에 적용·시험하는 연구에 대해 매우 긍정적인 입장을 보임
- ELITE AGRO
 - (회사개요) 다국적 자금이 투자된 지주회사 YAS 산하의 농업전문 계열사로 현지법인이나 대형 원정농업기업 형태
 - (활용기술) 네덜란드 스마트 팜 기술을 적극 도입하여 활용 중이며, 자재 등은 UAE산 및 미국산 등을 활용한 것으로 파악
- 현황
 - ELITE AGRO는 2010년 1월에 설립되어 대규모 농장을 통합 운영하는 UAE의 선도적 농업기업임
 - 건조토양 전문 재배기술 및 국제인증(Global GAP, ISO 22000, HACCP, BRC 등) 보유, 고품질 브랜드 생산(Elite Harvest, Emirates Wheat 등)
 - 노지 곡물재배, 온실·망실·수경 채소재배, 축산
 - UAE, 세르비아, 모로코에서 곡물, 감자, 고구마, 토마토, 피망, 고추, 양상추, 양파, 무화과, 딸기, 달걀, 꿀, 올리브 오일 등 생산
 - 관개 설계, 정밀농업, 모니터링 및 식물질병 제어 등의 R&D를 하고 있으며, 유통, 해외벤처, 농장관리 컨설팅(작물계획, 기계화, 운영, 토지 등)
 - 숙련인력 350명이 UAE 내 두 곳의 독립된 운영부서에서 근무
 - UAE에 약 3,500ha의 포장을 5개로 나누어서 소유하고 있으며, 12개월 동안 파프리카, 오이, 가지, 토마토, 무화과를 그린 하우스에서 생산
 - 실외에서 125ha의 감자와 100ha의 고구마, 5,000마리의 양을 키우고 있으며, 올리브와 석류는 높은 고도에서 약 6ha 농장에서 재배하고 있음
 - 350개의 벌통을 키우고 있음



- 물관련조직 현황
 - Ministry of Environment & Water (MoEW) : UAE 내의 수자원 개발 및 운영을 돕는 정책, 계획 전략을 전담하는 정부 부처 (<http://www.moccae.gov.ae/default.aspx>)
 - Abu Dhabi Distribution Company (ADDC) : ADWEA의 자회사이며, RSB에게 Abu Dhabi 내에서 음용수 배분에 대한 자격을 받았다. 그들은 ADWEC와 대용량 물 구매 협약을 맺고 있음 (<http://www.addc.ae/enindex.html>)
 - Abu Dhabi Sewerage Services Company (ADSSC) : Abu Dhabi 정부의 자회사로 실행위원회의 통제 산하에 있음
 - 이들은 Abu Dhabi 내에 생활 및 산업 용수 공급자로부터 나오는 폐수의 수거, 정화, 처리를 맡고 있으며,

그들은 또한 관개 목적을 위한 재활용 폐수를 배분

- Abu Dhabi Transmission and Despatch Company (TRANSCO) : ADWEA의 자회사
 - 이 회사는 IWPP로부터 Abu Dhabi에 있는 분배 업체들에게 물과 전기를 이송하는데 쓰이는 송수 및 송전 네트워크의 계획, 건설, 운영 담당(<http://www.transco.ae/>)
 - Abu Dhabi Water & Electricity Company (ADWEC) : ADWEA의 자회사이며, 에미레이트의 IWPP들에서 나오는 전기와 물의 단일 구입자
 - 이 회사는 연간 협약된 용량의 물 공급량만큼을 배분 기업들에게 판매하며, 에미레이트가 미래 수요를 만족시키는 충분한 능력을 가질 수 있도록 하는데 책임을 가지고 있다. (<http://www.adwec.ae/>)
 - Abu Dhabi Water & Electricity Authority (ADWEA) : ADWEA는 Abu Dhabi 내에 음용수와 전기에 관련하여 전반적으로 모든 부분을 담당
 - 전액 출자된 자회사를 통해 고객들에게 음용수를 배분하고, 각 프로젝트의 첫 60% 지분을 통해 에미레이트의 IWPP 조달에 연관 (<http://www.adwea.ae/en/home.aspx>)
 - Al Ain Distribution Company (AADC) : ADWEA의 자회사이며, RSB로부터 Al Ain에 음용수와 전기를 배분하는데 허가를 받음 (<http://www.aadc.ae/en/default.aspx>)
 - Environment Agency - Abu Dhabi : Abu Dhabi의 공기의 질 향상, 지하수 보호, UAE에 있는 사막에서의 생물 다양성과 해양 생태계 관리 조력을 위한 과학 기반의 정책 개발을 맡고 있는 정부 단체 (<https://www.ead.ae/SitePages/Home.aspx>)
 - Federal Electricity and Water Authority (FEWA) : Ajman, Ras Al, Khaimah, Umm Al Quwain 그리고 Fujairah의 에미레이트들 내에서 전기와 물의 생산, 운송, 배분을 맡고 있음 (<http://www.fewa.gov.ae/en/Pages/default.aspx>)
 - Regulation & Supervision Bureau (RSB) : Abu Dhabi 내 폐기물, 폐수, 전기 부문에서의 독립적인 규제 기관. 안정적인 전기와 물 공급 및 폐수 처리에 있어서 개발과 유지를 확실히 하는데에 책임이 있음 (<http://rsb.gov.ae/>)
 - Sharjah Electricity and Water Authority (SEWA) : Sharjah 에미레이트 내 물과 전기의 생산, 운반, 배분에 책임이 있음 (<https://www.sewa.gov.ae/en/>)
 - Independent Water and Power Plants (IWPP) : Abu Dhabi 정부와 민간부문 간의 합작회사. 이 플랜트들은 Power and Water Purchase Agreement 하에서 물과 전기의 생산과 판매를 담당
- UAE 식음료 산업 주요기업 현황
- Agthia
 - Agthia(Emirates Foodstuff and Mineral Water Company)는 2004년 UAE 아부다비에 설립, 아부다비 정부 지분이 57%에 달하는 식품생산 공기업으로 주요 생산 제품은 알 아인 병 생수(Al Ain Water), 카프리 선(Capri Sun), 요플레(Yoplait), 밀가루 및 동물 사료 등
 - Aujan
 - Aujan은 1905년 설립된 사우디아라비아 회사로 GCC지역 내 최대 민영 음료 기업으로 알려져 있음. 주요 생산 제품은 RAMI, Barbican, Vimto 등이 있으며, 50여개 국에 진출해 직원 수가 2,500여명에 달함. 두바이에 생산 시설을 갖추고 있으며, 사우디아라비아는 물론이고 MENA 지역 내 테헤란, 이란에도 생산 시설을 갖추고 있음.
 - Unilever North Africa Middle East
 - 글로벌 생활용품을 생산하는 영국, 네덜란드 회사로 두바이 제벨알리 프리존에 MENA 지역 본부를 두고 있으며, 마그레브(리비아, 튀니지, 알제리, 모로코 등 아프리카 북서부 국가), 마슈렉(이집트, 요르단,

시리아, 레바논 등 아프리카 북동부 및 레반트 지역 국가), 사우디아라비아, 걸프(UAE, 오만, 바레인, 카타르, 쿠웨이트) 4개 사업부를 통해 운영되고 있음. 주요 생산 제품은 Knorr, Lipton, Wall's 등이 있음.

○ 스마트팜 분야 유관 기관

기관명	ADIO(Abu Dhabi Investment Office) / 아부다비 투자진흥청
지원 프로그램	AgTech 지원프로그램
홈페이지	www.investinabudhabi.ae
대표 연락처	Tel. : +971-2-403-1003
	E-mail : fdi@adio.ae
	주소 : Khaleej Al Arabi Street, Capital Gate, 9th Floor, Abu Dhabi, UAE
비고	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 아부다비를 중심으로 한 스타트업 및 연구개발 (R&D), 선진 농업 기술 생태계 구축 등을 위해 금융·비금융 지원 ▶ 3대 중점지원 농업분야 (①해조류 기반 바이오 연료 ②실내 농업기술 ③정밀농업 및 농업로봇기술)에 대한 기업에 대해 최대 10억 디르함 규모의 금융·비금융 혜택 제공

기관명	에미리트 개발은행 / Emirates Development Bank
지원 프로그램	무함마드 빈 라시드 혁신펀드
홈페이지	ia.mbrif.ae
대표 연락처	+971-2-699-0999 (두바이무역관 통해 연락 가능)
	주소 : Aradah Road, Abu Dhabi, UAE P.O.Box 51515
비고	<ul style="list-style-type: none"> ▶ UAE 비전 2021 발전전략에 부합하는 혁신적·구체적 사업계획에 대출금 100%를 보증하여 지원 ▶ 원금이자 분할 납부 최대 6년 (거치 기간 2년 + 상환 기간 4년) ▶ 담보물이 없는 기업이 시중보다 저렴한 금융비용(보증금리, 대출금리) 혜택을 누릴 수 있도록 지급보증서를 발급, 사전 협약된 시중은행을 통한 대출 제공 ▶ UAE 현지에서 사업을 추진하는 외국인에게도 간접대출을 지원

(3) 카자흐스탄

(가) 카자흐스탄의 농업 환경

□ 카자흐스탄의 지리 환경적 여건

- 카자흐스탄은 세계 9위의 영토를 지닌 영토 대국으로 다양한 기후대를 보유
 - 국토의 동서길이는 3000km에 달하며, 남북길이는 2000km로 냉대, 온대, 사막 기후대가 존재
 - 지역별로는 북부에는 밀, 동부는 유료작물, 남부는 과일, 채소, 쌀 등이 재배됨. 반사막 지역과 스텝지역이 펼쳐진 중부지대에서는 목축업과 낙농업이 활발



[그림 2-922] 카자흐스탄의 기후에 따른 농작물 재배도

- 카자흐스탄은 전반적으로 연교차가 큰 대륙성 기후의 특징을 보이며, 겨울철 평균기온은 지역에 따라 영하 4도에서 영하 19도까지 다양함. 강수량 또한 지역별로 큰 차이가 있으며, 천산산맥이 위치한 남부와 동부는 비교적 강수량이 많은 편임
 - 스마트팜(온실)은 비교적 날씨가 온화한 남부와 인구 밀집 지역인 동남부 지역을 위주로 투자가 이뤄짐
- ##### □ 카자흐스탄의 농업 환경
- 국가 전체 경작지는 약 2천4백만ha 중 목초지가 1억8천8백ha 규모로 풍부한 농경지와 농경지 개간이 가능한 토지를 보유한 국가로 전문가들은 1억ha 규모의 경작지를 개발할 수 있을 것으로 전망
 - 1인당 경작 면적은 1.5헥타르로 호주 다음으로 2위이며, 비옥한 토지와 다양한 기후대를 보유해 농업잠재력이 높은 국가
 - 카자흐스탄 농업총생산액은 2014년 기준 2조 5,278억 텡게(USD 약 7,100만)를 기록
 - 카자흐스탄의 여러 산업 중 서비스업, 제조업 등이 카자흐스탄 GDP의 대부분을 차지하나 농산업 또한 카자흐스탄에서 빼놓을 수 없는 산업으로 자리 잡고 있음
 - 농업은 재배업 55%, 축산업 44%, 농업서비스가 0.3%로 구성되어 있으며, 재배업의 비중이 가장 높고, 농업생산액이 많은 품목은 우유, 밀, 쇠고기, 감자 순이며, 농업생산량은 밀, 우유, 감자, 보리, 수박 등의 순으로 많음
 - 2015년 카자흐스탄 농업 성장률은 4.4% 증가하고, KZT 2.7조원 규모

- 이러한 결과로 인해 5.6%(1.5trn의 KZT)에 의한 작물 생산의 증가와 3.2%(1.2trn의 KZT)에 의해 축산물의 증가를 달성
- 식품 산업의 고정 자본에 대한 투자는 28%증가하고 KZT 55.9억에 달했으나 농업의 고정 자본에 대한 투자는 6.3% 감소와 167.1억 KZT에 달함
- 카자흐스탄의 경작 가능한 농지는 약 2,108만ha 규모의 농업 대국
 - 카자흐스탄의 지역별 농지 면적은 코스타나이스크주가 약 506만ha(24%), 아크몰리스크주가 약 466만ha(22.1%), 북 카자흐스탄주가 약 449만ha(21.3%), 서 카자흐스탄주가 118만ha (5.6%), 파블오다를주가 106만ha(5%) 순
 - 북부 카자흐스탄, 코스타 나이(Costanay)와 알 코라(Akmola)의 3개 북부 주(州)는 곡물을 전문적으로 생산하며, 국가 별 농장 생산량의 상당 부분을 생산
 - 동부의 주(Pavlodar, East Kazakhstan 및 Almaty)는 대부분의 지방 종자를 생산
- 농업생산
 - 2014년 농업생산액은 25조 279억텡게(141억달러)이며, 이 중 작물 생산이 53%, 축산업이 47%의 비중을 점유하고 있으며, 국내 생산은 농산물 국내 수요의 80%를 충족
 - 2014년에는 농업 부문에 대한 외국인 투자 감소로 농업 수출은 전년 대비 6.2%인 26억 달러, 수입은 전년 대비 6.2%인 2,400만 달러가 감소
 - 2013년 기준 카자흐스탄 전체 농업생산에서 재배산업 55%, 축산업 44%, 농업서비스가 0.3%를 차지할 만큼 곡물을 포함한 작물생산은 여전히 카자흐스탄의 주요 산업분야
 - 카자흐스탄의 2012년 농업생산량은 밀(약 980만 톤, 우유(약 480만 톤), 감자(약 310만 톤), 보리(약 150만톤), 수박(약 115만 톤) 순
- 주요 농산물
 - 주요 재배작물의 분포를 보면 밀, 보리, 귀리, 해바라기 등은 전국에 걸쳐 재배되는데, 각 지역별 기후에 따라 재배하는 작물이 상이하며 생산량이 다름
 - 밀은 북부지역에서는 봄에 파종하여 가을에 수확하는 봄갈이 밀을 재배하고, 남부지역에서는 가을에 파종하여 봄에 수확하는 밀을 재배하고 있으며, 2014~15년 1,299만 톤을 생산하여 그 중 약 46%정도인 600만 톤을 이집트 등 해외에 수출
 - 벼는 악토베주, 서카자흐스탄, 크질오르다, 남카자흐스탄 등에서 재배되고, 옥수수와 콩도 비슷한 형태를 보임
- 카자흐스탄 지역별 곡물 생산량
 - 2011년 기준 카자흐스탄 주요 곡물 생산지에서 생산되는 생산량은 크게 코스타나이스크주에서 790만 톤으로 카자흐스탄 총 생산량의 29.3%를 생산하고, 북 카자흐스탄주에서 787만 톤으로 29.2%, 아크몰리스크주에서 659만 톤으로 24.4%를 생산하는 것으로 나타나고 있으며, 상기 주요 3개 지역이 카자흐스탄의 전체 생산량의 82.9%를 차지
- 곡물 가공
 - 곡물 가공 업계의 주요 업체는 수직적으로 통합된 지주회사 형태로 운영
 - 구조에는 곡물의 생산 및 가공과 제품의 마케팅도 포함
 - 이들 회사는 LLP "Grain INdustry", "Triesna-Astyk", "Ivolga Holding"LLP, JSC "Holding KazExportAstyk", "Agrocenter-Astana"LLP
 - "Ivolga-Holding"LLP은 많은 시설 및 자원을 보유하고 있어 모든 생산 과정이 가능하여 카자흐스탄과 러시아에 150만 헥타르 이상의 토지를 보유

- "Grain Industry" 그룹은 14개의 기업을 포함하여 총 용량이 백만 톤을 초과하는 엘리베이터, 1,430톤의 용량의 milling complex와 카스피해지역에 grain terminal을 두고 있음
- JSC "Holding KazExportAstyk"은 북 카자흐스탄과 Akmola 지역에서 가장 큰 곡물 회사 중 하나로 홀딩의 가공 공장은 "Kzyltuysky flour mill", "Shchuchin flour mill"LLP 등
- "Tsesna-Astyk"LLP는 수직적으로 통합 된 회사며 제품의 40% 이상이 수출
- "Agrocenter-Astana"LLP는 Akmola지역과 북 카자흐스탄 지역의 27개 주요 농업 기업을 두고 있으며, 5개의 line elevator, 3개의 곡물 접수 센터, 4개의 제분소, 4개의 빵, 제과 제품 및 기타 제품을 생산하는 공장을 두고 있음

○ 시사점

- 유리한 자연조건에도 불구하고, 카자흐스탄 농업은 낙후되어 있는 상태이며, 타산업 비교 낮은 임금 때문에 두뇌 유출도 심각
- 아울러, 농기계, 농약, 컴퓨터 등의 기계 보급률이 낮아 생산성이 떨어짐
- 2017년 기준 카자흐스탄 전체 농업 종사자 중 33%만 컴퓨터를 보유, 이중 인터넷 접근이 가능한 비율은 27%에 불과
- 반면, 스마트팜, IoT 기술 등의 농업정밀기술을 활용하여 작물을 생산하는 기업은 1% 미만이고, 유럽 평균치가 47% 감안하면 상당히 낮은 수치임

(나) 토지제도

○ 개요

- 카자흐스탄은 토지 및 건물의 소유권이 인정되고 있고, 외국인도 토지 및 건물을 취득할 수 있음
- 특히, 카자흐스탄에서는 토지사유화 실시 이후 토지가격이 많이 상승하였고, 한국 건설업체의 진출도 활발하게 된 바, 카자흐스탄의 토지제도에 대한 관심이 많이 증가
- 한편, 카자흐스탄 토지제도에는 사용권 등과 같이 우리의 물권제도에 없는 물권적 권리가 존재하는바, 토지사용권 등에 대해서도 소개

□ 권한기관 및 권한

○ 정부의 권한

- 카자흐스탄의 토지 이용에 관한 국가정책의 기본방향, 토지의 제공 및 환수, 토지 소유권 및 사용권에 관한 문서형식의 승인, 국가 토지 카다스트라 및 토지 모니터링 절차 승인 등(토지법 제13조)

○ 중앙집행기관의 권한

- 토지법령 적용 실무의 일반화 및 토지법령 정비, 토지 카다스트라 및 토지 모니터링 수행에 대한 감독, 국가 토지 카다스트라 관련 법규의 승인, 토지관계에 관련하여 중앙집행기구와 지방집행기구간 상호협력, 농지토지대장형태의 승인 등(토지법 제14조)

○ 토지에 대한 권리 형태

- 카자흐스탄에서 토지에 대한 권리는 토지소유권, 토지사용권 및 기타 물권으로 구분.

○ 토지소유권

- (토지소유권의 주체) : 카자흐스탄에서 토지소유권의 주체는 국가, 개인 및 영리법인, 개인은 카자흐스탄 시민, 외국인 및 무국적자를 포함(동법 제 20조)
- (토지소유권의 내용) : 토지소유권자는 토지의 점유, 사용, 처분권을 가짐 (동법 제 21조 제1항)
- (토지소유권의 발생 근거) : 토지소유권의 발생근거는 국가기관의 토지소유권 부여, 매매계약, 기타

카자흐스탄 법령이 규정하는 경우 (동법 제22조 제3항)

- (토지소유권의 매각) : 카자흐스탄에서 토지소유권자는 자신의 판단에 따라 자유롭게 토지 소유권을 매각할 수 있음(동법 제25조 제1항)

* 한편, 토지소유권자는 토지임시사용권계약에 기해 토지임시사용권을 부여할 수 있으며, 토지임시사용권의 제공은 토지임시사용계약에 이외에 토지임차권계약 및 토지무상이용계약에 기해서도 제공 (동법 제25조 제3항)

○ 토지사용권

- (토지사용권의 성격) : 토지사용권은 물권적 권리이고, 토지사용권에 대해서는 토지소유권에 관한 규정이 준용 (동법 제28조)

- (토지사용권의 형태) : 카자흐스탄의 토지사용권의 형태는 토지영구사용권, 토지임시사용권, 양도가능한 토지사용권, 양도불가능한 토지사용권, 무상토지사용권 및 유상토지사용권으로 구분(동법 제29조)

* 한편, 동법이 정한 근거 및 기타 법령에 근거하지 않고는 누구도 토지사용권의 권리를 침해할 수 없음 (동법 제 29조 제2항)

- (토지사용권의 주체) : 토지사용권은 개인, 법인 및 외국인 등이 취득 (동법 제30조)

- (토지사용권 발생의 근거) : 토지사용권은 국가로부터 토지사용권을 부여받거나 또는 토지사용권을 양도받음으로써 취득할 수 있음 (동법 제31조)

- (토지영구사용권) : 카자흐스탄에서 토지영구사용권은 토지에 건물을 소유하고 있는 법인, 토지상에 농업 및 임목 경작을 하는 법인, 과학-기술, 학문적 목적으로 토지는 이용하는 법인 등에게 부여 (동법 제 34조 제1항)

* 외국인은 토지영구사용권을 취득할 수 없다 (동법 제 34조 제2항)

- (토지임시사용권) : 카자흐스탄에서 개인 및 법인에게 토지임시사용권 또는 토지임사권의 형태로 토지를 제공 (동법 제 35조 제1항)

* 토지무상임시사용권은 5년까지 제공할 수 있고, 토지유상임시사용권은 단기 5년까지, 장기 5-49년까지 제공 (동법 제 35조 제2항)

○ 담보의 제공

- 카자흐스탄에서 토지소유권 및 토지사용권은 담보의 대상이 되고(동법 제76조 제1항), 토지소유권 및 토지사용권의 담보에 대해서는 부동산담보권에 관한 일반 규칙이 준용(동법 제76조 제2항)

- 한편, 카자흐스탄에서는 건물의 담보 제공 시 건물에 부속된 토지소유권 및 토지사용권도 동시에 담보로 제공 (동법 제77조 제2항)

○ 토지소유권, 토지사용권 및 기타 물건의 종료

- 토지소유권, 토지사용권 및 기타 물권은 다음에 해당하는 경우 종료

- 타인에 토지소유권 및 토지 사용권의 양도:

- 토지소유권자 및 토지사용권자의 토지에 대한 권리 포기:

- 기타 카자흐스탄 법령이 정한 절차에 의하여 토지소유권 및 토지사용권을 상실한 경우 (동법 제 81조 제1항)

(다) 스마트팜 시장동향 및 수요

□ □ 카자흐스탄 내 스마트팜의 위치

- 카자흐스탄 스마트팜 시장은 초기 단계로 아직까지 대다수 지방에서는 재래식 농업방식을 선호

- 특히, 지방에서는 PC와 인터넷 보급률이 낮아 스마트팜 발전의 제약요인으로 작용

- 아울러 우즈베키스탄, 키르기스스탄 등 인접국에서 유입되는 저렴한 노동인력도 스마트팜 기술도입에

장애물로 작용함. 농업인들은 비용적인 문제 등으로 비싼 스마트팜 기술을 도입하기보다는 값싼 노동인력을 활용한 농산물 생산을 선택

- 이러한 제약사항에도 불구하고 알마티와 쉴켄트 지방에는 스마트팜 기술을 도입한 스마트팜이 조금씩 증가하고 있으며, 정부도 정책적으로 지원하는 등 긍정적인 전망이 나오고 있음
- 현재는 작물 재배(토마토, 오이 등) 분야에 스마트팜을 도입하고 있으나 카자흐스탄 정부에서는 점차적으로 축산 분야에도 ICT 기술도입을 확대할 예정
 - 현재 카자흐스탄은 상단에 거론된 스마트팜 10개 세부분류 중 기상 모니터링 및 예보, 정밀농업, 스마트 온실 등에만 투자가 이뤄진 상태

□ 스마트팜 수요

- 카자흐스탄 당국은 IT기술 활용 정도에 따라 농장을 스마트팜, 선진농장, 일반 농장의 세 분류로 나누는데, 해당 기준에 따르면 카자흐스탄내 설치된 스마트팜은 10개에 불과
- 축산 분야에 스마트팜이 가장 많이 설치되어 있으며, 카자흐스탄 당국은 이를 단계적으로 확대할 예정
 - 정부는 오는 2022년까지 축산 분야 스마트팜 20개 설치를 목표
- 하지만 작물 재배 분야 스마트팜은 아직까지 걸음마 단계이며, 시장이 형성되어 있지 않음
 - 인근 국가인 우즈베키스탄, 타지키스탄 등으로부터 과채류가 저렴하게 유입되는 것도 시장발달 저해요소

□ 스마트팜 기업동향

- 유럽의 선진국들은 농업생산성을 향상시키기 위해 스마트팜, IoT 등의 차세대 기술을 적극 도입하는 반면 카자흐스탄은 신기술 도입에 아직 소극적인 편임.
- 신기술 도입보다 기존 경작지를 확대하는 것이 비용적인 측면에서 유리하기 때문인데 이는 토지가 저렴하고 개간되지 않은 경작지가 많기에 가능
 - 아울러, 영세 농가가 대부분인 카자흐스탄은 전통적인 농업방식을 고수하고 있으며, 카자흐스탄 농업인들은 신기술을 도입해 장기적으로 생산성을 높이는 것보다는 단기 이익에 치중하며, 지력이 약화되면 새로운 경작지를 개간하는 방식으로 사업을 진행
 - 카자흐스탄 정부는 영세 농업인들의 기술도입을 위해 예산을 마련하고 저금리 대출 사업을 진행 중이지만 활용도가 높지 않음. 아울러 복잡한 행정서류 절차로 인해 보이지 않는 장벽이 존재
- 하지만 최근에는 Nur-Agro, Nur-Shatimir 등의 농업 전문기업이 스마트팜 기술을 도입해 농산물을 생산 중에 있음. 이외에도 스웨덴 드라발(DeLaval)사의 착유로봇을 도입한 우유공장이 증가하는 등 축산업 분야로도 확대 중
- 카자흐스탄 어그테크(Ag Tech)는 위치정보 시스템(Global positioning system)과 지도화 시스템(Mapping system) 분야에 한정하여 투자가 이뤄짐.
 - 예시로 카자흐스탄의 Egistic사는 토양의 습도, 질소 농도, 정규식생지수(NDVI), 파종 지도 등을 포함한 농업 지도를 나자르바예프 국립대학교와 공동으로 개발 중임. 해당 프로젝트에는 약 266만 달러가 투입
 - Egistic사는 NASA의 무료 위성지도를 활용해 토지의 습도, 질소 함유량, 엽록소, 강수량 등을 측정된 종합정보지도를 제작 중이며 영세농업인들에게 해당 서비스를 판매하는 것을 목표로 하고 있음
- 스마트 온실, 정밀농업 분야보다 기후, 토지 정보에 어그테크 투자가 이뤄지는 이유는 카자흐스탄이 세계 7위의 목초지를 보유한 영토 대국이기 때문임. 개간되지 않은 토지도 상당해 영세 농업인들은 토지 정보를 필요로 함

□ 스마트팜 주요 분야별 시장

○ 스마트 관개

- 관개장비는 농업 기업뿐만 아니라 영세 농가에서도 수요가 높은 편임. 건조한 기후상 물공급은 중요하기 때문임.
- 현재는 미국, 중국, 이스라엘, 터키, 러시아계 기업들이 시장에 장비를 납품하고 있음. 관개장비에서 아직까지 한국 장비를 찾기는 힘든 상황임. 가격은 비싸나 성능은 유럽산에 미치지 못한다는 인식이 팽배함.
- 관개장비는 일정 시간이 지나면 자동 분사가 되는 단순기능의 제품이 많으며, 온실의 습도와 온도 등을 고려한 스마트 관개 장비의 보급은 아직까지 보편화되지 않음.
- 큰 기술이 필요 없는 온실 필름, 덮개 등 소모품 제품은 터키산·중국산이 많으며 관개 밸브, 파이프 등은 러시아·터키 제품이 유명함.

[표 2-369] 카자흐스탄 스마트팜 주요 기업

기업명	웹사이트	관심분야
Aqua Best LLP	www.aquabest.kz	Water supply systems, integrated irrigation systems
M2 LLP	www.m2.kz	Greenhouse solutions, integrated irrigation systems
BaroMAX LLP	www.baromax.kz	Greenhouse solutions, integrated irrigation systems

(단위 : US\$, %)

국가	수입액			점유율			증감률
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2018/2017
전 세계	-	16,688,020	14,254,018	n/a	100.00	100.00	14.59
미국	+	8,210,918	4,212,114	n/a	49.20	29.55	- 48.70
중국	+	318,404	2,055,163	n/a	1.91	14.42	545.46
오스트리아	-	1,578,586	1,895,490	n/a	9.46	13.30	20.08
아랍에미리트	-	232,913	1,276,910	n/a	1.40	8.96	448.24
터키	-	341,366	1,153,534	n/a	2.05	8.09	237.92

[그림 2-923] 카자흐스탄 HS Code 842482 기준 수입량

출처 : Global Atlas (2018)

주 : 842482, Mechanical Appliances For Agricultural Or Horticultural Use For Projecting, Dispersing Or Spraying Liquids Or Powders, Nesoi

○ 주요 비즈니스 모델

- 현지기업과의 합작 진출 혹은 현지기업을 대리점으로 지정하는 방식의 비즈니스 모델이 주를 이룸
- 카자흐스탄은 시장규모가 크지 않아 직접투자에는 리스크가 따르며, 대부분의 외국기업들은 현지 대리점 영업방식을 선호

○ 착유기

- 전통적인 목축국가인 카자흐스탄은 넓은 영토를 활용해 육류 생산, 우유생산을 하고 있음. 그중 착유기는 100% 수입에 의존

- 스웨덴의 DeLaval과 같은 회사가 착유기를 현지 시장에 납품 중이며, 수도 누르술탄과 알마티에 지점을 두고 있음. 아울러, 정기적으로 모스크바 지사에서 교육인력을 파견해 사용방법, A/S 서비스를 제공하기도 함.

○ 농업용 드론, 폐기물 기술 등

- 규모가 큰 전문 기업이 없고 기본적인 농기계도 부족한 경우가 많아 아직까지 드론의 활용도가 높지 않음. 폐기물 기술 또한 발달되어 있지 않음. 현재는 스마트온실이 조금씩 성장하는 단계로 드론, 폐기물, 농업정밀기술, 스마트유통 도입은 시기상조라는 업계 의견이 존재함.

□ 스마트팜 주요 사례

○ 농업 클러스터 조성프로젝트

- Baysereke Agro LLP사는 카자흐스탄 농업대학교, 농업연구소와 협업해 알마타시 근처에 농업클러스터 단지를 설치함.
- 2018년 기준 소, 말, 염소 등 약 2만 마리의 가축을 사육 중임. 클러스터 단지 안에 존재하는 우유공장에는 스웨덴의 DeLaval 로봇 착유기를 도입함.
- 아울러 1만 헥타르의 토지에서 옥수수, 콩 등의 곡물을 생산 중이며 이 중 700헥타르에 스마트 관개장비(점적관개 방식)을 도입해 재배 중임. 최근에는 유럽산 드론장비를 도입해 파종 전 토지의 상태를 파악 후 비료의 투입량을 결정하는데 활용

○ 한-카자흐스탄 농업혁신센터 설립 프로젝트

- 국내의 A사는 카자흐스탄 국립농업대학교와 협업해 연구소를 운영 중이며, 자르켄트 지역에 5헥타르의 스마트팜(온실) 시설을 설치해 딸기, 토마토 등을 재배하고 있음.
- 재배된 작물의 60%는 러시아로 수출되고 있음.

○ 국내 M사의 스마트팜 통합 솔루션 수출

- 수경재배와 물고기 양식을 결합한 아쿠아포닉스 농법의 스마트팜으로 약 250만 달러 규모로 진행 중
- 키르기스스탄 접경도시인 코르다이에서 0.6헥타르로 진행 중이며, 성과 결과에 따라 사업 확장여부 결정할 예정

□ 스마트팜 관련 정부 정책

○ 농공단지 발전 국가 프로그램 2017~2022

- (배경) 저유가 파동, 국제 원자재가격 폭락을 경험한 카자흐스탄 정부는 자원위주 경제 정책의 한계를 실감하고 비자원분야 육성정책을 마련
- 농업 발전을 위해 농공단지 발전 국가 프로그램을 수립해 정책적으로 지원하기 시작
- (내용) 세제 및 관세혜택이 주요 내용이며, 농업 분야 투자자에게는 법인세 면제, 토지세 면제 등이 혜택이 주어짐, 농기계, 기술 구매시 저리대출 제공
- 해당 프로그램 내 컴퓨터, 자동차 기계, 정밀 농업기술, 스마트팜 지원을 이한 세부 정책도 존재
- 카자흐스탄 정부는 오는 2022년까지 ICT 기술을 접목한 20개의 농업기업과 선진 기술을 구비한 4000개의 농업기업 육성을 목표로 하고 있음

(라) 유관기관 및 기업현황

□ 카자흐스탄 농업부

○ 기본과제 및 기능

- 카자흐스탄 농업부의 기본 과제 및 기능에 대해서는 농업부 규정에 명시

○ 기본 과제

- 농업 정책의 수립, 농업경쟁력을 가지는 제품생산 장려 및 지원
- 농업단지에 대한 정보 및 조언 제공, 농업분야의 운영과 관련하여 분야별 조율 등 (동규정 제12항)

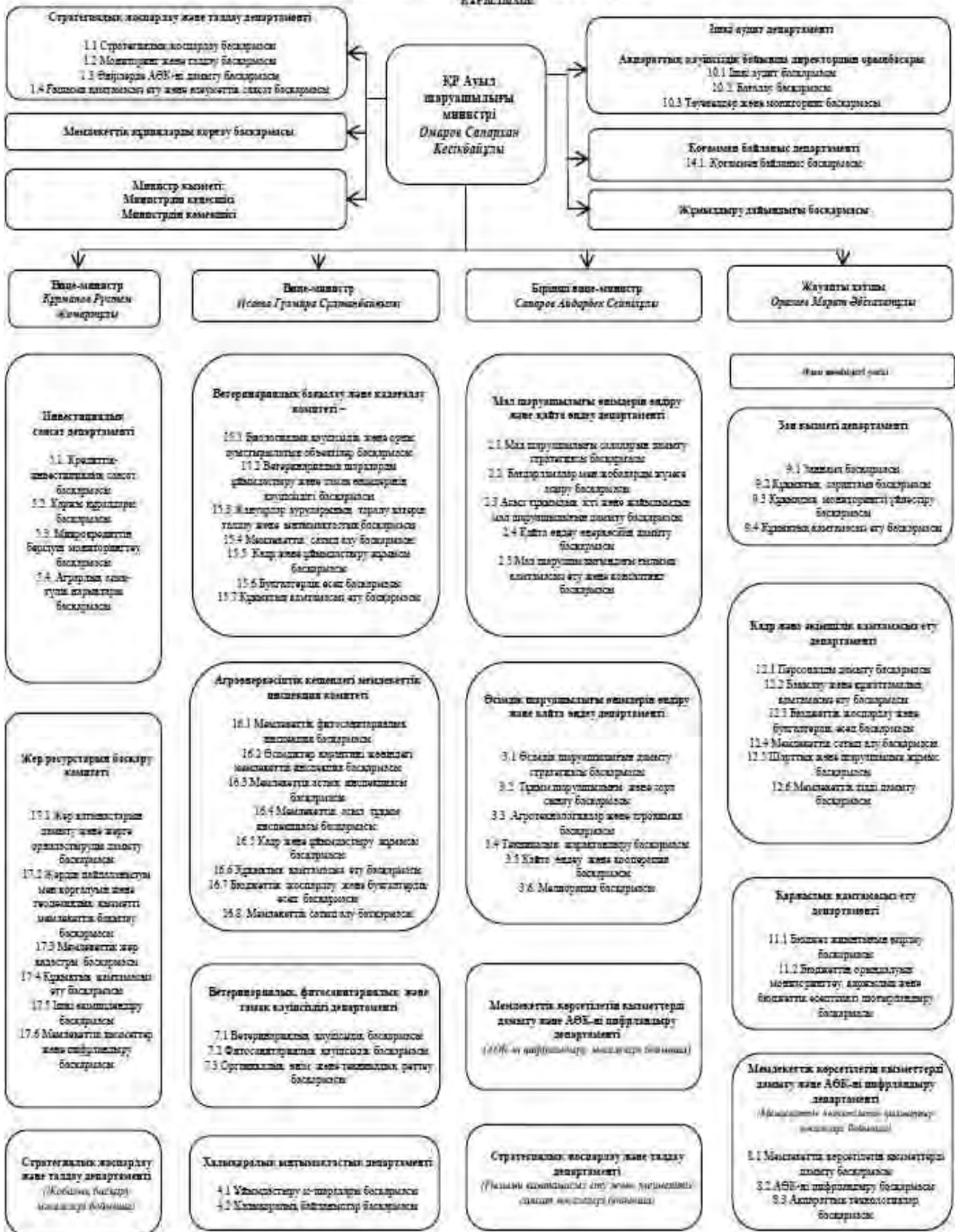
○ 기본 기능

- 수자원이 이용 및 보호에 대한 권리, 수자원의 모니터링, 하천(수자원) 대장의 작성
- 곡물수출에 대한 라이선스 발급, 유해유기물처리제(화학유독물)의 목록 작성 및 등록
- 동물계 이용에 대한 허가서 발급, 동물계 대장의 작성 및 모니터링
- 희귀종 및 멸종위기에 있는 동물의 반출입에 대한 허가서 발급
- 어구 개설 허가증 발급
- 산림 자원 제공에 대한 입찰의 수행
- 단일 산림국가목록의 작성, 산림 국가모니터링의 수행
- 특별히 보호되는 지역에 대한 국가정책의 이행에 참여
- 농촌 사회인프라 건설 및 농촌주민의 생활환경 개선
- 농촌발전 잠재력 모니터링 등(동규정 제13항)



[그림 2-924] 카자흐스탄 농업부 조직도

Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрілігінің
ҚҰРЫЛЫМЫ



[그림 2-925] 카자흐스탄 농업부 조직별 업무

□ 카자흐스탄 농업지원기관

○ 카즈아그로 지주회사(KazAgo Holdings, www.kazagro.kz)

- 2006년 12월에 설립되어 농업분야를 총괄하는 국영회사로 산하에 7개의 자회사(FCC, KAF, ACC, LPC, FFSA, KAM, KAG)
- 농업 분야에서 운영되어 온 7개 기관을 통합하여 설립된 정부 국영기업
- Food Contract Corporation(FCC, www.kazagro.kz/web/fcc) 및 KazAgroProduct(KAP)는 곡물, oilseeds 및 가축 시장에서 통제하는 주기관
- 농업신용공사(Agricultural Credit Corporation, ACC)와 농업재정지원기금(Fund for Financial Support of Agriculture, FFSA)은 다양한 규모의 농업 채무자를 위한 신용프로그램을 시행
- 농기계 임대사업 시행자로 KazAgroMarketing(KAM, www.kazagro.kz/web/kam)은 가격 정보, 마케팅 및 컨설팅 서비스를 제공하고, KazAgroGarant(KAG, kazagro.kz/web/kag)는 곡물 및 면화 참고 영수증에 대한 신용보증기금을 운영
- KazAgro의 총자산은 2011년 초 25억 달러이며 그 중 약 90%가 FCC, KAF 및 ACC의 3개 회사에만 집중
- 이들 기관은 시장에서 규모가 크거나 지배적인 업체
- KazAgro 회사의 특징은 국영기업이 상업적으로 활동하는 것으로 예를 들어, 2003~11년 FCC는 국내 생산 곡물의 10%에서 30%를 매년 구매했으며 그 중 약 70%가 상업 구매로 나타났으며, KAF는 카자흐스탄 최대 임대 사업자로 신규 임대, 연례 임대 및 전반적인 임대 포트폴리오를 제공하며, ACC는 중소규모 농업 채무자를 위한 주요 대출을 해주는 기관

○ KazAgro Innovations(KAI)

- 농업연구개발과 상업화, 해외선진기술 도입을 위해 국영 농업지주회사로 설립, 전국 22개 산하 연구기관을 두고 있음
- 주요 산하연구기관은 Priaralsky Scientific Research Institute of Agroecologies and Agriculture가 있어 벼 육종, 종자생산, 작물보호 등 7개 분야를 연구

○ 농업작물과학산업센터(SIC, Scientific Industrial Center of Farming and Crop)

- 농업부 소속으로 작물 품종개량 및 유전자원 관련 연구를 하고 있으며 식물보호연구소(Institute of Plant Protection), 농업동부카자흐스탄연구소(East Kazakhstan of Agriculture), 감자채소연구소(Institute of Potato and Vegetable) 등의 기관이 산하에 있음

○ Karabalyk Experimental Station for Agriculture

- 농업부 소속으로 1990년대까지 옥수수 연구를 하였으며, 이후 보리와 귀리 등 소립 곡류작물을 연구 중

○ M. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry

- 농업부 소속으로 1990년대 까지 옥수수를 연구하였고, 이후 밀, 감자 등에 연구력을 투자하고 있음

○ 카자흐스탄농업연구소(KazARI, Kazakh Agricultural Research Institute)

- 남부지역은 저온에 강하고 첫서리 이전에 수확이 가능하며, 밀식재배에 적응성이 높은 다수성 옥수수 품종 개발을 위해 연구 수행 중

○ Kazakh Research Institute of Rice Growing

- 벼 재배 및 신품종 개발과 관련된 과학연구를 담당함. 도복저항성, 내염성, 직파적응성 및 벼·두류의 작부체계 확립 등을 연구 중

○ 국립농업연구소(NIRS)

- 씨감자의 수입 의존도를 낮추기 위해 우수 품종육성을 진행 중

○ 스마트팜 분야 유관 기관

기관명	A.I. Baraev Research And Production Center For Grain Farming
담당 부서	International relations
홈페이지	www.baraev.kz
대표 연락처	+7 71631 23029
	info@baraev.kz Shortandy, Akmola region, Kazakhstan
비고	A.I Baraev Research and Production Center는 카자흐스탄 농업 및 식물 재배 분야에서 선도적인 연구기관 중 하나임

기관명	Non-commercial JSC "National Agrarian Science and Educational Center(NASEC)"
담당 부서	Strategy and International relations
홈페이지	www.nasec.kz
대표 연락처	+7 7172 72 8632
	N/A 4A Korgalzhyn road, Astana, Kazakhstan
비고	NASEC은 지속가능 농업연구 분야에서 유명한 농업인력 교육기관임

(4) 기타 - 스페인

□ 스페인 스마트팜 개황

- 스페인 스마트 팜은 유럽 선진국 대비 해서는 다소 발달 수준이 낮으나 전 세계적인 추세로 본다면 결코 낮지 않은 수준이며 앞으로 지속 성장이 예상되는 분야
- 스페인 총 GDP에서 농업 부분이 차지하는 비중은 유럽 평균인 1.4%를 월등히 넘는 2.7%이며 국토 전반에 걸쳐 곡물, 채소, 축산이 고루 발달되어 있기 때문에 스마트 팜 성장 잠재력이 큼
- 스페인에서 유망한 스마트팜 분야로는 스마트 온실과 토지분석(정밀농업)을 꼽을 수 있음
 - 스마트 온실: 스페인의 비닐 하우스 재배 면적은 중국에 이어 세계에서 두번째로 넓은 국가로, 재배 면적이 넓은 만큼 온도, 습도 등의 자동 조절 시스템 수요가 빠르게 증가 추세
 - 토지분석(정밀농업): 스페인은 농지 면적이 넓기 때문에 시스템을 통한 토지의 효율적 관리를 통해 생산 증대를 높이는 토지 분석 프로그램 수요가 높음
 - 이외, 스마트 관개 분야도 스페인의 강수량이 적은 지역이 많아 따라서 이를 해결 하기 위한 관개 시스템도 유망한 분야로써 손꼽힘
- 스마트팜 확산의 장애 요소로는 소규모 농가가 많아 신기술 도입을 위한 자금 조달에 어려움이 많다는 것과 고령 인구의 신기술 도입에 대한 수용도가 부족하다는 것을 꼽을 수 있음
- 스페인은 지방정부 중심으로 신기술 도입을 원하는 농민과 기업들에게 다양한 인센티브와 농교육 프로그램을 운영 중

□ 스페인 농업 현황

- 스페인은 4개의 기후대로 분류되어 곡물, 과일, 와인이 고루 생산되고 있음
 - 지중해성 기후: 스페인 반도 전반적으로 나타나는 기후로 온난 건조가 특징
 - 대서양 기후: 스페인 북서 지방에 나타나는 기후로 비가 많이 오고 연중 기온차가 크지 않음

- 고산 기후: 북부 피레네 산맥 일부와 칸따브리아 산맥에서 주로 나타나는데 겨울엔 몹시 춥고 여름은 선선함
- 아열대 기후: 스페인 남동쪽 해안지역에 주로 나타나며 연평균 기온은 22-28도
- 스페인 총 대지 면적 중 농지가 차지 하는 비율은 숲이 차지하는 비율 다음으로 높아 농지는 국토 전반에 걸쳐 광활하게 개발되어 있음
 - 스페인 총 대지면적은 약 50,594 헥타르로 총 면적의 약 86%인 43,465 헥타르가 농지와 숲 목초지, 초원으로 구성됨, 이 중 농지가 차지하는 비율은 약 33.7%로 크기는 약 17,034 헥타르임
 - * 숲(20,032헥타르), 농지(17,034헥타르), 목초지(5,206 헥타르), 초원(1,193 헥타르), 기타(7129 헥타르)
 - 위 총 농지 면적 중 밭과 과수원이 차지하는 비율은 각각 약 53.1%, 28%로 주로 밀, 보리, 감자, 올리브 등의 작물과 과채류 재배가 대부분을 차지



[그림 2-926] 스페인 지역별 주요 재배 농산물

- 스마트 온실
 - 스페인은 온실 재배 면적이 넓어 스마트 온실 분야가 빠르게 성장하고 있음
 - Rabobank 통계에 의하면 스페인 비닐하우스 재배 면적은 약 7,000 헥타르로 중국의 약 8,200 헥타르에 이어 제 2위 기록
 - 스페인 비닐 하우스 재배 면적이 넓은 만큼 온실 자동 시스템 분야가 다른 분야 대비 빠르게 전파되고 있는 추세
 - 특히, 비닐 하우스가 집중되어 있는 지역은 스페인 남부 안달루시아와 지중해 연안인 무르시아, 발렌시아로 토마토, 딸기 등의 과채류 재배가 대부분을 차지
 - 스마트 온실 생태계를 살펴보면 생산자에서 수입 및 유통 기업을 거쳐 농업 기업으로 연결됨
 - 보통 수입 기업이 유통 및 유지 보수까지 함께 진행함

기업명	홈페이지	관심분야	지역
Guadalfeo	www.guadalfeo.com	스마트 온실, 관개시설	그라나다
Odins	www.odins.es	자동 관개시설	무르시아
Agroconecta	www.agroconecta.es	자동온도 및 습도 관리, 관개 시설	바다호스
Hispattec	www.hispatec.es	스마트 온실, 정밀 농업 S/W	알메리아

[그림 2-927] 스페인 주요 스마트 온실 공급 기업

□ 정밀 농업

- 스페인의 토지 면적은 상당히 큰 편으로 토지의 효율적 관리를 통해 생산 비용 절감과 생산 증대를 높이는 정밀 농업의 수요 증가 추세
- 특히, 정밀농업에서 수요가 가장 많은 분야는 크게 토지 정보 분석과 관개 시설 부분
 - 스페인의 곡물 생산 면적은 넓은 편이나 수익성은 다소 부족하여 자원 배분 최적화, 토지에 적합한 작물 추천 등을 도와 주는 토지 정보 분석 기술 제품 수요가 높음
 - 아울러 스페인은 수자원이 부족한 국가로써 농가에서도 수자원의 효율적 관리가 필요하므로 스마트 관개 시설의 수요도 증가 추세
- 정밀 농업 벨류체인은 생산자에서 수입 및 유통기업을 거쳐 농업 기업으로 연결됨
 - 수입 기업이 유통 및 유지보수까지 함께 진행하는 경우가 대부분

기업명	홈페이지	관심분야	비고
Ceetra	www.ceetra.com	위성을 통한 토양질 측정	마드리드(법인)
Guadalfeo	www.guadalfeo.com	스마트 온실, 관개시설	그라나다
Odins	www.odins.es	자동 관개시설	무르시아
Not Ants	www.notants.es	온도, 습도 센서 기술	바다호스
Masens Agro	www.masens.com/agro	드론	말타가

[그림 2-928] 스페인 주요 정밀 농업 공급 기업

□ 시사점

- 스페인은 농업이 전체 경제에 차지하는 비중이 높은 만큼 스마트 팜 도입도 점차 활성화 될 것으로 전망
 - 정부 차원의 다양한 인센티브 지원과 교육 프로그램을 통해 자금 조달에 어려움이 있는 소규모 농가의 신기술 도입 지원 및 고령 인구의 신기술 도입을 적극 장려 하고 있음
 - 현재 스페인에서 활동 중인, 위성을 통한 토지 측정 기술 시스템 제조사 “C”사에 의하면, 스페인의 정밀 농업 관련 제품 수요는 네덜란드나 독일 등 기타 유럽 선진국에 비해 낮으나 최근 들어 빠른 속도로 늘어나는 추세로 현재 주, 지방 정부의 다양한 지원에 힘입어 지속적인 성장이 기대된다고 밝힘
- 한국기업은 하드웨어가 발달해 있다는 것을 고려해 볼 때 스페인 진출 유망 하드웨어인 스마트 온실과 관개시설에 대한 수요가 높은 지역을 집중 공략해 야함
 - 스마트 온실은 비닐 하우스 면적이 넓은 안달루시아, 발렌시아, 무르시아 지역이 유망하여 관개시설은 강수량이 부족한 안달루시아, 가스피야 레온, 아라곤 지역이 유망
- 우리 기업은 스페인 지방 정부의 스마트 팜 파일럿 프로젝트에 참여, 추후 해당 지방 기업이나 지방 정부의

후속 구매로 이어질 수 있도록 유도 하는 방법을 고려해 볼 수 있음

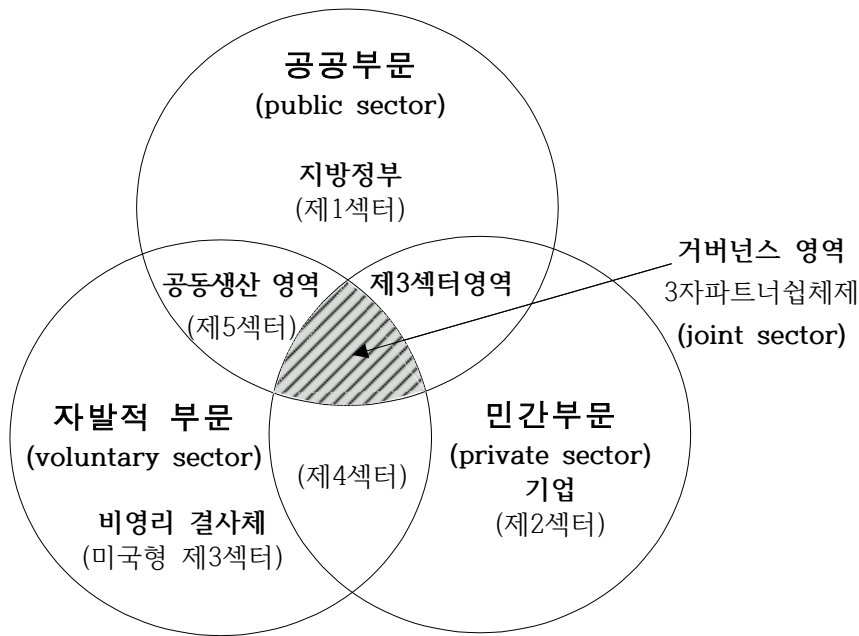
- 기업 단독 참여는 힘든 상황으로 연구기관이나 대학, 유관기관과 컨소시엄을 구성하여 스페인 정부에 제안하는 것이 유리할 것으로 보임
- CSR 사업과 연계하여 스마트팜 기술학교와 함께 추진한다면 시너지 효과 기대
- 유럽 기업 대비 부족한 기술력과 경험을 커버하기 위해 현지 유력 딜러와의 협력하여 AS 네트워크 및 영업망 구축 필요

(4) 진출 전략 및 거버넌스 구축

(가) 거버넌스 구성요소 및 유형

□ 거버넌스의 구성 요소

- 거버넌스에 대한 정의가 매우 다양하게 이루어짐에도 불구하고 이것을 구성하는 공통의 요소들을 찾아보자면, 크게 참여 행위자들(actors)과 협력 조직(organization) 및 제도(institution), 참여자들의 상호작용을 통한 운영 과정(process), 그리고 거버넌스 체제를 둘러싸고 있는 메타적인 차원의 맥락(context)을 들 수 있음
- 거버넌스를 구성하는 행위자들은 공공과 민간, 자발적 부문 등 사회각 부문을 균형 있게 대표하는 사람들로 구성
 - 이들 각자는 공익적 가치를 보호하고 향상시킬 수 있는 자발성과 책임성을 자격 요건으로 갖출 필요가 있으며, 이처럼 사회 각 부문의 다양한 이해관계를 대변하는 참여자들이 거버넌스 체계 속에서 서로 소통하고 상호 학습하는 과정을 통해 공통의 과제를 발견하고 여론을 형성하면서 함께 문제를 해결해 나갈 수 있는 역량을 구성



[그림 2-929] 참여 행위자들의 특성으로 본 거버넌스 영역

- 거버넌스 체제를 통해 여론을 효과적으로 수렴하고 정책화시켜 사업을 효율적으로 집행할 수 있도록 하기 위해서는 조직과 제도 측면에서 물리적, 재정적 안정성과 독립성을 갖추도록 제도적 조건을 갖출 필요가 있음
- 공식적이고 가시적인 제도영역과 비공식적이고 비가시적인 제도영역들간의 긴밀한 상호교류를 촉진시킬 수 있도록 소통을 통한 학습과정을 제도화 할 필요가 있음

- 다양한 참여자들과 가치, 제도들간의 긴장과 갈등을 최소화하면서 공통의 목표를 향해 거버넌스 체제가 보다 효과적으로 작동하도록 하기 위해서는 거버넌스 체제를 보다 민주적이고 성찰적인 방식으로 운영할 수 있도록 거버넌스의 과정을 보다 정교하게 설계
- 메타 차원에서 거버넌스를 둘러싸고 있는 조건들을 안정화시키기 위해서는 다양한 목표와 기대, 습관을 가진 행위자와 제도들에게 경쟁과 갈등보다는 상호 교류와 협력을 촉진하는 방향으로 인식론적 기반을 만들어 나가면서 동시에 공익적 가치를 보장하는 방향으로 사회체제 자체를 변형시키는 노력을 병행할 필요가 있음

체계	메타 거버넌스 (맥락)	- 인식론적 전환에 기반한 비전 제시 · 공·사 / 정부·시민사회 / 지구·지방 / 자율성·책임성간 이분법 극복	인식론적 기반	공적 영역
		- 제도적 질서와 균형 유지 · 제도 설계, 제도간 연계 및 조정 여건 조성	체제기능	
생활 세계	거버넌스 (조직, 제도)	- 공식적 제도화 영역 · 반응성, 책임성, 효율성의 원칙 · 제도화 및 권력행사과정	정책 형성양식	
		- 비공식적 제도화 영역 · 자발적 참여, 협력의 원칙 · 영향력 행사 및 합의도출과정	여론 형성양식	
	거버넌스 구성원 (행위자)	- 공동의 이슈화, 공론화 · 소통을 통한 경험과 이해관계 공유 · 성찰적 개인	여론 형성 의견 공유 능동적 시민	사적 영역

[그림 2-930] 거버넌스의 구성 체계

□ 거버넌스의 차원

- 거버넌스는 그 차원에 있어서 구조와 과정으로 구분 (Pierre and Peters, 2000).
- 구조로서의 거버넌스
 - 정부 외의 다양한 행위자가 의사결정에 참여하고 관료제적 통치방식에서 벗어나 보다 수평적인 네트워크 조직을 통한 문제해결을 시도하는 거버넌스는 구조적 차원에서 볼 때 어떠한 행위자들이 어떤 제도와 체제적 조건 속에서 참여하고 무슨 역할을 수행하는가와 밀접한 관련이 있고, 따라서 여기서는 권력관계와 가치관계가 중요
 - 거버넌스 구조에는 계서제(hierarchies), 시장(markets), 연계망(networks), 공동체(communities) 등 다양한 유형들이 있는데, 각각 일정한 시간적·공간적 상황에 따라 특정 유형들이 효과적인 문제해결기구로 작동하는 것이 일반적
- 과정으로서의 거버넌스
 - 과정적 차원에서 볼 때 거버넌스는 주어진 과제를 어떠한 절차와 단계를 통해 효율적이고 효과적으로 해결하느냐와 관련
 - 효과적으로 문제를 해결하기 위하여 다양한 행위자간의 활발한 의사소통과 토론을 통한 상호조정을 중시하며, 따라서 명령, 통제, 제재와 같은 방식보다는 합의, 조정, 협력을 통한 문제해결 방식을 선호
 - 과정적 측면에서 거버넌스는 조종(steering)과 조정(coordinating) 현상으로 이해할 수 있으며, 따라서 다양한 주체들 간의 협력적 의사결정과 문제해결을 위한 조종기제가 핵심

□ 거버넌스의 유형

○ 적용영역의 규모(Scale)를 기준으로 한 유형

- 거버넌스의 적용영역을 기준으로 유형화 해 보면, 기존의 국민국가 체계를 뛰어넘는 초국가적 이슈나 문제를 효과적으로 다루기 위해 등장한 '지구적 거버넌스(global governance)'와, 정치적 분권화와 경제적 세계화 흐름 속에서 지방이 중요한 정치·경제적 장소로 부각됨에 따라 지방단위에서 문제해결을 위한 관리체제로서의 '지방적 거버넌스(local governance)'를 들 수 있음
- 지구적 거버넌스는 국경을 초월한 이슈들을 단일주권에 기반한 통치권위 없이 통치(governing)하는 것으로, 환경이나 인권, 여성과 같은 초국가적 이슈에 대한 공동대응을 목적으로 국가간 협력기구에서 출발하여 국가 이외의 다양한 사회적 행위자들의 참여수준과 폭을 넓히고 있음
- 지방적 거버넌스는 세계화와 지방화의 흐름이 본격화 된 1980년대 이후에 본격적으로 논의가 되기 시작하였으며, 서구의 경우 복지국가의 해체와 함께 중앙정부에 의존한 지방정부(도시)들의 서비스 공급기능이 위축되면서 지방정부 스스로 공공서비스 공급의 조건을 창출해야 하는 상황이 발생하였으며, 여기에서 지역주민들의 서비스 공급의 양과 질에 대한 요구수준이 높아지고 지방 스스로 해결해야 할 정책적 과제들이 출현하였고, 이러한 상황에서 지방정부는 지역을 활성화하고 지역 주민들의 삶의 질을 고양시키기 위해 기존의 공급자(provider) 중심에서 조력자(enabler)로 역할 변화를 요구받게 되었으며, 이 과정에서 지방 차원에서의 거버넌스가 등장

* 초기에는 지방 거버넌스가 지역사회의 행위자들이 참여·협력하여 지방 경제를 활성화하는 목적으로 주로 출현하였으나 최근에는 사회·문화·환경적 문제들에 공동대응하기 위한 대안적 협력체로서 활발히 논의되고 있음

- 지구적 거버넌스와 지방적 거버넌스 모두 논의의 차원은 서로 다르나 그럼에도 공통점은 상호작용적 의사결정을 통한 집합적 행동의 문제를 해결하기 위해 지방과 지역, 국가, 국제적 수준의 각 차원에 기반한 다양한 행위자들이 협력하는 것이 바람직하다는 것

○ 주도적 행위자의 특성을 기준으로 한 유형

- 국가중심의 조정양식이 한계를 드러내고 있는 시점에서 국가와 시장, 시민사회를 구성하는 주체들의 논리와 영향력 정도에 따라 거버넌스는 시장주도형, 정부주도형, 시민사회 주도형으로 구분 (정규호·문순홍, 2000).

○ 시장주도형 거버넌스

- 일반적으로 신자유주의적 논리에 기반한 시장주도적 거버넌스는 전통적 정부보다 수평적, 협력적, 참여적 관계 속에서 다양한 이해관계자들과의 상호작용을 강조하고 있다는 점에서 우수한 것으로 평가받고 있음
- 이들은 관료주의적 정부가 시민(고객)의 요구에 대한 반응성이 떨어지고 비효율적이며 무책임한 측면을 가지고 있다고 비판하고 있어, 시장주도적 거버넌스는 작고 효율적인 정부구조를 지향하면서 거대정부의 비효율성 문제를 해결하기 위해 민영화(privatization)를 주장
- 이런 민영화의 배경은 정부 기능을 사적 부문으로 이전시켜 서비스 범주와 질을 높이는 반면, 정부의 비용을 감소시켜 경제적 효율성을 극대화하는데 있으며, 따라서 이들의 민영화 논리는 정부 규모와 영향력의 감소와 연결
- 경제적 자유주의자들을 중심으로 탈규제와 민영화를 추진하는 시장주도형 거버넌스는 국가가 사회에 제공하는 공공복지서비스의 규모와 시장에 대한 공적 규제를 줄이는데 초점을 맞추고 있음
- 시장주도형 거버넌스는 국가가 담당해 왔던 공적활동과 이와 관련한 권한의 상당부분을 비민주적이고 무책임한 주체들로 넘겨주어 공공영역의 축소 또는 쇠퇴가능성이 매우 높다는 것이며, 이러한 상황에서 당면하게 되는 문제는 민주주의적 책임성 결여와 시민사회에 기반한 사회적 거버넌스(social

governance)의 쇠퇴라는 것

○ 정부주도형 거버넌스

- 정부주도형, 보다 엄밀히 말하자면 기업가적 정부(entrepreneurial government)가 주도하는 거버넌스는 기존의 위계적이고 권위적인 통치방식의 문제점을 해결하기 위해 다양한 이해관계자들을 의사결정과정에서 폭넓게 참여시켜 보다 효율적이고 효과적인 관리체계를 구성하려는 노력에서 등장
- 이러한 새로운 공공관리(NPM: new public management)로서의 거버넌스는 기업이 가지고 있는 높은 창의력과 경쟁력 그리고 변화와 요구에 대한 신속한 반응성과 적응력을 정부운영의 논리로 도입시켜 관리체계를 개선하고자 하는데 목적을 두고 있음
- 이들은 공공에 대한 불신과 재정압박의 문제를 완화하기 위해 결과에 대한 관리와 화폐 가치를 중심으로 선출직 정치가 보다 전문가적 자원관리에 의존함으로써 '조종(steering)'을 거버넌스와 동의어로 사용하고 있음
- 정부주도형 거버넌스는 시장주도적 거버넌스와 운영논리 측면에서 유사하지만 문제의 원인을 정부규모의 크고 작음이 아니라 잘못된 통치형태에 두고 있고, 따라서 정부규모의 축소나 민영화를 최선의 해결책으로 보지는 않으며, 새로운 형태로 변모한 정부가 문제해결의 중심 역할을 해야한다고 보는 점이 특징
- 시장 논리를 사회전체를 지도하는 원칙으로 삼아 탈규제, 민영화, 위탁관리를 통해 기존의 공적 영역을 축소시키려는 시장주도형 거버넌스와는 달리, 정부주도형 거버넌스는 기업을 중심으로 개발된 관리기법들을 공공부문에 도입·적용시켜 조직의 유연화를 도모하면서 동시에 정부가 담당해오던 공적 역할과 권한 중 부담스러운 영역들을 시민사회로 이전시키려는 특성을 가지고 있음

○ 시민사회 주도형 거버넌스

- 현실 지배적인 유형으로서 시장주도형과 정부주도형 거버넌스는 복잡한 사회현상과 다양한 이해관계들에 대한 효과적이고 효율적인 관리기제로서 주목을 받고 있으며, 주로 거버넌스의 기능적이고 관리적인 측면을 강조
- 따라서 이들이 즐겨 사용하고 있는 '파트너십(partnership)'도 내용 면에서는 투자재원의 확보의 효율성을 추구하는 재정적, 경제적 동기와 정부기능의 효율적 방향으로의 재 정향화를 위한 관리적, 전략적 동기가 내재되어 있으며, 모두 약한 시민사회를 전제로 하고 있는 것이 특징이라 할 수 있어, 거버넌스의 활성화를 위해서는 시민사회의 보다 적극적인 참여가 필요
- 그러나 거버넌스를 통한 보다 포괄적인 참여는 효과적인 의사결정에 필요한 정보교환을 촉진하고 의사결정에 정당성을 부여하며 실행수단의 효과성을 높여줄 것으로 기대되고 있지만 현실의 불평등한 권력관계가 존재하고 있는 상황에서 거버넌스에서 강조하는 다양한 행위자들간의 참여와 협력보다는 새로운 갈등과 문제를 발생시킬 수 있음
- 시민사회영역에서 자발적이고 자기 조직적인 거버넌스의 방향과 전략을 모색함에 있어 이러한 측면을 소홀해서는 안될 것이며, 예를 들어 거버넌스를 통해 시민사회를 구성하는 결사체들(CSOs: civil society organizations)의 참여기회가 확대되고 정부기구와의 협력조건이 제도적으로 마련된다고 하더라도 현실적으로는 기업을 중심으로 한 특정 이익집단의 강한 목소리가 시민사회 내에서 진행되는 포럼과 회의에 반영될 가능성이 크다는 점을 고려해야 함
- 거버넌스는 공식적인 권위체계 없이도 시민들이 집합적 행동에서 언제 어디서 어떻게 참여해야 하는지에 대해 알 수 있도록 함으로써 자신을 힘을 키워나갈 수 있는 기회를 제공한다는 점에서 분명 새로운 기회이나, 관리의 대상이나 고객이 아닌 실질적 주인의 자세로 자발성에 기초한 능동적인 시민들이 중심이 되어 시민사회 내에 소통적 거버넌스(communicative governance)체계를 구축하는 노력은 필요

○ 바람직한 거버넌스

- 바람직한 거버넌스는 결국 사회적 공익성을 핵심 가치기준으로 하여, 보다 활성화된 시민사회와 새로운 기능과 역할을 부여받은 정부가 유기적으로 결합됨으로써 당면한 사회적 과제를 보다 효과적이고 민주적으로 해결할 수 있는 것을 말함
- 시민사회의 활성화는 단순히 시민사회의 영향력과 권력자원의 정도가 높다는 차원을 넘어 성찰성과 공익적 가치에 대한 책임성을 동반하는 것을 의미
- 활성화된 시민사회를 중심으로 다양한 사회적 거버넌스를 형성하고 새로운 공적영역을 창출하고 확장시켜 나가면서 토론과정을 통해 이해관계와 선호도를 조정의 함으로써 참여자들 스스로 공익적 가치에 대한 이해와 합의형성이 이루어지도록 해야 할 것이며, 공익(public interest)에 기반한 높은 시민적 책임성(civic responsibility)을 토대로 한 강한 시민사회와 이에 기반한 국가의 역할과 기능을 민주주의적이고 효율적인 방향으로 설계하는 과정을 통해 재탄생한 강한 국가가 결합한 바람직한 거버넌스는 자본주의적 시장질서를 조정하고 견제할 가능성이 높으며, 이러한 유형의 거버넌스를 만들어 나가는 것이야말로 거버넌스 참여자들 모두의 몫이 되어야 할 것

(나) 러시아 진출전략 및 거버넌스 구축

□ 스마트팜 전망 및 시사점

- 러시아 온실에서 재배되는 주요 작물은 오이와 토마토이며 제철에는 자급률이 90% 이상에 달하는데, 이는 러시아인이 개인 별장(다차)에서 주로 오이와 토마토를 재배하기 때문
- 장기적 관점에서 IoT, 블록체인 등의 기술이 러시아 농업에 도입될 전망이나 현재까지는 미성숙한 상태
 - 중단기적으로는 드론, 무인 농업기계 등에 대한 한국 기업의 수출이 유망할 것으로 파악
 - 러시아 내 스마트 팜 관련 투자는 현재 기계장비 구축 및 확충에 집중돼 있으며, IoT 등의 소프트웨어 측면은 정부 주도로 진행되는 상태
 - 2035 국가 기술 구상 이행에 따라 스마트 농업분야에 대한 투자는 지속 증가 전망
- 러시아 수입대체화정책과 정부 지원 효과에 따라 농기구 생산기업에 대한 보조금 등으로 한국 기업은 가격경쟁력에서 밀릴 수 있어 현지 합작 투자 진출을 고려해볼 만함

□ 시장 진출 관련 기회 및 장애요소

○ 현지 시장 특징

- 러시아 농업부문은 선진국에 비해 뒤쳐져있으며, 농업 노동 생산성은 미국과 서유럽보다 3분 1에서 5분의 1 수준에 불과
- 러시아는 농지가 8천만 헥타르에 달하지만 어그테크는 5~10% 정도만 사용되고 있음
- 현재 러시아 농업은 수입률을 낮추는 것이 목적이기 때문에 러시아 기업과 협력하는 것이 더 유리하며 많은 인센티브를 받을 수 있음
- 러시아 기업과 스타트업은 유통업체가 되는 것보다, 주로 제품을 제조하고 서비스를 제공하는 것을 선호

□ 러시아 시장 진출

○ 기술협력을 통한 스마트팜 솔루션 공동 개발

- 러시아는 세계에서 가장 넓은 영토를 보유하고 있어 토지 샘플링조차도 시간과 인력이 대량 투입되기 때문에 가장 우선적으로 필요한 스마트팜 시스템은 네비게이션 시스템(관제 기능), 토지 샘플링 및 자동분석기능, 동력전달 자동화 등

- 토질 맵핑, 자동경작, 자동파종, 무인 트랙터, 관제 드론 등도 매우 유망한 기술
 - * 스마트팜 솔루션의 대표적인 기술력 : 블로젯인, 인공지능, 빅데이터, IoT(사물인터넷), 전기전도 탐사 (Conductivity mapping) 등
- 기술협력을 통한 온실 솔루션 공급 및 공동 개발
 - 러시아는 90년대 초 3천9백 헥타르 영토에 동계 온실을 운영하였으나 2006년 기준 1천8백 헥타르로 감소, 이는 농업 설비 낙후와 정부 예산지원 및 민간 투자 부족 때문
 - 2008년부터 러시아 정부는 온실 프로젝트를 재건하였고, 2015년부터 온실에 첨단 기술 도입을 본격화
 - * 2014년~16년 기간 366헥타르 규모 온실 구축
 - * 2020년까지 3천2백 헥타르 온실 구축과 연 150만톤 온실 채소 생산이 정부 목표
 - 온실 현대화에 우선적으로 투입되고 있는 LED 프로젝트, 자동 관개시스템, 모니터링 및 통제 시스템, HVAC(공기조화기술: Heating, Ventilation & Air Conditioning) 및 LED Phyto 램프 등의 수요가 크게 확대될 전망
- 하드웨어 수출 가능성
 - 소프트웨어 개발의 경우, 현지 기후 특징을 잘 알고 있는 러시아 업체가 유리하기 때문에 수입 수요는 거의 없음
 - 한국산 기계는 가성비를 내세워 유럽산 제품을 대신할 가능성이 높음
 - 영농분야, 극동이 미래성장 동력 산업으로 집중 육성 중
 - 중국, 일본, 한국 등 주변국과의 협력으로 개발 가속화되고 있으며, 특히 곡물수요가 확장일로에 있는 중국과 보완적 관계에 있어 협력이 유망
- 진출 전략
 - 시장 내의 기존 회사와 합작 투자를 고려해 볼 수 있으며, 러시아 공급업체는 마케팅과 인증 비용을 공유할 준비가 되어 있는 기업을 선호
- 기술력 홍보 웹사이트 구축
 - 러시아 진출 스마트팜 외국에 기업들의 대부분은 현지 언어로 구체적인 기술력이 소개된 웹사이트를 구축하고 있음
 - 외국계 기업들이 직접 구축하지 않더라도 현지 파트너사 또는 유통사(딜러)들이 소비자 인지도를 높이려고 자체적으로 웹사이트를 구축하고 있음
- 현지기관, 기업 파트너십
 - 한국 기업 진출을 적극 지원하는 현지 기관 파트너십(ASI 등) 활용
 - ASI (러이사 전략기획청)은 (러)신동방정책-(한)신북방정책 협업 추진을 가장 활발하게 수행하고 있는 러시아 투자유치 기관
 - ASI는 러시아 정부 전략 프로젝트 중 NII 2035(2035 National Technological Initiative) 수행의 핵심 기관으로 특히 스마트 농업에 대해 적극 홍보하고 있는 기관
 - * 러시아 전략기획청(ASI : Agency of Strategic Initiatives) - 2011년 대통령 직속기관으로 설립된 경제 개발 계획에 대한 정책방향 설정을 지원
 - * 기업환경 개선을 위한 행정상 장애 요소 제거, 기업-정부 간 소통 및 협력 방안 마련, 정부 정책에 대한 기업 의견 반영 등을 주목적으로 하고 있음
 - * 현재 중점분야는 외국인 투자환경 개선, 국가기술이니셔티브(신기술 정책 수립) 등

- 신북방 농업분야 진출 방안
 - 목표 및 추진과제
 - 북방진출 다각화, 고도화로 한국 농산업의 성장 견인



[그림 2-931] 신북방 농업분야 진출 활성화를 위한 목표 및 추진과제

- 신북방 농업분야 진출 품목
 - 현지 맞춤형 스마트팜 진출 ; 북방지역 맞춤형 K-스마트팜 수출 모델 개발, 민간단체 중심 스마트팜 수출협의체 구성, 북방시장 개척 및 수출지원
 - 협의체는 기업상담화 등 교류협력 추진, 우수업체 DB화 및 자체 품질관리로 신뢰 구축
 - 종자 등 농기자재 수출 확대 ; 우수품종 개발 및 보급 확대(Golden Seed Project 사업단), 농기자재 관련 해외시장 정보제공 및 인허가 취득 등 활동 지원
 - 흑해지역 (신흥 국제곡물시장 진출) : 민간주도 곡물수출터미널 확보 (곡창지대인 우크라이나에 민간주도 곡물수출터미널 확보), 국제곡물 전문가 양성교육 (곡물유통기업 종사자 대상 해외 우수 교육프로그램 참여 지원)
- 극동지역 (진출품목 다양화 및 판로 확대) ; 품목다양화 및 생산성 향상
 - 채소재배, 농축산 복합영농 및 식품가공 등 전반위 진출 다양화
 - 품종 개발, 기술지원을 통해 생산성을 높여 기업의 경영안정 도모
- 진출기업간 농산물 공동마케팅
 - 공동판매조직 구성 및 마케팅 활동을 통해 판로 확보
 - 현지 수요확대 등 여건에 따라 중장기적으로 산지유통시설 구축 추진
- 교류확대 (민간중심의 교류 협력 확대)
 - 러시아 : 한러 농업 비즈니스 다이얼로그 (상담회 등 기업간 투자기회 탐색, 한러 정상회담 공동성명 통해 정례화,
 - 중앙아시아 : 한-우즈베크 비즈니스 다이얼로그 (중앙아-러시아 농업협력 플라자 개최, 중앙아 및 러시아 순회 민관협동 포럼 개최)

- 흑해지역 : 한-우크라이나 농업협력방안 연구, 농업정부-기업 초청행사
- 국내 : 해외농업개발 포럼 운영 (진출기업간 정보교류 및 협력), 해외진출 용자제도 개선(사전수요파악, 특별보증 상품 개발 등 편의 제고)
- 현지 유통망 구축
 - 러시아 스마트농업 분야에 선도하고 있는 외국계 기업 모두 현지 독점 유통망 또는 딜러망을 구축하고 있는 상태
 - 러시아 스마트 농업 관련 제품유통과 기술력 홍보는 현지어가 필수적이므로, 현지 유통 구조를 완벽히 이해하고 있는 기업이 절대적으로 유리
 - 사례 : Ag Leader(미국)-Labsolut(현지 유통사), Mueller Elektronik(독일)-Poletchnika(현지 딜러), DunavNET(세르비아)-Alan 그룹(현지 대기업 등)
- 스마트팜 설계 기업에 기계 공급
 - 스마트팜 설계 러시아 업체와 협력해서 관련 기기를 공급하는 전략이 유망
 - 유럽 제품과 경쟁하기가 쉽지 않지만, 경쟁력 있는 가격을 제시할 경우, 가능성 존재
 - 러시아 스마트팜 설계 업체 (투자를 받은 스타트업 업체)를 중심으로 홍보 및 마케팅 캠페인이 실시하는 것을 권장
 - 스콜코보(Skolkvovo) 같은 어그테크 스타트업 인테그레이터와의 협업도 가능

(다) 아랍에미리트 진출전략 및 거버넌스 구축

□ 스마트팜 전망 및 시사점

- 농산물 현지생산에 대한 중요성 증가
 - 최근 UAE 정부는 국가식량안보전략 2051을 수립하며 식량안보의 중요성을 강조하고 있으며 주요 식품분야 18개를 선정하고 해당 품목의 현지 생산 역량을 강화
 - 18개 주요 식품: 사과, 바나나, 대추야자, 잎 채소, 토마토, 감자, 오이, 콩류, 쌀, 밀, 설탕, 오일의 과채곡류와 소, 염소, 가금류, 우유, 달걀의 축산품목, 수산물
 - 스마트팜을 활용한 실내재배와 종자 개량 부문에 대한 장비·기술 수요가 향후 더욱 증가할 것으로 예상
- 첨단농업 부문에 대한 정부 지원책 확대
 - 아부다비 투자진흥청(ADIO) · 무함마드 빈 라시드 혁신펀드(MBRIF) 등 외국기업에도 기회가 주어지는 지원 정책들이 점차 확대되고 있어 UAE 진출을 희망하는 농업분야 국내 중소기업들도 이를 통해 진출 기반을 마련할 수 있음.
 - ADIO 담당자는 이미 한국기업이 1개사가 ADIO 농업 프로그램을 통해 지원을 받고 있으며 첨단 농업부문에 제품이나 기술을 보유하고 ADIO 측에서 요구하는 기준에 부합하는 경우 외국기업이라도 해당 프로그램의 수혜를 받을 수 있음을 강조
 - ADIO 농업지원 프로그램 관련 FAQ 등은 ADIO 농업프로그램 웹사이트 (<https://www.investinabudhabi.ae/incentives/agtech/>)를 통해 확인 가능함.
- 현지 생산
 - UAE 정부는 현지 식음료 생산을 확대하고자 민간부문의 제조업 창업을 적극적으로 장려하고 있음
 - 공산품 생산을 위한 생산 설비와 부품 및 원자재 수입 시 관세 면제, 국내 가공 후 일정 이상의 부가가치를 생산한 경우 수출 관세 일부 면제 등 혜택을 제공하고 있음
 - 알루미늄·철강 등 산업재를 제외한 일반 소비재 중 식음료의 현지 생산이 가장 활성화되어 있으며, 특화

산업단지인 Dubai Industrial City, Dubai Industrial Park 등이 조성되어 있음

○ 가공식품 수출

- 전통 한국식을 고수하기보다는 식문화 차이에 상관없이 보편적으로 어필할 수 있는 라면류, 스낵류 등의 진출을 모색하는 것이 초기에 용이할 것으로 보임.
- 아직 한국 식품에 대한 인지도와 선호도가 높지 않아 이를 개선하기 위해 지속적인 홍보와 시식 행사가 필수적이며, 장기전을 생각하고 진출해야 할 것으로 보임

□ 진출전략

○ UAE 정부의 지원정책 적극 활용

- 아부다비 투자진흥청, 무함마드 빈 라시드 혁신펀드 등 현지 기업뿐만 아니라, 해외기업도 수혜 가능한 농업 분야 지원 정책들을 적극 활용
- 이외에도 최근 UAE 정부는 글로벌 스타트업 허브로 도약하고자 유망분야의 스타트업을 대상으로 UAE 진출 시 다양한 인센티브를 제공
- 대표적으로 Expo 2020의 레거시 프로젝트인 District 2020을 통해 글로벌 스타트업, 소기업을 대상으로 2년간 무료 사무공간과 창업비자 등을 제공할 예정이며 혁신산업 종사 기업을 우선 선발할 예정

○ 대.중소 동반진출을 통한 윈-윈 (Win-Win) 전략 수립

- 중소기업에 초기 해외진출 자금을 지원하고, 보유하고 있는 해외시장 네트워크, 대외 인지도를 활용해 농업분야 유망기술.장비를 해외로 수출할 수 있도록 도와 향후 발생하는 성과를 공유
- 프랑스 다농과 아그리쿨(Agricool), 일본 소프트뱅크와 미국의 플랜티(Plenty) 등과 같이 글로벌 시장에서는 빈번한 비즈니스 모델

○ UAE 현지 농업 관련 행사 참가

- UAE 현지 농업 관련 전시·행사 참석을 통해 현지시장 동향 파악과 거래선 발굴 기회 포착
- UAE 농업관련 전시 행사

UAE 농산업 관련 행사

행사명	GFA (Global Forum for Innovations in Agriculture)
개최시기/개최지	2020.3.9.-10 / Abu Dhabi National Exhibition Centre
전시품목	실·내수경재배, 축산, 수산기술, 지속가능한 작물 등
참가/참관 규모	2019년 기준 농·수산업 분야 기업 77개사 참가
웹사이트	http://innovationsinagriculture.com
비고	2019년 행사 시 UAE 식량안보부 장관 연사로 참석

행사명	AGRISCAPE
개최시기/개최지	2019.12.9.-10 / Abu Dhabi National Exhibition Centre
전시품목	농업, 식량안보 등
참가/참관 규모	50여 개사
웹사이트	http://www.agriscapuae.com
비고	-

(라) 카자흐스탄 진출전략 및 거버넌스 구축

□ 스마트팜 전망 및 시사점

- 스마트팜에 대한 현지 인식은 아직까지 낮은 편임. 카자흐스탄은 전문 농업 기업이 많지 않고 생산의 상당수를 영세 농민에 의존하기 때문에 스마트팜 보급이 더딘 측면이 있음. 아울러, 비용적인 문제가 큰 부담으로 작용

- 카자흐스탄 정부가 농업 진흥을 위한 국가정책을 마련하고 예산지원을 시작하며 일부 연구기관과 민간단체에서 스마트팜 기술을 도입 중에 있음.
- 업계 전문가는 카자흐스탄 시장에 러시아, 중국제 제품이 많기 때문에 단순 온실 장비 수출만으로는 성과를 거두기 어렵고, 아울러, 기술적으로는 네덜란드 등 유럽 제품에 비해 경쟁력이 떨어지기 때문에 한국 기업은 포지셔닝을 달리할 필요가 있으며, 종자 개발, 교육, 온실 시설 건축, 정밀 시스템 등을 접목한 '스마트팜 패키지 수출'로 전략을 수립하는 것이 현실성이 있음
- 비싼 스마트팜 기술을 구입할 수 있는 기업은 많지 않을 것이라며, 정부의 예산 지원을 받는 현지 파트너를 발굴해야 한다고 하였으며, 하지만, 정부의 지원을 받기 위한 행정 절차가 복잡하고 특정기업이 이미 내정돼 있는 경우가 많다고 언급
- 이러한 일련의 장벽에도 불구하고 카자흐스탄은 잠재력이 높은 시장임. 농지로 활용 가능한 토지가 방대하고 배후의 EAEU(유라시아경제연합) 소비시장이 있기 때문
- 지리적으로 가까운 중국에도 카자흐스탄 육류 등의 수요가 있어 발전 가능성이 높고, 한국 기업은 카자흐스탄 시장 진출 시, 기진출한 A사의 사례처럼 현지 파트너와 협업으로 진출하는 것이 유리할 것.
- 특히 국가 예산지원을 받고 있는 국립 농업대학이나 기타 연구소, 농업 전문 기업을 현지 파트너로 검토할 필요가 있음

□ 시장진출 관련 기회 및 장애요소

- 카자흐스탄 스마트팜 시장은 아직까지 소수의 해외기업들만 진출해 있어 경쟁이 상대적으로 적음
 - 정밀장비 시장은 스웨덴, 네덜란드 등이 석권하고 있으며, 단순 소모품이나 비료는 러시아, 중국 제품들의 점유율이 높음
 - 특히 착유기 시장은 스웨덴의 드라발이 시장을 독점하고 있음
- 한국 제품은 선두의 유럽제품과 후발주자인 러시아, 중국제품 사이에 끼어 있어 시장 포지셔닝이 애매한 상황
 - 단순 장비 수출만으로는 경쟁력이 없으며, 기반 아그로가 진출한 방식인 턴키 방식의 종합 패키지 상품을 수출하는 것이 유리
- 스마트팜 설치, 종자 개발, 농업인력 교육 등을 통해 패키지로 묶어 진출한다면 카자흐스탄 시장에서 충분히 승산이 있음

□ 진출 전략

- 국립농업대학 . 국립연구소 등과의 협업
 - 카자흐스탄에 기진출한 기반 아그로, 나레트랜드의 사례처럼 현지 파트너와 협업으로 진출하는 것이 유리하며, 국가 예산지원을 받는 국립농업대학이나 연구소 등을 현지 파트너로 검토
- ○ 종합 스마트팜 패키지 수출
 - 시장에 러시아, 중국 제품이 많기에 단순 온실장비 수출만으로는 성과를 거두기 어려움
 - 종자 개발, 교육, 온실시설 건축, 정밀 시스템 등을 접목한 종합 스마트팜 패키지 수출이 시장개척에 유리

(마) 국내외 네트워크 구축

□ 산학연 네트워크

- 북구 국가들의 국가혁신시스템(NIS)과 UNCTAD의 소프트웨어 생태계 모형은 기본적으로 산학연 네트워크

- 그런 협업 네트워크는 평등, 상호존중과 신뢰, 투명성, 공동체적 가치에서 나오며, 이런 가치는 역사적으로 형성된 사회문화에 배태되어 있지만, 법제도적 기반을 통하여 촉진
- 농업 기반 생태계의 특성을 고려하여, '개방적, 합리적 농업기반 생태계 발전 노력', '대기업과 중소기업 및 벤처 간 상생협력과 조화로운 발전 노력', '정부와 지방자치단체는 농업 기반 생태계 특성을 고려한 산학연 협업체제가 구축 및 운영되도록 노력'이라는 규정을 검토하고, 이와 더불어 「산업교육진흥 및 산학연협력촉진에 관한 법률」도 검토

□ 대기업과 중소기업의 협업관계 구축

- IMD 기업효율성 지표에서 중소기업 효과성이 60개 국가 중 2012년은 51위, 2013년은 55위(IMD, 2013)
 - 한국경제의 핵심 현안문제의 하나는 '갑을관계'로 표현되는 대기업집단과 중소기업 간의 '약탈적(predatory)' 하청관계
 - 대기업과 중소기업 사이의 종속관계는 생태계의 건강하고 지속 가능한 발전에 장애요인
 - 따라서 수직적, 폐쇄적, 배타적인 종속 관계를 수평적, 개방적, 포용적 계약 관계로 전환함으로써, 농업기반 중소기업 및 벤처기업의 활동공간이 확보되고, 대기업의 지속 가능한 성장도 가능
 - 대통령직인수위원회의 박근혜정부 국정목표 1(일자리중심의 창조경제)의 전략 3(중소기업의 창조경제 주역화)과 전략 5(원칙이 바로선 시장경제질서 확립)의 실현은 대기업과 중소기업 사이의 잘못된 관계를 개선하려는 것(대통령직인수위원회, 2013:16)
 - 이를 위해 공정거래 관련 법제도의 정비와 철저한 시행이 요구됨 예를 들어, ICT특별법 제3조에 정보통신 관련 대기업과 중소기업 및 벤처 간 상생협력과 조화발전 원칙을 천명하고, 제10조에 정보통신활성화추진실무위원회의 첫 번째 임무로 대기업, 중소기업, 벤처 간 상생협력·조화발전 저해 법제도 개선을 규정하여 진일보한 제도 정비이며, 이 규정은 선언적 의미를 넘어서 실천함으로써 건강한 ICT 생태계 조성에 실제적으로 기여
 - 농업기반도 마찬가지로 ICT특별법과 같이 대기업·중소기업이 서로 상생협력·조화발전 할 수 있는 협업관계 구축이 필요

□ 해외네트워크 구축

- 한국경제의 매우 높은 무역의존에도 불구하고 시장개방, FDI, 외국인 근로자 등 부분에서 부정적인 평가를 받고 있고 동시에 기업 등의 글로벌 파트너십도 매우 약한 것으로 인식
 - 농업기반 진흥 및 융합 활성화에 관한 국제협력과 해외진출 지원과 글로벌협업체 구성 등 해외 네트워크 구축을 위한 제도적 장치가 필요
 - 이를 통하여 해외 정보와 인력을 교류할 뿐만 아니라, 교육, 연구개발, 사업화 등 농업기반 ICT 생태계 구축을 위한 외국 파트너들과의 원활한 협업체계를 구축할 필요가 있음

□ 스마트팜 거버넌스 구축을 위한 결언

- 민·관·학·연 네트워크 기반 협력 시범 사업 설계, 실시
 - 스마트팜 중점 협력 대상국에 대한 전문가 그룹간 심층 협력 방안 도출
 - 주요 협력 대상국 협력 구조 및 전문가간 협력 방안 심층 분석
 - 효과 및 한계점에 대한 SWOT 분석을 통한 전략적인 접근 방법 제시
- 협력 대상국 전략적 진출 Pilot 모델 설계, 개발

- 국내 농업기반산업 이해당사자간 협력 필요성 및 범위, 목표 설정
 - 국제기구, 행사를 활용한 민·관·학·연 맞춤형 공동 협력 세부 전략 수립
 - 구체적 공동협력 추진 모델 설계 (중장기 로드맵, 추진 방법, 자원 조달 방안 등)
 - 협력 시범 사업 실시
 - D-n년부터 설계~전략적 네트워크 강화, D-year 실행
 - 시범 사업의 효과성 분석, 재원조달방안
- 공동 협력 가능 분야
- 국가 ODA 사업 기반의 공동 협력 방안
 - 협력 연구 프로젝트 공동 수행 (국내외 ODA, 학술 프로젝트 등)
 - 공동 연구 등을 통한 농업기반 관련 프로젝트 공동 발굴, 타당성 조사
 - 지식기반 생태계 플랫폼을 활용한 우량종자 사업 발굴
 - 현지 한국기관과(KOTRA, KOICA, 외교부 등) 유기적 협의체 구축
 - 수혜 대상국 기관, 정부와 MOU 및 LOI 체결
 - 한국 ODA, 수혜국 지원 사업으로 FS, MS 수립
 - PPP 형태의 사업 개발
 - 대상국 전문가와 협력 체계 구축을 통한 신규 사업 발굴
 - 전문가 협력 네트워크를 활용한 대상국 전문가간 국제공동연구 추진
 - 안정적이고 신뢰성 있는 신규 사업 발굴(초기 불확실성 해소)
 - 해당국과 국내 농업기반 관련 국제행사의 교차 협력 방안
 - 협력 대상국 주관 국제 컨퍼런스 공동 기획·운영 (WBF 연계)
 - 단위 네트워크와의 공동 세미나, 워크숍 등 교환 개최
 - 한국 농업 국제행사 (ICID, 한국농공학회) 참여 (세션 공동기획, 운영)
 - > Business Agriculture Forum 등
- 지역별 거점 네트워크 구축을 통한 중·장기 협력 방안
- 기존 해외사례를 분석하여 지역별 거점 네트워크 구축과 중·장기 협력을 위한 모델 개발
 - 성공사례, 실패사례를 같이 분석함으로써 지역별 거점 네트워크 구축이 가지는 리스크 요인 분석
 - 지역별 거점 네트워크 구축과 활용방안 도출
 - 농업기반산업 협력이 용이한 대륙별 영향력 있는 관련 연구소, 단체를 통한 공동 협력 센터 구축
 - 지역별 농업기반산업 관련 산업 활성화 및 네트워크 활용을 위한 집중 연구 및 지역특화 거점 형성
 - 선진 기술 및 관련 산업의 전파·교류·보급 촉진을 위한 지역 체계구축
 - 농업기반산업 해외진출 문제 해결을 위한 연구 및 교류 역량 활용의 극대화
 - 지역 생태계 플랫폼의 지역별 협력센터로 확대
 - 농업기반산업 관련 현안문제 해결이 시급한 지역 우선선정 및 지역별 협력센터로 대상지역 확대
 - 지역 대학 및 연구소를 중심으로 정부·기업체 등이 공동 참여하여 역량 결집 및 확장
 - 농업기반산업 협력이 용이한 대륙별 영향력 있는 농업기반 관련 연구소나 단체 (ICID, JSHWR)를 통한 공동 협력 센터 구축
 - <예> 해외스마트팜관리협력센터 (Overseas Smart Farm Management Cooperation Center)"
 - * 4개 대륙 센터 설치

- ① 아프리카·중동 지역
- ② 아시아 지역
- ③ 유럽·북아메리카·오스트랄아시아 지역
- ④ 남아메리카 지역

3.2. 플랜트 공유형 체인화 모델

가. 연구 방법

(1) 개요

- 첨단 과학기술과 농업의 광범위한 융복합 및 기술개발로 농업이 새로운 혁신성장동력으로 인식되고, 주요 농업 선진국들이 스마트팜을 중심으로 관련 기술과 생태계 조성을 통해 적극 육성 중
- 농업의 새로운 도약을 위해 IT(인공지능, 빅데이터 등), BT(유전자 분석 등) 등 첨단기술을 융복합하고 범부처 R&D 역량을 강화한 플랜트 공유형 체인화 모델 필요

(2) 접근방법

- 최근 농식품 관련 산업은 ICT, IoT, BT 등과 융합을 통한 기술혁신으로 미래의 신성장 동력으로 인식되어 향후 농업 효율성 및 부가가치 증대를 위해 스마트 농업을 기반으로 혁신성장을 구현하고, 농업생명 과학기술로 농업 전후방 산업의 고부가가치화 추진
- 민간기관, 부처간 융복합으로 농업 R&D의 혁신성장 동력을 마련하고 전문인력 양성과 D·N·A(Data, Network, AI) 인프라 구축 등을 활용한 플랜트 공유형 체인화 모델 개발

나. 연구내용

- 첨단 과학기술과 IoT, BT 등 데이터 기반의 농업생산 혁신에 대응하고, 농업의 지속가능성 및 고부가가치화를 위한 플랜트 공유형 체인화 모델 도출

(1) 추진배경

- 주요 기업·국가들이 농업을 새로운 혁신분야로 주목 중
 - 글로벌 농업 기업*은 생산성 혁신을 위해 디지털 기업으로 변신을 시도, 구글 등 글로벌 IT 기업도 농업 분야에서 새로운 기회 모색
 - 바이엘社(화학)는 세계적 종자회사 몬산토를 인수(74조원)하고 디지털 농업 전환 추진
 - 주요 농업 선진국들은 스마트팜을 중심으로 농업을 미래 성장 산업으로 인식, 관련 기술 개발과 생태계 조성에 적극적으로 참여
 - 2022년 세계 스마트팜 시장 예상규모는 약 4,080억 달러로 연평균 약 26.5%의 지속적인 증가가 예상됨(출처 : INBEST '16)
 - 농업의 새로운 도약을 위해 IT(인공지능, 빅데이터 등), BT(유전자 분석 등) 등 첨단기술을 융복합하고 범부처 R&D 역량 결집이 필요
- 미래 농업을 위한 새로운 패러다임 전환
 - 농업기반산업 경영개선을 위한 글로벌 사회이슈, 트렌드, 정책 활용 신사업 개발
 - 글로벌 사회이슈 (4차산업혁명), 국내 트렌드 (스마트 농업), 정책 (혁신성장)
 - 스마트팜 혁신밸리, 스마트 농업 등 농림축산식품부 정책 시범사업 추진 중
 - 혁신밸리(2018. 12), 스마트 노지농업(2018.12), 스마트 농업 시범사업(2018.12)
 - 농업기반시설과 연료전지, 바이오, Eco-Tech, Ag-Tech 등 타 분야 융합 요청 증가

- 발전사(연료전지와 스마트팜 융합), KAIST GCC(과학기술과 농업농촌기술 융합)
- 경기도는 2018년부터 생산자와 소비자가 함께하는 공유농업을 운영하고 있음
 - 공유경제와 농업을 연계시켜 생산자와 소비자가 생산활동을 함께 참여하여 안심 하고 먹을 수 있는 먹거리 정보, 농사 체험 등을 제공하고 있음
- 새로운 농산업 가치창출과 융복합 공유산업 창출을 통한 공사 신사업 개발을 위하여 기존 농업에 BT, ET 등을 적용한 농산업시스템에 ICT 기술과 공유농업을 융복합 패키지화한 새로운 개념의 한국형 스마트 융복합 공유농산업시스템 개발이 필요함

(2) 공유농업의 정의 및 구조

□ 공유농업의 정의 및 구조

- (정의) 농지.시설.농촌서비스 등 유.무형의 농촌자원을 농민과 소비자가 함께 공유하여 생산, 체험 등 관련 활동을 함께하는 사회적 경제 활동
 - 사회적 경제 : 구성원 상호간의 협력과 연대, 적극적인 자기혁신과 자발적인 참여를 바탕으로 사회서비스 확충, 복지의 증진, 일자리 창출, 지역공동체의 발전, 기타 공익에 대한 기여 등 사회적 가치를 창출하는 모든 경제적 활동
- (구조) 생산자-소비자, 플랫폼운영자-활동가가 참여



[그림 2-932] 공유농업의 구조도

- (생산자) 농지.시설.농촌경관 등 농촌자원을 소비자에게 제공, 소비자를 이끌면서 영농.체험활동 전개
- (소비자) 영농.체험활동 및 수확물 일부를 영위, 대신 소정의 기여금을 지급
- (활동가) 농촌 공유자원을 활용하여 소비자와 생산자의 요구를 융합한 프로젝트를 기획하고 실행
- (플랫폼운영자) 활동가 교육, 소비자-생산자간 협약 지원, 자금결제, 사업홍보 등을 담당하는 사회서비스형 기업

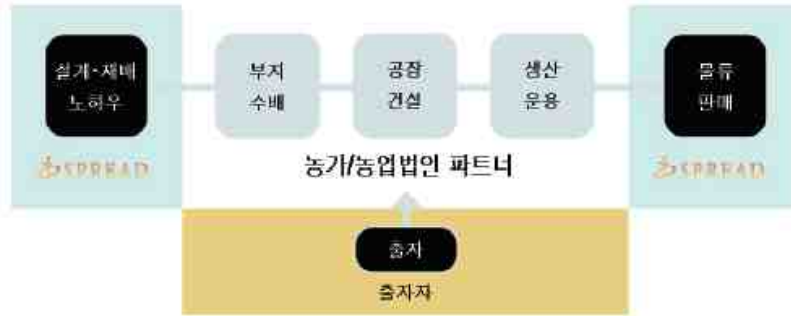
(3) 공유농업의 국내외 유사 사례

□ 국내 사례

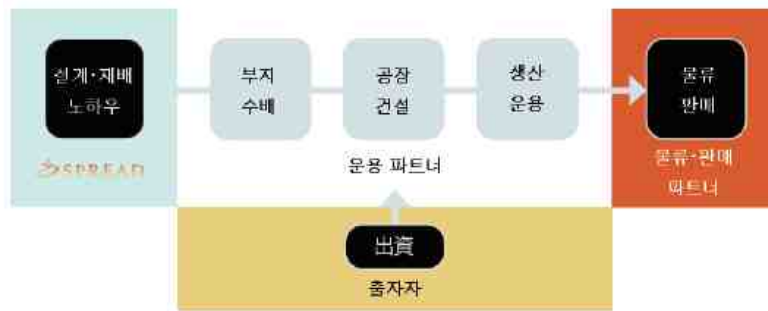
- 농사펀드 : 친환경농업.6차산업을 소비자와 연계하여 선도거래
 - 농업인은 사업계획을 수립하고 필요한 투자 모금액 및 투자대가를 정하여 플랫폼에 제시, 투자받은 자금은 영농자금으로 활용
 - 투자자는 플랫폼에 제시된 사업계획을 선정하여 자금을 투자하고, 투자대가로 생산품(농산물, 가공품 등)을 수령
- 한고랑 나눔운동(농가형), 수요자 맞춤형 작부(마을형), 아이쿱(단지형) : 사회적기업, 마을기업, 생활협동조합 등 도시 공동체와 농촌 연계
- 체류형 교육농장, 공유형 임대농장 : 귀농귀촌 실습농장
 - 귀농 희망자가 연대하여 농작물 재배, 유통, 농촌살이 등을 체험

□ 해외 사례

- 벨기에 공동체 지원 농업(CSA) : 농업인과 지역 주민의 연결
 - 지역 주민이 일정금액을 농업인에게 지원하고 농업인은 지원받은 자금을 영농자금으로 활용, 참여주민은 마트에서 장을 보듯 농장에서 원하는 농작물을 직접 수확
 - 선도거래 방식으로 농업인은 안정적으로 농사를 짓고, 소비자는 좋은 먹거리를 유통 마진 없이 싸게 구매
- 프랑스 농업 클라우드 펀드(MiMOSA) : 농업분야 사업 추진자와 참여자 간 연결
 - 사업추진자(농장주, 사업자 등)가 사업계획을 수립하여 필요한 투자 모금액 및 사업성과에 따른 투자대가를 정하여 제시
 - 참여자는 플랫폼에 제시된 사업계획을 선정하여 자금을 투자하고 투자대가는 생산품(농산물, 가공품 등), 서비스(체험 등) 등으로 제공
- 프랑스 푸드 어셈블리(LA RUCHE QUI DIT OUI) : 온라인과 오프라인이 결합된 O2O(Online To Offline) 플랫폼
 - 생산자들이 온라인 마켓플레이스에 올려놓은 상품을 소비자들이 미리 구매하고, 호스트는 소비자가 주문한 먹거리를 배달하는 형태로 운영
 - 호스트는 플랫폼 관리와 픽업시장을 기획하는 역할을 하며, 좋은 먹거리와 문화를 중심으로 지역 간 사람들을 연결하는 역할을 수행
- 일본 (농업공생형 모델)
 - 온실 등 농업시설의 부지 내에 농업법인이 테크노팜을 건설하여 운영하고 스프레드사가 노하우 제공을 통해 운영을 지원하는 모델
 - 상품을 스프레드사가 매입해, 베지타스 브랜드로서 판매하는 것도 가능
 - 쌍방의 시설을 부지 내에 병설해 운영하는 것으로, 인적자원이나 물류 등을 서로 보완, 제3자로부터의 출자를 조합하는 것도 가능하며, 농업에 의한 지방 창생의 시책으로서 지역과의 공생을 도모하는 모델



- 해외사업모델 : 현지의 파트너 기업과 스프레드사의 강점을 살려, 공동으로 사업을 진행하는 모델로 스프레드사는 설계 및 재배, 운영 노하우를 제공하며, 현지 파트너 기업은 테크노팜 운영 및 물류·판매 등의 영업활동을 수행



- 공동개발 파트너쉽
 - 파트너가 가지는 전문적인 지식과 스프레드사의 노하우를 식물공장에 융합시켜 새로운 기술을 공동개발
- 스마트농업 얼라이언스 체계
 - 스마트농업 얼라이언스는 스마트농업 활용 농가-IoT 개발기업 뿐만 아니라 금융기관이나 지자체·대학 등 전방위적인 공유체인화 모델



(4) 플랜트 공유형 체인화 모델

- 스마트 융복합 공유농업 시스템 이란?

- 스마트 융복합 공유농산업 시스템의 필요성

- 농업을 품목(기능성 작물 : 과채류, 버섯, 인삼, 당귀), 농산업(스마트 농장, 스마트 농공단지), 농촌(귀촌,

힐링, 복지공간), 서비스(농업체험, 농촌관광), 고부가가치(제약, 화장품, 힐링)를 융합하면 다양한 패키지 형태로 산업화 할 수 있음

- 우리나라 농업발전을 위하여 “ICT 기반 스마트 융복합 농산업시스템 개발”을 통하여 글로벌 농업선진국으로 도약할 수 있는 발판을 마련할 필요가 있으며, 농산업 패키지 시스템 개발을 통하여 농업의 영역을 확장해 갈수 있음
- (정의) 기존 농업기반(Agriculture Infrastructure)에 BT(Bio Technology), ET(Energy Technology), LED, 5G, 빅데이터(Big Data), AI(Artificial Intelligent), 클라우드(Cloud) 등 ICT(Internet Communication Technology) 기반으로 무장한 ICT 기술과 공유경제를 융복합 한 새로운 형태의 공유경제 농산업시스템
- 스마트 융복합 공유농업 시스템 구조
 - 특징 : 공유농업(품목 선정, 공동생산) + 유통(SNS, 앱) + 융복합 고부가 가치(기능성 농산물, 제약, 화장품 원료)
 - 개별농업 : 스마트 팜(노지, 온실, 과수원, 축산), 스마트 양식장, 도시농업(식물공장, 웰빙, 힐링)
 - 현행융합농업 : 스마트 팜과 유통의 융합(우듬지 : 생산+유통, 축산 패키지(하림 : 종계+육계+체인화), 식물공장 : Farm8 : 생산+가공+유통)
- 공유농업 이란?
 - 소비자에게는 먹거리 불안을 해소하고 농업인에게는 소득 창출이 가능하도록 사회적 경제를 바탕으로 만든 경기도만의 독창적인 정책. 공유농업에 참여하는 생산자는 기존의 농지에서 프로젝트를 수행해 추가적으로 농업에 필요한 자금을 확보할 수 있으며, 중간유통구조 없이 소비자 직거래 등으로 소득을 늘릴 수 있음
 - 생산자 : 농장을 소비자와 공유해 농산물 생산에 소비자가 참여할 수 있고 소비자와의 신뢰 향상이 이뤄질 수 있음
 - 소비자 : 자신과 가족이 먹을 먹거리 생산의 전 과정에 참여할 수 있으며 생산자와 함께 생산품목과 재배방법을 결정하는 등 소비자 맞춤형 계획 생산이 가능해질 수 있음



[그림 2-933] 공유농업의 구조

출처 : 경기도 농식품유통진흥원

- 시사점 : 공유농업은 기존의 공유경제의 개념에 농업을 도입하면서, 플랫폼이 이익을 독점하는 구조가 아닌 공동체 가치를 중심으로 생산자와 소비자가 상호이익을 얻는 방식을 추구하고 있으며, 사회적 경제 영역으로 포함되는 공유농업 활동에서 다양한 공익적인 사례를 발견할 수 있음

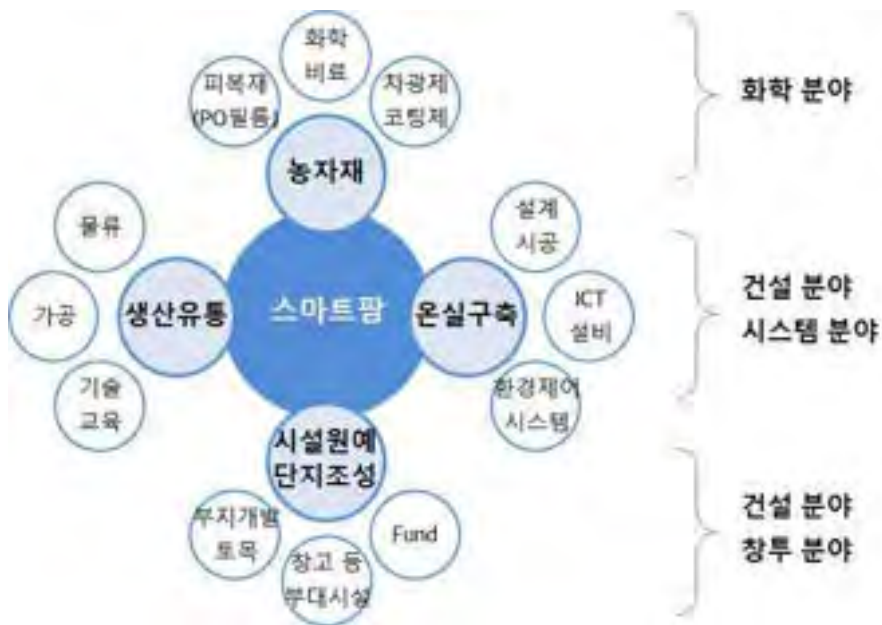
□ 스마트팜 가치사슬

- 스마트팜은 생산외 유통·소비까지 아우르며 농식품의 가치사슬(Value Chain)의 효율화, 혁신을 통해 비용을 절감하고 생산성을 향상



[그림 2-934] 농업 비즈니스 가치사슬

- 스마트팜 사업은 다양한 Value Chain 확장을 기대



[그림 2-935] 첨단 융복합 사업의 핵심 Value Chain

○ 스마트팜은 크게 아래의 10개의 세부 분야로 분류가 가능

분야	내용
기상 모니터링 및 예보	- 정부기관이 농업 관련 정책 수립 및 실시에 활용 - 병충해 통제, 효율적인 관개, 수확량 증대, 파종시기 관리에 활용
농업용 로봇 및 드론	- 드론 판매 증가는 규제가 관건 - 근 시일 내에는 미국과 유럽이 2대 시장
정밀농업	- 가설과 기존의 경험에 의존해 논밭을 경작하는 대신 경작지의 차이를 인지하고 이에 따라 관리방식을 조정 - 더 낮은 비용, 더 적은 자원을 투입하면서도 수확량은 증대 · 주요 기술 및 개념: 초정밀 위치확인 시스템, 자동 스티어링 시스템, 지오매핑, 통합전자통신, 원격감지, 가변 속도기술(VRT) · ASEAN에서 판매 중인 신규 농기구의 70-80%는 정밀농업 부품을 탑재
농업관리정보 시스템	- 농장 관리, 계획 및 예산, 자원 및 재고 관리, 분석 및 보고, 기상 모니터링 및 병충해 탐지 등 · 주요 농업 스타트업들이 활동하는 분야
스마트 유통 및 창고업	- 농산물이 창고보관 및 유통과정에서 적정 품질을 유지할 수 있도록 함. · 관련 기술: 실시간 차량 관리, 스마트 랙백, 저장 조건 제어, 예측 유지 보수, 운송 전과정 가시성(End-to-end Visibility into Delivery Process), 최적 창고 부하, 화물 통합 모니터링, 재고 추적 및 분석
스마트 온실	- 작물 성장 제어, 실시간 원격 모니터링, 작물 영양 상태 솔루션, 스프링클 관개, 온도 제어, 병충해 예방 - 자동화 설비와 정보통신기술을 활용해 시간과 공간의 제약 없이 생육환경을 최적의 상태로 관리
가축 모니터링	- 카메라·마이크·센서를 가축에 부착해 가축 실시간 모니터링(건강관리, 번식, 환경 영향 등) - 데이터 프로세스를 위한 스마트 알고리즘을 결합한 감지 기술
폐기물 기술	- 폐기물 관리, 폐기물을 이용한 바이오가스 생산 등
스마트 관개	- 인간의 개입 없이 언제, 얼마나 관개를 해야 할 지에 대한 분석 및 결정 가능
디지털 마켓플레이스	- 농가와 소비자 사이의 중간 유통업자를 거치는 과정을 없앴으로써 서플라이 체인을 단축해 농가 소득 증대

□ 미래농업을 위한 과학기술 전략

- 스마트팜에서 스마트농업으로 확장 - 스마트팜 기술의 고도화로 과학영농 실현
- 스마트팜 기술의 현장실증을 추진하고, 인공지능 기술 등을 활용하여 미래 선도형 융합기반기술을 개발
 - 농가에 바로 적용 가능한 작물별 스마트팜 모델이 부족하여 품목의 다변화가 필요한 상황
 - 202년 계획 대비 시설원예 70%, 축사 24.7% 보급(18년 기준, 스마트팜 확산 방안)
 - 1세대 스마트온실 모델 4종 (기본형1 : 원격모니터링, 선택형3 : 기본형 + 관수, 난방, 안전) 개발
 - 단동·연동 비닐온실 등 국내 시설형태에 적합한 스마트팜 표준모델의 확대를 위해 현장실증 연구를 추진
 - 생육정보 정밀측정, 의사결정 지원 등 작물·가축의 고생산성 기술 개발
 - 토마토, 딸기 등 46개 품목별 스마트팜 표준모델의 현장 적용('19)
 - 스마트팜 혁신밸리를 중심으로 스마트팜 관련 R&D뿐 아니라 인력양성·실증·제품화·수출 등을 패키지로 지원
 - * 청년창업 보육센터, 임대형 스마트팜, 실증단지, 판로개척 기능을 집약하여 농업인-기업-연구기관 간 시너지를 창출 ('22년까지 전국 4개소 조성)
 - * 스마트 축사의 보급·확산을 위한 거점 기능 ('22년까지 전국 3개소 조성)
- 인공지능(AI)과 빅데이터를 활용한 차세대 융합기반기술 개발
 - 클라우드 컴퓨팅을 이용한 자율 통합제어 플랫폼 구축으로 참여 농가의 부담 경감과 작물·가축의 최적관리 기틀 마련

- * 농촌진흥청에서 개발한 빅데이터 이용 인공지능 플랫폼(SaaS), 작물 생육정보측정 및 성장조절장치, LED 등 인공광 활용 기술 등을 기반기술로 활용
 - 텔레프레즌스* 기술을 적용하여 입체적인 농작업 관리가 가능하도록 가상현실을 구현
 - * 참가자들이 실제로 같은 방에 있는 것처럼 느낄 수 있는 가상 화상회의 시스템
 - 인공광 활용 실내농장(식물공장) 기술의 현장적용으로 생산과 소비 간격을 대폭 줄이고 미세먼지와 기후변화 등에 대응한 생산안정성 확보
 - 페터널, 폐광산 등 유휴 자원을 활용한 식물공장 실용화 모델 구축
 - * 업체소의 고기능성(항산화 성분, 비타민 함량, 저칼륨) 향상 규격화 재배기술 적용
 - * (일본) 인공광 식물공장의 빠른 증가('11년 64개 → '18년 183개)와 수지 균형(42%)
 - 고온극복 혁신형 스마트온실 개발로 여름철 고온기 고품질 농산물의 안정생산 및 열대지역(UAE 등) 대상 플랜트 수출
 - 스마트팜 ICT 장비 표준화와 검인증 체계 구축으로 현장적용 확산
 - 축산분야 센서 등 ICT 기기 11종 국가표준 제정(2019) 및 스마트팜 관련 국제표준 3종 제정(2020) 추진
 - * (2018년 기준)단체표준 : 총 69종(시설25, 축산44), 국가표준 : 시설 22종 제정
 - 농생명ICT 검인증센터와 연계하여 상용화 제품 테스트 및 사업화 촉진
- 스마트팜에서 스마트농업으로 확장 - ICT 기술을 활용한 스마트 농업 실현
- 농림위성을 활용하여 벼·배추·고추 등 주요 작물의 작황 예측·평가 고도화
 - 농산물 수급예측, 정밀 농작업 수행 등을 위한 농업데이터의 중요성이 높아지고 있으나, 최적화된 정보제공은 부족
 - * 미래농업 생산요소가 데이터·센서 등으로 전환, ICT 기술 활용의 극대화 전망(STEPI)
 - ** 그간 아리랑위성 등 국내·외 위성을 통한 간접 파악, 전국영상정보 구입비용 약 520억원 소요(주 1회, 5년 기준)
 - 농림위성 개발·이용으로 국내외 작황조사 및 예측, 농업환경 계측, 농업재해 평가 등을 고도화
 - 광역전자광학카메라 (관측 폭 120km, 해상도 5m급)를 탑재해 3일 주기 한반도 전지역 촬영가능
 - 차세대 중형위성 2단계 개발사업 예타 통과(과기부·농진청·산림청 공동, 2019~22)
- 농작업의 의사결정 지원을 위한 작물 생육의 실시간 정밀 모니터링
- 농업용 드론으로 농경지를 원격 촬영하고 AI·영상분석 기술을 접목하여 물관리, 비료처방, 병해충 방제, 적기수확 등의 농작업 효율화
 - 농작업의 정밀성 향상과 애로 해소를 위한 농업로봇 이용 확대
 - 착유, 접목, 방제 등 일부 농작업에만 로봇이 이용되고 있는 실정
 - * 농업로봇 시장 규모 : (2013) 9.5억\$ → (2020) 191억\$
- 지능형 농업로봇의 핵심 기술과 상용화 모델 개발
- (정밀센싱) 작물의 생육정보와 신뢰성 높은 농작업 환경 정보 수집을 위한 정밀센싱 기술 구현
 - (자율항법) 영상, 레이더 등 센싱 정보를 토대로 농작업 환경에 특화된 자율주행 기술(자율주행 트랙터 등) 개발
 - (로봇개발) 첨단기술 기반 지능형 농업로봇 개발을 위한 다부처 (농진청, 농식품부, 과기정통부, 산업부 등) 사업 기획 추진('19~)
- 온실가스 저감 및 기후변화 대응 연구 추진

- (온실가스) 발전소 폐열·지열 등 신재생에너지 활용 기술을 개발하여 농업 현장에서의 온실가스 배출을 저감
- 발전소 온배수 폐열 활용 : 제주 망고 농가 적용, 난방에너지 89% 절감, CO2 배출 49% 저감
- (기상재해) Post-2020 新기후체계 출범, 한반도 아열대 기후 확대 등에 대응하여 조기경보, 피해경감 등을 위한 기후변화 예측·적응·완화 R&D를 강화
- 新농업기후변화대응체계구축사업 예타 통과(2020~2027, 농진청)
- 기상재해 조기경보서비스 전국 확대 : (2017) 10시·군 → (2023) 60 → (2027) 전국
- 스마트팜에서 스마트농업으로 확장 - 소비자의 신뢰 확보를 위한 스마트유통 확산
 - 블록체인, 플라즈마 등 첨단기술 융합을 통해 안전한 먹거리 유통·관리
 - 농축산물 안전관리를 위한 선진화된 생산·유통 연계 기술 필요
 - * (미국) 중국 생산 식료품 실시간 감시, (덴마크) 물류 계약·선적·통관 통합관리
- 소비자 안심을 위해 공유데이터에 기반한 생산·유통기술 개발
 - (생산) 정밀시비 및 적정 작물 관리시스템 구축과 화학지표·유전 정보 모니터링 기법 등
 - (저장) 플라즈마 기반 첨단저장법, 바이오플라스틱 등 유통 신소재 적용 저장 기술, 패키징 훼손 감지 기술 등
 - (유통) 실시간 유통 환경 센싱으로 농산물 이력 관리 및 신속 처방기술 솔루션 제공
 - 유통 데이터 활용 신선 먹거리 생산·소비 예측 기술 정밀화
 - 농산물의 시기별 소비예측 고도화를 위해 IoT 기술과 빅데이터 접목 필요
 - * 현재 일부품목에 한해 빅데이터 기반 수급관리 및 가격예측 연구 시도 단계
 - 딥러닝 기반 인공지능을 활용하여 농산물의 생산·소비 빅데이터 분석 및 수급 예측
 - * 비정형(소셜 네트워크) + 정형(소비자패널)의 농산물 소비동향 빅데이터 분석으로 생산-유통 의사결정체계 고도화 기술 개발
- 농생명 자원을 활용한 다양한 신소재 개발
 - ICT, BT 융합기술 기반 농생명소재, 3D프린팅 식품 등 고부가가치화
 - 빠르게 성장하고 있는 푸드테크 시장에 대응하여 농생명 자원을 활용한 다양한 신소재 개발과 산업화가 필요
 - 전세계 푸드테크 투자금 : (2012) 2억 7000만달러 → (2016) 57억달러 (30배↑)
 - 세계 농생명 소재산업 시장규모 : (2015) 1,945억 달러 → (2022) 3,497억 달러(연평균 8.7%↑)
- 뉴트라슈티컬* 식품, 농생명자원 유래 천연소재 등에 대한 수요 증가
 - 영양(Nutrition)과 의약품(Pharmaceutical)의 합성어, 다양한 소비자의 요구를 충족하는 건강기능식품
- 농산물을 활용한 신소재 및 차세대 식품기술 개발 추진
 - (농생명 신소재) 전통 천연물 기반 신소재를 포함, 농산물을 활용, 기능성 식품, 의약·화장품 및 친환경 생물농약·비료·사료 등 개발
 - 무·양배추(심혈관질환), 향기·강황(항비만·간 보호) 등 기능성 소재 발굴·개발
- (新식품) 식물 단백질 재조합 기술을 활용, 메디컬푸드, 식물성 고기, 3D 프린팅 식품, 콜레스테롤 제로 육류 등 차세대 식품(Food-tech) 개발
 - 3D 푸드 프린터 접목을 위한 파우더 소재 다양화 기술 개발 등
- (생명자원) 생명소재의 원천이 되는 유전자원 확보 및 분석 확대
 - 농생명소재 산업화 기술개발사업 추진으로 농생명소재의 산업적 이용 확대

- 미래 융합농산업 개발을 위하여 “스마트 융복합 공유농산업 센터” 조성
 - 미래 융복합 공유농산업센터에 테스트 베드 구축하여 민간 우수기술 검증
 - 목표 : 4차 산업혁명 기반의 한국형 공유농산업 패키지 시스템 개발
 - 구축방향 : 농업생산과 가공제조 공정 + 공유농업 Package화
 - 모델 : 스마트팜 (온실,식물공장,바이오팜) + 가공 + 상품화 + 공유농업



[그림 2-936] 스마트 융복합 공유형 농산업 모델 개념도(예시)

- 스마트 융복합 공유형 농산업 시스템 모델
 - 기본 개념
 - 공유농업은 기존의 공유경제의 개념에 농업을 도입하여 플랫폼이 이익을 독점하는 구조가 아닌 공동체 가치를 중심으로 생산자와 소비자가 상호이익을 얻는 방식



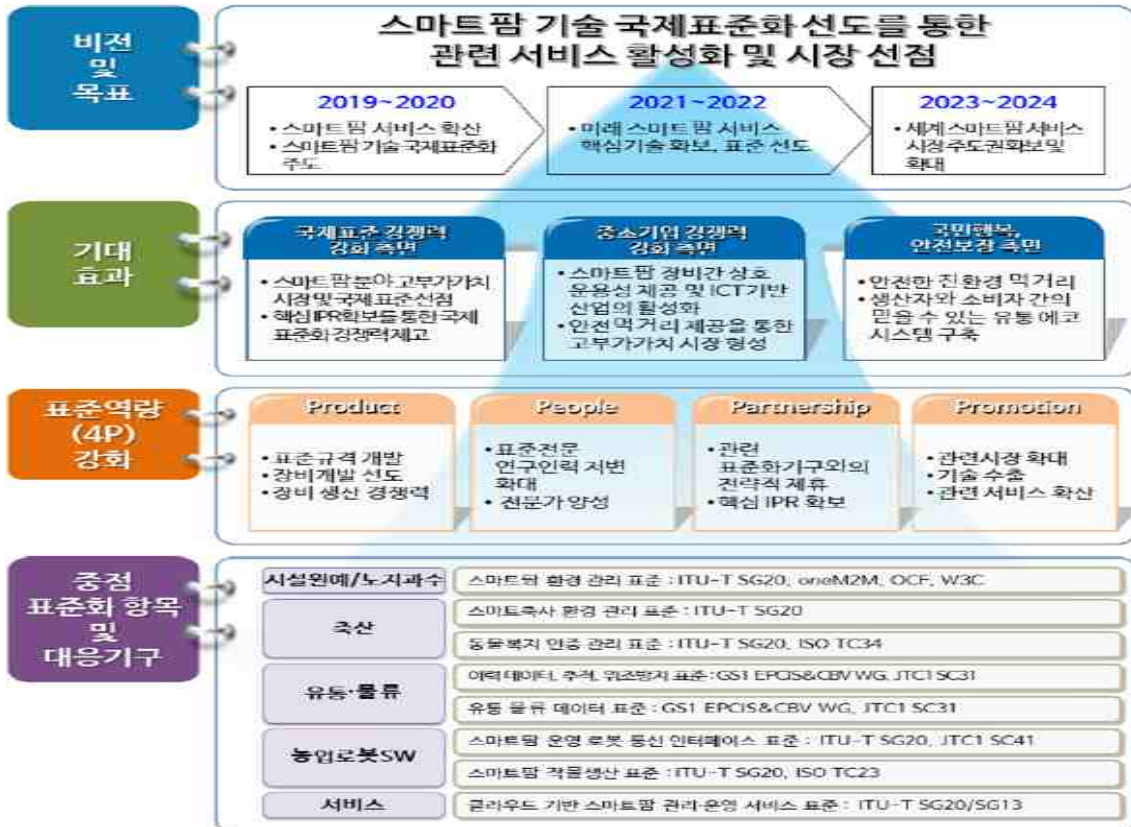
○ 확장 모델

① 스마트 온실 & GS1 이력관리	② 스마트 노지팜 & 식물공장	③ 스마트 친환경 시티팜	④ 영농형 태양광 & 공유형 모델
시설원예용 스마트 온실	노지작물 스마트팜 모델	아쿠아 포닉스 공장	지붕태양광 + 농지, 버섯 결합 모델
시설원예용 스마트 온실	노지작물 스마트팜	아쿠아 포닉스 팜	태양광 + 버섯 재배사
스마트 이력관리 시스템	인삼 식물공장	복합 컨테이너 팜	APP, SNS 공유형 스마트팜

[그림 2-937] 스마트 이력관리, 인삼식물공장, 복합 컨테이너 팜, APP, SNS 공유형 스마트팜

□ 스마트팜의 표준화

○ 표준화 비전



○ 표준화 목표

- 스마트팜 기술은 ITU-T, ISO와 같은 국제표준기구에서 국제 표준화를 추진하고 있으며 oneM2M, OCF, W3C, GS1과 같은 지역 혹은 사실표준기구에서 일부 표준을 진행 중 이를 위해 국내 관련 산·학·연은 표준화 기술 주도권 확보를 위해 노력 중에 있으며 해당 기술에 대한 리더십 수임 및 국제 표준화 개발 등의 성과를 확보 이에 따라 지속적인 주도권 및 경쟁력 확보를 유지하기 위하여 아래와 같이 중점 기술 표준화 목표를 설정
- (2020년경까지) 스마트온실 환경관리 프레임워크 표준 개발을 완료하고 스마트온실 환경관리를 위한 데이터 모델링과 빅데이터 수집 프레임워크 동물복지 요구사항, GS1 식별체계 및 GS1 블록체인 그리고 로봇 통신을 위한 인터페이스에 관한 표준 개발을 착수할 목표로 추진
- (2022년경까지) 스마트팜 분과에서는 스마트온실 환경관리를 위한 데이터 모델링과 빅데이터 수집 프레임워크 동물복지 인증 인터페이스와 프레임워크에 관한 표준 개발을 완료하고 클라우드 기반 스마트팜 환경관리 연동 요구사항, IoT 기반의 스마트축사 요구사항 및 환경관리 표준 자율농기계 통신규격에 관한 표준 개발을 착수할 목표로 추진
- (2024년경까지) 스마트팜 분과에서는 클라우드 기반 스마트팜 환경관리 연동 요구사항, IoT 기반의 스마트축사 요구사항 및 환경관리, GS1 식별체계와 GS1 블록체인 로봇 통신을 위한 인터페이스 자율농기계 통신규격에 관한 표준 개발을 완료할 목표로 추진
- 표준화 추진체계



○ GS1 기반 농식품 생태계 조성 모델

- GS 1 국제 표준 기반의 농축수산물 정보 표준화 및 이를 통한 균형생산, 투명유통, 안전 소비를 제공하는 농축산 클라우드 원천기술 및 응용서비스 개발



[그림 2-938] GS1 기반 농식품 생태계 조성 개념도

○ GS1 이란?

- 112개국 MO(Member Organizations), 170개 국가 공식 활용, 5백만 이상의 기업 멤버로 구성된 비영리 국제표준기구
- 한국은 GS1 Korea(유통물류진흥원)와 Auto-ID Labs, KAIST 운영
- 1999년 Kevin Ashton, Auto-ID Center(Labs) MIT, 이 세계 최초로 Internet of Things (사물인터넷) 용어와 기술 소개
- Auto-ID Labs는 GS1의 선행표준기술연구협력 국제공동연구소컨소시엄 (MIT, Cambridge, ETH Zurich, Keio, Fudan, KAIST)
- GS1 국제표준 : 생산지/유통/물류/소비자의 GS1 국제 표준 이용 방법의 예

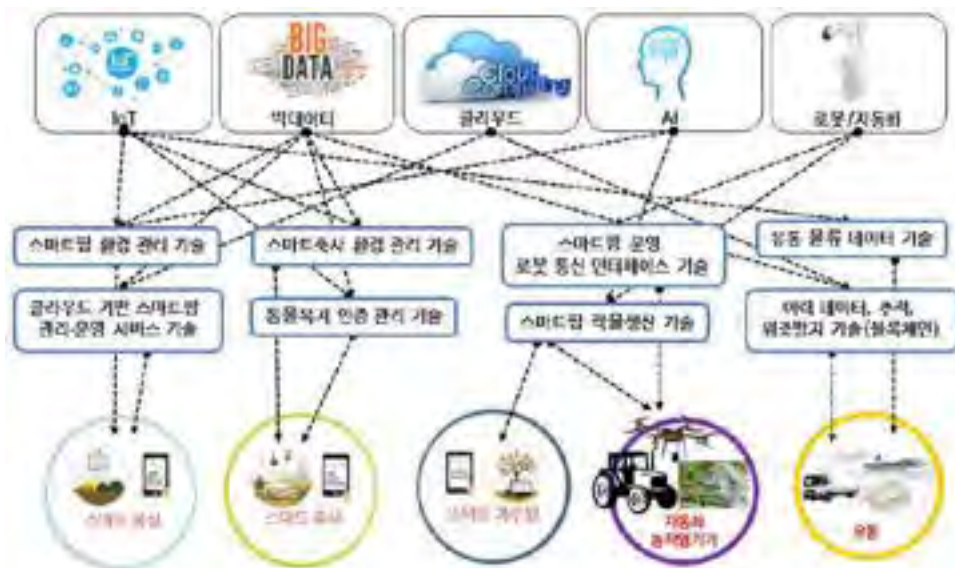


- GS1 Company Prefix
- GS1 국제 생태계에 들어가기 위해서는, 각 기업이나 조직은 국가코드와 기업 코드가 이루어진 GS1 Company Prefix를 확보
- GS1 Company Prefix를 기반으로 기업은 다양한 글로벌 GS1 식별자를 사용할 수 있음(GTIN, GRAI, GIAI, GLN, GSRN 등)



[그림 2-939] GS1 Company Prefix (예)

- 스마트 융복합 공유형 농산업, 국제표준화 및 GS1 기반 농식품 생태계 조성을 통해 현행 스마트팜 기술을 활용한 다양한 공유형 체인화 모델 개발



[그림 2-940] 표준화에 따른 K-Plant 공유형 체인화 모델

3.3. K-Plant 공유형 체인화 모델 운영 및 보완

3.3.1. K-Plant 공유형 체인화 모델 운영

(1) 개요

- 4차년도 연구 개발은 1차 및 2차년도에서 설계하고 개발 진행한 지능형 스마트팜 시스템을 실제 중국 현지에 설치하여, 1차적으로 방울토마토와 파프리카 작물을 대상으로 실제 재배 및 운영시스템 검증 및 개선
- 중국 현지 부지 45ha 중 1차 5ha 규모 스마트팜 단지를 조성하여 시범적으로 K-plant 공유형 체인 모델에 대한 운영을 실시하며 스마트팜 기술 에러 발생 최소화 및 고도화 추진을 통해 향후 재배 작물의 다변화를 통한 지역별 특성에 따른 적정운영방안을 도출

(2) 접근방법

- 중국 현지 이닝 농장에 5ha 규모의 실증시설(K-Plant 공유형 체인화 모델)을 설치하여 직접 작물을 재배, 유통, 판매 등 체인화 모델 운영을 통한 현지 적용성 평가 및 개선방안을 도출하여 스마트팜 직영사업에 대한 수익모델을 완성

(3) 연구내용

- 해외 현지 기업형 대규모 스마트팜 구축 및 운영 매뉴얼
- 해외 현지 기업형 대규모 스마트팜 Project 추진을 위해 중국 현지 JV(Joint Venture)와 공동으로 스마트팜 단지 조성 계약 체결 등을 실시
 - 2017년 9월 중국 룡쿤사와 이수화학간의 MoU 체결
 - 2018년 9월, 중국 합자법인(신장 이수룽쿤 농업개발유한공사) 설립 완료 후, 45ha 중 1차 5ha 규모 스마트팜단지 구축 완료



[그림 2-941] 추진경과 및 이닝 스마트팜 단지 조성도

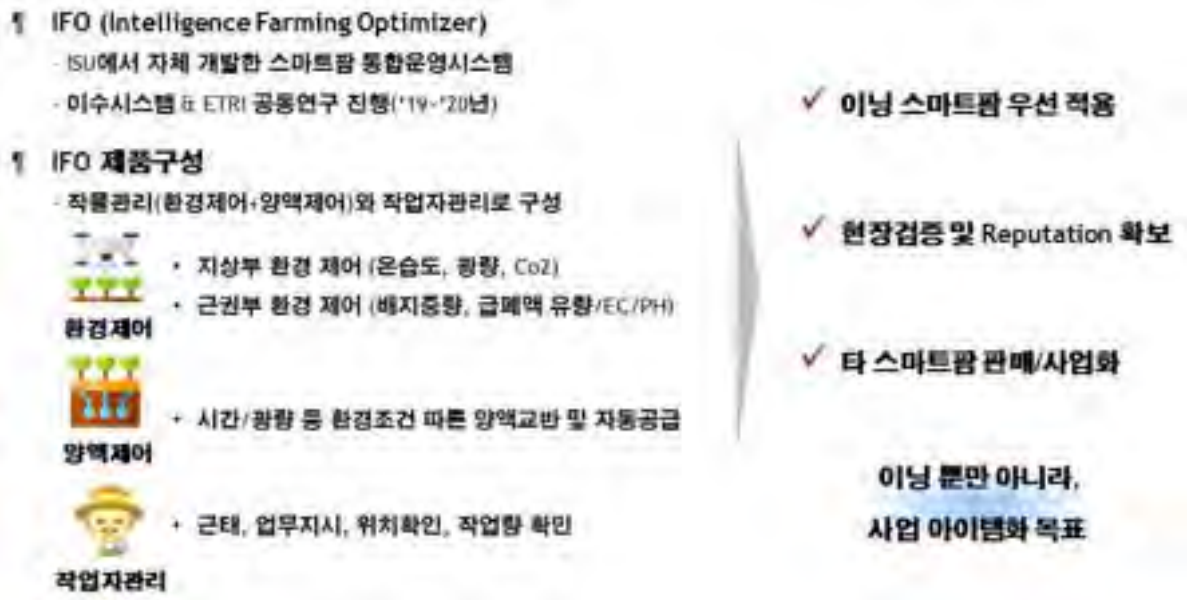
- 2019년 10월, 자체 개발 환경제어 솔루션이 적용된 5ha 규모 스마트팜 유리온실 완공
 - 중국/중아시아 국경 인근에 입지한 농업클러스터 생태농장 내에 이수건설 및 이수한가람포닉스사에서 스마트팜 벤로형 유리온실 시공 및 완공 (양액/관수/환경제어시스템 등)
 - ※ 이수 한가람포닉스는한국 최고 업력(25년)보유한 온실플랜트 전문건설기업으로 다수의 현장경험 기반한 양액/환경제어시스템 설치에 특화

- 2020년 1월부터 방울토마토 및 4월에는 파프리카 재배



[그림 2-942] 기업형 대규모 스마트팜 벤로형 유리온실 및 재배작물 전경

- 스마트팜 유리온실 지능형 운영을 위한 복합환경제어 시스템 IFO(Intelligence Farming Optimizer 가칭) 개발 완료 및 현장 테스트 실시
 - IFO 주요 매뉴얼 구성은 작물관리를 위한 환경제어(지상부, 근권부), 양액제어(환경조건에 따른 양액교반 및 자동공급), 그리고 작업자관리(근태, 업무지시 등)로 구성



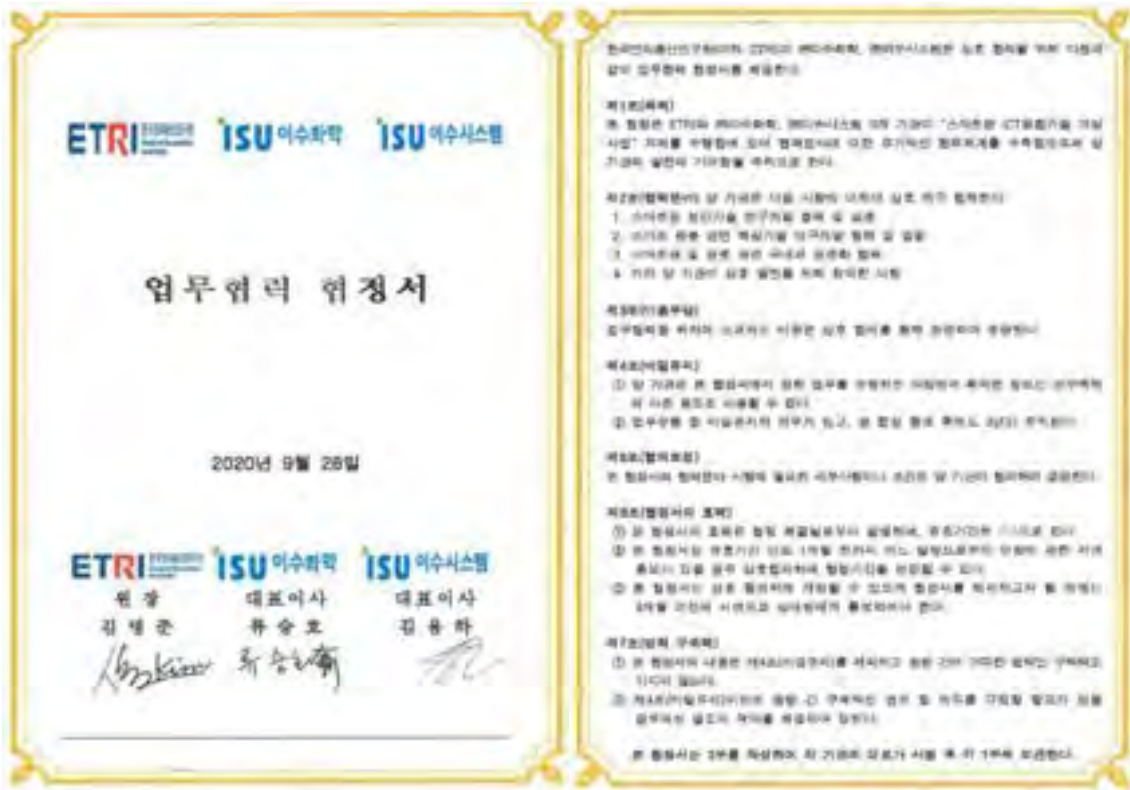
[그림 2-943] 복합환경제어 구성 및 향후 검증 확대 방안

- IFO 운영을 위한 주요 계측장비는 Messuring Box, 온도/풍속/강우 등을 측정할 수 있는 AWS(Auto Weather System), 양액기, 작업자 관리를 위한 작업자 관리 단말기 등으로 구성되어 있으며 IFO 운영 시스템에 의해 통합관리



[그림 2-944] 스마트팜 현장설치 계측장비 및 운영시스템 개요도

- 복합환경제어 시스템 IFO(Intelligence Farming Optimizer 가칭) 운영 사용자 매뉴얼
 - 한국전자통신연구원과 공동으로 개발 완료하여 중국 현지 시범 유리온실에서 운영중인 복합 환경제어 시스템 운영 사용자 매뉴얼에 대한 주요 화면구성



[그림 2-945] 복합환경제어시스템 개발 업무협력 협정서 (ETRI, ISU, ISU 시스템)

- 복합환경제어시스템 운영 사용자 매뉴얼의 주요 기능에 대한 목차는 온실운영시스템 접속, 전체 매뉴구성, 대시보드, 사용자정의 보기, 온실환경조회, 레포트, 그래프, 온실환경제어, CCTV, 생산정보 및 운영관리로 구성



[그림 2-946] 복합환경제어시스템 접속 로그인 화면

○ 복합환경제어시스템 전체 화면 구성

번호	명칭	내용	비고
1	대시보드	온실운영시스템에 등록된 제어기종 상태/정보, 날씨예보, 레포트, 제어 및 알람이력 등 정보 제공	
2	사용자정의 보기	등록된 구동기/센서정보를 사용자 요구에 맞게 구성하여 정보 표시	그래프 설정
3	온실환경조회	등록된 구동기/센서 정보, 제어이력, 알람이력	
4	레포트	일일/주간/월간 조회, 레포트 원본 열람	
5	그래프	사용자정의 조회, 각 제어로직 맞춤형 그래프	
6	온실환경 제어	외부기상설정, 온실제어설정, 수동제어	
7	방재관리	방재환경 설정 및 제어	
8	알람관리	알람환경 설정 및 제어	
9	생육관리	생육환경 정보 표시	기본 화면
10	작업관리	작업자별 활동, 실시간 작업상태 표시	
11	CCTV	실시간 내카메라 영상 표시	
12	성장정보	내카메라 연동 기반 식물 성장 수립	
13	운영관리	온실구성, 시스템구성 등 전반적인 시스템의 환경설정	

○ 복합환경제어시스템 메인화면(대쉬보드)로 쟁기상태, 운영 및 현장상태 모니터링을 할 수 있는 대표 그래프 표출, 대표 IP 카메라 영상 출력(CCTV 화면), AWS 기상센서 정보, 외부 기상 예측 정보, 레포트, 제어이력, 알람이력, 농업기술정보, 양액관리, 생육관리 등으로 구성

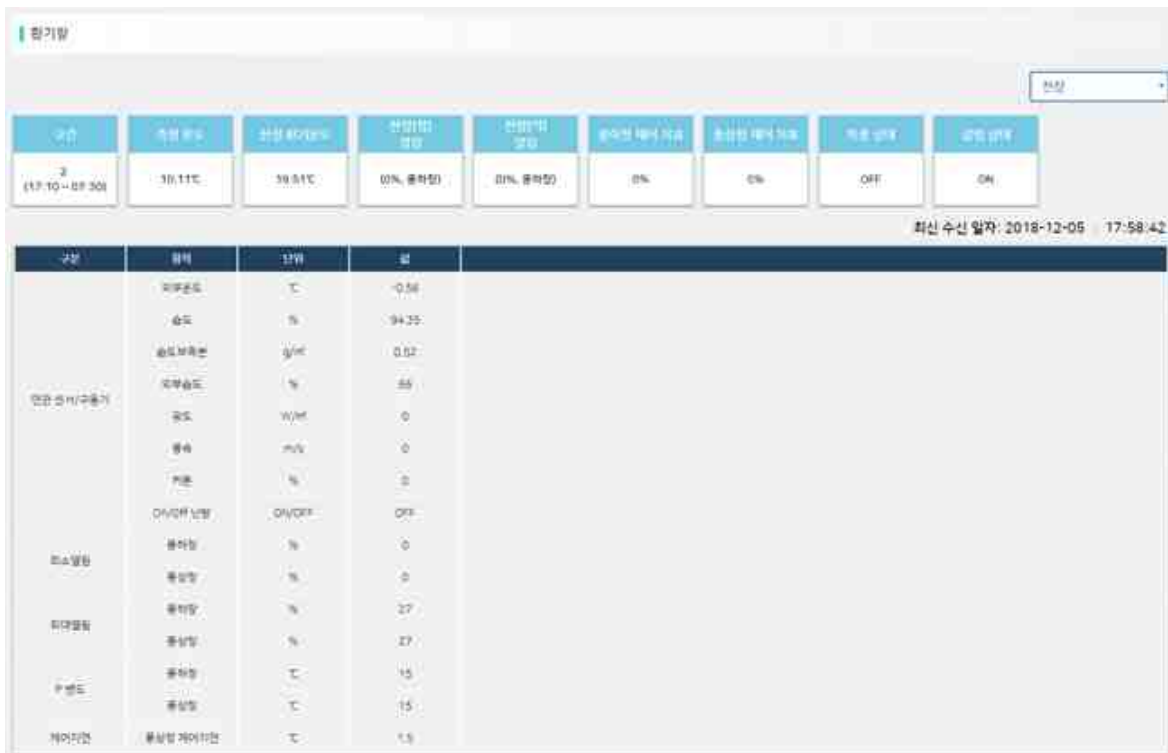
- * 그래프 설정: [운영관리-시스템관리-운영시스템-화면구성-홈화면]에서 대표 그래프를 설정
- * 기상대 할당: [운영관리-시스템관리-제어할당-외부기상센서 할당]에서 할당된 센서 정보 출력

번호	명칭	내용	비고
1	대시보드	제어기 상태 표시, 온실운영시스템에 등록된 제어기종 상태/정보, 날씨예보, 레포트, 제어 및 알람이력 등 정보 제공	
2	사용자 정의 할당된 그래프 출력	등록된 구동기/센서정보를 사용자 요구에 맞게 구성하여 정보 표시	그래프 설정
3	CCTV	등록된 내카메라 중 대표 내카메라 영상 출력	
4	온실에 설치된 외부기상센서 정보	외부기상정보, 날씨예보, 레포트, 제어이력, 알람이력 등 정보 제공	기상대 할당
5	날씨 예보-장래 일주일간의 외부기상예측 정보	날씨예보, 일일/주간/월간 레포트	
6	레포트	일일/주간/월간 레포트	
7	제어이력, 작동/수동/조기화 제어 이력	알람이력	
8	알람이력	알람이력	
9	농업 기술정보, 방재환경 정보 및 어류 표시어종 검색	알람이력	
10	알람관리, 알람제어 이력	알람이력	
11	생육관리, 생육제어 이력	알람이력	

- 온실환경조희 : 등록된 센서 및 최신 수신값에 대한 실시간 표시 및 계측/제어기 등의 살사간 주요 상태 및 상세 매뉴 표시 기능, 및 사용자의 주요제어 이력 및 알람이력 조회도 가능



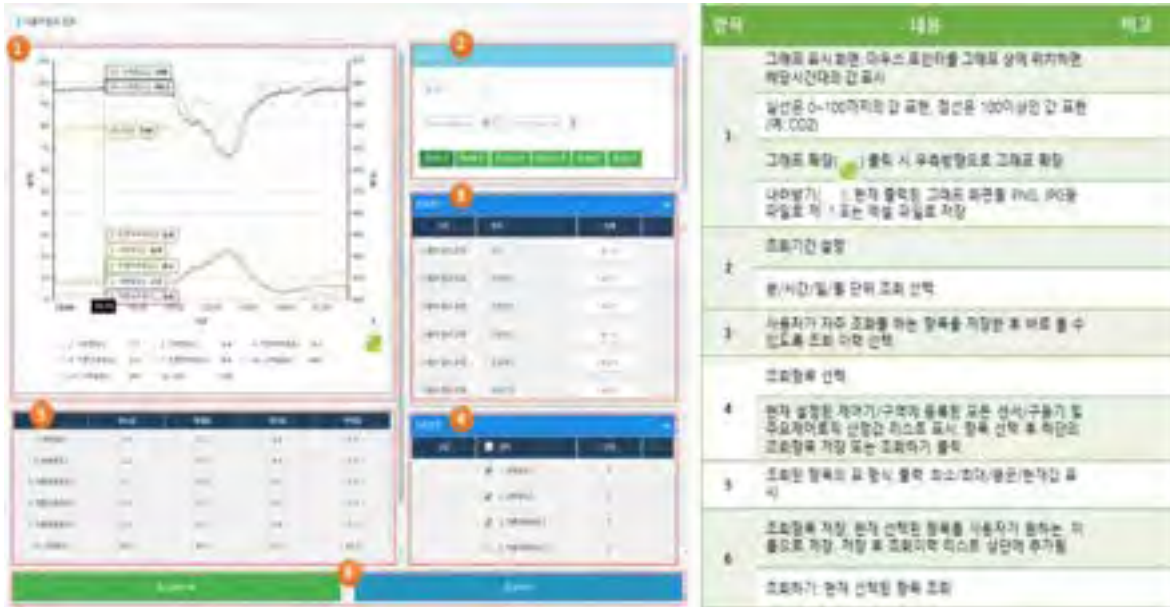
[그림 2-947] 온실환경조희 - 환경상태 (전체보기)



[그림 2-948] 온실환경조희 - 장치상태

○ 그래프 조회 : 그래프 조회는 사용자 정의 조회와 제어로직 특화 그래프로 구성

- * 사용자 정의 조회 : 계측 센서, 제어장비, AWS(기상관련자료) 등 시설 및 설비에 관련된 해당시간대의 값을 표시하며, 사용자가 자주 조회하는 항목 설정 등을 통해 원하는 값을 표출
- * 제어로직 특화 그래프 : 제어정보(광도, 습도, 커튼, 광도영향, 환기온도, 센서, 커튼, 계측 센서 등) 제어관련 항목에 대해 기본 제어정보, 할당 센서/구동기(제어로직에 할당된 센서/구동기 리스트 표시), 등록 센서/구동기(해당 제어기/구역에 등록된 모든 센서/구동기 리스트 표시) 등을 추가/삭제 등을 통해 해당시간대 제어로직 값을 표출



[그림 2-949] 사용자 정의 조회 그래프 출력



[그림 2-950] 제어로직 특화 그래프 출력(난방, 환기, 커튼, CO2 등)

○ 온실환경제어 : 외부기상설정, 온실제어설정, 수동제어 설정으로 구성

- * 외부기상설정 : 외부기상조건(폭풍/결빙/강우)에 대해 설정
- * 온실제어설정 : 온실에 관한 전반적인 제어 매뉴얼로 공통(구역공통조건 설정), 난방(난방온도, 온수난방, On/Off 제어), 환기, 커튼, CO2, 분무, 보광등, 유동팬, 배기팬, 냉방, 축열조, 사용자정의 제어(사용자 맞춤형 구동조건 설정을 통한 제어 설정) 등 온실내외부에 대한 환경설정 및 제어 기능 제공
- * 수동제어 : 등록된 모든 구동장치의 전체 긴급 정지, 수동/자동제어 모드 변환, 등록된 모든 구동기의 초기화 실행 등을 제어하는 기능



항목1	항목2	항목3	내용
	외부기상설정		폭풍/결빙/강우 조건 설정
온실제어설정	공통		구역공통 조건 설정 (습도 제어기준)
	난방	난방온도/온수난방/ OnOff난방	난방온도 및 난방장치 제어 설정
	환기	환기온도/환기량	환기온도 및 환기량(천장, 측창) 제어 설정
	커튼	공통설정/보온커튼/자광커튼/ 축면커튼/압착커튼	간격(Gap)제어, 보온, 자광, 축면, 압착커튼 제어 설정
	CO2		CO2 제어 설정
	분무		분무기, 스프링클러 제어 설정
	보광등		보광등 제어 설정
	유동팬		유동팬 제어 설정
	배기팬		배기팬 제어 설정
	냉방	OnOff 냉방/ 냉수냉방	OnOff 냉방기, 허부 레일 냉방 제어 설정
	축열조		보일러 개어를 통한 축열조 내부 온도 제어 설정
	사용자정의 제어		사용자 맞춤형 구동조건 설정을 통한 구동기 제어 설정
	수동제어		수동 제어

[그림 2-951] 온실환경제어 구성 및 각 항목별 설명

- 외부기상조건(폭풍/결빙/강우) 설정 및 온실환경제어 공통(습도제어조건 설정 : 상대습도/습도부족분/포화수증기압차 선택) 설정 화면



- * 난방온도 : 기본설정, 영향설정, 제어할당, 상태보기, 그래프로 구성
- * 온수난방 : 난방수온에 대해 기본설정, 상세설정, 영향설정, 제어할당, 상태보기, 그래프로 구성

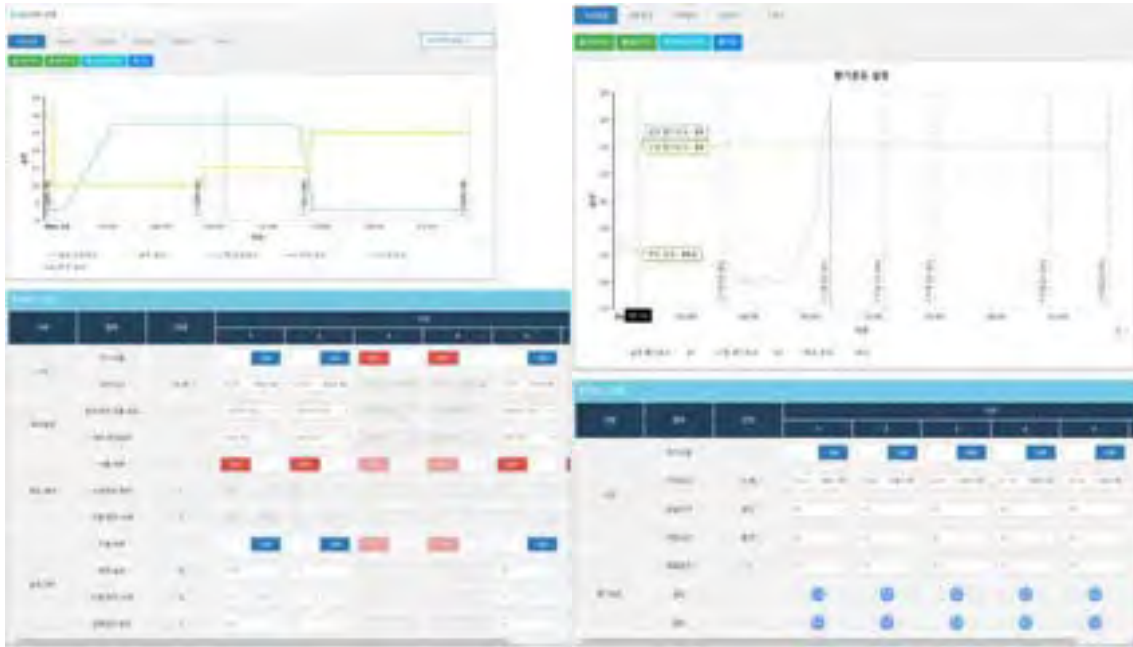


[그림 2-952] 난방온도 제어 설정 화면



[그림 2-953] 온수난방 제어 설정 화면

- * On/Off 난방 : On/Off 난방 기본설정, 상세설정, 영향설정, 제어할당, 상태보기, 그래프로 구성되어 있으며, 기본설정에서는 제어우선순위 (온도, 습도, 자동선택), 온도제어, 습도제어 등을 설정
- * 환기온도 : 환기온도는 기본설정, 영향설정, 제어할당, 상태보기, 그래프로 구성되어 있으며, 시간(주기사용여부, 시작시간, 상승시간, 하강시간) 설정 및 각 구간의 목표온도 설정 후 광도와 습도에 의해 환기온도 조절 가능
⇒ 환기온도 영향설정 기능은 광도 영향(광도에 의해 온도 증가/감소 시 지연 시간 설정), 일평균 광량에 의한 환기온도 조절 설정 (2~30일간의 일평균 광량 설정 가능), 커튼 열림 시 환기온도증가량 설정 가능



[그림 2-954] 난방온도 제어 설정 화면

- 환기창 : 환기창 기본설정, 상세설정, 영향설정, 제어할당, 상태보기, 그래프로 구성
 - ⇒ 기본설정은 열림설정 : 각 구간에서의 최소/최대 열림 정도 설정 (풍하창/풍상창 별도 설정), 폭풍/결빙 등에 의한 환기창 보호설정 기능
 - ⇒ 상세설정 : 외부기상영향, 외부온도 영향 조절에 따른 최소열림, 풍속, 습도, 외부습도조절에 의한 최대 열림, 그리고 환기창 제어 설정 기능
 - ⇒ 영향설정 : P밴드, 커튼영향, On/Off 난방 영향에 따라 환기창 구동 설정 기능

환기창 기본 설정

열림 설정 : 각 구간에서의 최소/최대 열림 정도 설정, 폭(풍하창/풍상창) 별도 설정

1. P밴드, 풍속, 습도, 외부온도, 커튼영향, 폭풍, 결빙, 외부습도, 외부온도, 난방 영향에 따른 최소열림, 풍속, 습도, 외부습도, 외부온도, 커튼영향, 폭풍, 결빙, 외부습도, 외부온도, 난방 영향에 따른 최대 열림, 그리고 환기창 제어 설정

환기창 제어 : 환기창 제어, 풍속, 습도, 외부온도, 난방 영향에 따른 환기창 구동 설정

환기창 보호 설정

2. 폭풍, 결빙, 외부온도, 난방 영향에 따른 환기창 보호 설정

환기창 보호 : 환기창 보호, 폭풍, 결빙, 외부온도, 난방 영향에 따른 환기창 보호 설정

3. 환기창 제어 설정은 풍속, 습도, 외부온도, 난방 영향에 따른 환기창 구동 설정

4. 환기창 보호 설정은 폭풍, 결빙, 외부온도, 난방 영향에 따른 환기창 보호 설정

5. 환기창 제어 설정은 풍속, 습도, 외부온도, 난방 영향에 따른 환기창 구동 설정

6. 환기창 보호 설정은 폭풍, 결빙, 외부온도, 난방 영향에 따른 환기창 보호 설정

- 운영관리 : 운영관리는 온실관리, 시스템관리, 영농관리로 구성
 - * 온실관리 : 온실구성 및 구역구성으로 각 온실에 대한 상태정보를 확인 및 등록
 - * 시스템관리 : 운영시스템, 통합제어기, 노드정보, 센서정보, 구동기정보, 제어할당, 알람, 카메라, 센서/구동기 분류 정보 및 센서/구동기 타입정보로 구성되어 본 복합환경제어운영시스템에 대한 전반적인 사용자 제어기능 제공

* 영농관리 : 농가관리 (농가 및 농장정보), 생산관리(수확 및 작업 관련 정보), 시설관리(시설관리 현황 및 안전정보), 환경관리(외부기상 이슈 및 환경변수 정보)로 구성

항목	항목	항목	내용
온실관리	온실구성		온실구성 정보 확인 및 등록
	구역구성		구역구성 정보 확인 및 등록
	운영시스템	운영시스템정보/외부구성/계정관리	운영시스템 정보 입력, 다시보도 및 제어호출 이름 입력, 사용자계정 및 권한관리
	통합제어기		통합제어기 정보 확인 및 등록
시스템관리	노도		노도 정보 확인 및 등록
	센서		센서 정보 확인 및 등록
	구동기		구동기 정보 확인 및 등록
	제어할당	외부기상센서할당/온실제어할당	외부기상센서 및 제어호출 수명 시 필요한 센서/구동기 할당
	일할		일할(제어일할/장치일할) 조건 설정
	카메라		카메라 정보 확인 및 등록
	센서/구동기 분류 정보		센서/구동기 분류 정보 확인
	센서/구동기 타입 정보		등록 가능한 센서/구동기 타입 정보 확인
영농관리	농가관리	농가정보/농장정보	농가 및 농장정보 입력
	생산관리	위탁별 수확정보/위탁별 작업 정보/위탁별 처리정보/판매정보	수확 및 작업 관련 정보 입력
	시설관리	시설정보/수리정보/작업정보/안전정보	시설관리 현황 및 안전정보 입력
	환경관리	기상예보 정보/환경변수 정보	외부기상 이슈 및 환경변수 입력

□ 해외 현지 기업형 대규모 스마트팜 운영 현황

○ 대규모 스마트팜 재배현황

- 재배작물
- 방울토마토 : 수경(양액) 재배방식으로 생산량은 월 평균 45톤이며, 당도는 9~10 brix로 국내에서 생산되는 방울토마토 평균 7~8 brix보다 높은편 이며, 주요 판매처는 북경, 우루무치, 정저우 등 대도시 대형마트에 판매 유통
- 파프리카 : 수경(양액) 재배방식으로 생산량은 월 평균 75톤이며, 품질은 국내 우수농가 수준과 유사한 품질을 유지하고 있으며, 주요 판매처는 카자흐스탄, 러시아 및 북경 유통채널
- 딸기 : 테스트 재배중으로, 품종은 담양 프리미엄 품종인 죽향과 메리퀸이며, 향후 시장 수요가 높다고 판단되며, 생산량 확대 계획 추진중



[그림 2-955] 해외 현지 스마트팜 작물재배, 보관, 유통 전경

○ 대규모 스마트팜 생산/판매량 및 판매액

- 2020.1월부터 방울토마토를 4월부터는 파프리카를 생산/판매
- 재배작물별 생산/판매량
 - 방울토마토의 1~8월까지 총 생산량은 260,130kg, 판매량은 181,829kg으로 약 70%를 판매
 - * 마케팅 증정용으로 25,121kg (9.6%), 기말재고 38,360kg(24.6%), 생산에 대한 손실은 별로 없었지만 판매 재고에 따른 손실 (38,360kg, 14.7%)
 - * 온생산량은 온도가 증가하는 3월부터 증가세를 보이고 있음
 - * 온생산량은 온도가 증가하는 3월부터 증가세를 보이고 있음

[표 2-370] 재배작물별 판매액

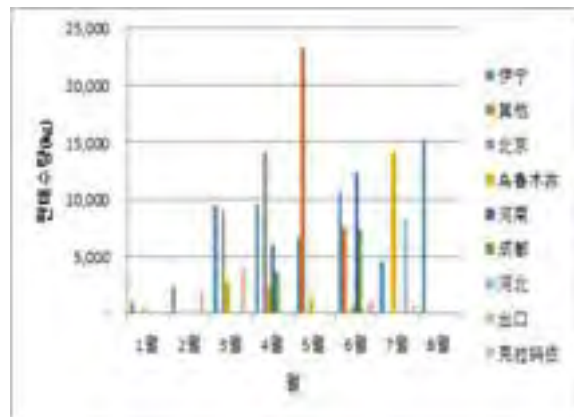
(단위 : 위안)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	누계
방울 토마토	36,075	66,225	386,475	301,469	208,330	329,154	244,827	68,517	1,641,072
파프리카				4,250	119,711	451,053	218,156	120,518	913,687
합계	36,075	66,225	386,475	305,719	328,041	780,207	462,983	189,035	2,554,760

[표 2-371] 방울토마토 중국 지역별 판매수량

(단위 : kg)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	총합계
伊宁	1,008	2,415	9,493	9,506	6,719	10,694	4,503	15,236	59,573
其他			90		23,366	7,598			31,054
北京			9,084	14,076					23,160
乌鲁木齐	444		2,730	2,400	1,380	600	14,170		21,724
河南				6,064		12,348			18,412
成都				3,600		7,444			11,044
河北							8,304		8,304
出口		2,000	4,050			808			6,858
克拉玛依						1,000	700		1,700
총합계	1,452	4,415	25,447	35,646	31,465	40,492	27,677	15,236	181,829

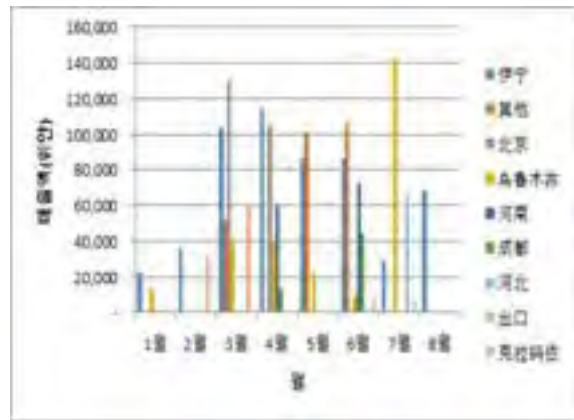
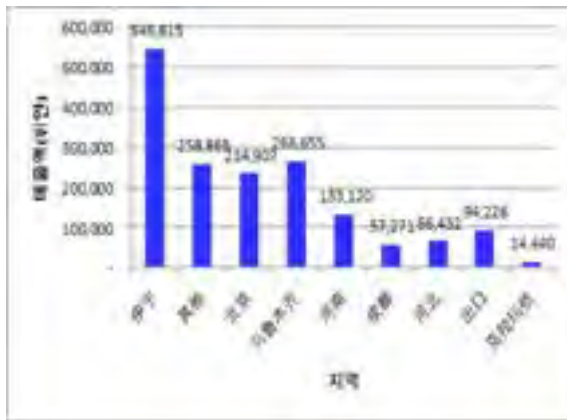


[그림 2-956] 방울토마토의 지역별, 월별 판매량

[표 2-372] 방울토마토 중국 지역별 판매금액

(단위 : 위안)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	총합계
伊宁	22,755	36,225	103,275	114,554	86,160	86,574	28,755	68,517	546,815
其他			51,635		100,770	106,460			258,865
北京			129,865	105,042					234,907
乌鲁木齐	12,425		40,950	39,680	21,400	9,000	143,200		266,655
河南				60,640		72,480			133,120
成都				12,607		44,664			57,271
河北							66,432		66,432
出口		31,500	60,750			1,976			94,226
克拉玛依						8,000	6,440		14,440
총합계	36,075	66,225	386,475	301,469	208,330	329,154	244,827	68,517	1,641,072

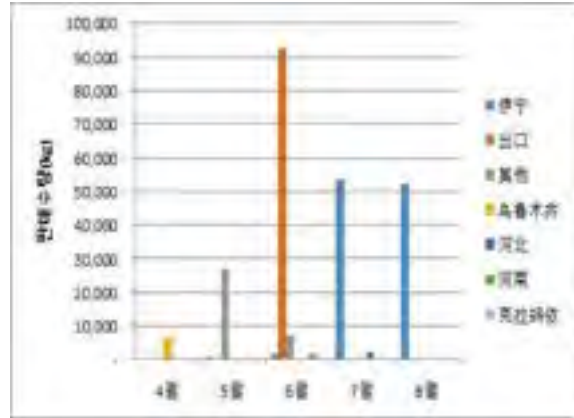
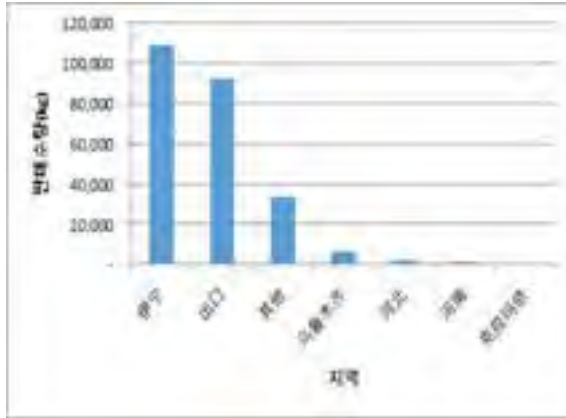


[그림 2-957] 방울토마토의 지역별, 월별 매출액

[표 2-373] 파프리카 중국 지역별 판매수량

(단위 : kg)

구분	4월	5월	6월	7월	8월	총합계
伊宁	380	726	1,680	53,723	52,315	108,824
出口			92,410			92,410
其他		26,916	7,053			33,969
乌鲁木齐	6,496			100		6,596
河北				2,040		2,040
河南			1,630			1,630
克拉玛依			100			100
총합계	6,876	27,642	102,873	55,863	52,315	245,568

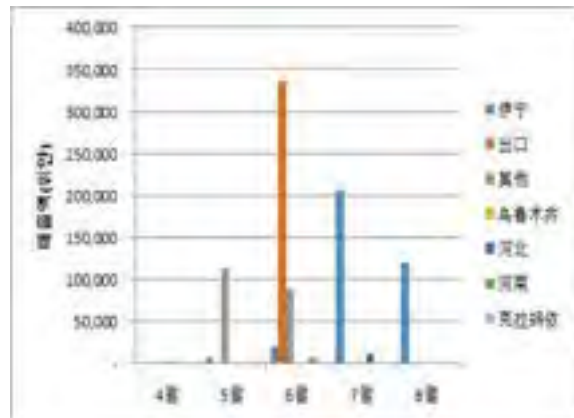
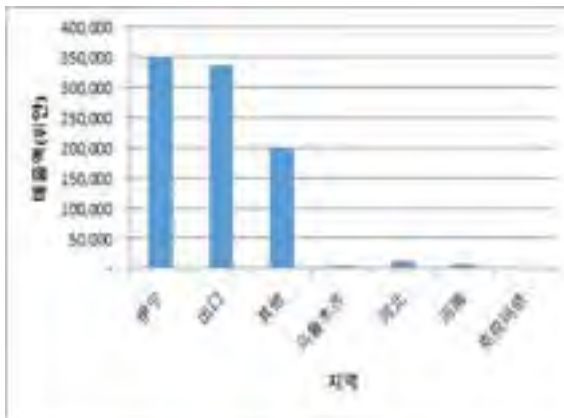


[그림 2-958] 파프리카의 지역별, 월별 판매량

[표 2-374] 파프리카 중국 지역별 판매금액

(단위 : 위안)

구분	4월	5월	6월	7월	8월	총합계
伊宁	570	7,066	19,503	205,166	120,518	352,822
出口			336,195			336,195
其他		112,645	88,185			200,830
乌鲁木齐	3,680			750		4,430
河北				12,240		12,240
河南			6,520			6,520
克拉玛依			650			650
총합계	4,250	119,711	451,053	218,156	120,518	913,687



[그림 2-959] 파프리카의 지역별, 월별 매출액

- 중국 현지 유통 및 판매를 위한 자체 고유 브랜드 개발 및 유통프로세스 구축
 - 중국 현지 판매를 위한 “Fresh Too” 과채류 브랜드 개발



[그림 2-960] 중국 현지 생산 과채류 브랜드 Fresh Too 개발

- 중국 현지 판매를 위한 유통 프로세스 구축



[그림 2-961] 중국 현지 판매를 위한 유통 프로세스 구축

- 유통 : 현지 유통채널 네트워크 확보 : 북경(징동7Fresh, Ole), 우루무치(우호마트, 과과가), 카자흐스탄 (Agros) 등

○ 중국 현지 농업 프로그램 방송 및 언론 보도



라오닝TV 농업 관련 프로그램 방송(2020. 1. 16)



신장성 현지 신문사 보도(2018. 11. 21)

[그림 2-962] 중국 현지 라오닝 TV 및 신장성 현지 언론 보도

(4) 연구결과

- 2019년 10월, 자체 개발 환경제어 솔루션이 적용된 5ha 규모 스마트팜 유리온실 완공
 - 중국/중아시아 국경 인근에 입지한 농업클러스터 생태농장 내에 이수건설 및 이수한가람포닉스사에서 스마트팜 벤로형 유리온실 시공 및 완공 (양액/관수/환경제어시스템 등)
 - 2020년 1월부터 방울토마토 및 4월에는 파프리카 재배
- 스마트팜 유리온실 지능형 운영을 위한 복합환경제어 시스템 IFO(Intelligence Farming Optimizer 가칭) 개발 완료 및 현장 테스트 실시
 - IFO 주요 매뉴얼 구성은 작물관리를 위한 환경제어(지상부, 근권부), 양액제어(환경조건에 따른 양액교반 및 자동공급), 그리고 작업자관리(근태, 업무지시 등)로 구성
- 대규모 스마트팜 생산/판매량 및 판매액
 - 재배작물별 생산/판매량
 - 방울토마토의 1~8월까지 총 생산량은 260,130kg, 판매량은 181,829kg으로 약 70%를 판매
 - 파프리카의 경우 4월부터 재배를 시작하여 8월까지 총 생산량은 274,415kg, 판매량은 231,462kg으로 약 84.3%를 판매
- 수익분석을 실시하지 않았지만 약 8개월의 운영동안 kg당 생산단가로 보아 1~3월까지의 방울토마토(8위안)의 생산량을 증가하고 4~7월까지의 파프리카(3위안)의 생산량을 증가하면 중국 현지에서의 가격 변동 폭이 크지 않으면 경쟁력이 있다고 사료됨

3.4. 국내 검증된 스마트팜 기술의 해외시장 적용 및 지역별 특성에 따른 적정 운영/보완 방안 수립

(1) 연구내용

□ 스마트팜 기술 수준 및 기술개발 방향

○ 국내 스마트팜 기술수준

- 스마트팜 관련 기술수준을 1세대, 2세대, 3세대로 구분
- 1세대는 센서를 통한 환경변화 모니터링과 편리성 증진, 기능제어 등 제어시스템으로 구성
- 한국은 1.5세대로서 일본의 2세대를 추격 중
- 2세대 기술은 스마트팜 최적화 단계로 일본이 현재 2세대로 미국을 추격하고 있는 단계
- 2세대는 생육환경의 최적화 알고리즘 적용, 생산성 향상, 농작물의 질병 예방 및 생육진단 서비스를 제공하는 단계
- 3세대는 네덜란드로 가장 기술 수준이 우위
- 미국이 네덜란드를 추격하고 있으며, 시설 내 온·습도 등을 자율적으로 조절할 수 있도록 기술을 개발하여 수출하는 단계



[그림 2-963] 국내 스마트팜 기술 단계

- 4차 산업혁명 기술 개발 방향 설정을 위해 세계 주요국과 우리나라의 기술수준을 비교
- 농림식품과학기술의 효율적 관리와 농식품 R&D 통합 조정의 틀인 ‘농림식품과학기술분류체계(2017.12.29 고시)’를 바탕으로 4차 산업혁명과 농식품 분야에 관련된 기술을 농림식품 기계·시스템(농업시설·환경기계·시스템/농업자동화·로봇화)과 농림식품 융복합(식물공장/유비쿼터스 정보화 기술) 기술로 나누어 각각의 기술 수준을 고찰
- 우리나라 농림식품 기계·시스템 분야의 기술수준은 최고 기술 보유국인 미국을 100.0으로 보았을 때 75.0으로 주요국 9개 국가 중 8위이며, 중국은 66.2로 우리보다 낮은 수준
- 농업기계·시스템은 최고 기술국(미국) 대비 76.6, 식품기계·시스템은 최고기술국(독일) 대비 68.0, 임업기계·시스템 최고기술국(미국) 대비 78.0, 축산업기계·시스템 최고기술국(네덜란드) 대비 76.5 수준으로 전체적으로 추격그룹에 속함

[표 2-375] 농림식품기계 시스템분야 기술수준 (기술선진국=100.0)

분야	한국	미국	일본	영국	프랑스	네덜란드	독일	호주	중국
농업기계 시스템	76.6(8)	100.0(1)	97.3(2)	86.7(6)	87.0(5)	95.2(3)	94.9(4)	84.3(7)	64.6(9)
식용기계 시스템	68.0(8)	98.7(2)	98.5(3)	87.2(4)	86.0(5)	84.4(6)	100.0(1)	75.2(7)	63.6(9)
임업기계 시스템	78.0(5)	100.0(1)	99.4(2)	78.7(4)	76.2(7)	75.6(8)	92.1(3)	76.5(6)	75.0(9)
축산업기계 시스템	76.5(8)	99.5(2)	96.6(4)	92.3(6)	92.9(5)	100.0(1)	97.4(3)	85.1(7)	64.8(9)
전체	75.0(8)	100.0(1)	98.2(2)	86.8(5)	86.4(6)	90.8(4)	96.5(3)	81.4(7)	66.2(9)

- 농림식품 융복합 기술수준은 미국을 100.0로 할 때 우리는 73.0으로 농림식품기계·시스템 분야와 마찬가지로 추격그룹에 속하며 주요 9개 국가 중 8위 수준
- 농생명 신소재·시스템 분야의 기술수준이 상대적으로 높은 수준을 나타내고 있으나, 농생명신소재·시스템의 최고기술 보유국(미국) 대비 74.6, 농생명 에너지 자원 기술은 최고기술보유국(독일) 대비 68.2, 농생명 정보·전자 기술은 최고기술보유국(미국) 대비 71.5로 전제적으로 추격그룹에 속한

[표 2-376] 농림식품 융복합 분야 기술수준 (기술선진국=100.0)

분야	한국	미국	일본	영국	프랑스	네덜란드	독일	호주	중국
농생명 신소재-시스템	74.6(8)	100.0(1)	93.3(2)	85.6(4)	84.3(5)	83.4(6)	89.1(3)	79.1(7)	70.8(9)
농생명 에너지 자원	68.2(8)	97.4(2)	92.9(4)	85.4(5)	84.7(6)	94.1(3)	100.0(1)	83.3(7)	66.3(9)
농생명 정보·전자	71.5(8)	100.0(1)	88.3(2)	81.4(6)	81.7(5)	86.9(4)	87.5(3)	77.8(7)	64.5(9)
전체	73.0(8)	100.0(1)	92.5(2)	85.0(5)	84.2(6)	86.7(4)	91.2(3)	80.0(7)	68.8(9)

- 4차 산업혁명 적용 가능 기술 및 개발중인 기술
 - IoT기술은 스마트팜 원격 재배, 동물 체내에 센서를 삽입하여 건강관리, 농산물 자동선별정보 및 입출고관리, 수발주·배송 등 농식품 유통 이력관리, 기능성 식품개발 등에 이용되고 있다. 로봇 부문에서는 무인자동화 기술을 활용하고 있는 식물공장, 자동 육묘 및 파종 로봇 등이 있음
 - 드론 분야에서는 무인기 활용 방제와 드론 활용 산지 작황 정보 관측 등에 이용되고 있다. 클라우드 기술은 소비자의 농산물 구매 성향 분석, 질병 방역대 및 차량이동 등의 빅데이터 분석을 활용한 축산 질병 예측 등에 적용 가능하다. 나노 및 바이오 부문은 우수 종자관리, 유전자 분석 기술을 활용한 축산 질병 탐색 기술이 개발되었고 유전자 분석기법 및 패턴분석 기술을 활용한 원산지 식별 기술도 적용 가능
 - 현재 농업분야에서 개발 중에 있는 4차 산업혁명 기술은 빅데이터, 인공지능(AI), 로봇, IoT, ICT 융복합등이 있다. 빅데이터 분야에서 개발 중인 기술은 기상정보 및 관련 빅데이터를 활용한 농업용저수지 정보 분석 기술, 가축의 형질 결정 유전인자에 대한 빅데이터 분석을 통한 생산성 향상, 신경회로망 응용 토마토 주요 병해충 실시간 진단 분석 기술 등이 있음

- 인공지능(AI) 분야에서 개발 중인 기술은 인공지능 기반 IoT 클라우드형 개방형 스마트팜 통합제어장치 개발 및 산업화, 가축생체 정보기반 동물복지 돈사관리모형 개발, 신경회로망 응용 토마토 주요 병충해 실시간 진단 분석 기술 등이 있음
- 로봇 분야에서 개발 중인 기술은 병충해 모니터링용 무인기 및 항공방제용 무인기 등이 있으며, ICT 융복합 분야에서는 가축의 생산성 향상을 위한 ICT융합 기술이 적용된 스마트 통합제어 및 모니터링 시스템 등
- IoT분야는 IoT 기반 저수지 붕괴 예·경보 시스템 개발, IoT 기반 양돈 작업환경 통합 제어환경 구축 및 안전 증진 연구를 수행하고 있다. ICT 융복합 분야에서 개발 중인 기술은 ICT/BT 기반 양파·마늘의 가뭄·저온·병해 현장 진단 및 작황 예측 기술, 영상기술을 활용하여 가축의 호흡기 질병과 철새 이동 모니터링 및 피드백시스템 개발 중에 있음
- 또한, 스마트팜 관련 신제품 실증시험지원 및 테스트베드 구축, 스마트폰 기반 주요 시설원에 작물 병해충 진단·처방 시스템 구축 및 실증, 시설농업용 ICT 융·복합기술기반 CO2시비 및 에너지통합시스템 개발, 시설원에 작물의 생산량 증대 및 경영비 절감을 위한 클라우드기반 자율제어 시스템이 개발 중에 있음
- 유통부문에서는 ICT도입으로 농산물 유통 효율 개선이 가능한 온라인 직경매 시스템 사업화, ICT기반 지능형 스마트폰 앱과 나노 촉매기술을 개발하고 있다. 축산분야에서는 돈사 악취 저감 시스템 기술개발, 열화상 카메라 기술을 활용한 ICT 융합 대가축 건강모니터링 기술 개발, ICT 활용 축종별 스마트 축사 관리모델 개발 등이 이루어지고 있음

○ 스마트팜 발전을 위한 전략 우선순위

- 스마트팜 발전을 위한 전략 우선순위는 ‘4차 산업혁명 관련 인프라 구축’이 가장 시급한 것으로 나타났고, 다음으로 ‘비즈니스 모델 개발’이 필요한 것으로 분석되었다. 이는 IoT, 빅데이터, 센싱기술, 클라우드 컴퓨팅 등 관련 기술보다는 그 기술들이 실현될 수 있는 생태계 조성이 우선적으로 실현되어야 함을 의미한다. 또한 관련 기술들이 개발에만 그치지 않고 사업화까지 연결될 수 있는 체계가 구축되어야 함
- 첫 번째 중요 전략은 ‘4차 산업혁명 인프라 구축’이다. 세부적으로 중요도를 살펴보면, 제일 먼저 ‘인력육성’방안 마련이 가장 필요한 것으로 나타남
- 다음으로는 ‘R&D 강화’와 ‘데이터인프라 구축’순이다. 경제·정책 전문가 그룹은 인력육성에 못지않게 ‘법, 제도 정비’를 중요한 전략 요인으로 판단
- 두 번째로 중요 전략은 ‘비즈니스모델 개발’이다. 이 부문에서 ‘자율주행농기계’와 ‘지능형로봇’적용이 세부 전략에서 우선순위가 가장 높게 나타났다. 우리나라에서 가장 큰 농업현안은 농업 노동력 부족임을 명시
- 전문가 그룹 경제·정책 전문가는 ‘자율주행 농기계’와 ‘지능형 로봇’적용을, 기술분야 전문가는 ‘자율주행 농기계’와 ‘관련 앱 개발’을 중요한 세부전략 요소로 지적
- 세 번째 주요전략은 핵심기술 적용 부문이다. 이 부문에서 가장 먼저 수립해야 할 전략은 ‘데이터 분석’과 ‘빅데이터’인 것으로 나타났다. 이 두 기술은 4차 산업혁명 기술 중에서 가장 핵심 기술이라 말할 수 있음

1) 플랫폼 공유형체인화 모델

○ 스마트팜을 중심으로 관련 기술과 생태계 조성



○ 유/무형의 농촌자원을 농민과 소비자가 함께 공유



□ 4차 산업혁명시대 미래 스마트팜 기술

- 4차 산업혁명에 맞춰 농업 관련 대기업들은 이미 핵심 기술로 대표되는 ICBM(IoT, Cloud, BigData and Mobile)이 가장 빠르게 도약할 수 있는 분야로 보고 이에 대비하고 있음



- 최근 미국 실리콘밸리를 비롯해 세계 IT 기업들이 일제히 농업분야에 투자하고 있으며, 포춘지(Fortune) 등 주요 외신의 최근 2년간 실리콘밸리 스타트업 투자 동향을 보면 농축산업과 식품 관련 투자가 급증하고 있다. 지난해 농업 및 식품분야에 투자된 벤처캐피탈 자금이 전년대비 54% 늘어난 4억 8,600만 달러(약 5,640억 원)를 기록
- 특히, 투자대상이 된 기업들은 파머 비즈니스 네트워크(Farmers Business Network), 팜 링크(Farm Link), 어댑트 N(Adapt-N) 등 대부분 클라우드 기반의 농업·농장관리 소프트웨어 개발 및 각종 농업관련 정보를 제공하는 회사들이며 미국 존디어(John Deere)의 '시드스타 모바일(SeedStar Mobile)'과 듀폰 파이오니어(DuPont Pioneer)의 'Pioneer Field360 Select' 소프트웨어, 몬산토(Monsanto)의 자회사인 클라이메이트 코퍼레이션(Climate Cooperation) 등이 만들어내는 서비스 제품들은 4차 산업혁명의 핵심기술인 IoT(Internet of Things, 사물인터넷), 클라우드 기술과 방대한 농업 빅데이터를 활용하여 전 세계 농업인들이 보다 안정적으로 농장을 경영하고 수익을 증대시킬 수 있는 혁신적인 농업 시스템을 제공
- 미국 외에도 네덜란드, 캐나다, 일본 등은 '정밀 작물 재배관리를 위한 센서·네트워크 기반의 소프트웨어 기술과 지능형 농장관리 기술' 등을 통하여 앞 다투어 스마트 농업 시장에 뛰어듦

○ 스마트팜 기술 개발 현황 및 산업동향

- ICT, 생명과학 기술 및 나노 기술 등의 융합을 통해 미국에서는 새로운 농업의 물결이 일고 있다. 이러한 농업 시장을 활성화 시키는 대표적인 기업이 바로 몬산토에 1조원에 인수된 클라이밋 코퍼레이션(Climate Cooperation)임
- 이 기업은 정밀도 100m2의 구역단위로 30년간의 미주 전 지역 1,500억 곳의 토양 데이터와 60년간의 수확량 데이터를 토대로 미국 면적 1억 6,000만 에이커(64.7만km2)의 세분화된 맞춤형 서비스를 하고 있음
- 이 서비스를 이용하기 위해서는 에이커 당 15달러의 이용료를 지불해야 하지만 에이커 당 100달러의 수익창출로 이 서비스를 이용하는 이용 면적은, 인수 전 1,000만 에이커(미국 전체 농지의 1/16)에서 2015년 6,000만 에이커(미국 전체 농지의 1/3)로 늘어났다. 앞서 언급했듯이 미국의 실리콘밸리 스타트업들도 클라우드 기반의 농업·농장관리 소프트웨어 개발 및 각종 농업관련 정보를 제공하는 회사에 투자하고 있으며, 미국 존디어(John Deere)의 '시드스타 모바일(SeedStar Mobile)'과 듀폰 파이오니어(DuPont Pioneer)의 'Pioneer Field360 Select' 소프트웨어 등이 미국 스마트 농업서비스의 대표적인 사례

2) 유럽

- 국토의 4분의 1이 간척지인 네덜란드는 예전부터 지속가능한 농업을 지향해 왔다. 토양 세척으로 인한 토양 유실과 환경오염 등의 이유로 1970년대부터 토양 세척을 전면 금지하면서, 화분을 이용한 온실 농업에 집중했다. 또한, 에너지와 노동력 투입의 절감을 표방하며 농업의 95%는 과학 기술이고 나머지 5%만이 노동력이라고 할 만큼 첨단화된 농업 국가로서 현재 농산물 수출액은 세계 2위를 기록
- 네덜란드를 대표하는 온실 솔루션 기업인 프리바(Priva)는 네덜란드 농산물 수출액 세계 2위를 달성하는데 일등 공신이라고 할 수 있다. 1959년에 가족회사로 시작한 프리바는 원래 온실 내부의 가온 설비 회사
- 이후, 1977년 원예농업과 온실 운영을 관리할 수 있는 컴퓨터를 기반으로 온실내의 모든 환경을 복합제어하는 ICT융복합 전문 기업으로 탈바꿈했으며, 특히, 최근 프리바는 지속가능한 농업을 위해 농장빌딩이라는 건물 옥상 온실을 설치해 농작물을 재배하고, 건물 내부에는 물고기 양식을 하면서 물고기가 만들어 낸 질소 노폐물을 식물이 이용하고 식물이 발생시키는 산소를 수조에 공급하는 시스템으로 에너지 절약형 도심 중심 농장을 기획하고 있음
- 또한, 와게닝겐 대학(Landbouw Universiteit Wageningen)을 중심으로 한 산학협력(연구자, 기업 및 생산자)을 통해 농업과 식품과학의 지식의 인프라를 구축하여 농업기술의 연구개발(R&D)에 지속적인 진화 발전을 모색하고 있다. 또한 LED 전문 기업 필립스(Philips)는 식물공장 및 스마트팜의 추가 보광에 활발히 활용되고 있다. 특히, 그로우와이즈 시티(GrowWise City)라고 하는 실내 야채공장에 태양광이나 토양 없이 연중 생산이 가능한 연구들이 활발히 진행되고 있으며, 2014년에 출시한 그린파워 LED는 조명의 세기, 스펙트럼, 균일도 등을 연구해 특정 작물에 대한 맞춤형 광원을 제작함으로써 그 효율성을 극대화
- 네덜란드 원예 관련 기업들 중 또 하나의 우수 기업인 플랜트랩(PlantLab)은 치밀한 수학적 모델을 응용한 LED 수직 농법을 통해 다양한 야채, 과일, 꽃 재배에 성공하였으며, 식물마다 가지고 있는 빛, 색깔, 뿌리온도, 작물온도, 이산화탄소 농도, 습도 등에 있어 최적의 조건을 다각도로 치밀하게 분석한 다단식 재배법을 통한 식물 재배가 가능하다는 재배기법의 타당성을 입증 받음

3) 아시아

- 일본은 고령화 사회 대비와 농업의 국제 경쟁력 강화를 도모하기 위한 정부차원의 적극적인 농업 ICT융합기술 R&D 지원으로, 현재 4,500억 엔인 농산물 수출액이 2020년 1조 엔으로 확대 될 전망이다. 농림수산성에 따르면, 농업 분야에 진출한 일본 기업수는 2010년 6월 기준 175개 사에서 2014년 12월 기준 1,712개로 대폭 증가했으며, 대표적인 기업으로는 NTT Facilities, NEC, 후지쯔(fujitsu) 규슈 시스템 및 후지 전기 등이 있다. 이들 회사는 해외시장 식물공장 활용, 일본 내 ICT 기술 판매, 농업 컨설팅 및 집하와 출하 업무 지시 시스템에 중점을 두고 있음
- 중국 정부는 농업 현대화를 위한 선진기술 도입 차원에서 네덜란드, 이스라엘 등 농업 선진국 정부와의 파트너십을 체결하였고, 정부 주도의 ICT 융복합 R&D 진흥 정책에 힘입어 민간 참여가 활발하게 이루어지고 있다. 또한, 6억 명에 육박하는 중국 농촌 인구의 소득 향상으로 인터넷 관련 시장의 새로운 소비 주체로 급부상하였으며, 전자상거래를 통한 소비시장의 규모가 2015년 1,800조 원에 이르렀다고 중국 최대 B2B(기업간 거래) 전문 매체가 발표
- 특히, 중국 최대 전자상거래 기업인 알리바바도 2014년 10월 1조 8,000억 규모의 농촌 서비스센터 설립을 발표하면서 전자상거래 비즈니스 창업을 위한 투자와 교육 사업을 진행 할 계획을 밝힌바 있음

□ 소비분야

- 4차 산업혁명 시대에는 생산, 유통, 소비의 구분이 모호해져 소비분야의 현안 문제를 해결하기 위해

생산단계와 유통단계에서 사전에 포착할 필요가 있다. 소비자가 원하는 것은 고품질, 안전성, 가격안정이며 또한 소비자의 소비트렌드 변화에 맞춰 생산, 유통·가공이 사전에 이루어져야 함

- 고품질 농산물 확보를 위해서는 생산단계에서 선별, 환경제어, 품질모니터링, 예찰 및 방제, 시비 및 선별,가축질병예방이 필요하고 유통분야에서는 등급판정, 수확 후 저장기술, 소비자 니즈가 반영된 상품을 개발
- 보급하기 위한 기술이 개발되어야 한다. 농산물 안전성을 위해서는 생산단계의 이력제, 원산지 표시, 잔류농약검사, GAP 인증, HACCP, 천적/화분매개곤충 이용, 친환경농자재사용, 동물복지 등을 위한 기술이 필요하다. 유통단계에서는 성분 표시, 유통기한 및 보관방법 등의 기술 개발이 필요
- 가격안정을 위해 생산단계에서는 수급정보를 사전에 파악하고, 기상 등의 변화에 따른 생산예측 정보가 필요하다. 유통단계에서 가격안정을 위해서는 수출입 정보, 유통 업체별 시장정보, 국내외 농산물 이동추적 등의 정보가 수집 분석되어야 함
- 또한 소비 트렌드가 반영된 제품도 공급되어야 한다. 특히 병원식, 고령식, 유아식 등 특정 소비층을 위한 제품이 개발되어야 하며, 가상(증강) 현실 구매 가능한 기술도 보급될 필요
- 이를 해결하기 위한 데이터 수집 단계에서 안정성 관련 정보를 수집하고, 품질을 높일 수 있는 센서, 수요파악을 위한 정보 등의 데이터가 필요하다. 이런 데이터는 IoT 기술을 이용하여 수집되어야 한다. 수집된 데이터를 보다 더 정확하고 빠르게 분석하기 위해 딥러닝, 인공지능(AI) 기술이 적용되어야 하며, 분석된 데이터를 클라우드에 보관하고, 이 데이터를 이용하여 온라인 쇼핑, 모바일 앱, 스마트 폰으로 구입할 수 있도록 하여 소비자의 만족도를 높일 수 있는 기술이 개발 보급되어야 함



[그림 2-964] 소비자의 만족도 제고 시스템

(2) 연구결과

- 4차 산업혁명 기술을 이용하여 농업분야를 한 단계 도약시키기 위해서는 농업을 미래성장산업에 포함시켜야 함
- 이를 위한 혁신전략은 스마트팜 도입 농가의 기술 활용 기반구축 전략, 4차 산업혁명 기술 보급확대 전략, 스마트농업의 인프라 구축과 지속적으로 스마트농업을 육성하기 위한 거버넌스 체계 구축
 - 먼저, 스마트농업 도입 농가의 기술 활용 기반을 구축하기 위한 스마트농업의 기술 보급확대를 위해서는 초기 투자자본 지원 강화, 농가 수준에 맞는 맞춤형 지원 등이 필요하며, 무엇보다도 농가가 스마트농업을도입하고자 할 때 필요한 서류, 인허가, 대출 조건 등 많은 행정절차와 시간을 일괄 처리할 수 있는 원스톱시스템 구축이 중요

- 또한 처음 스마트농업을 접하는 농가의 투자대비 성과 불확실성을 감소시키기 위해 선진농장 견학과 테스트베드 실습으로 기술 습득과 동시에 성과 확신을 사전에 갖게 할 필요
- 스마트팜의 보급 확대를 위해서는 스마트팜을 실질적으로 실천 가능하게 하는 인력 육성, 민간투자 활성화, 테스트베드 설치 운영 등이 필요하며, 스마트팜의 수요자인 농가가 직접 사용할 수 있는 농업용 앱 개발 보급이 시급
- 기술개발 및 보급확대 인프라 구축 부문이다. 현재 스마트농업의 확산에 걸림돌이 될 수 있는 법, 제도의 정비가 요구되며 농가 정보를 보호할 수 있는 개인정보보호 방안이 절실
- 또한 스마트농업에서 가장 중요시 되고 있는 데이터 구축 확립과 지속적인 스마트농업 발전을 위한 R&D 중장기 로드맵도 사전에 준비되어야 함
- 4차 산업혁명 기술 관련 및 각 농업 주체들의 역할 정립 및 컨트롤타워 설치, 전·후방산업 연계를 위한 거버넌스 체계 구축도 절실히 필요



[그림 2-965] 스마트팜 확대전략 및 추진과제

- 스마트팜 기술수준 및 기술개발 방향에 대해, 국내스마트팜 기술수준, 스마트팜 기술 개발 현황 및 산업동향, 국내 4차 산업혁명 적용 가능 기술 및 개발중인 기술, 스마트팜 발전을 위한 전략 우선순위를 도출
- 4차 산업혁명시대 미래 스마트팜 기술은 생육 및 환경데이터 획득 기술, 인공지능(AI) 기반 데이터 가공기술, 인공지능 기반 데이터 활용 기술로 이를 바탕으로 농업의 현안문제 해결 지역 특성 맞춤형 스마트팜 적용모델로 시설설비분야, 유통/가공분야, 소비분야 도출
- 지역 특성 맞춤형 스마트팜 적용모델의 타지역 전파 및 수출방안으로 스마트팜 확산.보급 사업 현황과 과제, 중국 및 국내 스마트팜 확산.보급 정책, 지역 특성 맞춤형 스마트팜 적용모델의 타지역 전파 및 수출 방안에 대해 기술

3.5. 발주사업 참여기반 조성 및 기술 중장기 확대 전략 수립

(1) 개요

- 국내외 농식품 분야의 인적·물적 네트워크를 활용한 체계적인 협력 생태계를 조성을 위해 진출 대상국 관련기관과의 긴밀한 협력 관계 구축 및 활용을 통해 안정적이고 신뢰성 있는 인근 국가로의 수출 확대전략 수립
- 스마트팜 수출을 위해 대륙별/국가별 등 지역별 맞춤형 기술개발 및 지역별 거점 네트워크 구축을 통한

중.장기 협력 방안 전략 도출

(2) 접근방법

- 현재까지 중국 신장성 스마트팜 현지사업화 구축 및 운영을 바탕으로 중국 서부지역으로 확대를 위한 현지 관련기관과의 긴밀한 협력 네트워크 구축 및 활용을 통해 우즈베키스탄, 터키 등으로의 육상 무역 확대 및 인도, 말레이시아, 케냐 등 해상을 통한 무역 확대
- 이를 위해 농식품 관련 산업에 ICT, IoT, BT 등과 융합을 통한 대륙별/국가별 등 지역별 맞춤형 스마트팜 적정수준, 적정기술 개발
- K-Plant 수출을 위한 스마트팜 거점국가 구축(현지화)을 위한 농식품 분야별 전문가간 협력 네트워크 조사 및 향후 우리나라와의 협력 방안 구축

(3) 연구내용

- 현재까지 중국 신장성에서 스마트팜 운영을 바탕으로 현지 관련기관과의 협력 네트워크 구축 및 활용 방안 및 지역별 맞춤형 적정수준, 적정기술 개발 및 K-Plant 수출을 위한 거점국가 구축(현지화)을 위한 전략적 방안 도출

(가) 현지 관련기관과의 협력 네트워크 구축 및 활용, 인근 국가로 수출 전략 수립

- 스마트팜 인근 국가로 수출을 위한 인증서 획득
 - 중국 GAP 및 글로벌 GAP 인증서 획득



- 신장성 농업연구기관과 MOU 체결
 - 신장성 농업과학원 산하의 원예작물과학연구소와 스마트팜 사업에 관한 협력을 위하여 포괄적 MOU를 체결함.
 - 이닝 지역 기상자료 제공 및 농업 전문인력 소개
 - 상호 품종 교류/시험재배 통해 지방정부 차원의 농업지원 정책의 수혜 가능성을 타진

□ 스마트팜 인근 국가로 수출 확대 전략

○ 일대일로를 통한 인근지역 수출 확대

- 신장성은 중국/중앙아시아 국경 인근 위치하고, 중국 국가 Project인 일대일로 중심 입지
- 중국 서부 교통환경의 요충지로 아시아-유럽 연계 교통요충지로 중국 → CIS/유럽/러시아로 물류/유통 가능
- 新실크로드의 중심지인 호르고스 경제특구로 개발하여 중국-CIS간 경제교류 확대



[그림 2-966] 일대일로를 통한 중국 내륙 및 중앙아시아 인근지역 수출 확대

○ 중국 이닝 스마트팜과 국내 한가람 포닉스를 거점으로, 한국과 중국 전역에 사업거점을 확보하고 향후 타 국가 확장도 추진할 계획

- 과채류 유통사업의 전개 → 위탁운영 사업의 전개 → 국내외 온실플랜트 구축 및 관련 자재/솔루션의 공급
- 사업 초기 필수적인 현물출자 핵심자산 先확보
- 직원 기숙사, 사무동 일부, 저온 저장고 확보
- 식당, 연회장 등은 추후 고려
- 룡쿤社 기존 토지계약서 법적 보강 요구
- 공장국 승인 위한 보충자료 필요
- JV사 설립을 통한 인근 수출 확대을 위한 관련기관 적극적인 협의 지속
- 토지 분쟁 발생 時, Risk 최소화 조항 삽입 등



[그림 2-967] 스마트팜 사업의 영역 확대

○ K-Plant 사업 영역 확대

- 스마트팜 플랜트 구축, 위탁운영/교육, 스마트팜 ICT 자재설비 유통, 협력농가의 고급 과채류 유통사업 등 지역별 맞춤형 적정기술 보급 확대로 신규 사업화 추진



[그림 2-968] 연도별 K-Plant의 사업영역 확대 계획

□ 대륙별/국가별 등 지역별 맞춤형 적정수준/적정기술 개발

(나) 스마트팜 관련 전후방 산업 여건 변화

○ 스마트팜으로 인하여 유망한 산업

- 생산-정밀농업 분야로서 농업 재배과정에 필요한 의사결정을 지원하는 기술과 관련된 사업이

유망산업이라고 보고 있다. 예를 들면, 토양 기술, 관개 및 농업용수 기술, 생명유전공학 기술, 첨단온실 기술 등

- 생산-농업자동화 분야로서 드론 기술, 로봇 기술, 자동분사 시스템 등이 유망산업
- 생산-ICT 융복합 분야로서 스마트기술 장비, 센서, 사물인터넷(IoT) 등
- 소비-ICT 융복합 분야로서 식품 전자거래, 식품 배송, 식품 이력추적 등

○ 재배 단계 전(前) 관련 산업 (<아래 그림> 참고)

- 스마트팜은 작물을 재배하는 산업인데 작물 재배 이전에 품종 개발과 같은 종자 산업이 있으며, 품종 개발을 위해서는 육종기술, 유전공학, 생명공학 등의 바이오기술 산업이 필요
- 최근 농산물에서 유래한 천연물로 만든 건강식품, 약 등이 늘어나고 있는데 이에 따라 종자산업에 제약·화장품 기업이 진출하고 있는 추세
- 묘종 생산을 위한 파종, 삼목, 접목 등을 대량으로 수행하기 위해서는 관련 농기계 또는 농업용 로봇이 필요하고 해당 산업의 협력이 필요

○ 재배 단계 직접 관련 산업 (<아래 그림> 참고)

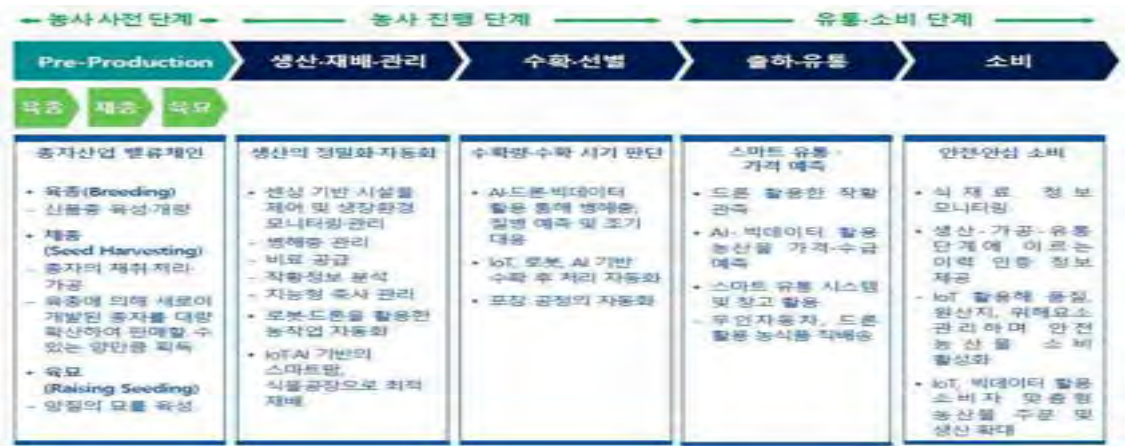
- 재배 단계에서는 병해충 관리 및 생육 촉진을 위한 농약 및 비료산업
- 열매를 맺게 하기 위한 수분 작업을 벌을 이용하게 되는데 이때 수분용 벌 양봉 산업이 필요
- 스마트팜의 작물 관리, 방제, 청소, 폐작물 철거 등에 필요한 농기계 산업도 필요

○ 재배 후(後) 단계 관련 산업 (<아래 그림> 참고)

- 스마트팜을 통해 생산된 대량의 농산물은 효과적으로 수집, 선별, 포장, 유통이 되어야 하고 이 때 유통 전문 기업이 관련
- 농산물을 한곳에 수집하기 위해서는 배송 산업이 필요
- 선별 위한 선별 기계를 설치하여 활용하게 되어 농산물 선별 기계 산업이 필요
- 포장의 경우 작물 종류에 따른 비닐포장, 끈묶음, 박스포장과 같은 기계 산업이 필요하고 여러 사람이 공용되어 수행되는 포장 공장 산업이 운영

○ 스마트팜 설비 및 기자재 산업 (<아래 그림> 참고)

- 스마트팜은 비닐온실과 같은 간이건축, 유리온실과 같은 건축을 바탕으로 한 건축산업 기반
- 환경제어를 위해서는 온실자동제어 산업, 난방기, 냉방기, CO2발생기, 양액기, 조명산업과 온도, 습도, CO2농도, 광도, EC, pH 측정을 위한 센서 산업이 관련
- 최근 스마트팜 기술은 생육계측, 로봇자동화, 인공지능(AI) 기술이 적용되기 시작하여 향후 스마트팜 관련 주요 산업은 4차 산업혁명 관련 산업



[그림 2-969] 스마트팜 관련 전후방 산업 모식도

□ 맞춤형 스마트팜 모델 개발(안)

- 농식품 관련 산업에 ICT, IoT, BT 등과 융합을 통한 대륙별/국가별 등 지역별 맞춤형 스마트팜 적정수준, 적정기술 개발(안) 도출
- 또한, 한국형 스마트 온실(1세대) 및 스마트팜 개발 단계별 세대 구분, 국내 적용 사례를 통한 시사점 도출을 통해 선진국, 후진국, 개발도상국 등에 적용 가능한 모델 방안 도출

[표 2-377] 맞춤형 스마트팜 모델 및 주요 중점 구성 품목(안)

모델명	주요 중점 구성 품목(안)
표준 기반 개방형 플랫폼 (IoT+클라우드)	○국내·국제 표준 기반 개방형 플랫폼(H/W, S/W) - 표준 기반 개방형 모듈(H/W, S/W) - 클라우드 기반 통합 제어 및 서비스 플랫폼(H/W, S/W) 구축
스마트 센싱 (IoT+빅데이터)	○재배환경 및 생체 정보, 병해충 등 실시간 측정기술 - IoT를 통한 작물 및 가축의 생육·생체 정보의 실시간 측정·진단 - 작물의 병해충, 가축의 건강·질병 등을 실시간 모니터링·예찰·진단
지능형 정보서비스 (AI+빅데이터+클라우드)	○생체정보 등 빅데이터 기반 지능형 생육관리지원 모델 - 작물의 생육 및 수확량 예측 모델, 가축의 성장 예측 모델 확대 - 생체정보+생육모델+빅데이터 활용 지능형 생육관리 의사결정지원 S/W
스마트 농작업 (IoT+AI+로봇, 드론)	○생산비 절감을 위한 농작업 자동화·로봇화 기술 - 환경·재배·사양관리 자동화, 농작업 이력 및 생산량 자동기록시스템 등 - IoT, 인공지능, 로봇·드론 활용 스마트 농작업 계획·관리 생력화 기술
스마트 시설원예	○2세대 한국형 스마트 온실 고도화 및 적용 확대 - 표준모델 : 토마토 → 7품목(과채류, 버섯, 식물공장) - 에너지·환경 통합관리, 지능형 생육관리 S/W 활용 최적 생산관리모델
스마트 축산	○2세대 스마트축사 모델 개발 및 고도화 - 표준모델: 3종(돼지, 산란계, 육계) → 3종(한우, 젖소, 오리) - 생체정보·사양관리정보 등 빅데이터 분석을 통한 환경·사양 최적관리모델
스마트 노지 정밀농업	○IoT·빅데이터 활용 노지 정밀농업의 스마트 시스템화 - 노지 채소 및 식량·약용작물의 스마트 정밀농업 모델 - 노지 과수 스마트 정밀농업 모델 고도화 및 적용 확대
플랜트 수출	○ 수출 대상국 맞춤형 스마트 팜 모델 설계 및 실증 - 3세대 스마트 팜 모델의 수출대상국 맞춤형 설계기술 개발 및 실증 - 국제표준 기반 한국형 스마트 팜 플랜트 및 기자재 성능·품질 향상 연구

[표 2-378] 1세대 한국형 스마트 온실 주요 구성

모델유형	주요기능	ICT 적용 내역
기본형	환기, 보온, 생육영상	<ul style="list-style-type: none"> ○계측 기능 <ul style="list-style-type: none"> - 대기환경: 온도, 습도, 풍향, 풍속, 강우 - 실내환경: 온도, 습도, CO2 ○제어 기능 <ul style="list-style-type: none"> - 천창 개폐, 측창 개폐, 보온재 개폐 ○원격 관제 <ul style="list-style-type: none"> - 원격 모니터링: 계측 데이터, 원격영상 - 원격 제어: 천측창, 보온재 개폐
선택(1)형	관수	<ul style="list-style-type: none"> ○계측 기능 추가: 토양센서(토양 수분, EC, 온도) ○제어 기능 추가: 관수(물, 관비, 양액) ○원격 관제 추가: 관수 시스템 모니터링 및 제어
선택(2)형	난방	<ul style="list-style-type: none"> ○계측 기능 추가: 난방기 가동상태 검출센서 ○제어 기능 추가: CO2 시용, 가온 ○원격 관제 추가: CO2, 난방기 가동 관측/제어
선택(3)형	안전	<ul style="list-style-type: none"> ○계측 기능 추가: 안전센서(정전, 화재) ○제어 기능 추가: 경보 및 통보 ○영상 저장기능 추가: 1TB

* 작목 및 시설유형에 따라 기본형+선택형 추진

○ 스마트팜 개발 단계별 세대 구분

- 1세대 모델은 원격감시, 원격제어 등을 통해 농민이 영상을 통해 직접 원격 수동제어로 농작업 편리성 향상



- 2세대 모델은 지상부 복합환경제어, 클라우드서비스 등을 통해 작물의 생육환경을 고려한 자동제어 시스템으로 생산성과 품질향상



- 3세대 모델은 복합에너지 관리, 스마트 농작업 등을 통해 최적 에너지 관리와 로봇 농작업 등 농산업 성장동력화 추진 및 국제 규격적용과 부품 표준화로 글로벌 시장 진출



□ 국내 스마트팜 적용사례 및 시사점 도출

○ 딸기 스마트팜

- 딸기는 최근 수경재배 면적의 확대로 수경재배기술과 온습도에 의한 복합환경제어를 도입
- 양액제어의 경우 급액정보는 양액제어부에서 모니터링 및 제어하고, 배액의 EC·pH를 측정할 수 있는 인버터 연결로 환경제어 프로그램에서 배액을 모니터링 하고, 재배자는 그 편차인 델타 EC값으로 기존보다 정밀한 양액급여가 가능

재배포인트	○수경재배 면적의 확대, 신규농업인의 작목선택 비중이 높아 스마트 팜 도입 전 안정적인 수경재배 기술이 우선되어야 함
일반현황	○주요작형: 딸기 수경재배, 축성재배(9월상 정식 ~ 5월하 수확) ○주요품종: '설향' ○시설유형: 1-2W형 5연동하우스, 면적 3,300㎡ - 폭7m×축고4m×등고7m×길이100m, 남북동
측정요소	○ 온실 외부 측정: 기상대 1식 - 기온, 일사량, 풍향, 풍속, 강우 - CCTV 2대 : 천창, 측창 작동확인 ○ 온실 내부 측정: 온습도, CO2 센서 2세트 설치 - 센서위치 : 5동 중 1동 앞, 3동 뒤 - CCTV 2대 : 작업장 1, 정중앙 1(회전 4포인트, 12배줌) - 수경재배: 배지 온습-EC 앞쪽1세트, 배양액 pH, EC 1세트 * 양액 급여 값만 데이터화 ○ 환경데이터: 로컬 PC, 업체서버 ○ 환경제어: 로컬 PC, 스마트폰 앱
제어요소	○ 환기: 천창 좌우, 측창 좌우, 앞뒤 창 3중* * 3중: 비닐 2, 다겹커튼 1, 각각 제어(12개 채널) * 제어방식: 센서 측정값, 시간, 온오프 제어 중 재배자가 선택가능 ○ 보온 및 차광: 보온커튼 2중, 알루미늄 커튼 1중 ○ 유동팬: 온오프 제어, 기존 풍속조절 기능 구현 안 됨 ○ 제습기와 난방기: 연결할 경우 온오프 제어만 가능하여 개별제어
주요제어 및 활용	○ (복합환경제어) 기본형+선택1·2·3형 ○ (주요제어) 천창개폐, 양액: 배지 및 배액정보 ○ 급배액 데이터 활용 정밀양액관리 ○ 원격제어 및 확인 등 온실관리의 80% 이상을 스마트폰 활용
우수성과	○ 수량 20%↑, 소득 31%↑
기술보급방향	○ 딸기 수경재배기술 향상을 위한 급액과 배액정보 자동수집 기능 필수 ○ 적산일사량에 따른 EC 조절, CO2 시비효과 등에 대한 정밀 연구 필요

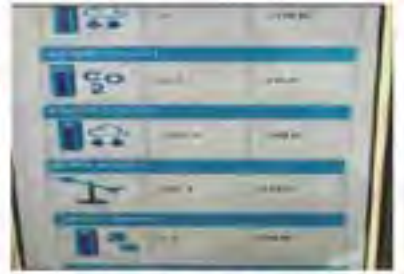
* (기본형) 환기, 보온, 생육영상 / (선택1형) 관수, (선택2형) 난방, (선택3형) 안전



<중앙 회전식 카메라>



<내부 환경측정>



<환경정보 모니터링>



<영상 확인>



<배액정보 측정센서>

- 기존 양액기와 환경제어시스템과 업체가 달라 호환되지 않음
- 급액정보는 양액기에 표시
- 배액정보를 측정할 수 있도록 자동측정장치 설치

○ 토마토 스마트팜

- 토마토의 경우 재배시설 및 작기 등이 다양하므로, 시설유형, 재배작형, 경영자 능력, 기술의 우선순위 등을 고려하여 단순제어 또는 복합환경 제어 도입 필요
- 단동 하우스의 경우 낮은 측고와 권취식 개폐, 연2작기, 수경재배 타이머 제어 등 정밀제어의 한계가 있기 때문에 편의성 향상 중심의 단순제어 도입을 추천
- 10개월 이상의 연중재배, 일사량 비례 수경재배, 측고가 높으며 천창 환기 중심제어, 난방제어 등 재배자의 기술수준이 높고, 시설이 고도화된 연동하우스의 경우 복합환경제어를 추천
- 기존의 온도에 의한 자동제어 또는 감각에 의한 수동제어의 경우 환기 시 급격한 온도편차가 발생하여 작물은 스트레스를 받게 되며, 과실의 결로현상 및 난방비 손실 등의 문제
- 복합환경제어 기술은 작물 중심의 온도, 습도, 일사량 등의 비례제어가 가능하기 때문에 온·습도 편차를 줄여 과실 결로현상과 웃자람을 낮추고, 적기의 영양생장 과 생식생장 조절을 통해 수량 및 품질, 소득증가가 가능

- 단동하우스 적용 사례

재배포인트	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측고가 낮은 단동하우스로 연2기작 → 연중재배가 목표 ○ 환경계측노력절감 및 정밀한 환경관리
일반현황	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주요작형: 완숙토마토 수경재배, 2기작(1~6월, 7~12월) ○ 주요품종: 핑크토마토 '팔공사팔' ○ 시설유형: 단동 아치형 8동, 5,000㎡ <ul style="list-style-type: none"> - 폭 6.0m×길이 90.0m×측고 1.5m×동고 3.0m×8동 / 남북동
측정요소	<ul style="list-style-type: none"> ○ 온실 외부 측정: 기상대 1식 <ul style="list-style-type: none"> - 기온, 일사량, 습도, 풍향, 풍속, 강우, CCTV 2대(외부, 작업장) ○ 온실 내부 측정: 온습도 4세트, CO2 센서 1개 <ul style="list-style-type: none"> - 2구역으로 나누어 2개동 1/3, 2/3 지점에 온습도 센서를 각 2개씩 설치 - CCTV 3대 - 수경재배: 급여 EC, pH 값 데이터 연결 ※ 배지함수량, 온도, 배액 EC, pH는 추가로 설치함 / 별도 프로그램 ○ 환경데이터: 로컬 PC ○ 환경제어: 로컬 PC, 팀뷰어 활용 스마트 폰 제어
제어요소	<ul style="list-style-type: none"> ○ 환기: 이중창 좌우, 측창 좌우 ○ 보온 및 차광: 보온커튼 ○ 유동팬, 배기팬 온오프 제어 ○ 분무, 난방기: 연결할 경우 온오프 제어만 가능하여 개별제어 ○ 양액기 : 기존에 일사비례제어로 운영, 환경제어시스템과의 프로토콜이 없어 양액기 제어부 교체(5백만원) 후 연결
주요제어 및 활용	<ul style="list-style-type: none"> ○ (복합환경제어) 기본형+선택1·3형 ○ (주요제어) 측창 개폐, 양액제어 ○ (2구역 제어) 단동을 4동씩 나누어 2구역으로 관리
우수성과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 환경제어시스템으로 100% 농장제어 활용, 환경계측 노력 50%이상 절감 ○ 온도편차를 줄여 과실 결로현상과 옷자람이 적음
기술보급방향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 재배시설 및 작기가 다양하므로 시설유형 및 기술 우선순위 고려 ○ (복합환경제어) 일사량 비례 수경재배, 시설고도화, 기술수준 높은 곳 ○ (단순제어) 단동 또는 낮은 측고, 연2기작, 수경재배 타이머제어 등



<단동하우스 배지함수량 측정>



<자가제작 온습도 측정기>



<복합환경제어 프로그램>

○ 국화 스마트팜

- 단일작물인 국화의 연중재배를 위해 차광과 전조처리가 상품성 향상에 중요하므로 토양수분센서에 의한 자동관수, 개화기 조절을 위한 조도처리를 확인할 수 있도록 내부에 광량을 측정하는 광량 센서를 설치
- 여러 개의 농장운영과 자택과 농장간의 거리가 멀어 원격관리에 의한 관리노력 절감에 만족하였으며, 추후 일사량과 연계한 환경관리에 대한 기술보급이 필요

재배포인트	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연 2기작 토양재배로, 차광과 전조처리가 상품성 향상에 중요 ○ 여러 개의 농장운영으로 원격관리에 의한 관리노력 절감
일반현황	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주요작형: 국화 토양재배, 2기작(12월상 정식 ~ 7월하 수확) ○ 주요품종: '수미', '백선' ○ 시설유형: 1-2W형 5연동, 면적 2,000㎡
측정요소	<ul style="list-style-type: none"> ○ 온실 외부 측정 : 기상대 1식 <ul style="list-style-type: none"> - 기온, 일사량, 풍향, 풍속, 강우, CCTV 2대 ○ 온실 내부 측정 : 온습도·CO2, 일사센서 1세트 <ul style="list-style-type: none"> - 중앙 지점에 설치 - CCTV 4대 - 토양: 수분, EC, 온도 ○ 환경데이터 : 업체서버 전송 ○ 환경제어: 스마트폰 앱
제어요소	<ul style="list-style-type: none"> ○ 환기: 측창 1·2중, 천창 좌우 ○ 관수: 토양수분센서에 의한 자동관수 ○ 차광커튼, 보온커튼, 환풍기, 유동팬
주요제어 및 활용	<ul style="list-style-type: none"> ○ (단순제어) 기본+선택1+내부 일사 계측 ○ (주요제어) 천측창개폐, 관수 ○ 오전 2~3회, 오후 2~3회 온도편차를 줄이기 위해 수동환기 → 원격 환기로 노력절감, 야간 일장처리를 카메라와 일사센서로 확인
우수성과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 환기, 전조처리 등 70% 이상 농장관리에 도움 ○ 외출 시 원격제어, 부부가 농장관리 앱 같이 사용
기술보급방향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국화 토양재배의 경우 환기 및 관수 단순제어와 야간 전조확인을 통한 농장관리의 효율성 향상, 안심영농으로 확산 ○ 연중재배를 위한 일사량 비례제어 차광기술보급이 필요함



<내부 환경측정>



<시설 외부 기상대>



<모니터링>



<환경제어시스템>



<복합환경제어시스템>

○ 일사 및 온도 비례제어 등의 복합 환경제어 기능을 잘 활용하지 못하였고, 토양재배 연기작 이상 제어로 환경데이터의 활용이 어려움
- 2년차 사업은 단순제어로 변경하여 추진

○ 감귤 스마트팜

- 감귤은 도내 4,300ha 시설면적 중 99%를 차지하며, 강우량이 많고 바람이 강한 서귀포 지역에 집중
- 농가당 0.2ha 정도의 시설을 2개소 이상 운영하며, 노지 감귤도 같이 재배하는 경우가 대부분
- 도입효과로 원격자동관수에 의한 농장 관리의 효율화에 만족도가 가장 높았으며, 도서 지역의 특성상 업체의 선정과 A/S부분이 어려웠음

재배포인트	<ul style="list-style-type: none"> ○ 여러 개의 농장운영으로 원격관리에 의한 관리노력 절감 ○ 개화기 온도제어와 토양수분 관리가 중요
일반현황	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주요작형: 감귤 토양재배, 연중재배 ○ 주요품종: 시설감귤(온주), 만감류(레드향, 한라봉) ○ 시설유형: 폭 5.5, 동고 4.5m, 길이 30m 정도의 짧은 연동하우스 20동 내외
측정요소	<ul style="list-style-type: none"> ○ 온실 외부 측정 : 기상대 1식 <ul style="list-style-type: none"> - 기온, 일사량, 습도, 풍향, 풍속, 강우, CCTV 1대 ○ 온실 내부 측정 : 온습도 센서 4세트 <ul style="list-style-type: none"> - CCTV 3대 - 토양 : 수분, EC, 온도 ○ 환경데이터 : 로컬 환경제어기(USB로 다운로드), 업체 서버 전송 ○ 환경제어: 스마트폰 앱
제어요소	<ul style="list-style-type: none"> ○ 환기: 천창, 측창 좌우 ○ 천창커튼, 관수, 난방
주요제어 및 활용	<ul style="list-style-type: none"> ○ (단순제어) 기본형+선택1형+선택3형 ○ (주요제어) 천창개폐, 관수 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 수동 관수 시 1회 30분 이상 → 원격자동관수로 노력절감 ※ 토양수분센서에 의한 자동제어는 아니며, 타이머 제어
우수성과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 개화기 적정온도관리로 균일한 착화, 품질향상 ○ 수량 2.7% ↑, 소득 16.9% ↑, 상품성 20% ↑
기술보급방향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 감귤의 경우 평균 2개소 이상의 하우스를 운영하기 때문에 시설+노지 연결형 스마트 팜 제안, 화산회토에 적합한 양수분 관리기술 보급 필요



<내부 환경측정>



<시설 외부 기상대>



<모니터링>



<환경제어시스템>



<제어반>

○ 제어반의 LCD창이 없어 하우스 온도확인 및 제어가 어려움
- LCD창, 터치스크린이 있어야 현장제어가 용이함

○ 시사점

- 민간형 스마트팜 혹은 공공형 스마트팜 도입과정에서 충분한 소통과정 필요
- 스마트팜 입지선정 시 과학적 검증과정 필요
- 입지선정 시 주변 자연환경 요소를 철저히 살피는 과학적 검증과정을 거쳐야 하는데 그러한 과정이 생략되면 추후 환경영향 평가과정 등에서 통과하기 쉽지 않고 결과적으로 자연생태를 훼손하는 일이 발생
- 대기업.대규모 산업 자본의 농업 생산영역 진출에 대한 불신, 기준 필요
- 대기업.대규모 산업 자본을 투자할 때 기존 농가에게 피해 없이 수출 영역으로만 사업을 하겠다고 했지만 실질적으로 수출하지 못하는 등 외품이 국내 시장으로 풀린 경험 등에 비춰서 현재 스마트팜 조성사업 기준에 신뢰를 주지 못하고 있음
- 대기업.대규모 자본이 농업영역에 진출 시 후방산업인 유통 영역, R&D 기술 영역은 가능하지만 전방산업인 생산 영역 진출은 불가함을 절대 조건으로 삼아야 하지만 현재로서 명확한 규정, 기준이 없는 것도 문제 소지
- 스마트팜 생산 품목에 대한 규모의 경제, 생산성 향상, 가격하락, 유통과 소비 시장 접근부재 등 소득안정성 문제 해결 관건
- 스마트팜은 생산량 및 생산성 증대 효과는 단지 내에서 생산된 농산물 판로와 가격 대책, 즉, 어떤 시장에 얼마의 가격으로 팔 것인가 등의 불안감으로 귀결되고 있으며 스마트 농업에 뛰어드는 농가와 기업이 증가 추세지만 판로처가 마땅히 없기 때문
- 불과 몇 년 전만 해도 호가를 누리던 시설 토마토와 파프리카 가격이 정체되거나 하락하는데 이유 중 하나가 스마트팜의 급격한 확산에 따른 생산량 증가로 기술적 측면만을 고려한 스마트팜의 확산은 농산물 공급 증가에 따른 시장가격 하락 등을 유발해 농가경영을 오히려 악화할 수 있다는 증거가 실현
* 예) 파프리카 및 토마토의 평당 수익은 3만원~4만원으로 추산 등
- 스마트팜은 생산성이 향상되어 단위면적 당 생산량이 증가해도 소비처가 확보되지 않으면 가격 폭락으로 이어지고 전국의 동일 품목을 생산하는 농민끼리 경쟁하는 악순환이 발생
- 그리고 농산물 특성 상 저장과 보관이 쉽지 않아서 신선도가 떨어지면 상품가치가 현저히 떨어짐 (예)

2019년 딸기 재배면적이 전년 대비 7.5% 증가하면서 도매가격은 7.4% 감소 등)

- 스마트팜은 일정정도 이상의 규모부터 수익이 발생하는 규모의 경제로 인건비, 난방비 등 시설유지비용도 그만큼 늘어나고 그것을 감당하기 위해서 규모를 늘려야 하며 생산성이 극대화된 스마트팜은 보급면적이 확대되면 될수록 그 이상으로 생산량이 증가
- 스마트팜과 같은 시설원예농업이 발전하려면 안정적인 소득을 올릴 수 있는 유망작물의 지속적인 발굴, 시장규모와 경제성 분석 등이 반드시 선행되어야 하며, 스마트팜 확산정책 취지가 좋아도 참여한 농가가 스마트팜을 통해 소득안정이 담보되지 않으면 지속가능성이 없음
- 스마트팜 보급사업은 재배시설의 최적 생육환경 조성을 통한 생산성 향상이라는 기술적인 측면뿐 아니라 시장 여건의 변화에 따른 경제적 영향, 작물별 농가 여건에 따른 도입 가능성 등을 종합적으로 반영한 지원시스템이 필요하며, 스마트팜의 최종적인 성과는 기술 향상을 통한 농가수익 안정화 및 수익창출이라고 명시하고 있기 때문
- 스마트팜 수출시장 전략 구사 필요
- 현재 계획하는 수출시장은 일본, 중국, 동남아 등으로 한정됐는데 국내 스마트팜을 통한 생산량은 증가 추세여서 중장기적으로 내수와 수출단가 하락이 불가피한 상황이고 수출시장 개척은 생각보다 쉽지가 않고, 수출시장 규모가 무한정 증가하지 않고 상대국도 내수경제 및 소비부진 문제를 겪는 상황을 고려해야 하기 때문
- 현재 파프리카 수출의 99.8%, 토마토 수출의 97.6%가 일본으로서 그만큼 의존도가 높고 한정되어 있어서 불안정
- 우리나라 농업 및 농가 현실에 맞는 데이터 확보 기술 시급
- 스마트팜으로는 정밀농업이 가능하다는 점을 들어 수치화된 데이터로 탄력적인 수급 조절을 해야만 성공할 수 있다는 전제조건을 달아야 하며, 현 단계에서는 안정적인 정밀기술 확보, 확산, 발전이 없는 상태에서 무리하게 될 수 있기 때문에 위험하다고 보는 시각이 팽배
- 데이터 축적, 구축, 관련 기술 확립 등 품목별 발전단계에 맞는 스마트화가 필요하기 때문에 현재 단계에 맞는 추진방식과 발전 단계를 고려한 로드맵을 구상
- 실시간으로 컴퓨터와 인공지능으로 제어하는 스마트팜 특성상 빅데이터는 중요한데 국내 농업인 대부분은 소규모로 농사를 짓는 소농이어서 우리나라 현실과 맞지 않음
- 중소농으로부터 데이터를 손쉽게 확보하여 전국 단위 수급을 조절하면서 가격을 안정적으로 유지할 수 있는 방안을 도출해내는 기술, 우리나라 농업 및 농가 현실을 대변하는 데이터 확보 기술이 더욱 시급
- 지금과 같이 한 번에 많은 예산을 들여 무리하게 단지를 구축하는 것은 ICT 발전단계를 고려하지 않는 것이어서 사업실패가 보이는 무리한 사업추진

(다) 스마트팜 거점국가 구축(현지화)을 위한 방안

□ 핵심 전략 국가 중심으로 K-Farm 진출

- 스마트팜 수출 유망 시장인 중앙 아시아-동남아시아-중동 등 핵심 전략 국가의 특성에 따른 수출전략을 마련하고, 아프리카 등 신규 진출 가능한 국가에 대한 조사도 추진
- 열악한 환경을 극복하기 위해 첨단 농업에 대한 정부 지원이 활발하고, 한국산에 대한 선호도가 높은 중앙아시아-동남아시아에 대해서는 테스트베드 설치 및 ODA 사업을 통해서 진출
- 카자흐스탄에는 테스트베드 사업을 통해 스마트팜 수출 계약이 체결되었으며, 필리핀에는 ODA 사업*으로 한국형 스마트팜이 조성된 사례가 있음

* 필리핀 Baguio시에 토마토 스마트팜을 구축하여 현지 연구 및 교육에 활용

- 유엔식량농업기구(FAO) ODA 사업*을 통해 베트남과 우즈베키스탄에 스마트팜, 소프트웨어 프로그램, 패키징 센터 등 지원을 추진
- FAO 스마트팜 ODA 사업 : 베트남·우즈베크에 스마트팜을 설치하고 컨설팅·교육 등 제공
- UAE·카타르 등 중동과는 스마트팜 관련 공동 연구 등 농업 협력*을 추진하고 있으며, 이를 수출 교두보로 활용할 예정이다.
 - * 스마트팜 관련 MOU 체결 : 카타르, UAE7
- 아프리카 지역은 아직 스마트팜 수출 실적은 저조하지만 향후 확대 가능성이 높으므로, 현지 시장 조사 및 제도 연구 등 초기 진출을 위한 인프라 확보에 집중

○ 해외에 한국형 스마트팜 데모온실 조성 : 수출 거점으로 활용

- 한국형 스마트팜(K-Farm) 플랜트 수출을 종합적·체계적으로 지원사업으로 수출 촉진
- 그 간 분야별 진출 방식을 탈피하여 수출 거점을 조성하고, 스마트팜 시공·시설자재·기자재 등의 컨소시엄* 형태의 플랜트 수출 지원 추진
 - * 컨소시엄 구성 기업 중 주사업자(Mother社)를 선정하여 체계적으로 사업 운영
- 수출 유망국가*를 선정하여 현지에 한국형 스마트팜 데모온실을 설치하고, 온실 운영 및 교육을 위한 전문가 동시 파견
 - * 시장조사, 사절단 파견, 스마트팜 기업과의 간담회 등을 통해 전략적 거점국가 선정
- 실용화재단(부지확보 및 데모온실 운영), 농정원(교육·데이터 관리), 무역공사(시장조사·사절단·수출상담회) 등 기관별 역할 분담을 통한 체계적 사업 지원

○ 사절단 파견·수출상담회·시연회 등을 통한 수출 범업

- (시장조사) 수출 진입장벽(인·허가, 통관 등) 해소 및 수출 전략마련(스마트팜 모델, 유망품목 등)을 위한 해외시장조사 추진
- 전략국가 대상 예비 시장조사를 실시하여 이를 바탕으로 수출전략 마련, 발표 및 보고서 발간
- 스마트팜 플랜트 수출을 위한 기초 통계(HS 코드 등), 현지정보(진입장벽, 시장구조, 바이어 정보 등), 현지 농업 보조금 지원제도 등 조사·제공
- (사절단) 주요 국가에 무역사절단 파견으로 현지 바이어 수출 상담
- 국내 해외진출 관심 기업 및 사업 파트너 등으로 구성된 사절단을 수출 유망 시장에 파견
- 현지에 적합한 한국형 스마트팜 모델 발굴, 홍보 및 네트워크 형성을 통한 기업 해외 진출
- (박람회) 국내수출상담회, 박람회, 시연회 등을 통해 해외 바이어·발주처와 국내 기업을 연계하고, 스마트팜 인지도 제고 및 수출 확대
- 국내 농기계 박람회 등 개최 시 스마트팜 분야 전시를 대폭 확대하고, 국제 박람회 참가를 통해 홍보·마케팅 적극 추진으로 전략적 거점국가 확보

□ 대륙별/국가별 현지(사업화) 거점국가 방안

○ 중앙·동남 아시아 : 현지 교육 및 ODA를 통한 진출

- 한국 온실에 관심이 높은 국가를 중심으로 데모 온실을 설치하고, 병행하여 ODA 사업을 활용한 추가적인 확산 추진
- (데모 온실) 한국 스마트팜 데모 온실 설치와 전문 인력 파견으로 현지 인력 교육, 사후 관리 추진
- (ODA) 스마트팜을 주제로 ODA 사업 집중 추진

- FAO ODA 사업을 통해 베트남과 우즈베키스탄에 스마트팜, S/W 교육프로그램, 패키징 센터 지원 사업 추진
- 중동(UAE.카타르 등) : 공동연구 등 협력을 통한 수출 확대
 - 극한의 기후를 극복하기 위한 양국 간 공동연구 등 농업협력을 추진하고, 이를 통한 수출 교두보 확보
 - (UAE) 한·UAE 농업협력위 개최 및 공동 연구를 통해 열대 사막기후지역 관련 기술개발로 중동지역 수출 활성화
 - 그간 연구기관 간 MOU 체결 및 제2차 한·UAE 농업협력위 개최 등을 통해 스마트팜 분야 협력 논의
- 아프리카 : 초기 진출을 위한 시장조사 및 인프라 구축 추진
 - 스마트팜의 직접 수출은 아직 시작 단계로, 현지 시장 조사 및 제도 연구 등 초기 진출을 위한 인프라 구축에 주력
 - 아프리카 국가별 시장·산업 현황 정보, 수출입 관련 정책, 인허가 제도 등을 분석하여 보고서 발간, 수출 기초 자료 마련
- 스마트팜 수출 전략 회의를 설치하여 주기적인 추진상황 점검
 - 민·관 파트너십 중심의 ‘스마트팜 수출 전략 회의’를 구성하여 수출 활성화 전략을 논의하고, 수출 상황 점검 및 애로사항 청취
 - 농식품부 중심으로 수출 업체, 농식품 유관기관, 외교부·관세청 등 외부기관(필요시)을 포함한 협의체 구성
- 수출 기업에 대한 밀착형 애로 해소
 - 스마트팜 수출지원센터를 설치하여 수출관련 컨설팅, 애로사항청취 및 상시적 애로 창구 마련
 - 현지정보·수출전략정보 요청에 대한 맞춤형 컨설팅으로 수출 초기기업의 진출 전략 수립 등 지원
 - 기업이 수출을 희망하는 국가의 통관, 대금회수 등 애로사항 발생시 현지 공관, KOTRA와 협업하여 신속한 문제 해소

제9절. 식물공장 글로벌 수출전략 수립 및 국가별 가공유통 프로세스 구축

3-2 세부

(플랜티팜) 식물공장 글로벌 수출전략 수립 및 국가별 가공유통 프로세스 구축

1. 최종목표

구분 (연도)	세부과제명	구분	내용
1, 2차 년도 (미래원)	식물공장 글로벌 수출전략 수립 및 국가별 가공유통 프로세스 구축	최종목표	보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립 및 식물공장, 가공공장 시설 수출
		세부목표	<ul style="list-style-type: none"> - 식물공장 글로벌 수출전략 수립 검토, 수출형 식물공장 및 가공공장 모델 사례 검토 - 가공유통프로세스 및 식물공장 수출전략 수립 - 수출 대상국의 스마트팜 설치 계획 수립 - 식물공장, 가공공장 시설 수출 및 설치 운영, 보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립 - 식물공장 운영기술 매뉴얼화(재배 및 운영), 가공공장 규모 결정 사례 및 타당성 검토
3차 년도 (팜에이트)	식물공장 글로벌 수출전략 수립 및 국가별 가공유통	최종목표	보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립 및 식물공장, 가공공장 시설 수출
		세부목표	<ul style="list-style-type: none"> - 식물공장 글로벌 수출전략 수립 검토, 수출형 식물공장 및 가공공장 모델 사례 검토 - 가공유통프로세스 및 식물공장 수출전략 수립 - 수출 대상국의 스마트팜 설치 계획 수립 - 식물공장, 가공공장 시설 수출 및 설치 운영, 보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립 - 식물공장 운영기술 매뉴얼화(재배 및 운영), 가공공장 규모 결정 사례 및 타당성 검토
4차 년도 (팜에이트)	보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립 및 식물공장, 가공공장 수출	최종목표	보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립 및 식물공장, 가공공장 시설 수출
		세부목표	<ul style="list-style-type: none"> - 식물공장 글로벌 수출전략 수립 검토, 수출형 식물공장 및 가공공장 모델 사례 검토 - 가공유통프로세스 및 식물공장 수출전략 수립 - 수출 대상국의 스마트팜 설치 계획 수립 - 식물공장, 가공공장 시설 수출 및 설치 운영, 보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립 - 식물공장 운영기술 매뉴얼화(재배 및 운영), 가공공장 규모 결정 사례 및 타당성 검토
5차 년도	보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립 및 식물공장, 가공공장 수출	최종목표	○식물공장 운영기술 매뉴얼 화(재배 및 운영), 가공공장 규모 결정 사례 및 타당성 검토
		세부목표	<ul style="list-style-type: none"> ○식물공장 운영기술 매뉴얼화(재배 및 운영), 가공공장 규모 결정 사례 및 타당성 검토 - 식물공장 운영기술 매뉴얼(재배 및 운영) 작성 - 가공공장 규모 결정 사례 타당성 검토안 작성 - 식물공장 기본 구성 요소, 식물공장 제어 및 관리 요소 결정

2. 목표 및 결과

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
1차 년도	식물공장 글로벌 수출전략 수립 및 국가별 가공유통 프로세스 구축	식물공장 글로벌 수출전략 수립 검토, 수출형 식물공장 및 가공공장 모델 사례 검토	○식물공장 글로벌 수출전략 수립	○식물공장 글로벌 수출전략 수립
			○수출형 식물공장 및 가공공장 모델 사례 설계 검토 (밀폐형 식물공장, 컨테이너형 식물공장)	○수출형 식물공장 및 가공공장 모델 사례 설계 검토 (밀폐형 식물공장, 컨테이너형 식물공장)
			○생장환경 측정/제어 요구사항	○생장환경 측정/제어 요구사항

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
			분석에 의한 수출 최적형 시스템 설계 검토	분석에 의한 수출 최적형 시스템 설계 검토
2차 년도	식물공장 글로벌 수출전략 수립 및 국가별 가공유통 프로세스 구축	가공유통프로세스 및 식물공장 수출전략 수립	○규모별, 층고별 설치 모델 레이아웃 설계	○규모별, 층고별 설치 모델 레이아웃 설계
			○대상 재배작물 생육연구, 수익성 검토 협의용 표준양식 작성(성채 재배, 모종재배, 베이비 채소 재배)	○대상 재배작물 생육연구, 수익성 검토 협의용 표준양식 작성(성채 재배, 모종재배, 베이비 채소 재배)
			○규모별, 층고별 최적의 설치 레이아웃 설계	○규모별, 층고별 최적의 설치 레이아웃 설계
			○이동식 재배장치 제어기술 개발	○이동식 재배장치 제어기술 개발
3차 년도 (2019)	식물공장 글로벌 수출전략 수립 및 국가별 가공유통	대상국가 재배작물 선정 및 생육 연구	○해외 시설 수출 추진 및 추진 계획 수립	○샐러드채소 13종 및 어린잎채소 3종 재배 기술 확보
		가공 유통 프로세스 검토 지원, 식물공장 설계	○300m2 보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립	○싱가폴 샐러드 가공라인 설계
		고품질 재배 기술력, 고부가가치 작물 재배 기술력 확보	○식물공장에서 생산된 채소를 활용한 샐러드 제품 개발	○허브류 12종 재배 기술 확보 이고들빼기 재배 기술 확보
4차 년도 (2020)	보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립 및 식물공장, 가공공장 수출	식물공장, 가공공장 시설 수출 및 설치 운영	○해외 시설 수출 추진 및 추진 계획 수립	○싱가폴 대상 기업과 사업계약서 체결 ○몽골 대상 기업과 사업계약서 체결 및 식물공장 구축 ○쿠웨이트 P社와 사업수행 협력 협정서 체결 ○기타 : UAE, 타지키스탄, 베트남, 인도네시아, 미얀마와 식물공장 구축 논의
		보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립	○300m2형(100평) 보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립	○100평형 표준 식물공장 배치도 수립
		재배 작물의 샐러드 상품 적용	○식물공장에서 생산된 채소를 활용한 샐러드 제품 개발	○식물공장 제품용 샐러드 개발 완료 및 시판 진행 ○수출모형 검증을 위한 테스트베드 운영
5차 년도 (2020)	식물공장 운영기술 매뉴얼화(재배 및 운영), 가공공장 규모 결정 사례 및 타당성 검토	식물공장 운영기술 매뉴얼(재배 및 운영)작성	○실제 재배와 운영을 위한 식물공장 운영기술 매뉴얼 작성	○밀폐형 식물공장 재배 및 운영 매뉴얼 작성 완료 ○식물공장 재배공정 작업지시서 작성 완료
		가공공장 규모 결정 사례 타당성 검토안 작성	○가공공장 규모 결정사례 검토, 타당성 검토 및 작성	○가공공장 규모 결정을 위한 국내 사례 조사 완료 ○가공공장 구축을 위한 타당성 검토안 작성
		식물공장 기본 구성 요소, 식물공장 제어 및 관리 요소 결정	○식물공장의 기본 구성 요소 결정, 식물공장 제어 및 관리 요소 결정	○실제 식물공장 운영 시, 필수적으로 요구되는 기본 구성 요소, 제어 및 관리 요소 결정 완료

3. 세부 연구결과

3.1. 식물공장 글로벌 수출전략 수립 검토, 수출형 식물공장 및 가공공장 모델 사례 검토

3.1.1. 식물공장 글로벌 수출전략 수립

(1) 개요

- 수출 대상 국가별 시장 현황, 사업 환경 분석을 통한 최적의 설비 시스템 구축 및 IoT(Internet of Things, 사물인터넷) 기반의 재배시스템 구축에 대한 식물공장 및 가공공장 사업 추진 검토안 수립

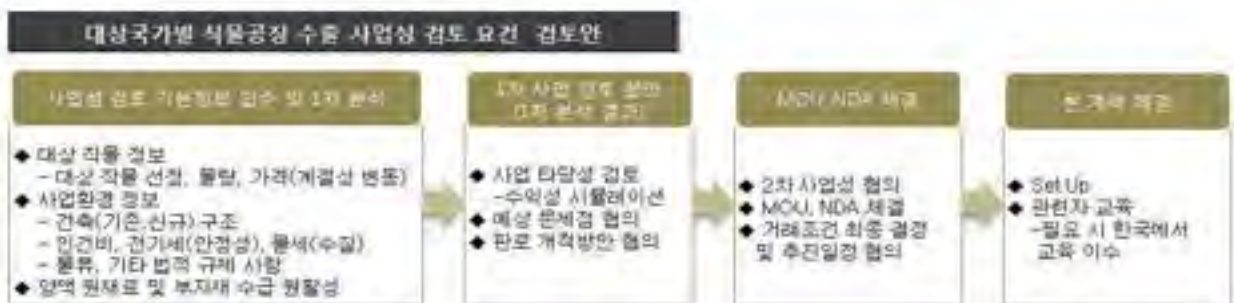
(2) 접근방법

- 사전 사업화 검토방안 수립 및 검토에 의한 기존 문제점 기회손실 방지를 통한 조기 사업 안정화 실현
- 현지 관리 및 재배 운영자의 교육, 연수, 재배 및 운영 매뉴얼에 의한 재배능력 조기 습득을 통한 조기 생산 안정화
- 지속적인 온/오프라인 소통에 의한 즉시 조치를 통한 재배 및 상품 문제점 발생 조기 차단

(3) 연구내용

- 목적 : 수출 대상국의 사업화 목적, 수익 구조 등의 사전 타당성 검토 및 추진 계약 단계 검토
- 현지 사업환경 정보 입수를 통한 사전 사업 타당성 검토안 수립

(4) 연구결과



사업성 검토자료 정립 (초기투자 감가상각비, 제조원가, 조건별 수익성 검토 등 사업성 분석자료)

1) 제조 원가

- I. 직접재료비
 - 1. 종자 투입금액
 - 2. 부재료 투입금액
- II. 직접노무비
 - 1. 직접급여
 - 2. 간접급여
- III. 제조간접비
 - 1. 복리후생비
 - 2. 수모물비
 - 3. 수도비
 - 4. 전력비
 - 5. 광선기구계량비
 - 6. 물류비
 - 7. 감비
 - 8. 임대관리비
 - 9. 감가상각비
- IV. 당기총제조원가

2) 수익성 검토 결과

생산구분	단위	일 생산량	일 생산량 (20일 기준)	단가	금액	이익률
성품	포기					
불려드거품	kg					

* 기준 제조원가:

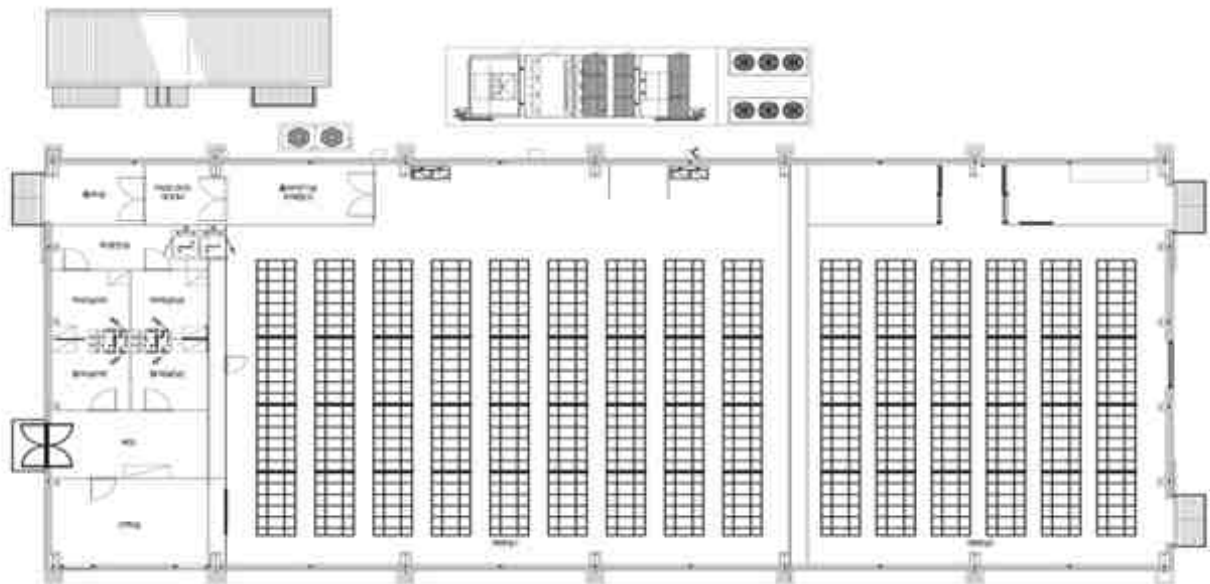
[그림 2-970] 대상국가별 식물공장 수출 사업성 검토 요건 검토안

3.1.2. 수출형 식물공장 및 가공공장 모델 사례 설계 검토

가. 밀폐형 : 대형 식물공장



[그림 2-971] 미래원(주) 생산형 식물공장 - H/W 및 S/W 통합기술



[그림 2-972] 미래원(주) 생산형 식물공장 규모

(1) 개요

- 안정적인 공급, 높은 중량 확보가 가능한 하드웨어와 소프트웨어가 통합된 대형 식물공장 시스템 구축
- 현재 가동 식물공장 : 육묘, 이식 및 정식에 적합한 랙 배치
 - 건축면적 : 849.4m²(257평) / 재배대 총 면적 : 1,411.2m²(426.9평), 다단식 재배베드 설치(6-7단)
- 오염물질 유입방지를 위한 출입문 및 에어샤워기 설치
 - 방진복을 입고 에어샤워기를 거친 후 클린룸 입실 가능
 - 손이나 신발의 소독용 설비 및 관리작업 도구 등의 살균 소독 설비 구비

- 공조 시스템 설치
- 토탈 솔루션 공급 및 사업성 평가
 - 건축 - 시설 - 재배 - 판매에 이르는 토탈 솔루션 공급
 - 제공된 면적에 대한 레이아웃 설계 및 작물 생산량(CAPA) 산출
 - 일정 요구 조건에 의한 채산성 분석 가능
- 2재배실 한국형 식물공장 시스템 구축 : 2018년 하반기 셋업 및 운영 평가 완료 예정
- 식물공장과 연계한 가공공장 구축



[그림 2-973] 식물공장과 연계한 가공공장 구축

(2) 접근방법

- 하드웨어와 소프트웨어가 통합되어있는 통합 솔루션 구축
 - 재배 노하우를 통한 높은 중량 확보(샐러드용 엽채류 포기당 수확 중량 150g 이상)
 - 높은 회전율(파종에서 수확까지 37일)
- 식물공장 설계 노하우 축적
 - 다양한 식물공장 설계/기술 이전 진행에 따라 공장 설계 및 재배기술, 작물 생육
- DATA 축적 가능
 - 축적된 DATA를 바탕으로 공장운영 효율성 및 생산 작물 품질 향상 기대

(3) 연구내용

- IoT 통합제어 시스템, 운영 노하우, 오염 방지 대책, 재배기술을 고려한 식물공장 레이아웃 설계
- 토탈 솔루션 구성, 대상 전문인력 실무교육
- 식물공장 사업성 평가 및 가공공장 연계 구축 협의

(4) 연구결과

- 현장 조건별 레이아웃 설계 사례 검토
- 식물공장과 연계한 가공공장 구축 레이아웃 검토

나. 밀폐형 : 중소형 식물공장

강남 인테리어 매장	홍대 카페(나무네요)	미래원 사무소	성수동카페(대림창고)
			
현대백화점(천호점)	현대백화점(킨텍스점)	롯데수퍼(잠실점)	롯데타워(예정)
			

[그림 2-974] 중소형 식물공장 설치 사진

(1) 개요

- 도시형 식물공장 시범사업 구축 및 보급
- 카페나 레스토랑 등 마케팅 홍보 등에 이용 되는 중·소규모의 도시형 식물공장 보급

(2) 접근방법

- 식물공장 홍보 효과 극대화
 - 제품 최종 수요층인 일반 대중들에게 노출되는 기회가 늘어남에 따라 식물공장에 대한 부정적인 식 개선
 - 프리미엄급 작물 및 상품 개발에 의한 수요 창출 및 판매 기회 증대

(3) 연구내용

- 식물공장의 생육 환경이 자동화 된 중·소규모의 도시형 식물공장 설치
- 인테리어, 업소 마케팅 및 홍보용으로 활용 가능

(4) 연구결과

- 백화점 및 대형마트에 식물공장 컨셉의 수경재배기 설치/운영 및 모종 공급(롯데수퍼(잠실), 현대백화점(천호, 킨텍스))

다. 밀폐형 : 한국 생산형 식물공장



[그림 2-975] 일본(좌, DFT) 및 한국(우, NFT)의 식물공장

(1) 개요

- 기존의 일본 DFT 시스템을 탈피한 차별화된 한국만의 스타일 개발
- 일본 기술과는 차별화된 구조적인 온도 및 기류 흐름 개선, 원수 사용량 절감 및 재배 패널의 유해 물질 발생 방지에 효과적인 한국만의 방식의 NFT 시스템 개발

(2) 접근방법

- 구조적인 온도 및 기류 흐름 개선에 의한 작물 생육 환경 최적화
- 원수 사용량 절감
- 수조 클리닝 로봇 청소기 설비 도입에 의한 노동력 감소
- 구조물 개선에 의한 식물공장 과습 현상 개선, 작물 품질 향상
- 재배 패널의 유해물질 발생 방지
- 녹조 발생 원천 차단에 의한 작물 수확 수율 향상
- 작업공정 효율화에 의한 운영인력 감축

(3) 연구내용

- 2년 정도 한국 스타일로 개발한 시스템 방식
- 구조적인 온도, 기류 흐름을 개선해서 설계
- 물량 70% 감소
- 반영구적인 플라스틱 사용구조적인 온도, 기류 흐름을 개선해서 설계

(4) 연구결과

- 시험 연구재배는 끝났으며, 올해 농정원 실증사업으로 실시 예정

라. 컨테이너형 식물공장



[그림 2-976] 컨테이너형 어린잎채소 식물공장



[그림 2-977] 파종부터 수확까지 전 과정 자동화

(1) 개요

- 파종부터 수확까지 로봇재배시스템에 의해 시설 내의 작물 성장에 따른 관리 자동화
- 생산성향상과 운영비용을 최소화할 수 있는 최첨단 어린잎 식물공장 자동화 시스템

(2) 접근방법

- 작물별 재배 프로그램에 의해 재배 운영
- 자동화로 인한 운영비용 최소화
- 작물 재배 및 관리의 편이성 증대
- 자동화 로봇 연구기반의 작물 생육 상태의 모니터링 및 분석 가능

(3) 연구내용

- 베이비채소 품목 별 1일 15kg 생산(2kg/트레이)을 위한 최적 조건 구명
 - 품목 : 3가지(롤라로사, 로메인, 아마란스)
 - 반복실험 횟수 : 3회
 - 광원 : 5종류
 - 조사내용 : 트레이 당 중량, 엽록소함량, 엽장, 엽폭, 색상, 식감, 틱번 발생여부 등
- 베이비채소 재배 시 녹조발생을 막기 위한 환경조건 및 대책 구명
 - 내용 : 수압, 관수량 및 관수시간 조절, 모종판 및 칸막이 작업 진행 등

(4) 연구결과

- 품종 별 최적 광 및 양액 조건 구명
- 녹조발생 방지를 위한 환경조건 구명 연구 진행 중

3.1.3. 생장환경 측정/제어 요구사항 분석에 의한 수출 최적형 시스템 설계 검토

가. 광원에 따른 재배 연구



[그림 2-978] 광원에 따른 재배 연구



[그림 2-979] 수확 후 품종 A의 광원별 정면 사진



[그림 2-980] 수확 후 품종 B의 광원별 정면 사진



[그림 2-981] 수확 후 품종 C의 광원별 정면 사진



[그림 2-982] 수확 후 품종 D의 광원별 정면 사진

(1) 개요

- 광원별 재배 실험을 통한 광원에 대한 재배 효율, 에너지 비용 및 초기 투자비용 등에 대한 사업화 정성적 연구

-

(2) 접근방법

- 기존에 수행되지 않은 광원별 재배 연구 수행 가능
- 광원에 따른 작물 별 적정 광원 선별 및 작물 생육 환경 특성 규명

(3) 연구내용

- 실험방법 : 파종 38일 후 광원별 작물 생육 비교
 - 재배장소 : 미래원(주) 식물공장 2곳 (fresh farm III, 새싹동)
 - 재배작물 : 4품종
 - 재배조건

구 분	Farm III	새싹동
온도(°C)	22±3	22±2
습도(%)	70±2	55±5
EC/pH	2.3-2.6/6.6-6.8	2.0-2.2/6.4-6.8
등온도(°C)/수온(°C)	23-24 / 22-22.5	21-23 / 21-21.5

- 재배일수 : 38일
- 광원 : 4가지
- 광 실험 반복실험 : 3회 반복
- 생육 조사항목 : 엽장, 엽폭, 엽수, 중량(포기 당 무게), 틱번, 입강도, 크기, 색감, 식감, 사진

(4) 연구결과

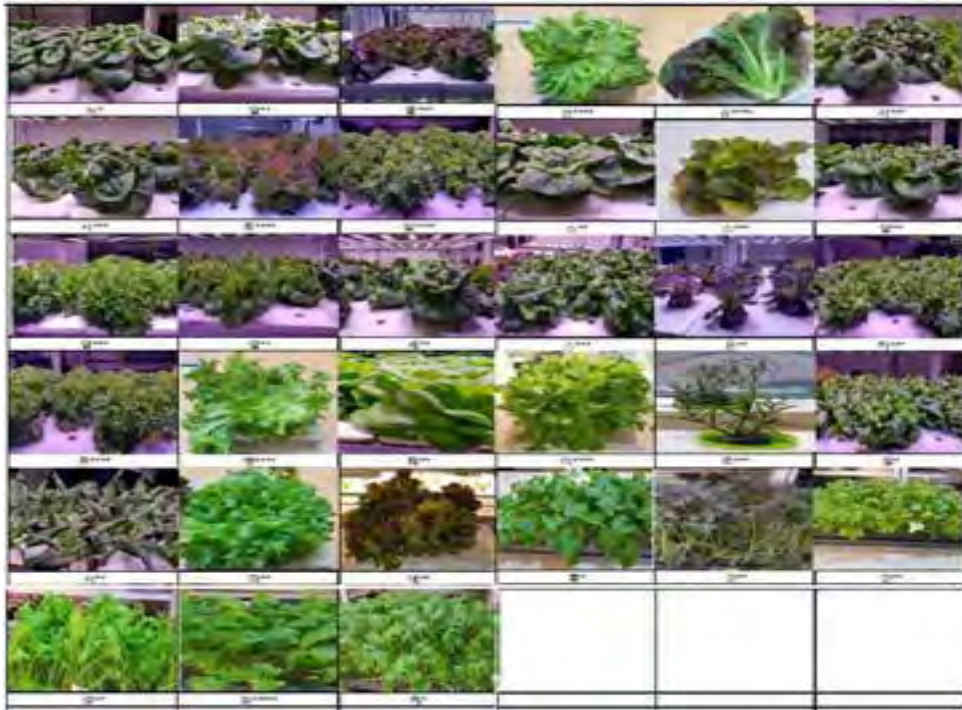
[표 2-379] 품종A 1,2차 생육조사 결과

	중량(g)						상대평가													
	max		min		mean±SE		엽장		엽폭		엽수		틱번		입강도		크기		색상	
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차
(A)	110	100	90	50	95.8 ±1.9	86.0 ±9.3	14	14	17	16	10	9	없음	없음	부드 러움	부드 러움	작음	매우 큼	매우 진함	매우 진함
(B)	110	110	90	90	95.8 ±1.9	98.0 ±3.7	17	17	15	15	26	8	약간 있음	없음	매우 부드 러움	매우 부드 러움	매우 작음	보통	연함	연함
(C)	150	110	90	70	115.0 ±5.6	90.0 ±7.1	19	16	15	18	18	8	없음	없음	매우 부드 러움	매우 부드 러움	큼	큼	가장 연함	연함
(D)	150	40	100	20	125. 5±5.7	30.0 ±3.2	15	9	16	11	23	8	없음	약간 있음	매우 부드 러움	부드 러움	매우 큼	작음	진함	매우 진함

[표 2-380] 품종B 1,2차 생육조사 결과

	중량(g)						상대평가													
	max		min		mean±SE		엽장		엽폭		엽수		립변		일강도		크기		색상	
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차
(A)	110	100	90	50	95.8 ±1.9	86.0 ±9.3	14	14	17	16	10	9	없음	없음	부드 러움	부드 러움	작음	매우 큼	매우 진함	진함
(B)	110	110	90	90	95.8 ±1.9	98.0 ±3.7	17	17	15	15	26	8	약간 있음	없음	매우 부드 러움	매우 부드 러움	매우 작음	보통	연함	연함
(C)	150	110	90	70	115.0 ±5.6	90.0 ±7.1	19	16	15	18	18	8	없음	없음	매우 부드 러움	매우 부드 러움	큼	큼	가장 연함	연함
(D)	150	40	100	20	125.5 ±5.7	30.0 ±3.2	15	9	16	11	23	8	없음	약간 있음	매우 부드 러움	부드 러움	매우 큼	작음	진함	매우 진함

나. 고부가가치 신품종 재배연구 실험



[그림 2-983] 재배 중인 고부가가치 신품종

(1) 개요

- 신품종 재배 실험을 통해 높은 회전율을 가진 양산 가능한 고부가가치 작물을 선발 및 육성하기 위함

(2) 접근방법

- 고부가가치 작물 선정 및 재배기술 확립
 - 고품질, 청정 농산물(무농약)의 안정적 공급 및 경제성이 확보된 작물생산
 - 식물공장 재배에 적합한 회전율이 높은 작물 선발 및 품종 육성
- 파종 및 육묘 최적화 재배기술 확립
 - 다수의 엽채류 생산, 이식 후 33-37일 후 수확

(3) 연구내용

- 실험방법 : 파종 후 37-38일차에 수확
- 재배장소 : 미래원(주) 식물공장 (새싹동)
- 재배작물 : 21품종
- 재배조건

항 목	새싹동
온도(°C)	22±2
습도(%)	55±5
EC/pH	2.0-2.2/6.4-6.8
등온도(°C)/수온(°C)	21-23 / 21-21.5

- 재배일수 : 38일

(4) 연구결과

- 현재 반복 재배 실험 중이며, 추후 양산이 가능한 품종 선별 예정

3.2. 가공 유통 프로세스 및 식물공장 수출전략 수립

3.2.1. 규모별, 층고별 설치 모델 레이아웃 설계

- 신규 수직형농장 구축

(1) 개요

- 수출을 위한 내부 역량을 키우기 위해 새로운 식물공장 구축
- 새로운 재배 설비를 통해 초기 투자비용을 획기적으로 절감
- 신형 LED를 통한 작물 수확중량 증대가 가능

(2) 접근방법

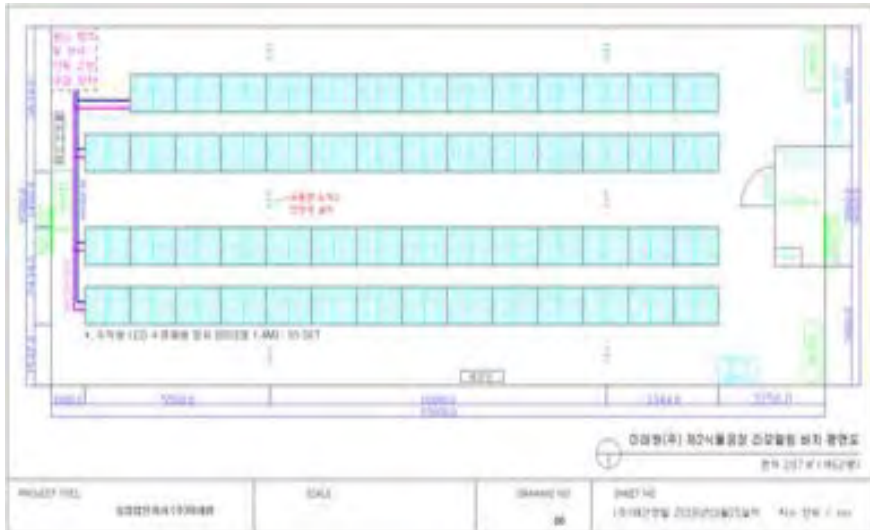
- 초기투자비용 최소화
- LED 개선을 통한 작물 성장 증대
- 작물의 균일한 수확 가능

(3) 연구내용

- 보급형 식물공장의 투자비용 절감을 위한 연구
- 재배 작물 선정 및 재배 시스템 개선

(4) 연구결과

- 포기당 수확량 증대(최대 120g)
- 투자비를 획기적으로 줄임
- 건축비 제외 평당 650만원 내외(기존 1000만원 이상)



[그림 2-984] 미래원 레이아웃도(FARM1)

식물공장 경제성 분석 실증자료

(단위 원)

	금액	%	비고
I. 총매출액	10,524,672		
II. 직접비용비	1,331,700	12.7%	
1. 종자 도입금액	891,000		
2. 부재료 도입금액	440,700		
III. 간접비용비	4,031,297	38.3%	
1. 급여	4,031,297		
IV. 투자건설비	4,201,960	40.0%	
1. 배리 후생비	138,600		
2. 전역비	1,677,616		
3. 수도비	115,500		
4. 수선비	100,000		LED 조명 교체 비용 포함(투자건설비중요)
5. 강가설치비	2,255,244		
V. 영업이익	874,715	8.3%	

[그림 2-985] 미래원 65평 기준 수익성 검토자료(FARM1)



[그림 2-986] 미래원 65평 식물공장 재배사진 (FARM1)

3.2.2. 대상 재배작물 생육연구, 수익성 검토 협의용 표준양식 작성

□ 어린잎채소 및 엽채류의 광원 별 생육 연구 및 재배 매뉴얼 개발

(1) 개요

- 베이비리프 전용 식물공장 로봇 자동화 생산시스템을 이용하여 파종에서 수확까지의 재배 운영비용 최소화
- 파종 기술 및 시스템 자동화 기술의 특허를 가짐
- 고부가가치 신품종 재배 연구 지속 실험 진행을 통한 작물 별 최적 재배기술 수립
- 완전밀폐형 식물공장 보급 확산에 필요한 기초 자료마련
- 완전밀폐형 식물공장 내에서의 핵심기술(파종-수확)을 체계적으로 정리한 문서매뉴얼을 표준으로 사용하여 단위 면적당 수확량 증가 및 이에 따른 경영이익 개선

(2) 접근방법

- 작물별 재배 레시피를 통한 재배 운영
- 자동화 로봇 연구기반의 작물 생육 상태의 모니터링 및 분석 가능
- 품종별 적정 LED 단색광 및 혼합광의 혼합비율 선발 및 적정 LED광에 따른 생육단계 별 생육특성 구명
- 양액 공급량 및 공급시간에 따른 작물의 생육특성 구명
- 현장직원 중심으로 한 문서매뉴얼의 내용 교육 및 훈련을 지속적으로 진행

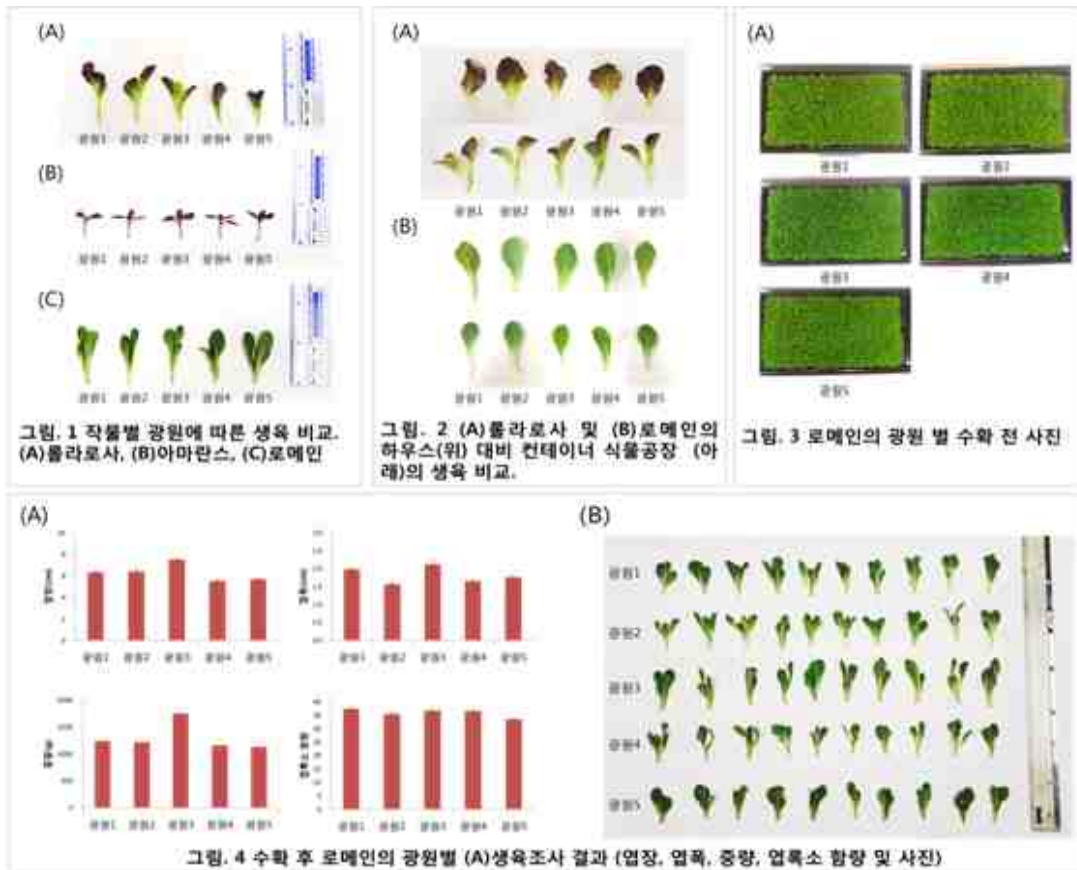
(3) 연구내용

- LED 단색광 및 혼합광에 따른 품종별 생육 특성 구명
- 품종별 적합한 LED 혼합광 및 조사시간 구명

- 녹조 발생을 막을 수 있는 광 및 관수 조건 구명
- 양액 농도 및 조성이 어린잎채소 생장에 미치는 영향 구명
- 양액 공급량 및 공급시간에 따른 작물의 생육특성 구명

(4) 연구결과

- 작물 별 최적 생육환경 구명
- 자동화 재배 프로그램에 의한 재배 운영비용 최소화 및 관리의 편이성 증대
- 양산 가능한 상품종 선발 및 중량 극대화를 위한 생육 최적 광원 도출
- 단위면적 당 수확량 증가로 인한 경영이익 개선
- 현장 작업자들의 기술능력 향상을 통한 작업시간 단축 및 그에 따른 비용절감 효과



[그림 2-987] 미래원 자동화라인 재배연구



[그림 2-988] 미래원 재배연구 및 핵심기술 체계화 사업

3.2.3. 규모별, 층고별 최적의 설치 레이아웃 설계

- 식물공장 설계 사례 및 지하철 프로젝트 구축

(1) 개요

- 지하철 역사 유휴공간을 활용한 도시농업 스마트팜 시스템 구축
- 도시농업 일자리 및 수익 창출
- 시민의 스마트팜 체험, 교육, 귀농 등 관련사업 멘토링

(2) 접근방법

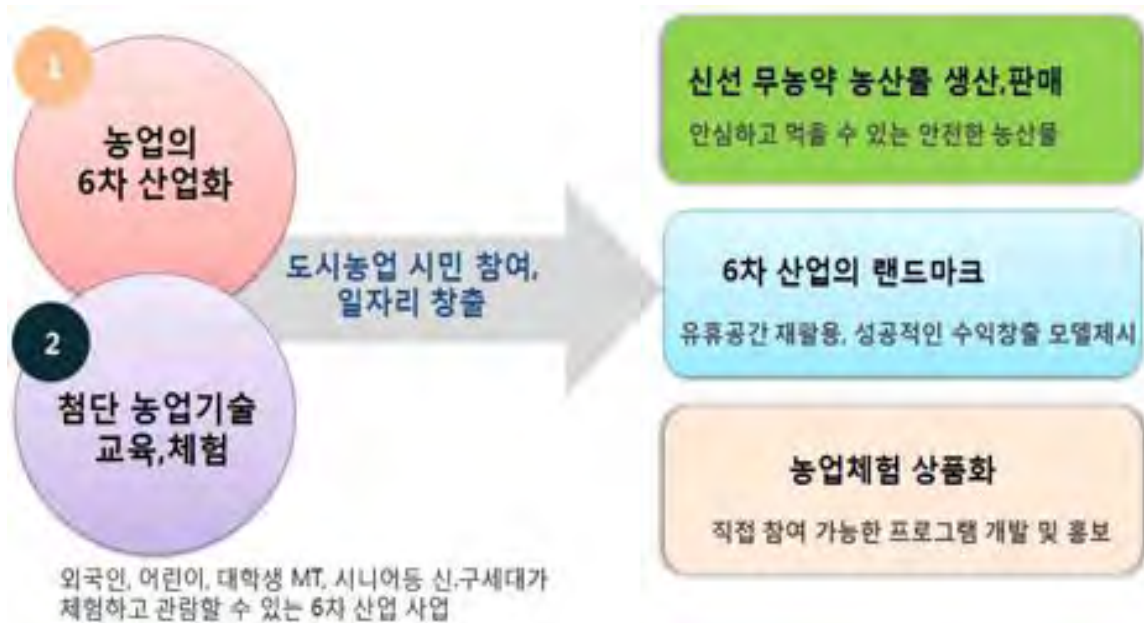
- 완전 밀폐형 구조의 식물공장 시스템 설치
- 미세먼지 방지 대책 구조 마련
- 각 역사별 화재보험 가입
- 각 전문 분야에 대해 서울교통공사와 협업 진행

(3) 연구내용

- 매장 및 교육 체험 시설 운영
- 첨단 농업에 대한 교육/체험 일자리 플랫폼 연계
- 소형 규모로 정식 재배만 운영, 순회 관리
- 고용인력 직무교육 계획

(4) 연구결과

- 생산 기반의 6차산업화 모델 구축 완료






[그림 2-98] 생산 기반의 6차산업화 모델 구축

○ 규모 및 층고별 식물공장 시스템 레이아웃 설계 완료

- 연구개발 추진전략 : 총 9건
- 추진 현황 : 완료(3), 추진(4), 협의(3)

	연구개발 추진전략	연구 방법	추진체계	추진 현황	참고자료
1	대형 식물공장 설계	- IOT 통합제어 시스템 운영노하우 - 오염 방지대책 재배기술을 고려한 식물공장 레이아웃 설계 - 식물공장 사업성 평가 및 가공공장 연계 구축 협의	- 현장 조건별 레이아웃 설계 사례 검토 - 식물공장과 연계한 가공공장 구축 레이아웃	완료 1건 추진중 1건	
2	식물공장 재배기술 수립	- 공조제어 기술(온도, 습도, 기류) - 광원(LED) 적용기술(광환경, 재배 지속성립) - 베이비리프 로봇 자동화 시스템 도입 및 연구	- 고부가가치 작물 선정 및 재배 기술 수립 - 재배작물의 판매 가공 유통 체계 구축 수립 - 보급형 식물공장 표준 레이아웃 기초 수립	완료 1건 추진중 1건	
3	도시형 식물공장 시범사업 구축	- 식물공장의 상용 환경이 자동화된 중, 소규모의 도시형 식물공장 설치 - 인터랙티브 앱스 마케팅 및 홍보용 으로 활용 가능	- 수원시 광고지구 식물매장 - 재배작물 선정 판매	추진 중 (실험 완료)	
4	서울교통공사 지하철역사 식물공장 추진	- 도심 지하철 역사 유휴공간을 활용한 스마트팜 활성화 - 서울 시민을 위한 공간 활용 (체험 교육 등) - 일자리 창출(정년창업 및 중장년층 일자리제공등)	서울 교통공사 지하철 역사 식물공장 추진 협의 중 (총 5개소, 2017년 완료 목표)	추진중	
5	베트남 식물공장 추진	- 국내 식물공장 사업화 성공 사례에 의한 해외시장 개척	업재류 재배 및 새박 재배와 가공공장 연계의 식물공장 추진 협의 중	추진중	

[그림 2-99] 추진 중인 식물공장 설계 및 구축 사례

6	포주 식물공장 추진(협의중)	- 은희자 일자리 창출(65세 이상을 식물공장 운영 사업 검토	특 단수 5단 이하 노년층을 위한 식물공장 시스템과 이와 연계한 민본 개척 협의 중	협의중	-
7	신세계 대전 스마트팜 도입 추진	- 과학도시 대전의 이미지와 고객 체험을 함께 할 수 있는 스마트 팜 구성(재원 교육 프로그램)	약 100경 규모의 실내 스마트팜 구성 협의 중	협의중	
8	스마트팜 센터 구축	- 베이비리프 식물공장 자동화 생산라인 구축 - 미래원에서 2018년 8월부터 식물공장 renovation 진행 - Renovation을 진행할 때 Joint Venture의 기술을 적용한 100경	2018년 5월 20일부터 약 2-3달 동안 Eco Nursery 재배 test를 진행한 후 재배 매뉴얼 준비	추진중	
9	경기도 사회적경제형 식물공장 지원 사업	- 마을 공동체 고향자 돌 주악계층 구성원 외부 희망인력에 대한 식물공장 운영 및 재원 교육 프로그램운영으로 일자리 창출 연계	- 기존의 다양한 재원 프로그램과 연계한 운영으로 추가 마을 수익 상승 효과 발생 - 다양한 홍보 매체를 통한 마케팅 활동에 의한 재원 건학 활성화	가동 중	

[그림 2-991] 생산 기반의 6차산업화 모델 구축

○ 역사 내 5곳 식물공장 시스템 설치 및 운영 진행

- 위치(5) : 충정로, 을지로3가, 답십리, 천왕, 상도역
- 시스템 설치 공통사항
- 완전 밀폐형 구조 (슬라이딩 도어 출입, 시건장치)
- 미세먼지 방지 대책 구조 (미세먼지 필터 에어컨 또는 향온향습기 설치)
- 각 역사별 화재보험 가입 완료
- 각 전문 분야에 대해 서울교통공사와 협업 완료 (안전, 소방, 전기, 통신 등)
- 메트로팜 운영 : 샐러드 무인자판기, 매장 연계 고객체험 프로그램 운영(상도역), 샐러드 카페 운영(상도역)



[그림 2-992] 스마트팜 위치(총 5개역사)



[그림 2-993] 역사별 운영 방안



[그림 2-994] 지하철 프로젝트(상도역)



[그림 2-995] 지하철 프로젝트(답십리역)



[그림 2-996] 운영되고 있는 5개역 메트로팝(2020~)

- 재배관리 및 공정관리 교육표 작성
 - 재배관리 : 파종~정식의 각 과정 당 관리법 및 주의사항 등
 - 공정관리 : 수조 운영, 라인 클리닝, 배양액 관리 시 필요과정 등

■ 재배관리 교육

구분	교육 내용
파종	1) 파종 작업 원수 관리 2) 스펀지 포습 과정 (적당한 포습량 조절) 3) 종자 및 수분관리 4) 파종 렉 운영 방법
육묘	1) 환경관리 (수위 관리 및 ec, ph 등) 2) 뿌리 색상 및 발근 상태 3) 떡잎 및 본엽 상태 관찰
정식	1) 이식 시 주의사항 - 뿌리 손상 최소화 2) 작업 중 뿌리 건조 방지 3) 적정 정식 물량 선별 4) 정식재배 성장세 및 형태, 뿌리 관찰

■ 공정관리 교육

구분	교육 내용
수조 운영 관리	1) 라인 운영 패턴 (기본 운영 사이클) 2) 수조 기본 기자재의 이해 (수위, EC, PH 센서) 3) 펌프 관리 (필터 청소 및 운영 시 주의사항) 4) 수위 파이프 관리, 배관관리
라인 클리닝	1) 수조 클리닝, 재배매널 세척, 모판 관리 등
배양액 관리	1) EC 농도 관리 (각 단계별 EC 농도 차등 관리), 배양액 관리 주의사항 2) PH 관리 (PH 변화 시 조치 사항)

[그림 2-997] 재배 및 공정관리 교육표

□ 사회적경제형 식물공장 지원 사업 추진

(1) 개요

- 취약계층의 일자리 창출 연계가능
- 기존 체험/교육형 식물공장 재가동 및 마을 체험교육 활성화에 따른 시너지 효과

(2) 접근방법

- 기존 체험형 식물공장의 체험/교육장을 이용하여 체험 및 견학 프로그램 운영
- 식물공장 운영 희망단체 또는 개인에 대한 멘토링 활동
- 생산형 식물공장과 체험/교육형 식물공장의 연계 운영 협동 조합구성원 등을 선출하여 탄력적으로 운영

(3) 연구내용

- 재배작물 및 재배기술 확보
 - 재배작물 : 어린잎채소(아이순 및 베이비채소)
- 재배기술 : 농업회사법인미래원(주) 농식품연구소 기술 지원
- 재배계획 수확량 : 15kg/일 (26일 기준 390kg/월)
- 재배작물 판매 방안 : 농업회사법인미래원(주)에 전량 계약재배 공급
- 일자리 수 : 총 4명(사업화 일자리 2명, 체험 식물공장 2명)

업무	세부업무	일자리 수	주 횟수	작업시간/일
재배관리	파종 트레이 투입 및 수확, 청소	0.5	6회/주	4시간/일
판매관리	납품관리	0.5	6회/주	4시간/일
식물공장 재 운영	재배관리	2	6회/주	4시간/일

(4) 연구결과

- 참여자 영농기술교육, 친교형성, 지속적인 관리
- 도, 시 주관 행사 적극참여에 의한 홍보 활동 및 친교 형성
- 다양한 계층에 대한 견학 및 교육 활동



[그림 2-998] 식물공장 및 취약계층 일자리 창출 연계 전략



[그림 2-999] 사회적경제형 식물공장 지원 사업

3.2.4. 이동식 재배장치 제어기술 개발

□ 어린잎채소 자동화재배를 위한 컨테이너 로봇자동화 식물공장 시스템

(1) 개요

- 컨테이너형 로봇자동화 식물공장 시스템을 이용한 어린잎채소 재배 및 최적 생육환경 구명
- 파종부터 수확까지 시설 내의 작물 성장에 따른 관리가 자동화 되어 있는 재배 로봇 시스템

(2) 접근방법

- 파종부터 수확까지 자동 재배 로봇 시스템에 의한 운영비용 최소화
- 작물 별 재배 프로그램에 의한 재배 운영
- 작물 재배 및 관리의 편의성 증대

(3) 연구내용

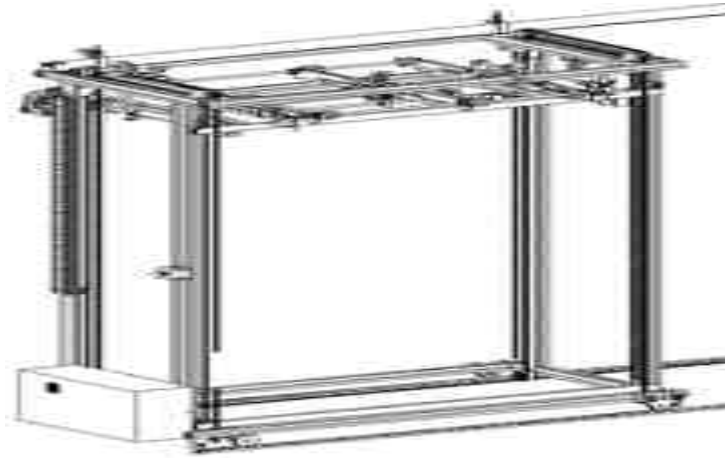
- 파종-수확까지 16일 이내 재배
- 일일 15kg 생산을 위한 작물 생육환경 구명
- 광원 재배 및 양액 조성을 통한 어린잎채소의 최적 생육환경 확립

(4) 연구결과

- 컨테이너 로봇자동화 식물공장 시스템 설계 및 구축 완료
 - 자동화 로봇 활용 : 파종, 재배, 출하 전공정의 자동화 가능
 - 자동 소프트웨어 활용 : 재배조건 자동 컨트롤, 최적 레시피 선택 가능



[그림 2-1000] 컨테이너 LED광원의 스펙트럼 테스트 데이터



[그림 2-1001] LED광원으로 재배중인 컨테이너 식물공장 내부 모습

식물공장 내외관

로봇 자동화 시스템

- ISO 규격의 40피트 하이큐브 컨테이너를 이용한 식물재배 시스템
- 식물의 육성에 최적의 환경 유지 및 연중 안정된 재배 가능
- 적, 청색 LED를 활용한 식물 패턴 제어 생육 속도 조절
- 한정된 컨테이너 공간의 효율적 활용
- 자동화 로봇을 활용한 파종, 재배, 출하 전 공정의 자동화
- 자동 Software를 활용한 재배조건 자동 컨트롤, 최적의 레시피 선택

➔






[그림 2-1002] 컨테이너형 로봇자동화 시스템

3.3. 수출 대상국의 스마트팜 설치 계획 수립

3.3.1. 대상국가 재배작물 선정 및 생육 연구

□ 샐러드 채소 재배 기술 개발

(1) 개요

- 식물공장에서 재배 가능한 품목 검색 및 재배 기술 확립함
- 다양한 요구에 대응하기 위해 다양한 품목을 테스트함
- 수출형 식물공장의 재배 품목을 대응하기 위해 엽채소의 전통적인 소비 형태인 쌈채소보다는 샐러드 채소용 원물을 탐색함

(2) 접근방법

- 다양한 샐러드 및 어린잎 채소 재배 실험

- 순수 수경재배에 적합한 품목 선발
- 양산 가능한 재배 기술 확립

(3) 연구내용

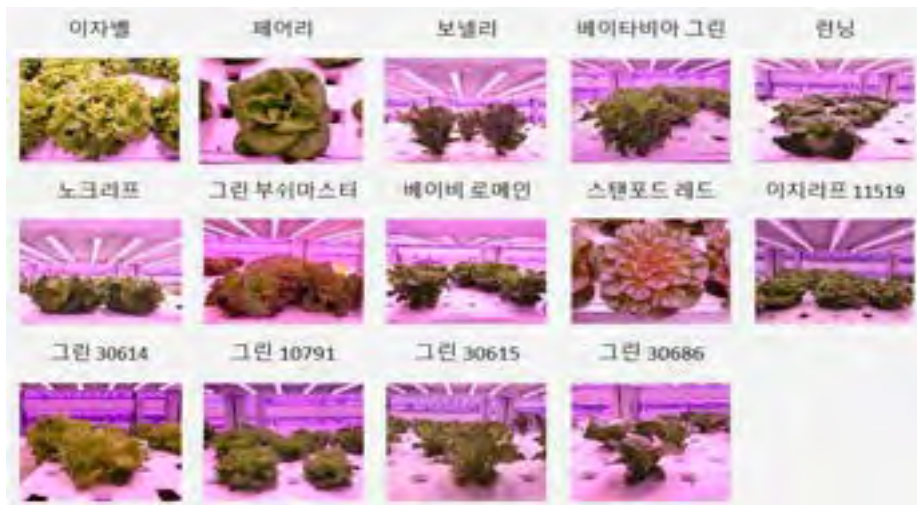
- 샐러드 채소 및 어린잎 채소 각각 1가지의 환경에 맞춰서 품목을 선발함
- 재배 일수는 어린잎채소 16일, 샐러드채소 40일로 고정함
- 발아 소요일수 5일 이상 소요되는 어린잎 채소 품목은 제외, 40일 재배 후 포기당 중량이 70g 이하인 샐러드채소 품목은 제외함

(4) 연구결과

- 샐러드 채소 26종 및 어린잎 채소 12종의 재배 기술을 획득함
 - 기존 생산라인 환경과 동일하게 적용하여 재배
 - 샐러드 채소의 경우 40일 재배 후 70g 이상인 품목 : 7가지 확인
 - 파종 후 40일 이상 재배 될 시 잎 끝 및 중심부에서 틱번 발생 확인



[그림 2-1003] 식물공장용 샐러드 채소 재배 품목



[그림 2-1004] 식물공장용 샐러드 채소 재배 추가 품목



[그림 2-1005] 식물공장용 어린잎 채소 재배 품목

3.3.2. 가공 유통 프로세스 검토 지원, 식물공장 설계

가. 식물공장과 샐러드공장 복합 생산 기지 설계

(1) 개요

- 싱가포르 Lim Chu Kang(말레이시아 인접지역)에 20,000m² 농지를 20년 간 장기 임대하여 첨단 식물공장 구축 중
- 정부 지원 정책 : 토지 저가분양(22만\$), 설비 구축비 지원(185만\$)
- 지원 조건 : 첨단 식물공장 구축 및 야채 6T/일 생산 조건

(2) 접근방법

- Vertivegies사 지분 투자
- 샐러드 가공 및 채소 유동 JV 설립
- 샐러드 가공 설비 및 노하우 수출

(3) 연구내용

- 식물공장 일부(1,616m²) 샐러드 가공라인을 구축하여 7T/일 생산 규모의 샐러드 가공라인 구축
- 샐러드 가공 기술 및 운영 노하우가 있는 팜에이트 기술 도입
- 싱가포르 프리미엄 채소 및 샐러드 시장 공동 진출
- 동남아시아 및 중동 시장에 '샐러드+식물공장' 비즈니스 모델 공동 진출

(4) 연구결과

- 설계 및 컨셉 작업은 완료되었으나, 투자 및 JV설립 등이 무산되어 구축까지 진행되지 못함
- 금번 기회를 통해 식물공장+샐러드공장 통합 시스템 구축에 대한 사례로 노하우 확보



[그림 2-1006] 식물공장용 어린잎 채소 재배 품목

나. 신규 식물공장 구축 및 식물공장 사례 확보

(1) 개요

- 생산성 향상 및 수익 창출 모델 구축을 위해 새로운 식물공장 구축
- 초기 투자비용을 획기적으로 절감했던 재배 설비를 적용
- 신형 LED를 통한 작물 수확중량 증대가 가능

(2) 접근방법

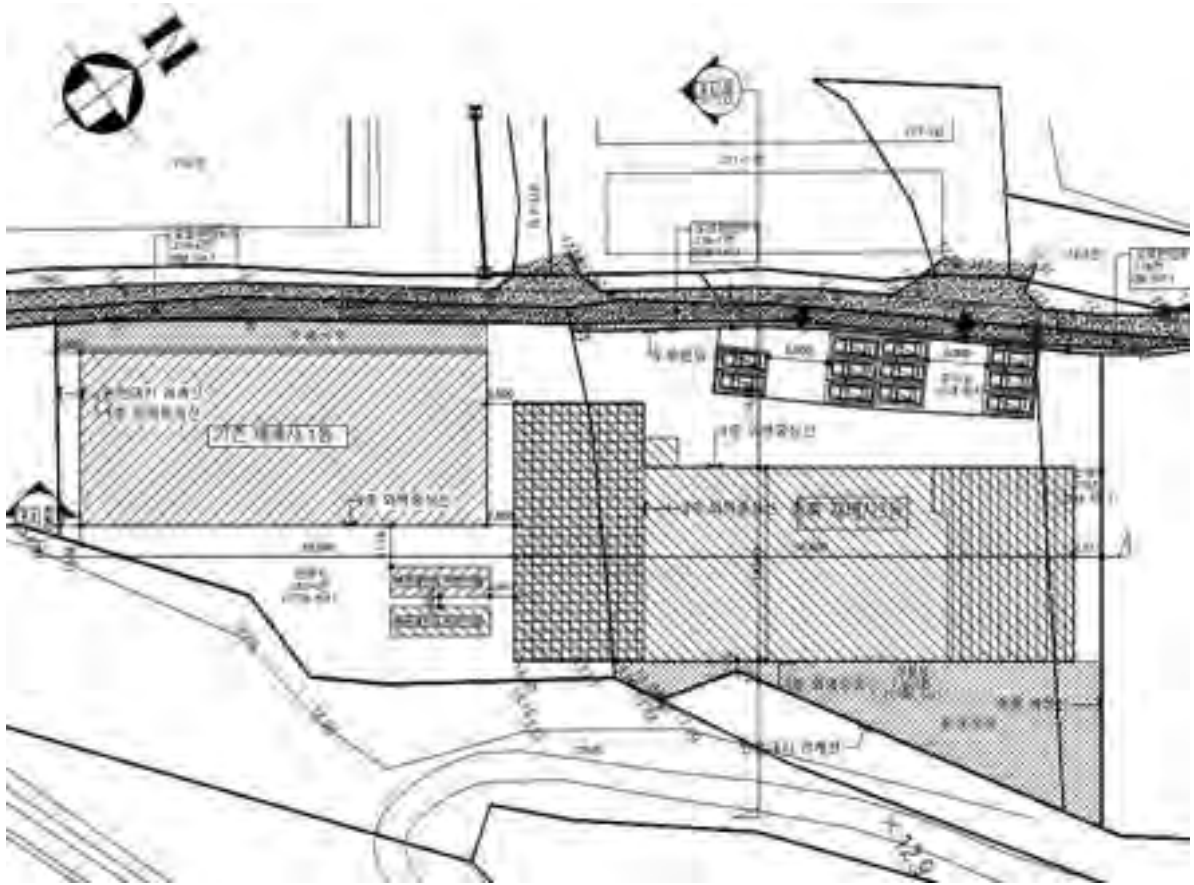
- 초기투자비용 최소화
- LED 개선을 통한 작물 성장 증대
- 작물의 균일한 수확 가능

(3) 연구내용

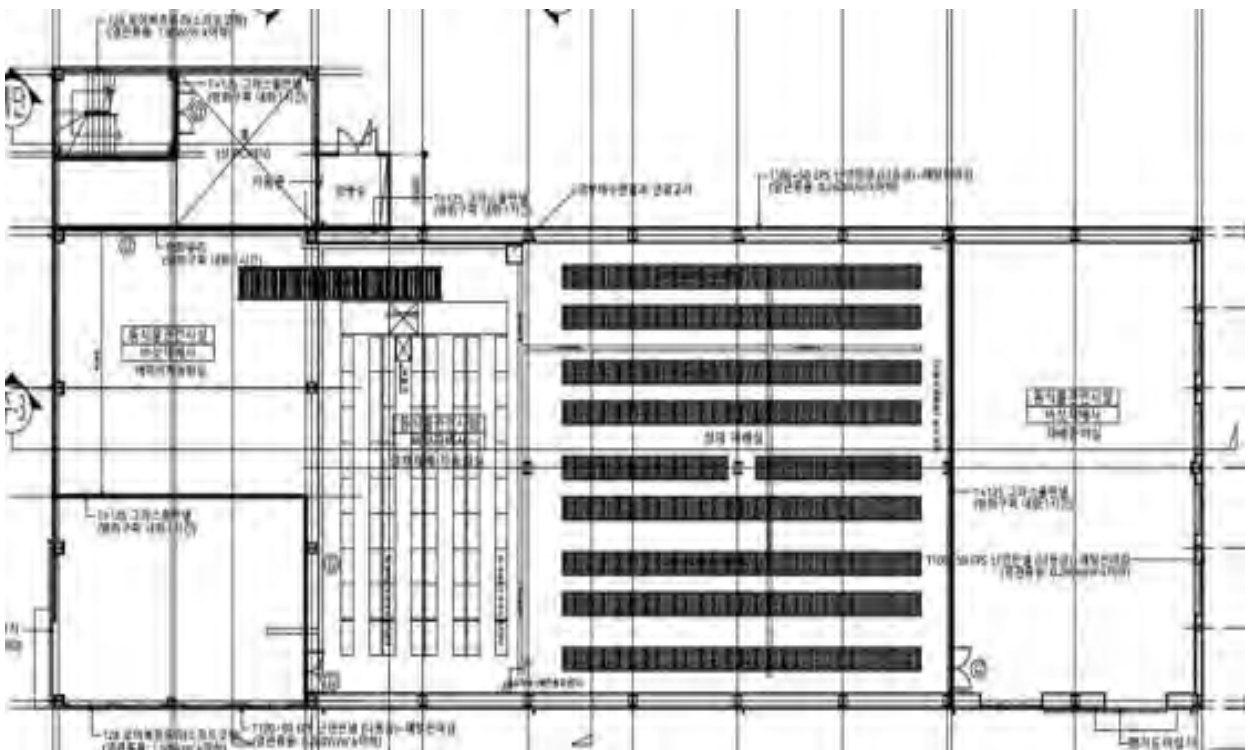
- 보급형 식물공장의 투자비용 절감을 위한 연구
- 재배 작물 선정 및 재배 시스템 개선
- 재배 적합 기류 조성 및 재배공간 내 기온 편차를 줄이기 위해 새로운 공조 설계 적용

(4) 연구결과

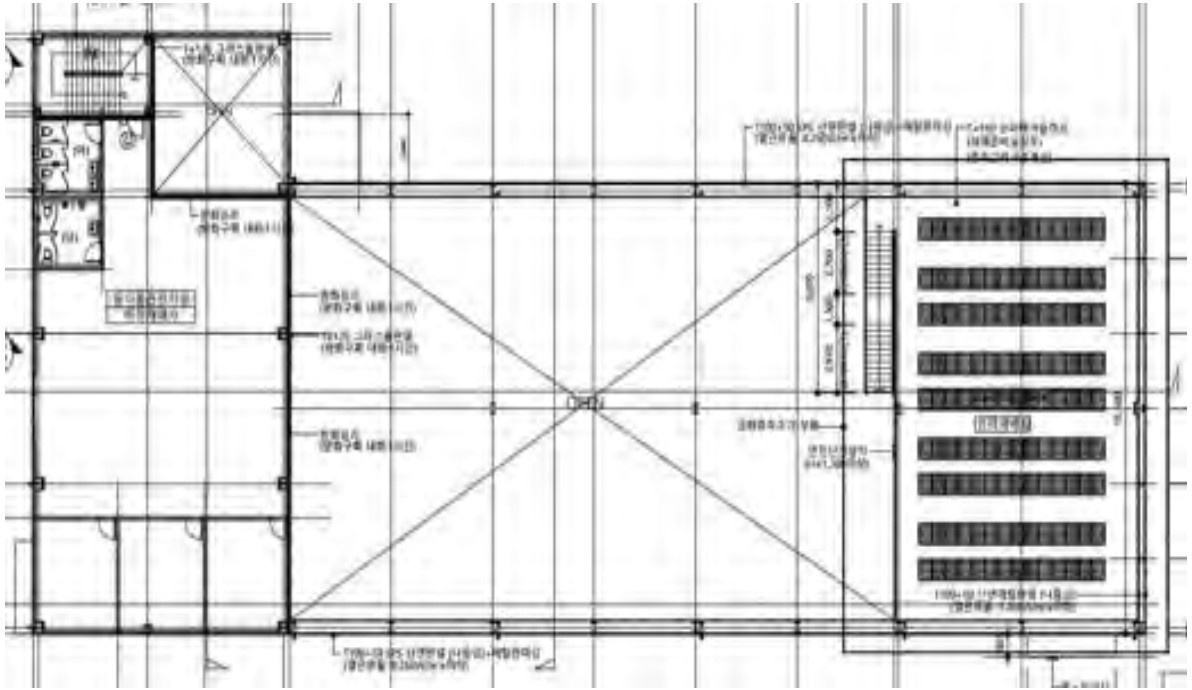
- 포기당 수확량 증대 환경 구명 중(목표 120g)
- 초기 투자비용 절감형 재배 설비로 시설 비용 절감 확인
- 건축비 제외 평당 500만원 내외(기존 1000만원 이상)대상 재배작물 생육연구, 수익성 검토 협의용 표준양식 작성



[그림 2-1007] 팜에이트 신규 구축된 식물공장 설치 위치도



[그림 2-1008] 팜에이트 신축 식물공장 1층 레이아웃 - 재배베드 12단



[그림 2-1009] 팜에이트 신축 식물공장 2층 레이아웃 - 재배베드 6단



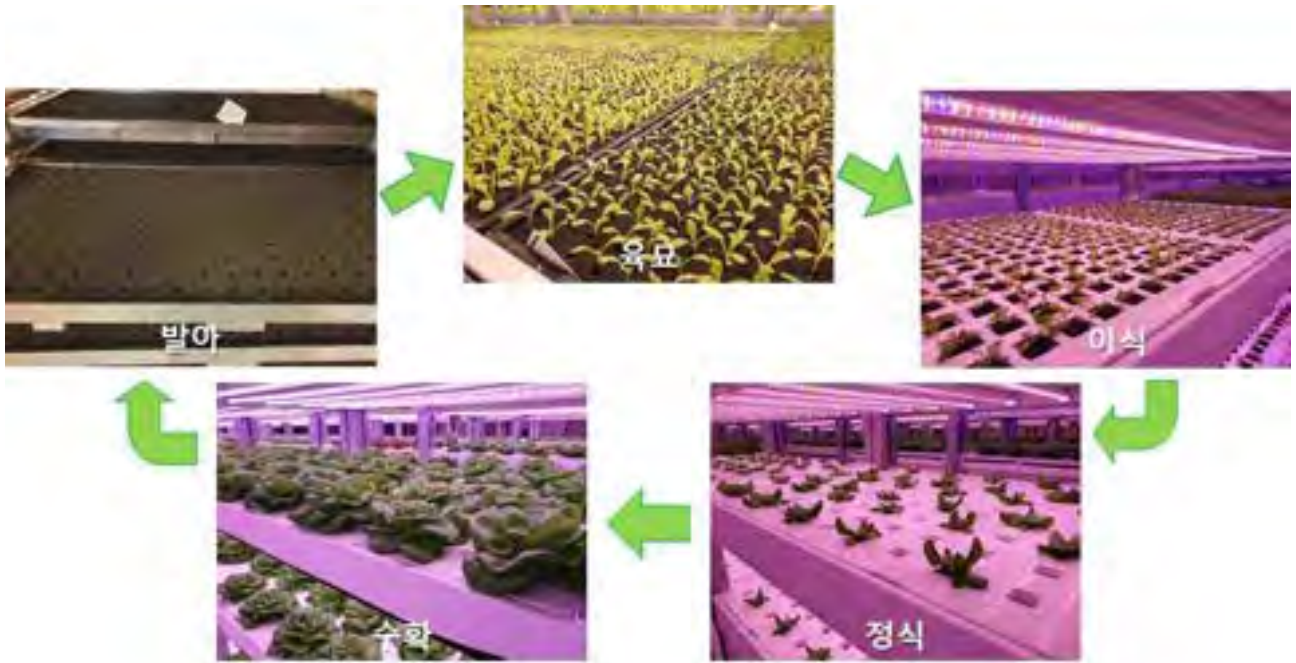
[그림 2-1010] 팜에이트 신축 식물공장



[그림 2-1011] 팜에이트 신축 식물공장 내부 전경



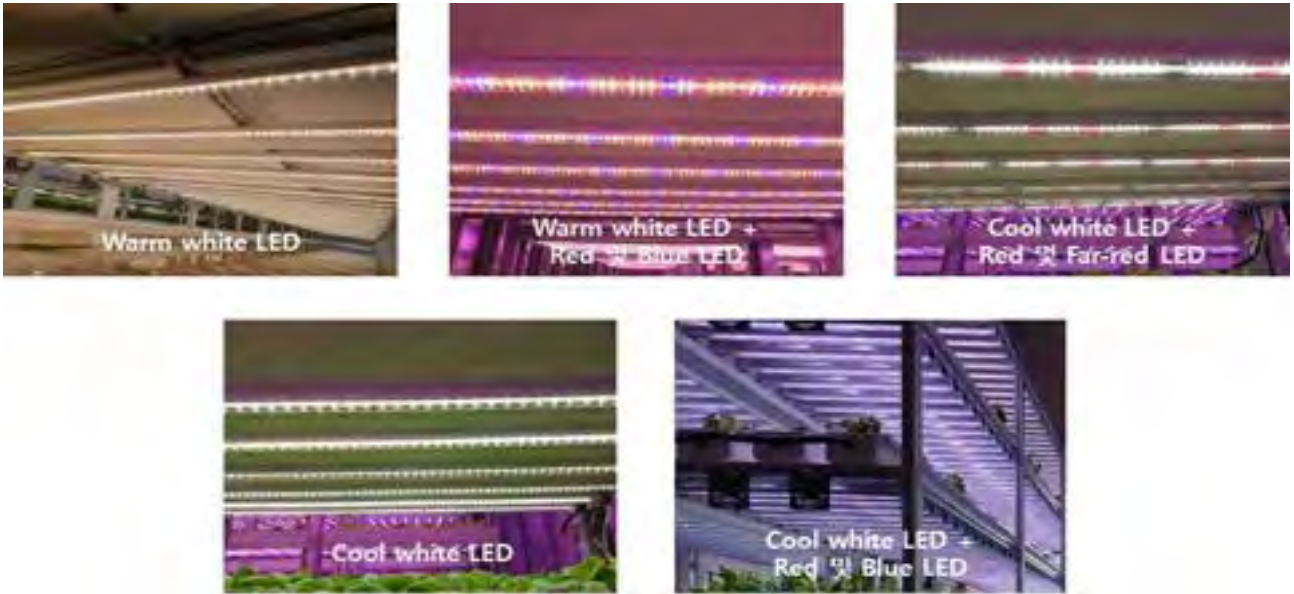
[그림 2-1012] 팜에이트 신축 식물공장에서 재배 중인 샐러드 채소



[그림 2-1013] 식물공장 내에서 샐러드채소 재배 시 작업 순서도



[그림 2-1014] 팜에이트에서 보유 중인 식물공장 재배 시스템 종류 및 개발 중인 재배 시스템 설계도



[그림 2-1015] 팜에이트에서 보유 중인 광레시피(5종)

다. 어린잎 채소 자동화 재배 시스템 생산성 향상

(1) 개요

- 어린잎 채소 생산용 자동화 재배 라인의 재배 기술은 확보함
- 장기 재배 시 재배판에 녹조가 발생되어 어린잎 채소 생장이 억제됨
- 녹조 발생량 억제 방법이 생산량 향상을 위해 최우선적으로 구명되어야 함

(2) 접근방법

- 광질을 달리하여 녹조 발생량 확인
- 물리적으로 양액을 광에 노출되지 않도록 처리

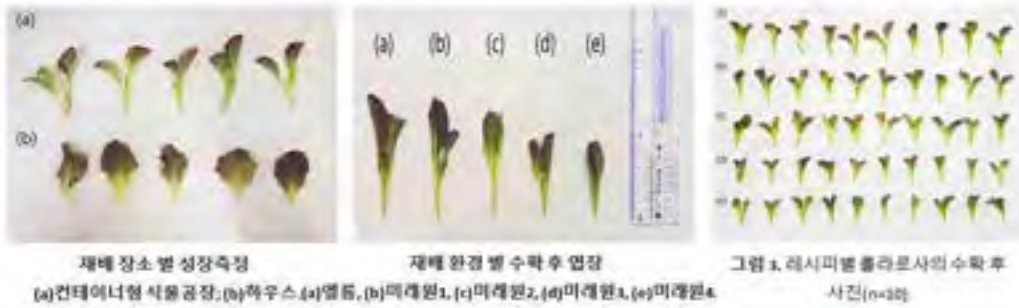
(3) 연구내용

- Red 및 Blue광의 비율을 달리하여 어린잎 채소를 재배함
- 파종이 되지 않는 공간(급/배수를 위한 공간)에 커버를 씌움

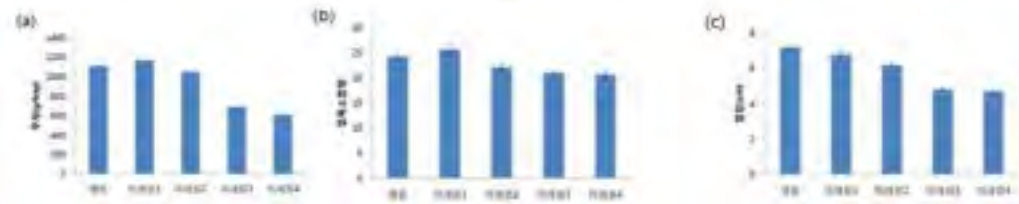
(4) 연구결과

- Blue광의 비율이 높을수록 녹조 발생량은 증가하고 생체중은 감소함
- 파종이 되지 않는 공간에 커버 사용은 녹조의 절대량 감소에 유리함

➤ 플라로사



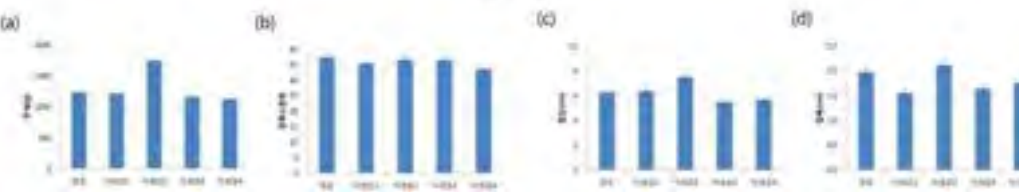
재배 장소 별 성장속정 (a)컨테이너형 식물공장, (b)하우스 (c)열풍, (d)미래원1, (e)미래원2, (f)미래원3, (g)미래원4. 그림 1. 래시피벌 플라로사의 수확 후 사진(n=20)



➤ 로메인



그림 1. 재배장소 별 로메인의 수확 후 사진. (a)컨테이너형 식물공장, (b)하우스. 그림 2. 래시피벌 로메인의 수확 후 열장. (a)열풍, (b)미래원1, (c)미래원2, (d)미래원3, (e)미래원4. 그림 3. 래시피벌 로메인의 수확 후 사진(n=10)



아마란스



그림 1. 레시피벨 아마란스의 수확 후 엽장.
(a)엽종, (b)미래원1, (c)미래원2, (d)미래원3, (e)미래원4.

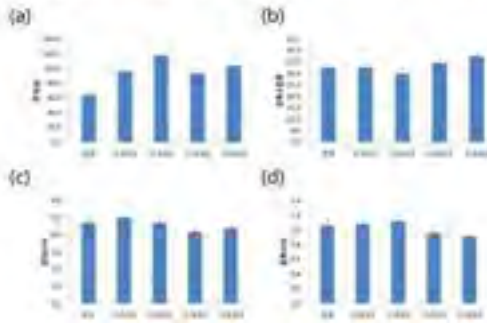
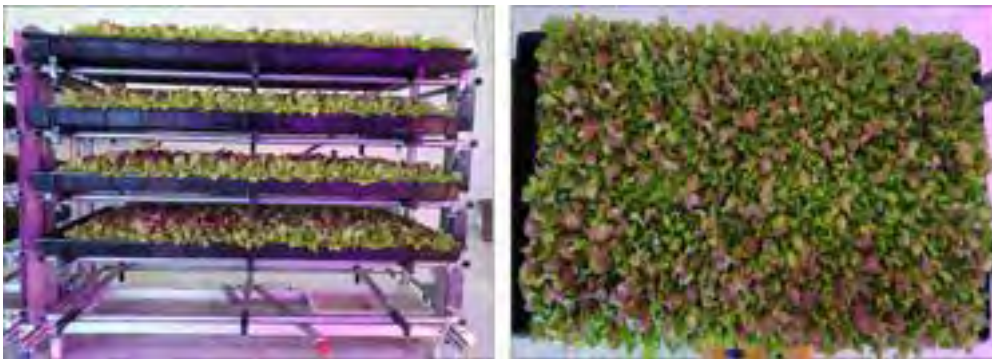


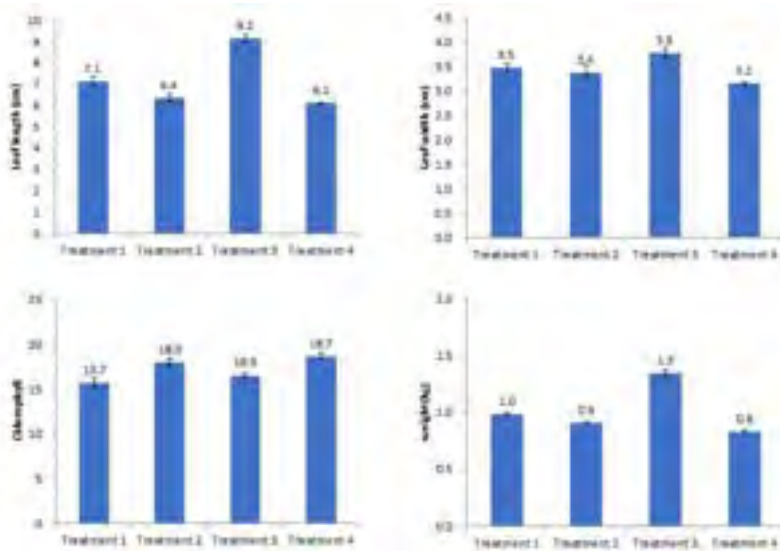
그림 2. 레시피벨 아마란스의 수확 후 사진(n=5)
(a)엽종, (b)미래원1, (c)미래원2, (d)미래원3,
(e)미래원4.

그림 3. 레시피벨 아마란스의 (a)트레이당 무게,
(b)엽록소함량, (c)엽장, (d)엽폭.

[그림 2-1016] 자동화 시스템을 이용한 어린잎 채소 재배 시 품목별 적정 양액 조성 구명



[그림 2-1017] 어린잎 재배 자동화 시스템에서 생산된 적색 롤라로사



[그림 2-1018] 광질에 따른 적색 롤라로사 생육 비교

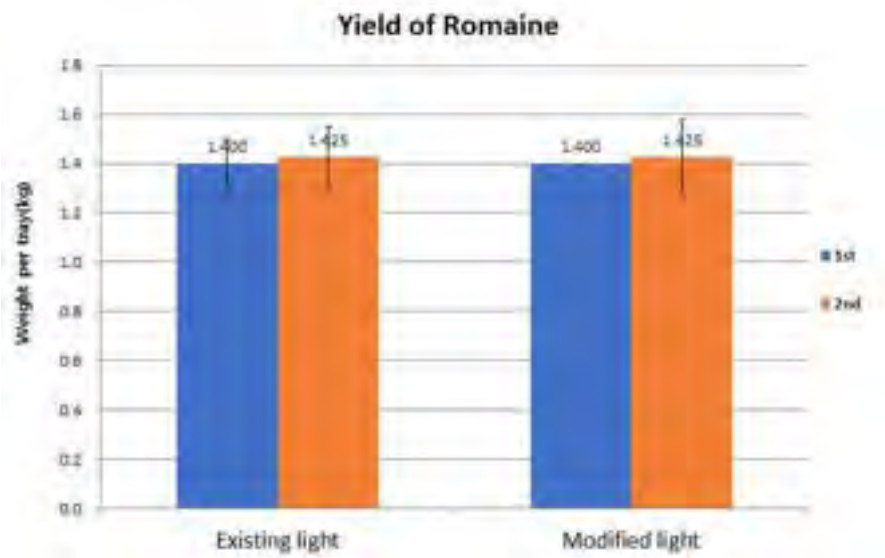


Existing light

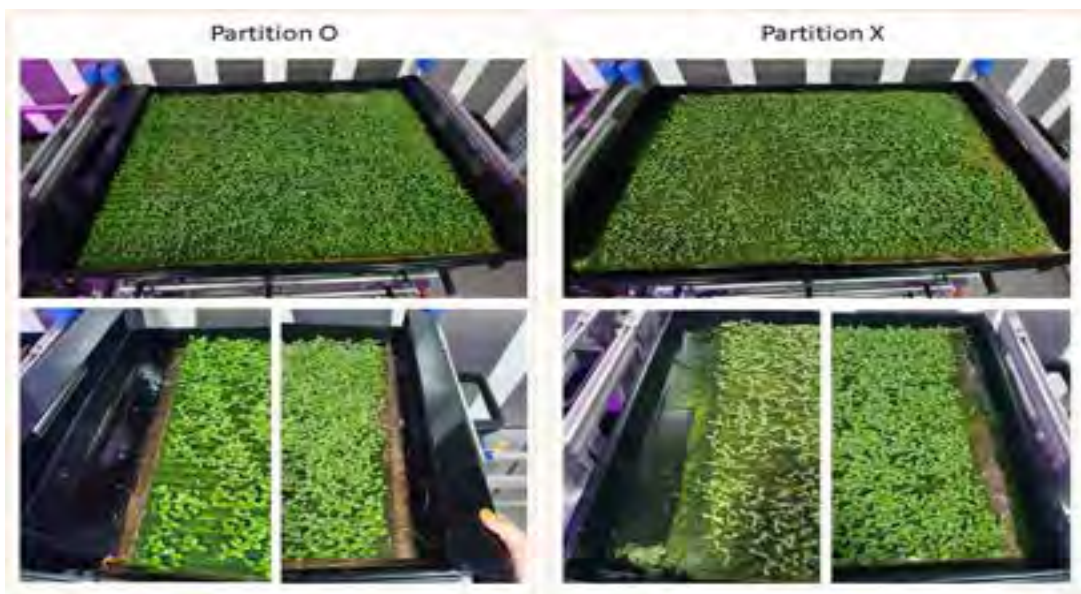


Modified light

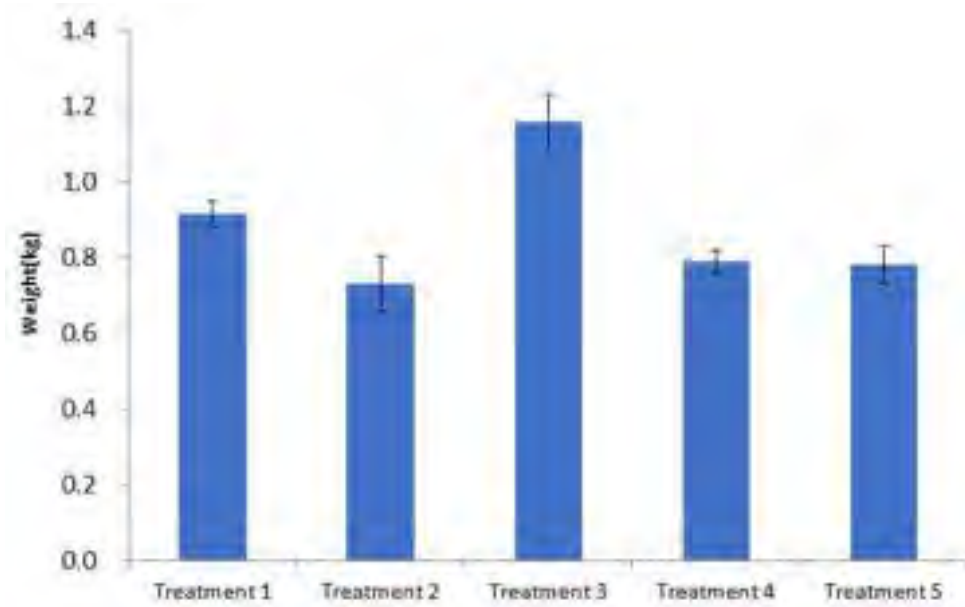
[그림 2-1019] 자동화 시스템을 이용한 어린잎 채소 재배 시 생육 단계별 광량 조절에 따른 녹조 발생량 비교



[그림 2-1020] 자동화 시스템을 이용한 어린잎 채소 재배 시 생육 단계별 광량 조절에 따른 수확량 비교



[그림 2-1021] 녹조 발생 방지 커버 사용 유무(좌: 유; 우: 무)에 따른 녹조 발생량 비교



[그림 2-1022] 자동화 시스템을 이용한 어린잎 채소 재배 시 광질에 따른 수확량 비교

3.3.3. 고품질 재배 기술력, 고부가가치 작물 재배 기술력 확보

가. 특용 작물 재배 기술 개발

(1) 개요

- 식물공장에서 재배 가능한 품목 검색 및 재배 기술 확립함
- 다양한 요구에 대응하기 위해 다양한 품목을 테스트함
- 미용 및 의약품 원료로서 수요가 있는 허브 및 특용작물을 식물공장에서 재배하여 작물보호제와 같은 화학물질이나 미세먼지 등과 같은 오염물질에 프리한 원료 확보

(2) 접근방법

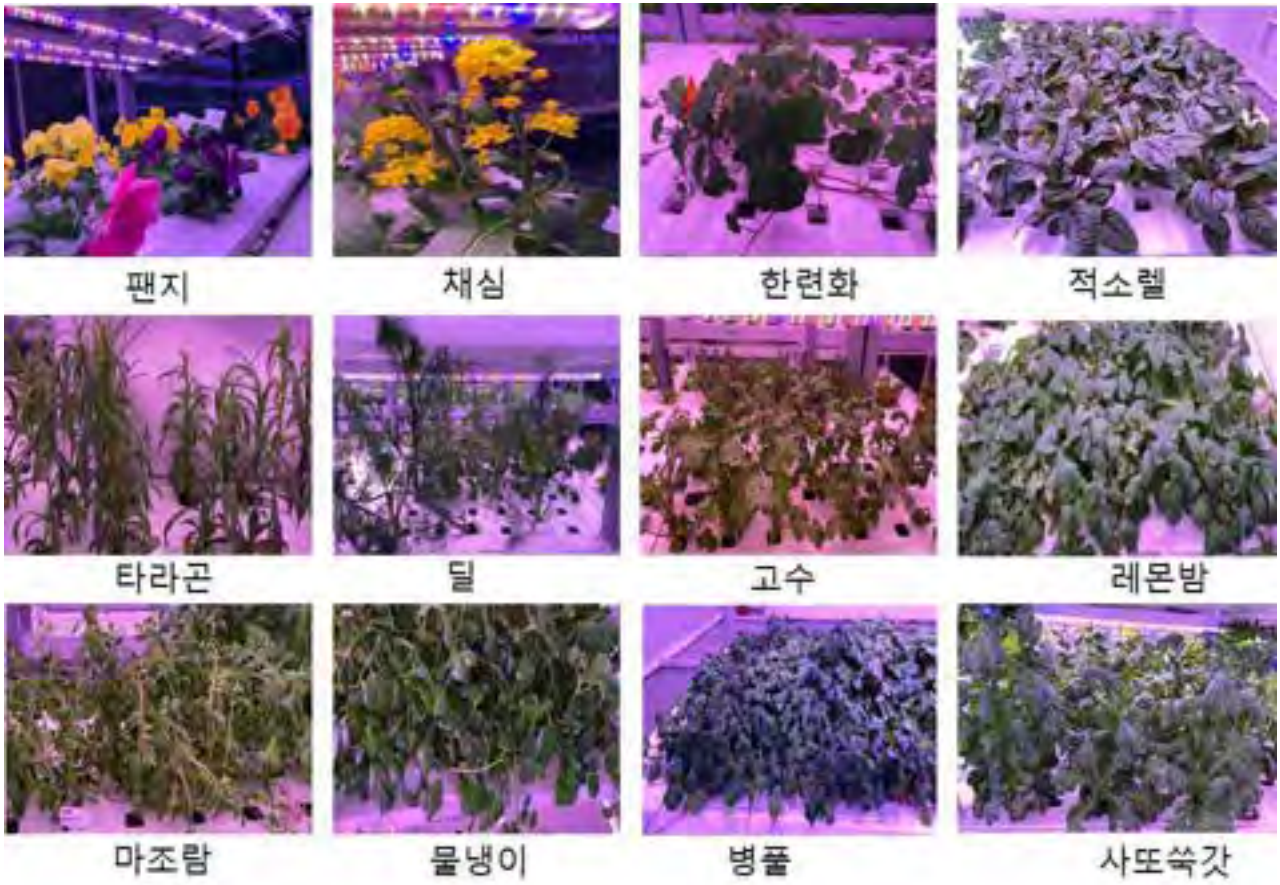
- 다양한 허브 및 특용작물 재배 실험
- 순수 수경재배에 적합한 품목 선발
- 양산 가능한 재배 기술 확립

(3) 연구내용

- 1가지의 환경에 맞춰서 품목을 선발함
- 재배 일수는 품목별로 천차만별이었으며, 발아가 불량한 품목은 영양변식 실시
- 우레탄폼에서 발아가 안되는 품목은 제외하고, 영양변식 기관 중기는 뿌리가 있는 품목은 제외함

(4) 연구결과

- 특용작물 12종의 재배 기술을 확보함



[그림 2-1023] 식물공장용 특용 작물 재배 추가 품목



[그림 2-1024] 특용 작물 재배 기술 레시피

나. 이고들빼기 재배 기술 개발

(1) 개요

- 식물공장에서 재배 가능한 품목 검색 및 재배 기술 확립함
- 대부분의 식물공장 재배 기술이 엽채류에 한정되어 있으므로 다양한 요구에 대응하기 위해서는 엽채류 외 품목도 테스트함
- 미용 및 의약품 원료로서 수요가 있는 허브 및 특용작물을 식물공장에서 재배하여 작물보호제와 같은 화학물질이나 미세먼지 등과 같은 오염물질에 프리한 원료 확보

(2) 접근방법

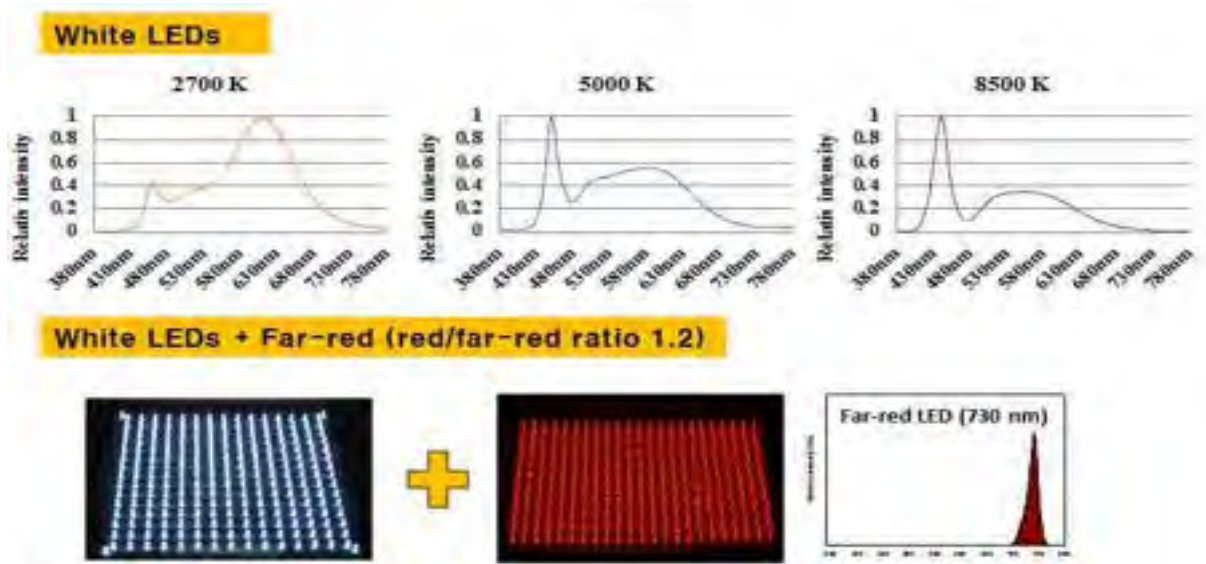
- 약용작물 중 식물공장에서 재배 가능한 품목 선발
- 우레탄 스펀지를 활용한 파종 시 발아가 원활한 품목 선발
- 순수 수경재배에 적합한 품목 선발
- 양산 가능한 재배 기술 확립

(3) 연구내용

- 이고들빼기 생육에 적합한 광질을 구명하기 위한 실험 수행
- 엽채류 재배 시 적용되는 양액 재배 방식(DFT, NFT, Aeroponics 등)이 아닌 인공상토를 이용한 심지재배 적용 가능 여부 파악
- 식물공장을 이용한 이고들빼기 재배 기술 확립

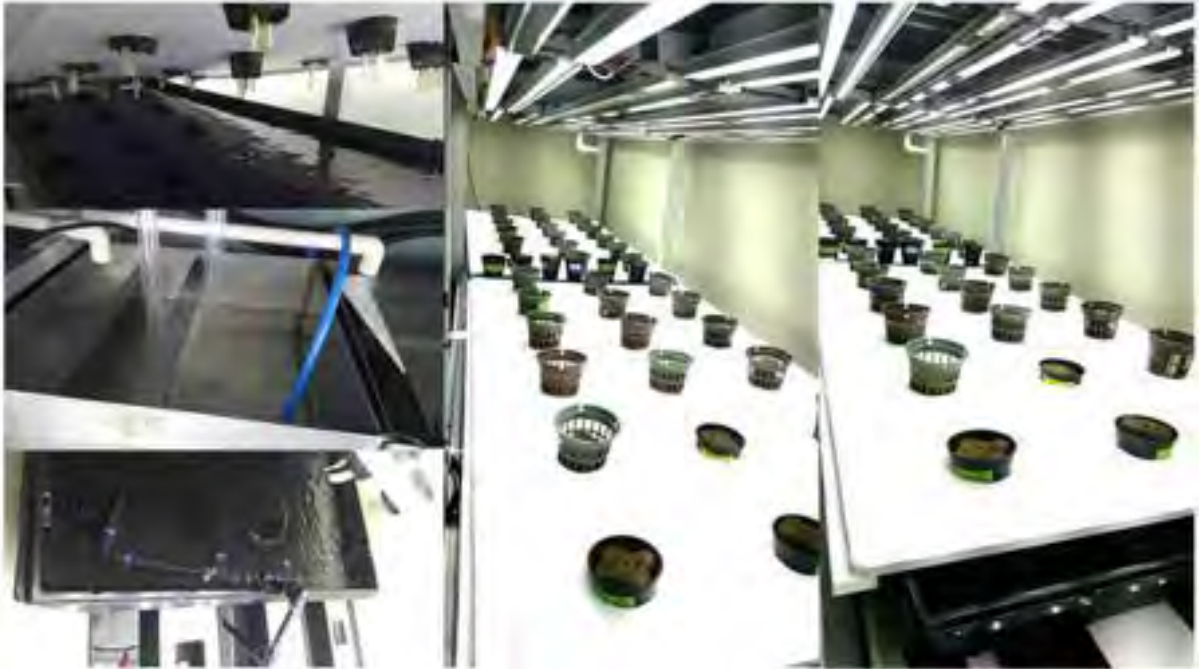
(4) 연구결과

- 이고들빼기 재배용 광질 구명
 - White LEDs (3) : 2700K, 5000K, 8000K
 - White LEDs+Far-red (red/far-red ratio 1.2)



[그림 2-1025] 이고들빼기 재배용 광질

○ 이고들빼기 재배에 적합한 양액 공급 방법 구명



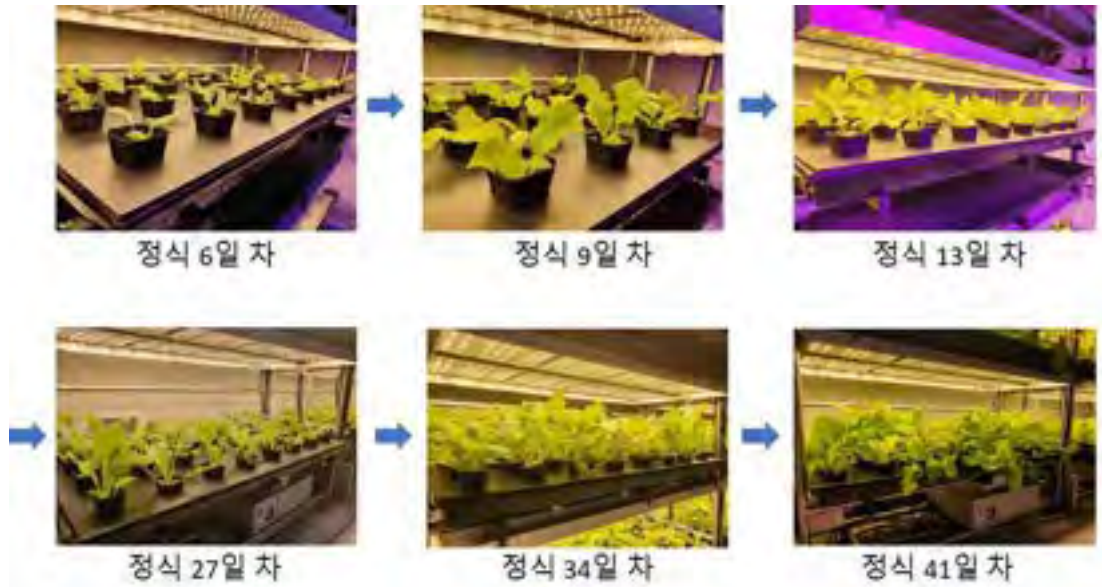
[그림 2-1026] 이고들빼기 재배용 양액 공급 시스템

○ 식물공장을 이용한 이고들빼기 재배 기술 확립



[그림 2-1027] 식물공장을 이용한 이고들빼기 재배 기술

- 식물공장을 이용하여 이고들빼기 생산 실시(실증실험)



[그림 2-1028] 어린잎 재배 자동화 시스템에서 재배 중인 이고들빼기

3.4. 식물공장, 가공공장 시설 수출 및 설치 운영, 보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립

3.4.1. 식물공장, 가공공장 시설 수출 및 설치 운영

가. 해외 시설 수출추진 및 추진계획 수립

(1) 개요

- 국내외 경쟁력 우위에 있는 식물공장 및 가공공장 시설 구축 계획 수립 완료
- 대상 국가 2곳(몽골 및 싱가포르)과 계약 완료, 코로나19 사태로 인해 잠시 보류 중
- 해외 식물공장, 가공공장 시설 수출 및 설치 운영 관련 매뉴얼 미완
- (시설 구축 일정 연기에 따른 현지 설치 관련 자료 수집 미비) - 차년도 완비 예정

(2) 접근방법

- 대상국가별 요구 조건 맞춤 식물공장 및 관련 가공공장 시설 제안
- 수출대상국 환경에 맞는 식물공장 구축 계획
- 국가별, 대상 사업파트너와 수출 사업을 추진함에 있어서 상대측에서 요구하는 조건에 대한 검토 및 사업타당성 조사
- 현지 시장 환경에 대한 자료 조사 및 수출 전략 수립

(3) 연구내용

- 현지 상황에 맞는 식물공장 및 가공공장 시설 구축 계획을 수립함
- 계약 수주를 위해 구매자의 요구에 부합하여 다양한 정보 및 기술을 제공하고, 시설 단가를 적절하게 맞춰서 최종 계약을 성사 시킴

(4) 연구결과

가. 해외 수출 실적 확보

- 수출 계약 및 협약 3건 체결, 6개국과 사업 추진 중이나 현재 코로나로 인해 일시 중단 된 상태

□ 싱가포르 계약 건

- 토지 저가 분양(22만 \$) 및 설비 구축비 지원(185만 \$) 정책을 활용하여 샐러드 설비 및 가동 노하우 수출 협의, Vertivegies 사 지분 투자
- 계약 완료일 : 2019 06. 25
- 구축 예정일 : 협약 체결일로부터 5년 이내 2,600m²의 식물공장 설치 예정
- 향후 계획
 - 식물공장에 샐러드 가공공장을 package로 추진
 - 샐러드 가공 설비 및 노하우 제공
 - 현지에서 생산된 채소의 유통 관련 JV(Joint Venture) 설립 추진
 - 예상 일일 생산량 : 6 ton/일

□ 몽골 계약 건

- 정부 개발계획에 맞추어 장기적인 관점에서 시범적인 식물공장을 설치할 예정이며, 이후 주요 도시로 시장 확대 추진
- 계약 완료일 : 2019 06. 25
- 구축 예정일 : 협약 체결일로부터 5년 이내 500m²의 식물공장 설치 예정
- 향후 계획
 - 몽골 인근 국가에 채소 수출을 위한 국경지역 대규모 식물공장 설립 안 제시
 - 샐러드 가공공장에 대한 사업성 관련 자료 제공 및 샐러드 생산 시설 수출 추진
 - 예상 일일 생산량 : 1.5 ton/일

□ 쿠웨이트 계약 건

- 국책연구기관 KISR(쿠웨이트 과학연구원) 주관으로 식물공장 구축 사업을 진행 중이며, 현지 카운터 파트너인 P社를 통하여 사업 진행
- 계약 (공동사업개발 및 수행협력협정서) 완료일 : 2020년 9월
- 구축 예정일 : 2020년 7월 경 시공 목표 (COVID-19 로 일시 중단된 상태임)
- 향후 계획
 - KISR과 660m² 규모의 스마트팜 구축 협업 및 기술 교류 진행 중
 - P社와 2단계 사업으로 샐러드 가공 시설 추가 구축 논의
 - 중동지역에 생산, 가공, 유통 분야의 사업 확장을 위한 JV (Joint Venture) 설립 추진 중

□ 기타

- 사우디아라비아 Jeddah 프로젝트에 참여하여 1500평 규모의 대형 스마트팜 모델 실증, 해외 사업 기반 확보 및 스마트팜 구축을 통한 국제 경쟁력 확보 추진 중
- 두바이의 현지 레스토랑 46개소를 운영 중인 식자재 유통체인 업체의 식물공장 구축 문의 대응 중
- 베트남의 샐러드 원물 공급 시설 구축 의뢰 대응 중
- 인도네시아의 소규모 건물 옥상을 이용한 330m² 규모의 온실형 식물공장 구축 문의 대응 중
- 미얀마의 현지 업체의 건축물을 기반으로 한 식물공장 구축 문의 대응 중



[그림 2-1029] 사업 계약(협약)서 (플랜티팜-싱가폴, 플랜티팜-몽골, 플랜티팜-쿠웨이트)



[그림 2-1030] 쿠웨이트 현지 식물공장 부지



[그림 2-1031] 쿠웨이트 식물공장 구축 프로젝트 일정표

Appendix 5. SCHEDULE

No.	Activity	Start	End
1	Contract & M/C	01/2018	03/2018
	Finalizing contract documents	01/2018	02/2018
	DLR Final Approval of EPC Agreement	02/2018	03/2018
2	Feasibility	04/2018	06/2018
	Engineering & Designing	04/2018	05/2018
	Work interaction discussion with Authorities	04/2018	05/2018
	Process Approval	04/2018	05/2018
	Assessment and preparation of Safety Risk Profiles and HAZOP Studies	04/2018	05/2018
	Contract documents & invited tender/contract	04/2018	05/2018
	Statement from owner (Safety Qualification)	04/2018	05/2018
3	Building	07/2018	08/2018
	Installation of electrical work, piping and HVAC work	07/2018	08/2018
	Installation of equipment, machinery and automation work	07/2018	08/2018
	Site survey & investigation	07/2018	08/2018
	Engineering & Designing	07/2018	08/2018
	Work interaction discussion with Authorities	07/2018	08/2018
	Process Approval	07/2018	08/2018
	Clearance	07/2018	08/2018
	Contract	07/2018	08/2018
	Site survey & investigation	07/2018	08/2018
	Clear structure	07/2018	08/2018
	Planning	07/2018	08/2018
	Site & Road	07/2018	08/2018
Architectural work	07/2018	08/2018	
Finalize work	07/2018	08/2018	
Approval documents submit	07/2018	08/2018	
4	Commissioning of Building and Installation	09/2018	10/2018
	Initial testing and start preparation for start-up and growth phase	09/2018	10/2018
5	Commissioning	11/2018	12/2018
	Testing and fine-tuning	11/2018	12/2018
6	Training for Operators	01/2019	02/2019
	Training with materials	01/2019	02/2019
7	Commission	03/2019	04/2019
	Handover training	03/2019	04/2019

[Note] The actual schedule is subject to government policies of COVID-19.

[그림 2-1032] 쿠웨이트 식물공장 구축 프로젝트 일정표



[그림 2-1033] 쿠웨이트 공사 현장(2021년)



[그림 2-1034] 쿠웨이트 식물공장 레이아웃

3.4.2. 보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립(330m²형)

(1) 개요

- 수출(보급)형 식물공장의 국제 경쟁력 확보하기 위해 낮은 시설구축 비용 및 최대 생산성 확보 레이아웃 확보
- 기존 식물공장 대비 공간 활용성과 작업 효율성 개선 및 생산성 향상
- 신규 재배 시스템 대거 투입

(2) 접근방법

- 단위면적당 생산량을 극대화하면서 시설투자비용을 최소화 할 수 있는 식물공장 표준 레이아웃 수립
- 레이아웃 수립을 위한 TF팀을 구성하였고, 시설전문가 및 재배 현장 담당자를 동참 시켜 동선과 작업공간 확보 등 작업 효율을 높임

(3) 연구내용

- 효율적인 재배상 공간 배치
- 시설 구축비용 절감 및 생산성 향상을 위해 신규 재배 시스템 개발 및 적용
- 운영 및 작업의 효율화를 위한 시스템으로 구성

(4) 연구결과

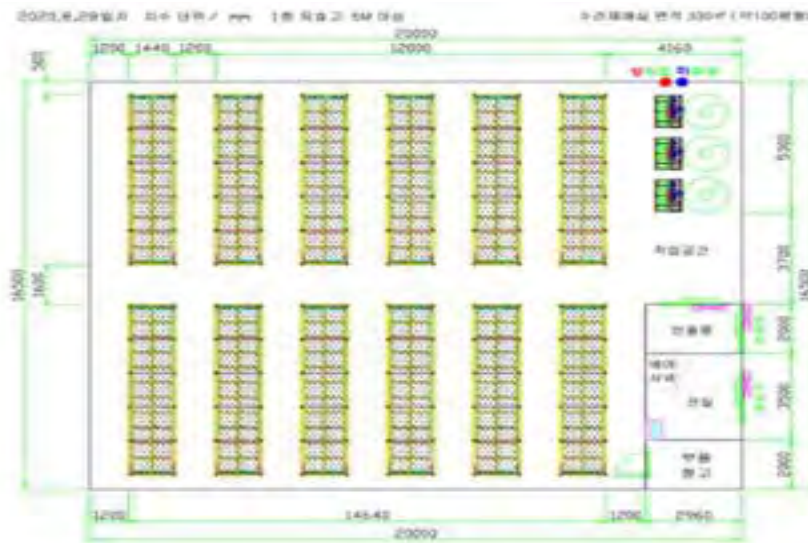
- 단위면적당 생산량 극대화를 위한 공간 활용의 최적화 구현
- 동선을 최적화 할 수 있는 효율적인 배양상 설계 및 배열 조건을 구명
- 생산성 촉진을 위한 환경조건 구명
- 약 4.7억 원 예산으로 월 3,700kg 생산 가능한 시스템 개발
 - 시설 구축 비용 : 475,700,000원(건축비용 제외)
 - 생산량 : 3,700kg/월

가. 표준 재배랙

- 6.9m X 0.6m X 0.1m 수조형 베드 채용
- 단별 2열 베드 구조
- 조립식 프레임 채용
- 18W 엽채류 재배 전용 LED 채용
- 6단 구조(8단까지 가능)

나. 시설물 배치

- 재배랙 총 12set 설치
- 통로 간격 1.2m
- 양액공급기 3기(육묘/이식라인 1기; 정식라인 2기)
- 작업자 및 물품 입고라인 별도 설치(외부 오염물질 유입 방지)
- 작업 공간 확보(파종, 이식, 정식 및 수확)



[그림 2-1035] 100평형 표준 식물공장 배치도

다. 파트별 재배 장비 및 시설 소개

○ 재배 프레임

- 알루미늄 재질의 프레임으로 원수와 배양액 등에 의한 부식을 방지하고, LED와 각 단의 베드를 연결하는 구조
- 프레임 고정을 위한 부자재를 SUS 재질로 하여 원수와 배양액 드에 의한 부식 방지
- 별도의 브라켓을 프레임에 고정하여 LED 설치 및 차후 유지보수가 용이한 구조
- 공급 및 배수 배관을 고정하기에 용이하고 별도의 장치 없이 재배 베드 설치가 가능한 구조



[그림 2-1036] 보급형 재배랙 프레임

○ 재배 베드

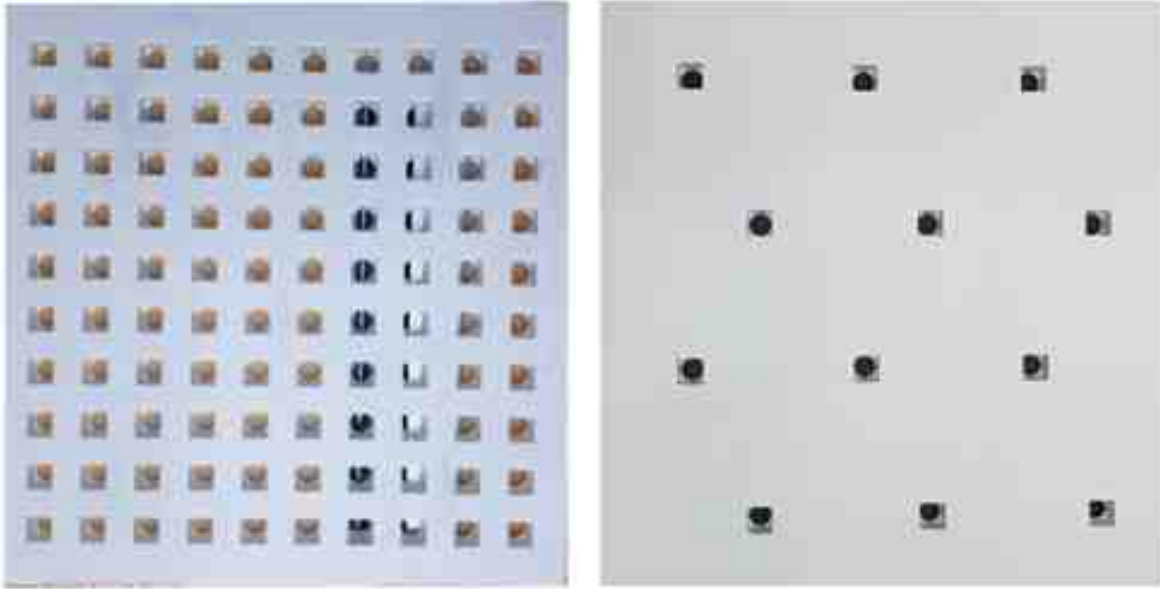
- 일체형 구조로 물빠짐이 원활하며, 청소 등 작업 효율성 증대가 가능
- 재배 베드는 2개의 퇴수 홈을 적용하고, 2단계의 수위 조절 마개를 사용하여 필요에 따라 물높이를 조절 가능하도록 구성
- 각 단의 재배 베드마다 양액 공급 밸브를 별도로 구성하여 양액 공급량 조절이 가능하도록 구성
- 무독성 PVC로 제작하고, 누수 방지 처리



[그림 2-1037] 보급형 재배 베드

○ 재배 패널

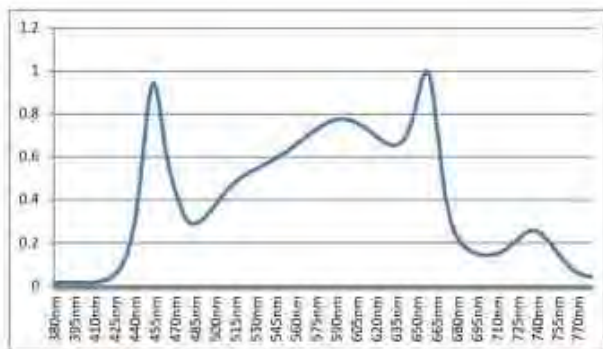
- 빛 투과율을 낮춰 재배 베드의 녹조 발생률 약 33% 저하
- 작업 동선 최소화를 위해 재배 패널을 서로 연결하고 소형 바퀴를 적용하여 좌우 슬라이드 움직임이 가능. 운반 작업 효율성 약 35% 증가
- 이식 재배 100홀 / 정식 재배 12홀로 작물 재배 공간 확보 및 생산 효율 최적화



[그림 2-1038] 보급형 재배랙용 이식 및 정식 패널

○ 식물생장 전용 LED

- 식물 광합성에 유효한 빛의 세기 (PPFD) 245로 식물재배에 최적화된 광량 조사
- Far-red, UV가 포함된 Full 스펙트럼으로 식물 성장 촉진
- 18W LED 활용으로, 기존 25W 사용 시보다 전력소모 28% 절감
- 육묘 / 정식 단계별 최적의 성장 환경을 구축하기 위해 실증된 LED의 단계별 활용



파장(nm)	비율
401~780	
401~500	19.83%
501~600	37.13%
601~700	35.37%
701~780	7.75%

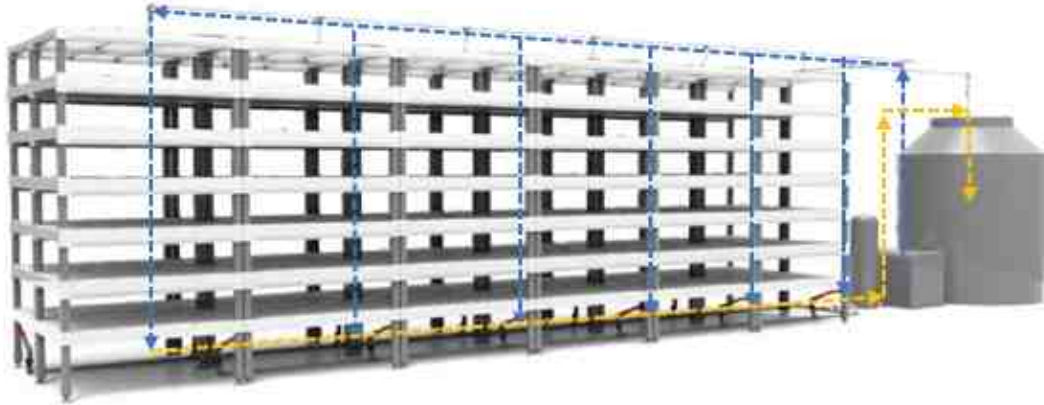
[그림 2-1039] Far-red가 포함된 최적의 광 스펙트럼 및 파장 비율



[그림 2-1040] LED 이미지 및 실제 사이즈

○ 양액 순환시스템

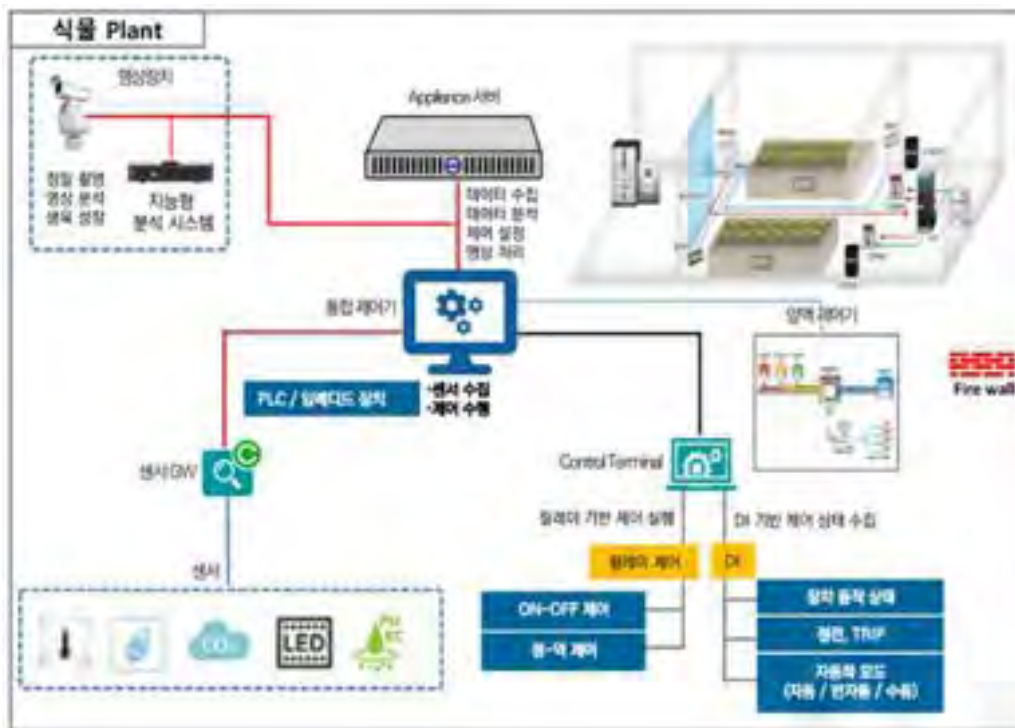
- EC/pH 측정값에 따라 필요 시점에 양액을 원수 탱크로 공급하도록 시스템 구성, 측정된 EC/pH 센서값은 통합 환경제어시스템으로 데이터를 전송
- 혼합된 양액은 공급 펌프를 통해 각 재배랙으로 공급되고, 양액 탱크의 수위에 따라 원수(수돗물 혹은 지하수)를 자동으로 공급
- 90% 이상 순환 사용으로 폐배양액의 발생을 최소화



[그림 2-1041] 보급형 식물공장 양액 순환 시스템

○ 환경 제어시스템

- 스마트팜에서 식물 성장을 위해 필요한 환경 요소들을 원격 제어 및 모니터링
- 온도, 습도, LED, 양액, pH, 기류 등 환경 요소 제어시스템
- PC / 모바일 환경 원격 제어 및 모니터링
- 주기적인 데이터 수집 및 축적으로 식물 생육 정보 확인 및 분석



[그림 2-1042] 자동 환경제어시스템 구성

3.4.3. 식물공장 엽채소 활용 샐러드 신제품 개발

(1) 개요

- 식물공장에서 생산된 엽채소를 이용하여 샐러드 신제품 개발 및 출시
- 온/오프라인 매장을 통한 판매 진행

(2) 접근방법

- 소비자들의 요구에 대응한 제품 구상
- 포기형 제품뿐만 아니라 다양한 토핑 및 드레싱을 적용한 제품군 확보 노력
- 식물공장 및 가공공장 수출 시 해당 정보 공유

(3) 연구내용

- 소비자들의 요구에 대응하기 위해 샐러드에 적합한 엽채류 품목 탐색
- 보급형 식물공장에서 재배가 적합한 품목 선발
- 가공라인 및 소비자 검토를 통해 제품 선발

(4) 연구결과

- 소비자의 요구를 충족시킬 수 있는 제품들로 구성된 식물공장에서 생산된 채소를 활용한 샐러드 가공 제품 및 원물 제품 개발
- 20종의 샐러드 가공 제품 및 원물 제품 개발 완료
- 안정적인 거래처 확보 및 지속적인 상품 공급 (마켓컬리 등)



[그림 2-1043] 인도어팜 가공 전용제품



[그림 2-1044] 인도어팜 원물 전용제품



[그림 2-1045] 인도어팜 손질 제품



[그림 2-1046] 스마트팜 친환경 채소 제품

3.5. 식물공장 운영기술 매뉴얼화, 가공공장 규모 결정 사례 및 타당성 검토

3.5.1. 식물공장 운영기술 매뉴얼(재배 및 운영) 작성)

(1) 개요

- 실제 식물공장 재배 및 운영을 위한 통합 매뉴얼 작성
- 식물공장 내 업무를 위한 작업공정 작업지시서 작성

(2) 접근방법

- 플랜티팜(주)의 식물공장 내 작업 환경을 바탕으로 자료 조사
- 재배팀과의 인터뷰를 통한 재배, 운영, 작업공정 등 세부 내용 수립

(3) 연구내용

- 파종부터 수확까지의 재배 공정 흐름도, 작업 순서 및 필요 도구 등 작성
- 식물공장 운영을 위한 설비 점검 관리 기준 작성
- 파종부터 수확까지의 작업을 위한 재배 생산 작업지시 및 기록서

(4) 연구결과

- 식물공장 재배 매뉴얼
 - 파종~육묘~이식~정식~수확~청소 등 재배 작업 구분
 - 각 재배 작업 마다의 동작 순서 및 필요 도구 작성 완료
 - 보다 쉽게 매뉴얼을 이해하기 위해 작업 순서마다 사진 자료 첨부
- 식물공장 운영 매뉴얼
 - 공장 내 주요 설비에 대한 관리 작업 구분
 - 각 설비들의 관리 항목, 관리 기준, 관리 주기 및 관리 방법 등 작성 완료
 - 제어기, 양액공급기, LED 시스템, 공조 시스템, 펌프 등



[그림 2-1047] 식물공장 재배 및 운영 매뉴얼 표지

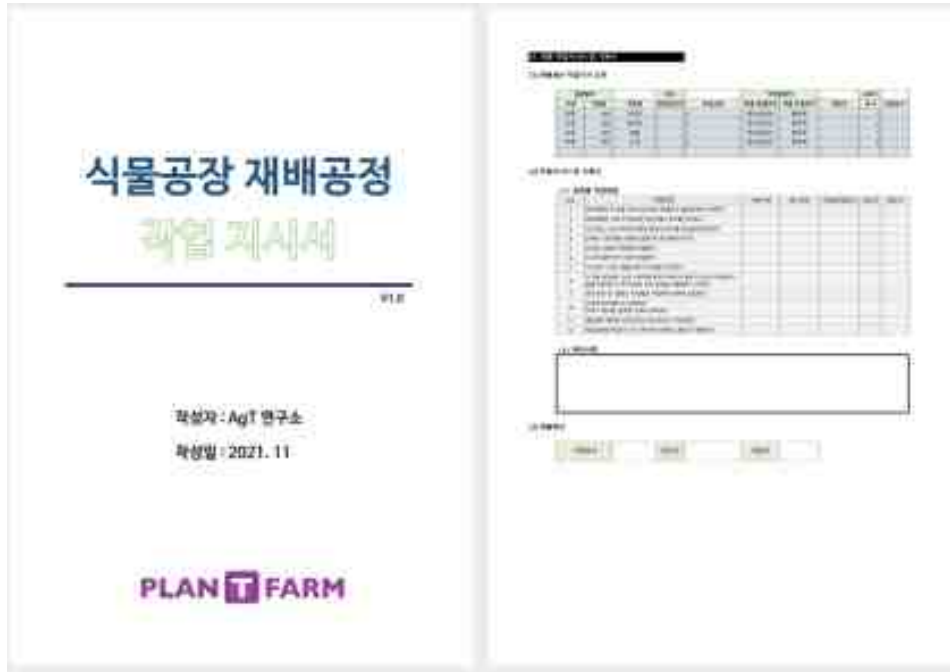
작업구분(작업명)	작업구분(작업명)	작업구분(작업명)	작업구분(작업명)	작업구분(작업명)
1. 파종		파종기 사용 - 파종기 사용 방법 - 파종기 사용 주의사항	파종기 사용 - 파종기 사용 방법 - 파종기 사용 주의사항	파종기 사용 - 파종기 사용 방법 - 파종기 사용 주의사항
2. 이식		이식기 사용 - 이식기 사용 방법 - 이식기 사용 주의사항	이식기 사용 - 이식기 사용 방법 - 이식기 사용 주의사항	이식기 사용 - 이식기 사용 방법 - 이식기 사용 주의사항
3. 수확		수확기 사용 - 수확기 사용 방법 - 수확기 사용 주의사항	수확기 사용 - 수확기 사용 방법 - 수확기 사용 주의사항	수확기 사용 - 수확기 사용 방법 - 수확기 사용 주의사항
4. 포장		포장기 사용 - 포장기 사용 방법 - 포장기 사용 주의사항	포장기 사용 - 포장기 사용 방법 - 포장기 사용 주의사항	포장기 사용 - 포장기 사용 방법 - 포장기 사용 주의사항

[그림 2-1048] 식물공장 재배 매뉴얼

작업구분(작업명)	작업구분(작업명)	작업구분(작업명)	작업구분(작업명)	작업구분(작업명)
1. 파종		파종기 사용 - 파종기 사용 방법 - 파종기 사용 주의사항	파종기 사용 - 파종기 사용 방법 - 파종기 사용 주의사항	파종기 사용 - 파종기 사용 방법 - 파종기 사용 주의사항
2. 이식		이식기 사용 - 이식기 사용 방법 - 이식기 사용 주의사항	이식기 사용 - 이식기 사용 방법 - 이식기 사용 주의사항	이식기 사용 - 이식기 사용 방법 - 이식기 사용 주의사항
3. 수확		수확기 사용 - 수확기 사용 방법 - 수확기 사용 주의사항	수확기 사용 - 수확기 사용 방법 - 수확기 사용 주의사항	수확기 사용 - 수확기 사용 방법 - 수확기 사용 주의사항
4. 포장		포장기 사용 - 포장기 사용 방법 - 포장기 사용 주의사항	포장기 사용 - 포장기 사용 방법 - 포장기 사용 주의사항	포장기 사용 - 포장기 사용 방법 - 포장기 사용 주의사항

[그림 2-1049] 식물공장 운영 매뉴얼

- 식물공장 작업공정 작업지시서
 - 파종~육묘~이식~정식~수확~청소 등 재배 작업 구분
 - 각 재배 공정의 작업지시 요약, 작업지시서 및 기록서 등 세부적으로 기입
 - 공정별 작업 방법을 통해 누구나 쉽게 식물공장 내 재배 작업 가능



[그림 2-1050] 식물공장 재배과정 작업지시서

3.5.2. 가공공장 규모 결정 사례 타당성 검토안 작성

(1) 개요

- 가공공장 규모 결정사례 및 타당성 검토
- 타당성 검토안 작성

(2) 접근방법

- 엽채류 및 베이비&새싹채소 기반 가공공장 사례 조사
- 사례 조사를 바탕으로 가공공장 규모 결정 시 고려사항 파악 (설비, 저장고 등)



(3) 연구내용

- 국내 가공공장 사례 조사를 통한 가공공장 사업 타당성 검토안 작성
 - 추후 수출 대상국의 사업화를 위한 기초 타당성 검토안 수립

(4) 연구결과

- 국내의 가공공장 사례 조사 완료
 - 엽채류 및 베이비&새싹채소 기반 국내 가공공장 사례 조사 결과, 규모는 최소 500 m²에서 최대 5000 m² 이상으로 조사되었음
 - 대부분의 가공공장이 식품안전관리기준(HACCP) 인증을 받았음
 - 일부 자동화를 위해 세척기, 탈수기, 절단기, 수조, 중량선별기, 금속검출기, 컨베이어벨트, 포장기, 자동 라벨러, 압축기 등이 설치
 - 가공 후 포장된 물품을 출하대기 및 보관할 저장고 별도 필요

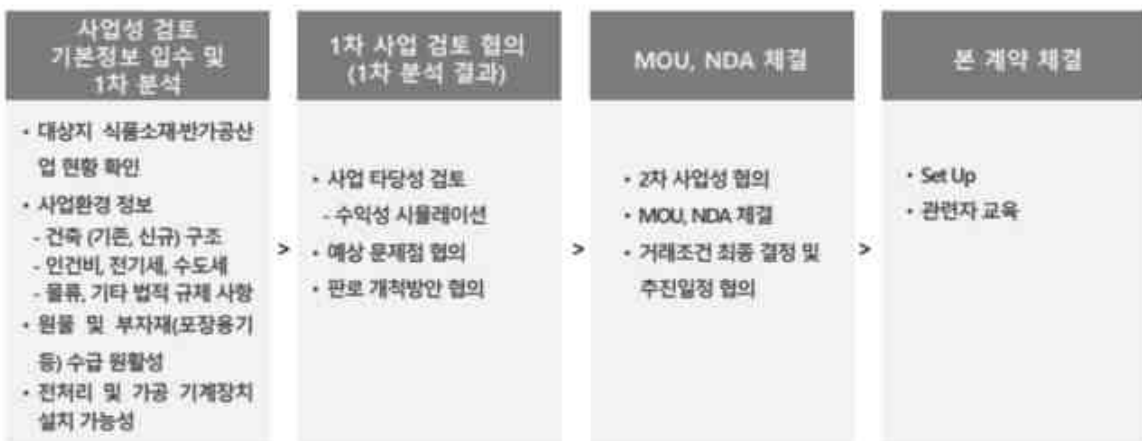
시설명	주요 조사내용		관련 자료
팜에이트 (평택공장①)	위치	경기도 평택시 진위면	
	공장 면적	1,485 m ²	
	가공 물품	토픽 샐러드, 소포장샐러드, 일반샐러드, 간편채소	
	작업	원물입고 → 저장 → 선별/절단/다듬기 → 세척 → 소독 → 행굼 → 탈수 → 내포장 → 금속검출기 → 외포장 → 출고	
기타	·식품안전관리기준(HACCP)이 적용됨 ·저장고(원물, 반제품, 공정품, 부산물, 완제품) ·작업장(선별, 절단, 세척, 소독행굼탈수, 내포장, 외포장)		
팜에이트 (평택공장②)	위치	경기도 평택시 진위면	
	공장 면적	4,384 m ²	
	가공 물품	새싹채소, 어린잎채소, 특수채소, 파프리카 (샐러드용)	
	작업	원물입고 → 저장 → 선별/절단/다듬기 → 세척 → 소독 → 행굼 → 탈수 → 내포장 → 금속검출기 → 외포장 → 출고	
기타	·식품안전관리기준(HACCP) 인증 완료		
팜에이트 (이천공장)	위치	경기 이천시 진상미로	
	공장 면적	3,531 m ²	
	가공 물품	신선편이 채소 (샐러드용)	
	작업	원물입고 → 저장 → 선별/절단/다듬기 → 세척 → 소독 → 행굼 → 탈수 → 내포장 → 금속검출기 → 외포장 → 검품 → 출하대기 보관 → 출고 → 배송	
기타	·2017년부터 운영, HACCP적용업소 인증 ·생산CAPA/일 : 35톤 ·외포장 공정 로봇자동화		
초록 이슬새싹	위치	경상북도 안동시 남선면	
	공장 면적	518 m ²	
	가공 물품	새싹채소, 베이비채소	
	작업	원물입고 → 저장 → 선별/다듬기 → 세척 → 소독 → 행굼 → 탈수 → 내포장 → 외포장 → 검품 → 출고 → 배송	
기타	·유은 복지 재단에서 운영중 ·장애인의 유형에 따라 작업공정을 세분화 및 업무 분담		

시설명	주요 조사내용		관련 자료
호안마켓	위치	경기도 양평	
	공장 면적	-	
	가공 물품	신선편이 채소 (샐러드용)	
	작업	원물상태 검사 → 세척 → 탈수 → 커팅 → 포장 → 보관 → 출고 → 배송	
스윗 밸런스	위치	경기도 성남	
	공장 면적	5619 m ²	
	가공 물품	신선편이 채소 (샐러드용)	
	기타	·식품안전관리기준(HACCP) 인증 완료 ·월 500만개 샐러드 제조 ·자동 생산 시스템 도입 예정	

○ 가공공장 타당성 검토안 작성 완료

- 수출 대상국의 사업화를 위한 기초 타당성 검토안 수립 (4단계)
- 제조원가, 수익성 검토 결과 등 사업성 검토자료 정립
- 식물공장(스마트팜)과의 연계를 위한 신선편이 농산물 시장규모, 샐러드 가공공장 등 현황분석 완료
- 채소절단기, 자동세척기 외 14 등 가공공장 필요 설비 분석 완료
- 도로 구조 및 입지 접근 용이성 판단을 위한 입지 여건 예시 작성 완료

가공공장 사업 타당성 검토안



가공공장 사업 타당성 검토안

■ 사업성 검토자료 정립 (초기투자 감가상각비, 제조원가, 조건별 수익성 검토 등 사업성 분석자료)

- 1) 제조 원가
 - I. 직접재료비
 - 1. 원물 매입금액(업체 과제 등)
 - 2. 부재료 매입금액
 - II. 직접노무비
 - 1. 직접급여
 - 2. 간접급여
 - III. 제조간접비
 - 1. 복리후생비
 - 2. 소모품비
 - 3. 수도비
 - 4. 전기비
 - 5. 열류비
 - 6. 잡비
 - 7. 임대관리비
 - 8. 감가상각비
 - IV. 당기총제조원가

2) 수익성 검토 결과

생산 구분	인위	일 생산량	일 생산원가	인가	금액	이익률
헥세타스	Kg					
헥타드 가공	G					

※ 기본 제조원가

■ 현황분석 (내외형)

• 신산업의 출현을 시정규로 추정

- 신산업의 출현은 시장규모를 확대, 그해차의 소폭수준 변동 1~2%가 될 것임이 불가 분
- 물류, 임대료, 원소, 기술, 인건비 등 원가를 제외, 신산업에의 신산업의 출현에 대한 시장 수요에 따라 시장 규모
- 비록 시장 및 신산업의 출현을 예상 가능한 것은 시장규모 확대에 따라 신산업의 출현을 가능

■ 현황분석 (내외형)

구분	신산업 (1)	신산업 (2)	신산업 (3)	신산업 (4)	신산업 (5)
시장					
규모	1,425,000	8,334,000	3,333,000		5,119,000
제품	플라스틱, 고무 등 제품, 플라스틱, 금속 등	플라스틱, 고무 등 제품, 플라스틱, 금속 등	신산업 제품 (플라스틱)	신산업 제품 (플라스틱)	신산업 제품 (플라스틱)
비고	- 신산업의 출현 시정규로 추정	- 신산업의 출현 시정규로 추정	- 신산업의 출현 시정규로 추정		- 신산업의 출현 시정규로 추정

■ 필요 설비 분석 (내외형)

구분	내외형	구분	내외형
1. 유체공정		9. 열수공정	
2. 자동제어기(PLC)		10. 산물 컨베이어 1	
3. 냉각수기계		11. 산물 컨베이어 2	
4. 전압수기계		12. 곡물 컨베이어 1	
5. 공압공정		13. 곡물 컨베이어 2	
6. 반자동 컨베이어		14. 포장 컨베이어	
7. 압입 장치		15. 자동제어장치	
8. 분할장치		16. 압축기	

■ 입지 여건 (내외)

• 주소: 경기도 양주시 양원면 서현로

- 인근한 도로(신산업 전용 도로) 시설 계획, 입지(신산업 전용 도로)에 위치
- 주요 도로(신산업 전용 도로, 양원-서현, 양원-화성, 양원-화성, 양원-화성)
- 주요 도로(신산업 전용 도로)에 위치 가능
- 주요 도로(신산업 전용 도로)에 위치 가능
- 수도권 신산업(신산업)이 모두 존재하는 지역으로, 신산업(신산업)에 위치할 수 있음
- 신산업(신산업)에 위치 가능
- 신산업(신산업)에 위치 가능

[그림 2-1051] 가공공장 타당성 검토안

3.5.3. 식물공장 기본 구성 요소, 식물공장 제어 및 관리 요소 결정

(1) 개요

- 식물공장 내 필수 기본 구성 요소 결정
- 식물공장 운영을 위한 제어 및 관리 요소 결정

(2) 접근방법

- 구축된 식물공장을 바탕으로 기본 구성요소 및 제어·관리요소 검토

(3) 연구내용

- 식물공장 내 작물 재배시 필요한 기본 구성(광, 온도, 이산화탄소, 기류 등) 조사
- 기본 구성을 바탕으로 제어 및 관리에 요구되는 시스템 조사 및 결정

(4) 연구결과

- 국내 식물공장 시스템을 바탕으로 자료 조사
- 식물공장 기본 구성 요소 9가지 결정 완료
 - 식물공장은 외부 환경의 영향을 최소화한 인위적 환경 안에서 작물을 생산하는 시스템
 - 외부 환경을 인공적으로 만들어 줄 수 있는 시스템으로 구성 요소 선정
 - 재배베드 및 재배랙 시스템, 인공광 시스템, 온도 시스템, 습도 제어기, 기류 시스템, 양액시스템 등
- 각 기본 구성 요소의 제어 및 관리 요소 결정 완료
 - 실제 식물공장 운영에 이용되고 있는 요소들로 구성
 - 제어 요소 : 식물 및 재배 환경에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 요소
 - 관리 요소 : 각 시스템의 작동 여부, 센서 값 확인 등 시스템 관리에 필요한 요소

(가) 재배베드 및 재배랙 시스템

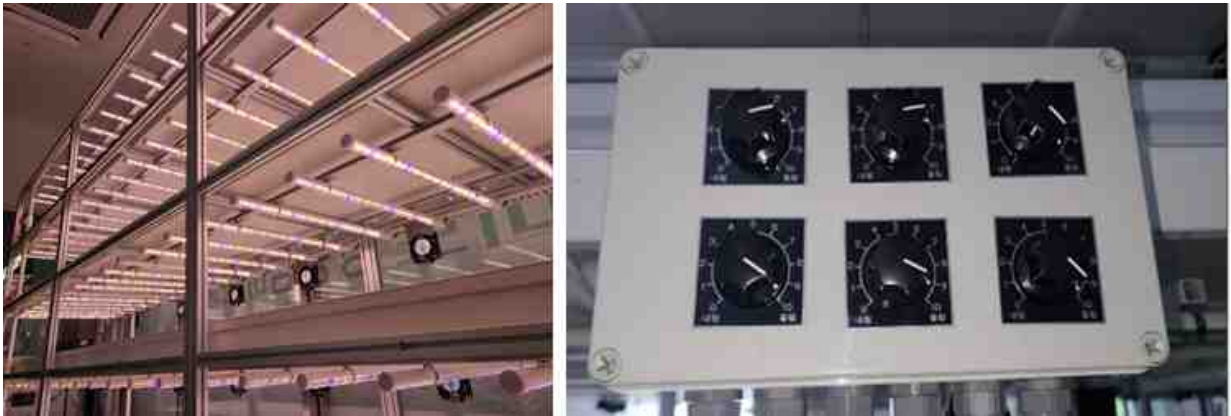
- 작물지지, 뿌리 보호, 양액 공급 등 작물이 자라는 시스템 PVC 등으로 많이 제작됨
- 재배랙의 경우 작물의 재식거리, 생육 단계 등을 고려하여 홀의 수를 다르게 제작함
- 재배단수는 4단~12단 등 다양하게 사용되며, 재배단의 높이는 대략 30~60cm를 기준으로함
- 제어 요소 : 재배 단수, 재배단의 높이
- 관리 요소 : 베드 내 양액, 이물질, 녹조 청소



[그림 2-1052] 재배베드 및 재배랙 시스템

(나) 인공광 시스템

- 외부 태양광을 대신하여 실내에서 인위적으로 광 공급을 위한 시스템
- 대체적으로 LED 광원의 사용 비율이 높음
- 제어 요소 : 광주기, 광도, 광질 등
 - 광주기 : 24시간을 기준으로 식물이 광에 노출되는 시간을 말하며 타이머로 작물에 맞게 시간 제어 가능
 - 광도 : 광의 세기(단위: $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-2}$)를 말하며 조절장치(dimmer) 또는 작물과의 거리를 조절하여 제어 가능
 - 광질 : 광의 스펙트럼을 말하며 파장대 별로 식물의 광합성 및 생리적인 현상에 직접적으로 관여하고 LED의 단색 비율을 조합하여 다양한 광질 제작 가능
 - 관리 요소 : LED 작동 여부, LED 수명



[그림 2-1053] LED 시스템 및 조절장치(dimmer)

(다) 이산화탄소 시스템

- 작물의 광합성 효율을 높이기 위한 이산화탄소 공급 시스템
- 식물의 이산화탄소 포화점은 보통 $700\sim 1200\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 임(대기의 경우 약 $400\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)
- 액화 이산화탄소 등으로 식물에게 공급 가능
- 제어 요소 : 이산화탄소 농도 (센서를 통한 수치 확인)
- 관리 요소 : 액화 이산화탄소량 확인, 센서 정상 작동 여부



[그림 2-1054] 이산화탄소 공급장치 및 센서

(라) 온도 조절 시스템

- 식물공장 내 온도 조절에 필요한 난방 및 냉방 시스템
- LED 발열으로 인한 온도 상승 등 적정 온도 유지 필요
- 제어 요소 : 주·야간 온도
- 관리 요소 : 냉난방기 작동 여부



[그림 2-1055] 온도 조절을 위한 냉난방기 (유니트쿨러, 시스템 에어컨 등)



[그림 2-1056] 온습도 센서

(마) 습도 제어기

- 식물공장 내 습도 조절에 필요한 시스템
- 상대습도는 식물공장 내부의 온도, 작물의 증산량 등에 영향을 받음
- 식물 생장에 적합한 상대습도 : 60~70%
- 상대습도가 높을 경우, 곰팡이 등 병해 발생률 증가
- 제어 요소 : 주·야간 상대습도(%)
- 관리 요소 : 가습기 및 제습기 작동 여부, 가습기의 내부 수분량 확인, 제습기 물통 교체 등



[그림 2-1057] 습도 제어기(가습기, 제습기)

(바) 기류 시스템

- 식물공장 내 공기 유동 균일화를 위한 기류 시스템
- 내부 통로 및 천장에는 서큘레이터를, 재배단에는 소형팬을 주로 설치
- 기류 발생에 따른 작물 성장 촉진 및 내부 공기 환경의 균일한 흐름 조성
- 제어 요소 : 풍량, 풍속 등
- 관리 요소 : 팬의 위치, 팬의 수, 팬의 작동 여부



[그림 2-1058] 기류 시스템(서큘레이터, 소형팬)

(사) 양액 공급 시스템

- 수경재배를 이용한 식물의 적정 근권환경을 제어하는 시스템
- 필수 다량원소, 미량원소가 함유된 농축 배양액을 원수에 섞어 공급
- 순환되는 양액을 재활용 하기위해 폐양액 분리 장치 등 사용 가능
- 외부 온도에 의해 수온이 올라갈 경우, 칠러를 설치하여 적정 수온 조절 가능
- 제어 요소 : pH, Ec, 수온, 폐양액 등
- 관리 요소 : pH/Ec 센서 작동 여부, 양액 잔량, 펌프 작동 상태, 칠러 냉매량, 폐양액 분리장치 작동 여부



[그림 2-1059] 양액공급시스템 및 폐양액 분리 장치

(아) 원격 환경제어시스템

- 내부에 설치된 각 환경별 센서를 통해 측정된 값을 모니터링 할 수 있는 시스템
- 인터넷이 연결된 컴퓨터와 스마트폰과 같은 개인휴대단말기를 이용하여 원격으로 작동 대상을 확인할 수 있는 기능 구현
- 실시간 모니터링을 통해 작물 상태, 재배실 상황 및 기기 작동 상태를 확인하여 제어 범위 이탈 시, 조속한 대응 가능
- 제어 요소 : 광, 온도, 이산화탄소, pH/EC 등
- 관리 요소 : 실시간 제어 항목별 수치 확인



3.6. 수출모형 K-Plant 검정을 위한 테스트베드 운영

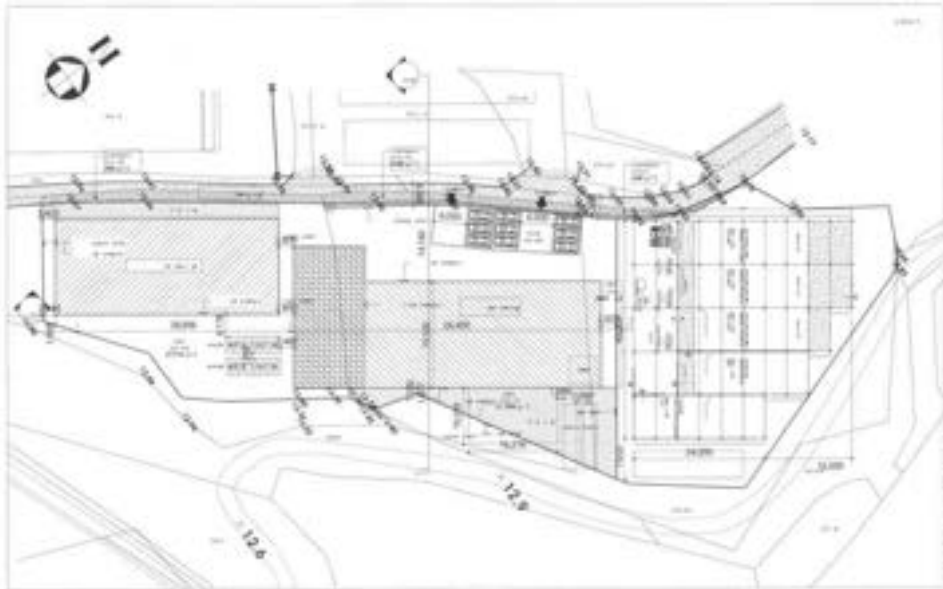
3.6.1. 테스트베드 운영 계획

(1) 개요

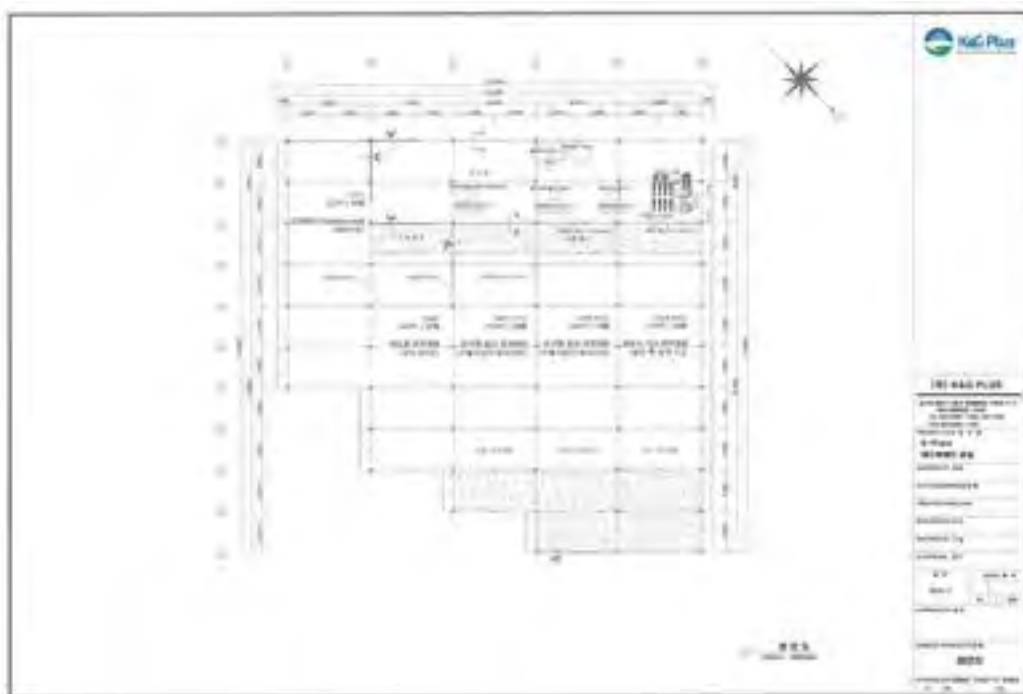
- 다양한 수출환경에 최적화한 스마트팜 K-플랜트 및 보급형 WEF 효율화 장치
 - 실증 테스트를 위해 플랜티팜(주)에 418평 (1,376m²)의 테스트 베드 구축
- 참여기관: 농어촌연구원, 플랜티팜(주), (주)아주강재, (주)청오엔지니어링, (주)조인트리, (주)지엔지테크놀러지, K&G 플러스, (주)세슬프라이머스, (주)로보게이트
- 참여기관이 테스트베드 활용 희망할 경우, 해당 기관이 연구계획을 수립하여 플랜티팜에 제시하면 그에 맞게 실험 장소 제공 및 작물 재배를 지원하고, 테스트 결과 도출 및 평가는 해당 기관에서 수행함
- 온실은 3구획으로 구축했고, 엽채류와 허브류 재배시설은 기구축하여 운영 중

[표 2-381] 테스트 베드 내 구획 면적 및 구획별 재배 품목

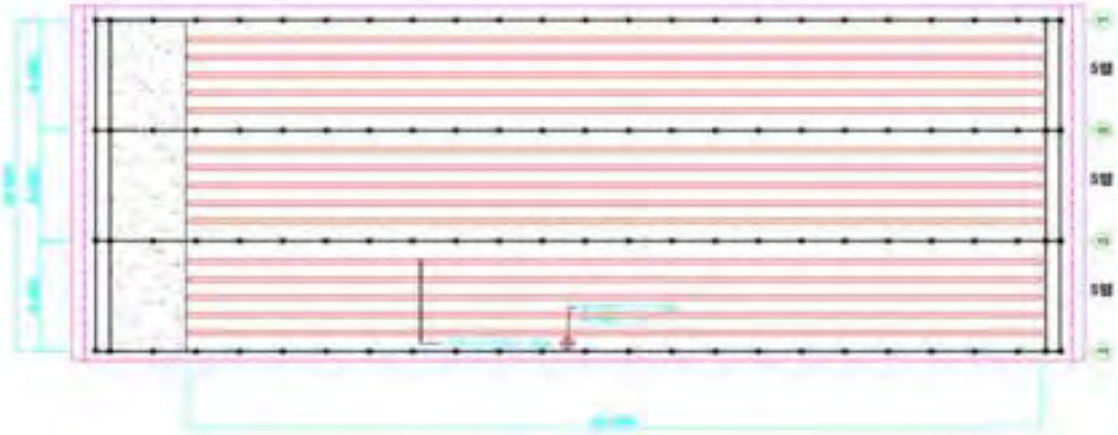
블록	작물	면적	비고
1	토마토 (완숙, 방울)	175평(576㎡)	
2	허브	58평(192㎡)	
3	엽채류	58평(192㎡)	
4	기계실 및 창고	127평(416㎡)	
합계		418평(1,376㎡)	



[그림 2-1060] K-Plant 테스트 베드 구축지 및 온실 배치 평면도



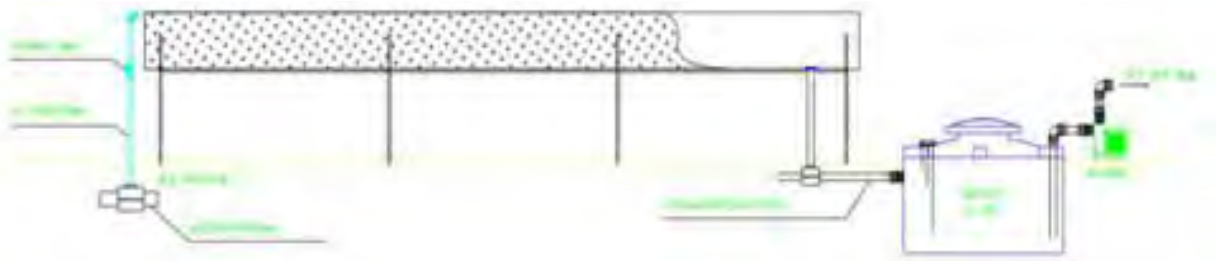
[그림 2-1061] K-Plant 테스트 베드 온실 평면도



[그림 2-1062] 토마토 재배베드 평면도



[그림 2-1063] 벤치 설치 상세도 (1)



[그림 2-1064] 벤치 설치 상세도 (2)

(2) 접근방법

- 테스트 베드 내 기본적인 작물 재배 시스템은 플랜티팜(주)에서 확립
 - 작물재배 : 플랜티팜(주)에서 전문인력 채용하여 배치
 - 재배수익 : 플랜티팜(주)에서 시설물 운영비로 활용
- 테스트 베드를 활용한 연구 수행 절차 수립
- 각 기관에서 보급되는 테스트 장비를 설치하여 운영
- 요소기술 성능시험 : 수출연구사업단이 총괄하고 각 연구기관별로 실시
- 구획 구분 : 총 3구획

(가) 1구획: 토마토 재배(양액재배, 배지경-암면, 1줄기 재배)

- 양액재배: 양액을 비순환식으로 관리하다가 전담 재배사가 재배 노하우 및 기술이 체득되면 순환식 양액재배 실시
- 고설베드 설치 후 재배
- 배지경 : 암면셀(육묘) - 암면큐브(이식) - 코코피트 슬라브(정식)
- 1줄기 유인 재배



[그림 2-1065] 고설벤치를 활용한 토마토 1줄기 유인 재배

(나) 2구획: 샐러드 채소

- 순환식 양액재배
- 고설베드 설치 후 재배(
- 순수수경 - NFT방식(베드 형태 - 거터)
- 순환식 양액재배 전용 양액공급기(제어기) 설치



[그림 2-1066] 거터방식으로 재배 중인 상추

(다) 3구획: 허브 및 특용 작물

- 분화재배
- 강망베드 이용
- 분화재배 - 고품비료(퇴비)사용 + 원수 두상관수
- 재배 중 필요 시 점적관수 시스템 설치(관비재배)



[그림 2-1067] 강망베드를 활용한 분화재배

(3) 연구내용

- 테스트 시설 구축 및 장비 설치, 활용
- 시설 및 장비를 이용한 엽채류, 허브류 및 과채류 재배
- 재배 계획 : 구획별로 계획 수립

(가) 1구획(토마토 재배)

- 총 재배 기간 : 2021년 7월 ~ 2021년 11월
- 육묘 기간 : 2021년 7월 ~ 동년 8월
- 정식 : 파종 후 30~35일
- 모종을 코코피트 슬라브에 정식
- 첫 수확 : 2021년 10월
- 매주 수확 및 유인, 적엽 작업 실시
- 재배 환경 관리 및 양액 관리는 전담 연구사가 수행하고, 재배 전문가로부터 코칭을 받음
- (주)KT의 환경제어시스템 및 (주)청호엔지니어링의 양액재활용시스템 실증 테스트 실시
- 배지 내 양액 관리 시스템 실증 테스트 예정

(나) 2구획(샐러드 채소 재배)

- 재배 개시: 2020년 4월 ~
- 매주 파종, 정식, 수확 각 1회 실시 - 포기 수확 실시

- 실재배면적에 따른 정식 주수 및 총 재배기간 파악 후 매주 파종량 설정
- 품종 : 첫 재배 시 다양한 품종 재배 후 적정 품목 선별 진행
- 육묘 : 육묘용 식물공장에서 실시(육묘기간 파종 ~ 파종 후 20일)
- 적정 지지물 선발 필요(최초 우레탄 스펀지 활용 예정)
- 정식 후 재배 : 최대 60일
- 포기당 150g 도달 시 수확; 품종별 재배 일수 확보 필요
- 친환경재배 실시; 필요시 작물보호제 살포
- 지열냉난방 시스템을 활용하여 한여름 냉방을 통한 샐러드채소 재배 가능성 파악
- 세슬프라이머스의 환경제어시스템 실증 테스트 실시
- ㈜로보게이트의 재배공정자동화장치 실증 테스트 실시

(다) 3구획(허브 및 특용작물 재배)

- 재배 개시: 2020년 4월
- 1회 파종 및 정식 실시 후 연속 수확 실시
- 최대 재배 기간 확보
- 추비 시기 확보
- 품종 : 플랜티팜(주)에서 구매되어 사용되는 품목으로 선정
- 소량 구매되는 품목 위주로 선정
- 육묘 : 육묘용 식물공장에서 실시(육묘기간 파종 ~ 파종 후 40일)
- 공정육묘 트레이 및 상토 활용
- 육묘 기간 동안에는 양액재배 실시
- 정식 후 재배 : 최대 1년
- 1년 이후에는 분갈이 또는 식물체 갱신 실시
- 친환경재배 실시; 필요시 작물보호제 살포
- 지열냉난방 시스템을 활용하여 한여름 냉방을 통한 허브 및 특용작물 재배 가능성 파악

(4) 연구결과

○ 테스트 시설 구축

- 엽채류, 허브류 재배 시설 구축 완료 (3차년도)
- 토마토 재배 시설 구축 완료(4~5차년도)
- 단일 순환 펌프형 지열 시스템 설치 완료(3차년도)
- FCU 시스템 설치 완료(3차년도)
- K-Plant 통합관제 시스템 설치 완료(5차년도)
- 청오엔지니어링 양액공급시스템 설치 완료(3차년도)



[그림 2-1068] 허브류, 엽채류, 과채류, 재배실



[그림 2-1069] 테스트베드 온실 외관



[그림 2-1070] 단일 순환 펌프형 지열 시스템



[그림 2-1071] 지열 시스템과 연결된 FCU 시스템 ①



[그림 2-1072] FCU 시스템 ②



[그림 2-1073] 양액공급시스템

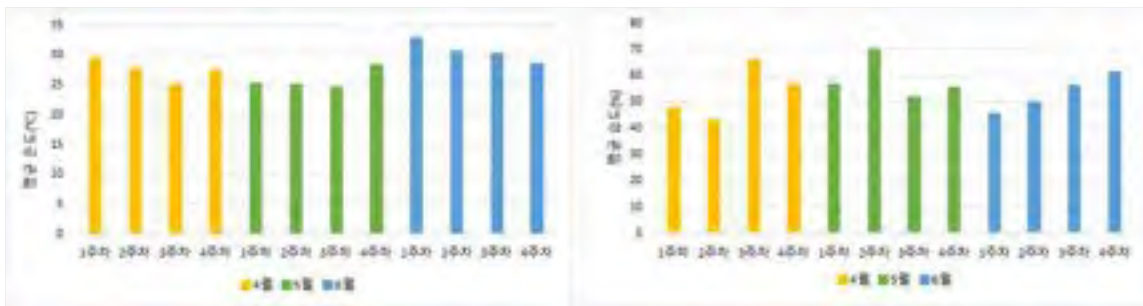


[그림 2-1074] K-Plant 통합관제 시스템

○ 테스트베드 재배 운영

(가) 허브류 (4차년도)

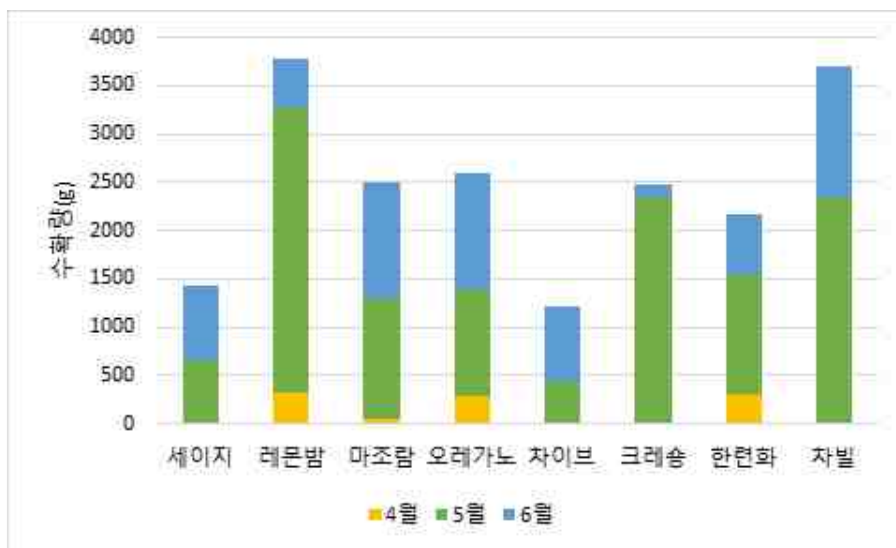
- 품종(8) : 셰이지, 레몬밤, 마조람, 오레가노, 차이브, 크레송, 한련화, 차빌
- 재배 일수 : 총 90일
- 정식 주수(화분 수) : 평균 150주



[그림 2-1075] 허브 재배실 평균 온습도



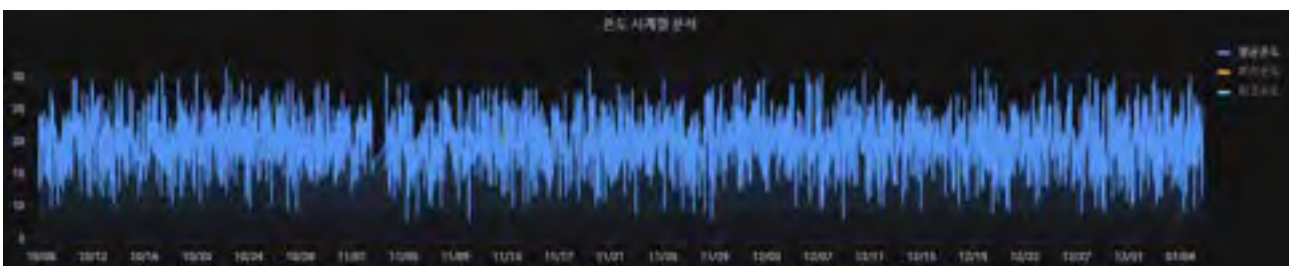
[그림 2-1076] 테스트베드에서 재배 중인 허브 작물



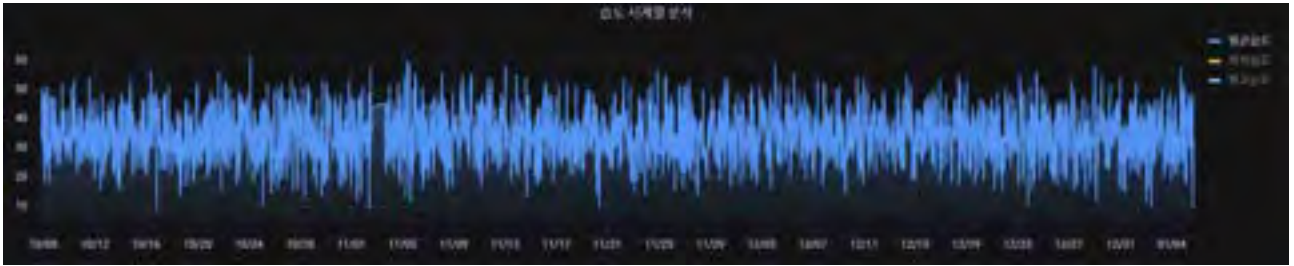
[그림 2-1077] 3개월 허브류 수확량(g)

(나) 엽채류 (5차년도)

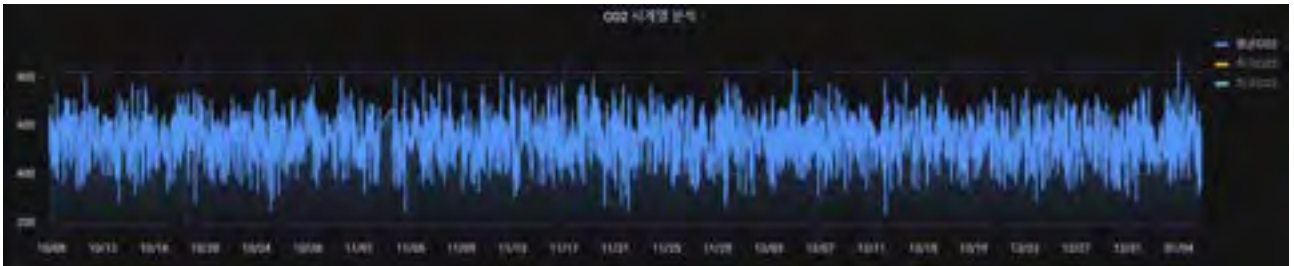
- 품종(3) : 버터헤드레터스, 스텔릭스, 카이피라
- 재배 일수 : 평균 40일
- 정식 주수(화분 수) : 평균 260주
- 재배방식 변경 : 기존 거터방식 → 플랜티팜(주) 보급형 재배랙을 활용한 담액방식
- 보급형 재배랙 및 재배베드로 재배방식 변경
- 사유 : 플랜티팜(주)가 가진 재배 노하우를 적극적으로 활용하기 위함
- 주 평균 포기당 감소 이유 : 동절기에 따른 적정온도 유지 어려움에 의한 생육저조



[그림 2-1078] 엽채류 재배실 평균 온도(K-Plant 통합관제 시스템)



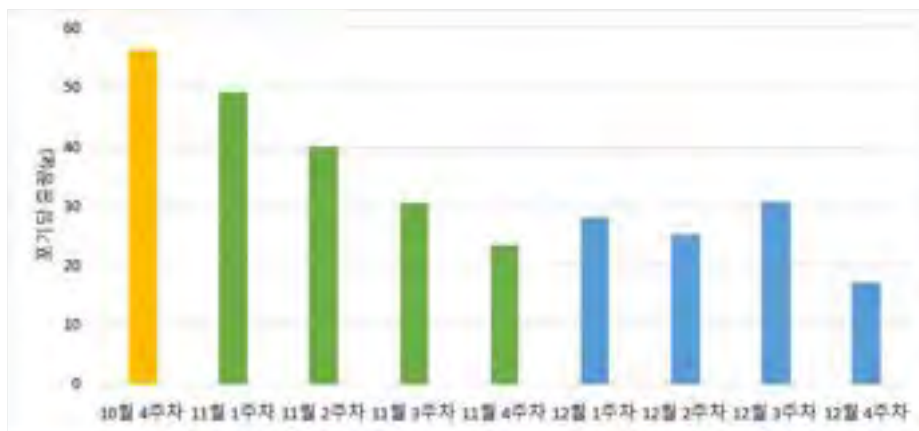
[그림 2-1079] 엽채류 재배실 평균 습도(K-Plant 통합관제 시스템)



[그림 2-1080] 엽채류 재배실 평균 CO2(K-Plant 통합관제 시스템)



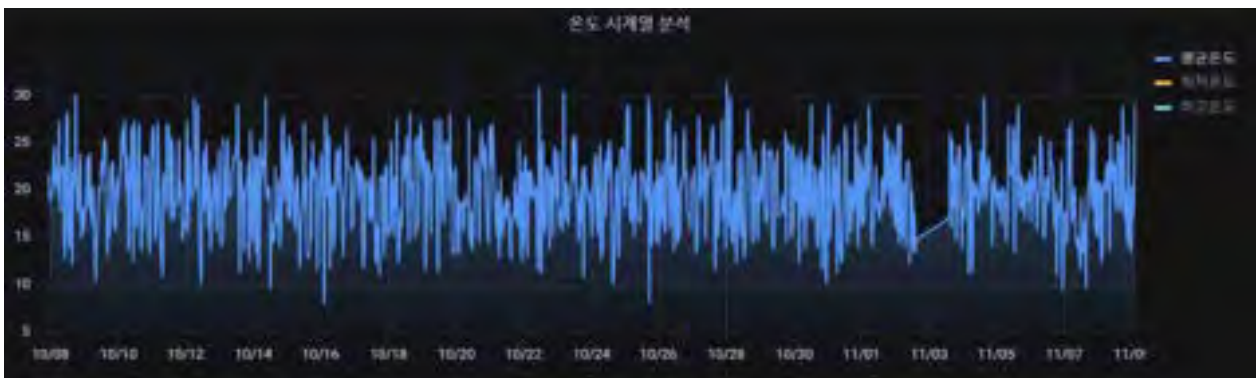
[그림 2-1081] 테스트베드에서 재배 중인 엽채류



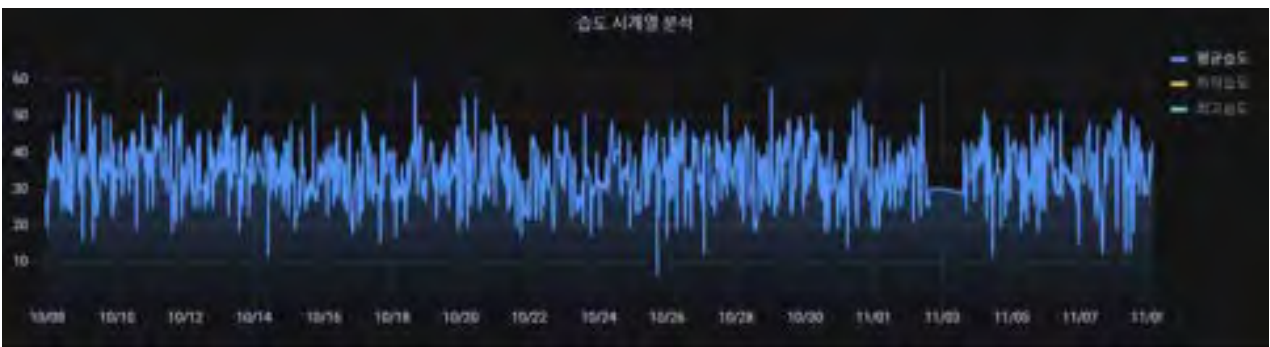
[그림 2-1082] 주 평균 포기당 달성 중량(g)

(다) 토마토 (5차년도)

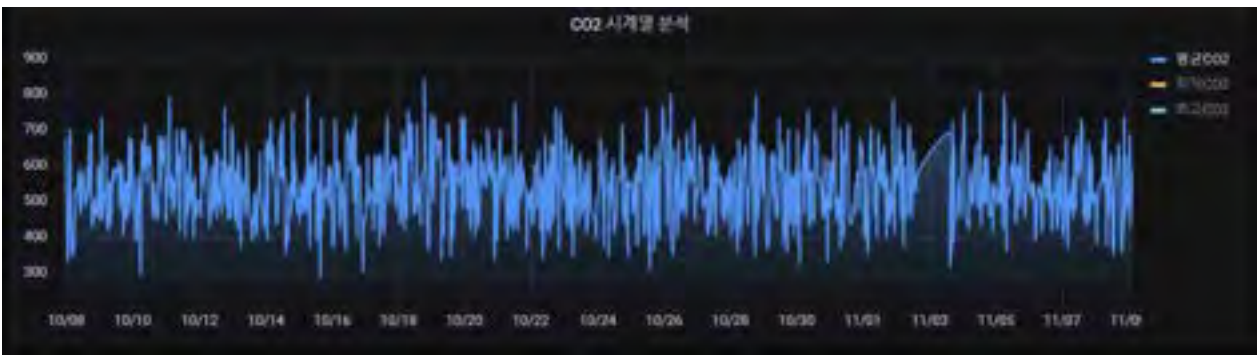
- 품종(2) : 대장금(원형, Mikado), 스텔리우스(대추형, Enza)
- 재배 일수 : 총 124일
- 정식 주수 : 1150주
- 총 수확량 : 40.9 kg
- 수확률 저조 사유
- 환기팬이 설치되어있지 않아 기류 발생이 어려움
- 온실 설치 위치(동향) 및 인공광 미설치로 인한 광부족
- 이산화탄소 부족으로 인한 광합성율 저조
- 수확 적기, 유인줄 및 파스칼 지지대 파손 발생
- 파손으로 인한 시설 사용 불가능 및 작물 상처 등 발생



[그림 2-1083] 토마토 재배실 평균 온도(K-Plant 통합관제 시스템)



[그림 2-1084] 토마토 재배실 평균 습도(K-Plant 통합관제 시스템)



[그림 2-1085] 토마토 재배실 평균 CO2(K-Plant 통합관제 시스템)



[그림 2-1086] 테스트베드에서 재배 중인 방울토마토



[그림 2-1087] 수확된 방울토마토 2품종



[그림 2-1088] 방울토마토 한 달 수확량(kg)

제10절. 스마트팜 재배공정 자동화 시스템 개발

3-3 세 부

(로보게이트) 스마트팜 재배공정 자동화 시스템 개발

1. 최종목표

구분 (연도)	세부과제명	구분	내용
2차 년도	스마트팜 재배공정 자동화 시스템 개발	최종목표	·스마트팜 재배공정 자동화시스템 설계 및 Prototype 제작
		세부목표	·스마트팜 재배공정 요구분석 ·스마트팜 재배공정 자동화 컨셉설정 및 디자인 ·스마트팜 재배공정 자동화 시스템 디자인 및 모형제작
3차 년도	스마트팜 재배공정 자동화 시스템 개발	최종목표	수경재배 자동화 라인 상품화 개발
		세부목표	- 수경재배 자동화 라인 상세설계 - 수경재배 자동화 라인 효율분석/개선 - 단위공정별 로봇 자동화 방안 도출 - 수경재배 자동화 라인 상품화 전략 수립
4차 년도	스마트팜 재배공정 자동화 시스템 개발	최종목표	○수출형 식물공장 자동화 솔루션 개발 상품화 및 수출전략 수립
		세부목표	○ 식물공장 자동화 라인 상품화/상용화 개발 및 수출 전략 수립 - 식물공장 자동화 라인 수출상품 확대 라인업 컨셉개발/ 시제품 제작 - 식물공장 자동화 상품 효율분석/개선 및 상용화 진행 - 식물공장 자동화 라인 수출 상품화 전략 수립
5차 년도	스마트팜 재배공정 자동화 시스템 개발	최종목표	○수출형 식물공장 자동화 솔루션 개발 상품화 및 수출전략 수립
		세부목표	○ 식물공장 자동화 라인 상품화 개발 및 수출 전략 수립 - 식물공장 자동화 라인 상품화개발 - 식물공장 자동화 라인 테스트베드 적용 - 식물공장 자동화 라인 마케팅 전략

2. 목표 및 결과

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
2차 년도	스마트팜 재배공정 자동화 시스템 개발	스마트팜 재배공정 요구분석 (Case Study / Bench Marking / Needs Analysis)	○ Bench Marking - 선진 시스템 벤치마킹 ○ Case Study - 국내외 현장 답사 프로세스 분석 ○ Needs Analysis - 스마트팜 재배공정 자동화 요구분석 도출	○특허분석/출원완료 ○수경재배공정 분석완료
		스마트팜 재배공정 자동화 컨셉 설정 및	○ PI - 작물 및 프로세스의 정립 ○ Concept Design - 자동화	○ 수경재배공정 중 Transplant 공정, 수확공정, 포장공정 자동화 컨셉

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
		디자인 (Concept Design)	<ul style="list-style-type: none"> 프로세스 범위의 설정 자동화 도구의 선택 (효율, 경제성 검토) 	디자인 완료
		스마트팜 재배공정 자동화 시스템 디자인 (3D Design)	<ul style="list-style-type: none"> 확정된 프로세스 Test Bed 3D Modeling Moduler Design - 향후 판매단위별 확장 가능성 고려한 디자인 3D Design - Virtual Model Design 	<ul style="list-style-type: none"> 수경재배공정 중 Transplant 공정 자동화 시스템 디자인 완료
		스마트팜 재배공정 자동화 시스템 전시용 축소 모형 제작 (Mockup)	<ul style="list-style-type: none"> 실제 자동화 구현 모델의 축소모형 제작 시현 검토 검증 된 모델의 향후 전시 활용 	<ul style="list-style-type: none"> Mockup 모형 제작
3차 년도 (2019)	수경재배 자동화 라인 상품화 개발	- 수경재배 자동화 라인 상세설계	<ul style="list-style-type: none"> 수경재배 자동화 라인 단위 공정별 상세설계, 수경재배 자동화 라인 전체 공정 3D 설계 	<ul style="list-style-type: none"> 수경재배 자동화 라인 단위 공정인 이식과정을 자동화 할 수 있는 장치에 대해 상세설계 상기 장치에 대한 2D/ 3D 설계 완료
		- 수경재배 자동화 라인 효율 분석/개선	<ul style="list-style-type: none"> 수경재배 자동화 라인 단위 공정별 효율분석/개선 수경재배 자동화 라인 전체 공정 효율분석/개선 	<ul style="list-style-type: none"> 시제품 제작을 통해 시험, 추가 기능 개선 진행 완료 (특수 그리퍼, AI 연구, Vision, 수직컨베이어 구조개발 등) 최종 특허출원 완료
		- 단위공정별 로봇 자동화 방안 도출	<ul style="list-style-type: none"> 수경재배 자동화 라인 단위 공정별 로봇기술 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 이식 자동화 장치에 로봇암, 리니어 통합 프로그래밍 환경을 적용함. 로봇암, 리니어 적용 시스템 3D 작성.
		- 수경재배 자동화 라인 상품화 전략 수립	<ul style="list-style-type: none"> 수경재배 자동화 라인 단위 공정별 대체기술 분석 수경재배 자동화 라인 상품화 전략 수립 	<ul style="list-style-type: none"> 선행기술 조사 수행 (선행기술조사보고) 작성 완료 업계동향 조사 및 동향보고서 작성 완료 상품화 전략 및 방안 수립
4차 년도 (2020)	스마트팜 재배공정 자동화 시스템 개발	식물공장 자동화라인 수출상품 확대 라인업	<ul style="list-style-type: none"> 수경재배 자동화 라인 컨셉 개발 비전, AI 연구 및 AGV 상품라인업 추가개발 	<ul style="list-style-type: none"> 수경재배 자동화 라인 공정분석 각 단위공정간 연계방안 AGV+Arm 컨셉개발, 2D/ 3D 설계 Machine Vision AI 연구 AGV 자율주행 SLAM 기술연구
		식물공장 자동화 상품화 효율분석/개선 /시제품 제작 개발	<ul style="list-style-type: none"> 시제품제작, 시험 품질보완 상품 라인업 보강 	<ul style="list-style-type: none"> 자동이식로봇 + Bed 이송 협동로봇 Arm 테스트 AGV 신규개발 설계 1차 제작 AGV 3D 시뮬레이션 동력학 및 구조 해석 수행 AGV 개선모델 2차 시제품제작

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
		식물공장 자동화 라인 수출 상품화 개발 및 마케팅 전략 수립	<ul style="list-style-type: none"> 수경재배 자동화 라인 수출 상품화 마케팅 전략 현지 AS 전략 등 	<ul style="list-style-type: none"> 자동화 동향보고서 작성. 사용자 매뉴얼 작성. 드론 외 기타 주요 농업용 자동화 솔루션 확대 검토 통한 상품 포트폴리오 작성.
5차 년도 (2020)	식물공장 자동화 라인 상품화 개발 및 수출전략수립	식물공장 자동화 라인 수출상품화 개발	<ul style="list-style-type: none"> 식물공장 자동화 라인 상품화 개발 식물공장 자동화 라인 운영 및 관리 매뉴얼 	<ul style="list-style-type: none"> 엽채류 수경재배 자동화 공정 구체화 및 개별 상품화 개발 - 도면 및 공정도 이/정식 로봇 포트 이송용으로 구조변경 재배 베드 이송용 자율주행 모바일 로봇제작 회전식 거치대 적용 자율주행 AGV 제작 자율주행 운반카트 연계시스템 개발
		식물공장 자동화 라인 테스트 베드 적용	<ul style="list-style-type: none"> 식물공장 자동화 라인 상품의 테스트 베드 구축 식물공장 자동화 라인 공급/설치 방안 	<ul style="list-style-type: none"> 자동화용 재배 베드, 포트 신규 제작 시제품 제작 및 사내 테스트베드 적용/시험 소프트 그리퍼 적용 과일 분류 로봇 수정 엽채, 과채, 근채류 대상 식물공장 자동화 라인 상품화 개발 - 도면 및 공정도 식물공장 자동화 라인 공급/설치 방안 작성 신규 특허출원 2건, 특허등록 1건
		식물공장 자동화 라인 마케팅 전략	<ul style="list-style-type: none"> 식물공장 자동화 시장조사 식물공장 자동화 라인 마케팅 	<ul style="list-style-type: none"> 선행기술 조사 수행 (선행 기술 조사보고) 및 동향 보고서 작성 완료 전시회 참가 마케팅 전략 수정 보완.

3. 세부 연구결과

3.1. 스마트팜 재배공정 요구분석

3.1.1. 스마트팜 재배공정 요구분석

(1) 개요

□ 농업의 특징

○ 농업 전반의 업무 특징 분석

- 가중되는 농업 인력의 부족, 오랜 경험 의존도, 감소하는 고숙련 농업 기술인.
- 단순 반복 작업이 많고, 계절요인이 강함.

□ 스마트팜 자동화 도입의 필요성

○ 노동집약적인 현재 농업의 특징으로 인해 스마트팜 자동화의 도입은 필연적.

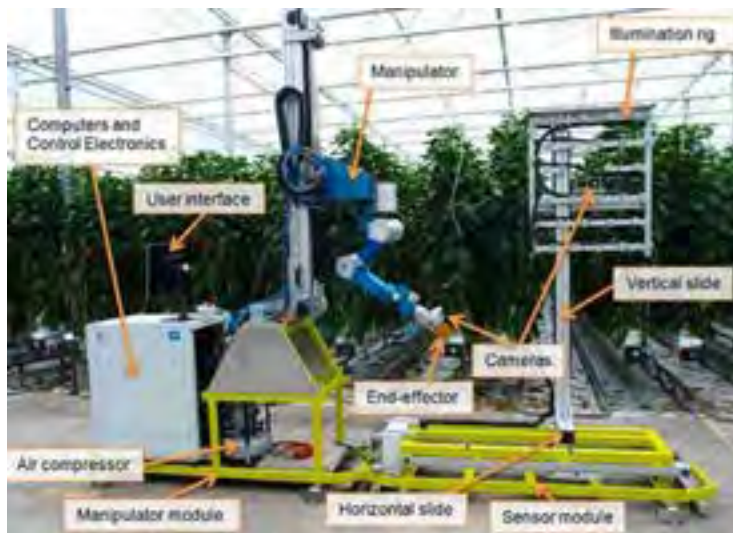
- 젊은 농업인구의 감소, 노령층 비중이 높음.
- 인건비 상승에 따른 원가부담 증가.

- 원로한 고속련 농업 기술인의 노우하우 보존이 시급.
- 자동화를 통해 DB화 및 AI화 필요.

□ 스마트팜 자동화 개발의 도전과제

○ 자연환경과 생물을 다루는 문제

- 무작위로 성장하는 작물들의 관리, 컨트롤 및 예측이 어려운 환경 조건들을 다루어야 하는 문제임.
- 따라서, 자동화 과정에서 작물 손상 및 감염의 위험이 있으며, 복잡한 동작, 다중 작업 환경, 인식이 어려운 작물들에 대한 자동화의 어려움이 존재한다.
- 또한, 대부분의 작업자는 자동화에 익숙하지 않아 새로운 장비를 배움에 어려움이 따를 수 있다. 비 숙련 사용자에게 의한 로봇의 사용 문제가 존재.
- 사업화를 위한 시장은 특수하고 작은 시장으로 분석됨.



[그림 2-1089] 미국 올렌도의 수확자동화 로봇개발 사례

(2) 접근방법

□ 주요 분석방법 등

- 논문, 특허검토, 사례 조사, 현장방문 인터뷰.

□ 주요 대상 공정 등

- 스마트팜 자동화 대상 공정으로 주로 수경재배 방식을 검토
 - 실제 현장 방문과 자료, 동영상 검토를 통해 각 농법 프로세스를 분석하고 스마트팜 자동화 요구를 분석/도출함.

□ 주요 산출물 등

- 연관 특허조사/ 분석 및 동향보고서 작성
 - 스마트팜 자동화 목표달성을 위한 요구조건과 기술매칭 검토

(3) 연구내용

□ 스마트팜 자동화 시장 검토

○ 기술 상품화 초기 단계

- 과수, 채소 수확 로봇 분야가 활발히 개발 진행 중이나 세부기술 문제가 존재함.
- 복합 환경자동제어 기술이 스마트팜의 주요 생육조건을 컨트롤함.
- 스마트팜 자동화 요소 기술로는 주로 로봇암, 그리퍼, 비전, 자율주행, 드론 기술 등이 주요 기술로 거론됨.



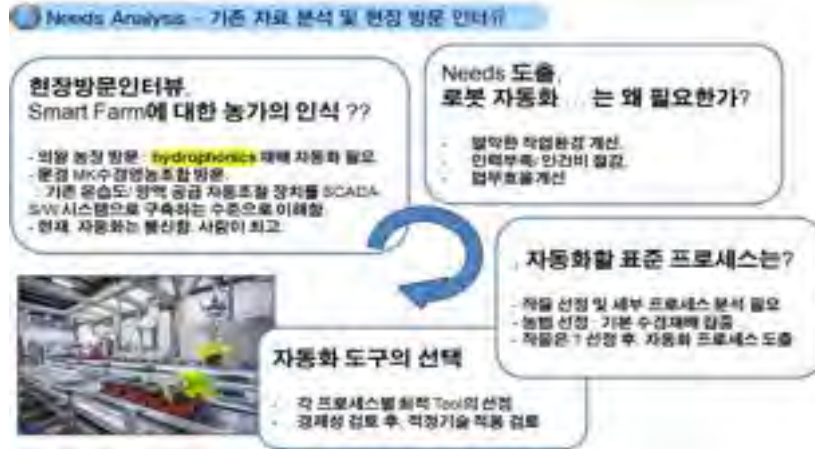
[그림 2-1090] 각 농업 현장에 로봇기술 적용 사례

□ 현장 인터뷰 및 사례 분석

○ 산업현장의 사례 조사 및 현장 인터뷰

- 수경재배 농가 방문 (3회)

대체적으로 넓은 비닐하우스 공간에 양액 공급 및 온도 조절 등 환경제어 시스템을 통해 수경재배를 시도하는 중임. 노동 집약적인 공정으로 양액이 들어 있는 수조에 일정한 공간을 유지한채 모종들을 스티로폼 부양체에 위치시키고 이송하거나 정지된 환경에서 재배함. 미래원의 경우, 컨테이너 박스에 자동화 장치를 개발 중.



[그림 2-1091] 스마트팜 개발 요구사항 업무분석 과정

□ 벤치마킹 및 케이스 스터디

- VISCON Hydroponics Automation Case 검토
- 대표적인 수경재배 자동화 기업으로 B/M 대상으로 자료 검토함.
- VISCON사는 양액 수조 위에 일정한 속도로 재배작물을 이송시키는 시스템 자동화 적용하고 있음.
- 포장단계를 제외하면 대부분 자동화 공정으로 넓은 공간에 수경재배 자동화를 구현하고 있음.



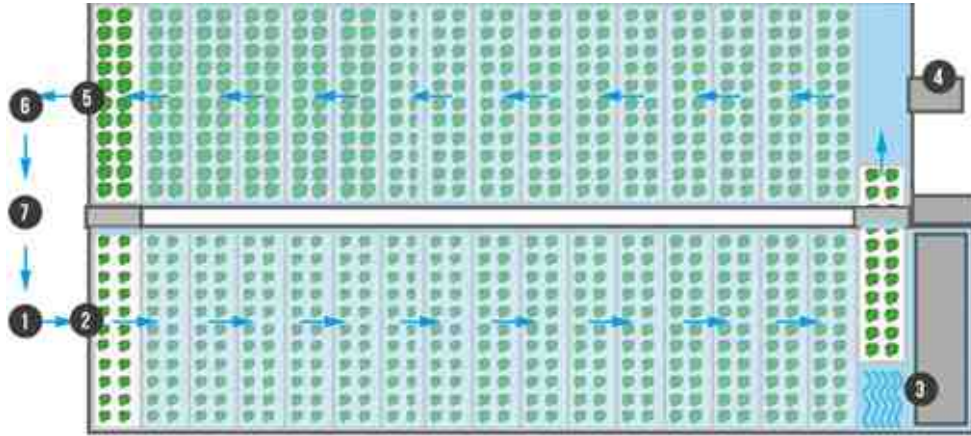
[그림 2-1092] Viscon의 수경재배 자동화 프로세스 공정 내용

○ 개선점 도출

- 단위면적당 공간활용도가 불리하고, 3번 부분에서 작물을 태운 부양체를 밀어주는 장치 등 전체 작물 부양체를 이송시키는 부분이 개선 가능한 부분으로 검토
- 넓은 공간상 작물에게 균일한 환경을 부여하기가 어렵다



[그림 2-1093] Viscon의 수경재배 자동화 개선 포인트



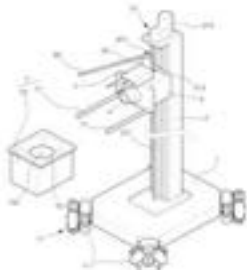
[그림 2-1094] Viscon의 수경재배 자동화 프로세스 순서도

- 구체적 적용방안 검토
 - 과수/채소류 수확 로봇 검토
 - 대체적으로 노동집약적인 농업 공정은 파종과 수확 작업에 있음.
 - 자동화를 위한 세부 기술과제로 작물 인식, 수확물 수확, 포장 과정으로 세분화.
 - 수확 가능한 작물을 인식하는 기술과 수확물을 손상하지 않고 흡집없이 제거 포장하는 공정이 과제로 남아 있음.

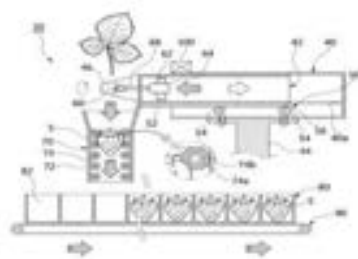


[그림 2-1095] 과일 수확 자동화 프로세스 사례

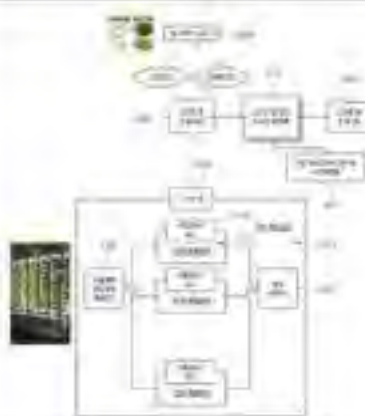
- 특허 조사 분석
 - 스마트팜 자동화 관련 국내외 특허 조사
 - 스마트팜 자동화 관련 국내외 특허기술을 개략적으로 분석함.
 - 국내 특허
 - 영상인식 과일 수확용 로봇장치, 온실수확자동화시스템, 스마트팜 운용시스템, 팜열매수확용 그리퍼어셈블리 등으로 주로 작물수확자동화와 시스템운용 기술로 파악됨.

지식 재산권명	대표도면 이미지	지식재산권 내용
영상인식 과일 수확용 로봇장치		본 발명은 소비자가 잘 익은 과일을 영상으로 직접 선택하면서 로봇 장치를 원격 조정하여 과일을 수확할 수 있도록 하는 영상인식 과일 수확용 로봇 장치에 관한 것으로, 견후방향과 좌우방향으로 이동이 가능한 구동 이동부를 가지는 대차와; 상기 대차에 수직으로 세워지는 수직 가이드대와; 상기 수직 가이드대를 따라 승강 구동부를 통해 승강되는 승강대와; 승강대의 전방에 구비되어 과일나무와 과일을 실시간으로 촬영하는 카메라와; 승강대의 상부에 전방으로 돌출되게 구비되어 과일의 출기를 절단하는 견동가위와; 상기 카메라와 촬영 영상을 실시간으로 입력받아 촬영 영상이 실시간으로 디스플레이되고 소비자가 상기 구동 이동부와 승강 구동부 및 견동가위의 동작을 원격으로 제어하는 원격 조작제어부를; 포함하는 것을 특징으로 한다.

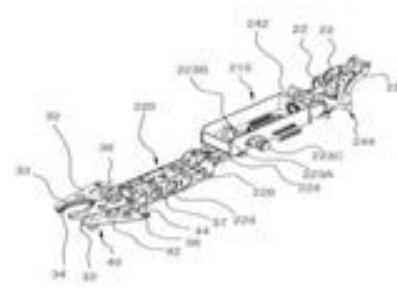
[그림 2-1096] 국내특허사례: 영상인식 과일수확용 로봇장치

지식 재산권명	대표도면 이미지	지식재산권 내용
온실 작물 수확 자동화시스템		본 발명의 온실 작물 수확 자동화시스템은, 유리 온실(10)측 케이지장치(20)의 작물재배상자(22)에서 재배된 딸기(S)를 감지수단(100)에 의해 완숙 상태(색상 및 크기 등)를 선별함과 동시에 수확될 딸기(S)와 회전칼날(66)의 거리를 측정하여 딸기(S)의 출기를 절단하여 딸기(S)를 낙하시키고, 이 딸기(S)가 낙하할 때 충격을 받지 않고 딸기하강수단(70)에 의해 서서히 하강되면서 이송컨베이어(80)에 안착된 포장상자(80)의 다수의 수용공간(82)에 낱개 포장되도록 한 구조이기 때문에 적은 부품수로 인하여 제조코스트를 낮출 수 있을 뿐만 아니라 고장수리 및 청소가 간편한 장점이 있으며, 또한 출기 절단된 딸기(S)가 낙하할 때 충격에 의해 명물거나 깃눌리는 등의 현상을 없애어 상품성을 높일 수 있는 장점이 있다.

[그림 2-1097] 국내특허사례: 온실작물 수확자동화 시스템

지식 재산권명	대표도면 이미지	지식재산권 내용
온라인 농업용 로봇 기반 스마트팜 운영시스템		본 발명은 온라인 통합플랫폼 기반 스마트팜 운영시스템을 제공한다. 이와 같은 본 발명에 따른 온라인 통합플랫폼 기반 스마트팜 운영시스템은 스마트폰 내부에 분할형성된 특수된 단위 재배영역에 대한 개별적인 임대, 단위 재배영역에서의 식물재배 관리, 식물재배 정보관리, 객체데이터 분석에 의한 표준재배 데이터의 구축, 재배완료된 식물의 즉시 배송, 재배식물 거리정보 관리, 식물재배 부파재 관리, 종자/묘목 관리, 정보분석에 의한 초경 재배식물의 산출/공유, 식물재배 관련문제 관리, 정보분석에 의한 맞춤형 산출 추천, 맞춤형 요리법 제공 등이 스마트폰 운영 온라인 플랫폼을 통해 통합적으로 수행될 수 있도록 하고, 이를 통해 스마트팜의 지속적인 성장과 보급이 도모될 수 있도록 하며, ... 식물재배 관련정보에는 내부 재배공간 환경 상태값, 단위 재배영역 환경 상태값, 식물재배 필요물질 공급정보, 재배식물 이미지정보가 포함되는 스마트폰 운영서버(서버)를 포함하는 구성으로 이루어진다.

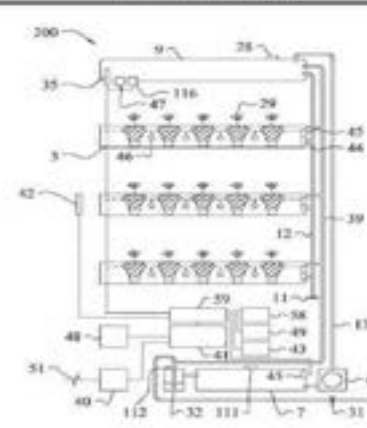
[그림 2-1098] 국내특허사례: 온라인통합 플랫폼 기반 스마트팜 운영시스템

지식 재산권명	대표도면 이미지	지식재산권 내용
팜열매수확용 그립퍼 어셈블리		본 발명은 팜열매 수확기를 제공하는 것을 목적으로 하는 것으로, 본 발명의 구성은 차체(10)에 구비된 볼(20)의 선단부에 한지부를 매개로 연결되어 서로 좁혀지거나 벌어지는 한 쌍의 그립 집게(32); 상기 볼(20)에 장착되어 상기 한 쌍의 그립 집게(32)를 좁히거나 벌려주어 팜나무(42)에 매달려 있는 팜열매(40)를 상기 한 쌍의 그립 집게(32)로 잡아주도록 하는 그립 작동유닛; 을 포함하고, 상기 그립 작동유닛은, 상기 한 쌍의 그립 집게(32)에 링크 한 지부를 매개로 선단부가 각각 연결된 한 쌍의 그립퍼 링크(36); 상기 한 쌍의 그립퍼 링크(36)의 기단부 뒤쪽에 배치되도록 상기 볼(20)의 선단부에 장착되어 피스톤 보드가 상기 한 쌍의 그립퍼 링크(36)의 기단부에 모인 한지부를 매개로 연결된 그립 가동 실린더(37)를 포함하여 구성된 것을 특징으로 한다.

[그림 2-1099] 국내특허사례: 팜열매수확용 그립퍼 어셈블리)

○ 미국 특허

- 미국 특허 : Automated Vertical Plant Cultivation System, Harvesting Robots For Hydroponics, Method and systems for automated micro farming .

지식 재산권명	대표도면 이미지	지식재산권 내용
AUTOMATED VERTICAL PLANT CULTIVATION SYSTEM(US2018/0325038)		본 발명은 종자나 식물줄기를 수경재배하는 수직으로 다층배열된 구조체를 제공한다.

[그림 2-1100] 미국특허사례: Automated Vertical Plant Cultivation System)

지식 재산권명	대표도면 이미지	지식재산권 내용
HARVESTING ROBOTS FOR HYDROPONICS(US 1016/014881B)		본 발명은 수경재배한 각종 식물들 가운데 수확하는 로봇에 관한 것으로, 로봇 상부에 장착된 연결가능하거나 기계적 감 말단부에 배치되는 하나 이상의 센서장치, 그립퍼, 절단물, 가위날을 구비한다.

[그림 2-1101] 미국특허사례: Harvesting Robots For Hydroponics)

지식 재산권명	대표도면 이미지	지식재산권 내용
Method and systems for automated micro farming(US2008/0373937)		본 발명은 식물수확방법 및 장치에 관한 것으로, 식물별 이미지와 데이터를 수집하여 식물을 진단하고 유지하는 방식으로 식물상태를 스마트폰 등의 시각장치로 표시하는 방법에 관한 것이다. 특정 식물과 과일에 관련 정보를 자동적으로 수집하고 표시할 수 있다.

[그림 2-1102] 미국특허사례: Method and systems for automated micro farming)

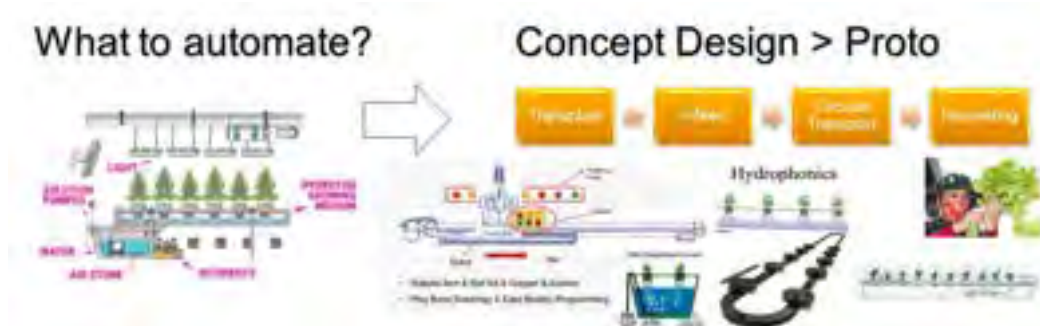
(4) 연구결과

□ 스마트팜 자동화 특징 분석

- 스마트팜 자동화 특징 - 작물, 농법, 자동화 수준 문제 검토 필요.

다양한 형태의 수확물 (crops)	농업형태의 특수성 농법 (Open/Bowl)	자동화 수준 문제 (Mechanization)
<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 특용작물 종류들 • 허브-나무까지 다양한 형태 • 많은 거대 농장들과 작은 산업규모 	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 농법들 • 다수의 자동 수확 장애요인 • 고도의 노동 집약적인 농법 	<ul style="list-style-type: none"> • 고 정밀 완전자동화 수준 • 작업보조 자동화지원 수준 • 100% 노동력 수준

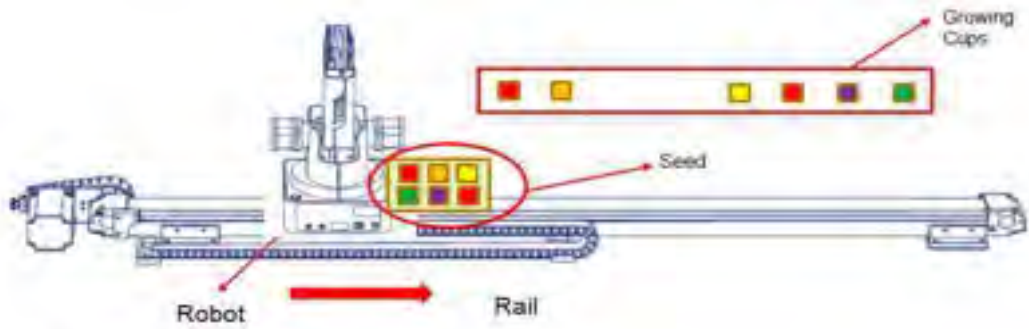
- 산업 동향 분석과 세부 특허기술 내용을 기반으로 수경재배 자동화 공정을 분석함.
- 수경재배공정 전반에 대해 공간효율성 개선, 식물생장성 증대, 노동력 절감위한 자동화 모형을 제시하고 특허출원 기획 진행함.
- 수경재배자동화 모형제작에 있어서는 전체과정 중 세부적으로 노동집약적인 공정 선별, 트레이로부터 모종을 부양체로 이송하는 부분 개발 검토함.



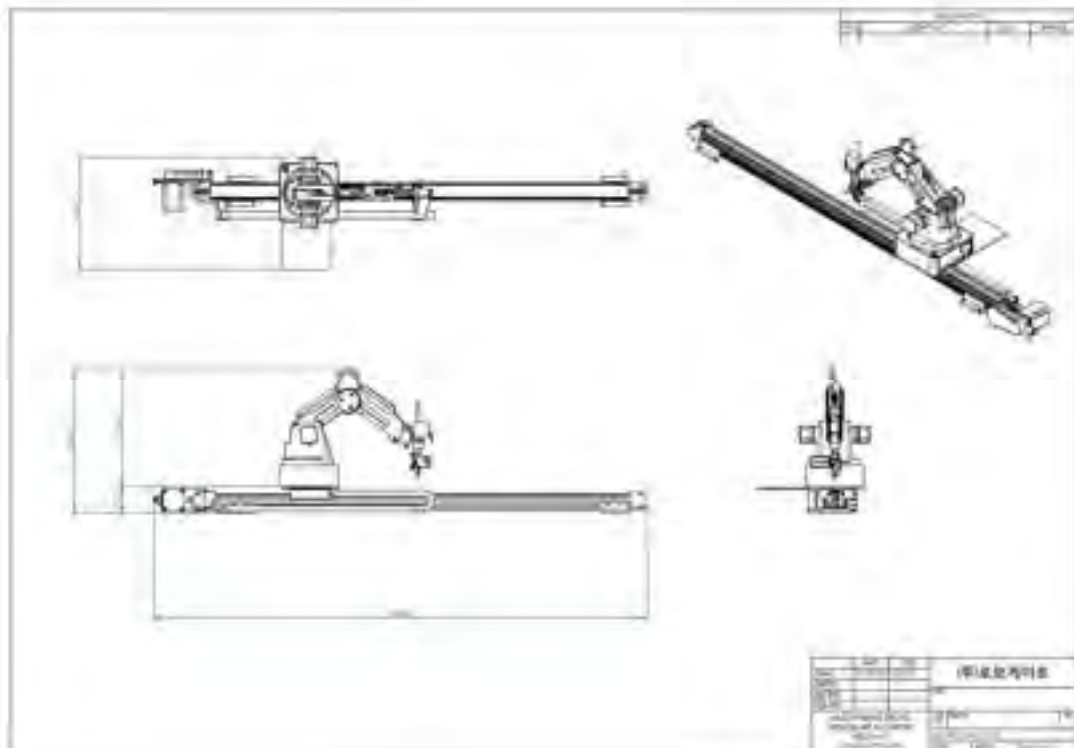
[그림 2-1103] 수경재배자동화 시나리오 분석

- 모종컵을 트레이에서 부양체로 이송하는 공정 자동화를 개발하는 것으로 선정함. 이를 위해 몇가지의 Concept Trial을 제작하고 로봇 프로그래밍을 통해 사전 효용성을 검토.

- 자동화 컨셉설계 초기 모델 검토 : 개별 모종컵 핸들링보다 속도를 증가시키고, 다수의 모종컵 핸들링 및 트레이, 박스 단위 핸들링 검토.



- Robotic Arm & Rail Kit & Gripper & Suction
- Play Back(Teaching) & Easy Blockly Programming



[그림 2-1104] 초기모델 로봇팔 및 레일을 이용한 자동화 컨셉 제작 검토

3.1.2. 스마트팜 재배공정 자동화 컨셉 설정 및 디자인

(1) 개요

- 시장 상황을 고려하고, 농민의 의견을 수렴한 노동력 절감에 중점, 자동화 프로세스를 정립하고, 자동화 구현을 위한 로봇, 설비 등을 선별함.



[그림 2-1105] 수경재배자동화시스템 개발 목표설정

- 수경재배공정 최적화를 위해 공간활용과 노동력 절감 효과를 극대화 하고자 전체공정에 대한 특허출원

(2) 접근방법

□ 연구개발 추진전략/방법

- 경제성 검토를 통한 대형 수경재배공정 최적화 자동화 시스템 디자인 구상
- 자동화 프로세스 정립시 효율성, 경제성을 최우선으로 하고, 농민의 근골격계 하중제거에 유용한 자동화 도구를 선별 취사선택 배치하고 설계한다.
- 규모 및 작물의 종류 확장성을 고려한 Modular Design 검토



□ 연구개발 추진체계

- 총 4명으로 구성 : 총괄 1명, HW 2명, SW 1명으로 구성
- Needs Analysis > PI > Concept > Modeling

(3) 연구내용

- 스마트팜 재배공정 자동화를 위해 구체적인 공정을 분석하기 위해 구체적인 적용범위의 방향성을 잡고 개념정립을 진행.
- 최종 사업결과를 위해 달성하고자하는 정성적인 목표를 수립

스마트 팜 재배공정 자동화

효율적 작업공간

일견비절감 & 생산성 향상 2배

수익률 향상



[그림 2-1106] 스마트팜 재배공정 자동화 개발

- 공정분석을 위해 기존 농부들의 전통적인 농법에 대해 살펴보고, 공정적용 방안에 대해 검토 함. 실내에서 환경제어를 통해 수행하는 수경재배농법에 대해 자동화 접근 검토함.

수경재배 프로세스 연구 1



- 수경재배 공정 중 수확공정까지 진행되는 전반 공정을 구체적으로 살펴봄. 모종을 옮겨심는 과정이 노동집약적임을 파악하고, 자동화 방안에 대해 검토함.

수경재배 프로세스 연구 2

Germination 발아 | Transplant 모종 옮겨심기? 모내기? | After Transplant > 수확



파종된 트레이



발아실

- 수경재배: 시설재배에 있어서 흙 대신에 다양한 배지(물, 영양)를 사용하여 배양액에 의하여 재배하는 것이 수경재배이다.
 - 일본에서는 이것을 양액재배, 우리나라도 한 때 양액재배라 칭함
 - 한국양액재배연구회 = 수경재배로 통일, 한국수경재배연구회로 변경(한국생물환경조절학회로 통합)
- 식물공장: 수경재배를 하면서, 고도의 이상부 환경에서, 자동화를 도입하여 주근생산, 생력생산을 목표로 공작적으로 식물생장
 - 종류: 인공광, 인공광+자연광, 자연광재배시스템
 - 컴퓨터를 기본으로 하여 작업이 자동화된 시스템
 - 토양을 사용하지 않고 자동화된 수경재배가 중심인 시스템 또는 시스템의 **첨드웨어적인 개념으로 정의(조기)**
- 식물공장의 개념은 최근 일본에서 새로운 개념으로 정립
 - 타카마리(高倉 圃): 식물공장의 새로운 개념으로 'Mass and Quality Production in Plants' 즉 '식물 중에서 가치있는 것을 고효율로 생산하는 것'
 - 식물생장의 프로세스, 즉 식물생리와 환경과의 관계에 관한 메커니즘 해명이 중요. 이것은 종래 식물공장의 개념인 **첨드웨어적인 시스템도 중요하지만, 소프트웨어의 중요성을 강조**
- 관련분야: Plant Growth Modelling, Greenhouse Climate Control, 작물생리, 작물생태시스템분석, 시설원예자동화, 시설원예환경조절공학, 미기상, 시설구조, 연실운영 및 관리, 수경재배 등

- 수경재배 자동화 선진 외국사례에 대해 검토함. 위에서 살펴본 모종의 옮겨심기 즉 이식/정식 공정의 해외 자동화 사례를 발견하고 연구함.

수경재배 자동화 연구 3 - Transplanting

- Grow cup 디자인이 핵심 - 최적 조건의 토양, 최적 여유공간, 최적 뿌리 성장 자극
- 또 Grow cup은 자동화 장비가 취급하기 용이하도록 디자인 되어야 함.
- 성자법은 18 또는 28 cell 의 grow tray에 그리고 grow tray는 grow box에 놓임.
- Germination 발아 후, 일정한 물공급을 해주는 관개시설이 있는 유묘 생산공간으로 옮겨진다.
- 어느정도 성장이 진행 된 이후, floats 로 transplanting이 진행된다.
- Floats 는 수조 물위에 떠다니는 구조, 수확이 되면 새로운 floats가 수조 위에 채워지는 구조.
- 계속 Floats 를 채움으로서 수조 내 조류의 생성을 예방한다.



○ 수경재배 공정자동화 사례 연구를 각 공정별 필요 요소기술을 살펴봄.

수경재배 자동화 연구 4 - Infeed System

- Seeding - Growing - Transplanting - Harvesting - Washing - Packing
- 1. Transplant > Tray에서 Float으로 Cup을 옮기는 장치
- 2. 수조에 Float를 들어서 놓는 장치, Infeed
- 3. 수조에서 Float를 일정한 속도로 이송 시키는 Belt type 구현, Automated Push-Up
- Transplanting으로 부터 Infeeding까지 모형 구현 2018년 ~ 2019년



○ 수경재배 공정자동화 사례 연구를 통해 자동화 공정내용을 정리 분류함 .



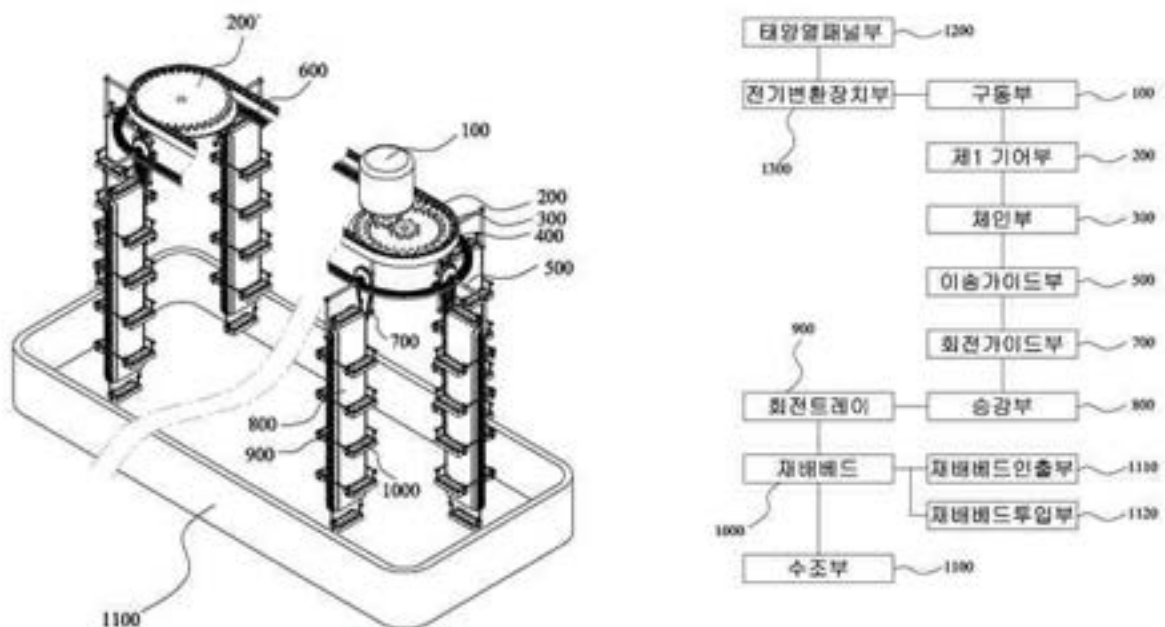
- 수경재배 공정자동화 공정을 분석하고, 각 개별공정에 사용할 요소 자동화 기구를 선별함.
- 수경재배 완전자동화 솔루션 및 개별 상품화까지 기술검토 진행.

로봇자동화 기술		Robotic Arm, Rail, Conveyor System, Vision 등 기술을 한국형 온실에 적용이 가능한 경제적 솔루션으로 응용 개발	
구분	형상	기술현황	
Robot Arm		<ul style="list-style-type: none"> - 프로그래밍(수동) 다목적 모듈형 기술 - Flexible Gripper에 의한 과일 수확 기술 개발(수령이자가달콤(Gop)) 	
Rail		<ul style="list-style-type: none"> - ROBOT 탑재 이동 가능 - 원거리 적당 가능 	
Conveyor		<ul style="list-style-type: none"> - 정량적 재배분(자동)의 자동화 개발 - 수직형 공간소용 직물하여 크고 넓적, 소회전가동(작이), 들숨이장조보등 최적의 활용 가능 	
SCARA Robot		<ul style="list-style-type: none"> - 가벼운(수)20kg SCARA ROBOT - Pick & Place (Gripper/Action) 	
AGV		<ul style="list-style-type: none"> - 무인(수)에 자동인구 - Line Tracing 기술 - AGV 개발단구 	
Vision		<ul style="list-style-type: none"> - Vision 인식 기술 - 수확인(수)용 기술 	

[그림 2-1107] 스마트팜 자동화시스템 개발 적용을 위한 보유 로봇기술 검토

(4) 연구결과

- 수경재배공정 최적화를 위해 공간활용과 노동력 절감 효과를 극대화 하고자 전체공정에 대한 특허출원 완료. (특허출원 10-2019-0023558, 수경재배자동화공정라인)



[그림 2-1108] 수경 재배 자동화 공정라인(Hydroponic automation process line) 특허

○ 규모 및 작물의 종류 확장성을 고려한 Modular Design 컨셉설계 3D디자인 검토

● Concept Design Case 1 : Transplant

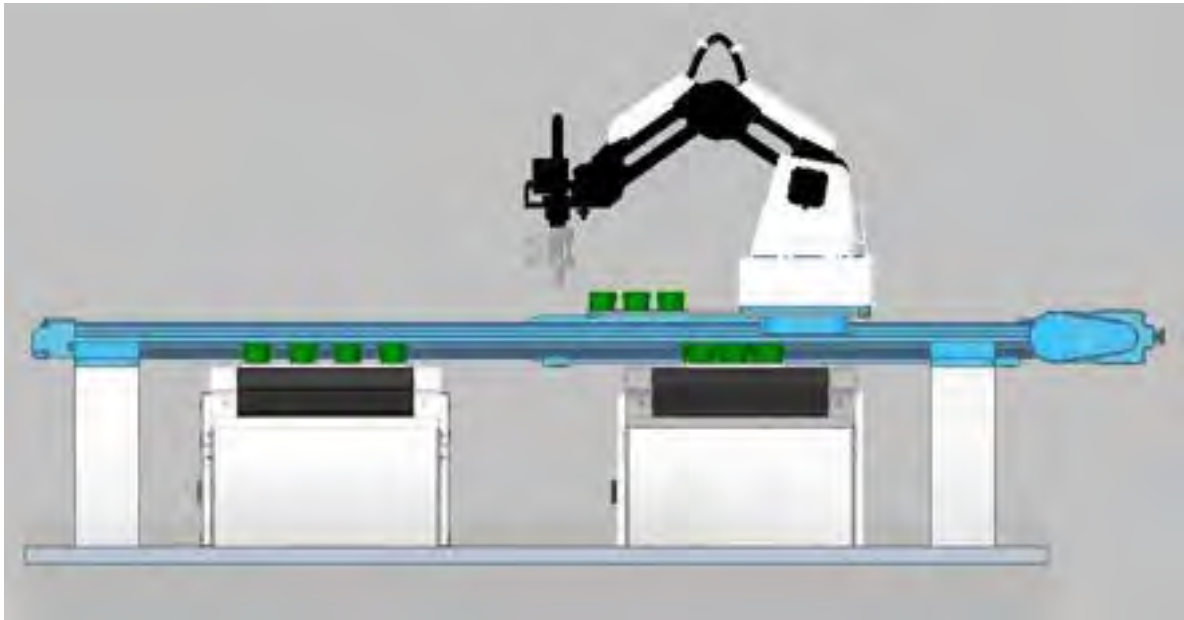
파종 후 육묘 등 작업 시 다양한 형상의 묘판에 옮기는 작업이 로봇프로그램으로 가능

▪ 구성: 4축 로봇팔 1, Rail 1, Conveyor belt 2



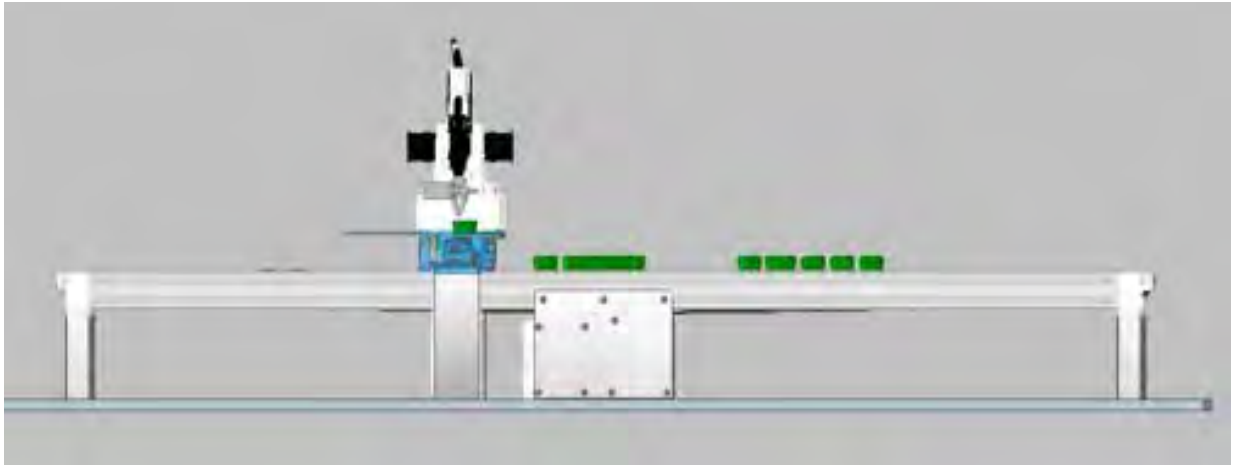
▪ Concept Design :
Solid Edge ST10 3D CAD 이용

○ 각 현장 상황은 비정형 표준 및 프로세스가 존재하여 상시 커스터마이징이 필요할 것이다. 따라서, 로봇시스템은 간단히 프로그램 내용만을 수정하여 해당 비정형 작업을 수행할 수 있는 장점이 있다.



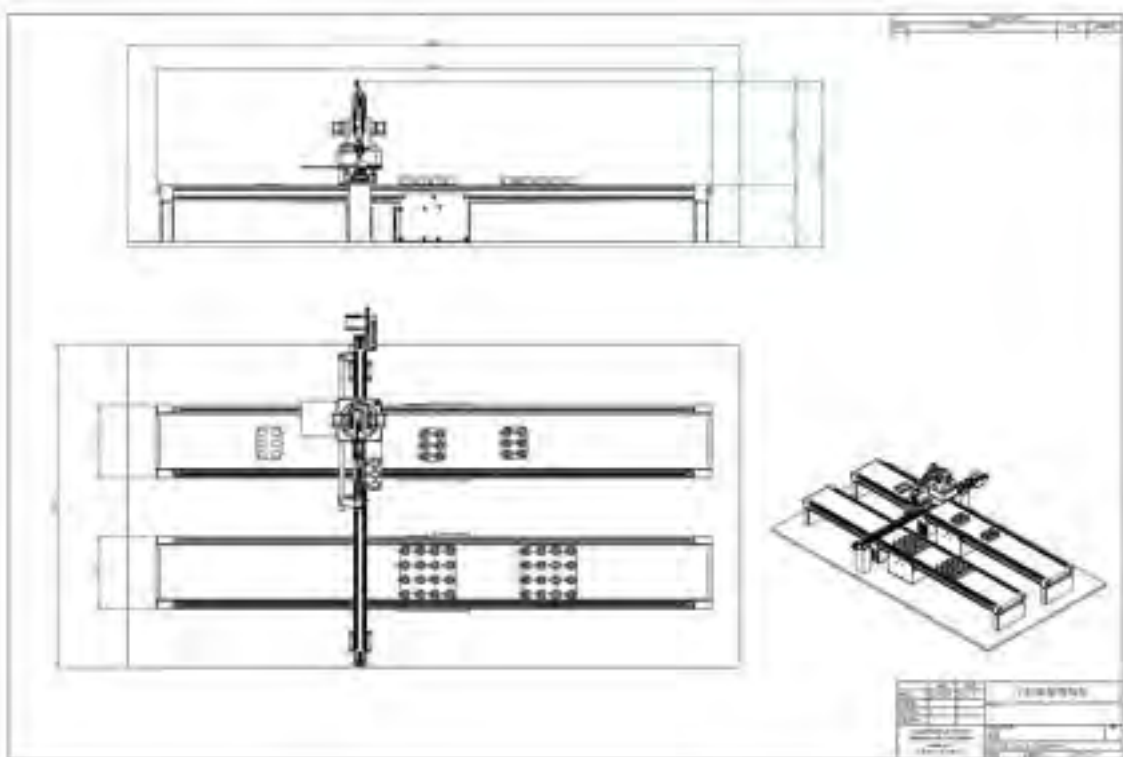
[그림 2-1109] Concept 1-1 : 로봇팔-레일-컨베이어벨트 이용 컨셉 검토

- 로봇팔과 레일, 컨베이어시스템을 구성하여 간단하게 작물의 이송공정을 구현하는 컨셉설계를 수행하였다.



[그림 2-1110] Concept 1-2 : 로봇팔-레일-컨베이어벨트 이용 컨셉 3D 도면

- 다만 모종 컵단위의 이송은 여러개의 단말장치를 동시에 사용해야 함. 따라서, 이 기능을 전문적으로 구현하는 별도의 장치를 제작하는 것이 효율이 높을 것으로 판단함.
- 현재 컨셉 1은 이어서 전용장비 컨셉2 개발과 컨셉 3 수확로봇 컨셉으로 확장 검토함.



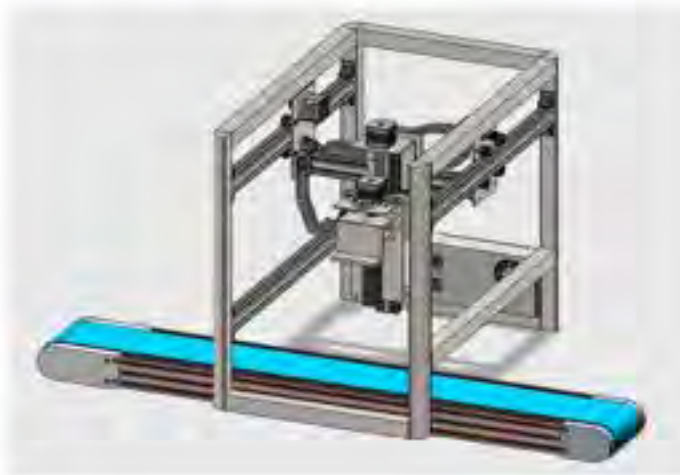
[그림 2-1111] Concept 1-3 : 로봇팔-레일-컨베이어벨트 이용 컨셉 2D 도면

- 로봇게이트가 보유한 3D Pick & Place LR모듈을 응용하여 모종의 Transplant 전용 장비를 구현함. 또 이 동일한 구조로 수확 후 후처리 공정 자동화에 사용이 가능할 것으로 판단됨.
- 최종 Mockup 제작으로 2번 컨셉을 이용함.

Concept Design Case 2 : Multi functional Tool

수확 후, 후처리 자동화 가능

• 구성: 3~4축 Linear 이용, Conveyor belt 1-2

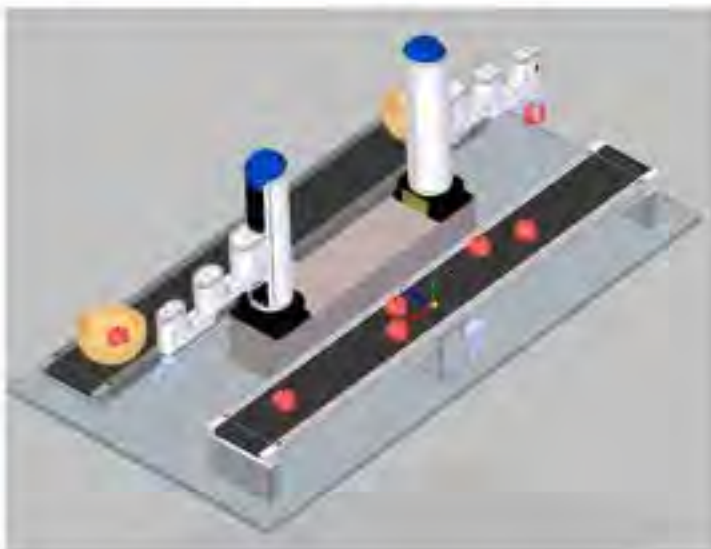


• Concept Design :
Solid Edge ST10 3D CAD 이용

Concept Design Case 3 : Boxing 포장 자동화

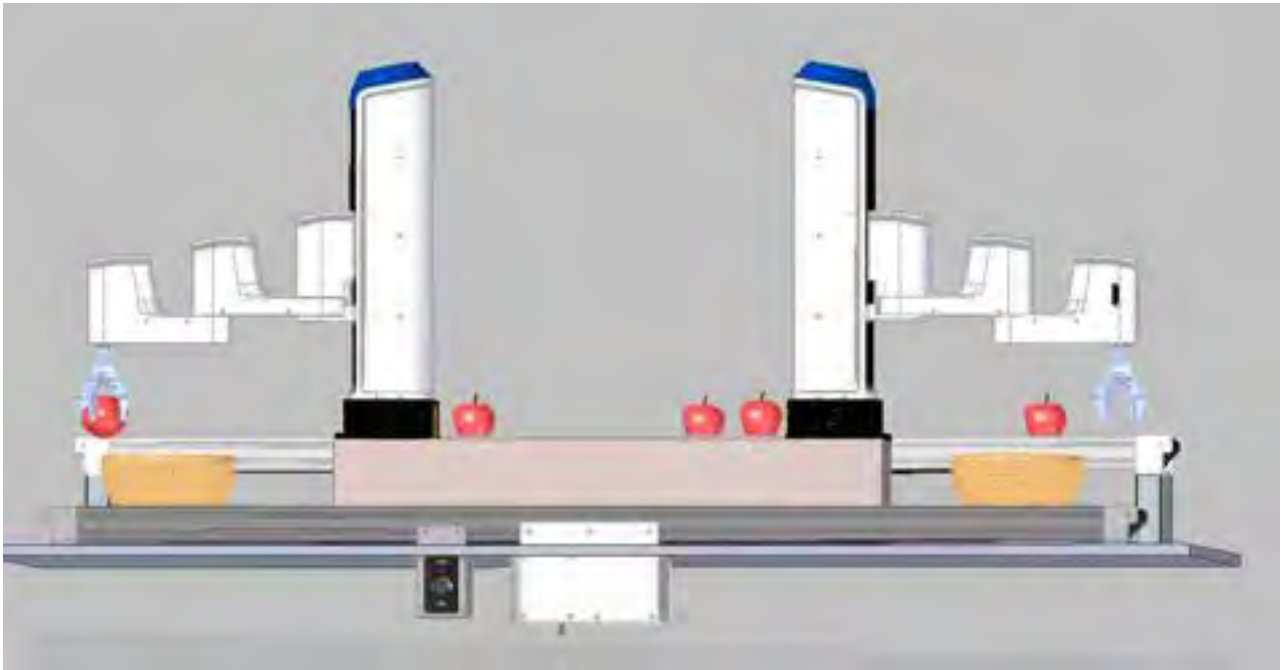
수확 후 포장 공정 자동화 예시

• 구성: SCARA ROBOT 1, Vision 1, Conveyor belt 1

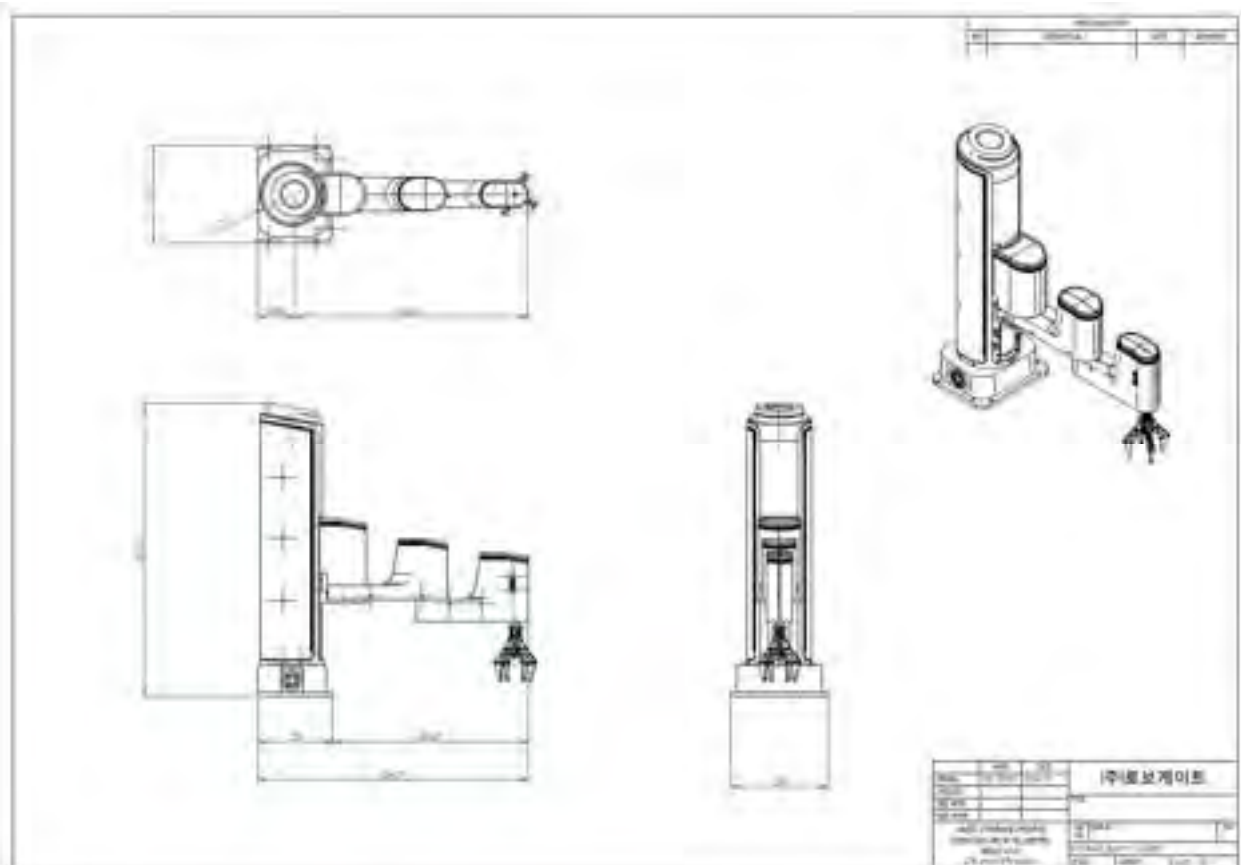


• Vision + 특수 설계 시스템을 통한 각종 작물의 수확자동화연구도 진행 중

• Concept Design :
Solid Edge ST10 3D CAD 이용



[그림 2-1112] Concept 3-1 : 로봇암 Boxing 포장 자동화 컨셉 3D 모델



[그림 2-1113] Concept 3-2 : 로봇암 Boxing 포장 자동화 SCARA 로봇 컨셉 2D 모델

3.1.3. 스마트팜 재배공정 자동화 시스템 디자인 및 모형 제작

(1) 개요

- 컨셉에서 도출된, 수경재배에 있어 모종컵 이송용 transplant 공정 자동화 전용장비의 설계 개발 후 모형 제작.
- 설계 시 고려할 주안점은 향후 확장 가능성을 고려한 Modular Design

(2) 접근방법

- 3D CAD설계 > 3D 프린팅 활용 일부 자체, 로봇부품 시제품 외주 제작 후 조립
- 조립 후 로봇프로그래밍과 모듈 테스트용 컨트롤러를 이용하여 추가 개발 진행.

(3) 연구내용

- 로보게이트 전용개발 3D모듈인 LR 자동화 장비에 다중 그리핑을 적용하여, 두 개 이상의 모종컵을 트레이로부터 다른 간격으로 배치 이송시킬 수 있도록 함.

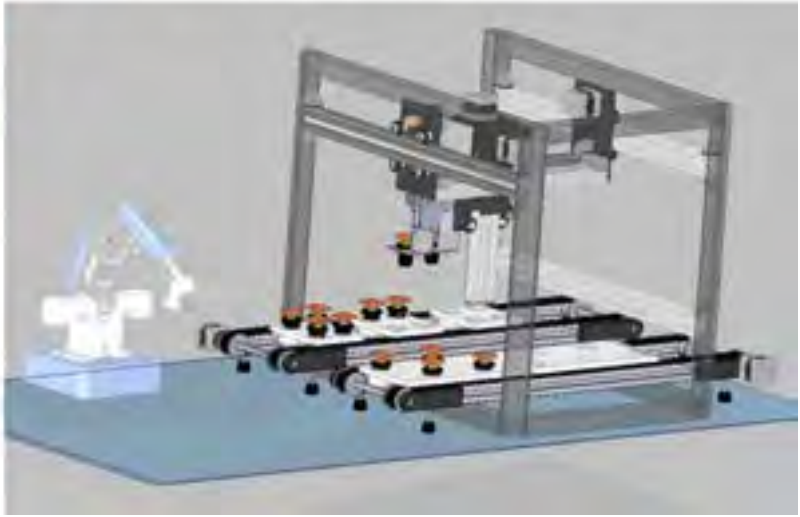


[그림 2-1114] 수경재배공정 자동화 전용 Transplanting Module 개발

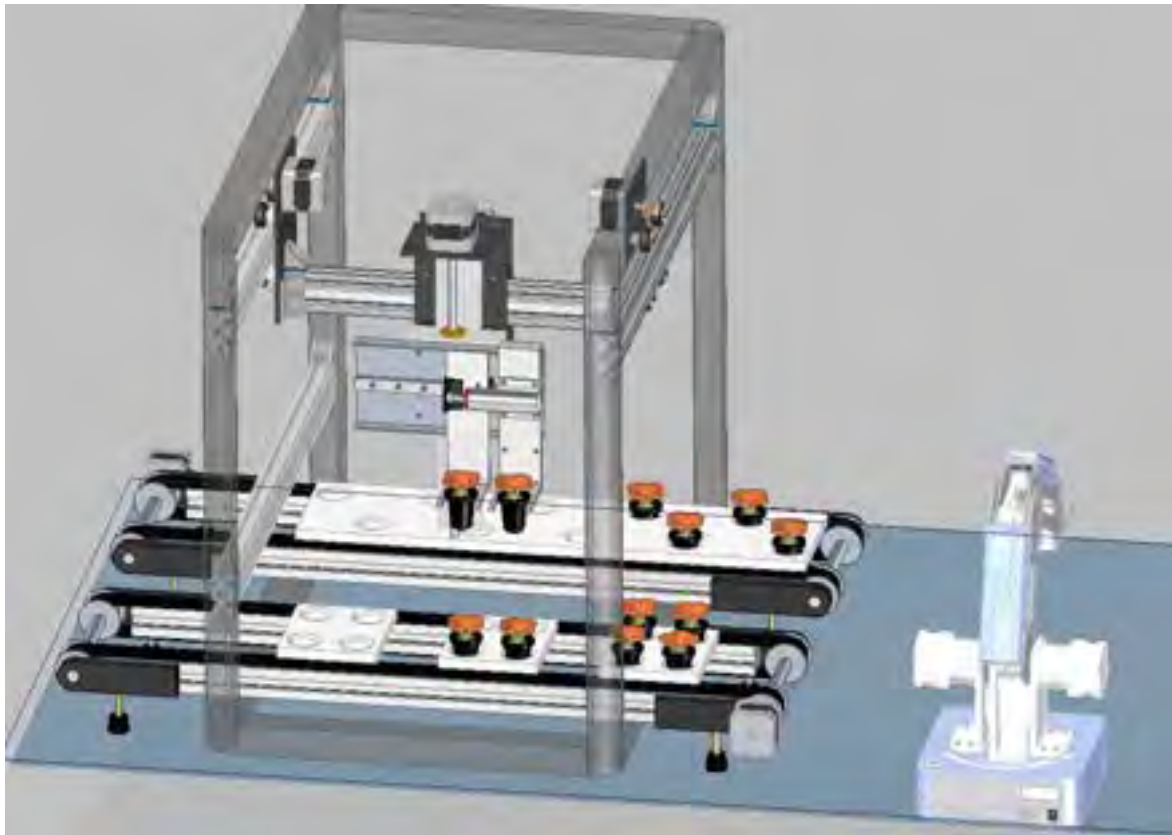
Transplanting by Robotic Arm

Transplanting

- Conveyor Belt x 2 + Gantry with Special End Effector



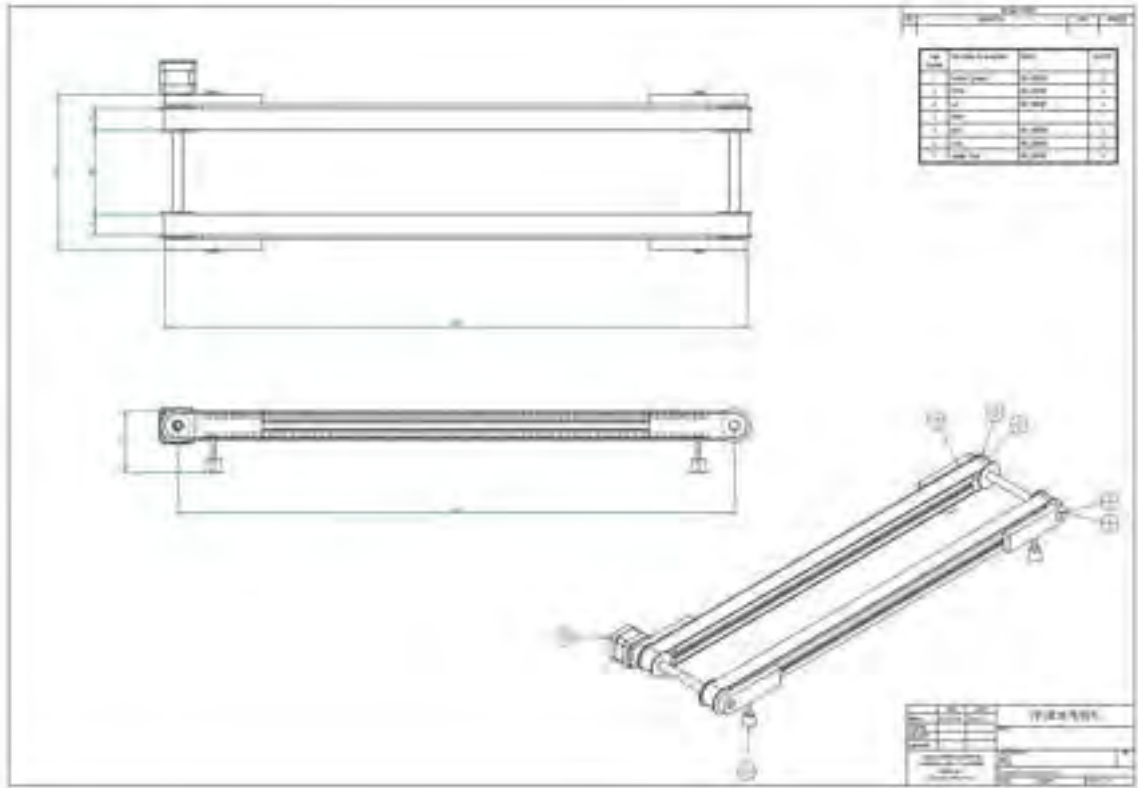
- 두 개의 컨베이어 사이를 오가며 컵의 간격을 조정하여 재배치 하는 기능이고, 로봇암은 컨베이어에 트레이를 자동으로 올려주고, 이를 자동으로 인식한 3D Pick&Place LR 장비는 트레이에서 두 개이상의 컵을 빼내어 두 번째 크기가 다른 트레이에 재배치함. 재배치가 끝난 두 번째 컨베이어벨트 이동



[그림 2-1115] 수경재배공정 자동화 전용 Transplanting Module 개발

(4) 연구결과

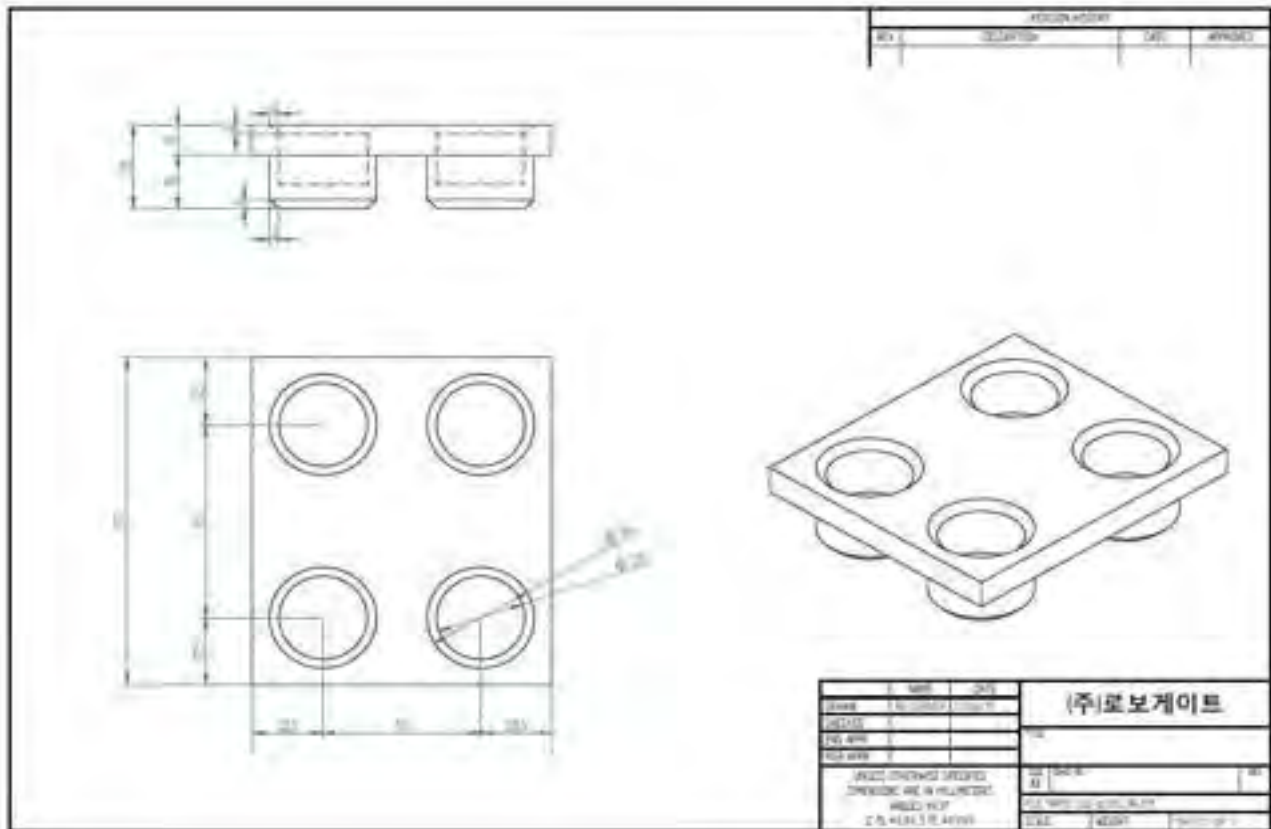
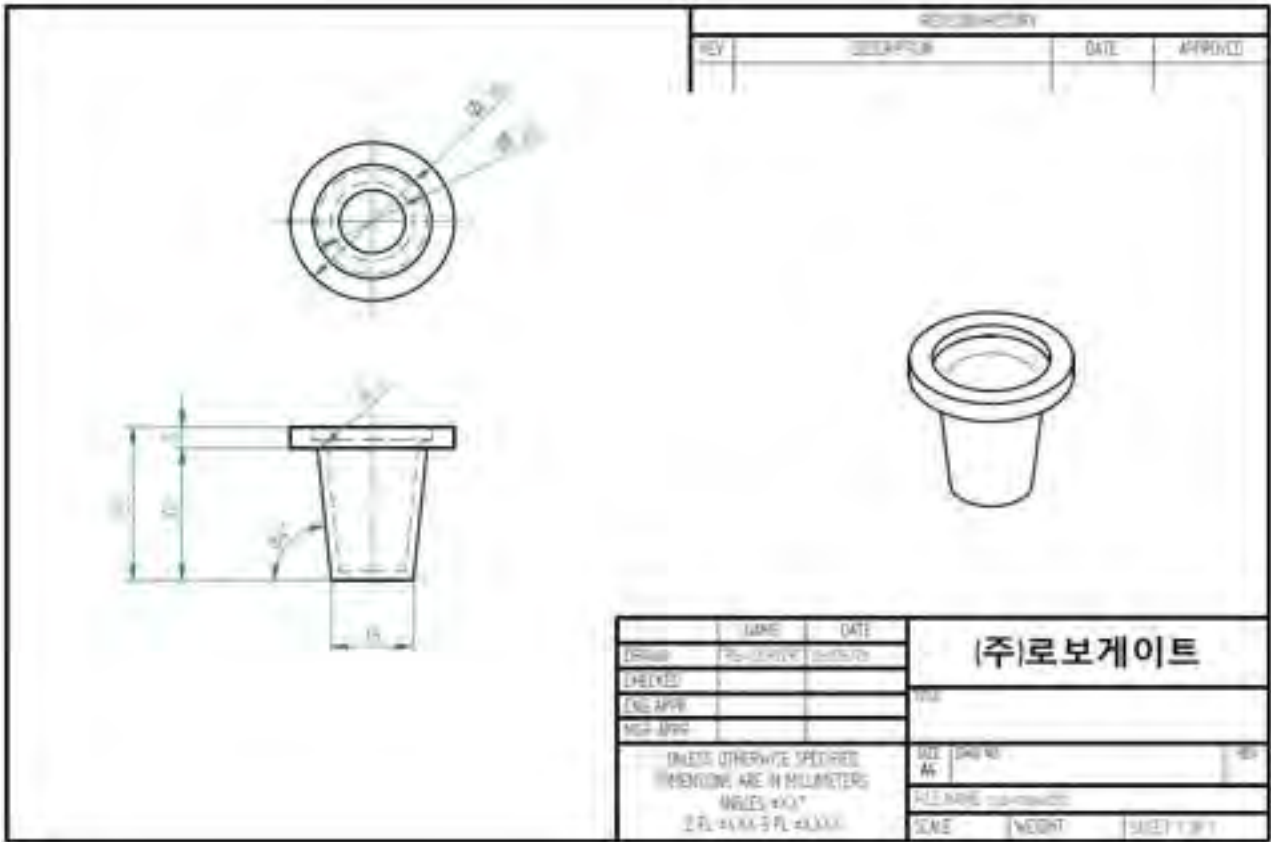
○ 컨베이어 모듈 설계 개발



○ 컵 및 트레이 모형 설계 제작

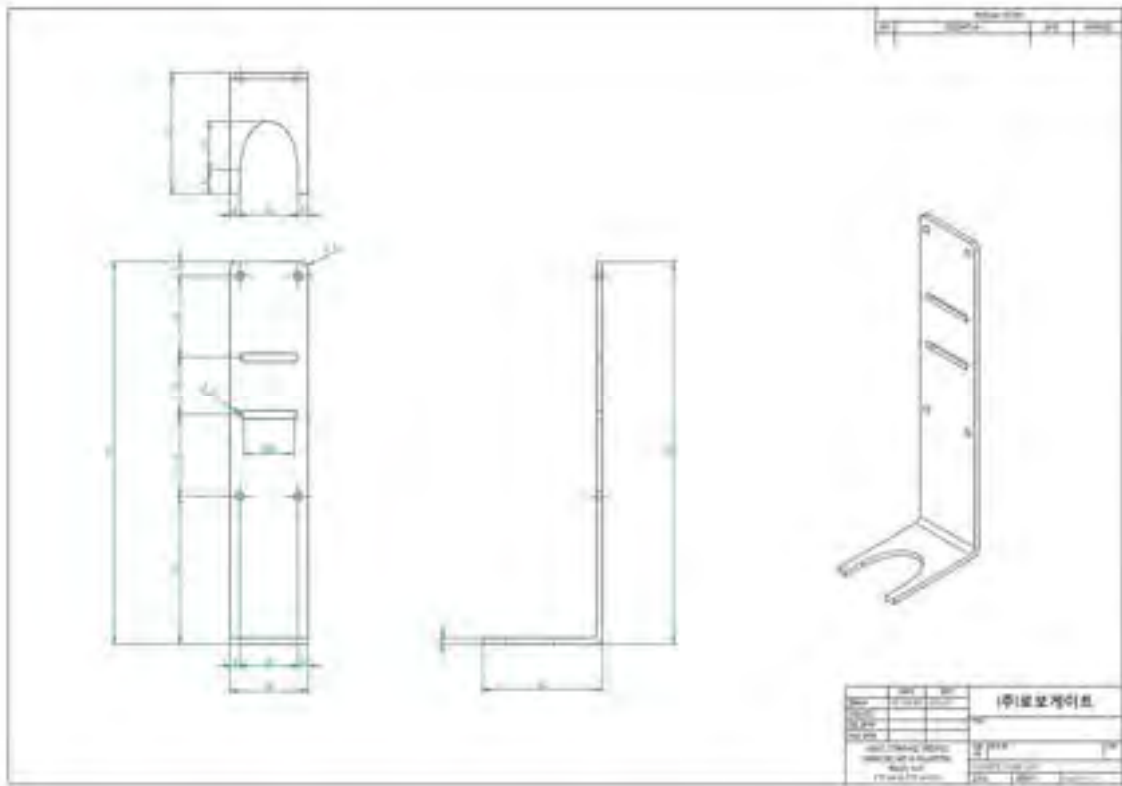
- 자동화를 위해서는 기존의 컵 ,트레이, 그립을 새로이 디자인 제작이 필요하다.



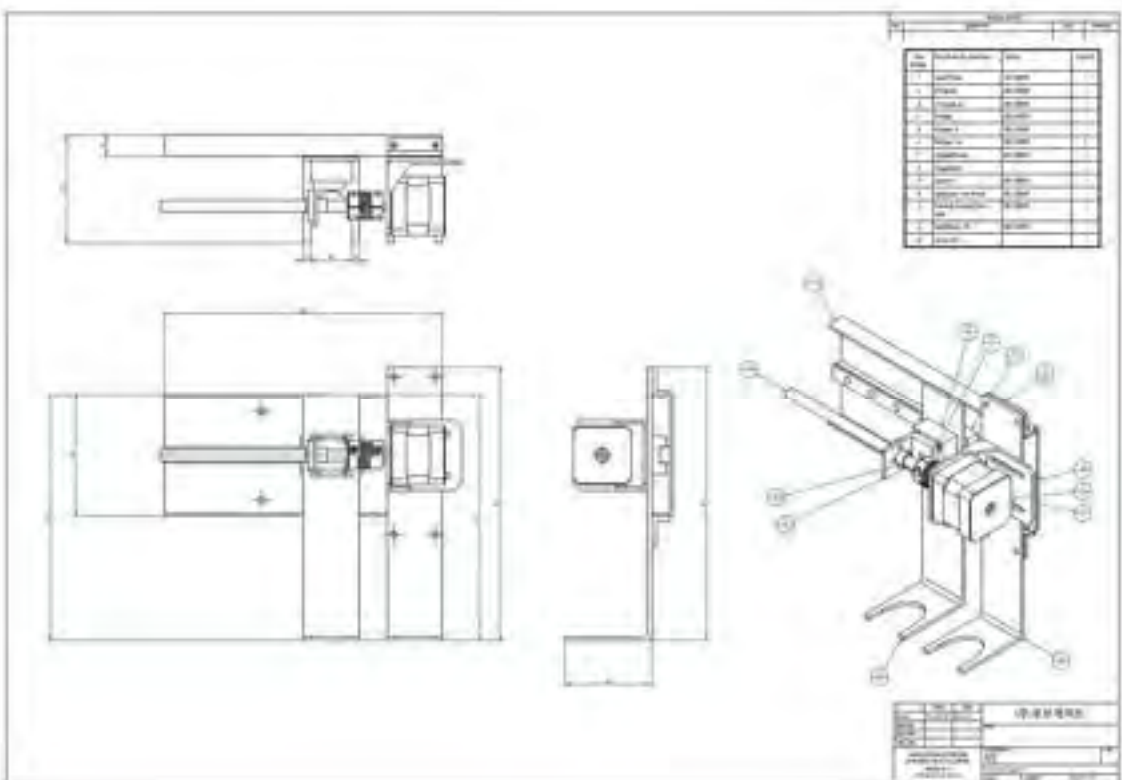


○ 그립 구조물 설계 제작

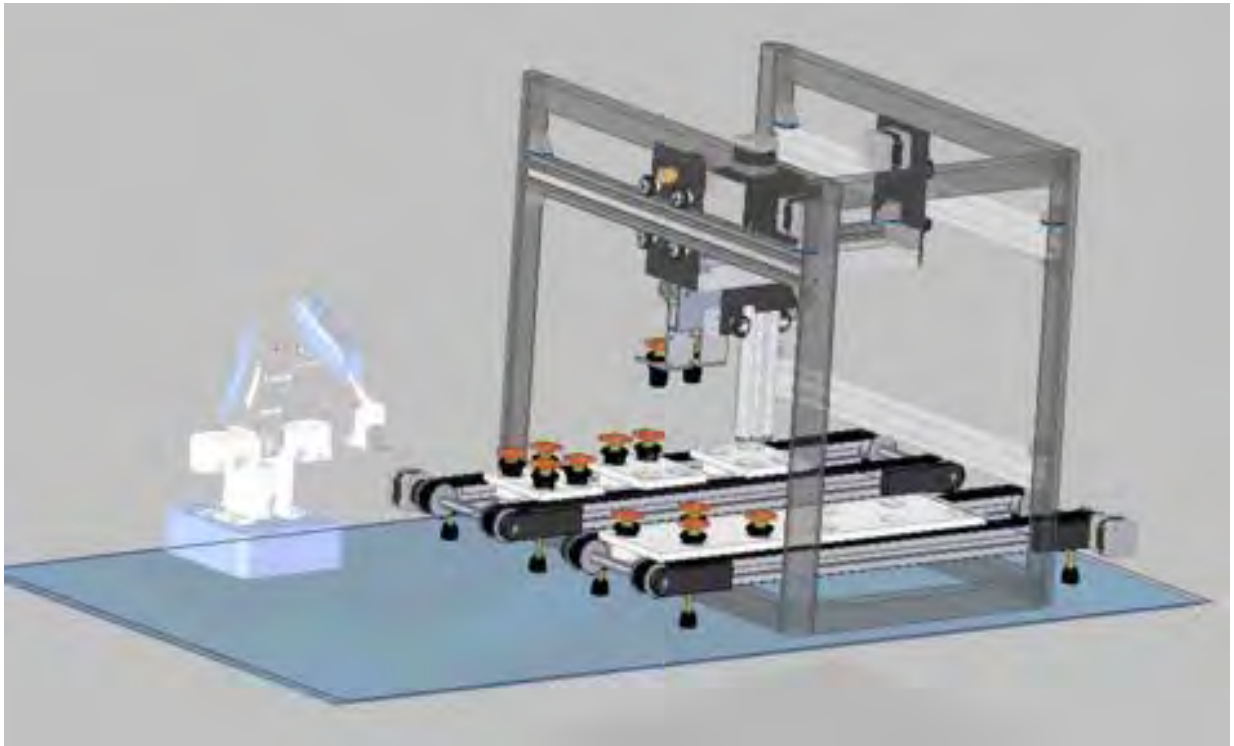
- 그립 형상은 다양하게 변형이 가능하며, 3D프린팅 기술을 이용하면 즉석에서 제작도 가능함. 로봇의 플렉시블 그립을 추가로 개발.



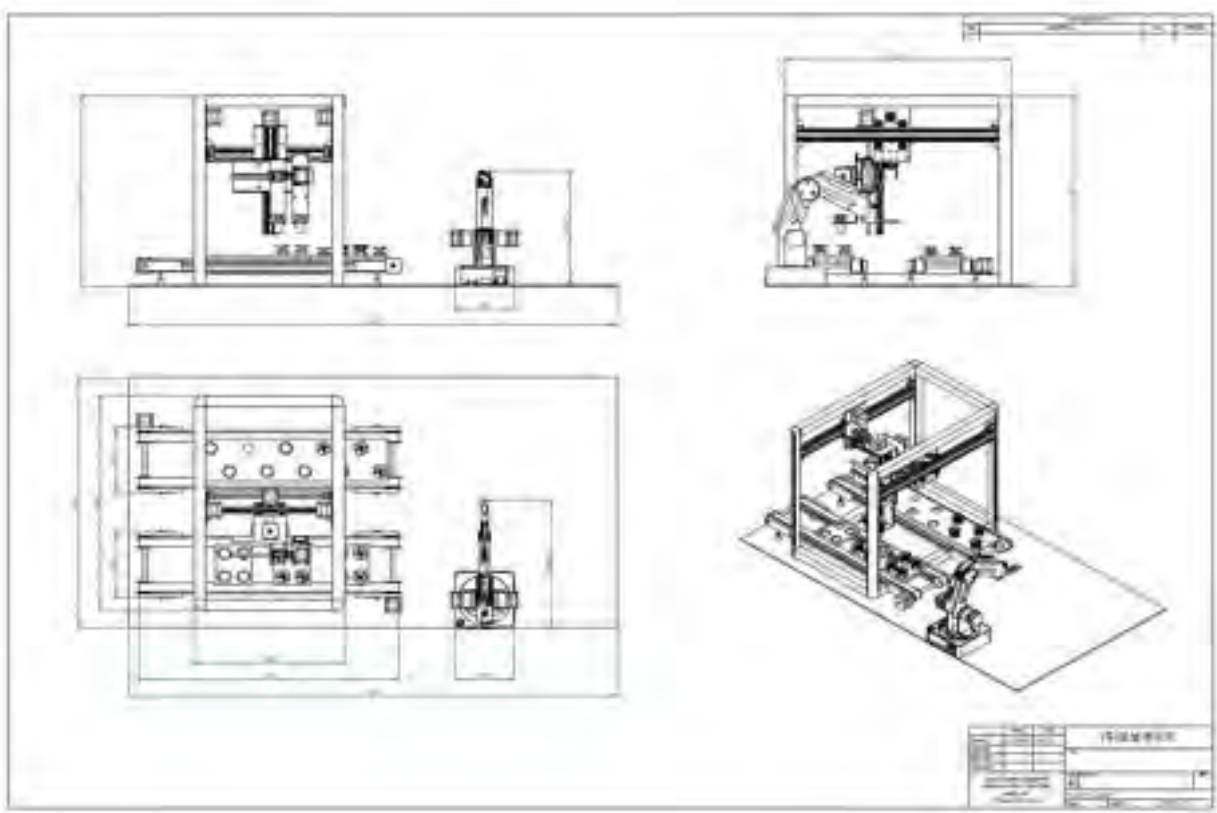
○ 다중 그립 자동화 구조물 및 최종 로봇암 적3용 어셈블리 설계 제작



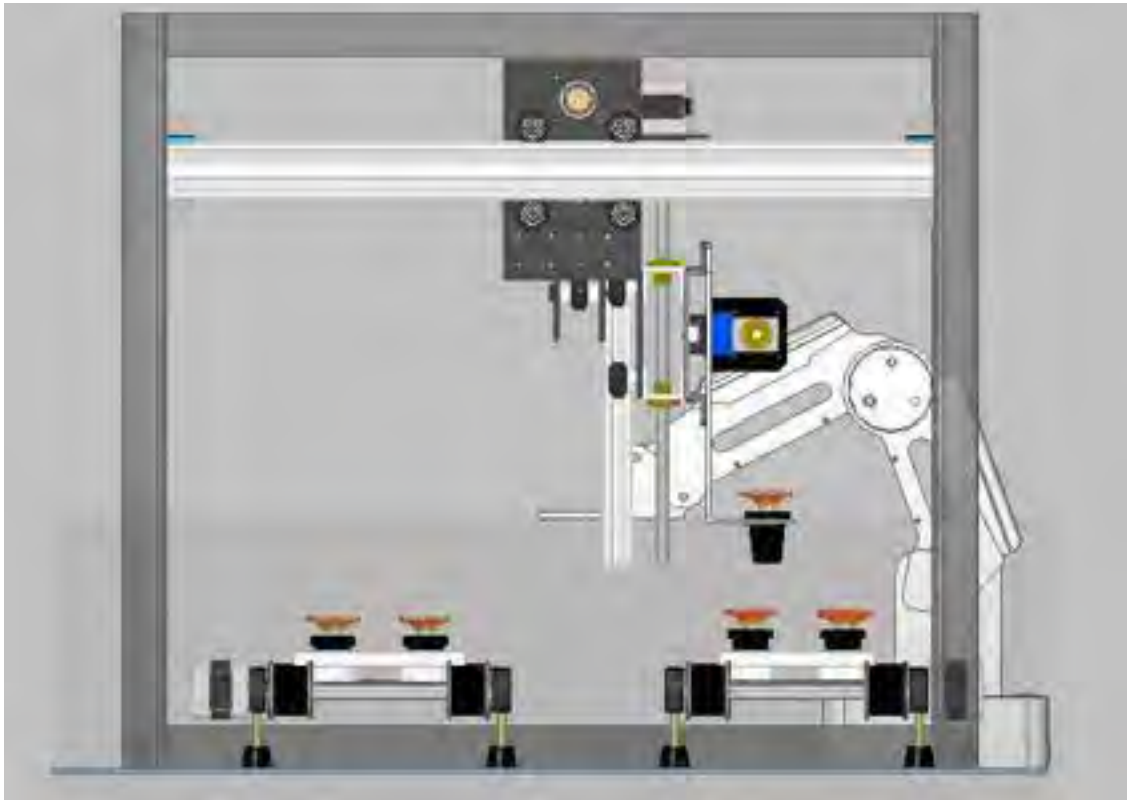
○ 최종 로봇암 적용 어셈블리 제작, 자동화 프로그래밍 후 테스트 수행



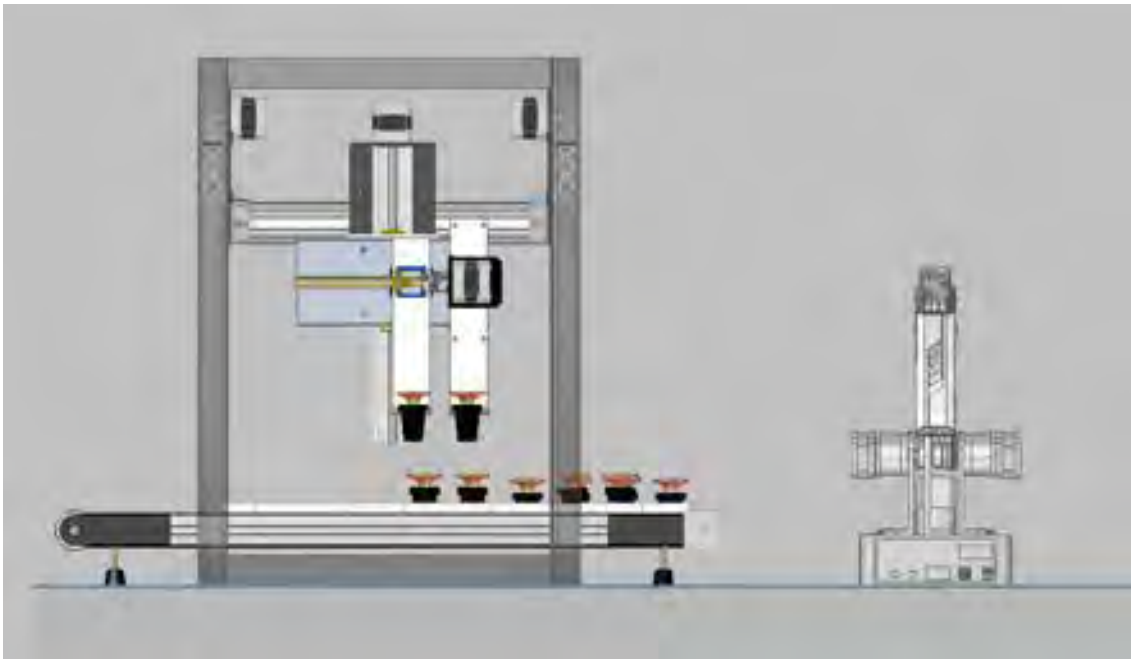
○ 최종 로봇암 적용 어셈블리 제작도 작업

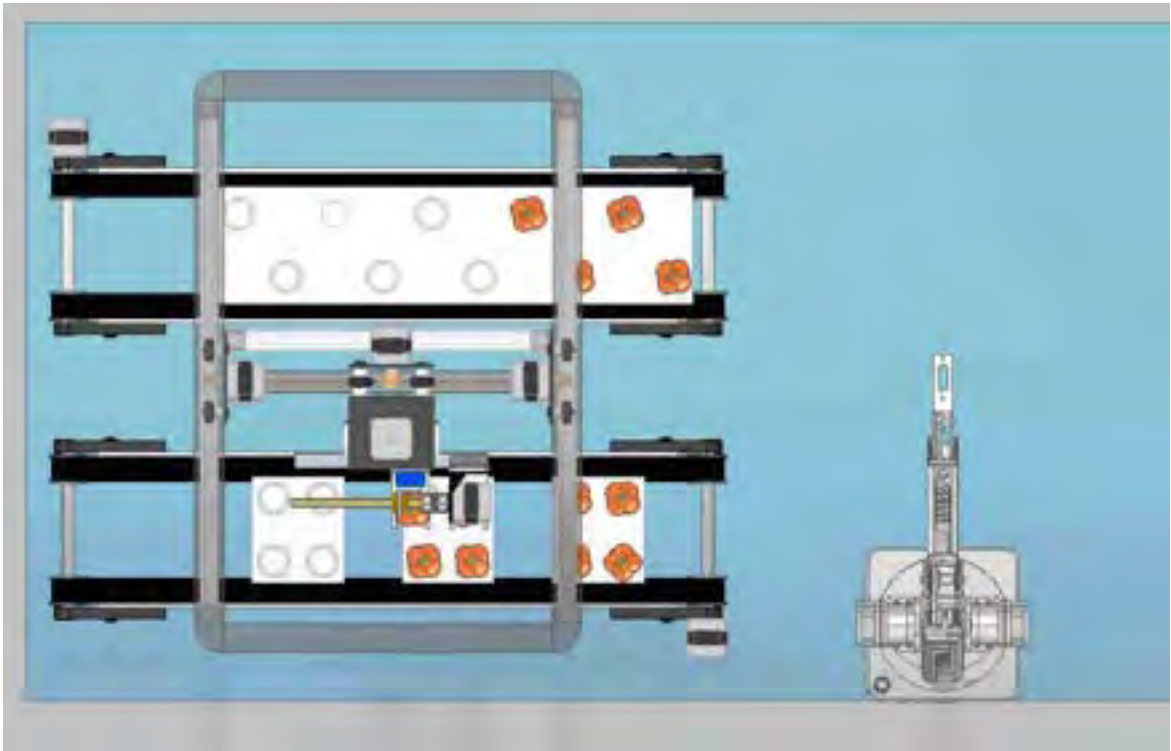


○ 3D Concept 작업

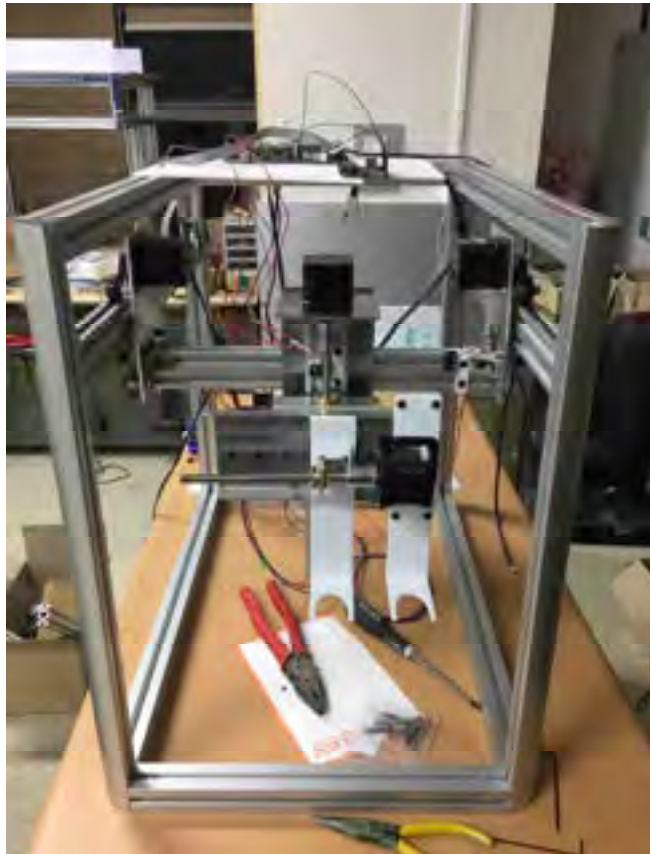


○ 컨셉 솔루션의 응용분야 : 이식, 정식 공정 외 파종, 수확 전공정의 작물 이송에 적용 가능한 기본 컨셉임.

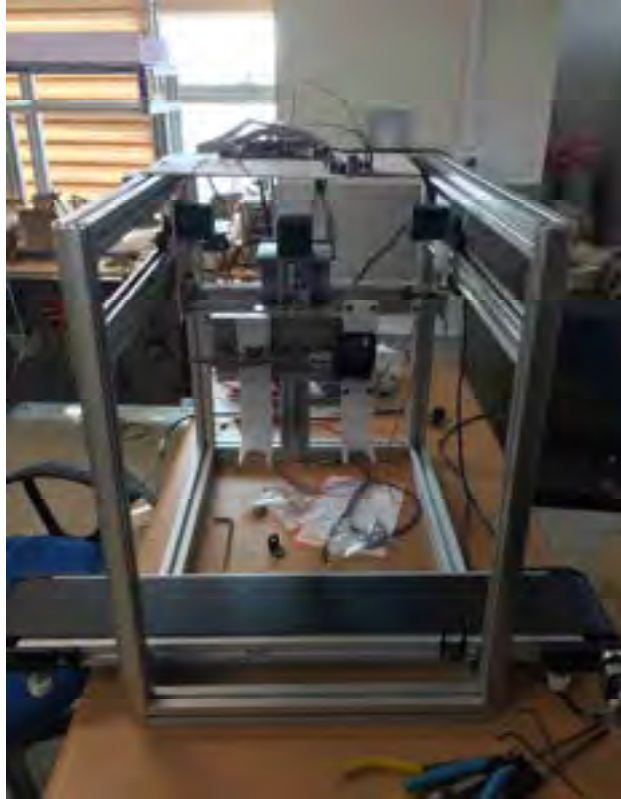




○ 시제품 제작 조립 모습 (Pick & Place 장치 구조 조립 테스트)



○ 시제품 제작 조립 모습 (컨베이어벨트 장착)



○ 컨셉 연구 모습 (로봇암과 레일을 이용한 컨셉연구)



- 컨베이어 테스트를 위한 컨트롤러 제작



3.2. 수경재배 자동화 라인 상품화 개발

3.2.1. 수경재배공정 자동화 라인 상세설계

(1) 개요

(1) 수경재배공정 분석

- 구체적인 현장 적용을 위해, 현장방문과 각기 다른 공정들 중 실제 적용 공정을 선정하여 참고하고, 실적용 베드 및 작물을 대상으로 공정분석을 수행함.

(2) 수경재배 자동화 라인 상세설계

- 실적용 공정을 분석한 데이터를 기반으로 자동화가 요구되는 공정을 파악함.
- 설비의 요소기술을 적용한 서비스 기능 설계 및 시제품 제작을 수행함.

(2) 접근방법

□ 주요 분석방법 등

- 현장방문 인터뷰, 요구기능별 요소기술 검토 설계.

□ 주요 대상 공정 등

○ 수경재배 공정 중 이식과정의 자동화 검토

- 실제 현장 방문과 자료, 동영상 검토를 통해 각 농법 프로세스를 분석하고 식물 이식 자동화 요구를 분석/도출함.

□ 주요 산출물 등

○ 공정도 다이어그램 및 3D 2D 설계도면

- 수경재배 자동화 목표달성을 위한 요구조건과 기술매칭 검토

(3) 연구내용

□ 개발 기능의 구체화

- 다수의 베드를 작업자가 적재하거나, 자동으로 수거하거나 하는 기능이 요구됨. (수직형 특수 자동 공급장치의 제작)
- 로봇이 효율적으로 정확한 작업을 할 수 있도록 고정된 위치로 베드를 적시에 이송시켜야 함.

□ 단위기능 컨셉 설계, 상세설계, 시스템 설계 (3D, 2D)

- 적재한 베드를 자동으로 정확한 위치에 정위치 시킨 후에는 베드의 각 홀에 개개의 식물 개체를 로봇이 자동으로 정확히 식별 이송해야 함. (Conveyor Belt 특수설계 제작)
- 이때, 비정상적인 개체의 선별이 이루어지면 좋을 것임 (Machine Vision의 사용 검토)

□ 시제품 제작 (2D 제작도) 및 시험

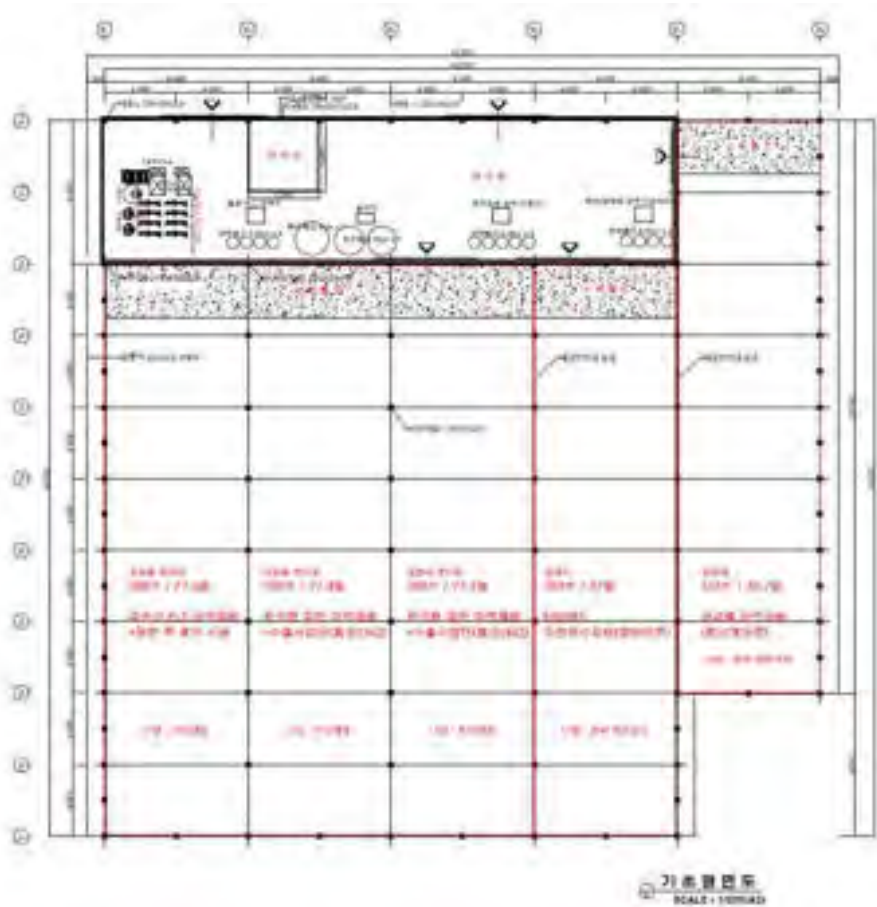
- 적재한 베드를 자동으로 정확한 위치에 정위치 시킨 후에는 베드의 각 홀에 개개의 식물 개체를 로봇이 자동으로 정확히 식별 이송. (Conveyor Belt 특수설계 제작)
- 이때, 비정상적인 개체의 선별이 이루어지도록 구현할 것. (Machine Vision의 사용 검토)

(4) 연구결과

□ 수경재배 자동화 라인 공정 분석

○ 수경재배 공정의 분석 (테스트베드 내용)

- 수경재배는 토양 대신에 물이나 배지에 생육에 필요한 무기양분을 녹인 배양액을 공급하면서 작물을 재배하는 방식으로, 작물의 생육에 따라 적기에 필요한 양만큼 양분을 공급하여 최고의 생산성을 올릴 수 있으나 여전히 노동 집약적인 공정이라 할 수 있음
- 수경재배 공정의 경우, 발아 후 반드시 식물의 정상적 성장을 위해 반드시 이식 공정이 필요하며, 이 과정에서 작업자는 비정상 발아 개체를 구분하여 제거해 주어야 함
- 실제 수경재배 공정은 현장마다 상이하야, 팜8에 설치할 테스트베드 현장공정을 검토 분석함

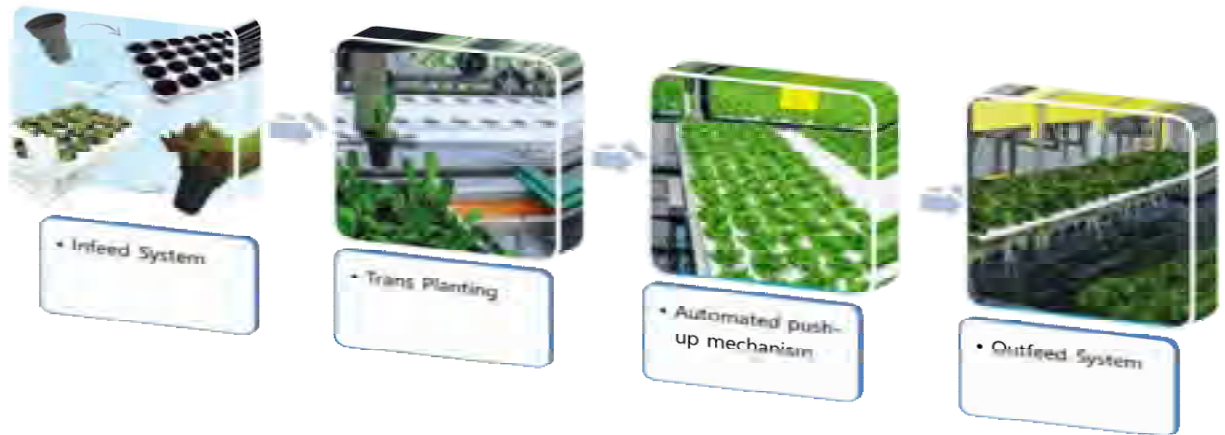


[그림 2-1116] 팜8에 진행중인 테스트베드 도면



[그림 2-1117] 실제 수경재배 현장. 팜8 제공

- 수경재배 자동화라인 컨셉설계 (3D), 프로세스 분석, 자동화 공정 수립
 - infeed > Transplanting > Automated push up > Outfeeding
 - 일정 재배 포트에 파종을 통해 트레이, 베드에 단위수량을 삽입, 이장식, 재배, 반출을 수행하는 일련의 공정을 분석하고, 자동화 구현을 설계함.



[그림 2-1118] 수경재배 자동화 라인 전체 공정 검토

○ 수경재배 자동화 단위 공정의 설계

- 몇몇 작물의 수경재배의 경우 다른 재배 방식에 비해 재배 공정 자동화가 용이하기 때문에 기술 고도화를 추구해야 할 분야로 판단됨
- 현재는 광량, 온도, 습도, 배양액 농도 등을 일정하게 유지해주는 기술들은 연구 및 개발이 활발하게 이루어지고 있으나 로봇으로 베드에 식물을 옮겨주는 과정 등에 대해서는 자동화 개발이 활발하게 이루어지지 않고 있음
- 현장의 요구분석 결과에 따라, 아래와 같이 수경재배 자동화 라인 공정을 수립하고, 요소기능 컨셉설계 및 서비스 기능 설계에 임함
- 이정식 공정과 작물의 상태를 분별하는 공정을 같이 검토하고, 구체 구현기술을 검토함.



[그림 2-1119] 수경재배 자동화 라인의 공정 설계

□ 수경재배 자동화 라인 상세 설계

○ 개별작물의 베드에 로봇에 의해 공급하는 시스템을 구현함.

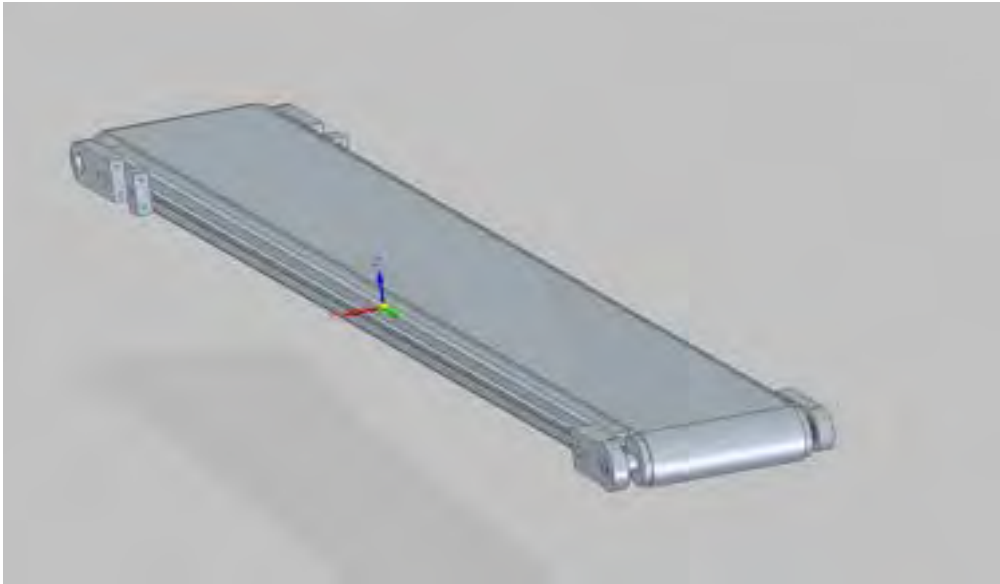
- 현장 방문을 통해, 현재 국내에서 사용 중인 스폰지 타입의 개별작물의 이송을 시도함.

Robotics On Transplant Automation Process _ K-Plant test bed



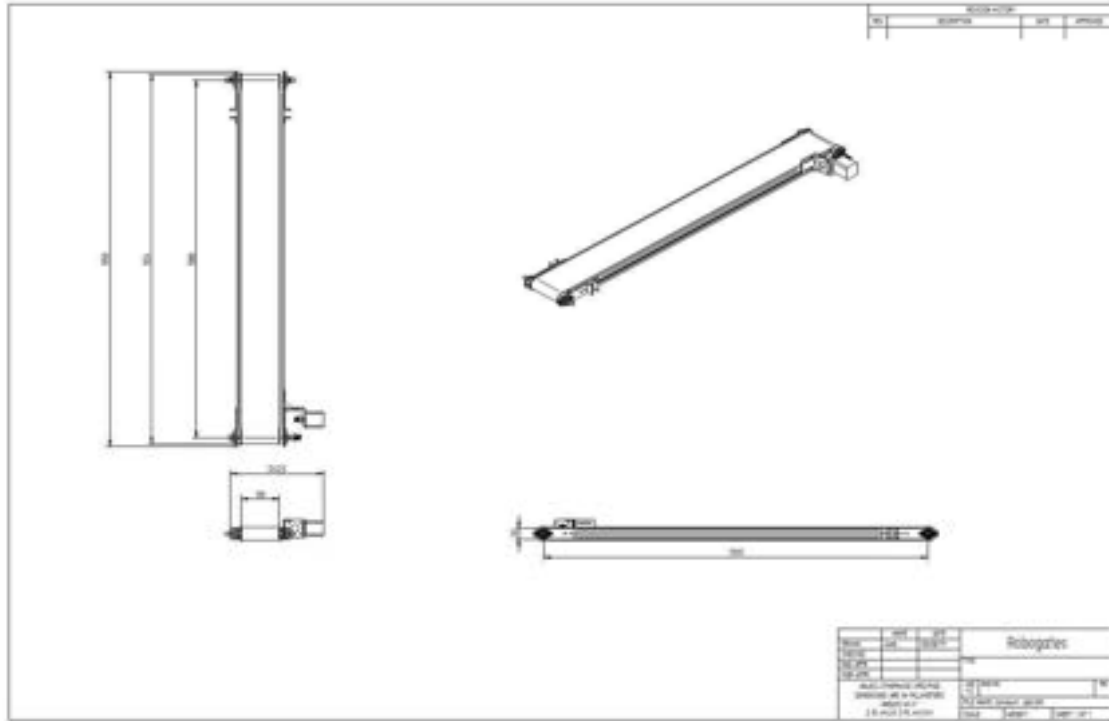
[그림 2-1120] 수경재배 자동화 라인의 로봇적용 컨셉 디자인

- 베드 자동공급을 위한 수평 컨베이어 구조체 설계를 위한 테스트용 컨베이어 설계
 - 적재된 베드들을 로봇이 작업하기 위한 적절한 위치에 이송하기 위한 수평형 컨베이어벨트를 설계를 위해 기본형 시험용 기본 컨베이어벨트를 설계하고 제작함.



[그림 2-1121] 수평이동형 테스트용 컨베이어벨트 3D 설계 기본 렌더링

- 2D 제작도 상세 설계 및 시제품 제작 테스트 진행
 - 컨베이어벨트의 특수 제작을 위해 초기 시험을 위해 기본 컨베이어벨트를 3D설계 및 시제품 제작해서 동작 테스트를 수행함.



[그림 2-1122] 수평이동형 테스트용 컨베이어벨트 제작도 1차

- 베드 자동공급을 위한 수평 컨베이어 구조체 설계 및 제작
 - 적재된 베드들을 로봇이 작업하기 위한 적절한 위치에 이송하기 위한 수평형 컨베이어벨트를 설계 및 특수 제작을 진행함.
 - 본 개발에 사용하는 베드에는 양쪽에 있는 홈이 가로세로 25mm로 되어있기 때문에 피치가 5mm인 S5M규격의 더블 타이밍 벨트를 사용한다. 타이밍 풀리의 크기는 3060 알루미늄 프로파일의 너비 보다 커야 하므로 풀리의 외경이 60mm 이상인 제품 중에서 선정되어야 함
 - 또한 타이밍 벨트와 알루미늄 프로파일과 마찰이 발생하지 않기 위해서는 벨트의 이빨 높이를 고려해서 선정해야 한다. 여기서 S5M 타이밍벨트 이빨의 높이는 1.93mm이기 때문에 풀리의 피치 직경이 65.25mm이고 잇수가 41개인 S5M형식의 타이밍 풀리를 선정
 - 방수에 대한 대책으로 smps는 방수, 알루미늄 판의 경우는 샌딩 후 아노다이징 처리를 하여 물에 의한 부식에 대비
 - 스텝모터의 경우 저속에서 정밀한 구동이 가능하므로 빠르진 않지만 정밀한 구동을 요구하는 본 장치에 적합하며, 스텝모터는 Nema23모터를 사용하였고 모터 드라이버를 통해 아두이노로 제어하였다. 제어 방식은 모터의 회전수와 속도를 제어하여 원하는 속도로 일정 거리만큼 이송시키도록 하였음. 이때 회전수를 제어하기 위해서는 우선 1스텝당 이동하는 거리를 계산해야 함
 - 본 개발에서 사용된 스텝 모터는 1step당 1.8°를 이동하게 되며 1회전은 360°이므로 1회전당 200step이 필요함. 여기에 추가로 1/16 마이크로 스텝핑을 적용하면 3600step당 1회전하며, 이때 모터 1회전당 타이밍 풀리의 피치 직경 둘레 길이만큼 타이밍 벨트가 이동하므로 피치 직경을 D_t 로 놓고 모터 1회전당 타이밍벨트가 이동하는 거리를 L 이라고 놓으면 아래의 식 과 같음

$$L = \pi \cdot D_t$$

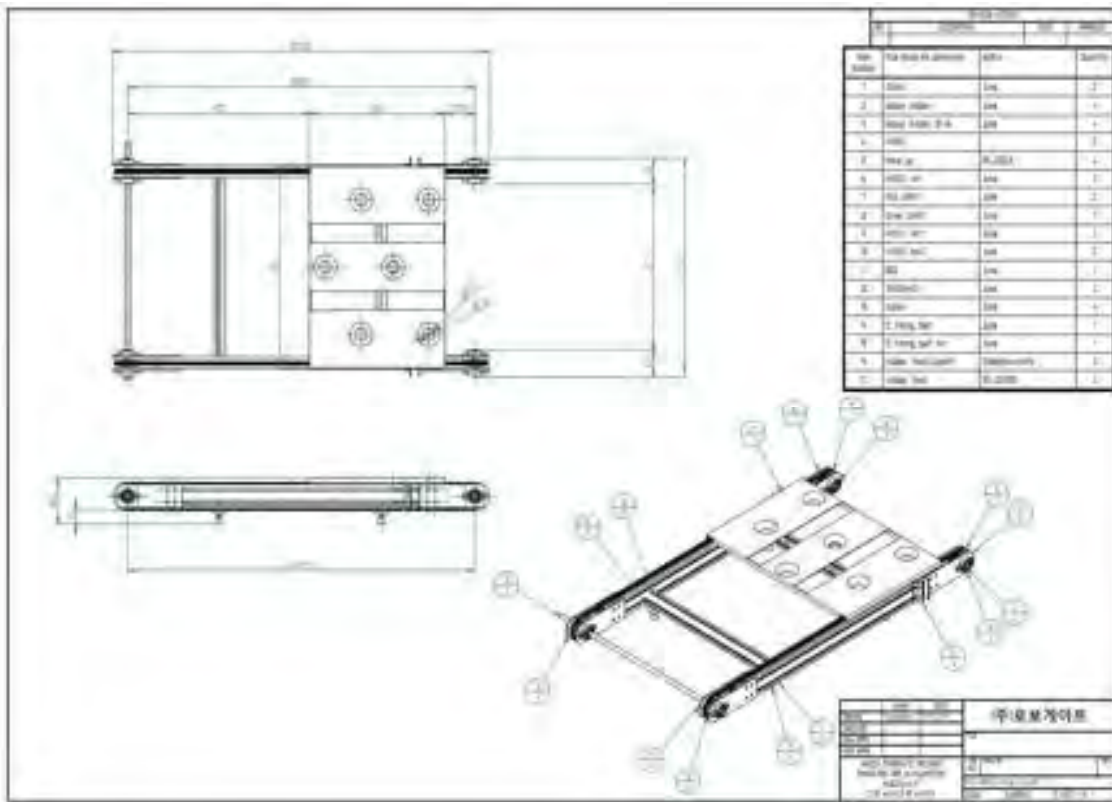
- 여기서 Dt는 타이밍 풀리의 외경이며 65.25mm이므로 L은 204.989 mm로 나타나며, 모터가 1step당 이동하는 타이밍 벨트 이동거리를 MPS라고 놓고 1회전에 필요한 총 스텝 수를 TS로 놓으면 아래의 식과 같이 나타낼 수 있다음

$$MPS = \frac{L}{TS}$$

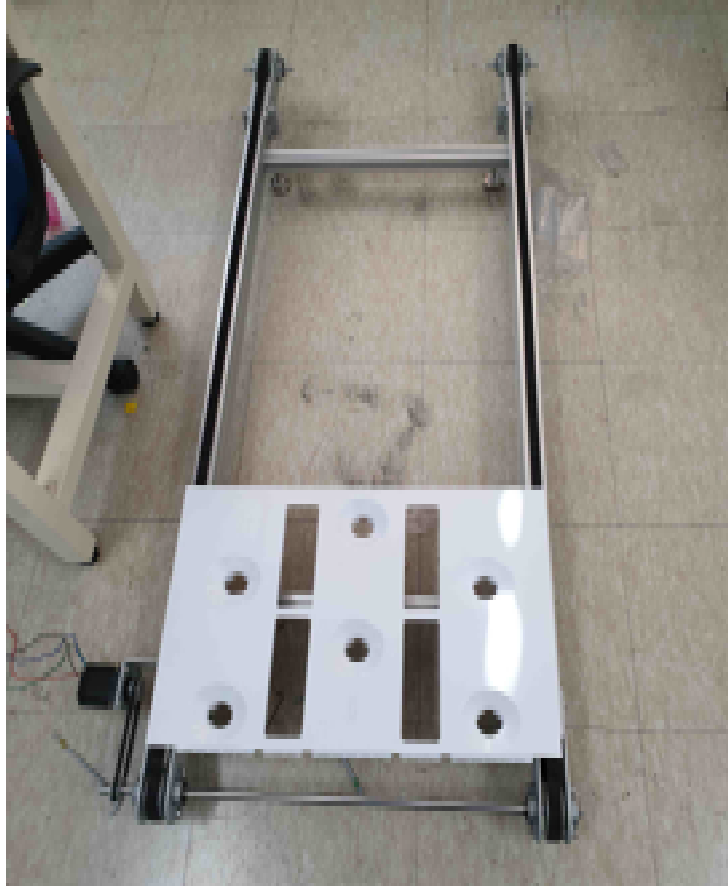
- 위의 식에서 TS는 1회전당 필요한 스텝 수는 3600step이고 L은 204.989mm이므로 MPS는 0.06406mm/step으로 나타내며, 베드 이송 속도를 구하는 방법은 초당 스텝 Vs(step/sec)을 구하면 되는데 목표 속도 Vt(mm/sec)를 위에서 구한 MPS로 나누면 됨

$$V_s = \frac{V_t}{MPS}$$

- 예를 들어 이송기를 100mm/s 속도로 구동하고 싶으면 위에 식의 Vt에 100을 넣고 구한 MPS를 대입하면 1561.04 step/s로 나오게 되고 1초당 1561.04 step만큼을 모터에 입력하도록 코드를 만들어주면 됨



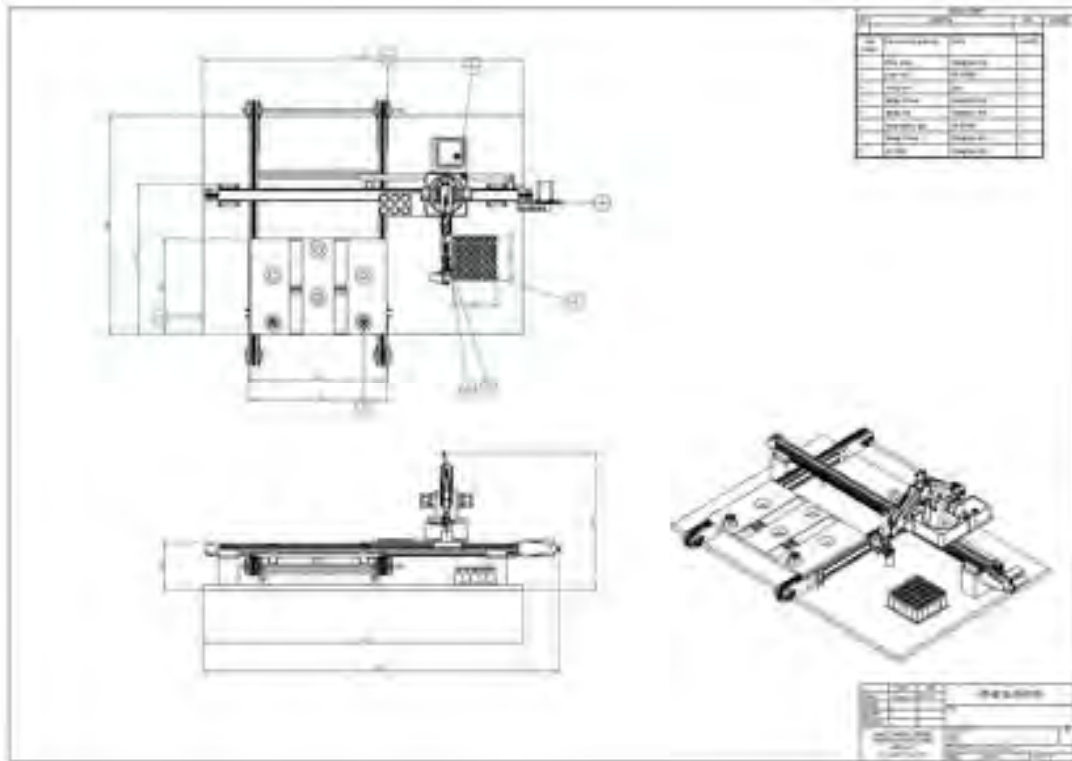
[그림 2-1123] 베드 이송용 수평 컨베이어 제작도 2차



[그림 2-1124] 베드 이송용 수평 컨베이어 시제품 제작

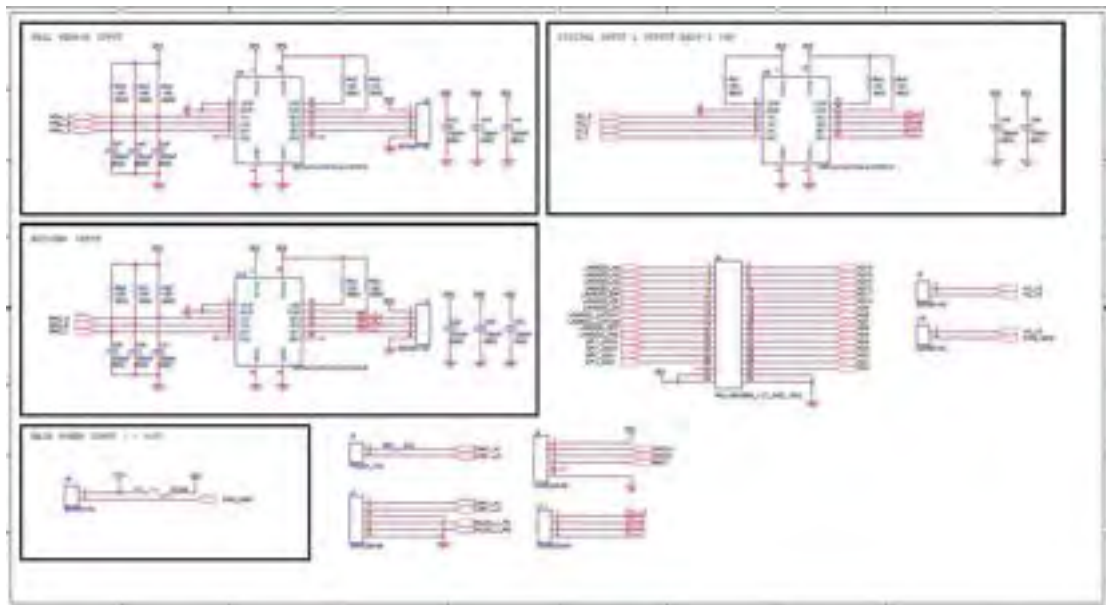
○ 전체 Assembly System 설계 제작

- 수직형 컨베이어 시스템에서 공급된 베드는 수평형 베드이송 컨베이어 시스템을 타고 공급되어 레일시스템과 연계된 로봇팔이 고정된 위치에 날개로 특수제작된 그리퍼에 의해 이송되어 해당 위치에 옮겨지게 되고 이것이 마무리되면 해당 베드는 배출되거나 연계된 컨베이어벨트에 의해 향후 생육환경 위치로 이송되는 것이 전체 공정
- 따라서, 그동안 개발된 요소기술들을 모두 결합하여, 상기 기술된 공정 전체를 연계하도록 시스템을 구성하고 하나의 프로그램으로 통합 제어하는 것이 목적이므로, 통합제어시스템을 제작
- 특수 그리퍼를 제작하고, 해당 묘종의 상태를 식별할 수 있도록 그리퍼의 말단에 카메라를 달아 비정형 개체의 선별과 이송이 가능하도록 하는 것이 전체 시스템의 최종 목표이며, 추가적으로 특수 그리퍼 설계 및 머신비전 장치를 설치함



[그림 2-1125] 수평컨베이어 및 로봇시스템 통합 제작도 1

- 컨베이어벨트 테스트용 컨트롤러의 제작 및 테스트 수행
 - 제작된 컨베이어시스템 구동 테스트를 위해 컨트롤러를 제작하고, 컨베이어벨트의 구동을 프로그램에 의해 구동 테스트 수행함.



[그림 2-1126] 모터 제어보드 회로도

3.2.2. 수경재배 자동화 라인 효율 분석/개선

(1) 개요

□ 1차 설계 내용의 검토 효율 분석

○ 기술 검토 / 효율 분석

- 현재까지 기능은 주어진 베드에 개별 식물을 이송하는데에 로봇기술을 적용하는 방안에 대해서만 집중하였으나, 실질적인 업무효율을 위해서 사용자 편의 기능을 파악하고 추가함.

○ 추가적인 기능구현 개발 개선 필요

- 반복되는 대량업무처리가 가능하도록 고안이 필요하여 수직 컨베이어벨트 등을 고안함.

□ 기능 개선 방안 도출 및 구현

○ 대량 업무 처리 기능 필요

- 반복되는 대량업무처리가 가능하도록 고안이 필요하여 수직 컨베이어벨트를 고안함.

○ 비정상 식물의 선별 기능 필요

- 짝이 튼 식물의 상태가 모두 좋지는 않다. 비정상인 개체를 분리하는 기능이 필요함.

○ 특수 그리퍼의 설계 필요

- 개별 작물이 발아상태로 이송전에는 서로가 이어진 스폰지 상태에 담겨져 있어서, 이를 분리 하고 이송시키기 위해 특수한 그리퍼 설계가 필요하였다.

○ 추후 과제

- 현재는 현장과 100% 맞지않을 것으로 판단되며 차년도에는 이를 자동이송하면서 처리할 수 있도록 자율주행 모드를 구현할 필요가 있음

(2) 접근방법

□ 주요 분석방법 등

- 논문, 특허검토, 사례 조사, 현장방문 인터뷰, 요구기능별 요소기술 검토 설계.

□ 주요 대상 공정 등

○ 수경재배 공정 중 이식과정의 자동화 검토

- 실재 현장 방문과 자료, 동영상 검토를 통해 각 농법 프로세스를 분석하고
- 식물 이식 자동화 요구를 분석/도출함.

□ 주요 산출물 등

○ 연관 특허조사/ 분석 및 동향보고서, 설계도, 시제품

- 수경재배 자동화 목표달성을 위한 요구조건과 기술매칭 검토

(3) 연구내용

○ 개발 기능의 구체화

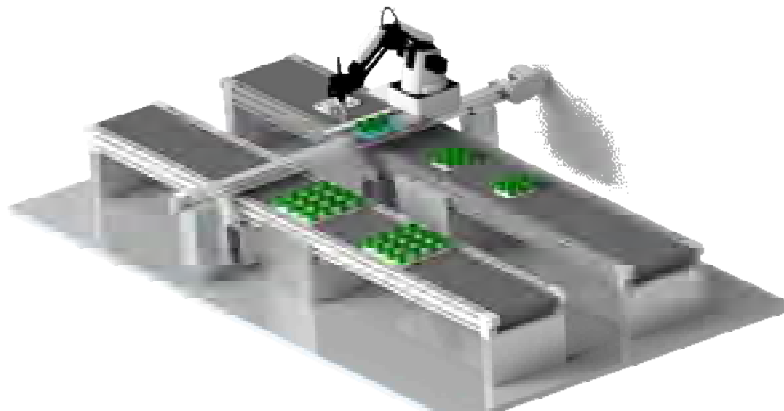
- 다수의 베드를 작업자가 적재하거나, 자동으로 수거하거나 하는 기능이 요구됨. (수직형 특수 자동 공급장치의 제작)
- 로봇이 효율적으로 정확한 작업을 할 수 있도록 고정된 위치로 베드를 적시에 이송시켜야 함.

○ 단위기능 컨셉 설계, 상세설계, 시스템 설계 (3D, 2D)

- 적재한 베드를 자동으로 정확한 위치에 정위치 시킨 후에는 베드의 각 홀에 개개의 식물 개체를 로봇이 자동으로 정확히 식별 이송해야 함. (Conveyor Belt 특수설계 제작)
- 이때, 비정상적인 개체의 선별이 이루어지면 좋을 것임 (Machine Vision의 사용 검토)
- 시제품 제작 (2D 제작도) 및 시험
 - 적재한 베드를 자동으로 정확한 위치에 정위치 시킨 후에는 베드의 각 홀에 개개의 식물 개체를 로봇이 자동으로 정확히 식별 이송해야 함. (Conveyor Belt 특수설계 제작)
 - 이때, 비정상적인 개체의 선별이 이루어지면 좋을 것임 (Machine Vision의 사용
- 수경재배 자동화 라인 효율분석 및 개선
 - 다수의 베드 처리공정을 위한 기능 구현 필요로 수직구조체 설계 제작
 - 다수의 작업량을 처리해주어야 자동화라인의 효율이 높아질 것이므로, 여러개의 베드를 거치하고 이를 한번에 처리할 수 있도록 추가로 수직 컨베이어 시스템을 고안하여 추가함.
 - 3D CAD 자동화설계 기능을 이용하여 기어비의 최적화 연구를 수행함.
 - 수직 구조체 제작에 필요한 기어비 계산
 - 작물 양분량 상태의 인식 분류 기능에 대한 추가 연구 수행
 - Machine Vision 과 Ai 기술 적용을 연구함. 추가 연구가 필요함.
 - 발아상태의 작물 수용기로 현장에서 사용중인 스폰지 구조체 분리 이송을 위한 특수 그리퍼의 개발제작 연구 수행.
 - 정육면체 스폰지 구조체가 연달아 연결되어 있는 작물을 하나씩 분리 이송할 수 있는 특수 구조 설계 제작

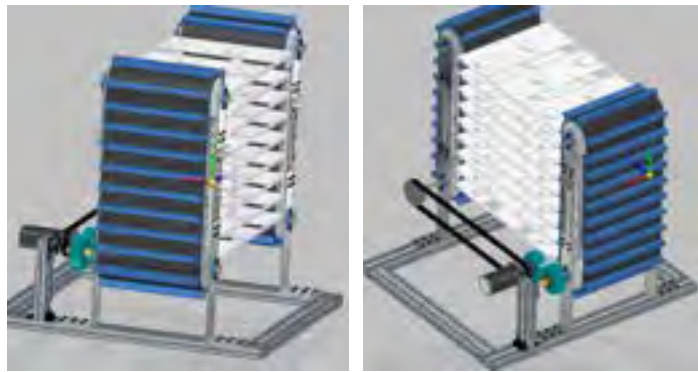
(4) 연구결과

- 다수 베드 처리를 위한 수직 구조체 및 컨베이어벨트 자동화 설비 추가 제작
 - 컨셉검토에 따른 베드 자동공급 장치의 필요성 대두
 - 시제품 제작을 통해 시험/ 업무분석 효율 및 개선 진행 중, 베드를 다수 적제할 수 있는 용도의 수직형 컨베이어벨트의 설계 및 특수 제작을 진행함.
 - 초기 컨셉모델을 통해 검토결과, 연속작업을 위해서는 서로다른 두 개의 연속된 컨베이어벨트가 있어야 하는데, 어딘가는 이 베드들을 다수 적제할 수 있는 용도의 공간이 필요하고 이를 자동으로 이송시킬 수 있도록 수평 컨베이어시스템에 놓아주어야 한다.
 - 따라서, 베드를 다수 적제할 수 있는 용도의 수직형 컨베이어벨트의 설계 및 특수 제작을 진행하고 이를 로봇시스템과 연계하여 설계 제작하였다.



[그림 2-1127] 로봇팔과 레일시스템, 컨베이어시스템의 결합운용 구조 초기 컨셉 연구

- 다수의 베드 적재 및 자동 이송 기능
 - 다수의 베드를 작업자가 적재하거나, 자동으로 수거하거나 하는 기능이 요구됨. (수직형 특수 자동 공급장치의 제작)
 - 로봇이 효율적으로 정확한 작업을 할 수 있도록 고정된 위치로 베드를 적시에 이송시켜야 함.
- 베드 자동공급을 위한 수직 컨베이어 구조체 추가 설계 제작
 - 우선 수직형 컨베이어 구조체를 설계하여, 다수의 베드를 수동으로 거치해놓으면, 로봇시스템과 연계된 프로그램에 의해 아래로 한 개씩 배출을 하도록 설계하였음



[그림 2-1128] 수직형 컨베이어벨트 시스템의 컨셉 연구 및 3D 설계

- 수직 베드 공급기는 프레임, 스프로킷, 어태치먼트 체인등으로 구성되어 있고 구동 부분은 기어 및 타이밍 벨트를 통하여 스텝 모터 1개로 구동할 수 있도록 구상
- 어태치먼트 체인에는 3D프린터로 만들어진 받침 부착하여 베드를 차례차례 이송기로 내려줄 수 있도록 설계하였다. 베드를 올려놓을 수 있는 받침의 피치는 60mm로 공급기에 총 15개가 들어가도록 구상
- 구동의 경우 위에서 사용한 아두이노 코드를 이용해 로봇 암에서 작업 완료 신호를 받을 경우 베드가 내려오면 이송기를 통하여 다음 베드를 로봇 암이 작업할 장소까지 이송해준다. 해당 과정동안 로봇 암은 제배 스펀지를 떼어내는 작업을 진행하고 베드의 작업위치 도착에 맞춰 베드에 이양하는 작업을 진행할 수 있도록 함
- 3D CAD 자동화설계 기능을 이용하여 기어비의 최적화 연구를 수행함.
 - 3D CAD 의 Gear Designer 기능을 사용하여 수직 구조체 제작에 필요한 기어비 계산



[그림 2-1129] Solid Edge Spur Gear Designer

- 다수의 베드를 적재하기 위해 수직이송 컨베이어 시스템을 설계하기 위해 엔지니어링 검토. 아래 수식은 베드 수직이송 기구 설계를 위해 검토한 모터 토크 계산식.

Inertia:

$$J_L = \frac{1}{4} m_L D^2 \quad [kg \cdot m^2]$$

$$J_P = \frac{1}{8} m_P D^2 \quad [kg \cdot m^2] \quad (\text{Remember to multiply by 2 if there 2 pulleys.})$$

$$J_B = \frac{1}{4} m_B D^2 \quad [kg \cdot m^2]$$

$$J_T = J_L + J_P + J_B + J_M \quad [kg \cdot m^2]$$

Torque:

$$T_a = J_T \alpha = (J_L + J_P + J_B + J_M) \frac{\omega_f - \omega_i}{t} \quad [N \cdot m]^{**}$$

$$T_L = \frac{m_L g D (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{2\eta} \quad [N \cdot m]^{**}$$

$$T_T = T_L + T_a \quad [N \cdot m]$$

$$T_M = K_s T_T \quad [N \cdot m]$$

J_L - Inertia of the load [kg m²]
 J_P - Inertia of the pulley(s) [kg m²]
 J_B - Inertia of the belt [kg m²]
 J_M - Inertia of the motor [kg m²]
 J_T - Inertia of the system [kg m²]
 m_L - Weight of the load [kg]
 m_P - Weight of the pulley [kg]
 m_B - Weight of the belt [kg]
 D - Diameter [m]
 ω_i - Initial velocity of the motor [rad/s]
 ω_f - Final velocity of the motor [rad/s]
 t - Time for velocity change [s]
 T_a - Acceleration torque [N·m]
 T_L - Load torque [N·m]
 T_T - Total calculation torque [N·m], $T_T = T_L + T_a$
 T_M - Required motor torque [N·m], $T_M = K_s T_T$
 K_s - Safety factor (Reference Value is 1.5 to 2.0.)
 α - Angle of inclination [°]
 μ - Frictional coefficient of sliding surfaces
 η - Efficiency (Reference Value is 0.85 to 0.95.)
 g - Gravity constant (9.8 m/s²)
^{*} This is for solid cylinder, and see page 1 for hollow cylinder.
^{**} Please use the max. values of the specific application.

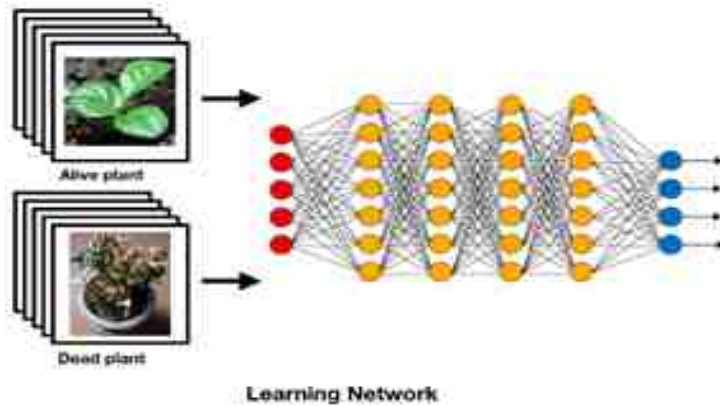


[그림 2-1130] 수직형 컨베이어벨트 시스템의 컨셉 연구 및 3D 설계 2

- 작물의 비전 식별장치에 대한 연구 수행
 - 식물 개체의 식별 및 이송 기능
 - 적재한 베드를 자동으로 정확한 위치에 정위치 시킨 후에는 베드의 각 홀에 개개의 식물 개체를 로봇이 자동으로 정확히 식별 이송해야 함. (Conveyor Belt 특수설계 제작)
 - 이때, 비정상적인 개체의 선별이 이루어지면 좋을 것임 (Machine Vision의 사용 검토)
 - 비전 식별장치의 구성과 비전 인식
 - 로봇 앞에 카메라를 달아 객체를 인식시켜 생육 상태가 불량한 식물을 분류하는 기술을 개발하였다.

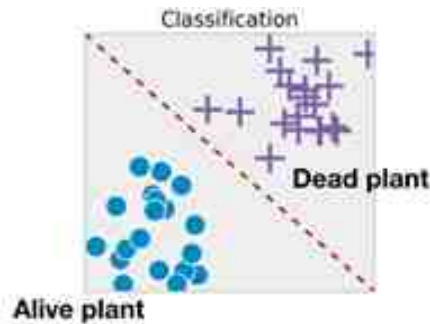
사용된 기술은 Classification이며, 식물의 상태가 살아있는지 죽어있는지를 판단하는 것이다. 해당 기능을 수행하기 위해서 별도의 컴퓨터를 추가 설치

- 사람의 시각인지 과정을 모방한 컨볼루션 신경망(Convolutional Neural Network)은 태생적으로 컴퓨터 비전 분야에서 독보적인 방법으로 사용되고 있다. 다양한 형태의 데이터에서 원하는 특성을 추출하는 데 탁월한 성능을 보여줌



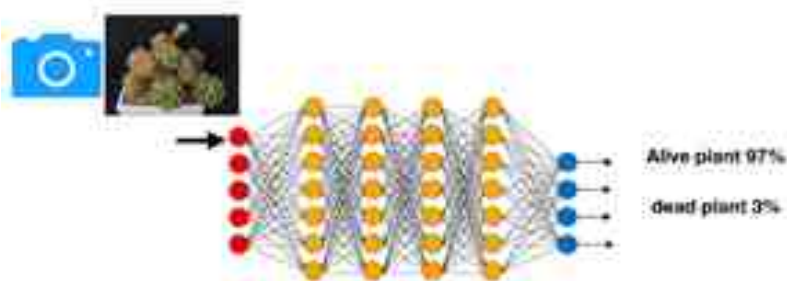
[그림 2-1131] CNN algorithm

- 생육중인 식물과 죽은 식물의 여러가지 사진을 가지고 CNN 알고리즘을 이용하여 인공지능 네트워크를 미리 학습시켜 두었다. 학습이 완료되면, 네트워크는 학습했던 객체들의 특징들을 가지고 분류하게 된다. 해당 개발에 사용된 네트워크는 linear-regression을 중첩하여 CNN을 구현



[그림 2-1132] Classification

- 학습이 완료된 네트워크를 컴퓨터에 이식시킨 후 카메라로부터 읽어오는 식물사진을 네트워크에 전달하여, 사진 속 식물이 죽은 식물인지 살아있는 식물인지를 판별



[그림 2-1133] Classification algorithm

- 시제품 제작 후 실제 작물을 이용한 테스트를 준비 중이며, 향후 건축이 완료될 테스트베드에 설치하여 테스트를 수행할 예정이며, 차년도에 이어서 수행해야 할 것으로 판단됨

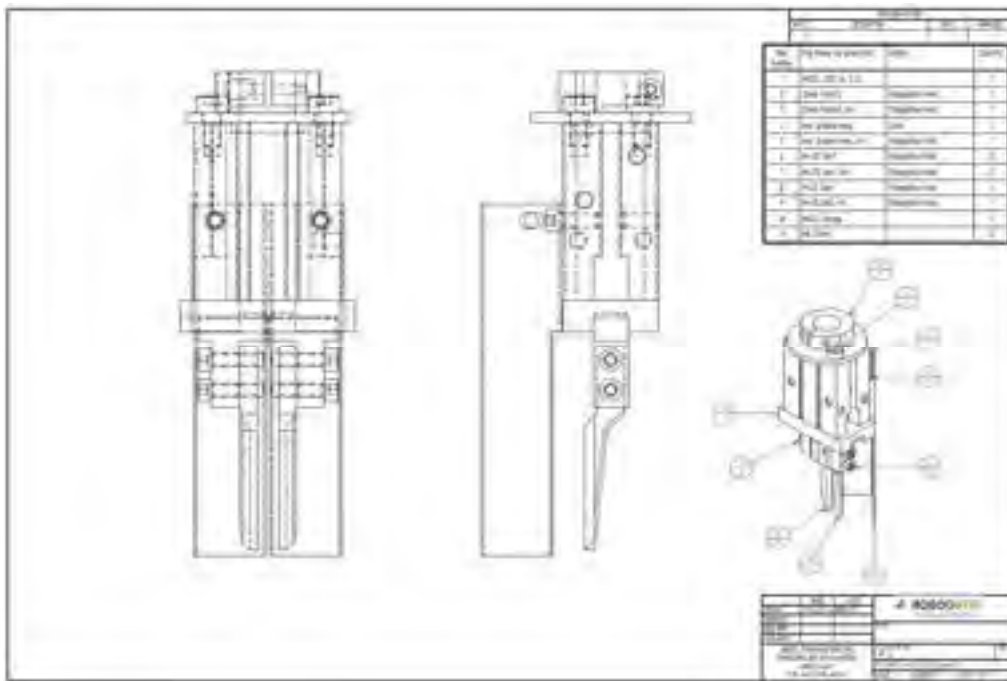
(3) 특수 그리퍼 설계 제작 수행

○ 식물 이식을 위한 고정장치와 특수 그리퍼의 설계 필요

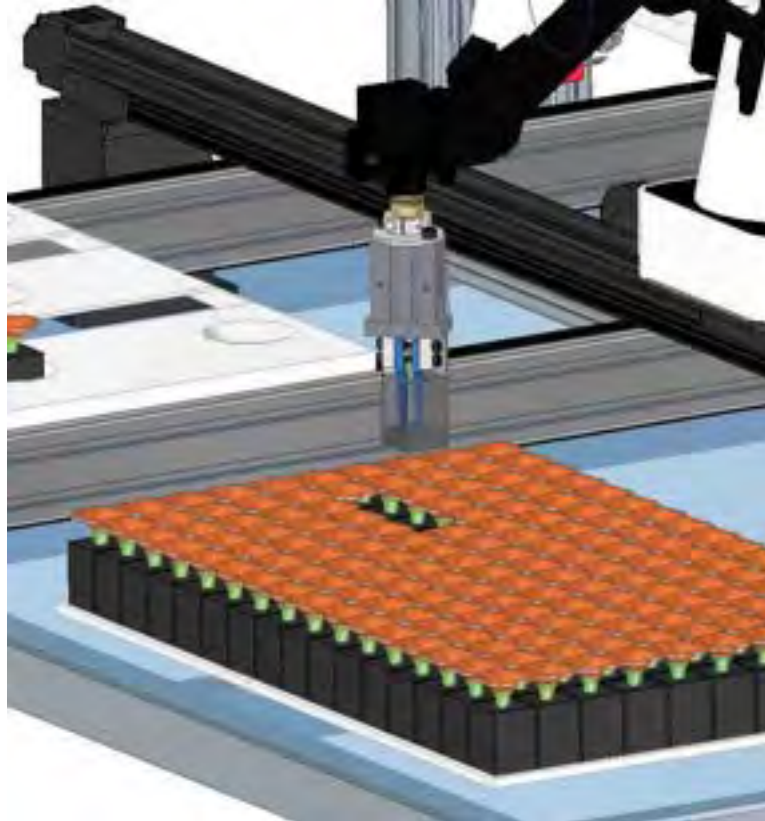
- 대개의 경우 자동화를 위해서는 특수제작된 정형화된 케이스가 필요함.
- 본 과제에서 테스트베드에 설치를 위해 주어진 식물개체의 케이스는 스폰지임.
- 스폰지 개체를 집기위한 특수 구조의 그리퍼 설계가 요구됨. (Gripper 특수설계 제작)

○ 특수 그리퍼의 설계, 제작

- 로봇팔은 대상 물체의 이송을 담당하나, 그 말단에는 그리퍼를 가지고 있어야 개체를 잡고 원하는 위치에 놓아줄 수가 있고 그리퍼를 검토하는 것은 필수인데, 해당 대상이 스폰지가 여러개 연결되어 있는 구조이고, 이를 개별로 분리시켜서 집기 위해서는 특수구조설계가 필요
- 로봇팔의 말단에 카메라를 달고, 그리퍼를 이용해서 작물 묘목을 잡고 옮기는 작업을 위해 특수 그리퍼를 설계 제작



[그림 2-1134] 특수 그리퍼 설계 제작도



[그림 2-1135] 특수 그리퍼 운용 시뮬레이션 3D 이미지

3.2.3. 단위공정별 로봇 자동화 방안 도출

(1) 개요

- 수경재배 공정 자동화 라인에 로봇 기술의 적용
 - 다관절 로봇 및 레일 시스템 적용
 - 다관절 로봇과 레일 시스템을 이용하여 기존에 자동화가 어려웠던 작물의 개별 이송을 구현함.

(2) 접근방법

- 주요 분석방법 등
 - 논문, 특허검토, 사례 조사, 현장방문 인터뷰, 요구기능별 요소기술 검토 설계.
- 주요 대상 공정 등
 - 수경재배 공정 중 이식과정의 자동화 검토
 - 실재 현장 방문과 자료, 동영상 검토를 통해 각 농법 프로세스를 분석하고
 - 식물 이식 자동화 요구를 분석/도출함.
- 주요 산출물 등
 - 연관 특허조사/ 분석 및 동향보고서, 설계도, 시제품
 - 수경재배 자동화 목표달성을 위한 요구조건과 기술매칭 검토

(3) 연구내용

□ 개요

- 경량의 로봇암을 이용
 - 4축 다관절 로봇 DOBOT Magician 적용함.
 - End Effector는 특수 설계된 Gripper를 적용 예정임.
- Rail System과 연동
 - 동시 프로그래밍이 가능하도록 Robotic Arm과 Rail System을 연동하였다.
- Vision Camera의 적용 테스트
 - Machine Vision 테스트를 위해 로봇암 끝에 Vision Camera를 달고 테스트 수행하였으나, 아직 미흡하며, 실제 의도한 AI 기능을 구현하기 위해서는 향후 실 작물 대상으로 반복 학습이 요구

□ 로봇 자동화 방안 도출

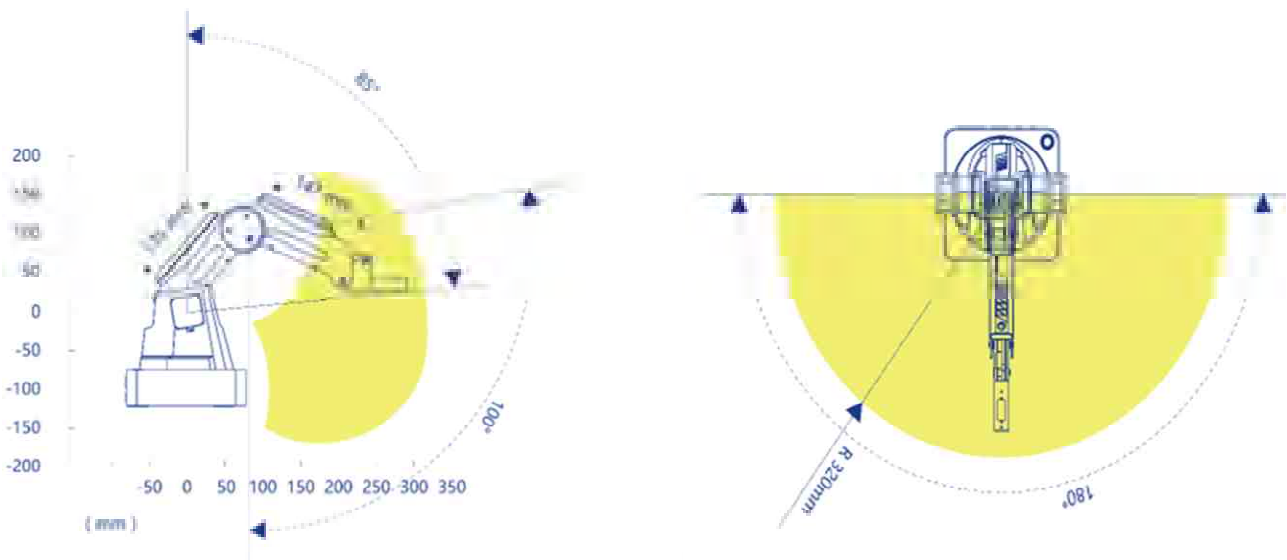
- 로봇기술의 적용 검토
 - 발아된 작물의 베드로의 개별 이송을 위해 소형 4축 로봇팔을 적용함.



[그림 2-1136] 수경재배용 자동이식장치에 적용한 소형 수직다관절 로봇 DOBOT

○ 적용된 로봇의 사양

- 자동이식공정에 적용된 로봇팔의 작업반경 및 레일시스템의 사양



[그림 2-1137] 적용된 로봇팔의 작업반경



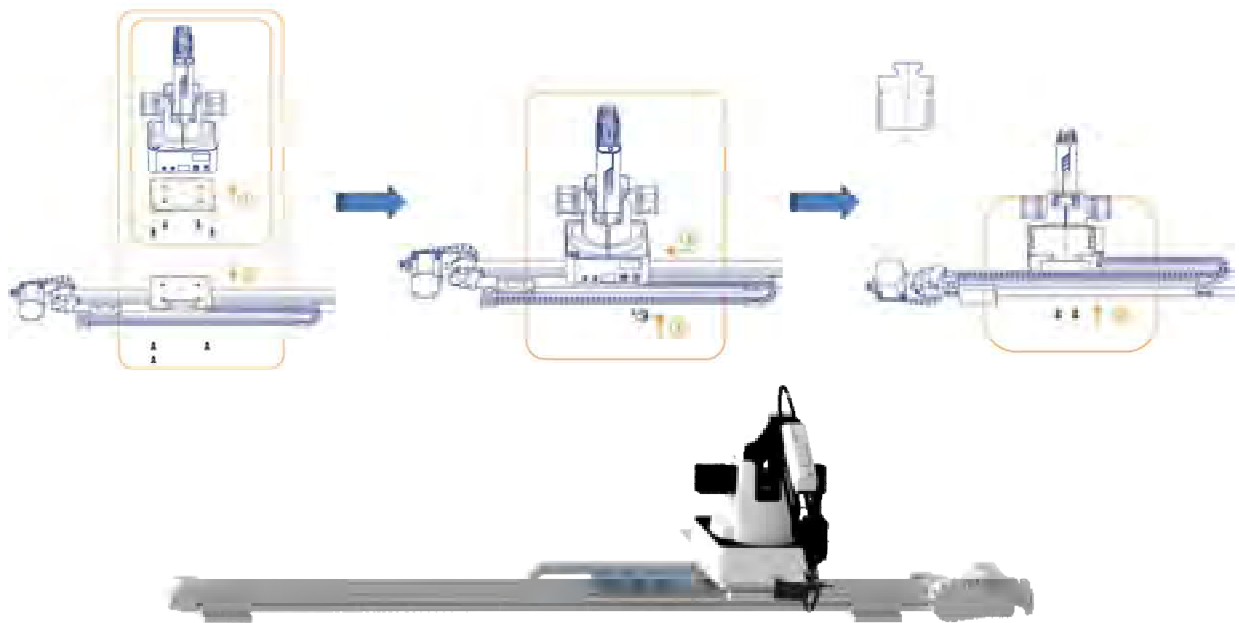
Specifications

Payload	5KG
Effective Travel Distance	1000mm
Maximum Speed	150mm/s
Maximum Acceleration	150mm/s ²
Repeat positioning accuracy	0.01mm
Absolute positioning accuracy	0.25mm
Dimension(L*W*H)	132*120*55(mm)
Weight	4.7KG

[그림 2-1138] 로봇팔의 이송용으로 적용된 Rail System의 사양

(4) 연구결과

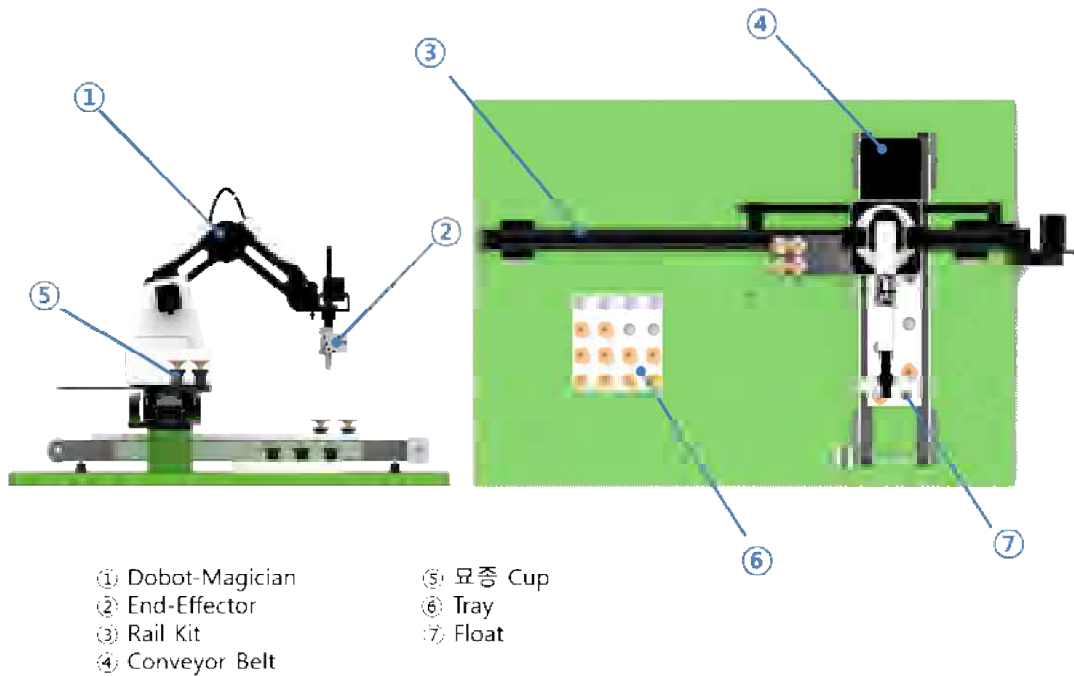
- 로봇암-레일 연계 프로그래밍 수행
 - 로봇팔과 레일시스템의 결합 운용
 - 로봇팔과 레일시스템은 상호 결합운용이 가능함.
 - 레일시스템의 시송플레이트 위에 로봇을 고정하고, 직선운동을 통해 작업반경을 넓혀줌
 - 한번의 프로그램으로 동작이 이루어지므로 운용성이 좋음



[그림 2-1139] 로봇팔과 레일시스템의 동시 결합운용 구조

- 소형 4 자유도 로봇팔의 작업반경의 제약을 극복하기 위해 Rail system을 이용하여, 로봇팔을 이송하도록 구성하고 프로그래밍함.

- 1차 제작된 수평이송 컨베이어 시스템에 맞게 로봇을 적용해보고 작업 반경을 3D로 검토함. 이때, 베드와 작품의 위치는 임의설계에 의한 것이어서 개념검토가 끝난 후 보안을 진행함.
- 실제 현장방문을 통해 실적용 베드의 데이터를 확보하고 수정 보안을 수행함.



[그림 2-1140] 수경재배용 자동이식장치에 적용한 소형 수직다관절 로봇 Rail

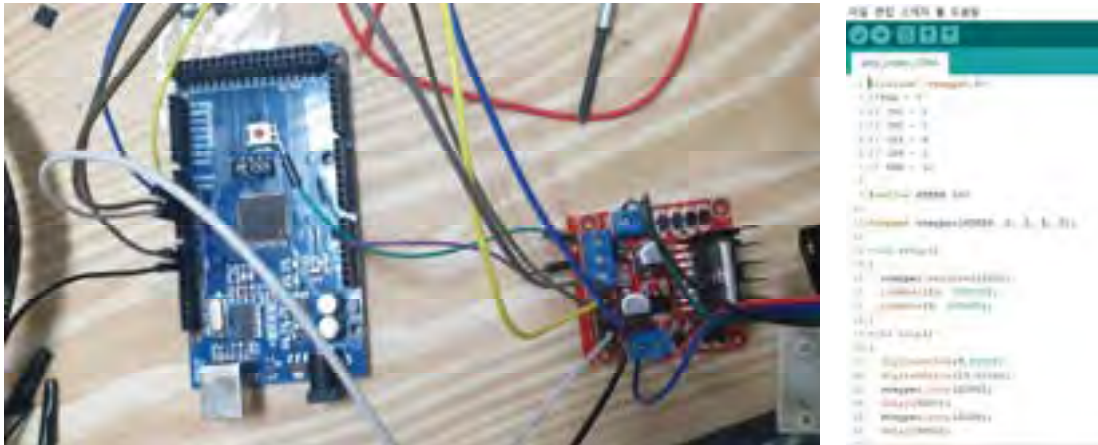
- 수경재배 자동화 시험을 위해 임의 설계된 모종컵과 트레이를 제작하였으나, 추후 실 적용 데이터를 입수한 후는 실제사용하는 베드를 이용함. 이때 새로운 문제로 고정형태의 모종컵이 아닌 현장에서 사용하는 모종의 컨테이너는 발아실에 들어갈 때 스폰지형태의 구조물에 삽입되어 있는 것이어서 새로운 그리퍼 기술개발이 필요하게 되었고, 다양한 방법이 연구되었음.
- 로봇기술 적용에 있어서 각 단위 컨베이어벨트와 동기화 제어가 가능하도록 구성하고, 한번의 프로그램으로 로봇, 레일, 컨베이어벨트를 운용할 수 있도록 제작 구성함.



- PC와 로봇은 USB를 통해 연결되며 제공되는 DobotStudio 프로그램을 사용해서 원하는 작업을 프로그램 합니다.
- Playback기능에서는 offline상태에서도 작동 가능하며 그 외에 Arduino, Python, C++, QT, JAVA등 외부 프로그램도 연동해서 작동 가능합니다.
- Lock버튼이 지원하며 버튼을 통해서 로봇을 자유롭게 3차원 포인트를 저장할 수 있습니다.

[그림 2-1141] 수경재배용 자동이식장치에 적용한 소형 수직다관절 로봇 및 Rail 연계 프로그래밍

- 사용목적에 적합한 전장기구부 설계 수행.



[그림 2-1142] 컨베이어 구동 테스트에 사용된 모터드라이버, 아두이노 보드 및 코딩

- 사용목적에 맞게 각 전장/ 기구부 방수 설계/ 제작
 - 이후 수분을 담고 있는 작물을 다루는 장비이므로, 각 컨베이어벨트 등 전장부 커버 등을 방수설계를 진행하여 장비고장이 일어나지 않도록 설계 변경 적용함.
 - 모종 작물을 이송하기 전의 상태는 스폰지에 수분을 다량 함유하고 있어서, 로봇의 동작 중 자동화 라인의 각 부품에 수분이 흘러들어 누전의 위험이 있을 수 있으므로 각 부위의 방수설계를 진행함. 아래 그림은 모터 하우징을 항공선 단자적용으로 구성하여 방수커버를 설계 제작한 사진임.



[그림 2-1143] 방수구조 항공선 단자 적용 모터 하우징

3.2.4. 수경재배공정 자동화 라인 상품화 전략

(1) 개요

- 수경재배 공정 자동화 라인 선행기술 조사분석
 - 선행기술조사 / 경쟁분석
 - 선행기술조사보고서에 의한 시장 상황 및 예측과 경쟁분석
 - 수경재배 자동화 분야 선행 특허를 조사하여 선행기술을 분석하기 위해 선행기술조사보고서를 의뢰하여 받음.
- 수경재배 공정 자동화 라인 상품화 설계, 특허출원 상품화 진행
 - 특허 출원

- 수경재배공정 자동화 특허출원

(2) 접근방법

- 주요 분석방법 등
 - 특허선행기술 조사 및 시장 분석.
- 주요 대상 공정 등
 - 수경재배 공정 중 이식과정의 자동화 검토
- 주요 산출물 등
 - 특허 선행기술 조사보고서, 특허출원서

(3) 연구내용

(1) 국내외 선행기술 조사 보고

- 조사방법
 - 조사대상
 - 당해 조사보고서는 공개된 특허 또는 실용신안을 대상으로 하며, 국내외에 출원된 기술을 순차적으로 검색하여 작성되었다.
 - 검색엔진 : 국내, 외 선행기술 <http://www.kipris.or.kr>
 - 검색과정

키워드 초록검색을 수행하였으며 1차 검색시 IPC분류코드를 (A01G+B25J+F21V+G05B)로 지정하여 검색 키워드 (수경재배*(스마트팜+스마트농업)*(식물+작물))로 검색결과 180건의 선행기술이 리스트 되었다. 또한, 2차 검색시 IPC분류코드를 (A01G+B25J+F21V+G05B)로 지정하여 검색 키워드 (수경재배*(로봇암+축로봇+핸들러+그리퍼))로 검색결과 97건의 선행기술이 리스트 되었다. 이 중에서 출원발명과의 기술적 관련성이 높고 기술사상의 카테고리가 동일한 선행기술을 선별하였으며, 선별방법은 발명의 명칭·요약서 및 도면의 비교검토로 수행되었음

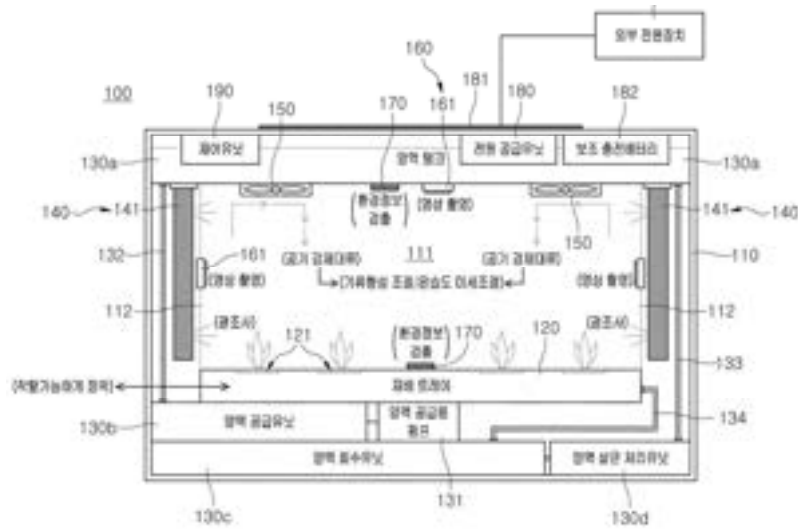
- 업계동향조사 및 동향보고서 작성
 - 수경재배 자동화 분야 업계 동향 조사
 - 동향 보고서 작성

- 특허출원 및 상품화 전략 수립
 - 선행기술조사내용 및 업계동향조사를 통해 시장분석
 - 수경재배자동화 상품화 전략 수립

(4) 연구결과

- 국내외 선행기술 조사
 - 국내
 - 국내 관련 특허 검토 - 식물공장 및 자동 수확기 사례가 다수 존재.
 - 독립모듈 개인화 식물공장 국내특허 사례

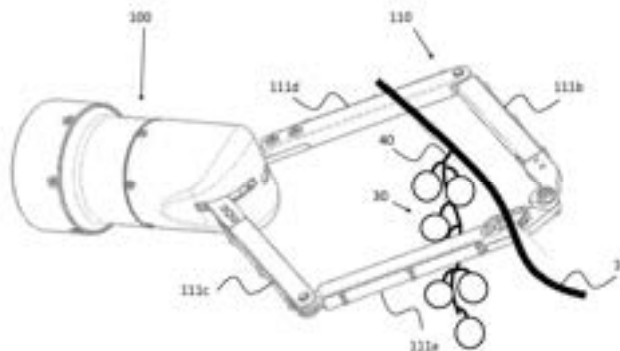
독립모듈형 개인화 식물재배기 및 독립모듈형 개인화 식물재배기 기반 식물공장 시스템. 개인 사용자나 특정 식물 종(種)/품종의 한정 수량 재배에 할당되는 단위 재배공간에서 원격제어나 재배프로세스 프로그래밍에 의해 무인 식물재배가 수행되도록 함.



[그림 2-1144] 식물공장 국내특허 사례 - 독립모듈 개인화 식물공장

- 수확용 그리퍼에 관한 국내 특허 사례

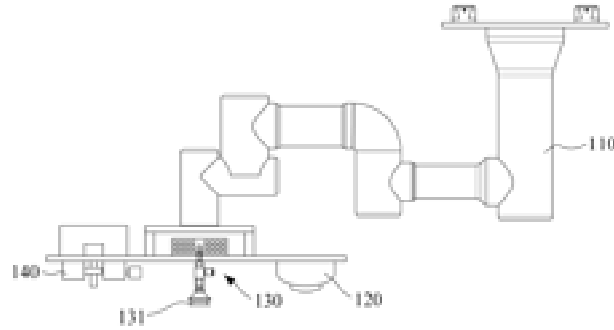
자동 수확장치에 결합된 이펙터로서, 이펙터는 과일 클러스터 관련 데이터 관련 정보를 획득하도록 구성된 센서 유닛, 폐쇄형 운동 체인 메커니즘, 과일 줄기를 절단하도록 구성된 수확 전단기(harvesting shear), 과일 줄기가 수확 전단기에 의해 절단된 후 과일 줄기를 캐치하도록 구성된 캐치 메커니즘과 과일 줄기를 절단하기 위해 이펙터를 작동 시키도록 구성된 프로세서로 구성됨.



[그림 2-1145] 지능형 농기계시스템 개발 사례 - 자동수확기 이펙터

- 수확용 로봇에 관한 국내 특허 사례

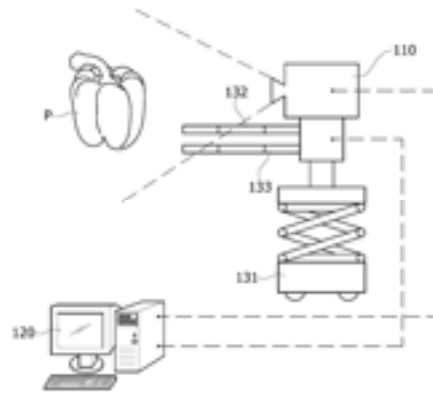
농업용 수확 로봇은 과채를 촬영하는 카메라, 카메라로부터 촬영된 화상으로 과채를 검출하는 대상 인식부, 흡입력을 이용하여 검출된 과채를 파지하는 진공흡입부, 레이저빔을 출력하여 파지된 과채에 연결된 줄기를 절단하는 레이저빔 조사부로 구성되어 있음.



[그림 2-1146] 지능형 농기계시스템 개발 사례 - 농업용 수확 로봇

○ 국내 파프리카 수확 시스템

- 파프리카 수확 시스템에 관한 특허로 피수확물에 대한 영상정보를 생성하는 영상부, 학습정보를 비교하여 피수확물의 절단 위치정보를 생성하는 제어부, 절단 위치정보를 기초로 수확물을 수확하는 로봇부로 구성됨.

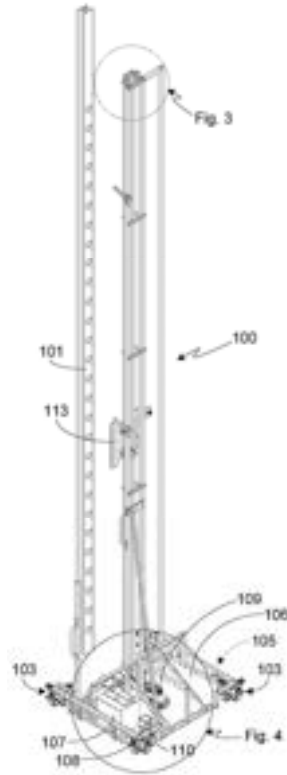


[그림 2-1147] 지능형 농기계시스템 개발 사례 - 파프리카 수확 시스템

○ 국외

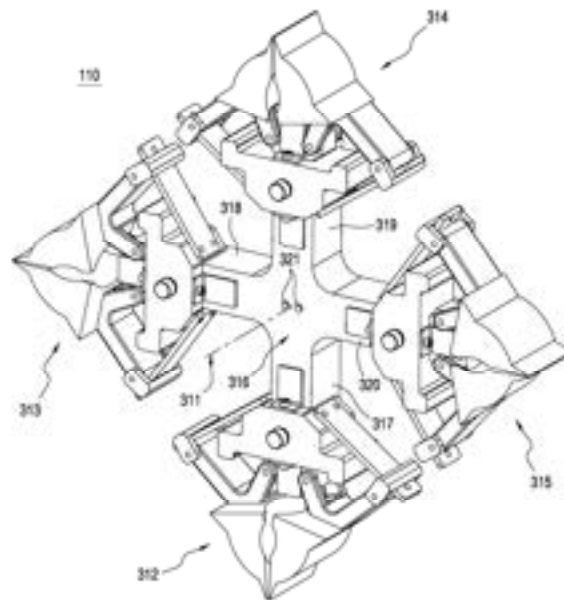
(가) 해외 관련 특허 검토

- \Vertical Hydroponic Tower Harvesting System (US2019/0387677) : 본 식물 수확 시스템은 운송 시스템과 수확기를 포함. 수경 탑에 배치된 운송 시스템은 수확기를 위아래로 이동하면서 식물줄기를 자르는 것 외에 식물 잎을 떼서 모음.



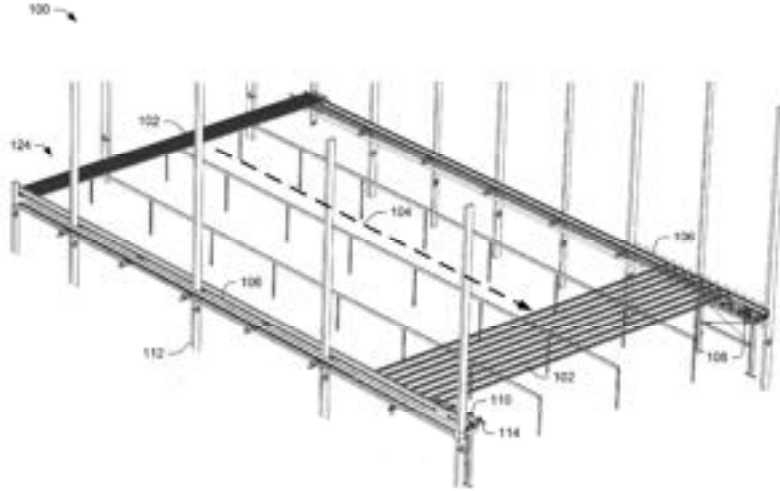
[그림 2-1148] 해외 특허 사례 - Vertical Hydroponic Tower Harvesting System

- HARVESTER PICK DECK SUSPENSION(US2019/0166764): 베드 식물을 수확하는 다수의 피킹 시스템. 픽 데크에는 베드와의 높이 측정을 위한 센서가 하나 이상 포함될 수 있음.



[그림 2-1149] 해외 특허 사례 - HARVESTER PICK DECK SUSPENSION

- HYDROPONIC GROWING SYSTEM(US2019/0029198) : 하나 이상의 도랑 조립체를 포함. 또한 적어도 한 개 이상의 식물을 수용하도록 구성되고 도랑 조립체에 이동식 수조를 포함. 적어도 하나의 수조의 위치를 이동하도록 구성된 자동화 결합체를 포함.



[그림 2-1150] 해외 특허 사례 - HYDROPONIC GROWING SYSTEM

(2) 업계동향조사 및 동향보고서 작성

□ 수경재배 자동화 분야 업계 동향 조사 보고서 작성

○ 국내 스마트팜, 식물공장 시장규모

- 내 스마트팜 시장은 CAGR 5% 성장 진행. 국내 스마트팜 수준은 각국의 최고기술 보유국 대비 약 70%의 수준으로 기간으로 따지면 약 6년 정도의 격차가 있는 것으로 분석 제시되고 있음.

[표 2-382] 국내 스마트팜 시장규모 및 전망

(단위 : 억 원, %)

연도	'17	'18	'19	'20	'21	'22	CAGR
국내시장	44,493	47,474	50,655	54,048	56,750	59,588	5.0

[표 2-383] 국내 스마트팜 기술 수준

	한국	미국	일본	영국	네덜란드	독일	호주	중국
기술 수준	75.0	100	97.5	89.5	99.1	93.3	83.4	61.0
기술 격차	5.2	0	0.4	2.3	0	1.2	3.6	7.2

출처 : 국내외 스마트농업 산업동향 분석 보고서('18)

○ 국내 스마트팜, 식물공장 시장

- 국내 스마트팜 관련시장 규모는 점차 늘어나고 있는 추세이며, SKT, KT 등 주요 기업들이 스마트팜 시범사업 추진으로 농업 생산을 중심으로 전개되고 있으며, 생산 중에서도 모니터링 및 반자동 컨트롤 기능에 치중된 상황
- 기술의 활용가능성에 대한 심층 분석이 부족하여 선진국 기술개발 사례를 중심으로 한 추격형 R&D에 투자 집중되어 있고 산업 가치사슬 전 분야에 대한 고려가 없었고, 기술개발 시 공통으로 적용할 수 있는 기술부문에 대한 고려가 미흡



[그림 2-1151] 스마트팜 및 지능형 농작업 기기 연구 사례

- 국내 스마트팜 자동화 기업 동향
 - 고려과학 : LED 광원 다단식 식물공장(4단), 친환경자동배양시스템, 컨테이너 형 식물공장 공급.
 - 애그로닉스 : 국내 1,198m² 완전 제어형 식물공장 운영. 연간 35만주의 수경인삼 재배.
 - 카스트엔지니어링 : 목이, 노루궁뎅이버섯, 표고버섯 등 최적의 재배환경제어를 통한 다양한 버섯재배용 식물공장시스템 개발. 그 외 상추, 딸기, 인삼을 재배할 수 있는 컨테이너형 표준 모델 개발 및 상용화.
 - 디엔비하우징 : 태양광, 풍력발전을 이용한 독립 발전 컨테이너형 식물공장을 개발.
 - 엔씽 : 6년 전 스마트 화분을 출시한 것을 시작으로 현재 컨테이너 내부를 변형해 LED 빛으로 집약적으로 작물을 재배할 수 있는 스마트팜 '플랜티큐브'를 만들어 중동 등에 수출 계약을 맺음.
 - 동양물산 : 주요 생산품은 트랙터, 콤팩트, 이앙기이며, 최근 자율주행시스템 관련하여 기술개발을 하고 있으며, 2012년 산업통상자원부의 '글로벌전문기술개발' 지원사업을 통해 한국생산기술연구원, (주)엔맨드솔루션(무인기술기반 업체), 서울대학교와 공동으로 국내 최초 자율주행트랙터를 개발함.
 - 대동공업 : 주요 생산품은 농용트랙터, 콤팩트, 이앙기, 경운기, 다목적운반차. 이 중 전기트랙터는 국내에서 최초 개발된 제품으로, 2개의 전기모터를 이용해 작업과 이동이 독립적으로 가능한 35마력 급으로 무선조정이 가능하여 매연과 소음이 적기 때문에, 하우스 작물 농가나 축산 농가에 적합
 - 그린맥스 : 자율주행운반차를 개발. RFID칩을 시설바닥에 심어 주행경로를 설계하여 과수원, 하우스에서 운반 시 스마트폰을 활용하여 조작이 가능하며, 편의성을 고려하여 개발됨. 인성테크 : LED광원 다단식 식물공장(7단)을 2010. 4. 부터 운영 중. 엽채류 생산, 백화점 등 판매.
 - 와이즈산전 : 다단식 식물공장(3단) 운영. CCFL+백색형광등+컬러형광등 인공광 사용. 롤로, 롤로로마, 적치마, 청치마, 양상추, 토마토, 아이스플랜트 등 재배. 파루스 : 식물재배용 LED 조명 생산. 화훼류, 채소류, 과채류, 과일류, 근채류, 특수작물 등.
- 스마트팜 세계 시장규모 동향으로 세계 스마트 팜 시장은 2018년 2,500억 달러에서 CAGR 16.4% 성장률을 기록하며 2022년 4,080억 달러로 확대.

[표 2-384] 세계 스마트팜 시장규모 및 전망

(단위 : 십억 달러, %)

연도	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	CAGR
세계시장	196	221	250	283	320	362	408	16.4

출처 : 국내외 스마트농업 산업동향 분석 보고서('18)

- 글로벌 농작물 수요 전망으로 USDA(2018)에 따르면 향후 10년간 세계 농산물 수요 및 무역 규모는 2027년까지 지속적으로 증가할 것으로 예상되지만, 지난 10년 보다는 다소 성장세가 주춤할 것으로 예상. 특히, 선진국들의 경제성장은 다소 둔화될 것으로 보이지만, 농산물 수요는 안정적인 추세를 유지할 것으로 예상. 반면, 신흥 개발도상국의 꾸준한 소득 증가세가 세계 농산물 수요의 지속적인 성장세를 이끌어갈 것으로 예상.
- 스마트팜 및 관련 자동화 기기 회사 동향으로 미국, 몬산토 : 세계 최대의 유전자변형농산물(GMO) 기업으로 전 세계 GMO특허권의 90%를 소유하고 곡물가격, 공급량 등에서 영향력을 확대
- 듀폰 : 2017년 8월, 농장 관리 소프트웨어 벤처인 그라놀러(Granular)를 인수하고 농사에 큰 경험이 없는 농민들도 최적화된 의사결정을 내릴 수 있게끔 도움을 주는 서비스를 개발
- 존디어 : 최대 농기계 생산기업으로 자율주행 트랙터와 빅데이터 분석 모델을 개발하여 시장점유율을 확대하고 있음
- Iron Ox : 수경 재배 통에 있는 묘목 팔레트를 창고 주변에 옮겨주는 로봇 개발. 개별 식물을 집어서 통에서 통으로 옮기는 로봇 팔 개발. 각 팔레트의 성장 상태를 모니터링하고 최적의 성장 조건을 위해 가스와 영양소의 균형을 조정하는 컴퓨터 프로그램 개발.



Meet Angus, Iron Ox's robot porter, which is designed to move pallets of plants around their indoor farm. | Photo: Iron Ox.

[그림 2-1152] Iron Ox Angus

□ 특허출원 및 상품화 전략

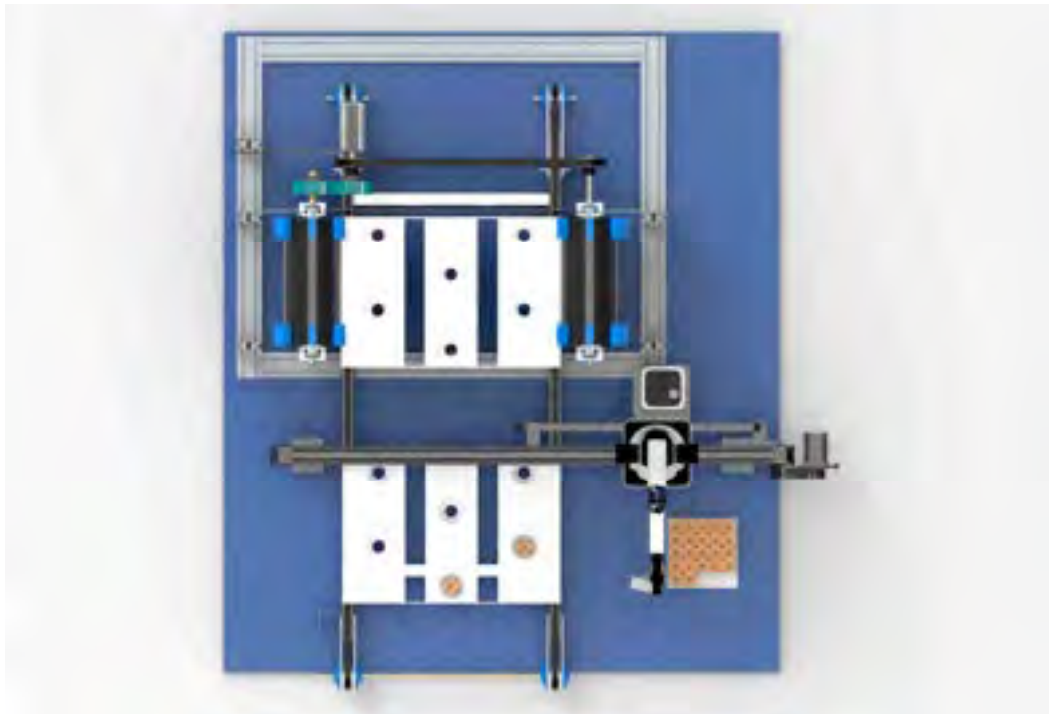
○ 수경재배 자동화 라인 개발 / 상세설계 / 특허출원

- 수경재배 자동화 라인 단위 공정별 상세설계
- 스마트팜 자동화에 있어 수경재배공정을 우선으로 단위 공정별 3D 상세설계를 진행하고 컨셉 검토, 제작도 작성.

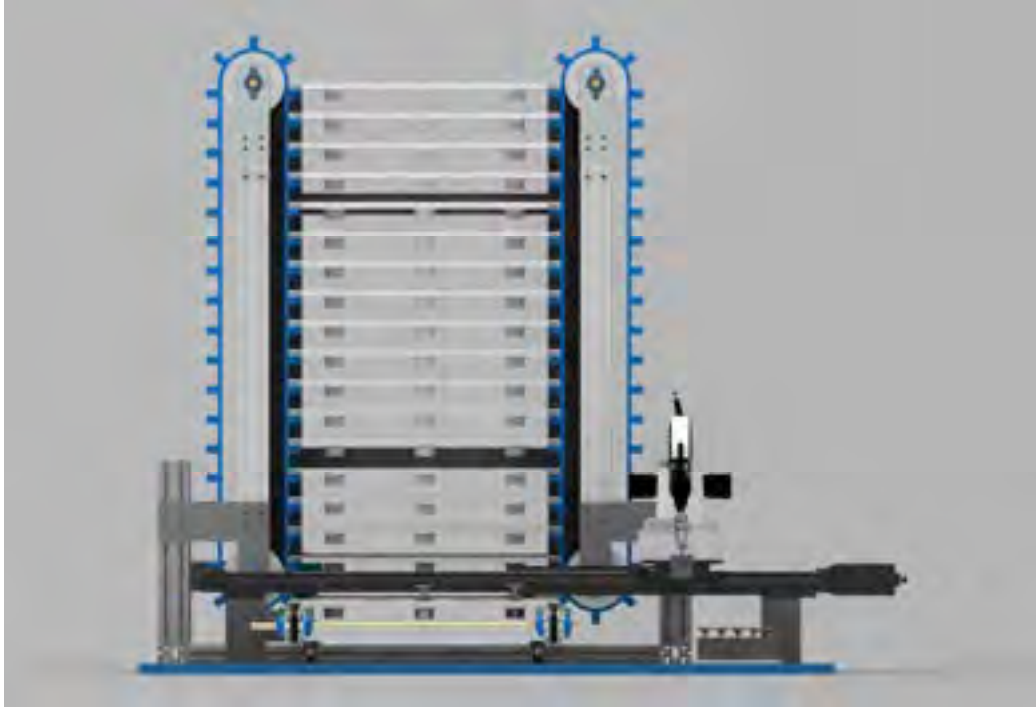


[그림 2-1153] 수경재배자동화 라인 전체 3D 설계1

- 수경재배 자동화 라인 단위/전체 공정별 효율분석/개선, 특허출원
 - 전체 공정을 몇 개의 단위공정으로 분해하고 각 단위공정별 효율성을 검토 후 개선책을 연구함. 수경재배 단위 공정별 대체기술 방안 연구.
 - 수경재배 단위 공정별 대체기술 방안 연구 결과를 바탕으로 로봇기술 적용방안 연구
 - 연구결과를 기반으로 특허출원 함.



[그림 2-1154] 수경재배자동화 라인 전체 3D 설계2



[그림 2-1155] 수경재배자동화 라인 전체 3D 설계3

- 로보게이트 발명의 개요
- 로보게이트

<p>발명의 설명</p>	<p>본 발명은 수경재배 식물의 스마트팜 자동화 장비에 관한 것으로서, 테이블부와 테이블부의 상부에 수직 방향으로 대칭형성되되, 트레이가 거치되는 지지돌기가 형성되는 한 쌍의 컨베이어부와 컨베이어부와 연결되어 컨베이어부를 구동시키는 구동부와, 컨베이어부의 하부측에 형성되어 컨베이어부로부터 낙하되는 트레이를 전방으로 이동시키는 트레이 이동레일부와 테이블부의 상부에 형성되어 모종매트가 안착되는 모종베드부와 테이블부의 상부에 형성되어 모종매트가 형성된 모종재배포트를 하나씩 커팅하고 거치한 후 트레이이동레일부 상에 위치된 트레이에 안착시키는 로봇암유닛으로 이루어진 것이다.</p>
<p>주요도면</p>	

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2019.12.13
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 창조번호(DP20190169)
 출원번호 10-2019-0166559 (접수번호 1-1-2019-1289874-14)
 출원인명칭 주식회사 프록게이트(1-2010-020577-1)
 대리인명명 특허법인 신대양(9-2011-100101-7)
 발명자명명 이창우
 발명의명칭 수경재배 시설의 스마트판 자동화 장치

특허청장

<< 안내 >>

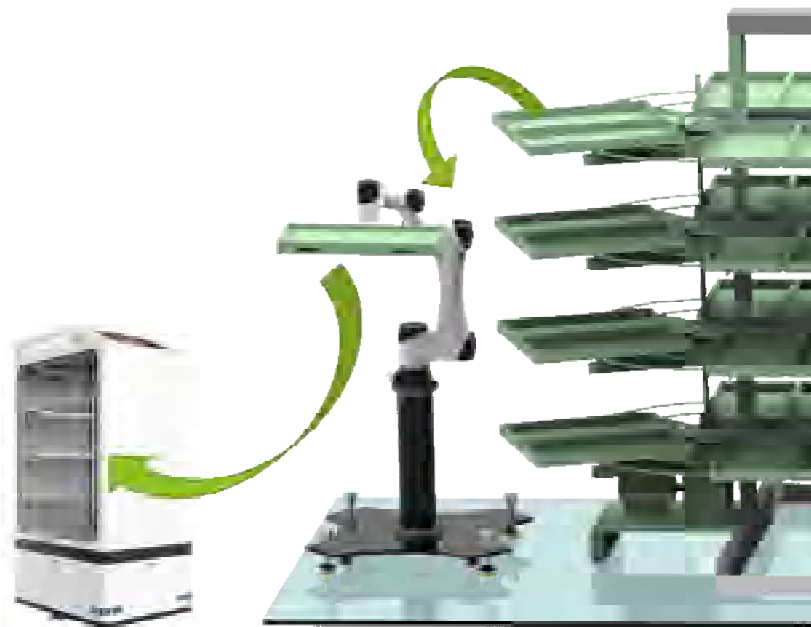
1. 귀하의 출원은 원도 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 통보된 납입명수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호 : 0131(가관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고려번호 정보변경(결절), 증명신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 ※ 특허포(patent.go.kr) 접속 > 입원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허-실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 ※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr/특허/마음-PCT/마드리드>
 ※ 우선권 인정기간 : 특허 실용신안은 12개월, 상표-디자인은 6개월 이내
 ※ 마드리드상표의 신청원칙 기준은 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 외국에 있는 이면, 우선일로부터 16개월 이내에 마드리드상표청에 [전자특고관리자료(PTO/5B/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

- 수경재배 자동화 라인 시제품의 제작 / 상품화 전략 수립
 - 수경재배 자동화 라인 시제품의 제작
 - > 스마트팜 자동화에 있어 수경재배공정 중 자동 이식 장치에 대해 시제품 제작을 수행하고 테스트를 수행함. 시제품 제작과정에서 로봇암에 카메라를 적용하여 AI를 이용한 Machine Vision 기능을 추가 적용 연구함. 차년도에 이어서 작물인식 기능과 선별기능을 지속 개발하는 것이 중요함.
- 수경재배 자동화 라인 상품화 전략 수립
 - 프로젝트 수행모델 : 스마트팜 자동화 라인 구축 솔루션에 대한 상품화 전략 수립 진행. 현재 구체화된 자동 이식공정에 대해 현지 상황에 맞게 커스터마이징이 불가피할 것으로 판단함. 따라서, 사전컨설팅 > 자동화 구축 > 사용자 교육 > 사후관리 의 과정이 필요함.

상품화 전략 수립

	사전컨설팅	업무프로세스 분석 자동화 프로세스 개선
	자동화 구축	현장에 맞게 자동화 구축 정보화 연계 구현
	사용자 교육	현장관리자 교육
	사후 지원	원격 기술지원 원기형모 진단

- 따라서, 농업솔루션에 있어서 효과적인 상품화 전략으로 적용사례를 만들고, 이를 홍보한 후, 세부 요구분석 기간에 추가 제안서를 작성해야만 하는 구조임. 상품의 홍보는 적용사례와 성능검증, 테스트 베드의 운용이 필수적일 것으로 판단됨. 따라서, 현단계에 테스트베드 적용이 진행 중이고 시험결과 도출이 안되고 있어 차년도 지속적으로 상품화 개발이 필요함.



[그림 2-1156] 6축 로봇암과 AGV를 이용한 수경재배 베드 이송 자동화 로봇 컨셉

- 목표시장은 수경재배 자동화 솔루션, 무인화 장비이며, 지속적인 상품 컨셉개발 및 기술개발이 필요하다. 아래 그림은 차년도 추가 컨셉개발 사례임.
- 로보게이트는 지속적으로 로봇암과 AGV, 머신비전 기술을 AI 기술과 접목하여 상품화 추진 예정이며, 고객 맞춤형 영업전략으로 짧게는 1개월에서 길게는 1년 정도의 프로젝트 수행까지 검토 중임. 아래 그림은 6축 로봇암과 AGV 를 이용하여 일련의 수경재배라인의 베드 이송을 자동화하는 컨셉

○ 마케팅 활동 (제1회 한-미얀마 ICT 컨퍼런스 , 양곤 / 스마트팜 구축)

- 제1회 한국-미얀마 ICT 컨퍼런스에서 스마트팜 자동화 주제로 발표함
- 스마트팜 자동화에 있어 수경재배공정을 우선으로 단위 공정별 상세설계를 진행함.
- 미얀마에 스마트팜 테스트베드 구축사업을 농어촌연구원 등과 같이 추진 중.
스마트팜 자동화 상품화에 있어 필수적인 성공사례를 미얀마와 한국에 구축하기 위해 진행 중임.



[그림 2-1157] 2020. 9.4~ 6. 미얀마 양곤, 한미얀마 컨퍼런스 발표모습

○ 수경재배 자동화 라인 상품 마케팅 계획 수립

- 년 중 지속적인 국내외 전시회 참가 및 농업관련 회사를 대상으로 마케팅을 수행할 계획임.

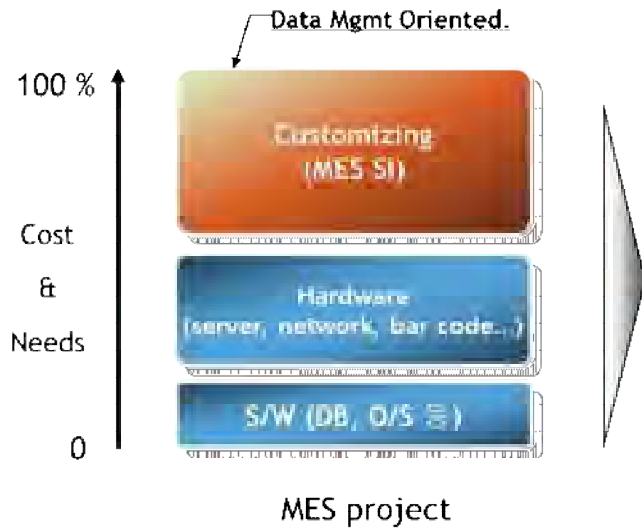
분기별 활동	1Q	2Q	3Q	4Q
국내 전시회		1	1	
해외 전시회	1			1

[그림 2-1158] 연간 마케팅 계획

○ 로봇을 이용한 단기구축 저가형 자동화 스마트팜 구축 상품 기획

- 기존 공장자동화 시스템의 오랜 노하우를 이용하여, 간단히 로봇을 현장에 적용하여, 스마트팜 자동화 구축비용을 절감할 수 있도록 상품화 함.

▪ MES + Factory



▪ MES + Cobot + Farm

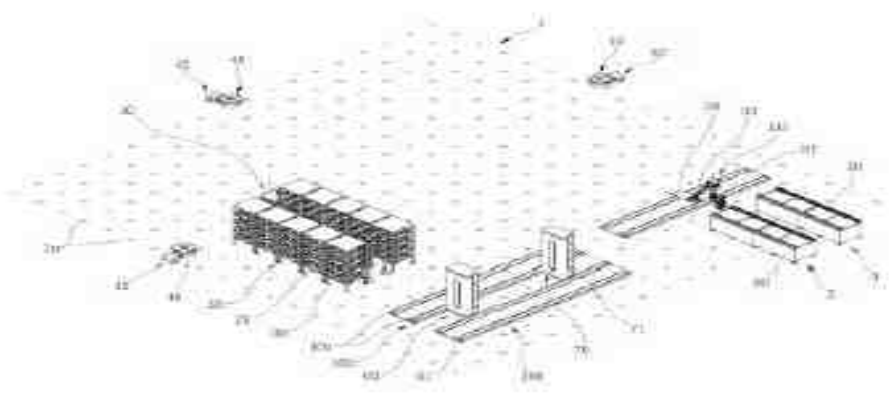
(ROI Maximize, Productivity)



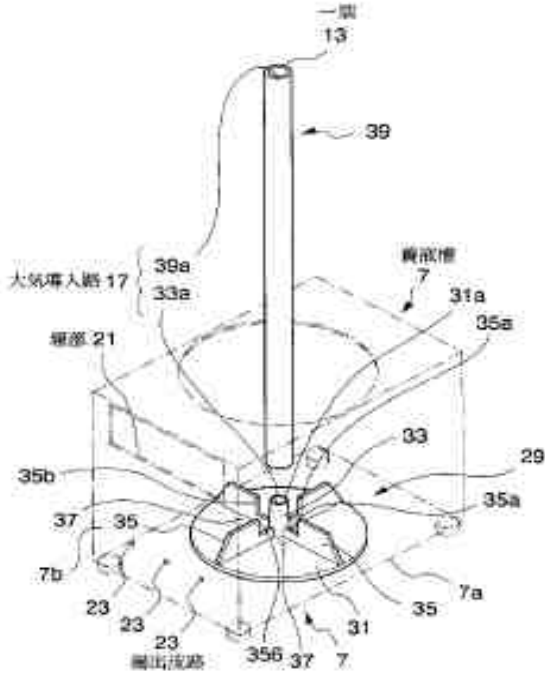
[그림 2-1159] ROMES 로봇 자동화 스마트팜 구축비용 시뮬레이션

○ 국내외 스마트팜 자동화 관련 특허 조사

출원번호	출원인	상태	출원일자	발명의 명칭	관련도
1020190046042	올레팜	등록	2019.04.19	스마트팜 재배 시스템	
1					A
<p>상기의 발명은 가이드프로임의 내측에 일정간격 이격 배치되는 적재프레임과 적재프레임에 설치되며 내부에 재배식물이 수용되는 재배화분과 재배화분에 광에너지를 제공하는 조명장치와 재배화분에 물을 공급하는 관수장치 및 적재프레임 사이에 작업자의 보행통로를 확보하도록 적재프레임간의 간격을 조절하는 이송수단으로 구성되는 것으로서, 스마트팜 기술을 적용하여 식물을 재배한다는 점에서 그 기술의 이용분야가 출원발명과 유사한 것으로 판단된다.</p> <p>그러나, 본 발명은 모종재배포트의 직각의 두 면(面)을 커팅하고 지지하는 고정프레임과 모종재배포트의 대각선 방향 다른 직각의 두 면(面)을 커팅하고 수평방향으로 이동하여 가압하는 가압이동레버로 구성되는 그리퍼부재가 구성된다는 점에서 상기의 발명과 그 구조가 다소 상이한 것으로 판단된다.</p> <p>다만, 상기의 발명은 스마트팜 기술을 적용하여 식물을 재배한다는 점에서 관련 기술에 대한 일반적인 자률서의 지위가 인정되는 것으로 판단된다.</p>					

	출원번호	출원인	상태	출원일자	발명의 명칭	관련도
	1020190003426	팜에이트	등록	2019.08.05	로봇을 활용한 스마트팜 자동화 시스템	
2	 <p style="text-align: center;"><대표도></p>					A
	<p>상기의 발명은 재배공간에 주행 가능하게 설치되며, 각각의 랙의 하부에 진입시 상부중 심부에 승강 가능하게 구성된 리프트 타모듈을 통해 랙을 들어올려 이동시킴으로써 랙 단위로 농작물의 생육환경을 조성하는 무인운반차와 재배공간에 배치되어 모종이 심어져 있는 베드가 입고되는 모종입고라인을 구성하게 되는 입고유닛과 재배공간에 배치되어 구성되며, 무인운반차를 통해 운반된 농작물에 물과 양액을 공급할 수 있도록 내부에 마련된 급수공간과 연결된 급수노즐을 포함하는 급수스테이션과 재배공간에 급수스테이션과 간격을 두고 배치되어 구성되며, 내부에 마련된 배수공간과 연결된 배수노즐을 포함하는 배수스테이션과 재배공간에 배치되어 재배가 완료된 농작물이 출고되는 농작물출고라인을 구성하게 되는 출고유닛 및 재배공간에 구성되어 출고유닛에 베드를 내려놓거나 입고유닛에서 베드를 들어올려 랙의 선반에 층별로 얹혀놓는 리프트패널이 암에 설치된 로봇을 포함하는 입출고스테이션으로 이루어진 것으로서, 로봇을 이용한 스마트팜 재배라는 점에서 그 기술의 이용분야가 출원발명과 유사한 것으로 판단된다.</p> <p>그런, 본 발명은 모종재배포트의 직각의 두 면(面)을 커팅하고 지지하는 고정프레임과, 모종재배포트의 대각성방향 다른 직각의 두 면(面)을 커팅하고 수평방향으로 이동하여 가압하는 가압이동레버로 구성되는 그리퍼부재가 구성된다는 점에서 상기의 발명과 그 구조가 다소 상이한 것으로 판단된다.</p> <p>다만, 상기의 발명은 로봇을 이용한 스마트팜 재배라는 점에서 출원발명의 신규성 및 진보성 판단의 인용자료로서의 지위가 인정되는 것으로 판단된다.</p>					

	출원번호	출원인	상태	출원일자	발명의 명칭	관련도
3	1020140096431	하이웁테크놀로지스	등록	2016.11.02	로봇암 시스템 및 그 평행도 교정방법	A
<p><대표도></p>						
<p>상기의 발명은 로봇암의 끝단축은 상기 끝단면에 수직되는 가상 축선을 중심을 회전 수 있으며, 상기 평행도 교정장치는 가상 축선에서 이탈되어 상기 끝단축에 설치된 하나의 거리 측정기를 포함하며, 단계 b에서는 상기 끝단축을 회전시키며, 거리 측정기는 끝단축의 회전에 따라 다수의 상기 피측정점을 측정하는 것으로서, 로봇암을 이용한다는 점에서 그 기술의 이용분야가 출원발명과 유사한 것으로 판단된다.</p> <p>그러나, 본 발명은 모종재뱃트의 직각의 두 면(面)을 커팅하고 지지하는 고정프레임과 모종재배포트의 대각성방향 다른 직각의 두 면(面)을 커팅하고 수평방향으로 이동하여 가압하는 가압이동레버로 구성되는 그리퍼부재가 구성된다는 점에서 상기의 발명과 그 구조가 다소 상이한 것으로 판단된다.</p> <p>다만, 상기의 발명은 로봇암 기술을 적용한다는 관련 기술에 대한 일반적인 자료로서의 지위가 인정되는 것으로 판단된다.</p>						

	출원번호	출원인	상태	출원일자	발명의 명칭	관련도
1	2009-201220	적택종합 (일본)	공개	2009.09.01	수경재배장치	A
 <p data-bbox="742 1032 836 1061"><대표도></p>						
<p data-bbox="240 1077 1334 1279">상기의 발명은 대기 도입으로부터 양액 탱크의 상부 기체상태로 대기가 도입됨으로써 양액 탱크의 하부에 설치된 유출구로부터 양액조로 유하한 양액을 정해진 일출액위에 있어서 재배 받침대로 흘러넘치게 하는 언부와 언블터 넘쳐 나온 양액에 따라 대기도입로가 폐색되어 양액 탱크로부터의 양액의 유하가 멈춘 후에도 양액조 내의 양액을 중력에 따라 조금씩 재배받침대로 누출시키도록 구성되는 것으로서, 수경재배 기술을 적용하여 식물을 재배한다는 점에서 그 기술의 이용분야가 출원발명과 유사한 것으로 판단된다.</p> <p data-bbox="240 1290 1334 1406">그러나, 본 발명은 모종재배포트의 직각의 두 면(面)을 커팅하고 지지하는 고정프레임과 모종재배포트의 대각선 방향 다른 직각의 두 면(面)을 커팅하고 수평방향을 이동하여 가압하는 가압이동레버로 구성되는 그리퍼부재가 구성된다는 점에서 상기의 발명과는 그 구조가 닷 상이한 것을 판단된다.</p> <p data-bbox="240 1417 1334 1489">다만, 상기의 발명은 수경재배 기술을 적용하여 식물을 재배한다는 점에서 관련 기술에 대한 일반적인 자료로서의 지위가 인정되는 것으로 판단된다.</p>						

	출원번호	출원인	상태	출원일자	발명의 명칭	관련도
2	2016-061415	츠바키모트체 인(일본)	공개	2016.04.07	식물 이식 장치 및 방법	A
<p data-bbox="742 985 853 1019"><대표도></p>						
<p data-bbox="239 1030 1340 1232">상기의 발명은 정해진 이식 알고리즘에 근거하고 배양지로부터 재배 패널의 구멍으로의 이식 순서를 결정하는 결정부와, 제1보유부 또는 제2보유부를 순서 결정부가 결정된 이식 순서에 대응하는 배양지의 식물 및 재배 패널의 구멍이 상할 위치하도록 이동시키는 이동부와 이동 후에 배양지 및 재배 패널로 직교하는 방향으로 승강하는 이식 암을 이용하여 식물을 구멍에 끌어 들이는 또는 밀어넣음으로써 이식시키는 이식부로 이루어진 것으로서 로봇을 이용한 스마트팜 재배라는 점에서 그 기술의 이용분야가 출원발명과 유사한 것으로 판단된다.</p> <p data-bbox="239 1243 1340 1355">그러나 본 발명은 모종재배포트의 직각의 두 면(面)을 커팅하고 지지하는 고정프레임과 모종재배포트의 대각선 방향 다른 직각의 두 면(面)을 커팅한 수평방향으로 이동하여 가압하는 가압이동레벨 구성되는 그리퍼부재가 구성된다는 점에서 상기의 발명과는 그 구조가 다소 상이한 것으로 판단된다.</p> <p data-bbox="239 1366 1340 1433">다만, 상기의 발명은 로봇을 이용한 스마트팜 재배라는 점에서 관련 기술에 대한 일반적인 자료로서의 지위가 인정되는 것으로 판단된다.</p>						

3.3. 식물공장 자동화 라인 상용화 개발 및 수출 전략 수립

3.3.1. 식물공장 자동화라인 수출상품 확대 라인업

(1) 개요

수경재배 자동화 라인 컨셉 개발

- 파종 ~ 수확까지의 전체 수경재배공정을 기준으로 로봇자동화 공정을 분석/설계하고, 적용할 자동화 솔루션을 선택하여 각 공정 간의 연계된 일관 자동화 시스템 컨셉을 개발함.

Machine Vision, AI 연구 및 AGV 상품 라인업 추가개발

- 개별 작물 및 포장 단위 인식을 위한 Machine Vision / AI 기술 연구.
- AGV 구동 SLAM 기술 외 자율주행 방안 연구 및 관련 SW 테스트.

(2) 접근방법

주요 분석방법 등

- 현장방문 인터뷰, 공정설계, 자동화 솔루션 적용방안 검토/적용.
- 요구기능별 요소기술 검토, 설계/제작 및 시험/분석.

주요 대상 공정 등

- 전체 수경재배 자동화 공정 검토
 - 식물 이식/정식 자동화를 포함한 파종 ~ 수확, 포장까지의 전공정을 검토함.
- 공정간 연계와 물류 자동화를 위한 AGV 기술 검토
 - AGV를 포함한 자동화 공정의 설계 및 SLAM 방식의 자율주행 기술 시험.

주요 산출물 등

- 공정도 다이어그램 및 3D 설계 이미지
- AGV 주행간 Lidar 센서 활용 Mapping 지도 등.

(3) 연구내용

수경재배 자동화 라인 공정 분석

- 파종~수확, 포장, 입출고 전과정의 자동화 공정 검토
- 로보게이트사 “수경재배자동화공정라인” 특허등록 결정 내용

수경재배 자동화 공정 연계 방안 연구 (Robotic Arm, AGV)

- 파종~수확, 포장, 입출고 전과정의 개별 공정들의 무인화 연계방안 연구.
- Robotic Arm 과 AGV의 혼용을 통한 연계 구현.

Machine Vision AI 및 AGV 자율주행 SLAM 기술 연구.

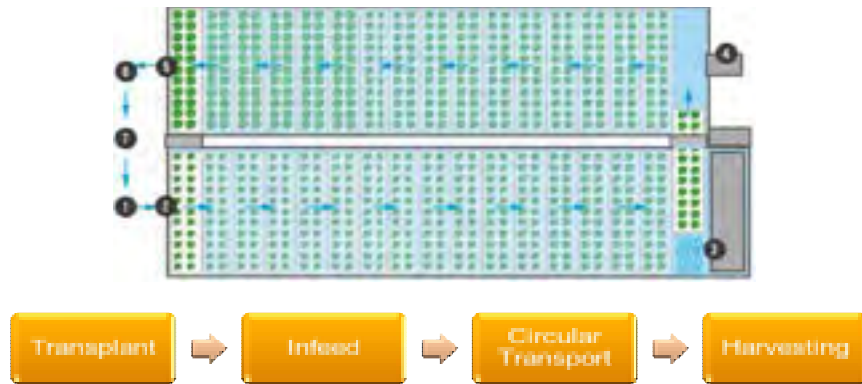
- Machine Vision에 의한 작물 및 포장 박스의 구분 객체 인식 AI 학습 연구.
- AGV의 Lidar 센서에 의한 Mapping 작업 수행, 자율주행 개발.

(4) 연구결과

□ 수경재배 자동화 라인 공정 분석

○ 파종~수확, 포장, 입출고 전과정의 자동화 공정 검토

- 그 동안 3년에 걸쳐 몇 차례 전국의 수경재배 현장을 방문하면서 전문가의 의견을 청취 정리하면서, 수경재배공정을 정리 분석하였다. 더불어 Viscon사의 Hydroponics 자동화 공정에 대한 자료를 참고하였음
- Viscon사의 사례를 보고 요약하면, 수경재배 공정을 사람이 움직이는 것을 최소화하고 작물 베드를 움직이도록 자동화하고 있다. 이를 통해 작업자는 최소한의 일을 하는 것이다.
- Viscon사의 수경재배 자동화 공정은 크게 Transplant, Infeed, Circular Transport, Harvest 의 단계로 분류된다. 전과정에서 작물은 베드안에서 성장하게 되며, 양액과 물의 혼합물이 공급되는 수조위를 천천히 이동하게 되고, 다 자란 작물은 최초 이식된 베드가 수조에 투입된 위치로 다시 돌아오게 되며 이곳에서는 수확이 이루어지게 됨
- 따라서, 작업자의 작업동선은 최소화시키며, 이를 통해 인건비 절감 및 작업자 환경 개선 그리고 인력부족 문제를 한꺼번에 해소하게 됨



[그림 2-1160] 비스콘(Viscon)사의 수경재배 자동화 시스템 공정

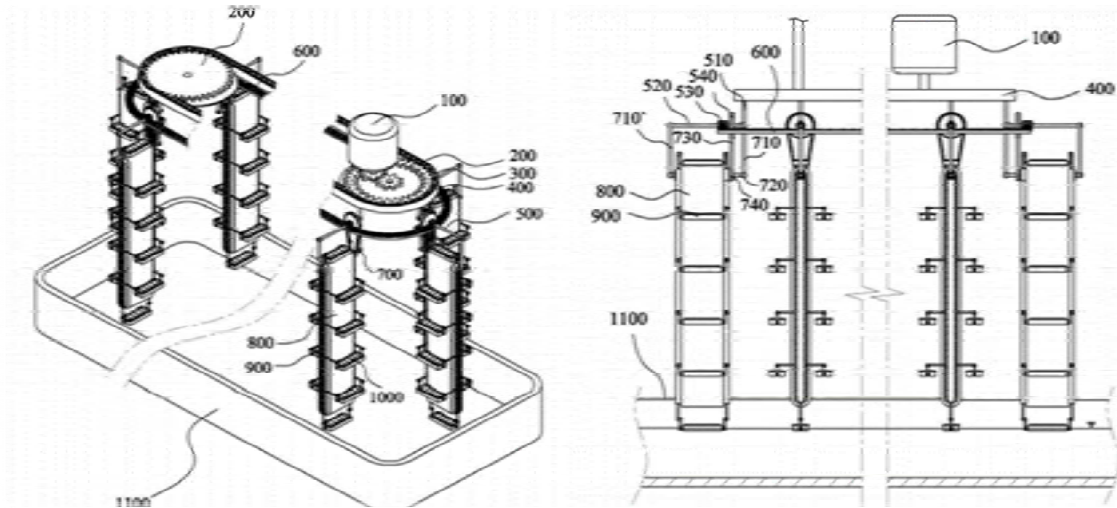
- 전 공정에서 양액 및 빛의 조절 뿐 아니라, 작물의 이식, 이송을 위한 자동화 설비의 개발이 요구되는데, 이를 위해 기본적으로 생육베드 및 트레이의 표준화가 필수적으로 요구된다. 그러나, 현재 2020년 한국의 실정은 베드와 트레이의 규격이 제각각이며 이러한 환경은 자동화 개발에 있어서 해결과제로 도출되었다. 따라서, 표준화된 생육 베드 및 트레이의 디자인 및 양산이 필요하다고 함



[그림 2-1161] 비스콘(Viscon)사의 수경재배 자동화 공정 내용 사례

- 위의 사례를 포함하여 여러 개의 타사 자동화 사례 분석 및 국내외 현장 인터뷰를 통해서 저자가 속해있는 한국의 로보게이트 사는 수경재배 자동화 공정에 대한 정리를 하였고, 주요 자동화 이슈를 도출하였음

- 로보게이트의 수경재배 자동화 공정에 포함되는 공정들은, 파종-발아-이식-재배(관찰/조절)-수확-포장-입고-출고(배송) 과정을 포함한다. 이 과정들에 추가된 내용은 육묘 트레이와 베드들의 재활용을 위한 살균/세척 공정이 필요하고, 각 공정에서 수거 이송하는 부분이 포함됨
- 로보게이트는 수경재배 공정 자동화 연구를 수행하면서, 자동화에 의한 에너지 소비와 자동화로 인해 얻어지는 효익에 대해 지속적으로 탐구하였다. 상세내용은 후술하기로 하고, 그 과정을 통해 “수경재배자동화공정라인”에 대한 특허출원을 하였고, 올해 2020년에 특허 등록이 되었음(대한민국 특허등록 제 10-2146069 호, 2020년 8월 등록)



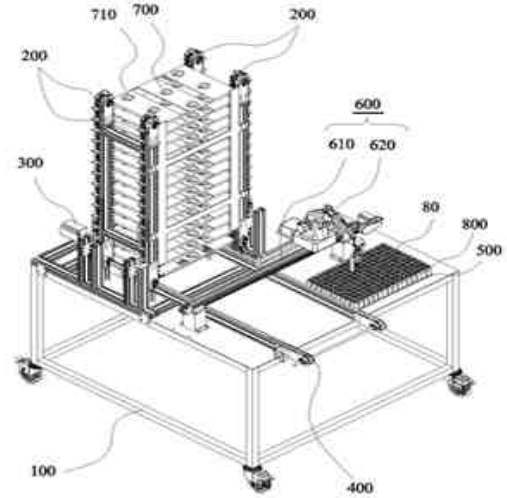
[그림 2-1162] 로보게이트(ROBOGATES)사의 “수경재배자동화공정라인” 특허 (제 10-2146069 호)

- 로보게이트사의 “수경재배자동화공정라인” 특허의 특징은 자원 및 공간의 경제성을 극대화한 수경재배 자동화 시스템이라고 할 수 있으며, 작업자인 농부의 노동량을 최소화하고, 필요에 따라 작물을 이송하여 작물의 상태를 가까이서 점검할 수도 있으며, 3차원 공간을 최대한 활용한 점에 있다고 말할 수 있음
- 로보게이트사의 특허받은 “수경재배자동화공정라인”은 자연광을 이용함을 기본으로 하고 있으며, 작물 개체의 생육환경이 통일되는 환경 조건을 만들어 줄 수 있음
- 또한 로보게이트사의 “수경재배자동화공정라인”은 저전력소모 다단순환형 시스템으로 기존의 수직농법(vertical farming)에 있어서 작업자의 작물에의 접근성을 대폭 개선한 점에 장점이 있음
- 이 자동화공정라인 시스템의 시작과 끝은 해당 베드의 삽입과 제거가 필요하며, 이에 따라 추가적인 로봇의 적용이 필요하고, 이 내용은 지금도 6축 다관절 협동로봇(Cobot)과 자율주행 로봇(AGV)에 의한 후속 연구로 진행되고 있다. 이 내용은 다음장에서 언급하기로 함

□ 수경재배 자동화 공정 연계 방안 연구 (Robotic Arm, AGV)

○ 파종~수확, 포장, 입출고 전과정의 개별 공정들의 무인화 연계방안 연구.

- 로보게이트사는 2019년 연구성과로 “이식 자동화 로봇”을 특허출원하였다. 초기에 출원한 “수경재배자동화공정라인”과 더불어 분석한 전체 공정에 있어서 노동력이 가장 많이 필요하다고 판단되는 두 개의 단위공정의 자동화 구성을 진행한 것이다.
- 이제 전체 공정 중의 나머지 공정들이 자동화 부문을 살펴보고 스마트팜 자동화 솔루션의 포트폴리오를 구성하면서, 각 공정간의 연계 자동화가 관건이 되었다. 아래에 수경 자동화 공정 연계 자동화를 검토한 내용을 기술한다.

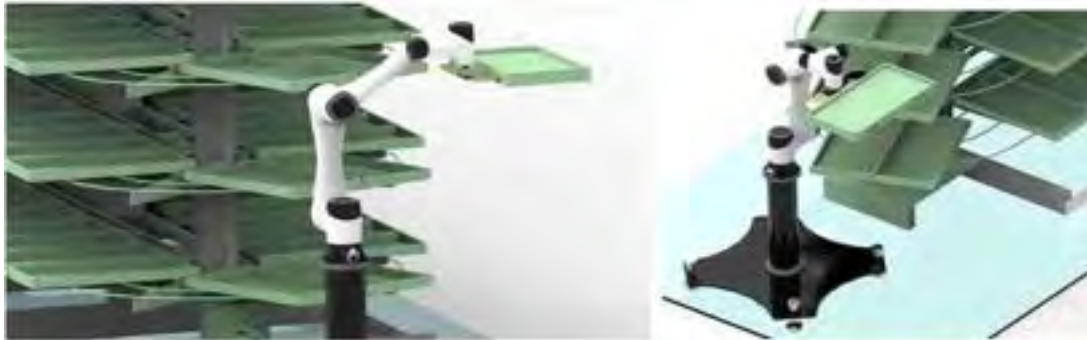


[그림 2-1163] 로보게이트(ROBOGATES)사의 특허출원(좌)

[그림 2-1164] “수경재배 식물의 스마트팜 자동화 장비(Smart Farm Automation Equipment of hydroponics Plant)”
(이식 자동화 로봇)(우)

○ Robotic Arm 과 AGV의 혼용을 통한 연계 구현.

- 기 개발시스템에 이어 검토된 전체 자동화 공정에 있어서 베드의 일관 생육환경 자동화 시스템으로의 삽입과 제거(수확) 그리고 최초 과정인 자동파종, 포장 등이 남았다. 현재 로보게이트에서는 보유 특허인 수경재배 일관자동화 시스템에 이식이 끝난 베드를 삽입하고 제거하는 과정을 6축 수직다관절 로봇에 의해 구현 검증 중임
- 아래 그림은 가반하중 5kg, 작업반경 약 1m에 해당하는 로보게이트사의 수직다관절 로봇팔 CR5를 적용하여, 기존 공정에서 이식을 마친 베드를 삽입하고 제거하는 공정을 자동화 하고 있음



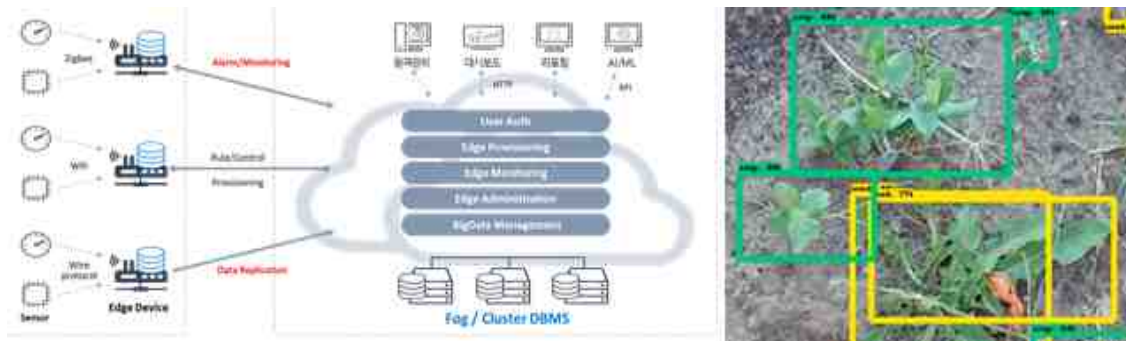
[그림 2-1165] 수직 다관절 로봇의 활용에 의한 베드의 삽입 제거 자동화

- 아래 그림은 로보게이트사가 개발중인 중소기업 공장, 소상공인 및 스마트팜용 AGV(자율주행카트), 로봇누리의 적용을 통한 자동화 공정연계 방안을 보여줌



[그림 2-1166] AGV 활용을 통한 베드, 트레이 이송을 통한 자동화 공정 연계 방안

- Machine Vision AI 및 AGV 자율주행 SLAM 기술 연구
 - Machine Vision에 의한 작물 및 포장물의 구분 객체 인식 AI 학습 연구.
 - 로보게이트사의 기술연구소에서 보유한 Object Detection 기술을 이용하여, 기존에 스마트공장에 적용하던 포장 박스 등 물류창고에서의 유동량 측정에 사용하던 객체인식 기술을 작물의 상태 및 종류 파악에도 적용하는 연구를 해보았고, 일부 성과를 보아 이후 자동화 장비에 적용 테스트 예정임
 - 또한 로보게이트사 보유 MES 솔루션, ROMES는 기존 공장에서 주로 사용하였으나, 동일한 모듈을 적용하여 생산관리 솔루션으로 활용하여 작물의 생산, 재고 관리에 활용이 가능할 것으로 판단하여 솔루션 포트폴리오에 포함



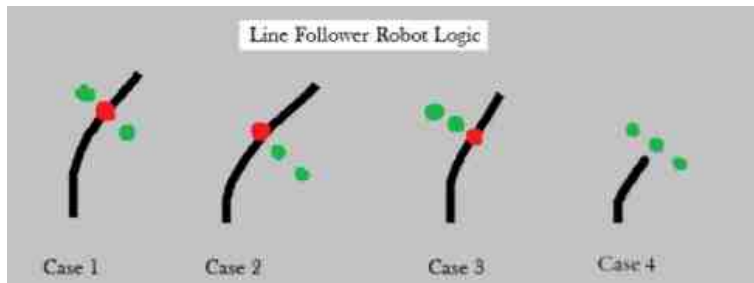
[그림 2-1167] 로보게이트의 생산관리 솔루션 ROMES 및 AI 연구

- AGV의 Lidar 센서에 의한 Mapping 작업 수행, 자율주행 개발.
 - 상기 기술한 자동화 공정간의 연계를 위해 주요수단으로 로보게이트사는 경량의 저가형 AGV 개발을 수행 중이다. 본 과제에서 2차의 시제품 제작을 통해 테스트가 진행 중이며, 사용이 편리하고 저렴한 모델 개발을 진행 중임
 - 본 과제에서는 AGV 설계/해석/시제품제작을 수행하였고, 라인트레이싱에서 Lidar 센서를 통한 Mapping 구현까지 수행하였음



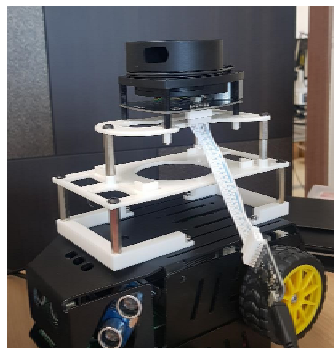
[그림 2-1168] 로보게이트의 경량형 AGV 개발 진행 내용

- AGV 개발을 위해서는 기구부 설계 제작, 배터리, 제어 구동부 제작, 각종 센서부 처리 및 주행 알고리즘의 구현 등이 진행되었다. 다음 장에서는 연구개발과정에서 진행한 AGV 구조설계 및 3D 시뮬레이션을 통한 시험, 라인트레이싱 및 SLAM 방식의 자율주행 관련 SW 개발 시험 내용 및 Lidar 센서를 통한 Mapping 구현 내용 등을 소개함
- 자율주행 AGV 기능 구현을 위해, ROS 테스트 등 SW시뮬레이션을 통해 기본적인 Line Tracing 및 Localization, Mapping 기능을 구현함.



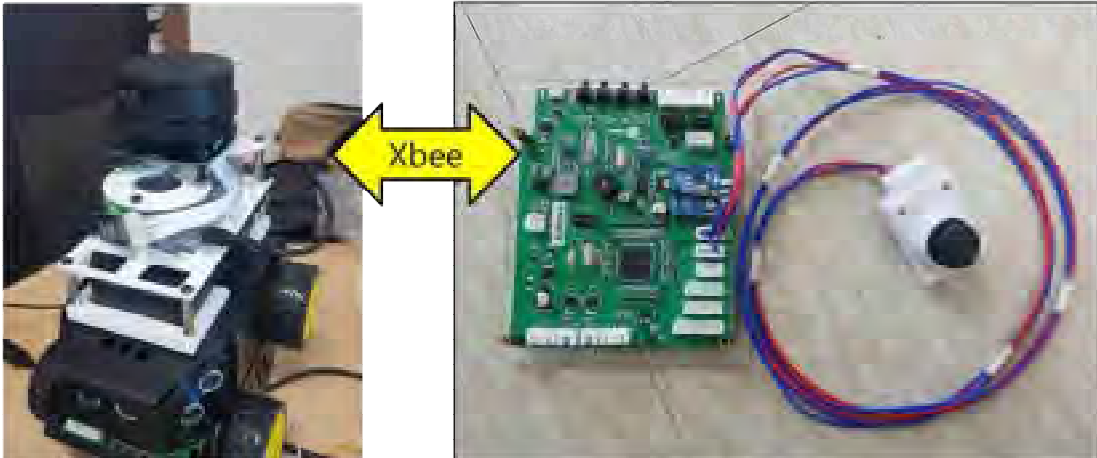
[그림 2-1169] 라인트레이싱 방식 연구 (3점 주행)

- 테스트 플랫폼으로 로보게이트 보유 소형 AI-Car를 사용하고, Lidar 센서를 Raspberry Pi를 이용하여 구성하고 Mapping 테스트. ydlidar x2를 사용한 ROS의 Hector Mapping 테스트 환경



파일명 : joystick_AI-Starter.ino

파일명 : joystick_xbee.ino



[그림 2-1170] 로보게이트의 스마트팜 전용 AGV 자율주행 기능 구현 플랫폼 구현 모습, Xbee 제어

3.3.2. 식물공장 자동화 상품화 효율분석/개선 /시제품 제작 개발

(1) 개요

- 선행개발 기술 내용의 검토 효율 분석
 - 기술 검토 / 효율 분석
 - 이식 자동화 로봇의 개선 및 수직다관절 로봇에 의한 공정 연계 운영 방안 연구.
 - 추가적인 기능구현 개발 개선
 - 수직 다관절 로봇의 Bed Gripper 개발과 AGV 연계 SW 기능 개발.
- 추가 기능 개선 방안 도출 및 구현, 상품 라인업 보강
 - 다음 공정으로의 연계 방안 구현 및 전체 공정 자동화로의 확장
 - 로봇암에 의해 AGV에 적재하는 개념 수립. 이 과정에서 베드의 그리퍼 추가개발.
 - AGV 시제품 제작, 테스트 및 설계변경에 의한 추가 시제품 제작 등
 - AGV 구조설계, SW개발 테스트, 구조변경 시제품 추가 제작

(2) 접근방법

- 주요 분석방법 등
 - 논문, 특허검토, 사례 조사, 현장방문 인터뷰
 - 요구기능별 요소기술 검토, 3D 설계, 3D 시뮬레이션에 의한 시험, 구동 테스트
 - SLAM, Line Tracing, Vision, IR sensor, ultrasonic sensor 등 ROS SW(Linux base)에 의한 센서SW-HW 시스템 테스트 진행
- 주요 대상 공정 등
 - 수경재배 자동화 전 공정 및 연계성 검토
 - 파종 ~ 수확/포장 단계 공정분석 검토 및 자동화 연계 기술개발.

□ 주요 산출물 등

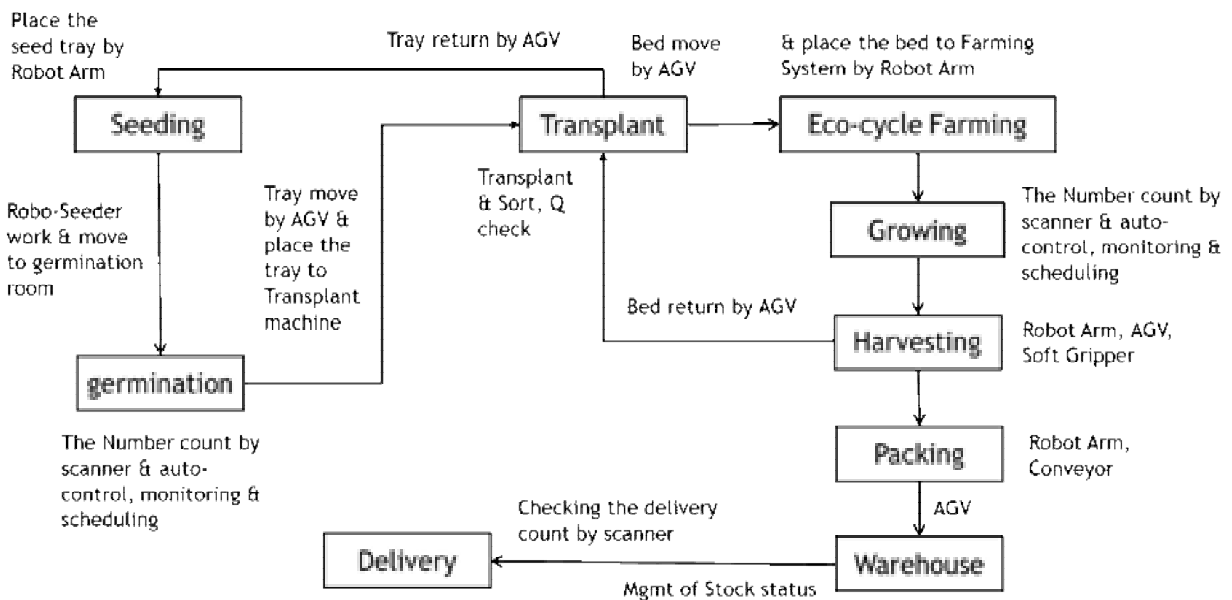
- 연관 특허조사/ 분석 및 동향보고서, 설계도, 시제품
 - 수경재배 자동화 목표달성을 위한 요구조건과 기술매칭 검토

(3) 연구내용

- 수직 다관절 로봇팔, AGV에 의한 수경재배 자동화 공정의 연계성 구현
 - 수경재배 자동화 전 공정 프로세스 작성 및 수정 보완
 - 각 단위 자동화 공정 단계들 간의 연계 방안 구현
- 수경재배 자동화 공정의 연계성 구현을 위한 AGV 시제품 제작, 개발
 - AGV 신규개발 및 시제품 제작 (Prototype I) - 도면, 시제품
 - AGV 테스트 및 3D 시뮬레이션 동역학 및 구조해석 수행 - 해석 용역 보고서
 - AGV 수정보안 개발 및 시제품 제작 (Prototype II) - 도면, 시제품

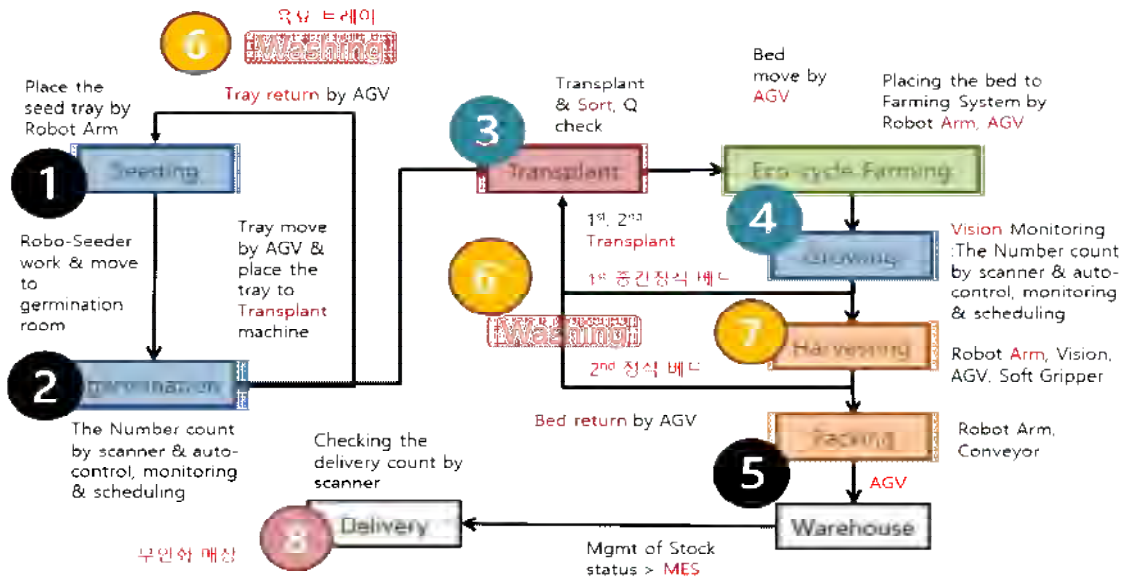
(4) 연구결과

- 수직 다관절 로봇팔, AGV에 의한 수경재배 자동화 공정의 연계성 구현
 - 수경재배 자동화 전 공정 프로세스 작성 및 수정 보완
 - 주로 실재 농가 및 전문가 인터뷰를 통해 로봇 자동화 공정 분석 및 작성함 (1차)
 - Seeding - Growing - Transplanting - Harvesting - Washing - Packing



[그림 2-1171] 로보게이트의 수경재배 자동화 공정 전개도 1차

- 수경재배 자동화 공정도를 2차 수정 보완하여, 이식/정식과정이 공간 활용면의 이점이 있음을 인지하였고, Tray 및 Bed의 표준화가 필요하고, 다수의 Tray, Bed의 재활용을 위해서는 살균/세척 공정이 필수적임을 반영함.

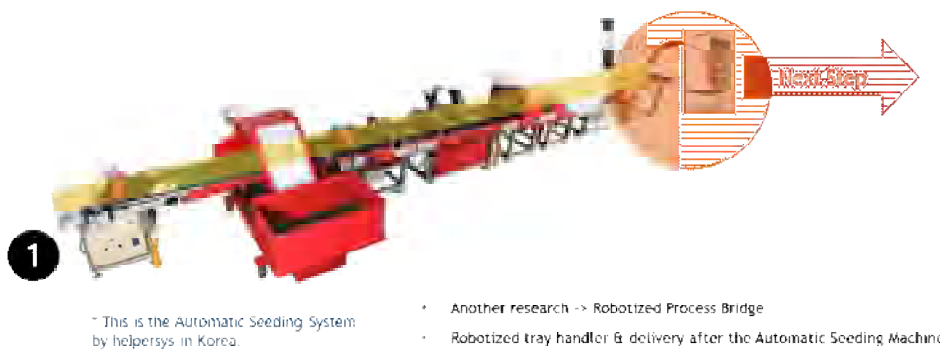


[그림 2-1172] 로보게이트의 수경재배 자동화 공정 전개도 2차

- 로보게이트의 수경재배 자동화 공정에 포함되는 공정들은, 파종-발아-이식-재배(관찰/조정)-수확-포장-입고-출고(배송) 과정을 포함한다.
- 이 과정들에 추가된 내용은 육묘 트레이와 베드들의 재활용을 위한 살균/세척 공정이 필요하고, 각 공정에서 수거 이송하는 부분이 포함된다. 각 단위 공정간의 연계는 주로 협동로봇과 AGV를 이용하도록 하였다.

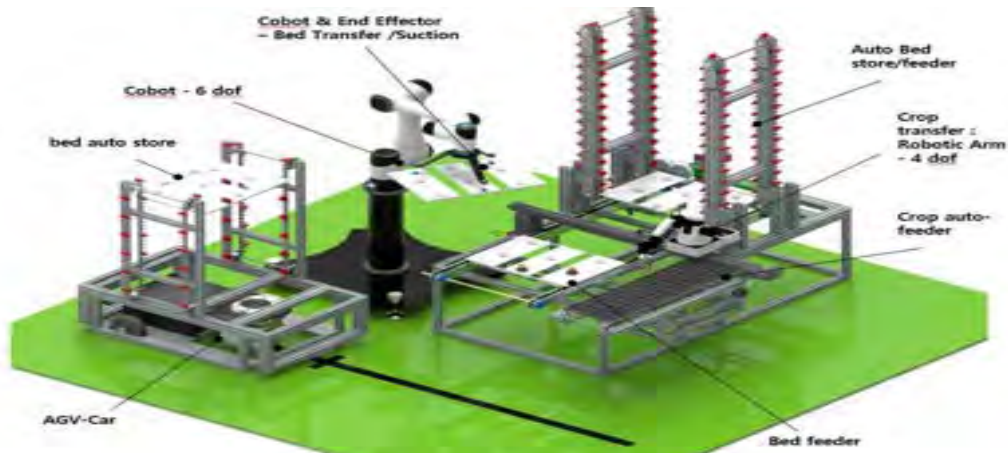
○ 각 단위 자동화 공정 단계들 간의 연계 방안 구현

- 살균/세척되어 리사이클링된 트레이들은 다시 초기 파종(seeding) 자동화 공정의 트레이 자동공급기에 위치됨
- 아래 그림은 국내 타사의 파종 기계 라인에 SCARA 로봇과 AGV를 배치시켜 다음 공정인 발아(Germination) 공정으로 이송시키는 개념도임



[그림 2-1173] 로봇팔, AGV를 통한 자동화 공정연계 - 자동화 공정의 연결 시작 (파종)

- 발아된 트레이는 이제 동일한 로봇+AGV에 의해 이식공정으로 자동 이송되며, 아래와 같이 기 개발된 이식 자동화 로봇에 의해 이식이 진행되고, 이식 과정이 끝난 베드는 하나씩 AGV에 적재되어 다음 공정인 수경재배자동화 라인으로 이송되어 역시 로봇암에 의해 수확 후 빈 자리에 순서대로 해당 베드를 위치시킴



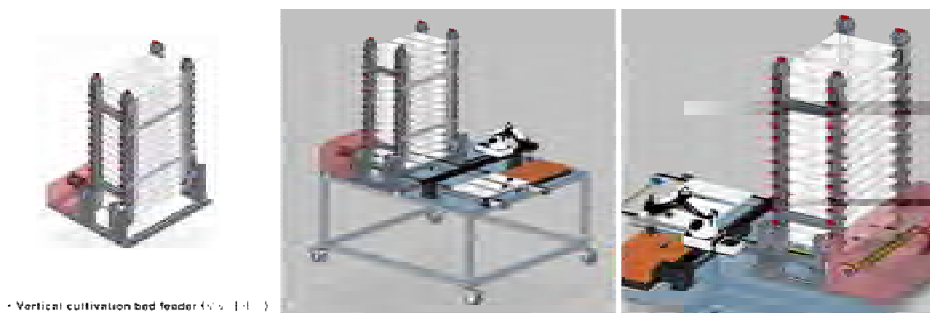
[그림 2-1174] 로보게이트의 로봇팔, AGV를 통한 자동화 공정연계 - 자동이식/정식 로봇

- 수경재배자동화 라인에서 수확을 위해 로봇암은 해당 베드를 순서에 맞게 AGV에 적재하고, 포장 라인으로 이송시킴



[그림 2-1175] 로봇팔, AGV를 통한 자동화 공정연계 - 수경재배자동화라인에서 수확공정

- 자동 이식/정식 로봇의 품질보완 수행 및 협동로봇에 의한 작물 베드 이송 프로그래밍
 - 스폰지 상태의 작물을 자동 공급된 이식 베드 각 작물의 위치에 옮겨주는 기능 구현을 위해 그리퍼의 개선제작, 프로그램 수정제작, 작물공급기의 수정, bed 공급기 수정, 통합프로그램 수정 및 테스트 진행함.



[그림 2-1176] 로보게이트의 자동이식 로봇의 성능개선 설계

- 로봇그리퍼, 컨트롤러, 자동공급장치 수정, 동작시험 수행 과정에서 작물 베드의 비표준화 및 이식/정식과정에 소요되는 베드의 크기가 다름에 따른 수정 보완이 추가 과제로 남음.
- 또 한국에서 사용 중인 발아작물이 담겨있는 스폰지는 일본산에 비해 분리성, 수분함유량 등이 떨어진다는 평가와 함께, 자동화 개발 중 스폰지가 잘 떨어지지 않는 점이 문제임.



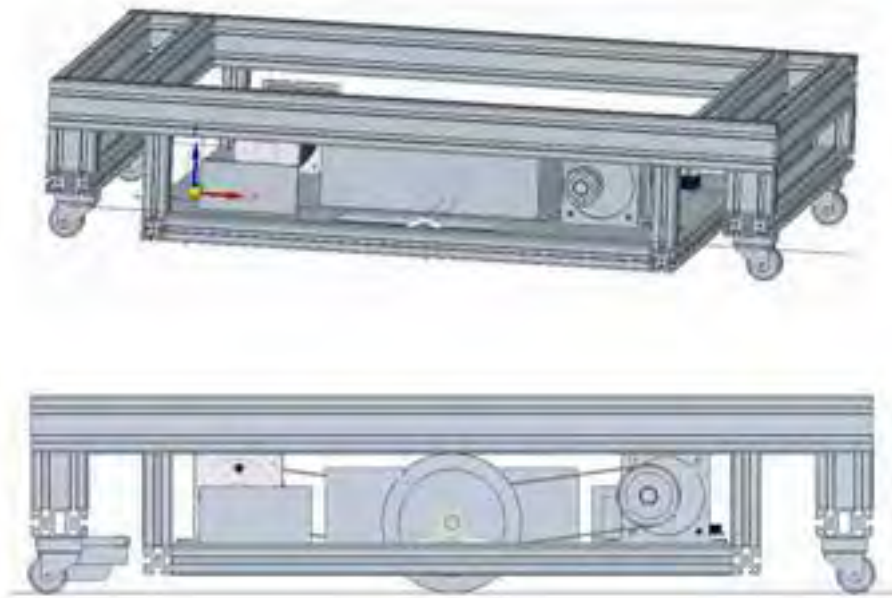
[그림 2-1177] 로보게이트의 이식 로봇의 성능개선 수정 제작

- 로보게이트가 특허출원한 자동이식 로봇의 개선 활동 수행
- SW 보완개발 및 테스트 수행
- 협동로봇에 의한 bed 이송과정 테스트 및 End Effector 개발
- 공정 연계를 위한 AGV 추가 개발 및 시제품 제작 진행



[그림 2-1178] 로보게이트의 수정된 자동 이식로봇의 테스트 장면

- 수경재배 자동화 공정의 연계성 구현을 위한 AGV 시제품 설계, 시제품 개발 제작
- AGV 신규개발 및 시제품 제작 (Prototype I) - 도면, 시제품
 - 저가형, 경량화 자율주행 AGV 1차 모델을 설계 제작함. 2개의 구동바퀴 및 보조바퀴 적용.
 - AGV 테스트플랫폼 제작을 위한 기본 제어구조 제작 및 3D 설계 개발 진행
 - 센서류, 프레임, 배터리, 모터 등 조립을 통한 시제품 제작 및 테스트
 - 구동간의 Slip 문제에 따른 개선 및 Localization, Mapping 테스트와 병행 개발

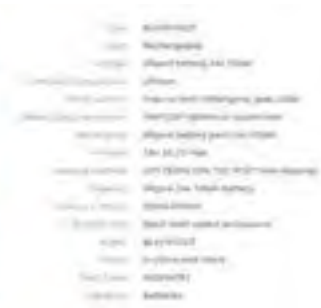


[그림 2-1179] 로보게이트의 AGV 1차 시제품 설계

- 배터리, 모터, 동력전달장치의 설계, 부품사양 선정

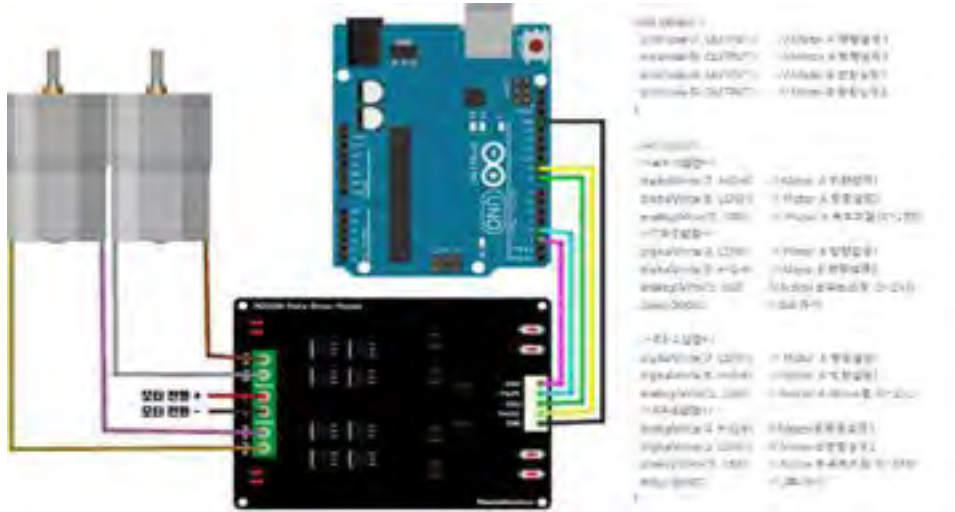
목표 중량	120 kg	모터 정격 속도	5700 rpm	감속회전수	201.0378 rpm
휠 직경	9.5 cm	감속비	28 /1		
가속 시간	1 s	목표 속도 환산	3.35063 rps		
목표 속도	1000 mm/s	모터 수	2 set	모터 효율	0.75
마찰계수	0.09	안전계수	1.5		
관성모멘트	J	1353.75 kg.cm ²			
가속 토크	T _a	29.08163 kgf.cm			
마찰부하 토크	L	25.65 kgf.cm			
토크(가속)	T _m	54.73163 kgf.cm			
토크(등속)	T _m	25.65 kgf.cm			
안전 토크	T	82.09745 kgf.cm			
모터당 필요 토크	T _r	41.04872 kgf.cm	4.022775 N.m		

[그림 2-1180] 로보게이트의 AGV 1차 시제품 설계 사양표



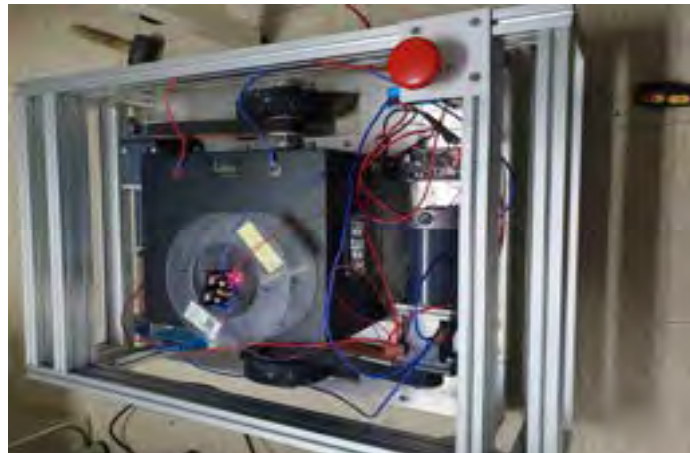
[그림 2-1181] 로보게이트의 AGV 1차 시제품 구동 모터 및 배터리의 선정

- 센서부 구현 및 주행 SW 알고리즘, 구동부 전장 설계 제작



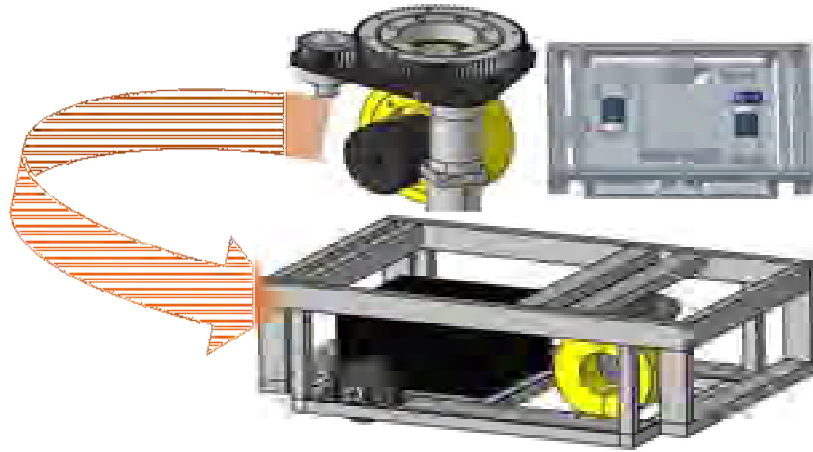
[그림 2-1182] 로보게이트의 스마트팜 전용 AGV 1차 테스트 구동모듈 및 SW

- 1차 시제품 제작



[그림 2-1183] 로보게이트의 스마트팜 전용 AGV 테스트 플랫폼 1차 시제품

- AGV 테스트 및 3D 시뮬레이션 동역학 및 구조해석 수행 - 해석 용역 보고서
 - 1차 시제품의 구동 테스트 결과 나온 문제점과 새로운 구동방식(3 wheel 방식)에 대한 설계 변경을 통해 2차 모델 3D 설계를 통해 제작 전 시뮬레이션을 통해 분석함.
 - 1차 시제품의 구동간 슬립문제 보완 및 혁신적인 3 wheel 구조로 설계 변경
 - 3 wheel - 1 wheel 구동 및 조향 구조 적용을 통한 구조해석 용역 수행



[그림 2-1184] 로보게이트의 스마트팜 전용 AGV 2차 수정 시제품 3D 설계 개발

○ 용역 보고서 (씨에이솔루션)

- 1) 연구목표: AGV(무인운반차)의 운행환경을 고려한 동역학적, 구조적 관점에서 분석
- 2) 연구내용: AGV(무인운반차)는 물류 자동화분야에서 다양한 이동경로를 구현할 수 있음
 - 이러한 AGV의 안정적인 수행능력을 확인하기 위해 복잡한 운행 환경조건을 고려하여 다물체동역학 해석으로 움직임과 속도 등의 거동 분석을 수행하였다. 또한 유한요소해석을 통해 AGV가 하중을 받는 상황에서 구조적 안전성에 대해 검토하였음
- 3) 연구계획: AGV(무인운반차)의 운행조건 환경을 고려한 다양한 해석을 수행하고 해석 결과를 바탕으로 동역학적 분석과 구조적 안전성에 대해 평가함



1. 모델 형상을 바탕으로 해석수행에 적합하도록 모델 수정
2. AGV의 구동 환경을 고려 주행 시나리오 다물체동역학 해석 및 분석
3. 하중이 작용하는 상황에서 AGV의 구조해석 검토

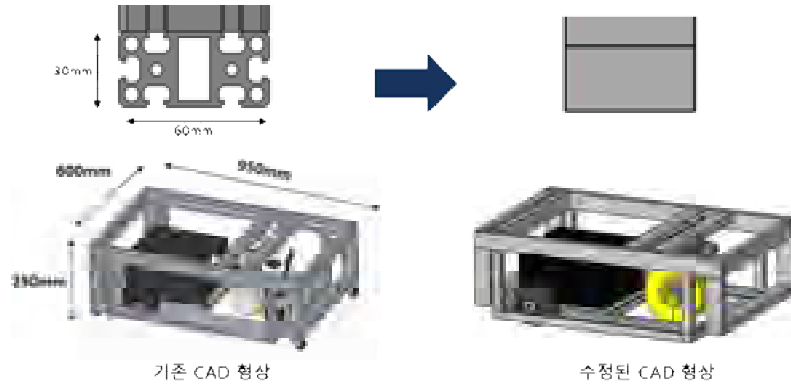
[그림 2-1185] 로보게이트의 스마트팜 전용 AGV 테스트 플랫폼 2차 시제품 시뮬레이션 과정

- AGV 모델의 구조 : AGV(무인운반차)의 구조는 1개의 구동휠과 2개의 보조 휠로 구성 프레임 구조물과 내부에 배터리 장착되어 운행되는 구조



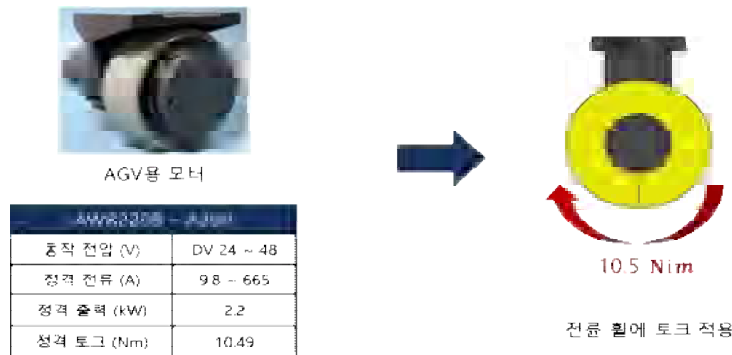
[그림 2-1186] 로보게이트의 스마트팜 전용 AGV 테스트 플랫폼 2차 시제품 해석 모델

- 다물체 동역학 해석 : 다물체 동역학 모델 수정, CAD 형상을 바탕으로 해석 수행을 위한 모델 수정 복잡한 형상들을 간단한 형상으로 대체



[그림 2-1187] 로보게이트의 스마트팜 전용 AGV 테스트 플랫폼 2차 시제품 다물체 동역학 해석 준비

- 모터구동 토크 결정 : AGV용 모터의 토크를 적용하여 다물체 동역학 해석 수행 상용 AGV제품으로 사용되는 모터로 임의선택 후 추후 구체화 예정

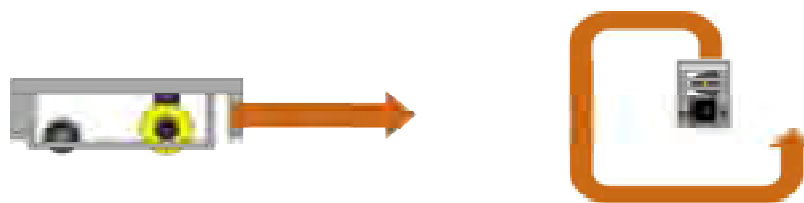


[그림 2-1188] 로보게이트의 스마트팜 전용 AGV 테스트 플랫폼 2차 시제품 모터 구동 토크

- 주행시나리오 결정 : 주행 시나리오를 적용하여 AGV의 구동 환경에서 안전성 분석 : 무인운반차의 사용환경을 고려하여 해석 시나리오 결정 - 직선 주행과 원운동 주행 두 가지 시나리오해석. 일정한 토크와 조향각을 적용하여 등가속 운동 수행

#시나리오 1. 직선 주행

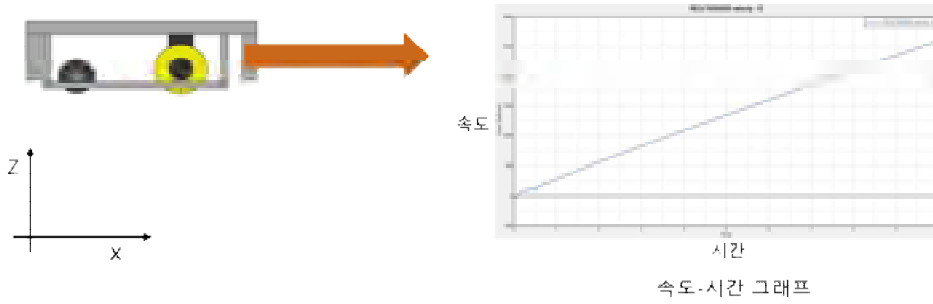
#시나리오 2. 원운동 주행



[그림 2-1189] 로보게이트의 스마트팜 전용 AGV 테스트 플랫폼 2차 시제품 동역학 해석 주행 시나리오

○ 시나리오 1 직선 주행 해석 결과 - 속도

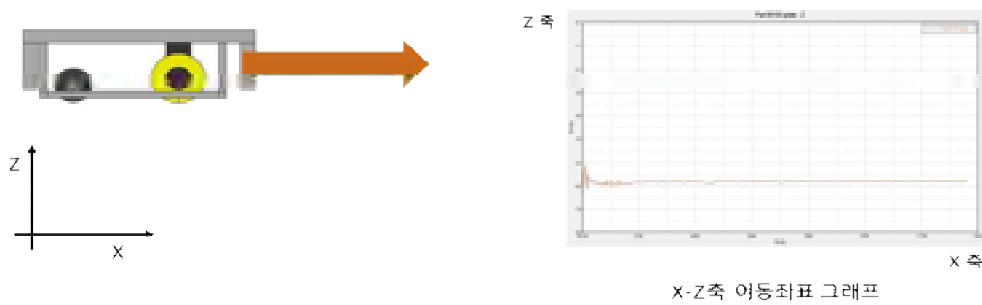
- 구동 휠에 일정 토크를 적용하였기 때문에 속도가 선형적으로 증가 속도는 출발할 때 0m/s에서 2.5m/s까지 일정하게 가속



[그림 2-1190] 로보게이트의 스마트팜 전용 AGV 테스트 플랫폼 2차 시제품 동력학 해석 결과 (속도)

○ 시나리오 1 직선 주행 해석 결과 - 이동좌표

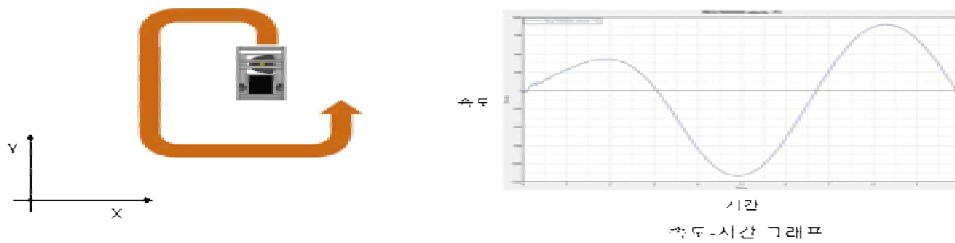
- AGV는 X축 방향으로 등가속으로 직선운동, 구동휠의 토크 및 지면 마찰로 AGV의 운동 초반에 수직방향 떨림이 발생함. (정지마찰계수 0.2, 운동마찰계수 0.1)



[그림 2-1191] 로보게이트의 스마트팜 전용 AGV 테스트 플랫폼 2차 시제품 동력학 해석 결과 (이동좌표)

○ 시나리오 2 원운동 주행 해석 결과 - 속도

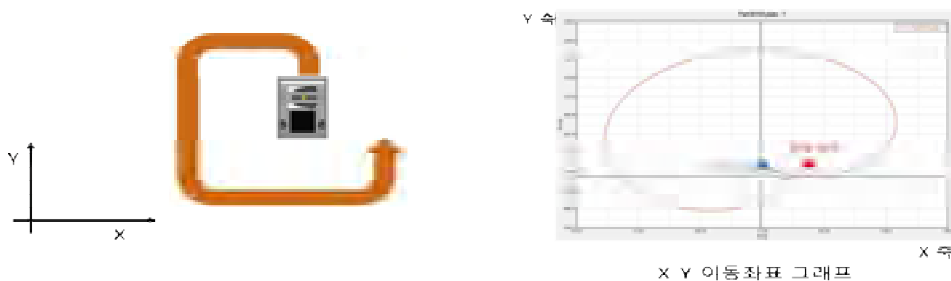
- 구동 휠에 일정 토크를 적용하였기 때문에 속도가 선형적으로 증가함.
- 속도 그래프에서 그래프의 진폭이 커짐을 통해 속도 증가확인



[그림 2-1192] 로보게이트의 스마트팜 전용 AGV 테스트 플랫폼 2차 시제품 동력학 해석 결과 (원운동-속도)

○ 시나리오 2 원운동 주행 해석 결과 - 이동좌표

- 일정 토크로 등가속 되어 속도가 계속 증가하기에 회전 반경도 점점커짐



[그림 2-1193] 로보게이트의 스마트팜 전용 AGV 테스트 플랫폼 2차 시제품 동력학 해석 결과 (원운동-이동좌표)

○ 유한요소해석 - 해석모델 수정

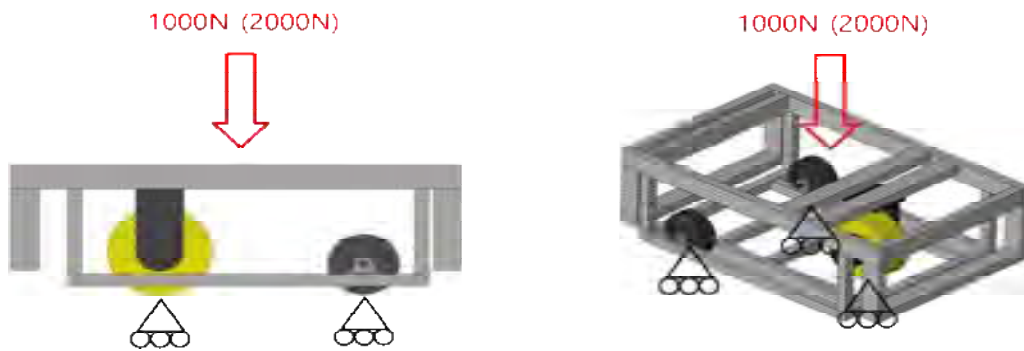
- 구조해석을 수행하기 위해 모델 형상수정. 배터리, 기어 등 구조 안전성에 영향이 낮은 부품들을 제거. 재료는 일반 구조용 압연 강재의 물성을 적용함. 수정된 모델에서 hexa 요소 10만개로 모델링 진행.



[그림 2-1194] 로보게이트의 스마트팜 전용 AGV 테스트 플랫폼 2차 시제품 유한요소해석 모델수정

○ 유한요소해석 - 해석모델

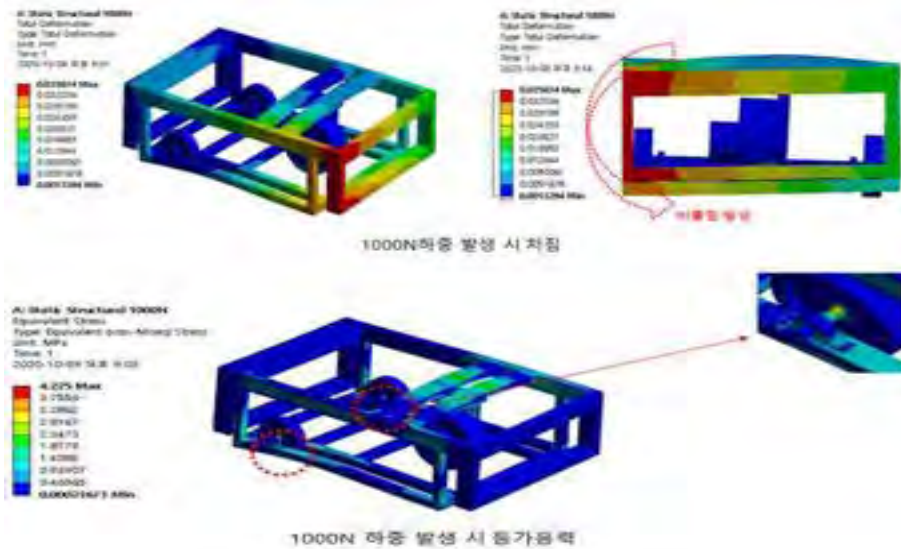
- AGV가 사용 환경에서 물건이 적재되어 하중을 받는 상황을 가정함.
- 두 가지 1000N(100kg), 2000N(200kg) 하중을 적용하여 구조해석 수행.
- 바퀴의 구속조건은 롤러지지(Rollable support) 적용.



[그림 2-1195] 로보게이트의 스마트팜 전용 AGV 테스트 플랫폼 2차 시제품 유한요소해석 모델

○ 유한요소해석 - 하중 해석결과

- 3개의 바퀴로 하중을 지지하기 때문에 비틀림이 발생.
프레임 앞쪽에서 최대처짐 발생(0.0358mm - 1000N 하중의 경우)
응력의 경우 후륜 휠의 축에서 가장 크게 발생(4.22Mpa - 1000N 하중의 경우)함.
큰 하중이 AGV에 작용할 경우 보조휠의 회전축에서 가장 먼저 파손 가능



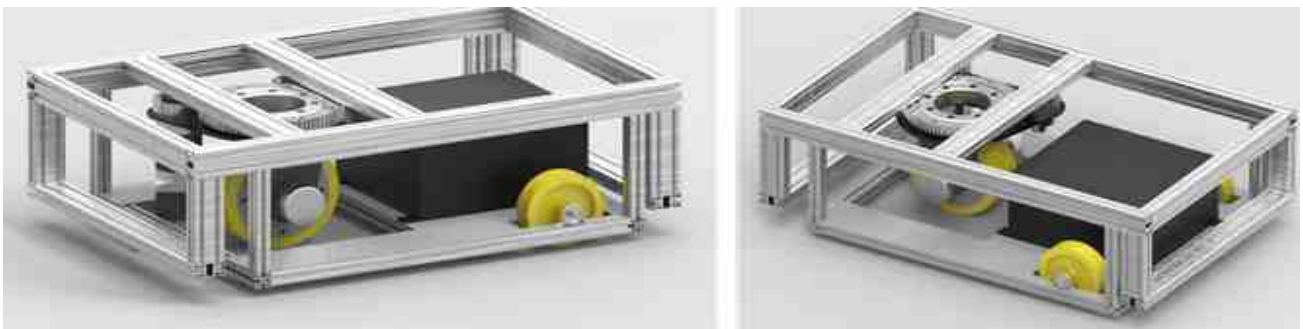
[그림 2-1196] 로보게이트의 스마트팜 전용 AGV 테스트 플랫폼 2차 시제품 유한요소해석 결과 1000N

○ 유한요소해석 - 결론

- 해석 모델을 기존 모델에서 일부 수정하여 실제 모델에 비해 강성 및 무게 증가.
- 강성 변화로 실제 AGV의 구조물에서는 더 큰 변위와 응력이 발생할 것으로 예측됨.
- AGV(무인운반차)의 운행환경을 고려한 해석을 통해 계산.
- 다물체동역학 해석을 통한 AGV의 동역학적 거동 분석 수행함.
- 유한요소해석을 통한 AGV 구조물의 안전성 분석수행함.

○ AGV 수정보안 개발 및 시제품 제작 (Prototype II) - 도면, 시제품

- 3D 시뮬레이션 결과를 기반으로 구조보강 및 부품 선정을 통해 수정 시제품 제작



[그림 2-1197] 로보게이트의 스마트팜 전용 AGV 2차 수정 모델 3D CAD, 시제품 제작

○ 1 wheel 에 의한 구동-조향 일체형 휠 구조 적용

- 기존의 4점지지, 2 wheel 구동방식에 있어서 슬립 발생과 기울어짐 문제 보강



[그림 2-1198] 로보게이트의 스마트팜 전용 AGV 테스트 플랫폼 2차 시제품 구동-조향 일체형 휠 구조

- 3D 시뮬레이션 해석결과를 토대로 보조 휠 축의 직경을 늘려 강성을 보강하고, 동역학 해석결과에 따른 떨림 현상을 무게중심 검증을 통해 수정함.

3.3.3. 식물공장 자동화 라인 수출 상용화 개발 및 마케팅 전략 수립

(1) 개요

- 수경재배 자동화 라인 수출상품화 마케팅 전략
 - 스마트팜 자동화 동향 보고서 작성 (별첨)
 - 드론 외 기타 주요 농업용 자동화 솔루션 확대 검토를 통한 수출 상품 포트폴리오 구성.
- 수경재배 자동화 라인 현지 AS 전략 등
 - 사용자 매뉴얼 작성 (별첨)

(2) 접근방법

- 주요 분석방법 등
 - 논문, 특허검토, 사례 조사, 현장방문 인터뷰, 요구기능별 요소기술 검토 설계.
- 주요 대상 공정 등
 - 수경재배 공정 중 이식 과정 포함 전 공정의 자동화 검토
 - 실재 현장 방문과 자료, 동영상 검토를 통해 각 농법 프로세스를 분석하고
 - 식물 이식 자동화 요구를 분석/도출함.
 - 수경재배 공정 이외 하우스 재배 등 스마트팜 전반 자동화 솔루션 검토
- 주요 산출물 등
 - 연관 특허조사/ 분석 및 동향보고서, 설계도, 시제품
 - 수경재배 자동화 목표달성을 위한 요구조건과 기술매칭 검토

(3) 연구내용

- 수경재배 자동화 라인 수출상품화 마케팅 전략
 - 스마트팜 자동화 동향 보고서 작성

○ 스마트팜 분야 로봇 자동화 기술 동향 조사 (국내외 특허기술, 적용사례 등)

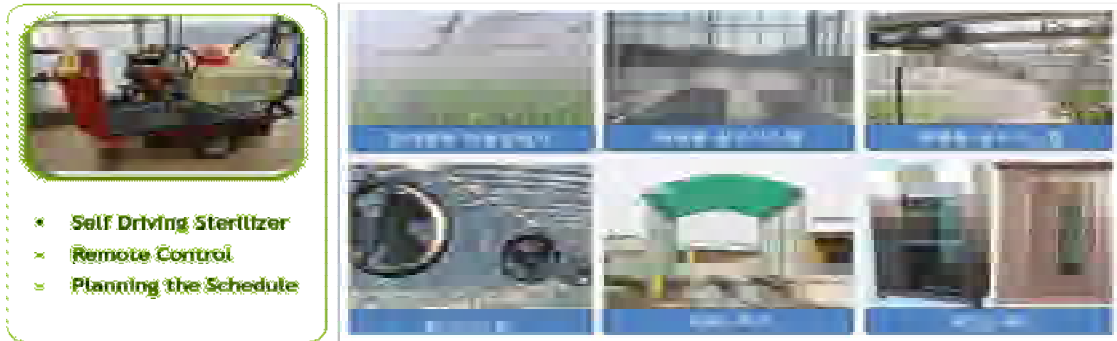


[그림 2-1199] 스마트팜 자동화 기술 동향보고서 2020, 로보게이트

○ 드론 외 기타 주요 농업용 자동화 솔루션 확대 검토를 통한 수출 상품 포트폴리오 구성.

- 수경재배 이외 현재 해외에서 보통 도입 사용되는 농법의 자동화 기술 검토 솔루션화 (반자동 AGV, 반자동 레일형 분무기, 자동 방재기 등)

• 기존 기기의 자동화 개발 상품화 (수경재배/ 하우스재배) - 기존 상품과 연계 솔루션 화 전략 수립



- Self Driving Sterilizer
- × Remote Control
- × Planning the Schedule

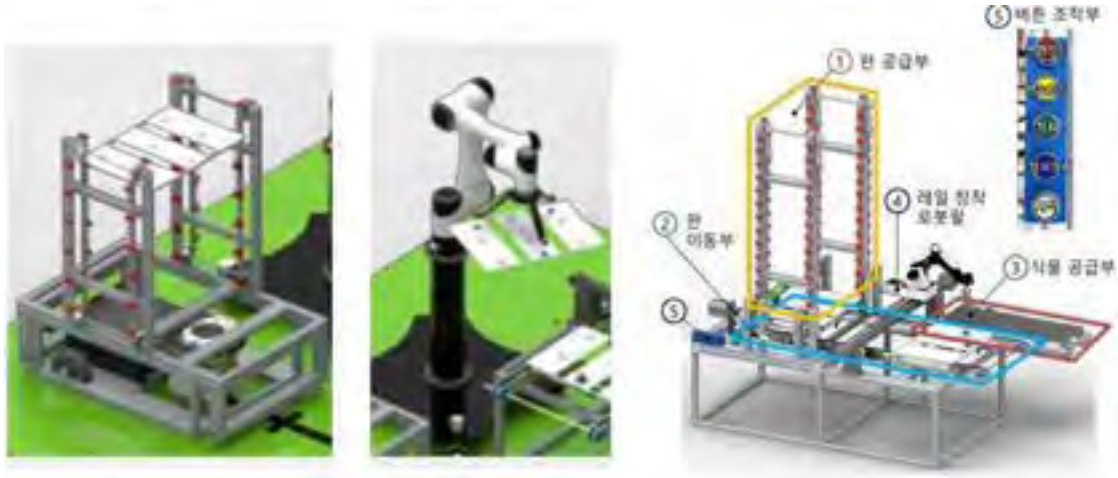
- Besides the hydroponics, Various Automation tools for inhouse grow farming
- Fogging, Watering, Sterilizing, Air Fan ... All controlling System

[그림 2-1200] 스마트팜 자동화 상품 포트폴리오 확대, 로보게이트

□ 수경재배 자동화 라인 현지 AS 전략 등

○ 사용자 매뉴얼 작성

- 자동이식로봇 및 연계 시스템으로서의 협동로봇, AGV의 운용 방안



[그림 2-1201] 스마트팜 자동화 사용자 매뉴얼 로보게이트

(4) 연구결과

□ 수경재배 자동화 라인 수출상품화 마케팅 전략

○ 스마트팜 자동화 동향 보고서 작성 (별첨)

- 스마트팜 분야 로봇 자동화 기술 동향 조사 (국내의 특허기술, 적용사례 등)
- 국내외 시장 동향 및 파종, 육묘, 생육상태분석, 수확 등 노동력이 소요되는 공정별 기술 동향
- 세계 스마트팜 자동화 관련 시장: 세계 스마트 팜 시장은 2018년 2,500억 달러에서 CAGR 16.4% 성장률을 기록하며 2022년 4,080억 달러로 확대

(단위 : 십억 달러, %)

연도	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	CAGR
해외시장	196	221	250	283	320	362	408	16.4

출처:국내의 스마트농업 산업동향 분석 보고서('18)

(단위 : 억 원, %)

연도	한국	미국	일본	영국	네덜란드	독일	호주	중국
기술 수준	75.0	100	97.5	89.5	99.1	93.3	83.4	61.0
기술 격차	5.2	0	0.5	2.3	0	1.2	3.6	7.2

출처:국내의 스마트농업 산업동향 분석 보고서('18)

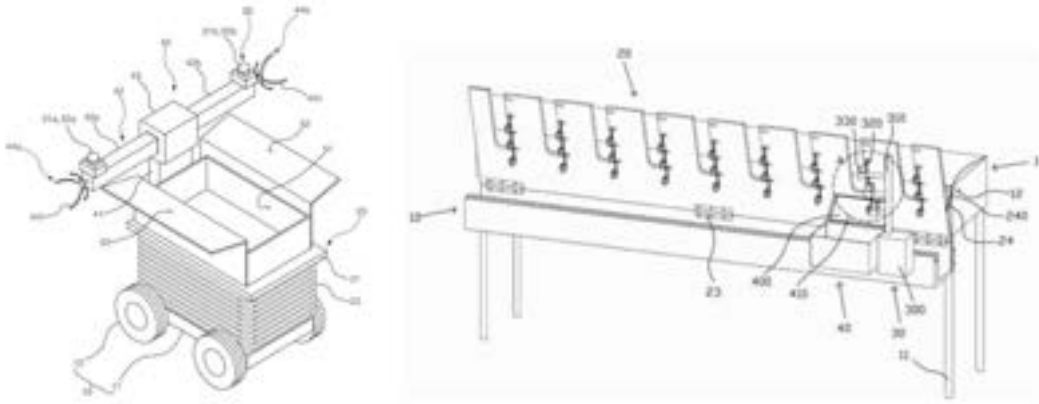
- 국내 스마트팜 시장은 CAGR 5% 성장 진행. 국내 스마트팜 수준은 각국의 최고기술 보유국 대비 약 70%의 수준으로 기간으로 따지면 약 6년 정도의 격차가 있는 것으로 분석 제시되고 있음

(단위 : 억 원, %)

연도	'17	'18	'19	'20	'21	'22	CAGR
국내시장	44,493	47,474	50,655	54,048	56,750	59,588	5.0

출처:국내의 스마트농업 산업동향 분석 보고서('18)

- 스마트팜 자동화 요구 농업분야 공정으로 파종, 육묘, 수확 등 노동력이 많이 소모되는 분야 기술개발 동향 보고



[그림 2-1202] 스마트팜 동향보고서 예시 - 국내외 특허 사례, 과실수확 로봇 (파프리카, 딸기)

- Root AI : 실내농업용 로봇 개발 업체로 AI 기술이 결합된 수확 로봇을 2018년 하반기에 선보임. 이 로봇은 현재 토마토 농장에 투입되어 비전 프로세싱 기술을 이용해 위치 파악과 완숙 여부를 고려해 수확함. 온실 안을 이동하면서 센서로 38초 만에 잘 익은 토마토를 파악하고 과일 표면이 흠집 나지 않도록 부드러운 터치로 7초 만에 수확함. 이 로봇은 2020년부터 판매될 예정
- 드론 외 기타 주요 농업용 자동화 솔루션 확대 검토를 통한 수출 상품 포트폴리오 구성.
 - 현재 보급형 수경재배 시스템에 바로 적용할 수 있는 부분 자동화로 협동로봇과 엔드 이펙터의 개발 및 농가마다의 특성에 맞는 커스터마이징 전략 수립.

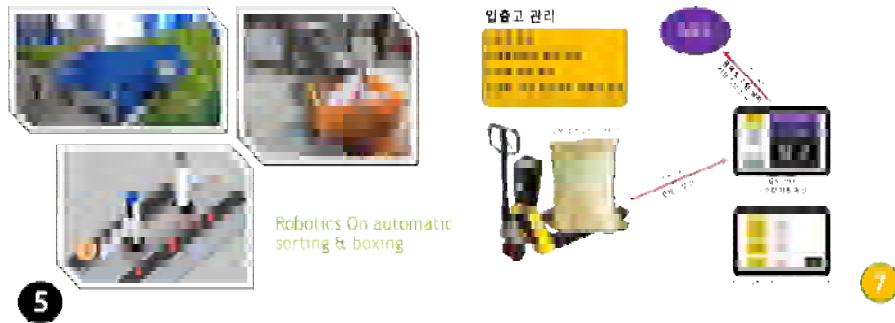
4



● Robot Gripper for the Old designed beds (Japanese) with hydroponics

[그림 2-1203] 스마트팜 자동화 상품 포트폴리오 구성 확대 - 재래식 시스템 적용

- 수경재배 뿐 아니라 하우스 농법에도 적용이 가능한 자동화 부문 개발로 시장성 확장
- 현재 일반적으로 농가에 도입 사용되는 농법의 자동화 기술 검토하고 가 공정 자동화에 적용할 스마트공장 기술 솔루션 적용 (수확/분류/처리/포장/입출고 자동화) .



[그림 2-1204] 스마트팜 자동화 상품 포트폴리오 구성 확대 - 공정의 확대

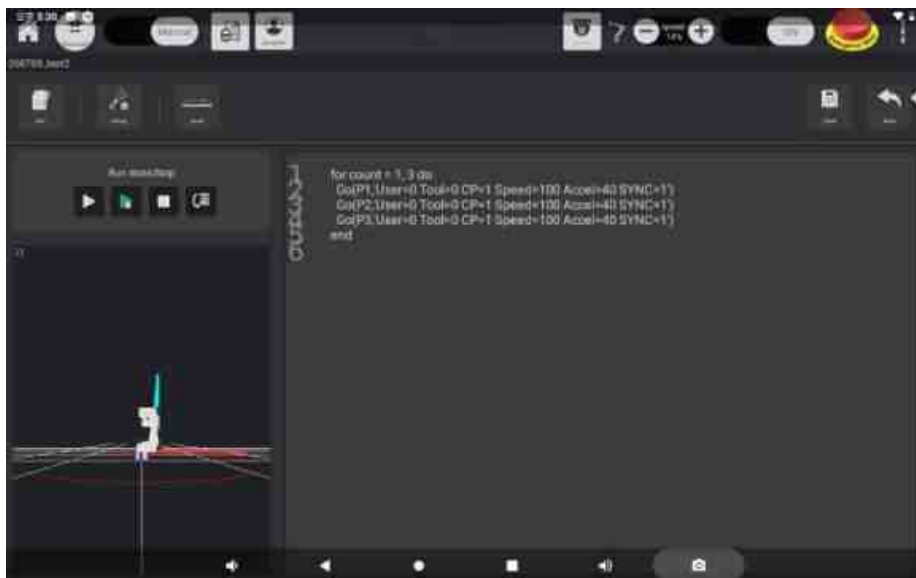
- 하우스 재배 농법의 자동화 기술 검토 솔루션화(반자동 AGV, 반자동 레일형 분무기, 자동 방재기 등)
 - 기존 기기의 자동화 개발 상품화 (수경재배/ 하우스재배) - 기존 상품과 연계 솔루션 화 전략 수립



- Besides the hydroponics, Various Automation tools for inhouse grow farming
- Fogging, Watering, Sterilizing, Air Fan ... All controlling System

[그림 2-1205] 스마트팜 자동화 상품 포트폴리오 확대, 로보게이트

- 수경재배 자동화 라인 현지 AS 전략 등
 - 사용자 매뉴얼 작성
 - 자동이식 로봇 및 연계 시스템으로서의 협동로봇, AGV의 운용 방안



[그림 2-1206] 스마트팜 자동화 협동로봇 매뉴얼 중 일부, 로보게이트

○ 2020년 마케팅 활동 (세미나, 학회 발표)

- KOTRA Webina 발표 , 멕시코 / 스마트팜 자동화 기술개발 (2020. 10. 14.)
- 한국농공학회, 스마트팜 자동화 기술개발 주제 발표 (2020. 10. 16.)
- 제1회에 이어 한국에서 열릴 제2회 한국-미얀마 ICT 컨퍼런스에서 스마트팜 자동화 주제로 발표 예정. (2020. 11. 11.)



Te invitamos a participar en el

WEBINAR

Agricultura inteligente Corea-México

Miércoles 14 de octubre de 2020
11:00 (Horas Centro).

Forma parte de este seminario virtual que tiene el objetivo de ofrecer nuevas opciones de capacitación y transferencia de tecnología para los agricultores mexicanos así como explorar ese nuevo mercado para nuestras exportaciones.



[그림 2-1207] 2020. 10. 14. KOTRA Webina (멕시코 송출) 에서 로보게이트 발표 모습

○ 식물공장 자동화 상품화 전략 개선 수립

- 식물공장 자동화 상품화 전략의 개선 (소매 매장 ~ 대형 식물공장으로의 확장까지)



○ 프로젝트 수행모델 : 스마트팜 자동화 라인 구축 솔루션에 대한 상품화 전략 확대 수립.

- K-Farm 모델과 협업, 세계 나라별 접근 전략 공유
- 농법별 전공정의 사전컨설팅 > 자동화 구축 > 사용자 교육 > 사후관리

상품화 전략
수립



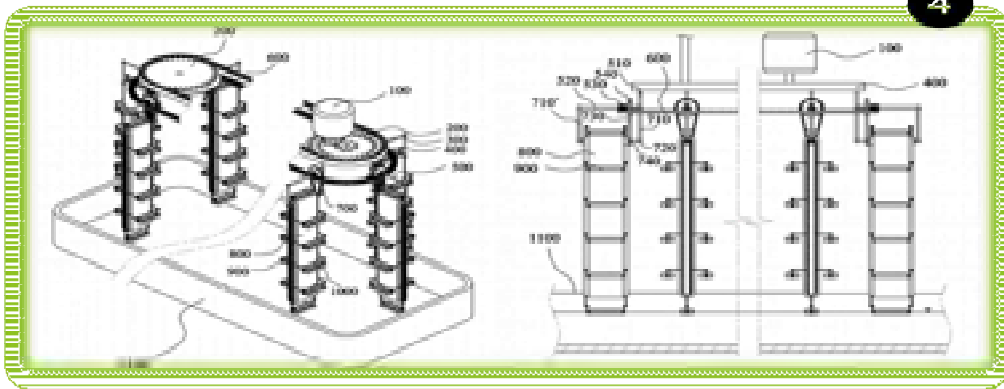
[그림 2-1208] 2020. 로보게이트 식물공장 상품화 전략

- 목표시장을 전체 농업분야 자동화 솔루션, 무인화 장비로 확대함, 상품컨셉 확대를 통해 제품 포트폴리오를 늘렸고, 전체 수경재배공정에 각 공정연계 방안으로 AGV의 개발 및 기술개발을 진행함.



[그림 2-1209] 로보게이트 식물공장 상품화 포트폴리오 확대

- 로보게이트는 지속적으로 로봇암과 AGV, 머신비전 기술을 AI 기술과 접목하여 상품화 추진 예정이며, 고객 맞춤형 영업전략으로 짧게는 6개월(수정)에서 길게는 1년 이상의 프로젝트 수행 역량을 확보함.
 - No complicated watering pipe installed, the environment sharing - the same environment
 - Minimum movement needed by farmers, the Labor Cost Minimized



[그림 2-1210] 로보게이트 무인화 수경재배 시스템 등록 특허 2020

- 내년 계속 사업으로, 2020년 특허 등록된 기술을 적용한 완전 자동화 무인 식물공장의 모델을 구현해볼 예정임. 아래 그림은 파머스랩이 구현한 시스템으로, 로보게이트 특허와는 다르나 베드의 회전 주기형 구조가 유사함



[그림 2-1211] 로보게이트 무인화 수경재배 시스템 구현을 위한 참고 모델 (파머스랩 제공)

3.4. 식물공장 자동화 라인 상품화 개발 및 수출 전략 수립

3.4.1. 식물공장 자동화 라인 수출상품화 개발

(1) 개요

□ 식물공장 자동화 라인 상품화 개발

- 파종 ~ 수확까지의 전체 수경재배공정을 기준으로 엽채류, 과채류 및 근채류를 대상으로 로봇 자동화

공정을 심화 분석/설계하고, 상품화 전략을 수립함.

- 각 작물별 자동화 구현 방안에 대한 3D CAD 설계 및 구체적인 자동화 로봇에 대한 시제품을 제작하고 운용/ 테스트 수행.

식물공장 자동화 라인 운영 및 관리 매뉴얼 (자동화 운영, 관리)

- 식물공장 자동화 라인 상품화 개발 내용에 대한 운영 및 관리 매뉴얼 작성
- 이식정식 로봇 및 베드 이송용 자율주행 모바일 로봇의 통합 운영방안에 대해 작성

(2) 접근방법

주요 분석방법 등

- 현장방문 인터뷰, 공정설계, 자동화 솔루션 적용방안 검토/적용.
- 요구기능별 요소기술 검토, 3D CAD 설계/제작 및 시제품 제작 시험/분석.

주요 대상 공정 자동화 검토

- 엽채, 과채, 근채류 대상 전체 수경재배 자동화 공정 검토
 - 식물 이식/정식 자동화를 포함한 파종 ~ 수확, 포장까지의 전 공정을 검토함.
- 공정간 연계와 물류 자동화를 위한 모바일 로봇 기술 검토
 - 자율주행 모바일 로봇의 개발을 통한 재배베드 이송 기술 시험.
 - 이동형 재배베드에 의한 엽채류/근채류 재배 자동화를 위한 모바일 로봇 제작 시험.
 - 작물의 수확 후 무게선별 분류 로봇 시제품 제작 시험.

주요 산출물 등

- 공정도 다이어그램 및 3D 설계도
- 이식정식 로봇 및 베드 이송용 자율주행 모바일 로봇의 통합 운영방안.

(3) 연구내용

식물공장 자동화 라인 상품화 개발

- 엽채류, 근채류, 과채류 대상 파종~수확, 포장, 입출고 전과정의 자동화 공정 검토
 - 파종 자동화 시스템, 발아실 이송, 발아실 자동화, 육묘 자동화 로봇, 이정식 로봇, 수확/포장 자동화, 세척/살균 자동화, 입출고 시스템 외
- 작물을 재배할 포트, 베드 및 이송기술, 이/정식 공정에 대한 검토 및 대체안 개발

식물공장 자동화 공정 기술연구 (Transplanting System, Mobile Robot, Robotic Arm, AGV, Sorting Robot, End Effector)

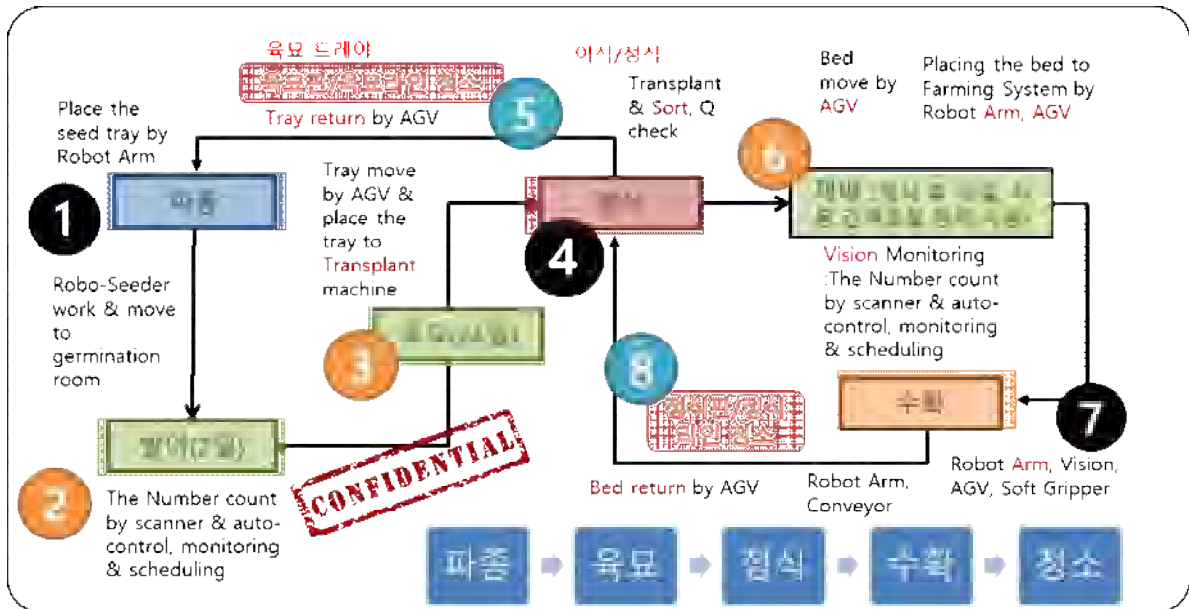
- 파종~수확, 포장, 입출고 전과정의 개별 공정들의 무인화 연계 통신기술 개발.
- 이식/정식로봇, 모바일로봇, 협동로봇의 적용을 통해 Robotic Arm 과 AGV의 혼용을 통한 적용이 간편한 저가형 스마트팜 자동화 연계 시스템 운용 방안 개발.

(4) 연구결과

식물공장 자동화 라인 상품화 개발

○ 스마트팜 자동화 공정 검토 (수경재배, 엽채류 위주 자동화 연계 심화연구)

- 로보게이트의 수경재배 자동화 공정에 포함되는 공정들은, 파종-발아-이식-재배(관찰/조절)-수확-포장-입고-출고(배송) 과정을 포함한다. 이 과정들에 추가된 내용은 육묘 트레이와 베드들의 재활용을 위한 살균/세척 공정이 필요하고, 각 공정에서 수거 이송하는 부분이 포함됨.
- 현재 진행 중인 농업 선진국의 여러 자동화 기술 적용사례를 분석함으로써 장점을 취사 선택하고, 단위 면적당 공간활용도가 높은 자동화 기술을 개발할 수 있도록 자동화 공정설계 수행함.
- 무인 자동화 컨테이너팜 개발을 위한 재배공정을 포함 각 단위 공정별 상세 프로세스 정의 및 각 단위 공정의 연계를 위한 방안 기술 검토함.

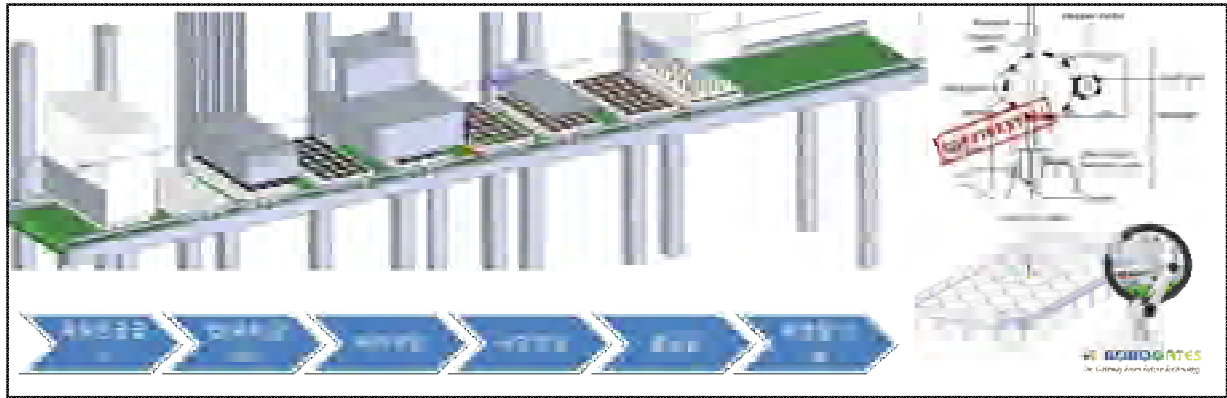


[그림 2-1212] 스마트팜(수경재배) 로봇 자동화 공정 분석, 로보게이트

- 실제 다양한 작물의 수경재배를 수행 중인 플랜티팜의 지원을 통해 상기 엽채류 기준의 수경재배 자동화 공정도를 완성함. 파종, 육묘, 이/정식, 수확/포장, 청소 과정을 약 40여일의 기간 동안 수행하는 내용임.
- 파종: 파종단계에서는 규격 포트에 개별 파종하는 로봇과 규격 포트를 일정한 트레이에 삽입한 후 다수의 포트에 동시에 자동파종하는 구조를 설계/검토함.

○ 파종 로봇 시스템 개발 연구.

- 컨테이너 팜 파종 자동화 기술 적용 방안 개발
- 선행기술 검토의 경우, 재배 베드는 컨베이어벨트가 이송하고, 개별 작물의 이송은 개별 엔드 이펙터가 담당하고 있음.
- 개별 작물은 맞춤 제작된 포트에 파종단계에서부터 생육이 진행되는 동안 유지되게 되며, 파종 시에는 특정 배지와 함께 본 과제에서 개발될 파종기를 통해 육묘 트레이에 자동 삽입되어 육묘장으로 자동 이송이 되는 시스템 구현. 파종기는 현재 설계만 구현됨.



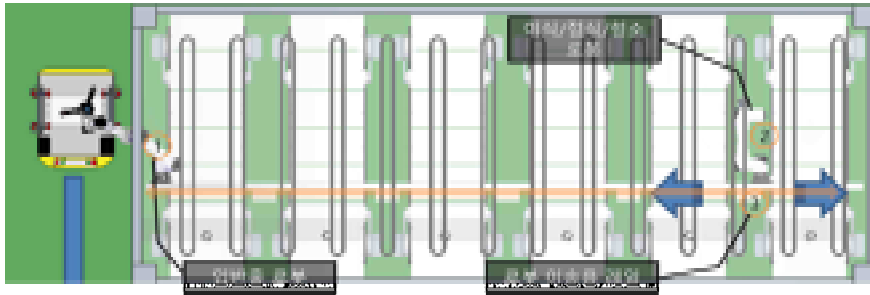
[그림 2-1213] 로봇 파종기 시스템 설계안, 로보게이트

- 파종이 진행 완료되면 역시 로봇팔에 의해 AGV는 육묘장으로 묘판을 이송하여 공급함.
- 육묘판의 반입, 반출은 로봇팔에 의해 수행됨. AGV와의 통신은 근접센서와 WIFI, QR코드를 이용함.
- 기본 컨셉 디자인 진행된 것으로 육묘판 및 개별 포트의 자동 공급으로부터, 순차적으로 단위 육묘판 기준으로 파종이 이루어 질 수 있도록 함.



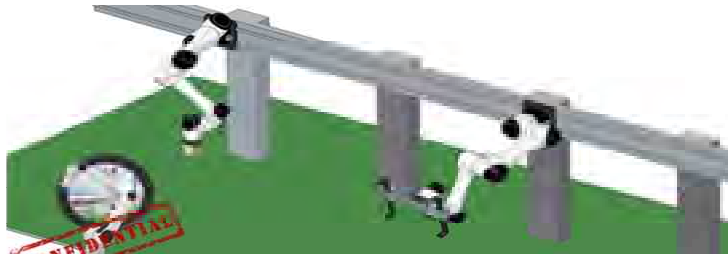
[그림 2-1214] 초기 이식/정식 로봇 및 파종 로봇 컨셉 개발, 로보게이트

- 발아실로 자동 이송 : 파종 후 트레이는 발아실로 모바일 로봇이 관리자의 스케줄 계획에 맞추어 이동하고, 비어있는 공간으로 이송을 수행하면 약 2일간의 발아 환경이 관리되어 모니터링.
- 자율주행 모바일 로봇 및 협동 로봇 간 상호 연계 시스템 개발 연구.
 - 아래 그림은 로보게이트사가 개발중인 중소기업 공장, 소상공인 및 스마트팜용 AGV(자율주행카트), 로보누리의 적용을 통한 자동화 공정연계 방안을 보여줌
 - 엔드이펙터로 재배판을 다룰 경우, 자동화 구현을 위해서는 그 크기가 동일해야 유리하다. 현재 재배 농가에서 사용하는 재배판들이 상이한 것이 자동화의 장애요소이다.
 - 로봇팔은 작물단위 또는 재배판 단위 이송을 옆 이송시스템으로 이송할 수가 있다. 이 원리를 이용하면 이식, 정식, 반입, 반출 작업이 이루어질 수 있음



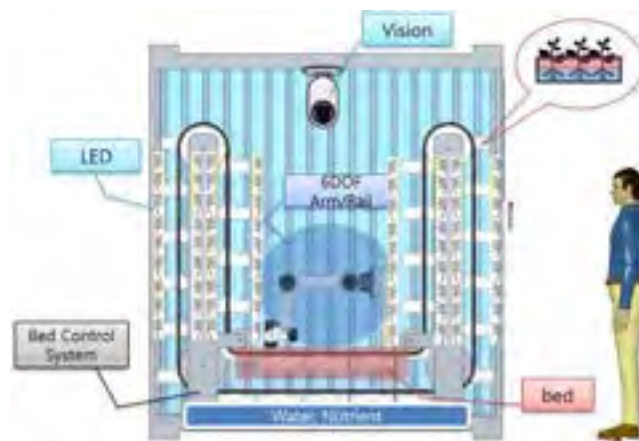
[그림 2-1215] 단위 스마트팜 모듈간 로봇 자동 이송 시스템, 로보게이트

- 육묘: 발아된 묘종은 비전시스템에 의해 양질의 발아상태인 포트만을 추출하여, 베드에 이식하고, 해당 베드를 육묘시스템(몇가지의 종류로 선택이 가능함)으로 정위치 시키기 위해 모바일 로봇이 해당 재배베드를 이송한다. 육묘시스템에 대해 작물의 종류와 특성에 따라 커스터마이징이 가능하도록 구성.
- 엽채류 컨테이너팜 육묘용 로봇팔 레일 시스템 개발
 - 파종 이후 육묘 공정의 컨테이너 팜에 적용될 자동화 로봇 시스템 개발.
 - 개발 모듈 : 6 DOF Arm, Rail, Rail Supporter



[그림 2-1216] 수직 다관절 로봇 활용에 의한 베드의 입반출 및 포트 개별 이송 자동화 로봇 시스템

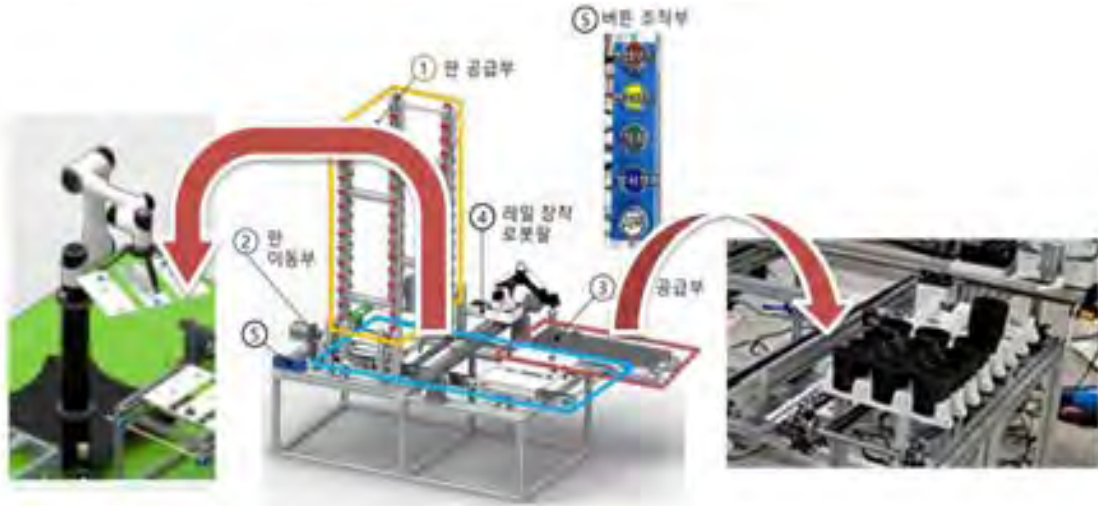
- 개발된 재배판 이송시스템을 대상으로 작업을 수행할 일련의 레일시스템과 결합된 로봇팔 시스템을 개발함. 병렬로 배열된 이 재배판 자동이송 시스템을 가로질러 단수 혹은 복수의 로봇팔은 해당 엔드이펙터를 장착하고 임무를 수행함. (현재는 3D CAD 컨셉설계 완료)



[그림 2-1217] 엽채류 육묘라인 6 DOF 컨테이너팜 정치형 로봇 시스템, 로보게이트

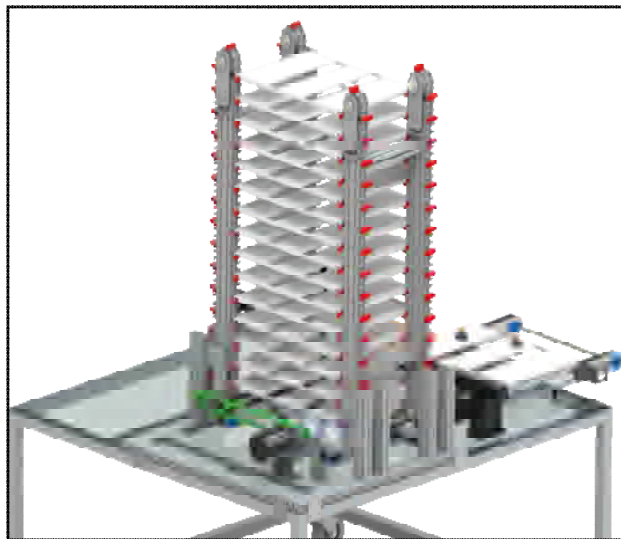
- 이/정식, 포트 적용방식 수정 : 베드의 종류별로 방식이 나뉘나 각 작물의 간격이 고정된 사각형 형태의 재배판을 사용할 때에는 이/정식을 요하는데, 이때에는 초기에 개발한 이/정식 로봇을 이용하도록 함

- 이식정식 로봇 포트 이송용으로 구조변경, 자동화 구현
 - 기존 분절 스폰지 형태의 작물개체를 포트타입으로 자동화에 용이하도록 수정하였음



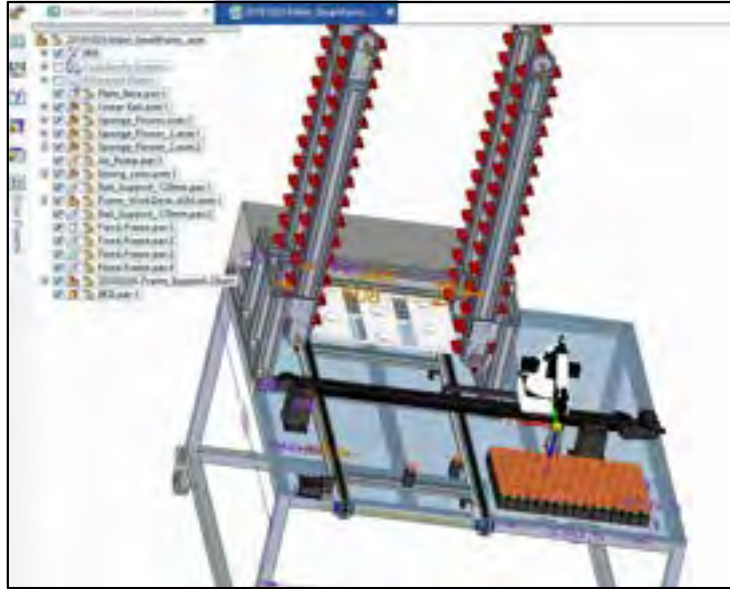
[그림 2-1218] 이송 자동화 공정이 강화된 개량된 이/정식 로봇 시스템

- 로보게이트가 선행연구 단계에서 개발 및 “수경재배자동화공정라인”으로 특허 등록한 이식정식로봇의 경우, 그림과 같이 다수의 재배 베드를 다룰 수 있도록 디자인 되어 있다. 본 과제의 컨테이너팜 자동화의 경우에도 다수의 재배판이 지속적으로 순환 사용이 되도록 구성되었음
- 해당 시스템은 육묘장 및 재배 베드에 동적구조로 확장적용될 수 있는데, 그것이 로보게이트가 특허출원한 “컨테이너 박스와 로봇을 이용한 작물재배 자동화 시스템” 내용임.



[그림 2-1219] 다수의 재배베드의 자동공급을 통한 이/정식 로봇 시스템, 로보게이트

- 로보게이트는 수경재배 공정 자동화 연구를 수행하면서, 자동화에 의한 작업자의 노동력 최소화에 무게중심을 두었고 적용이 쉽고, 값싼 솔루션을 연구하였다. 그 과정을 통해 완전 자동화에 적용할 수 있는 동적 재배베드 방식을 고안하였으며, “컨테이너 박스와 로봇을 이용한 작물재배 자동화 시스템”에 대한 신규 특허출원을 하였음. (대한민국 특허출원 10-2021-0052932)



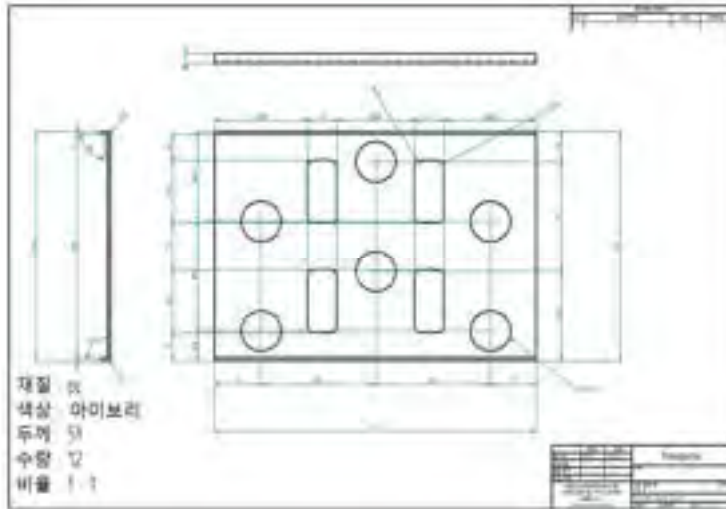
[그림 2-1220] D CAD 작업에 의한 이/정식 로봇 시스템의 수정 진행, 로보게이트

- 이미 “수경재배자동화공정라인”으로 특허 등록된 이식정식로봇의 경우, 기존의 스폰지 타입으로 작물이 공급되는 형식이였다. 그러나 이 방식은 자동화에 장애요인으로 검증이 되어서, 현재의 포트 공급방식으로 수정 제작되었다. 3D CAD 작업은 SIEMENS사의 Solid Edge를 사용하여 작업하였고, 각 부품의 구성, 조립성을 검토하는데 적용하였음
- 작물을 재배할 포트, 베드 및 이송기술, 이식/정식 공정에 대한 검토 및 대체안 개발
 - 스마트 팜 자동화 기술은 작업자의 이동에 의해 작업을 하는 것이 아니라, 재배 작물이 스스로 이동할 수 있는 구조를 만드는 데 목적이 있음. 따라서, 각 공정간의 이송은 로봇팔 및 AGV 또는 Lift, Conveyor System 등의 물류자동화 솔루션을 이용하여 구성함.



[그림 2-1221] 포트, 베드, 포트 그리퍼 기본구조 설계 - 로보게이트

- 수경재배 전 공정의 자동화 구현을 위해 컨테이너 구조를 활용하고, 파종부터 수확까지 이식/정식, 입반출 공정용 로봇 엔드이펙터의 개념설계 및 확장형 컨테이너팜에서의 각 컨테이너 공정 간의 연계방안을 연구 개발함.
- 업체류. 표준형 평판형 재배베드 사용
 - 스마트팜 자동화 도구의 제작 /재배 베드 표준화
 - 첫번째 재배 베드의 구현 방식으로는, 전통적인 방법에 가까운 평판형 6구 사각구조 적용.



[그림 2-1222] 6구형 평판형 사각 재배베드 디자인, 로보게이트

- 기본 원칙 : 작업자의 움직임에 의한 작업이 아니라, 작물의 자동이송에 의한 작업으로 생산성 극대화 인건비 절감 달성.
- 개별작물 단위 : 현재 사용하는 스폰지 등의 방식을 지양하고, 작물의 생육에 장애가 없는 구조설계와 로봇 그리퍼가 정확한 파지 및 정위치 이송이 가능한 작물 1개의 컨테이너를 개발함.
- 작물의 집합 단위의 통일 : 지금까지 조사한 결과, 육묘판, 이식판, 정식판 등의 규격의 표준화가 이루어지지 않고 있으며, 이는 자동화의 장애요소임. 일관된 작업을 위해서는 로봇이 관리하기 쉬운 단위로 통일하고, 표준화를 함. 현재 육묘판으로 사용하는 기준인 300 x 600 규격 적용.
- 이동형 재배베드 적용 - 두 번째 방식으로는 특수한 이동식 베드를 이용하여 주기적으로 양액을 공급하고, 육묘랙 상에 위치한 컨베이어벨트와 로봇팔에 의해 자동으로 간격을 조절하도록 구성함.



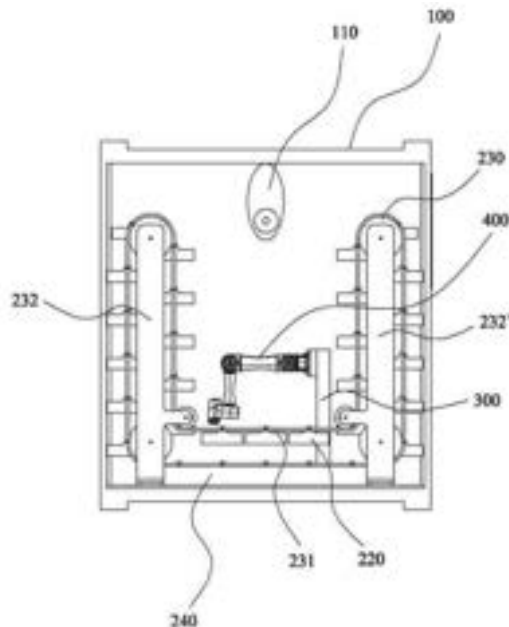
[그림 2-1223] 스마트팜 자동화 공정에 사용될 이동형 작물재배 베드 및 그리퍼 설계, 로보게이트

- 스마트팜 자동화를 위한 재배 베드는 이동간 양액 공급과 배수가 가능한 구조이며, 로봇이 다루기 쉬운 구조를 가지도록 설계하였고, 청소용 로봇 엔드이펙터에 의해 청소가 용이하게 설계가 됨. 각 이동형 재배베드는 4구, 6구, 8구 등의 작물 포트(pot)를 포함함.
- 스마트팜 자동화를 위한 로봇 그리퍼는 개별 포트와 베드의 이송을 가능하도록 이중 구조로 설계되었으며, 이를 통해 수시 이정식이 가능하도록 구현하였다.



[그림 2-1224] 스마트팜 자동화를 위한 재배베드 및 포트 이중 작업용 그리퍼 설계, 로보게이트

- 1차년도에 완성된 공정 내용과 선택, 설계된 엔드이펙터 기술에 대해 업체류 대상 시제품을 제작하고, 본 로봇팔 시스템을 결합하여 업체류 실증과정을 수행함.
 - 엔드이펙터는 재배판을 이송하기 위해 들어 올리거나 개별 재배작물 단위를 파지할 수 있도록 구현함. 한 대의 로봇팔은 한 세트의 엔드이펙터를 운용하므로 다수의 로봇을 사용할 필요도 있음.
 - 이정식기능을 갖는 순환식 자동화 재배베드 - 세 번째 방식은 이정식이 육묘장 내에서 수시로 이루어질 수 있도록 서로 다른 간격의 회전식 베드시스템을 구성하고 각 베드 시스템간을 협동로봇이 레일시스템을 통해 이동하면서 이/정식을 수시로 수행할 수 있는 방안을 연구하고 특허를 출원함.
- 재배베드의 순환 및 이정식 자동화에 대한 특허출원 내용



[그림 2-1225] 로보게이트 특허출원 “컨테이너 박스와 로봇을 이용한 작물재배 자동화 시스템”

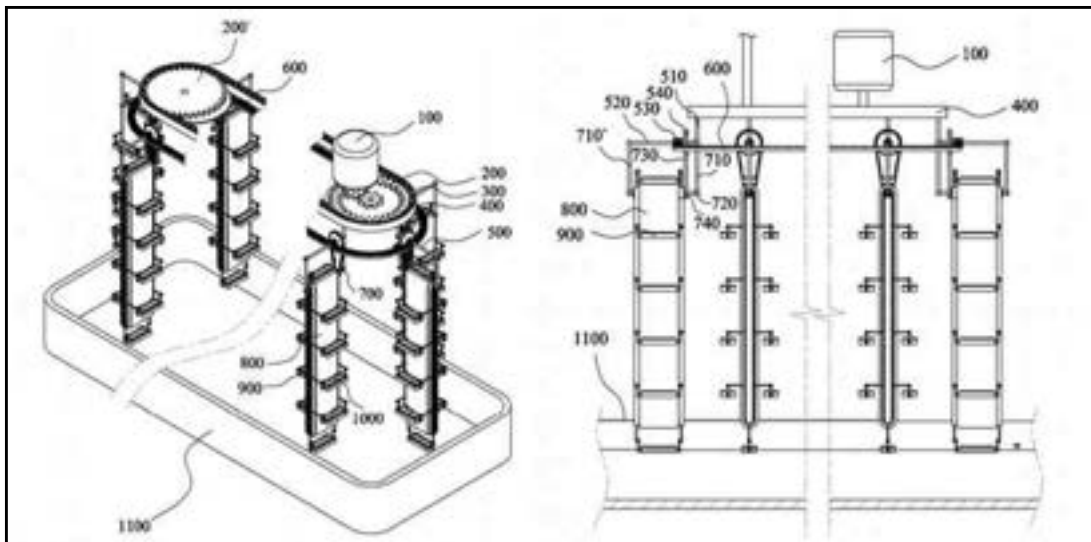
- 공정의 무인 자동화를 위해 순환형 재배 베드 자동이송 시스템을 개발, 로봇 엔드이펙터 및 6 DOF 협동 로봇에 적용하여 특허 출원함. (특허출원 10-2021-0052932 : 컨테이너 박스와 로봇을 이용한 작물재배 자동화 시스템)
- 위 구조는 발아실 적용에도 적합하다고 판단되며, 수시로 비전 카메라에 의해 작물의 상태를 모니터링

하고, 제거 또는 선별 반출이 가능하며, 역시 재배력으로 활용시 실시간 이정식을 수행할 수 있으며, 사용자의 작업반경을 최소화 할 수 있다는 장점이 있음.

- 재배, 이/정식에 대한 새로운 방안: 시간에 따라 간격을 자동으로 조절하는 가변형 베드의 개발 연구를 수행했으며, 이를 통하면 별도의 이/정식 공정이 필요없음.

○ 로봇 적용 개발을 위한 재배 베드 자동이송 시스템 개발

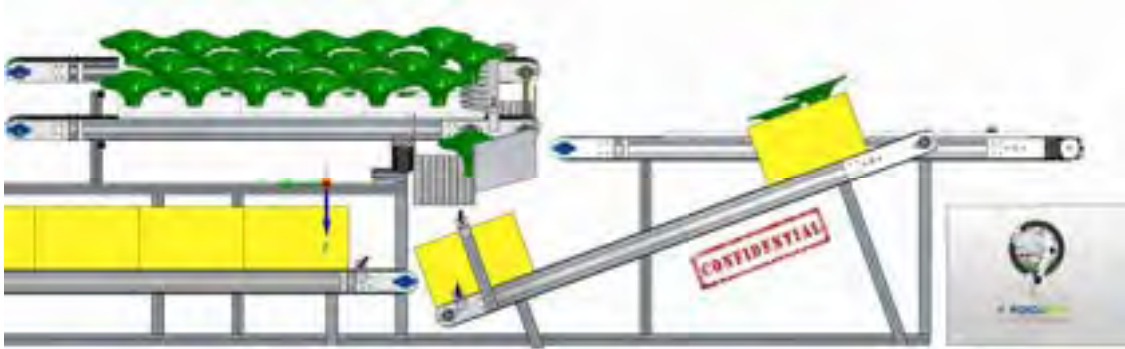
- 로보게이트는 선형연구과정(2018~2020년) 에서 “수경재배자동화공정라인”을 특허등록 (제10-2146069호) 하였으며, 로보게이트의 기반기술 특허인 “수경재배자동화공정라인”을 수정한 회전형 재배 베드 장치 등에 적용이 가능한 재배 베드 자동이송 시스템을 개발, 로봇 엔드이펙터 및 6 DOF 협동 로봇에 적용하여 실증 예정임.



[그림 2-1226] 로보게이트(ROBOGATES)사의 특허 등록된 수경재배자동화공정라인

- 로보게이트사의 “수경재배자동화공정라인” 특허의 특징은 자원 및 공간의 경제성을 극대화한 수경재배 자동화 시스템이라고 할 수 있으며, 작업자인 스마트팜 농부의 노동량을 최소화하고, 필요에 따라 작물을 이송하여 작물의 상태를 가까이서 점검할 수도 있으며, 3차원 공간을 최대한 활용한 점에 있음.
- 로보게이트사의 특허받은 “수경재배자동화공정라인”은 자연광을 이용함을 포함하고 있으며, 이때 작물 개체의 생육환경이 균일되는 환경 조건을 만들어 줄 수 있음.
- 로보게이트사의 “수경재배자동화공정라인”은 저전력소모 다단순환형 시스템으로 기존의 수직농법 (vertical farming)에 있어서 작업자의 작물예의 접근성을 대폭 개선한 점에 장점이 있다.
- 이 자동화공정라인 시스템의 시작과 끝은 해당 베드의 삽입과 제거가 필요하며, 이에 따라 추가적인 로봇의 적용이 필요하고, 이 내용은 6축 다관절 협동로봇(Cobot)과 자율주행 로봇(AGV)에 의한 개발 연구로 진행함.
- 추가로 위에 검토한 독립 이동형 재배베드를 아래 그림과 같은 자동 간격조정 이송형 재배베드에 로봇팔을 통해 투입하고, 일정한 재배기간이 지난 후 반출을 역시 로봇팔이 수행하는 모델을 3D CAD 작업으로 작성, 구현하였음.
- 이때 각 층 마다의 현황을 자율 감시할 수 있도록 자율이송 카메라를 통해 주기적 관찰을 수행할 수 있도록 구성함.
- 수확: 상태를 검토하고 수확을 수행하는데, 이때에는 이동형 재배베드를 육묘장에서 모바일 로봇으로 반출하고, 모바일 로봇은 수확 작물의 분류 포장실로 이송을 해주게 된다.

- 업체류 수확 자동화 개발 및 과채류 자동 분류 수확 포장 로봇 시스템 개발
 - 재배베드에서 베드단위를 컨베이어 벨트시스템에 의해 이송 전달하는데로, 자동커팅 및 포장까지 수행하도록 자동화 설비를 구성함.
 - 본 시스템의 장점으로서는 별도의 노동력이 요하지 않고, 세척공정을 삽입하면, 바로 포장까지 가능하며, 자동 바코드 발행 시스템에 의해 생산/출고관리까지 가능하다는 것임.
 - 작물이 제거된 재배베드는 컨베이어 시스템에 의해 이송 후 모바일 로봇에 의해 세척/살균실로 이송됨



[그림 2-1227] 업체류 자동 수확 포장기 개발 연구 내용

- 기존의 과채류 분류시스템은 공간이 상당히 많이 소요된다는 단점이 검토됨. 따라서, 컨테이너팜에서 일정량이 생산되는 경우, 적은 공간에서 분류 작업이 자동화 되어야 노동력을 절감할 수 있음
- 로봇팔과 비전시스템을 이용하면 무게에 따라, 표면의 상태에 따라 분류 작업이 용이함
- 로보게이트가 개발한 단위측정을 통한 자동 입출고 시스템을 적용할 경우, 수확 단계에서 바로 수량 정보가 생산관리 시스템 중앙서버에 기록되고, 관리자는 손쉽게 수량을 파악할 수 있음
- 상품자동선별로봇/ Sorting Automation 및 재고/출하 관리 무게 등록 자동화 솔루션



[그림 2-1228] 계량형 상품 자동 선별 포장 및 자동 입출고 시스템

- 세척/살균: 수확이 종료된 후, 재배베드와 포트는 가능한 자동세척기에 의해 세척 후 살균실에 일정시간 살균을 수행하여, 공정에 재투입될 준비를 마치게 됨



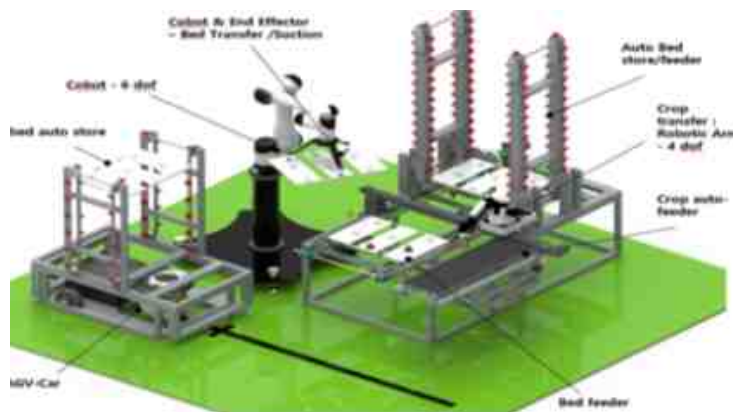
[그림 2-1229] 재배베드 자동세척 로봇 시스템, 로보게이트

- 세척공정은 로봇팔의 파지에 의해 베드를 세척기에 투입하는 공정으로 구성하는 것이 기본이며, 양팔로봇으로 구현하여 개별 베드 공급장치에 의해 개별 베드 (입체형)의 경우 꼼꼼한 세척을 위해서 그림과 같은 청소로봇을 구현함.

□ 식물공장 자동화 공정 연계 기술연구(Transplanting System, Mobile Robot, Robotic Arm, AGV, Sorting Robot, End Effector)

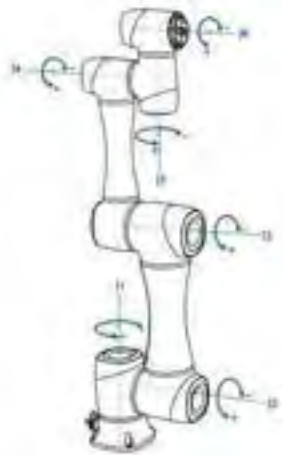
○ 파종~수확, 포장, 입출고 전과정의 개별 공정들의 무인화 연계방안

- 각 공정들의 연계의 기본 구조는 고정된 협동로봇 또는 이동형 모바일 로봇팔을 이용한 상호 통신을 통해서 진행됨.



[그림 2-1230] 각 모듈간 자동 연계 시스템 개념설계 작업, 로보게이트

- 시스템은 기본적으로 회전식 재배베드와 컨베이어벨트시스템 또는 다단 회전식 거치대를 갖는 이형식 로봇과 6 자유도(dof)를 갖는 고정형 협동로봇 또는 AGV 탑재형으로 개발한 기동형 모바일 로봇, 거치대를 갖는 AGV, 자율주행 카트로 구성됨.



Brand	CRS	
Weight(kg)	23kg	
Payload(kg)	5kg	
Reach(mm)	900mm	
Repeatability	±0.03mm	
Max. tool speed	3m/s	
Joint moving range	J1	±360
	J2	±360
	J3	±160
	J4	±360
	J5	±360
	J6	±360

[그림 2-1231] 시스템 개발에 적용된 협동로봇 사양표, 로보게이트

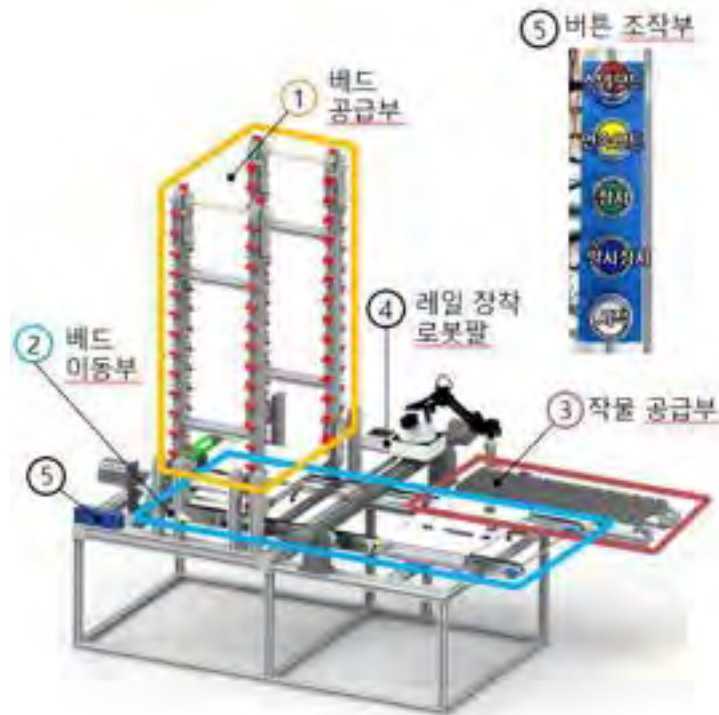
- 베드를 입반출, 이송하는 기본 솔루션으로 개발된 로보게이트의 AGV, 자율주행 카트는 기본적으로 두 개의 구동바퀴를 갖는 구조와 한개의 조향 구동형 바퀴를 갖는 구조로 개발됨.
- 적재하중은 200 Kg을 목표로 하여 하루 8시간의 무충전 기동을 목표로 개발되었으며, 로봇간 통신, 수평회전식 다단거치대를 갖는 구조로 개발이 됨.
- 주행/조향일체형 모델의 경우, 스마트팜 재배환경의 좋지않은 노면상태에서 성능을 확보하기 위해 개발되었으며, 선택사양으로 채택 가능함.



[그림 2-1232] 추가 시스템 개발에 적용중인 새로운 SWD AGV 사양표, 로보게이트

- 이식/정식로봇, 모바일로봇, 협동로봇의 적용을 통해 Robotic Arm 과 AGV의 혼용을 통한 적용이 간편한 저가형 스마트팜 자동화 연계 시스템 운용 방안 개발.

- 1차로 기존 사용 중인 스폰지 형태의 작물 구조를 갖는 이정식 로봇을 통해 시험을 진행하였음. 자동정식로봇을 이용해 작물을 자동으로 정식할 때에 걸리는 시간, 한 주기당 정식 가능한 화분 수 등의 사양 및 성능을 확인하기 위해 진행함.
- 먼저 베드 공급부에는 베드를 총 13개 세팅해둘 수 있으며, 동작하는 중에 위쪽 입구를 통해 공급부에게 베드를 추가로 공급해줄 수도 있다. 세팅 및 추가 공급은 현재 사람이 직접 하게 되어 있으나, 역시 추가 자동화 구축으로 가능함.
- 작물 공급부에는 작물을 총 78개 세팅해둘 수 있으며, 작물 공급부의 각 한 줄당 작물이 6개 세팅되며, 모두 13줄임.



[그림 2-1233] 이정식 로봇 각부의 명칭, 로보게이트

○ 각 파트별 모터 종류와 구동 속도

- ① 베드 공급부 : NEMA 34 사용, 30mm/s로 구동
- ② 베드 이동부 : NEMA 23 사용, 100mm/s로 구동
- ③ 작물 공급부 : NEMA 17 사용, 66mm/s로 구동
- ④ Dobot Magician : 직선 속도 400mm/s, 가속도 500mm/

□ 이정식로봇 동작 시험 결과

○ 전체 공정 속도 분석;

- 재배 베드(6구) 개당 속도 : 한 베드(작물 6개)를 작업하는 데에 약 1분 27초가 소요.
- 1회 충전 시 : 1회 베드 충전, 즉 13개의 베드 작업을 연속으로 작업하는 데에 약 18분 51초가 소요. (테스트 속도이며, 작업속도는 보다 빠르게 진행 예정임)

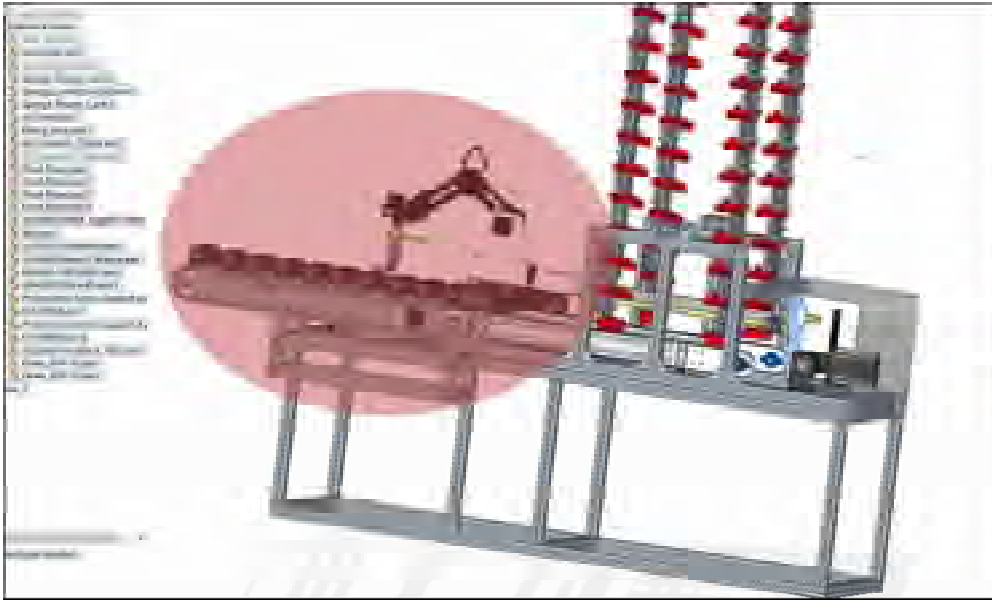
□ 새로운 작물 포트 공급방식을 적용한 이/정식 로봇의 수정개발

○ 기존 이정식 로봇 문제점 분석 :

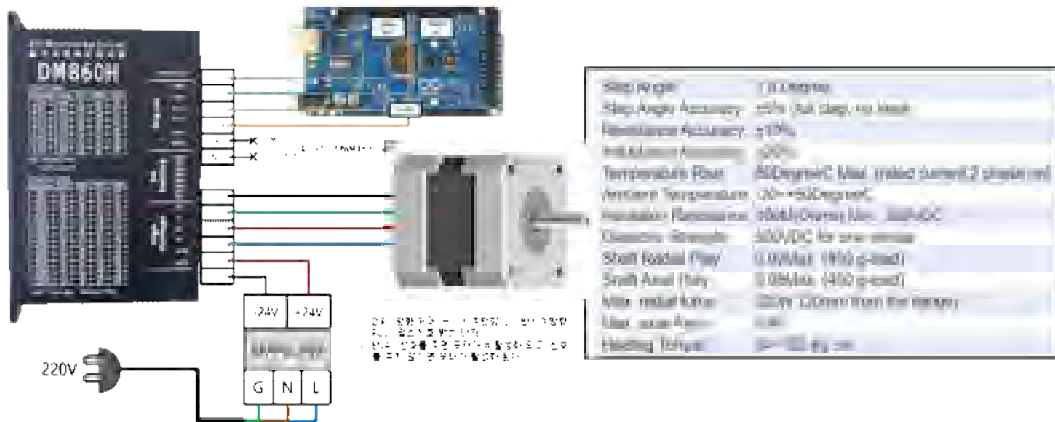
- 스폰지 형태의 작물을 로봇이 다루기 어려움. 원인으로 일정한 형태 유지가 어렵고, 위치의 정확도를

확보하기 어려움.

- 수정 개선 진행 : 포트-베드 방식을 채택하여, 로봇에 의한 이송이 용이하도록 개선함. 또한 모바일로봇과 AGV에 의해서 이정식로봇과 사이에 이송이 용이하도록 시험함.



[그림 2-1234] 3D CAD 작업에 의한 이/정식 로봇 시스템의 수정 보완 후, 로보게이트



[그림 2-1235] 협동로봇 컨트롤러 개발, 로보게이트

- 이식/정식로봇, 모바일로봇, 협동로봇의 적용을 통해 Robotic Arm 과 AGV의 혼용을 통한 적용이 간편한 저가형 스마트팜 자동화 연계 시스템 추가 구현.
- 이동형 재배베드 자가 운반을 위한 스마트팜 전용 모바일 로봇의 개발 (스마트팜 전용 AGV 4차년 개발 제품을 기반으로 개발)
- AGV 운용의 단점
 - 자동화를 위해서는 추가로 로봇팔을 고정하여 운용해야 함. 여러대의 로봇이 필요함.
- 수정 개선 진행
 - 협동로봇이 탑재된 자율주행 모바일 로봇을 구현하고, 수정된 이정식 로봇과의 연계를 개발.
 - 6축 협동 로봇 및 엔드이펙터의 제어를 위한 컨트롤러 시스템을 개발함.
 - 통합관제시스템과 연계를 위한 제어모듈 개발

- 관리자가 작업로봇의 엔드이펙터를 교체하거나, 고장시 조치를 위한 방안 수립.
- 스마트팜 전용 AGV의 개발을 통해, 상부에 회전식 거치대를 고안하여 협동로봇이 이정식로봇등과 평판형 재배베드의 이송이 용이하도록 개발함.



주행 시스템	마그네틱발식과 RFID
무게	100kg
동작속도	최대 0.9m/s
외형 재질	스틸
배터리	DC24, 30Ah LiFePo
장애물 회피	초음파 센서, 범퍼 센서
위치 정확도	+/-5mm
최대적재하중	200kg
컨트롤 방식	앱 제작 및 수정, 스크립트, task chain, API etc
외형 수치	L880mmxW560mmxH212M

[그림 2-1236] 이정식 로봇 연계 스마트팜 AGV, 로보게이트



[그림 2-1237] 이정식 로봇 연계 스마트팜 AGV 내부구조, 로보게이트

○ 스마트팜 공정연계를 위한 자율주행 기능개발 내용

- 개발한 AGV를 통해 신규 제품을 개선개발하면서 라인트레이싱 기능개발을 병행함.

(가) 마그네틱 라인 트레이싱 테스트

- IR 센서를 사용한 AGV 라인트레이싱 테스트를 진행하였다. 부드러운 주행의 라인트레이싱을 위해 pid 제어를 사용하였다. 테스트에 사용한 ir 센서는 8채널 ir 센서로, 각 센서가 인식 한 값이 아날로그 값으로

나와 프로그램 상에서 기준 값을 정해 검정색 감지 여부를 판단한다.

- 마그네틱 가이드 센서 테스트 : 마그네틱 센서는 12V~24V를 인가해야 하여 현재 AGV에 부착된 배터리의 전압 24V 에 컨버터를 사용하여 전압을 낮춘 뒤 전압을 인가하여 테스트하였다.

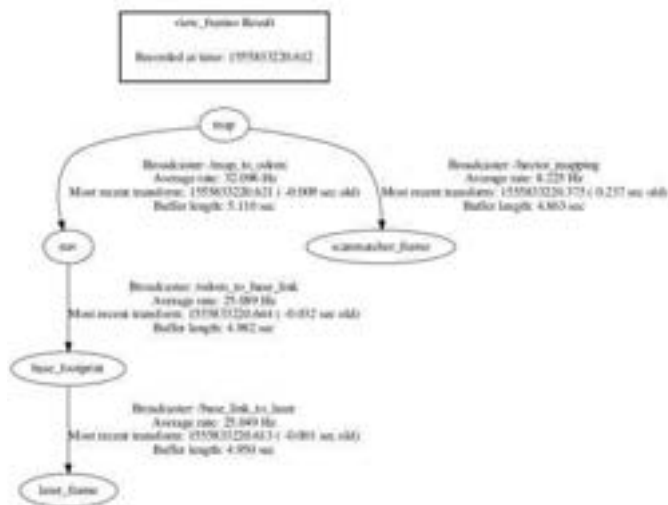
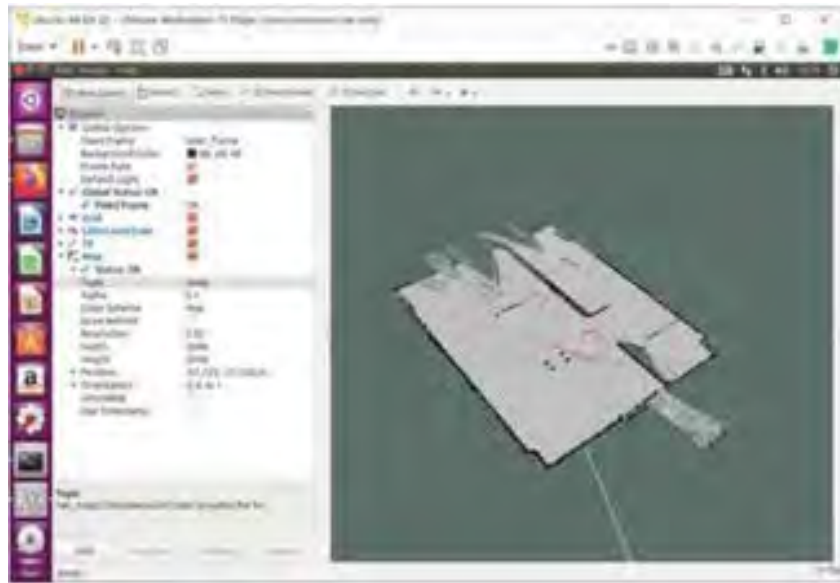


(나) ROS SLAM 구현 개발

- ydlidar x2를 사용한 ROS의 Hector Mapping
- 테스트 환경 Ubuntu 16.05, Kinetic 버전 ROS
- roslaunch ydlidar_ros_driver lidar_view.launch 명령어를 이용하여 RVIZ를 실행하여 레이저 스캔 데이터 시각화 수행
- RVIZ 실행시킨 후 새로운 터미널을 열고 rosrn tf view_frames 명령어를 입력하면 frames.pdf가 생성된다.
- 맵의 시각화를 위한 론치파일



[그림 2-1238] 스마트팜 공정연계 자율주행 개발, RVIZ 레이저 데이터



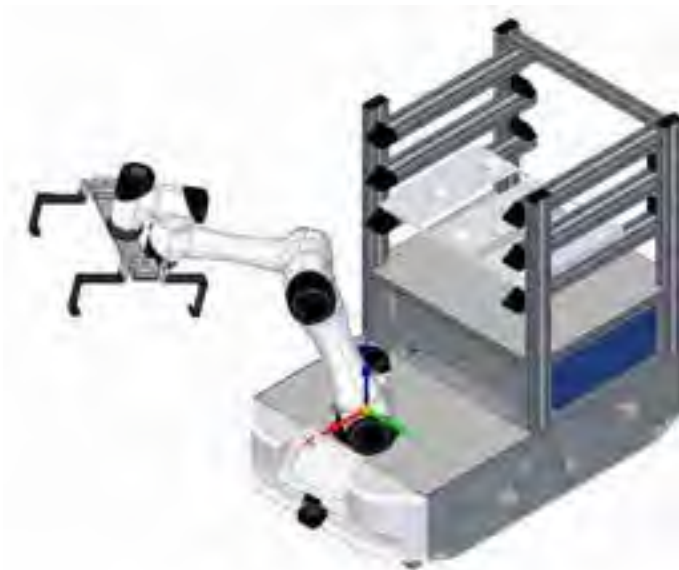
[그림 2-1239] 맵의 시각화 테스트

- 이동형 재배베드 적치 적용 스마트팜 모바일로봇 개발, 시제품 제작
 - 이동형 재배베드를 자가 적치/이송/하역 기능이 있는 모바일 로봇의 개발을 진행함.



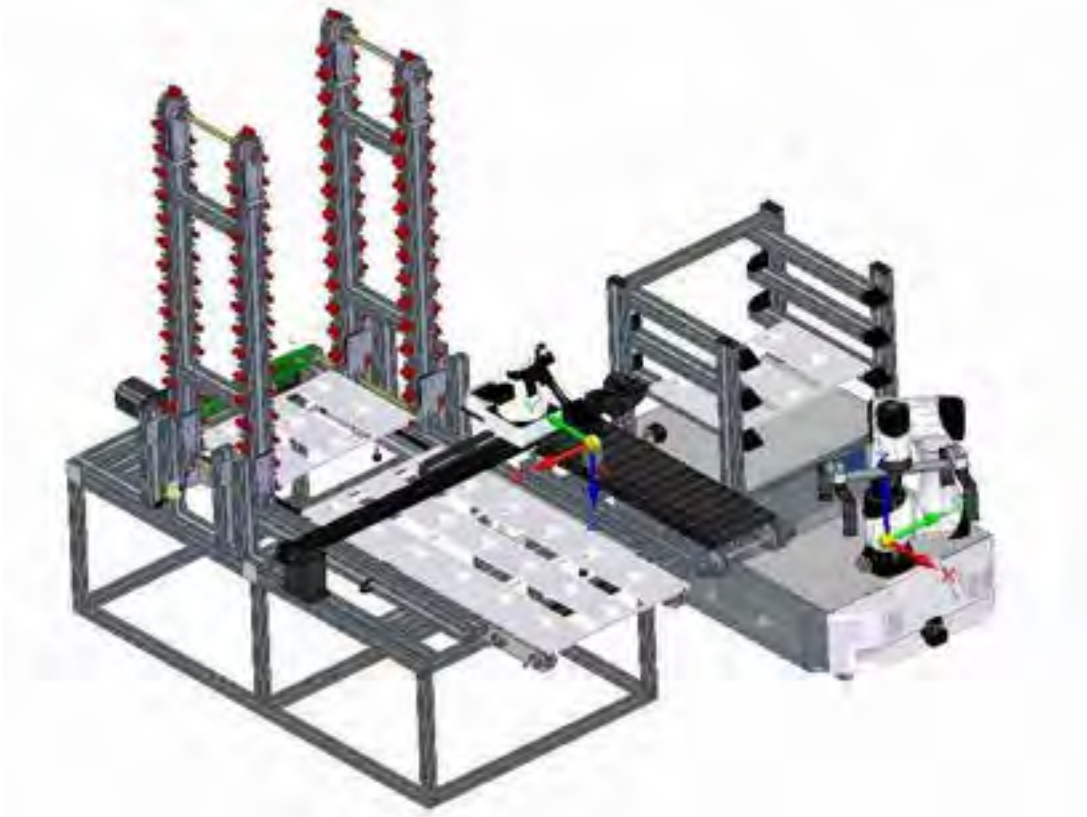
[그림 2-1240] 모바일 로봇과 3D 디자인 및 시제품 전시회 참가, 로보게이트

- 구동부 : 650W기어드 BLDC모터로 200kg의 적재물 탑재시에도 무리없는 주행가능, 배터리는 인산철배터리로 용량은 100AH 이상 탑재로 하루 8시간 이상 동작 설계, 주행 시 라이다 센서로 장애물 탐지 및 안전 대책 수립, 추가로 마그네틱라인으로 정확한 경로 추종 및 좁은 공간에서도 주변환경과 충돌 없는 임무 수행
- 로봇팔 : 기본 가반하중 5kg. 카메라는 신개념 인텔의 라이다 센서로 정확한 물체의 크기와 색깔 판별과 주변환경에 구애받지않는(어두운 환경)작업.



1. 배터리 종류와 용량 : LifePo4 24V 80AH
2. 적재 중량 (로봇과 상판 구조물 포함) : 200kg
3. 구동체계 : DC 24V Geared Motor 150W X 2
4. 컨트롤 유닛 : Atmel + Cortex A72
5. 센서 유닛 : 12ch Magnetic guide sensor + RFID + Lidar
6. 주행 방식 : 마그네틱 라인 트레이싱과 RFID 위치 인식, 레이저 센서 기반 충돌 감지 및 회피
7. 자동충전 기능을 위한 충전 및 에어 컴프레서 장착과
8. 구동시간 : 주행+로봇+그리퍼 작동 시 1~2시간
파킹 후 로봇만 작동 시 : 4.7시간

[그림 2-1241] 각 모듈간 연계 시스템 - 모바일 로봇 사양, 평판 재배베드, 로보게이트



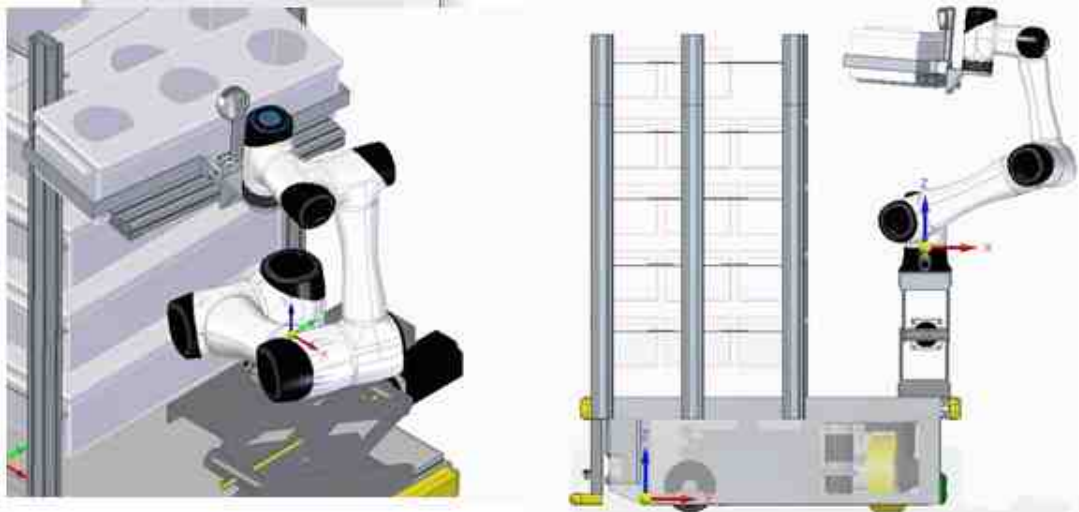
[그림 2-1242] 각 모듈간 연계 시스템 3D CAD 설계작업, 모바일 로봇과 이정식 로봇, 로보게이트

- 모바일 로봇에 의해 이송이 용이한 구조의 이동형 베드의 적용
 - 판형 재배베드 운용의 단점 : 이동이 용이하지 않고, 항상 고정된 넓은 공간의 재배공간이 필요함.



[그림 2-1243] 각 모듈간 연계 시스템 3D CAD 설계작업, 모바일 로봇과 이정식 로봇 2, 로보게이트

- 수정 개선 진행 : 베드에 양액을 일정시간 저장이 가능한채로 이동이 가능한 구조의 베드
- 산출물 : 3D CAD 작업수행 및 시제품 제작 진행.



[그림 2-1244] 모바일 로봇과 이동형 재배베드 이송, 로보게이트

○ 회전식 자동 거치대를 갖는 스마트팜 전용 자율주행 카트 AGV 개발

- 장점 : 가볍고 다양한 형태의 물류이송 자동화에 적용이 가능함. 적치랙이 다단으로 구성이 되어 있으나, 협동로봇이 랙에 베드를 적치하기 용이하도록 회전식 거치대를 개발 구현함. 많은 물건을 배송하는데 적합함.
- 단점 : 모바일로봇의 경우 협동로봇이 탑재되어 있어 이동간 상하차 작업이 가능하나, 독립적으로 상하차는 불가능함. 각 상하차 지점마다 로봇팔을 추가로 배치하여야 함.
- 사용 시간 : 권장 사용시간 하루 8시간 (자동 충전가능)

[회전식 자동거치대형 AGV]



주행시스템	마그네틱 라인 + RFID
무게	100kg
동작속도	최대 0.9m/s
외형 재질	스틸
배터리	DC24V 30Ah (LiFePO4)
장애물 감지	초음파 센서
위치 정확도	±5mm
최대적재하중	200kg
조작 방식	웹 제작 및 수정, Script, Task chain, API etc.
외형 치수	890(L)×560(W)×210(H) [mm]
구동 시간	주행+거치대 구동 시 약 20시간 (12분 가동 시 배터리 약 1% 소모)

[그림 2-1245] 회전식 자동거치대형 스마트팜 전용 AGV, 로보게이트

3.4.2. 식물공장 자동화 라인 테스트 베드 적용

(1) 개요

□ 식물공장 자동화 라인 시제품 제작, 테스트베드 적용

(가) 식물공장 자동화라인 시제품 제작 / 특허등록

- 업체, 과제, 근채류 대상 식물공장 자동화 라인 상품화 전략 수립
- 업체류 이식정식 공정 자동화 연계 라인 자체 시제품 제작
- 특허출원, 등록

(나) 식물공장 자동화라인 테스트베드 적용/테스트

- 업체류 이식정식 공정 자동화 자동 연계 테스트 베드 적용/테스트
- 과제류 수확 자동선별기 시제품 제작/테스트

□ 식물공장 자동화 라인 공급/설치 방안

(가) 식물공장 자동화 라인 구성

- 식물공장 자동화 라인 기본 모듈 구성 솔루션.

(나) 식물공장 자동화 라인 공급/설치

- 식물공장 자동화 라인 공급/설치 추진 방안

(2) 접근방법

□ 주요 분석방법 등

- 요구기능별 요소기술 검토, 3D 설계, 3D 시뮬레이션에 의한 시험, 구동 테스트
- SLAM, Line Tracing, Vision, IR sensor, ultrasonic sensor 등 ROS SW(Linux base)에 의한 센서-SW-HW 시스템 테스트 진행

□ 주요 대상 공정 등

- 수경재배 자동화 전 공정 및 연계성 검토
- 파종 ~ 수확/포장 단계 공정분석 검토 및 자동화 연계 기술개발.

□ 주요 산출물 등

- 3D CAD설계도면, 시제품 제작, 테스트베드 구현, 사용자 매뉴얼
- 시제품 제작을 위한 설계도면 및 시제품, 그리고 시제품의 상호운영을 통한 테스트 베드 적용 및 사용자 적용방안에 대한 내용

(3) 연구내용

□ 식물공장 자동화 라인 시제품 제작, 테스트 베드 적용

(가) 식물공장 자동화라인 시제품 제작

- 업체, 과제, 근채류 대상 식물공장 자동화 라인 상품화 전략 수립
- 업체, 과제, 근채류 대상 식물공장 자동화 라인 상품화 전략에 대해 연구함. 결과물로서 3D CAD 도면을 통해 구성하고, 제작/설치 방안에 대해 검토함.

(나) 식물공장 자동화라인 테스트베드 적용/테스트

- 업체류 이식정식 공정 자동화 자동 연계 테스트 베드 적용/테스트

- 엽채류 이식정식 공정 자동화 자동 연계 테스트 베드 설계
- 엽채류 이식정식 공정 자동화 자동 연계 테스트 베드 설치 테스트
- 과채류 수확 자동선별기 시제품 제작/테스트
 - 과채류 자동선별 공정 자동화 설계
 - 과채류 자동선별 공정 자동화 테스트 베드 설치 테스트

□ 식물공장 자동화 라인 공급/설치 방안

(가) 식물공장 자동화 라인 구성

- 식물공장 자동화 라인 기본 모듈 구성 솔루션.
 - 이정식 로봇
 - 스마트팜 모바일 로봇
 - 스마트팜 AGV

(나) 식물공장 자동화 라인 공급/설치

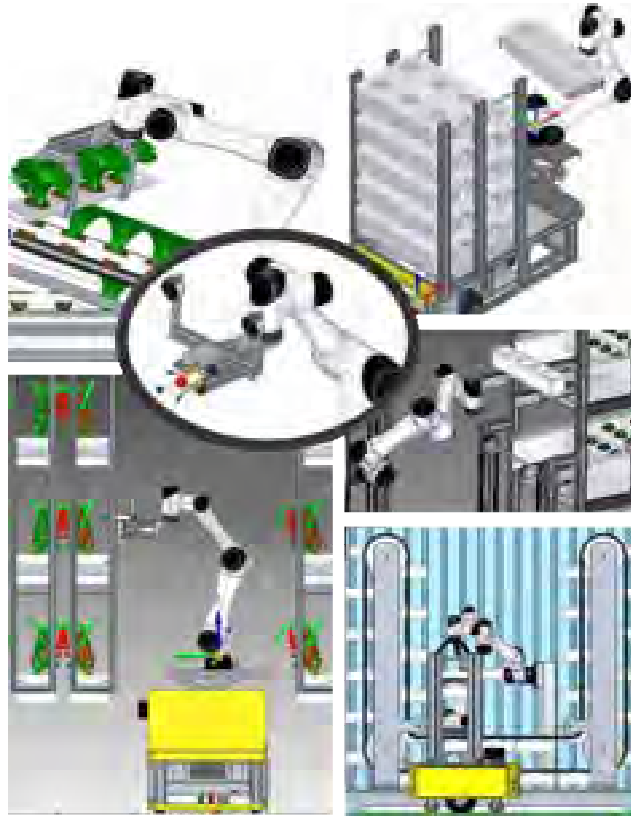
- 식물공장 자동화 라인 공급/설치 추진 방안
 - 이정식 로봇
 - 스마트팜 모바일 로봇
 - 스마트팜 AGV

(4) 연구결과

□ 식물공장 자동화 라인 시제품 제작, 테스트 베드 적용

(가) 식물공장 자동화라인 시제품 제작, 특허등록

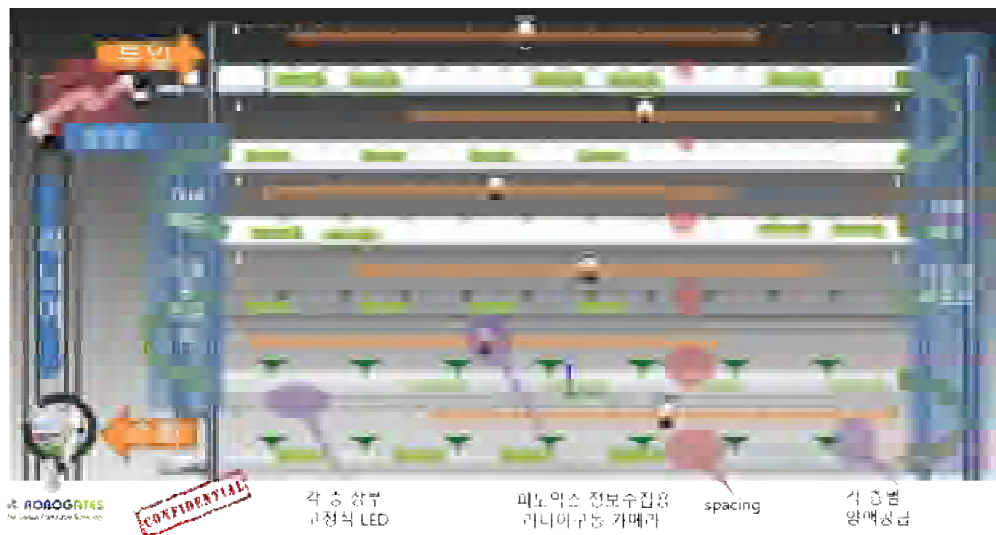
- 엽채, 과채, 근채류 대상 식물공장 자동화 라인 상품화 라인
 - 엽채, 과채, 근채류 대상 식물공장 자동화 라인 상품화 전략에 대해 연구함. 엽채류에 대해서는 전공정에 대해 적용방안을 개발하였으며, 과채, 근채류에 변경적용이 용이하도록 구현함.
 - 과채류의 경우, 유연 그리퍼를 적용한 수확과 분류/포장 공정을 개발하였으며, 근채류의 경우는 대부분 엽채류와 유사한 적용이 가능하였다. 다만, 판형 재배베드와 독립이동형 재배베드의 운용에 대해 두가지를 연구함으로써 현장 적용성을 높였음
 - 결과물로서 3D CAD 도면을 통해 구성하고, 제작/설치 방안에 대해 검토함.



[그림 2-1246] 각 작물별 식물공장 자동화라인 도입전략 로보게이트

○ 엽채류 이동형 재배베드 자동간극조절 시스템 연구

- 추가로 위에 검토한 독립 이동형 재배베드를 아래 그림과 같은 자동 간격조정 이송형 재배베드에 로봇팔을 통해 투입하고, 일정한 재재기간이 지난 후 반출을 역시 로봇팔이 수행하는 모델을 3D CAD 작업으로 작성, 구현하였음.
- 이때 각 층 마다의 현황을 자율 감시할 수 있도록 자율이송 카메라를 통해 주기적 관찰을 수행할 수 있도록 구성함.



[그림 2-1247] 엽채류 자동 간극조절형 재배시스템 연구, 로보게이트

➤ 엽채류 라인 무게 계산



- 한라인 컨베이어의 엽채류 Bed 50개
- 엽채류 bed무게 개당 5Kg
- 총 무게: 50*5 = 250Kg

➤ 엽채류 모터 구동 방식

- 구동방식 : 체인 (벨트) 컨베이어



[그림 2-1248] 엽채류 자동 간극조절형 재배시스템 개발, 로보게이트

○ 과채류 대상 공정분석 및 자동간격 조정 및 수확 기능의 재배시스템을 설계함.

- 과채류의 특징은 재배베드를 이동형으로 구현하여 숙성한 과일을 수확할 수 있는 시스템을 설계하였고, 컨테이너팜을 이용한 모듈화 다단 자동간격조정식 재배시스템을 구현하였음.
- 과채류는 파종과 수확을 중심으로 개발 진행함. 엔드이펙터를 수확용으로 개발하고, 과채류의 성장 범위에 따른 로봇의 활동범위를 구현함.
- 과채류 수확로봇팔의 개발은 엽채류와 다른 공정이 필요하지만, 역시 레일시스템과 로봇팔구조를 적용하고 비전 등 객체인식 기술을 위주로 개발 진행함.

과채류 시스템 모터 선정

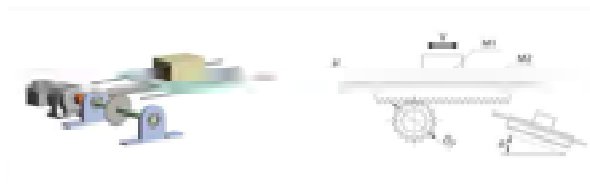
➤ 과채류 라인 무게 계산



- 한 라인 과채류 Bed 54*3 = 162개
- 과채류 bed무게 개당 2Kg
- 프로파일, led 빛 기타 부품 120Kg
- 총 무게: 162*2 + 100 = 424 Kg

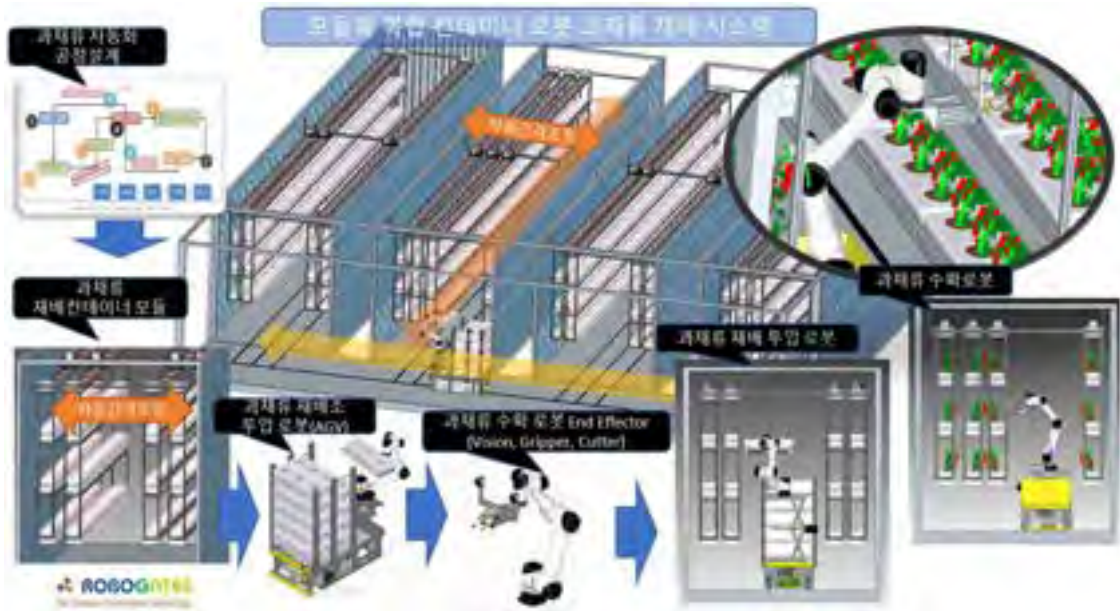
➤ 과채류 모터 구동 방식

- 구동방식 : 랙 & 피니언
- 가이드 : 롤러 방식



[그림 2-1249] 과채류 재배시스템 개발, 로보게이트

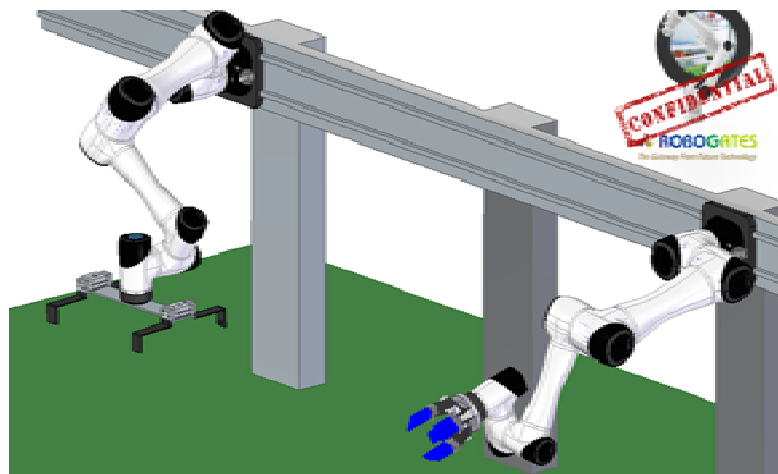
- 과채류의 재배 시스템은 엽채류와는 다르게 4개의 상부에 고정된 이동식 재배베드 랙사이클을 기동하는 로봇에 의해 재배 시스템에 투입되고, 다 자란 작물의 상태를 역시 수확로봇에 의해 개별 수확 또는 재배베드 단위 집단 수확이 가능하게 구성할 예정임
- 이때 수확로봇의 엔드 이펙터에는 분리된 구조의 센서를 통해 작물의 성장상태를 판별하고 정확한 위치를 계산하여 개별 수확이 가능함



[그림 2-1250] 컨테이너 이용 과채류 식물공장 자동화라인 도입전략, 로보게이트

○ 과채류 공정분석 및 수확을 위한 엔드이펙터 연구

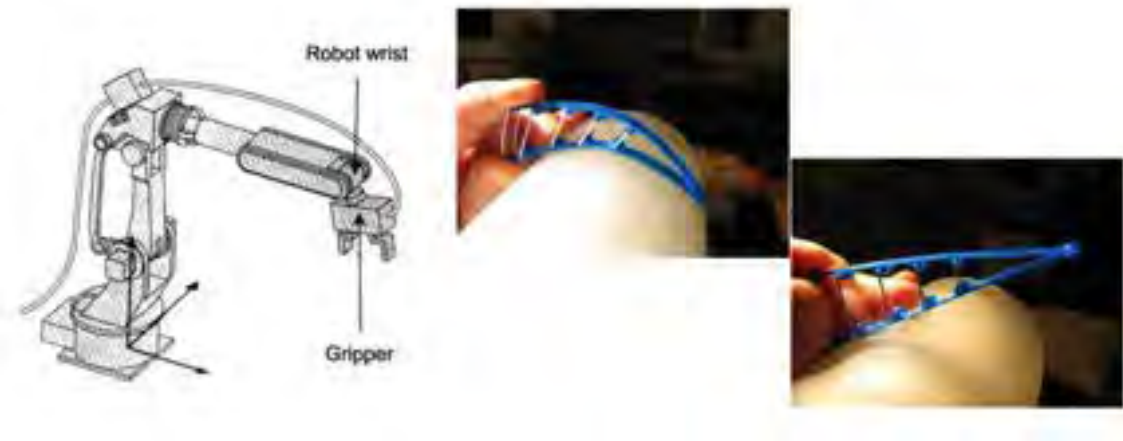
- 과채류의 재배 시스템은 역시 동일하게 개발된 단위 포트 및 이를 일정 수량 집합단위로 관리할 수 있는 재배 베드를 로봇에 의해 파종, 육묘를 거친 후, 이동형 로봇에 의해 과채류 재배 모듈에 투입됨



[그림 2-1251] 컨테이너팜 정치형 로봇팔 레일 시스템 개발(과채류 엔드이펙터 장착, 로보게이트

○ 협동로봇과 플렉시블 그리퍼를 이용한 과일 수확 자동분류 시스템 개발

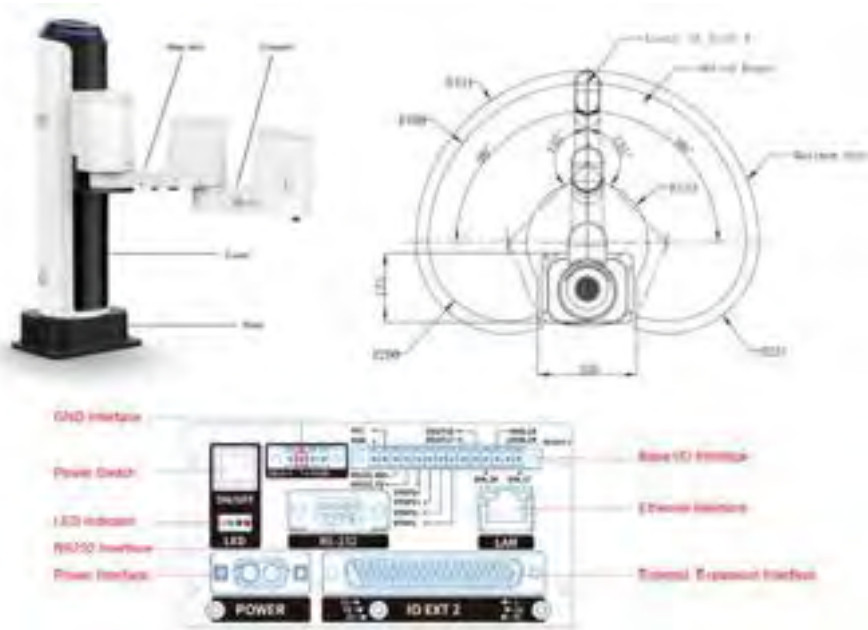
- 비정형 물체를 잡는 그리퍼 설계 연구
- 실험 목적 : 크기가 제각각인 과일을 잡기 위한 그리퍼를 설계하기 위한 연구
- 일반적으로 그리퍼는 집을 대상의 형상에 따라 맞추어 설계를 한다. 공장에서 정형화되어 나온 물체를 집을 경우 해당 물체의 형상에 맞게 그리퍼를 설계하면 되지만, 사과나 토마토처럼 크기가 일정하지 않은 비정형 물체를 집을 경우에도 물체의 형상에 맞게 그리퍼를 설계하게 되면 그때 그때 서로 다른 그리퍼를 교체해주어야 하는 불편함이 발생한다. 이러한 불편함이 발생하지 않는 그리퍼를 설계하기 위해 다양한 로봇 그리퍼들을 비교하여 분석하였다. 그중 유연 그리퍼 (Flexible Gripper) 는 다양한 종류의 형상을 집을 수 있어 비정형 물체를 집더라도 그리퍼를 교체 해야하는 문제점을 해결 할 수 있음



[그림 2-1252] 플렉시블 그리퍼 개발연구, 로보게이트

○ 소프트 그리퍼에 의한 과일 분류 로봇 수정 보완

- 적용로봇 시스템 개요



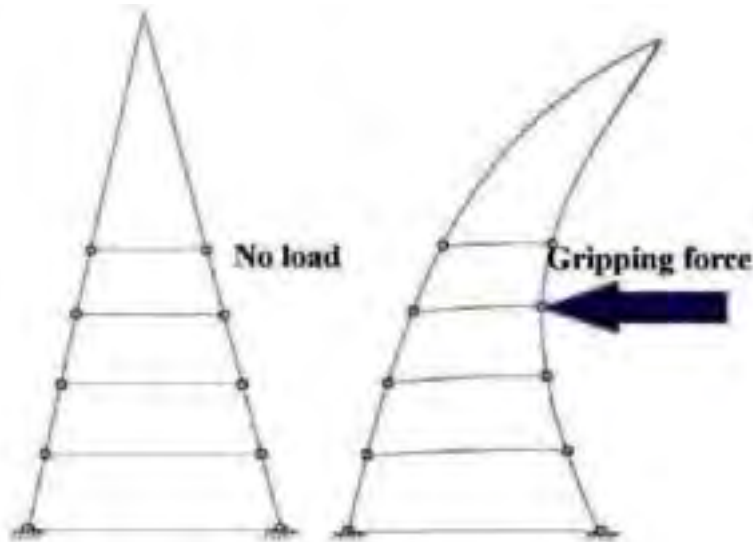
[그림 2-1253] 과일 자동분류 로봇 적용사양 , M1 로보게이트

Reach	400mm		
Rated payload	1.5kg		
Maximum magnitude	Type	Mechanical limitation	Software limitation
	J1	-90° ~ 90°	-85° ~ 85°
	J2	-135° ~ 135°	-135° ~ 135°
	J3	0mm ~ 250mm	10mm ~ 235mm
	J4	Unlimited	-360° ~ 360°
Maximum speed	Joint speed of Forearm and Rear Arm	180°/s	
	Resultant speed of the Forearm and Rear Arm	2000mm/s	
	Speed of Z-axis	1000mm/s	

[그림 2-1254] 과일 자동분류 로봇 사양표, M1 로보게이트

○ 소프트 그리퍼 제작 및 과일 그리퍼 연구

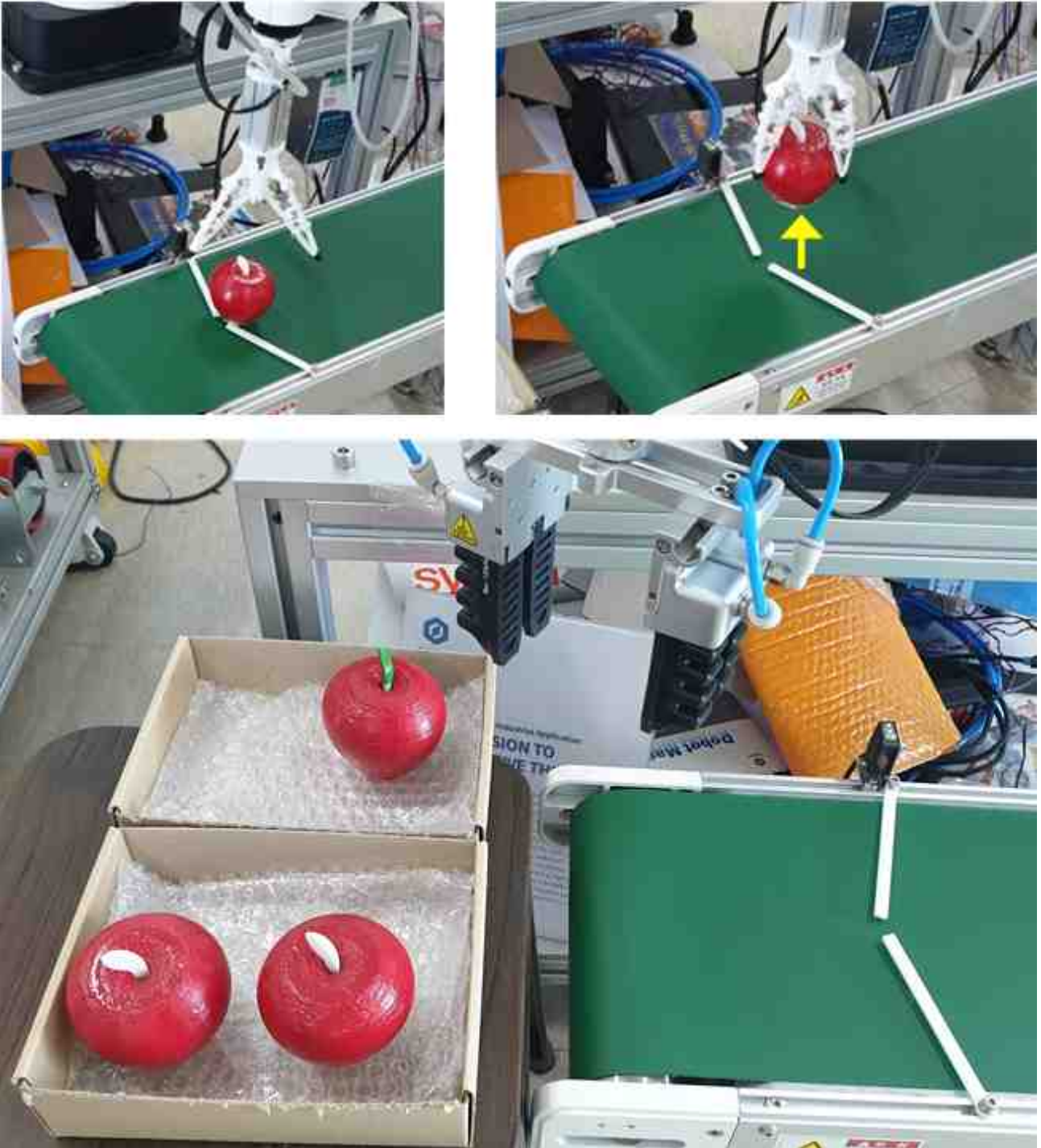
- 지정된 위치에 도착한 과일이 도착하면 로봇은 과일의 표면이 상하지 않도록 소프트그리퍼를 이용하여 과일을 집어 올리며, 동시에 과일을 집은 상태에서 무게를 측정하여 과일을 선별합니다. 직접개발 제작한 소프트 그리퍼를 적용하여 테스트하였으며, 상용품으로 대체 적용함.
- 핀레이(Fin Ray) 구조를 채용하여 손가락을 제작하고 핀레이 구조의 링크 개수와 두께에 대한 설계를 진행하여 비정형 물체를 집을 수 있는 가능성을 확인하였음



[그림 2-1255] 플렉시블 그리퍼 개발연구, 로보게이트

○ 소프트 그리퍼에 의한 과일 분류 로봇 테스트

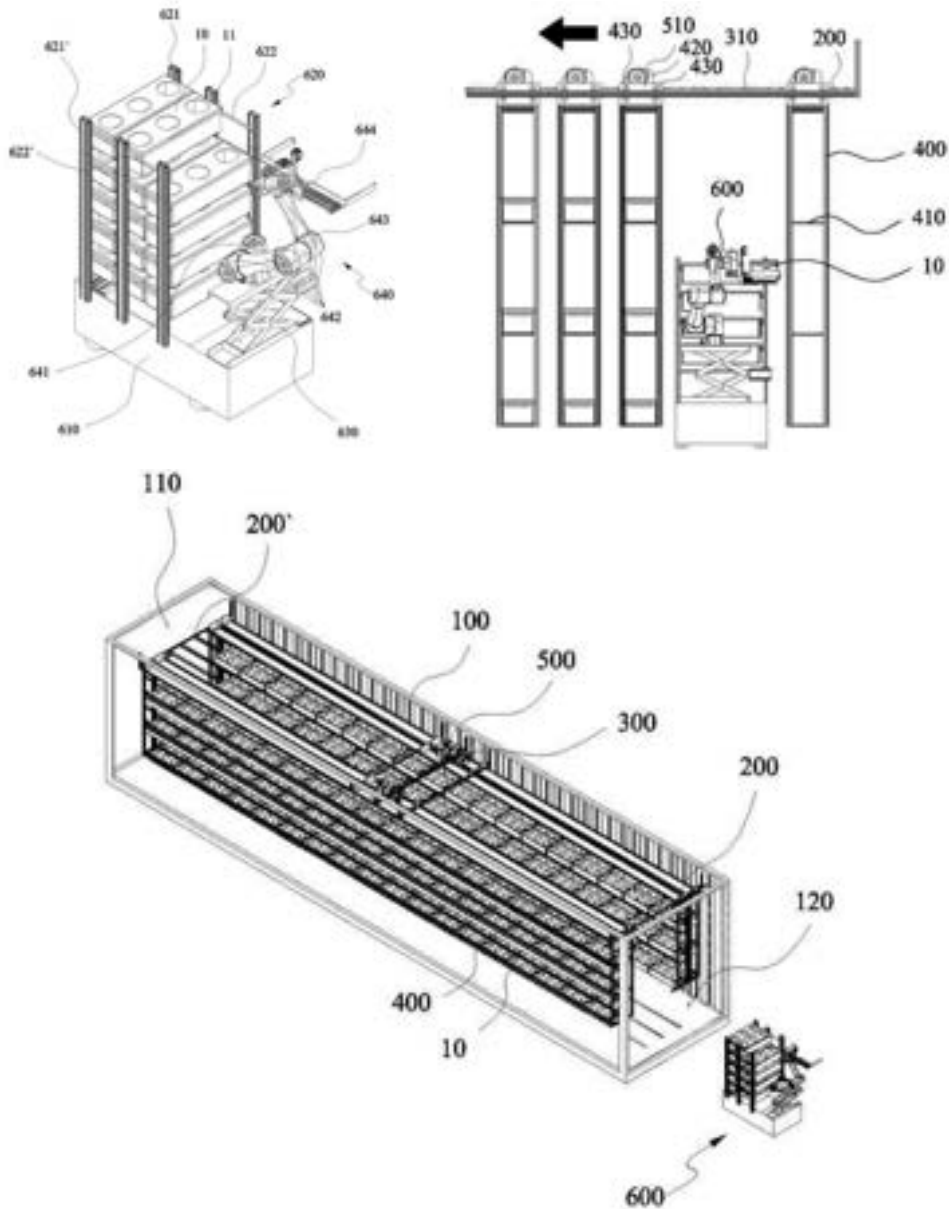
- 과일의 무게를 잡는 순간 측정하여, 해당 조건에 맞는 포장 박스에 분류



[그림 2-1256] 과일 자동분류 로봇 테스트 , M1 로보게이트

○ 지적재산권(특허/상표) 출원 및 등록

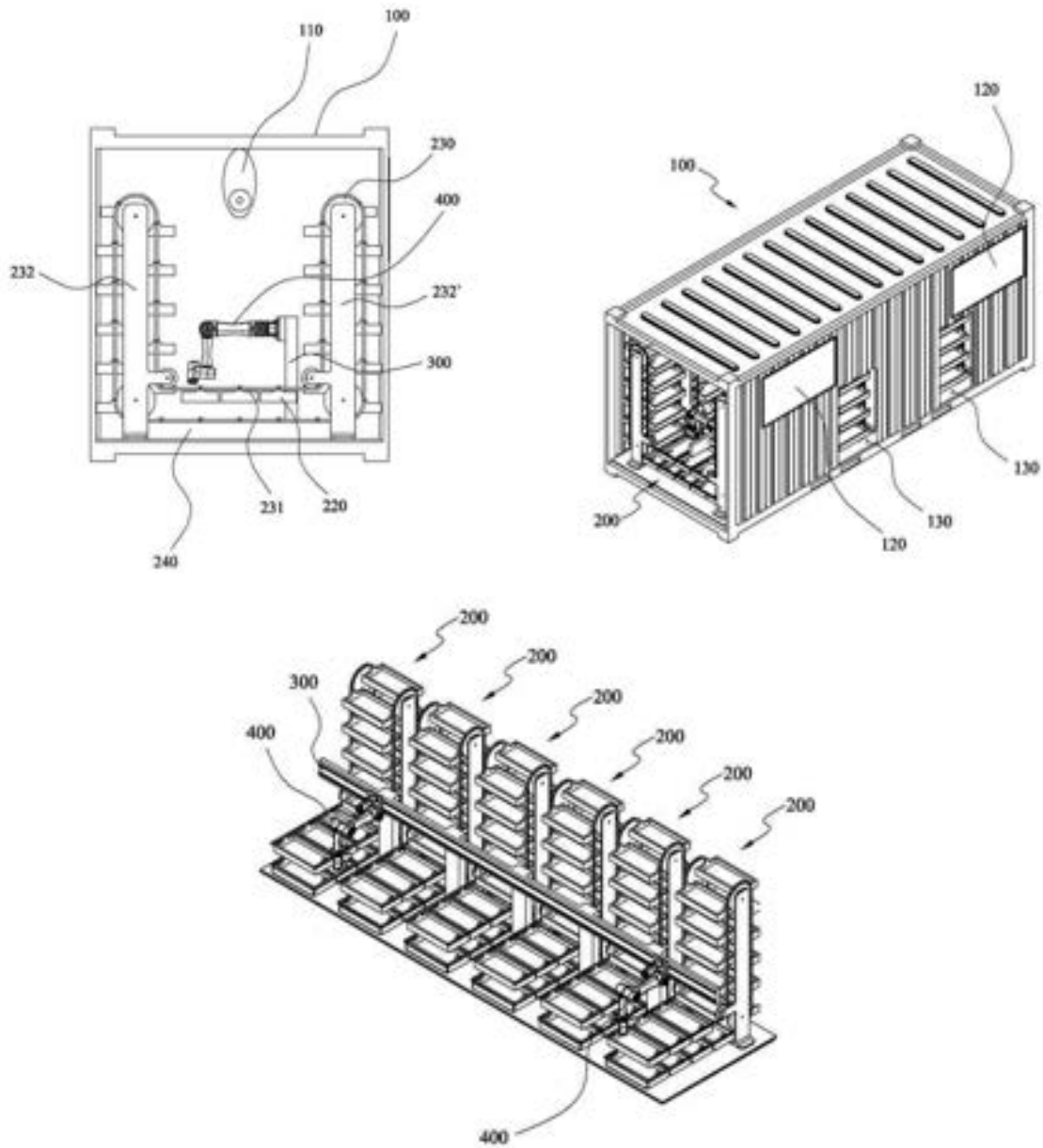
- 특허출원 10-2021-0089785 : 행잉 슬라이딩 방식의 과채류 무인화 자동 스마트팜 재배시스템



[그림 2-1257] 특허출원 10-2021-0089785 : 행잉 슬라이딩 방식의 과채류 무인화 자동 스마트팜 재배시스템

○ 특허출원 10-2021-0052932 : 컨테이너 박스와 로봇을 이용한 작물재배 자동화 시스템

- 로보게이트는 5차년 특허출원 2건, 상표등록 1건외에 기 출원한 “수경재배식물의 스마트팜 자동화 장비”특허출원이 특허등록되었다.(등록 제 10-2340921호). 로보게이트의 특허등록은 4차년 등록된 제10-2146069호에 이어 두건을 실적으로 제출함.



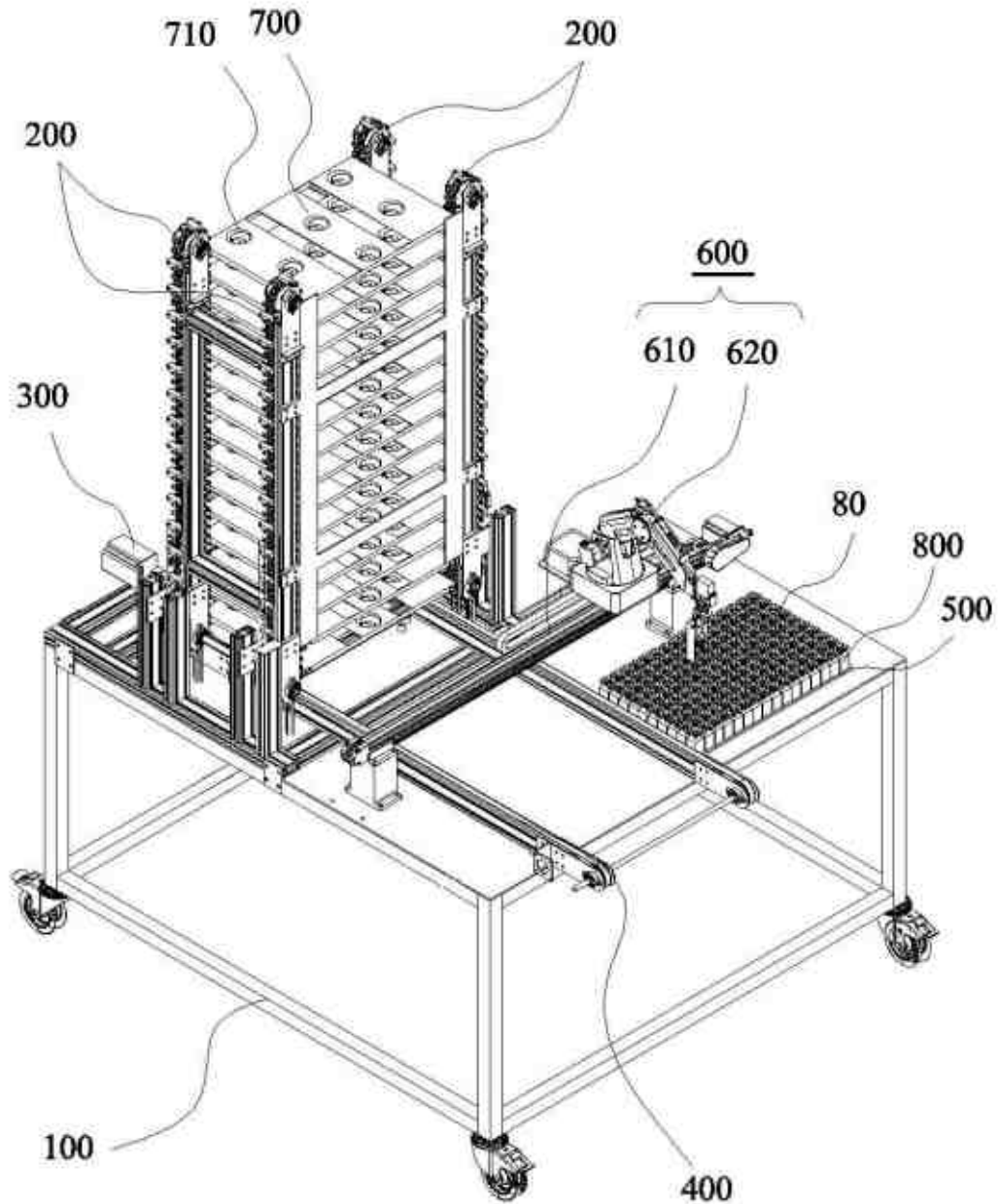
[그림 2-1258] 로보게이트 특허출원 컨테이너 박스와 로봇을 이용한 작물재배 자동화 시스템

- 상표등록출원 40-2021-0091813 : ROMES 스마트팜 재배관리시스템 솔루션 브랜드
- 스마트팜 운영관리 소프트웨어 브랜드인 로메스를 상표등록하였음.

출원번호	제 40-2021-0091813 호
상표명칭	ROMES Robot Oriented Manufacturing Execution System
상품류	제 9 류

[그림 2-1259] 로보게이트 스마트팜 솔루션 상표등록 “ROMES”

- 특허등록 10-2340921 수경재배식물의 스마트팜 자동화 장비
- 출원한 특허내용인 다단락을 갖는 수경재배 공정의 이식식 로봇이 특허등록됨.



[그림 2-1260] 로보게이트 특허등록 10-2340921 수경재배식물의 스마트팜 자동화 장비

(나) 식물공장 자동화라인 테스트베드 적용/테스트

- 식물공장 자동화라인의 테스트베드 적용설치 공간을 협력사와 검토하였으나, 현재 구조는 자동화 설치가 불가능 하여서, 로보게이트 AI로봇기술연구소에 테스트베드를 설치하고 시험운용을 진행함.
- 엽채류 이식정식 공정 자동화 자동 연계 테스트 베드 적용/테스트 1 (6구 평판 베드)



[그림 2-1261] 스마트팜 식물공장 테스트 베드 구축 시나리오 1 - 평판형 재배베드, 로보게이트

- 엽채류 이식정식 공정 자동화 자동 연계 테스트베드 설치, 시험
 - 3D CAD를 이용하여, 이정식로봇과 AGV, AMR과의 통신개발을 진행하여 연계 테스트를 성공하였고, 테스트베드에 설치된 마그네틱라인을 이동하면서 연속동작을 수행하도록 시제품을 제작하고 설치 운영시험을 수행함.



[그림 2-1262] 각 모듈간 연계 시스템 3D CAD 설계작업, 이정식 로봇과 자율주행 카트, 로보게이트

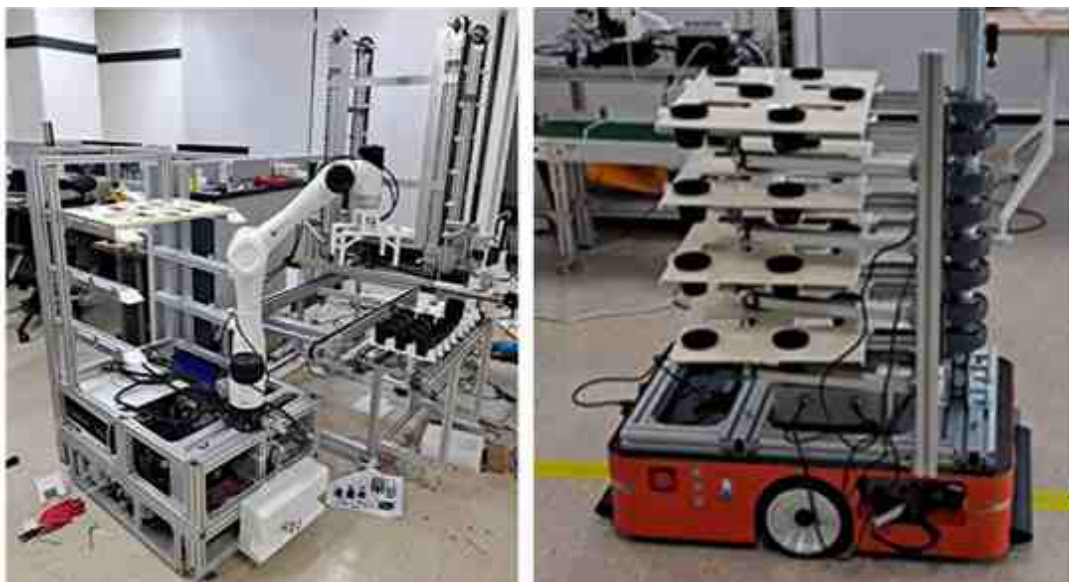
- 테스트베스 적용 시나리오1, 6구 평판 베드 이송공정 설명



[그림 2-1263] 스마트팜 식물공장 테스트 베드 구축 시나리오 1 - 공정설명도, 로보게이트

○ 테스트베드 시험 내용

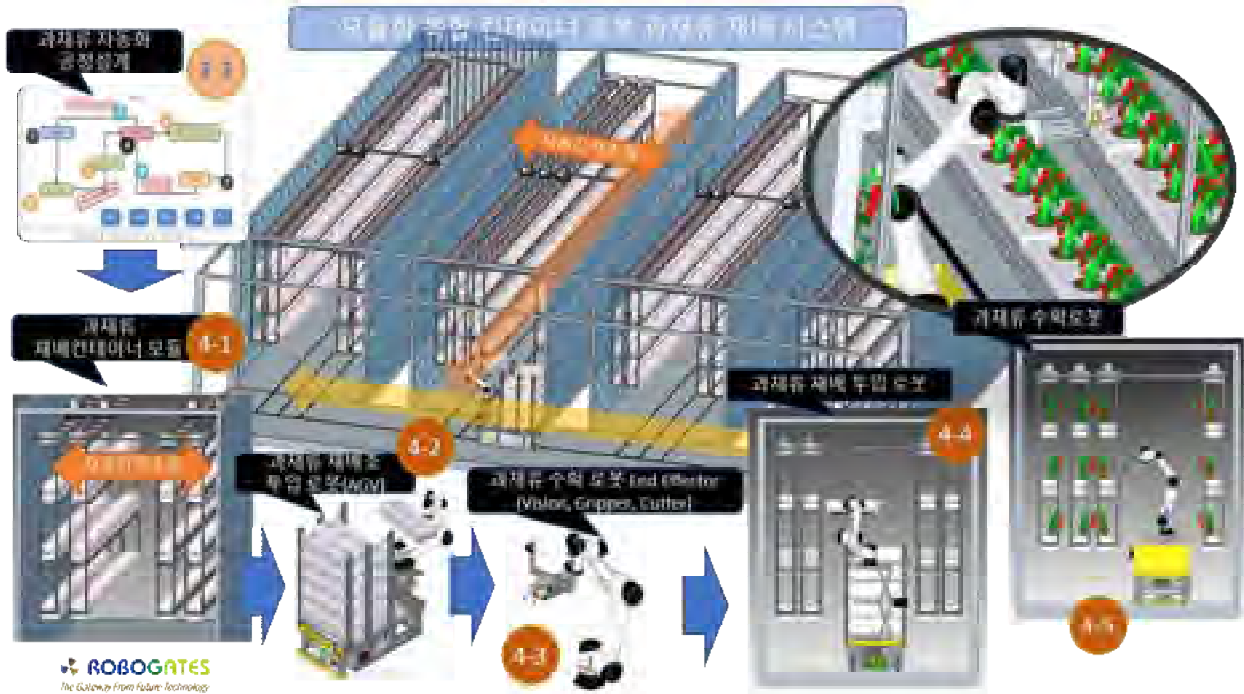
- 이정식로봇 속도 : 6구 평판 재배베드 한개당 포트삽입 작업 시 약 2분 소요
- AGV 베드 적재 량 4개
- AGV협업 작업 속도 : 베드(AGZ 베드거치대 최대적재량) 작업 시, CR5가 베드를 거치하는 시간까지 포함하여 약 8분 20초 소요.
- AGV 1회 충전 작업시간 : 권장 8시간, 8시간 작업 후 배터리 테스트 측정결과 초기 87% - > 54% 33% 소모됨.



[그림 2-1264] 각 작물별 식물공장 자동화라인 테스트베드 시험운영, 로보게이트

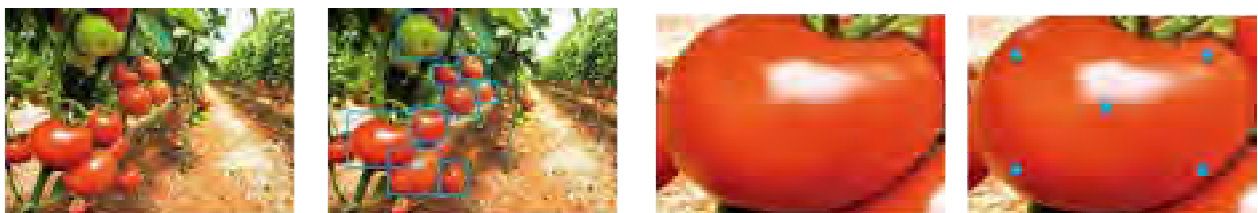
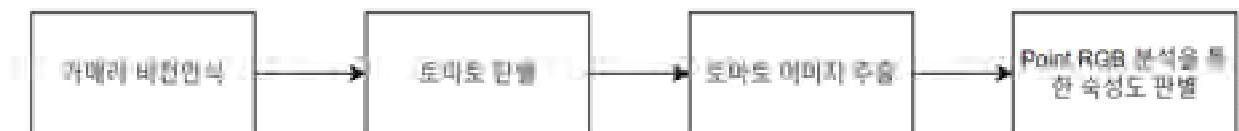
○ 과채류 수확 공정연구 및 과일 자동선별기 시제품 제작/테스트

- 과채류의 수확 단계에 있어서 공정을 분석하고, 적용할 엔드이펙터 기술을 개발함.
- 과채류 간격조정 재배시스템을 통해 모바일로봇의 이동공간을 확보하고 기동하면서, 이동형 재배베드를 입반출하는 시스템. 수확은 과일의 성숙도를 판단하여 베드단위로 수행하도록 기본 구성함.



[그림 2-1265] 컨테이너 모듈을 이용한 과채류 재배 자동화 연구, 로보게이트

- 과채류의 숙성도 기준에 대해 수확명령을 받게 되면, 로봇은 특수설계된 엔드이펙터를 이용하여 과채류를 안전하게 수확하고 이송하여야 함.



각 Pointer이 RGB 값 수송 및 기준값과 비교하여 숙성도 판별

[그림 2-1266] 과채류 자동수확 연구, 로보게이트

- 과채류 수확 자동화 엔드이펙터는 공압식과 서보식이 있으며, 모두 과채류 손상을 방지하기 위해 실리콘 소재를 적용하고 직접 파지할 때의 접촉면적을 넓게 가져가는 구조로 설계되어 있음



토마토 수확 동작 분석

[그림 2-1267] 과채류 수확자동화 동작분석, 로보게이트

- 기존의 과채류 분류시스템은 공간이 상당히 많이 소요된다는 단점이 검토됨. 따라서, 컨테이너팜에서 일정량이 생산되는 경우, 적은 공간에서 분류작업이 자동화 되어야 노동력을 절감할 수 있다. 로봇을 이용하면 무게에 따라, 표면의 상태에 따라 분류작업이 용이함

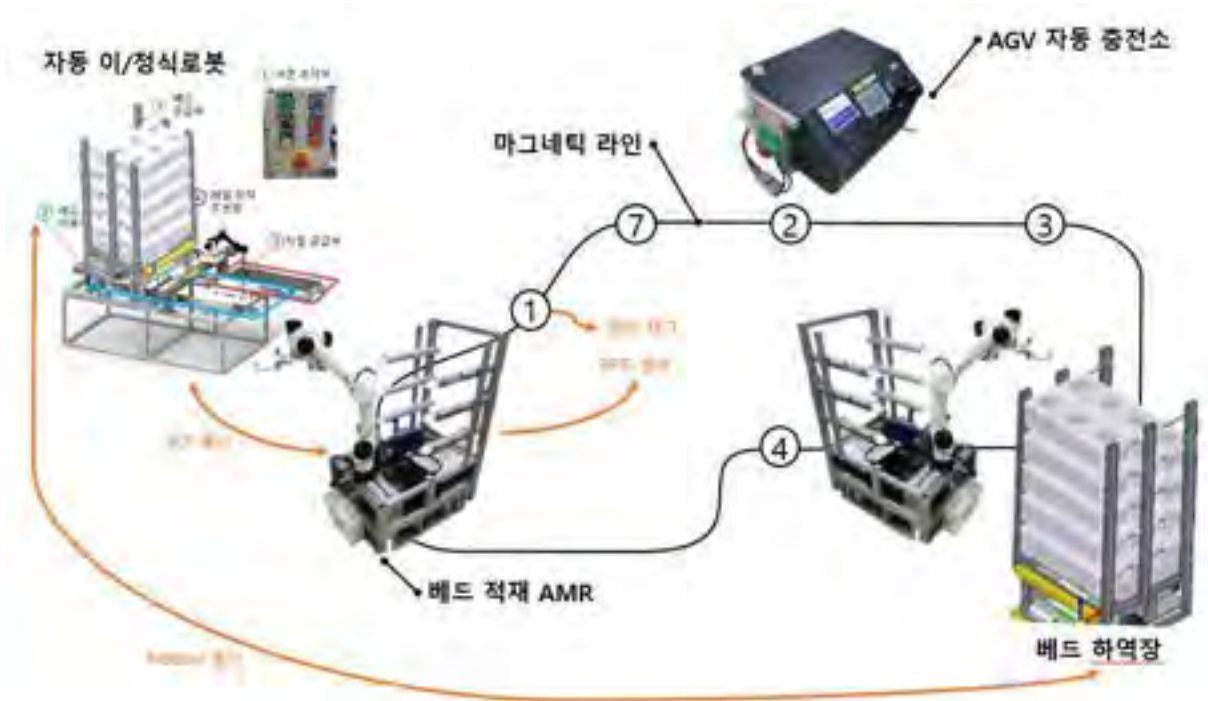


과채류 수확 (공압, Soft Gripper)

과채류 수확 (서보, Flexible)

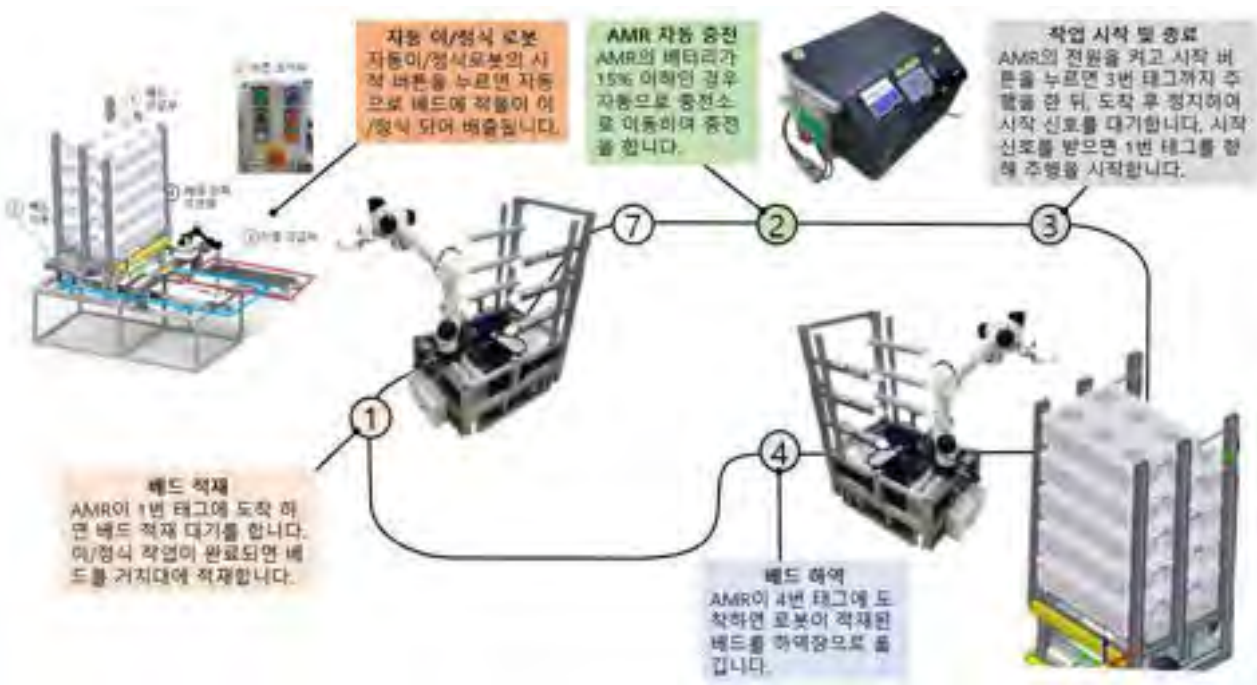
[그림 2-1268] 소프트 그리퍼 기술개발, 로보게이트

- 이동형 재배베드 적용 및 과채류 자동선별 공정 자동화 설계 및 시제품 제작을 수행함.
 - 과채류에는 이동형 재배베드를 적용하여, 모바일 로봇을 운용하는 시나리오를 작성하고, 테스트함.
 - 모바일 로봇을 통해 파종, 발아된 이동형 베드를 자율 이송



[그림 2-1269] 스마트팜 식물공장 테스트 베드 구축 시나리오 2 - 이동형 재배베드, 과채류 등, 로보게이트

- 로봇을 사용하면, 과채류는 수확 후, 자동포장 공정을 작은 공간에서 수행이 가능하도록 공간활용도를 넓힐 수 있음. 각 작물 마다의 서로 다른 속성으로 인해, 로봇 엔드이펙터의 구조는 서로 상이할 수 밖에 없다. 과채류 수확에는 수확 선별을 위해 머신비전 기술과 상품가치를 유지하기 위해서는 소프트그리퍼 기술이 필요하여, 자체개발기술을 적용함.



[그림 2-1270] 스마트팜 식물공장 테스트 베드 구축 시나리오 2 - 공정 내용, 로보게이트

- 과채류 자동선별 공정 자동화 시스템을 사내 테스트 베드에 설치 후 테스트 완료.



[그림 2-1271] 과일 자동 선별 포장 시스템, 로보게이트

로봇의 전원을 켜면 과일 선별 동작이 자동으로 실행 됩니다.
과일이 첫번째 센서에 감지되면 컨베이어 벨트가 과일을 로봇의 동작 범위까지 이동시킵니다.
두번째 센서에 과일이 감지되면 컨베이어 벨트는 동작을 정지합니다.



[그림 2-1272] 과일 자동 선별 포장 시스템 구현 테스트 모습, 로보게이트

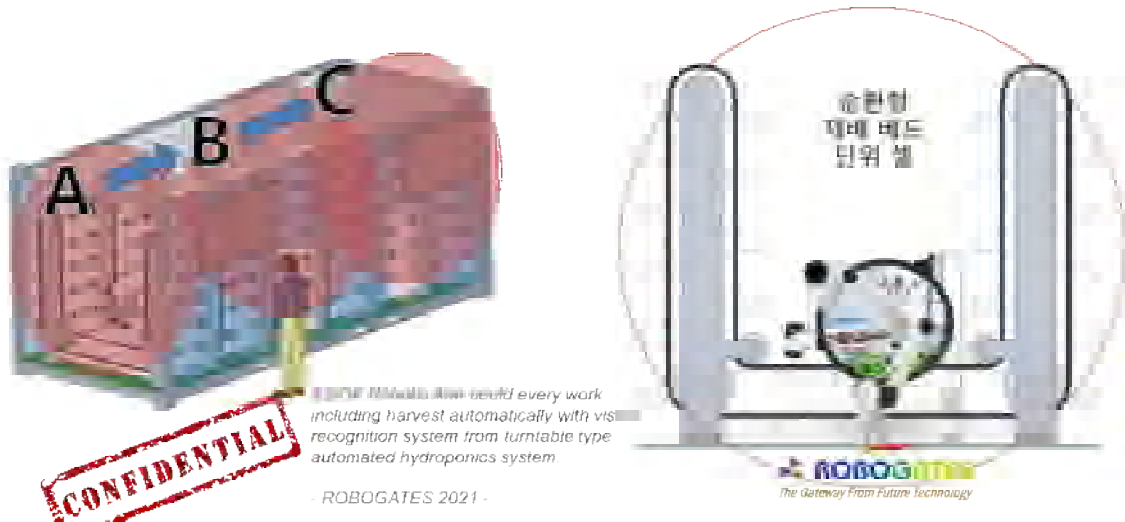
- Machine Vision에 의한 작물 및 포장물의 구분 객체 인식 AI 학습 연구 및 관리 소프트웨어.
 - 로보게이트사의 기술연구소에서 보유한 Object Detection 기술을 이용하여, 기존에 스마트공장에 적용하던 포장 박스 등 물류창고에서의 유동량 측정에 사용하던 객체인식 기술을 작물의 상태 및 종류 파악에도 적용하는 연구를 해보았고, 일부 성과를 보아 이후 자동화 장비에 적용 테스트 예정임
 - 또한 로보게이트사 보유 MES 솔루션, ROMES는 기존 공장에서 주로 사용하였으나, 동일한 모듈을 적용하여 생산관리 솔루션으로 활용하여 작물의 생산, 재고 관리에 활용이 가능할 것으로 판단하여 솔루션 포트폴리오에 포함하였음

□ 식물공장 자동화 라인 공급/설치 방안

(가) 식물공장 자동화 라인 구성

○ 식물공장 자동화 라인 기본 솔루션 모듈 구성

- 기본 모듈구성 : 기반구축, HW 시공, SW 설치 및 사용자 교육
- 세부 자동화 기술로서 스마트팜 전용 회전식 재배환경과 각 모듈 간 연계를 위한 모바일 로봇, AGV, 협동로봇, 이식/정식로봇을 기본 모듈로 구성함.



[그림 2-1273] 로보게이트, 특허출원 “컨테이너 박스와 로봇을 이용한 작물재배 자동화 시스템”

- 기반구축은 기존 건축물이나 컨테이너 박스의 재활용을 포함하며,
- 하드웨어 시스템은 자동화 재배시스템, 파종시스템, 이식식 시스템, AGV, 협동로봇, 모바일로봇, 그리퍼, 카메라 등이 있고,
- 소프트웨어는 MES로 재배관리시스템 및 모니터링 시스템이 있음.

(나) 스마트팜 식물공장 자동화 라인 공급/설치/유지관리

○ 식물공장 자동화 라인 공급/설치 추진 방안

- 기반구축을 위한 건축물과 컨테이너 구조물의 이용 : 로보게이트는 초기 연구과정에서 전공정의 일관된 자동화 시스템을 구상하였고, 이 개념을 컨테이너팜에 적용가능한 모델링까지 수행함.
- 기반구축의 일환으로 전공정의 연계를 위해 바닥 평탄화 시공과 마그네틱 시공 등을 수행함.
- 단위 모듈들은 해당 위치에 이송 후, 고정설치 시공을 수행하고, 각 모듈단위의 동작시험과 연계를 위한 소프트웨어 통신모듈의 시공 후 시스템 통합테스트로 진행됨.

○ 자동화 솔루션의 주요 과정의 유지 관리 방안.

- 또, 다양한 환경에 맞게 맞춤형 조립구조물로 구성이 가능한 컨테이너팜 모듈의 장점인 확장형 구조의 경우, 각 컨테이너 팜을 병렬 배치 등을 통해 조합하고, 각 컨테이너 팜 간의 입반출 작업을 협동 로봇과 AGV를 통해 수행 등 자동화 확장 적용방안 개발함.

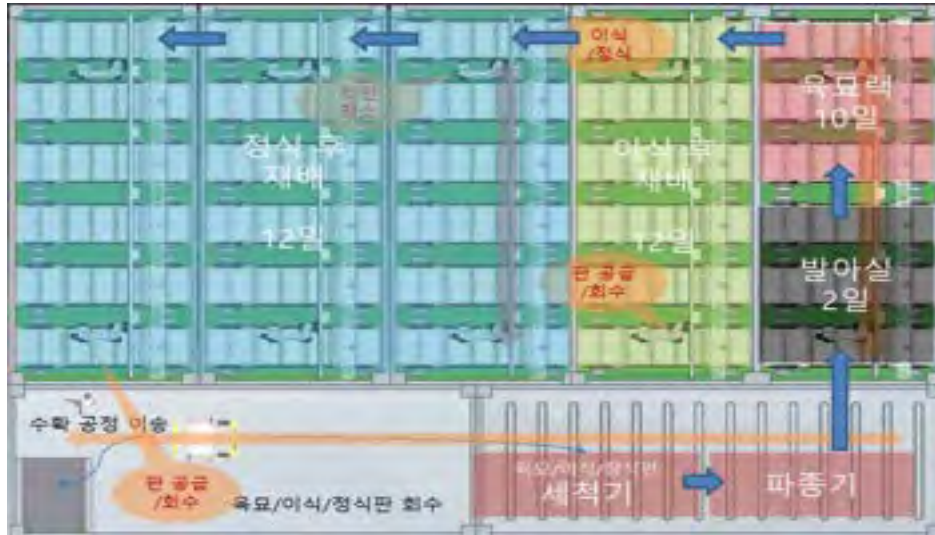


[그림 2-1274] 컨테이너박스 스마트공장 모듈 모습, 로보게이트

- 최종 완성된 자동화 공정도와 식물공장의 공간상의 3D 모델을 통해서 각 모듈별 자동화 설비를 배치하였음. 각 컨테이너팜은 생육환경의 개별 컨트롤이 가능하며, 카메라에 이해서 지속적으로 모니터링이 수행되고, 외부에서 작업자가 손쉽게 현황을 관찰하거나, 원격지에서 Web 환경에서 현황관찰 및 원격 컨트롤이 가능하도록 구성함.

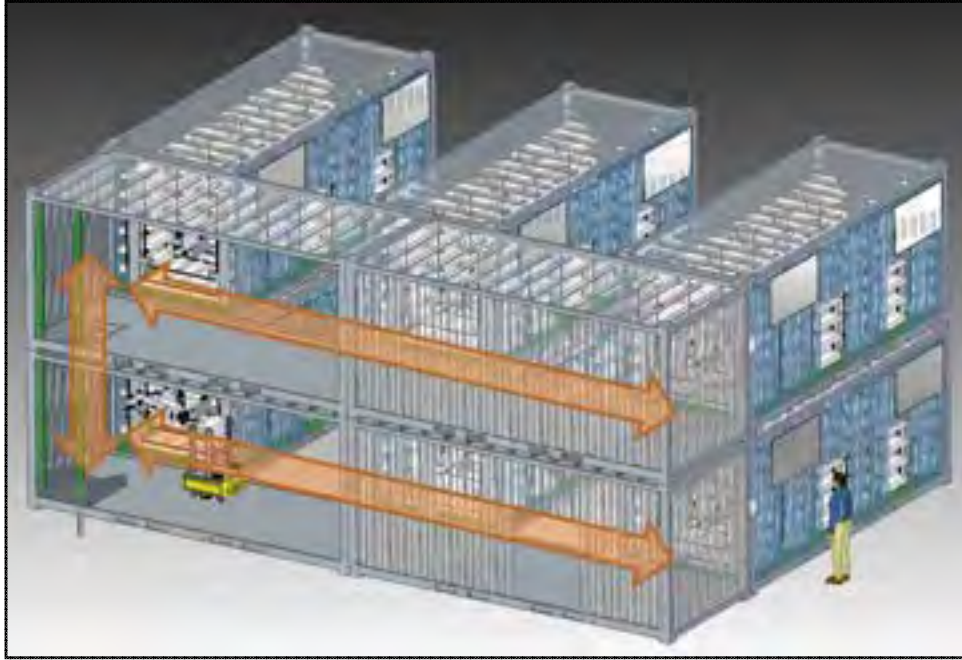
○ 컨테이너 이용 스마트구현 방안에 대한 연구수행

- 여러대의 컨테이너를 모듈화 하여 원격지 이동/조립이 간편하도록 구현함.
- 각 양액공급장치 및 전기배선이 각 컨테이너의 조립과 플러그인으로 간편하게 구성이 되도록 구현함.



[그림 2-1275] 엽채류 자동 간극조절형 재배시스템 연구, 로보게이트

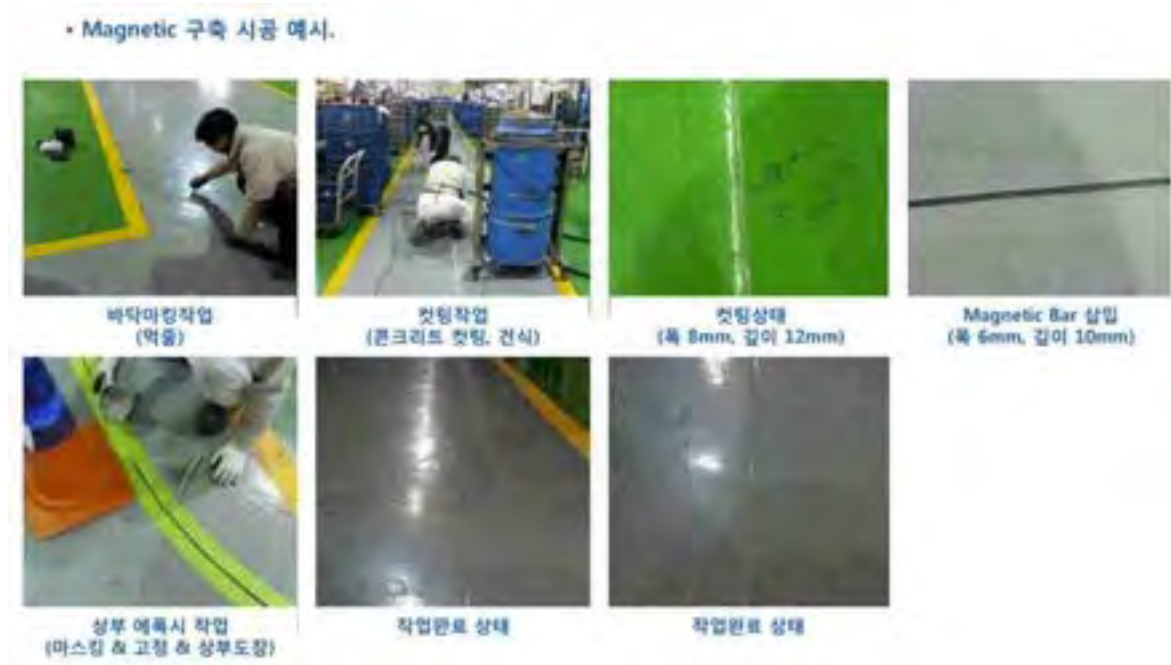
- 위 단위 모듈별 구성은 재배면적에 따라 재구성이 가능하며, 예시로 구성하였음. 각 공정내부는 협동로봇과 레일시스템을 통해 이동형 재배베드를 손쉽게 입반출이 가능한 구조이며, 외부 통로쪽을 오가는 AGV로 협동로봇이 적치하고 최종 목적지로 이송하도록 구현함.



[그림 2-1276] 확장형 모듈화 컨테이너팜 식물공장 모델 디자인 - 로보게이트

○ 스마트팜 자동화 라인 설치를 위한 마그네틱 라인 현장 설치 방안

- 이적재장소에서 이적재높이가 1M가 넘는 경우=>경사도가 0.5%이상일 경우에는 안되며 0.5%이상일 경우 특별한 조정이 필요-경사 혹은 하향경사는차량 종류에 따라 최대 10%이동이 가능. 하지만 기울기로의 전환값은1.5%를 초과할 수 없고 차량 간격보다 길어야 함.
- 하중용량 : AGV는 매일 같은 라인을 운전하므로 정압축하중은 일반적으로 50~60kg/cm2이다. 그로인해최대한 바닥의 하중 용량은 가능한 한 높게 설정되어야 하고 마모를 줄이기 위해 바닥 표면층의내 압축 강도는 Min, 450kg/cm2을 추천함
- 정적 마찰 : 마찰계수는 AGV의 바퀴와 주행노면의표면층사이에서 발생하고 이 마찰계수는AGV의 정지 정도 및 AGV의 안전을 위해 매우 중요함. 정적 마찰 계수 $\mu > 0.6$
- 전기적 저항 : AGV의 정전기 shock를 피하기 위해서는 바닥의 접지 저항이 106 Ω에서 10 8 ohm이내로 보증을 하여야 한다. (독일 표준 규격 DIN 51953)
- < 10 6Ω인 경우 =>모든 조건하에서 정전기의 shock를 방지할 수 잇는 전도성 바닥과 콘트리트혼합재로아무런 문제없이 얻을 수 잇는 값
- < 10 8Ω보다 큰 값일 경우 => 정전기의 shock를 피하기 위해 습기가 요구시됨=> 접지저항이이 값을 초과시에 바닥에 전도성을 확보하기 위한 대책이 요구시됨.(ex 철근 등 지지구조에접지를 잘하고 합당한 접지 설치). 또한 법정 규정에 따라 사고를 막기 위해서 접지저항이5x10 4Ω ohm 보다 작아야 함.
- 이음매 - 신축하는 바닥에는 가능하면 AGV주행로와근접하여 평행으로는 시공을 피한다. 피할 수 없는 이음매는 폭을 5mm를 넘어서는 안된다. 이러한 정보들은 AGV의 유도선 포설작업 이전에 주어져야 하며 이음매는 AGV의 유도선 포설작업에 영향을 끼침.



[그림 2-1277] 스마트팜 자동화 시공 - 로보게이트

○ 기타 타사 시스템 연계방안 수립

- 현재 다양한 제조사가 솔루션을 내놓고 있으며, 이때 해당 모듈을 로봇을 이용하여 간단히 공정 자동화 연계를 구성할 수 있도록 함.



[그림 2-1278] 타사 파종자동화기기의 공정연계 방안 - 로보게이트

3.4.3. 식물공장 자동화 라인 마케팅 전략

(1) 개요

- 수경재배 자동화 라인 시장 조사
 - 스마트팜 자동화 동향 보고서 작성
- 수경재배 자동화 라인 수출 마케팅
 - 수출 마케팅 수행
 - 코로나 상황으로, 국내 스마트팜 전시회만 출품

(2) 접근방법

□ 주요 분석방법 등

- 논문, 특허검토, 사례 조사, 현장방문 인터뷰, 요구기능별 요소기술 검토 설계.

□ 주요 대상 공정 등

- 국내외 스마트팜 시장 정보분석
- 업체, 과제, 근채류 식물공장 자동화 전반 자동화 솔루션 검토

□ 주요 산출물 등

- 연관 특허 조사/ 분석 및 동향보고서
 - 스마트팜 식물공장 자동화 목표달성을 위한 요구조건과 기술매칭 검토
 - 상품화 전략 수립, 브로셔 제작, 홍보자료 동영상 제작

(3) 연구내용

□ 수경재배 자동화 라인 수출상품화 마케팅 전략

○ 시장조사

- 스마트팜 분야 로봇 자동화 기술 동향 조사 (국내의 특허기술, 적용사례 등 포함)
- 스마트팜 자동화 연차별 동향 보고서 업데이트 작성



[그림 2-1279] 스마트팜 자동화 기술 동향보고서 2021, 로보게이트



[그림 2-1280] 스마트팜 자동화 기술 동향보고서 2021, 로보게이트, SPREAD 야채 공장 사례

○ 식물공장 자동화 솔루션 수출 상품 포트폴리오 구성.

- 스마트팜 단지 공급방안 사례조사 및 기술검토
- 식물공장 자동화 (ASO Farm Land) 아소 구주 국립공원 내, 한국의 KT와 제휴



[그림 2-1281] 스마트팜 자동화 기술 동향보고서 2021, 로보게이트, 아소팜랜드 사례

- (Plenty) 미국 수직 농장 시스템 개발회사로 최근 중국에 300개 수직 농장을 건축
- 이 회사의 목표는 월마트 가격으로 최고의 작물을 최고의 첨단 수직 식물공장에서 생산하여 납품
- 중국에서는 북경, 상해, 심천 등지에 도심 내에서 수직 식물공장을 만들어 바로 기존 수직형 식물 농장처럼 선반방식이 아닌 건물의 벽면에 재배장치를 설치하고 물을 위에서 아래로 흘려보내는 방식으로 물 사용량은 최소화하고 생산은 기존 재배면적보다 350배의 생산
- 개별 단위 셀 ~ 컨테이너 팜 단지 구성까지 상품화 및 적용
- 도입 및 운용방안 매뉴얼, 절차서 내용 정리

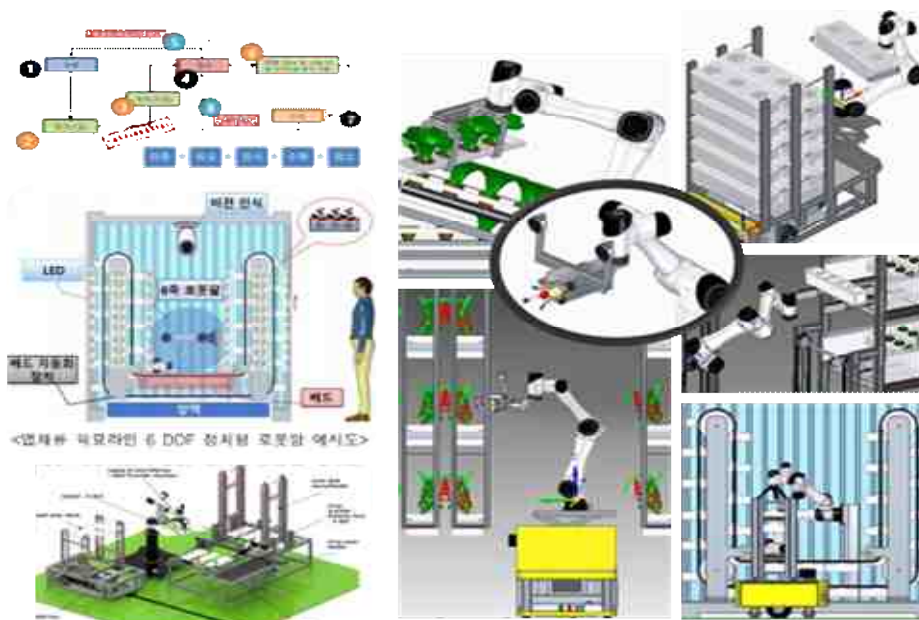
- 수경재배 자동화 라인 수출 마케팅
 - 수출 마케팅 수행
 - 코로나 상황으로, 국내 스마트팜 전시회만 출품 (창원, 스마트팜 전시회)
 - 국내외 파트너사 수출업무 상담 등



[그림 2-1282] 창원 스마트팜 전시회 출품 2021년, 로보게이트

(4) 연구결과

- 스마트팜 자동화 솔루션 상품 포트폴리오 전략의 구체화
 - 스마트팜 식물공장 자동화 상품화 전략 개선 수립
 - 식물공장 자동화 상품화 전략의 개선 (작물종별 전략 및 설비방안 등 구체화)
 - B2B, B2C 등 목표고객 시장별 솔루션 전략의 구체화 수립
 - 상품화 전략을 스마트팜 식물공장(실내) 솔루션으로 재정립하고, 솔루션 구현의 구체화를 통해 업체, 과제, 근채류로 적용범위에 따른 전략을 수립함.



[그림 2-1283] 로보게이트 스마트팜 자동화 상품화 포트폴리오 정립

- 스마트팜 자동화 솔루션 수출 마케팅
 - 시장전략 구체화 및 수출 마케팅 수행
 - 세분화된 상품별 시장 매칭전략, 도입전략 수립
 - 코로나 상황으로, 국내 스마트팜 전시회 출품
 - 국내외 파트너사 수출업무 상담 등
 - 브로셔 제작, 시제품 제작 출품



[그림 2-1284] 2021년. 로보게이트 스마트팜 식물공장 자동화 솔루션 상품화 전략의 구체화



[그림 2-1285] 2021년. 로보게이트 스마트팜 식물공장 자동화 솔루션 상품화 전략의 구체화

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

- 본 연구의 최종목표는 스마트팜 수출 활성화를 위한 “한국형 스마트팜 K-Plant 수출모형” 개발로서 물, 에너지, 환경 자원을 ICT 기술로 지능적으로 통합관리하여 생산성 향상과 생산비용 절감을 목표로 하고 있음
- 한국형 스마트팜 K-Plant 수출모형 개발을 위하여 1) WEAF 기반의 한국형 스마트팜 K-Plant 수출모형 개발 2) i-FDSS 지능형 서비스 플랫폼, 3) 스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 사업화 운영을 위한 연구체계를 구축하였음



[그림 3-1] 스마트팜 수출연구사업단 연구목표

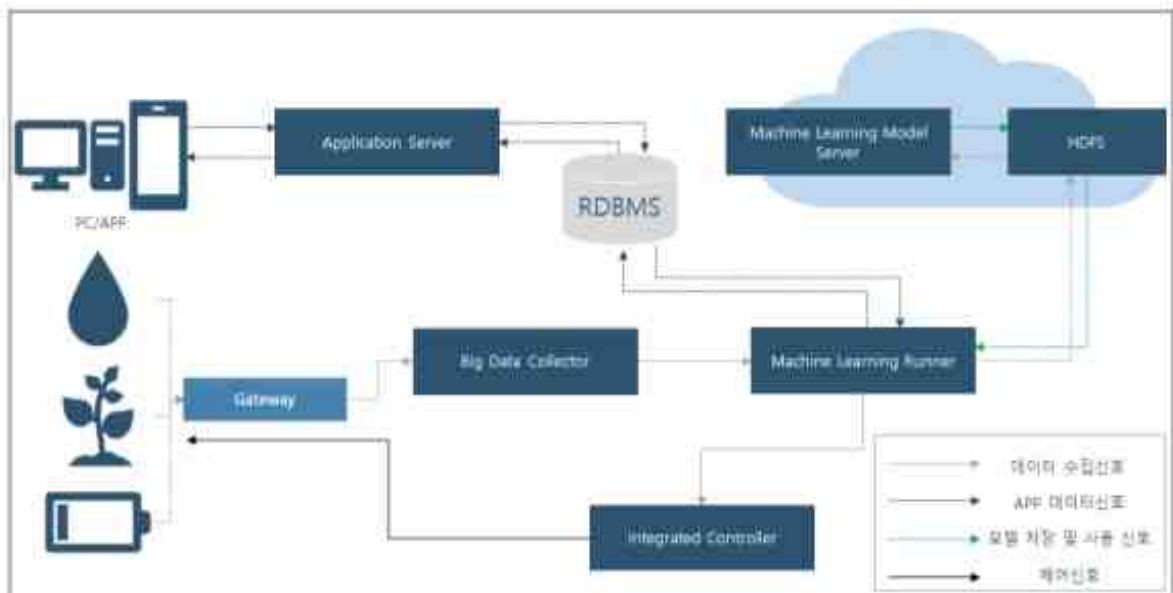
- 1핵심 : WEAF 기반의 한국형 스마트팜 K-Plant 수출모형 개발
 - WEAF 기반의 한국형 스마트팜 K-Plant 수출모형 개발 과제에서는 스마트팜 온실의 요소기술을 분석하여 수출형 스마트팜 K-플랜트 모형을 설계하여 제시하고 에너지 비용 절감을 위하여 지하수겸용지열시스템 기술을 개발하여 적용하였고, 물, 에너지, 환경 자원의 통합적 관리를 위하여 “K-Plant 통합관제시스템”에 KT-GiGA 스마트팜(복합환경제어) 시스템과 지오섬하이브리드시스템을 연계한 시스템을 개발하고 이를 평택 팜에이트 테스트 베드를 통하여 실질적 시스템을 구축하여 효율성을 검증하였다.
 - < K-Plant 수출모형 적용한 핵심 요소기술 >
 - 포스텍 소재 경량철골온실을 이용한 보급형 스마트팜 온실
 - 관수, 양액재이용시스템 연계 KT-GiGA 스마트팜(복합환경제어) 시스템
 - 지하수를 이용하여 지열냉난방 및 작물 재배용수로 활용하기 위한 “지오섬하이브리드”
 - 스마트팜 온실 에너지원을 효율적으로 관리하기 위한 SFEMS(Smart Farm Energy Management System)
 - KT-GiGA, 지오섬하이브리드를 통합 관리하는 “K-Plant 통합관제시스템”
 - 스마트팜 온실 에너지원 관리시스템 SFEMS(Smart Farm Energy Management System)

□ 2핵심 : i-FDSS 지능형 서비스 개발

- i-FDSS 지능형 서비스 개발 과제에서는 스마트팜 지능형 서비스 글로벌 론칭 및 고수익 작물 최적 생육 프로파일 연구를 통해 작물 프로파일 DB 구축 및 스마트팜 운영 플랫폼의 글로벌 표준화 방안 제안 및 적용

< 핵심성과 >

- 지능형 서비스 글로벌 론칭
 - 글로벌 향 WEF 복합관제 솔루션 론칭
 - 생육 프로파일 기반 오이 재배 시스템 개발
 - 클라우드 운영기술 표준화 공유
 - i-FDSS 서비스 체계 표준화 방안 제정
- 고수익 작물 최적 프로파일 연구
 - 지능형 스마트팜 환경 모니터링 및 제어 모듈 기능 보완
 - 지능형 스마트팜 환경 모니터링 모듈 기능 보완
 - 지능형 스마트팜 환경 제어 모듈 기능 보완
 - 과채류(오이) 재배농가의 환경 관리 실태 파악
 - 과채류(오이) 재배농가 환경관리 인자 조사 및 분석
 - 과채류(오이) 재배농가 환경관리 실태 조사 및 분석
 - 과채류(오이) 생육 최적 환경제어 모형 개발
 - 과채류(오이) 작물 생육 프로파일 조사 및 분석
 - 과채류(오이) 작물 생육 환경 제어요인 조사 및 분석
 - 과채류(오이) 작물 생육 환경제어 모형 개발



[그림 3-2] i-FDSS AI 기반 시스템 구성도

□ 3핵심 : 스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 사업화 운영

- 스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 사업화 운영 과제에서는 중국을 대상으로 스마트팜 온실의 테스트 베드 설치 및 운영, 스마트팜 생산단지를 구축 운영 및 보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립 및 식물공장, 가공공장 시설을 일본, 쿠웨이트에 수출하고 있으며, 스마트팜 재배공정 자동화 시스템 개발하여 스마트팜 및 식물공장용으로 자동화 공정에 필요한 수출 상품을 개발하였다.

< 핵심성과 >

- K-플랜트 공유형 체인화 모델 수출 및 국가별 가공 유통 프로세스 구축 지원
- 보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립 및 식물공장, 가공공장 시설 수출
- 스마트팜 재배공정 자동화 시스템 개발



[그림 3-3] 스마트팜 현장설치 계측장비 및 운영시스템 개요도


□ 핵심성과




- 한국형 스마트팜 K-플랜트 혁신기술개발 성과



□ 연구성과물 내용 요약

구분	담당	연구성과물	요소기술	개선효과
1핵심	농어촌 연구원	.K-Plant 수출모형(단지형) 	.저코스트온실(PO 필름) .물순환이용 (빗물+양액재이용) .에너지이용(집중형) (펠릿, 신재생 등)	.포스멕 소재 성능 : 일반 철강대비 내구성 1.7배 (50년 이상) 강도 1.15~1.2, 내식성 5배
	조인트리	.K-Plant 통합관제시스템 개발 	.WEF 통합관리 .복합환경제어, 물, 에너지 통합관리 .나노 센서 연계 모니터링	.통합관리로 물, 에너지 효율적 관리
	지엔지테크놀로지	.지하수 겸용 지열이용 냉난방 기술 개발 	.지하수 지열겸용으로 COP 효율 개선 .지열 축열조 이용 하이브리드 난방 기술로 에너지 절감	효율 개선 COP = 4.81 .코스트 절감 10%

구분	담당	연구성과물	요소기술	개선효과
2핵심	씨슬프라이머스	 . WEF Nexus (물, 에너지, 식량연계) 기술기반 지능형 스마트팜 운영플랫폼 .컨테이너형 식물공장	.딥러닝 활용 고품질 생육 프로파일 및 최적 수확시기 분석 .플랜트 양액관리	생산량 30% 증가, 일반 온실대비 4%대 물과 양액 사용
	KT	.스마트 팜 장비/기자재 정보 제공하는 에코솔루션 개발 .재배 생육프로파일 개발 	.스마트팜 기자재/규격 정보 체계화 .데이터 기반 재배지식 프로파일화	고품질 작물 생산

구분	담당	연구성과물	요소기술	개선효과
3핵심	이수 화학	.K-Plant 대상국 네트워크 구축  .국내외 K-Plant 실증단지 구축 .K-Plant 수출 및 사업화 운영	.스마트팜 설계~시공~ 운영 등 전 영역 턴키 방식 프로젝트 수행 능력 .중국, 중앙아, 동남아 등 수출대상국가 네트워크 구축	.실증단지 구축 생산성 분석 . K-Plant (이수형) 사업화
	플랜티팜 (Farm8)	.보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립 및 식물공장, 가공공장 시설 수출 	.공조제어 기술 .광원(LED) 적용 기술 .작물재배 기술	.엽채류 연간 생산성 ; 노 지대비 약 120배 (10*2*2*2*1.5= 120배) 10단기준 : 10배, 재식밀 도 증대 2배 생육소요일수 감소 : 1/2배, 연중재배가능 : 2배, 해충 및 기상이변 피해 저감, 고 품질 가치 상승 : 1.5
	로보 게이트	.재배작물 자동화 시스템 개발 	.하이드로 포닉스 재배공정 자동화 .수확 공정 자동화 등	.노동력 절감 50%

□ K-Smart Farm Plant 개발




- (K-Plant의 정의) 한국형 스마트팜 온실(H/W)에 ICT 기반의 지능적 운영관리 플랫폼(S/W), 재배기술, 가공, 저장, 유통, 교육, BM을 패키지화한 한국형 스마트팜 수출 모델을 말함

경량철골온실(H/W) + 지능형 플랫폼(S/W) + 비즈니스 모델(서비스)




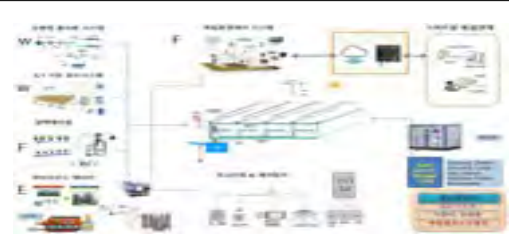
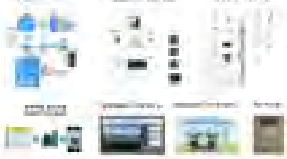


[그림 3-4] 한국형 스마트팜 K-Plant 수출모델 개념도

○ K-Plant의 ICT TYPE 구분

Category	K-1 Type (Entry level)	K-2 Type (ICT O&M Level)	K-3 Type (Auto O&M Level)
Goal	Productivity and Convenience	Productivity, Efficiency, Environmental Intelligence	Process Management, Automation, Integrated management of water, energy and resources
Composition	Smart link (Internet), Sensor nodes, controller nodes	ICT complex environment control Intelligent farming decisions, Cloud service	Resource integration management, robot farming
Core Equipment	ICT complex environment control Monitoring of temperature, humidity, CO2, etc. Shading screen, flow fan, skylight, sidewind control Nutrient supply, air conditioner control Smartphone, Tablet PC	ICT-based complex environment control Sensor-based nutrient solution Intelligent Farming Decision Making with Big Data Wireless communication, cloud	Integrated water + energy management Robotic Cultivation Process Management ICT-based Greenhouse Control GS1-based production, processing and distribution history management
Conceptual Diagram			

○ K-Plant 권역별 수출 모형

- 수출모형(5종) : 중동형, 러시아형, CIS형, 동남아시아형, 동북아시아형

구분	K-Plant 수출모형 5종 설정		K-Plant 수출모형 개념도
K-Plant 표준모형 (5개)			
수출모형 (ICT TYPE) 구분	K-1 Type	K-2 Type	K-3 Type
	 청오엔지니어링	 KT GiGa Farm, IFO Farm	

구분	K-Plant 수출모형 5종 설정		K-Plant 수출모형 개념도		
K-Plant 운영관리 시스템					
	기업형 팜 단지 (보급형: 1.5, 지능형 : 2)		농기형 개별 온실 (보급형: 1.5, 지능형 : 2)		
K-Plant 수출모형 (농기형 기업형)			유리온실	PO필름온실	비닐온실
	테스트 베드	해외생산단지	ICT 이수 모형	재배작물(목표)	
해외 수출 체계 구축	 400평(평택), 300평(중국)	 중국 이닝 5ha	 IFO	750ton of Paprika, 650ton of Tomato 	

○ K-PLANT 요소 기술

- K-Plant WEF 기반 통합관제시스템 : 융합시스템, 특허 출원

구분	기능	WEF 통합관제시스템(통합모니터링+GiGA+에너지관리)		
K-Plant 통합관제 시스템	<ul style="list-style-type: none"> ◦ WEF통합관리 ◦ 복합환경제어 ◦ 에너지 관리 			


○ 포스멕 소재 경량철골온실 : 개발기술, 특허 출원

포스멕 소재 경량철골온실(조립식)	스마트팜 수출모델 (농가형, 기업형)
 <p>포스멕 소재 경량철골온실의 구조와 특징을 설명하는 도면과 사진이 포함되어 있습니다. 주요 내용은 다음과 같습니다:</p> <ul style="list-style-type: none"> 경량철골 구조의 장점: 조립식, 이동성, 내구성. 포스멕 소재의 특성: 내열, 내습, 내충격. 스마트팜 적용 가능성: 자동 관개, 온도/습도 제어. 	 <p>스마트팜 수출 모델의 다양한 형태를 보여주는 사진 모음입니다. 'Fish System' 등 다양한 농업 분야에 적용된 사례가 포함되어 있습니다.</p>

○ 물 순환 및 지열에너지 기술 : 개발기술, 특허 출원

물순환 기술	에너지 기술, 통합관제시스템
 <p>다중수원, 정수처리, 양액재이용</p>	 <p>다중열원 + 히트펌프 + 축열조</p>

○ K-Plant 복합환경제어시스템 : 기존(청오형), 개발(이수형, 썬슬형)

복합환경제어시스템(이수형:IFO)	지능형서비스(i-FDSS) + 마그마
 <p>1.5세대 복합환경제어시스템</p>	 <p>2세대 복합환경제어시스템</p>

○ 냉난방장비 선정기준 및 권역별 적용기술

구분	여건 및 적용기술	권역별 적용기술			
냉난방 장비선정 기준		 <p style="text-align: center;">냉방 형태에 따른 패시브 온실 설계 가이드라인</p>			
아시아 중앙 동북 동남	수자원 풍부 지하수지열검용 냉난방 양액재이용시스템 다중열원냉난방 수경/배드/행인 + 아쿠아포닉스 재배	 <p>지하수지열검용 & 다중열원 냉난방</p>	 <p>양액재이용시스템</p>	 <p>수경/배드/ 행인재배</p>	
중 동	수자원 부족 국가 지하수+하수재이용 다중열원냉난방 수경/배드/행인 + 아쿠아포닉스 재배	 <p>다중열원히트펌프 냉난방</p>	 <p>양액재이용시스템</p>	 <p>친환경재배</p>	
러시아 & 동유럽	수자원과 화석연료 풍부 다중열원히트펌프 & 열병합발전냉난방 양액재이용시스템+ 수경/배드/행인	 <p>다중열원히트펌프 & 열병합발전</p>	 <p>양액재이용 시스템</p>	 <p>수경/배드/ 행인재배</p> <p style="text-align: center;">보광등</p>	

1. 주요 연구성과

1핵심 : 수출형 스마트팜 K-Plant 설계 및 효율개선

- (1) K-Plant 설계 및 해외 사업화
 - 1-1-1 포스멕 소재 경량철골온실 개발
 - 1-1-2 보급형 스마트팜 온실 개발
 - 1-1-3 한국형 스마트팜 수출 모형 K-Plant 개발
 - 1-1-4 ICT 기반 자율형 물순환 시스템 개발
 - 1-1-5 지하수 겸용 지열에너지시스템 개발
 - 1-1-6 스마트팜 온실 에너지원 관리시스템 개발
- (2) K-Plant 통합관제시스템 개발
 - 1-2-1 ICT 기반 통합관제 시스템 개발
 - 1-2-2 스마트팜 에코솔루션과 G-GAP 인증 개발 고도화
 - 1-2-3 CT 기반 통합관제 시스템 개발, 개발업 글로벌 런칭

2핵심 수익성제고 지능형 스마트팜 플랫폼 개발

- (1) i-FDSS 지능형 서비스 개발
 - 2-1-1 생육 정보 이미지 수집 및 분석 시스템(아이센서)
 - 2-1-2 과채류 생육 최적화 모델 수립(인-도어 딸기팜)
 - 2-1-3 생육 정보를 활용한 수확 자동화 플랫폼

3핵심 : 스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 사업화 운영


- (1) 사업화 전략수립 및 사업화 운영
 - 3-1-1 스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 개발
 - 3-1-2 K-Plant 수출을 위한 공유형 체인화 모델 개발
 - 3-1-3 K-Plant 복합환경제어 시스템 개발 및 현장 테스트 실시
- (2) 보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립 및 식물공장, 가공공장 시설 수출
 - 3-2-1 이동식 재배장치 제어기술 개발
 - 3-2-2 식물재배기(파밀로) 개발
 - 3-2-3 보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립
 - 3-2-4 식물공장 운영기술 매뉴얼 및 작업지시서 작성
- (3) 스마트팜 재배공정 자동화 시스템 개발
 - 3-3-1 스마트팜 식물공장 자동화 라인 공정 및 운영기술 개발
 - 3-3-2 식물공장 자동화라인 공급설치 방안 개발
 - 3-3-3 식물공장 자동화라인 상품화 개발, 특허출원 및 시제품제작
 - 3-3-4 식물공장 자동화라인 상품화 마케팅

2. 연구개발 결과

수출형 스마트팜 K-Plant 설계 및 효율개선

(1-1-1) 포스맥 소재 경량철골온실 개발

- 포스맥 소재 경량철골온실에 일체형 천창개폐장치를 부착하여 환경제어 조건을 개선한 온실
- 천창일체형 개폐장치 개발 - 1개의 모터로 다연동 다창을 동시에 개폐가 가능한 온실용 환기장치

구분	세부내용	특징
경량철골온실		내구성 1.7배 (50년 이상) 강도 1.15~1.2 내식성 5배,
일체형 창호 개폐장치		환기성을 좋게 하여 농산물의 당도, 맛, 품질에 중요한 역할, 각종 균, 병해충 예방에 좋음
조립식 시공		조립식 형태로 매뉴얼대로 시공하면 되므로 시공성이 향상되어 시공비 절감 가능

(1-1-2) 보급형 스마트팜 온실 개발

- 포스맥 소재 조립식 경량철골온실에 양액재이용 기능, 에너지 절감 기술을 적용한 스마트팜 온실
- 경량철골온실 + 양액재이용장치 + 1.5세대 복합환경제어 + 지하수 검용 지열시스템



보급형 스마트팜 개념도

보급형 스마트팜 구성도

양액재활용시스템

통합관제시스템 메인화면

스마트팜 에너지관리시스템

(1-1-3) 한국형 스마트팜 수출 모형 K-Plant 개발

- 보급형 스마트팜 온실에 복합환경제어(1. 2단계)를 탑재한 한국형 스마트팜 권역별 수출모형
- Water : ICT base Water Supply, Energy : 지오멤하이브리드+ SF-EMS
- F : GiGA Farming, Fertilizer : 양액재이용 수경재배



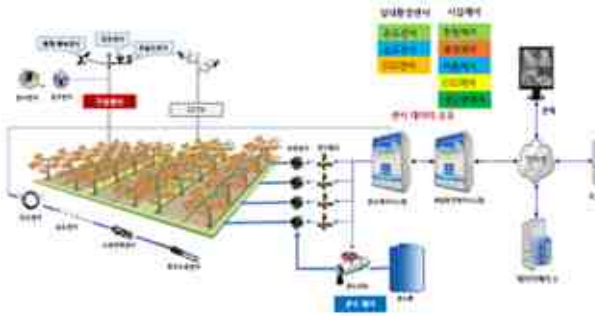
스마트팜 K-Plant 수출모형

2. 연구개발 결과

수출형 스마트팜 K-Plant 설계 및 효율개선

(1-1-4) ICT 기반 자율형 물순환 시스템 개발

- ICT 기반 자율 물관리시스템 개발
 - 스마트 관수 모니터링 및 제어 장치 제작
 - 센서 : 기상센서, 환경센서, 관수센서
 - 제어장치 : 밸브, 펌프 제어



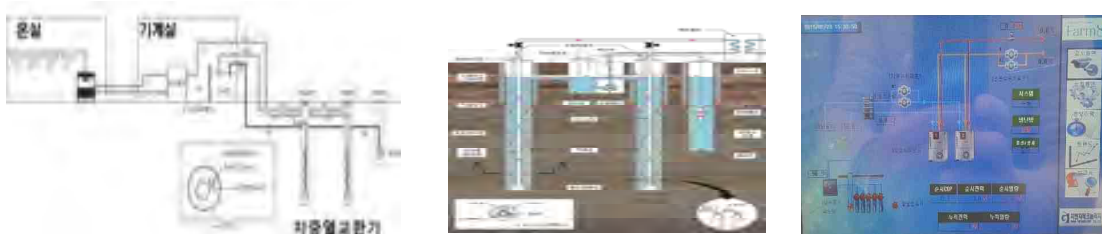
[그림 3-5] ICT 기반 자율 물관리 시스템



[그림 3-6] 스마트 관수제어 시스템

(1-1-5) 지하수 겸용 지열에너지시스템 개발

- 단일순환펌프형 개방형 지열시스템 개발
 - 평택 K-Plant 테스트 베드에서 성능 시험



지하수 겸용 지열에너지 시스템 (지오솨하이브리드)

(1-1-6) 스마트팜 온실 에너지원 관리시스템 개발 (SFEMS : Smart Farm Energy Management System)

- 스마트팜 에너지 사용 현황 가시화 및 피크제어 알고리즘 개발 및 검증
 - 장비별 전력 사용현황 모니터링, 피크전력관리, 에너지사용량 분석 기능 구현
 - 피크제어 알고리즘 적용 운영에 따른 시스템 검증 및 비용 절감 비용 분석 제시



스마트팜 에너지원 관리시스템(Smart Farm Energy Management System)

2. 연구개발 결과

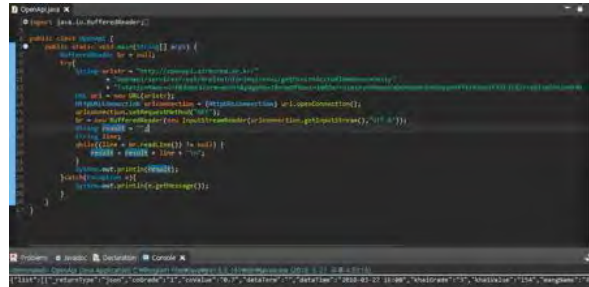
K-Plant 통합관제 시스템 개발

(1-2-1) K-Plant 통합관제 시스템 개발

- K-Plant 통합관제 시스템 개발 및 연동API 개발
 - 한국형 스마트팜 관제 시스템 설계 및 개발
 - 테스트베드 內 단위 환경 시스템 연계 구축
 - API 프로토콜 기반 데이터 연계 시스템 구축



K-Plant 통합관제시스템 메인화면



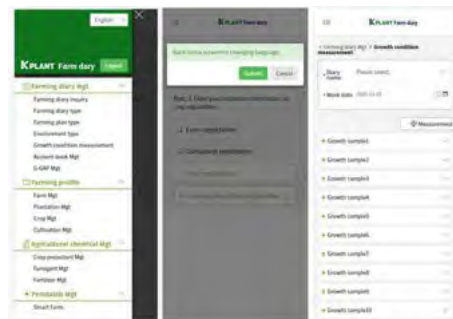
단위 시스템간 API 연계 화면

(1-2-2) 스마트팜 에코솔루션 및 G-GAP 인증앱 고도화

- 글로벌 진출을 위한 해외(영, 중문) 매뉴얼 개발
- 해당 프로그램 기능 고도화



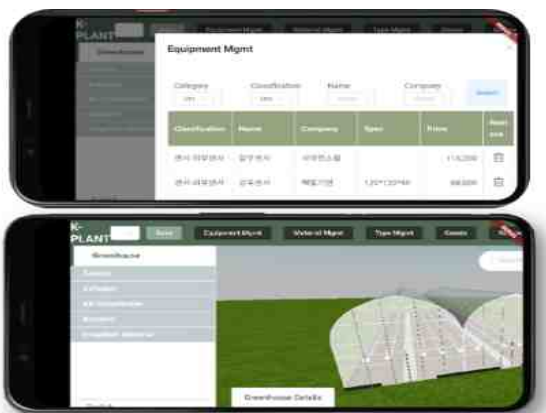
K-Plant 에코솔루션 중문 매뉴얼



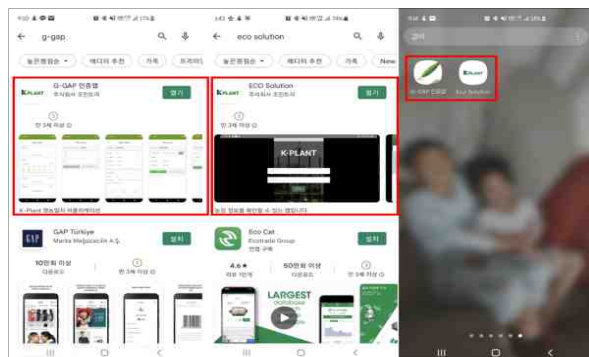
G-GAP 인증앱 버전 기능 고도화

(1-2-3) ICT 기반 통합관제 시스템 개발, 개발앱 글로벌 런칭

- 스마트폰 시대에 따른 어플리케이션 개발 및 글로벌 런칭
 - 개발된 K-Plant 에코솔루션, G-GAP 인증앱 Google Play 런칭



어플리케이션 화면



구글플레이 內 어플리케이션 목록

2. 연구개발 결과

수익성제고 지능형 스마트팜 플랫폼 개발

(2-1-1) 생육 정보 이미지 수집 및 분석 시스템(아이센서)

- 생육 정보 이미지수집 소프트웨어 개발
- 과채류 성숙도에 따른 수확시기 예측
 - 클라우드 기반의 작물 영상 생육정보 DB구축 및 AI 분석 알고리즘
 - 인공지능 활용 작물 기관 분리기술(엽, 화방, 과일 등)



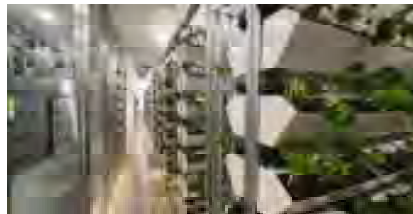
구 성	아이센서 2.0
카메라	LiDAR, 열화상, 분광
이미지	3D Laser Scan, RGBD, 열화상, 분광
RGB/D	Laser Scan: 0.25~9m, 70x55 도 FOV 1024x768 해상도 Depth: 3 μm x 3 μm pixel size, 0.6~6m range, 86°x57°FOV 1280x720 해상도
분광	3μm x 3 μm pixel size 90°FOV, F/NO 해상도, NIR6 bands
임베디드	512-Core Volta GPU w/Tensor Core 8-Core ARM v8.2 32GB LPDDR4, 32GB eMMC 5.1
열화상	640x480, 8~14μm 장파장 적외선, 30Hz
분석시간	3 초

(2-1-2) 과채류 생육 최적화 모델 수립(인-도어 딸기팜)

- 과채류별 생육 최적화 환경 및 조건 수립
- 양액 제어 시스템 구축



인-도어 딸기팜



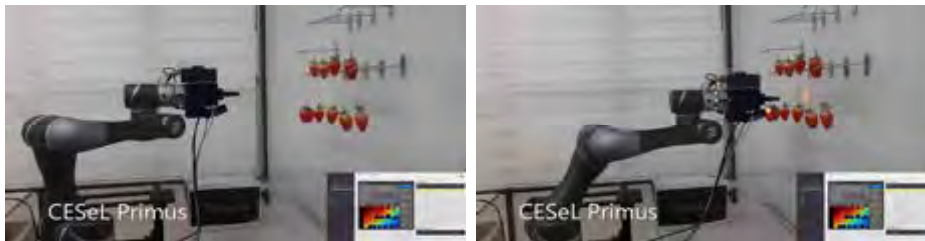
딸기 재배대



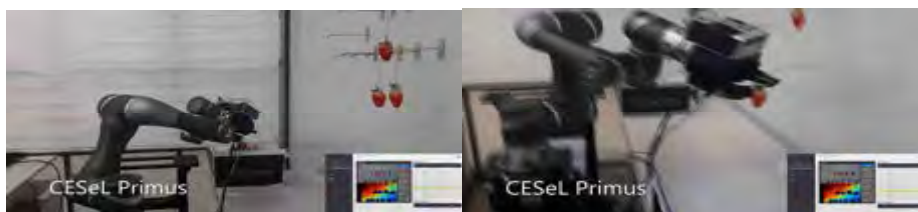
양액 제어기

(2-1-3) 생육 정보를 활용한 수확 자동화 플랫폼

- 아이센서를 활용, 딸기 생육정보 분석 및 수집
- 다관절 로봇을 활용한 수확 자동화 플랫폼 구축



[그림 3-7] 10개의 딸기 수확 및 당도 측정(우측) 모습과 웹 모니터링 화면



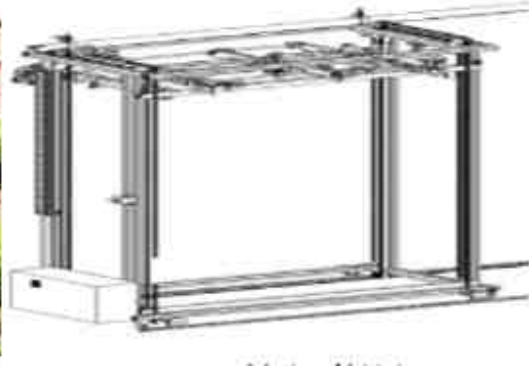
[그림 3-8] 딸기 당도에 의한 선별 작업 수확 (좌, 우측)

2. 연구개발 결과

보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립 및 식물공장, 가공공장 시설 수출

(3-2-1) 이동식 재배장치 제어기술 개발

- 컨테이너 로봇자동화 식물공장 시스템 설계 및 개발
- 양액은 전체, 관수는 동 별, 광은 단 별로 제어 가능
- 환경센서(온습도, 이산화탄소)에 대한 데이터를 수집하도록 메인보드 구성



< 컨테이너 로봇자동화 식물공장 시스템 >

(3-2-2) 식물재배기(파밀로) 개발

- NFT 수경재배 방식을 갖춘 식물재배기
- 자동 pH/EC 보정, 온습도 감지 및 조절 가능
- 센서를 통한 자동 양액 교반 공급 시스템



<식물재배기(파밀로)>

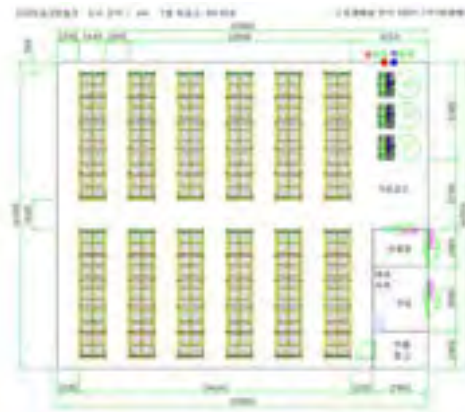
- 특용작물 재배 기술 레시피 작성
 - 특용작물 12종에 대한 생육연구 완료
 - 생육연구 데이터 기반 재배기술 레시피 개발 완료



<특용 작물 재배기술 레시피>

(3-2-3) 보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립

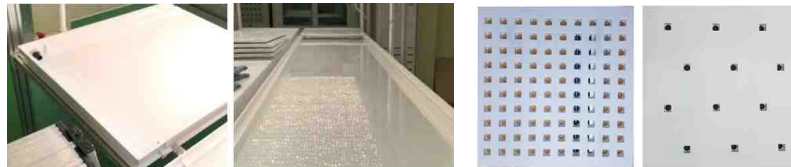
- 단위면적당 생산량 극대화를 위한 공간 활용의 최적화 구현
- 약 4.7억원 예산으로 월 3,700kg 생산 가능한 시스템 개발
- 보급형 재배랙 프레임, 재배베드, 이식 및 정식패널, 양액 순환 시스템, 환경제어시스템 등 개발
- 환경제어시스템의 경우 어플 등으로도 개발되어 언제든지 원격제어 가능



<100평형 표준 식물공장 배치도>

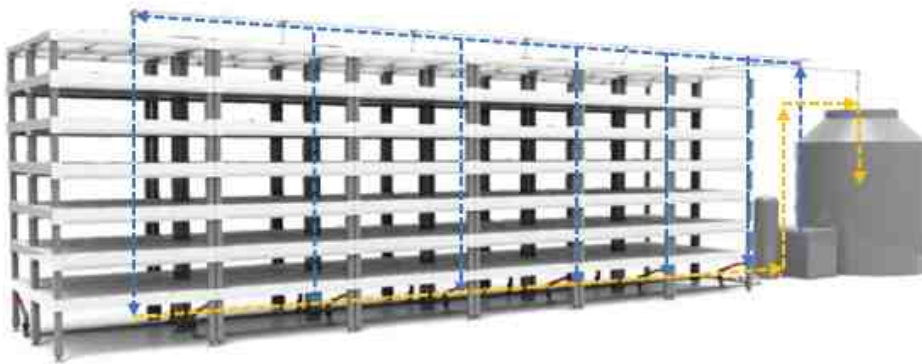


<보급형 재배랙 프레임>



<보급형 재배베드>

<보급형 재배랙용 이식 및 정식 패널>



<보급형 식물공장 양액순환 시스템>



<보급형 환경제어 시스템>

(3-2-4) 식물공장 운영기술 매뉴얼 및 작업지시서 작성

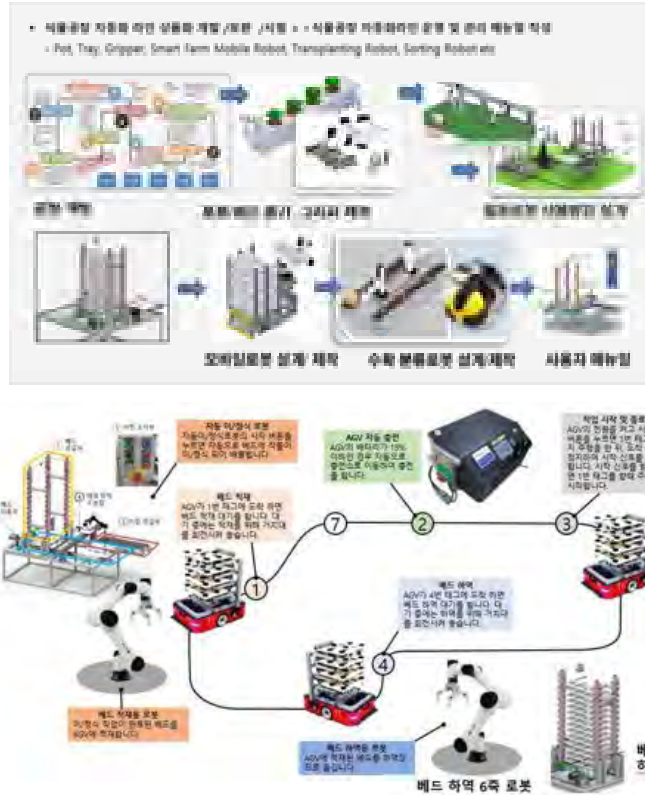
- 파종부터 수확까지 각 단계별 재배 작업 구분, 동작 순서 및 필요 도구 작성
- 공장 내 주요 설비에 대한 관리 작업 구분, 관리 항목, 관리 기준, 관리 주기 및 관리 방법 등 작성
- 각 재배 공정의 작업지시 요약, 작업지시서 및 기록서 등 세부적 기입
- 공정별 작업 방법을 통해 누구나 쉽게 식물공장 내 재배 작업 가능

2. 연구개발 결과

스마트팜 재배공정 자동화 시스템 개발

(3-3-1) 스마트팜 식물공장 자동화 라인 공정 및 운영기술 개발

- 자동화 공정개발 - 공정도 작성
- 시제품, 출시품 제작



[그림 3-10] 스마트팜 자동화 라인 상품화 / 운영기술 개발 - 로보게이트

(3-3-2) 식물공장 자동화라인 공급설치 방안 개발

- 엽채, 과채, 근채류별 식물공장 자동화 구현 솔루션 개발



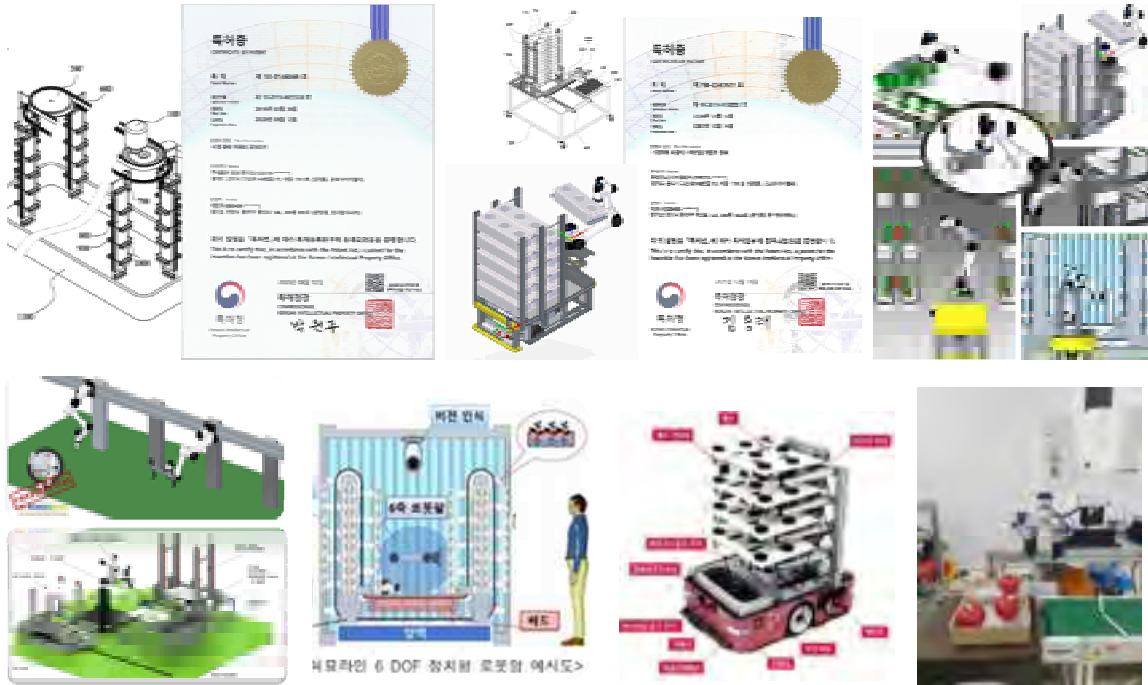
[그림 3-11] 식물공장 자동화라인 공급설치 방안, 특허 - 로보게이트

2. 연구개발 결과

스마트팜 재배공정 자동화 시스템 개발

(3-3-3) 식물공장 자동화라인 상품화 개발, 특허출원 및 시제품제작

- 특허 출원 4건 및 등록 2건, 상표 1건, 시제품 4건, 출시품 3건



[그림 3-12] 식물공장 자동화라인 특허, 시제품 출시 - 로보게이트

(3-3-4) 식물공장 자동화라인 상품화 마케팅

- 동향보고서, 전시회 참가, 마케팅전략 수립, 테스트베드



[그림 3-13] 식물공장 자동화라인 마케팅 전략 - 로보게이트

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

- 논문(국내외 전문 학술지) 게재
- 목표/실적

구분	지표명	기준	점수	1년차		2년차		3년차		4년차		5년차		소계	
				목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
가점	논문	SCI급 건수	2.5												
		비SCI급 건수	2.5			4		1	1	4		1		10	1

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Machine learning application for predicting the strawberry harvesting time	Korean Journal of agricultural science	Mi-Hye Yang ^{1,t} , Won-Ho Nam ^{1,2,*} ,t, Taegon Kim ³ , Kwanho Lee ⁴ , Younghwa Kim ⁵	46(2)	대한민국	농공학회	비SCIE	2019.03.29	2466-2402	

- 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	KOTRA Webina (멕시코)	이창우	2020.10.14.	서울	대한민국
2	2020년도 한국농공학회	박선용 외 7명	2020.10.16	온라인	대한민국
3	2020년 (사)한국생물환경조절학회 추계학술발표회	서범석, 윤두현	2020.10.22.-28	온라인 학술발표회 (www.kshec.kr)	대한민국
4	제2회 한-미안마 ICT컨퍼런스	이창우	2020.11.11.	서울	대한민국
5	2020년 동계종합학술발표회	염정일, 이관호 김영화, 박선	2020.02.05	용평	대한민국
6	2021 한국 스마트워터그리드학회 통합학술대회	김영화, 이공인	2021.11.09	송도컨벤시아	대한민국

- 기술 요약 정보

성과명		국내외 기술 비교	기술의 우월성	기여한 내용
1-1-1	포스멕 소재 경량철골온실 개발	포스멕의 포스멕 신소재로 타국에 비하여 소재 내구성이 우수한 온실	일반철강보다 내식성 5배, 강도 1.15배 강함	포스멕 소재 조립식 경량철골온실 표준도 개발
1-1-2	보급형 스마트팜 온실 개발	국산 장비로 개발되어 시공비가 유리온실 대비 저렴한 플라스틱 온실로	포스멕 소재 경량철골온실과 양액재이용, 지하수 이용 관수와 지열이용 히트펌프로	신 소재 및 신기술 적용으로 온실의 내구성과 생산성, 에너지 효율성이

성과명		국내외 기술 비교	기술의 우월성	기여한 내용
			에너지가 관리가 가능한 한국형 스마트팜 모형	높은 한국형 스마트팜 시스템 체계화, 상용화
1-1-3	한국형 스마트팜 수출 모형 K-플랜트 개발	네덜란드 보다 생산성은 떨어지나, ICT 기술과 국내 개발 신기술을 적용하여 가성비가 우수함	KT GiGA Smart farm Solution 과 전력 피크관리가 가능한 SFEMS 가 연동된 K-Plant 통합관제 시스템 구현	신소재 온실로 구조를 보강하고 ICT로 복합환경 제어와 에너지원 관리가 가능한 K-Plant 수출 모델 개발
1-1-4	ICT 기반 자율형 물순환 시스템 개발	작물에 필요한 물공급을 센서로 모니터링하여 밸브 및 펌프를 제어하여 공급하는 시스템	ICT 기반의 센서로 모니터링하여 작물에 필요한 물을 자율적으로 공급하는 시스템임	ICT 기반 물공급 장비 개발
1-1-5	지하수 겸용 지열에너지시스템 개발	1대의 수중모터 펌프로 수개의 관정을 연계하는 시스템으로 1관정 1개 수중모터펌프를 사용하는 기존 기술과 다름	지하수열을 확보하기 위한 장비비를 줄여 전체 공사비를 절감한 기술임	에너지 사용비용 시공비용 절감
1-1-6	스마트팜 온실 에너지원 관리시스템 개발	국내에서는 태양광, 수소연료전지 등 융합이 진행되고 있음 네덜란드, 캐나다 등도 도입되어 있음	SFEMS 시스템으로 피크으로 전력관리 알고리즘을 통한 스마트팜 전력요금 관리 가능	300평 테스트베드 규모 기준 연간 500만원에 가까운 전력비용절감효과 검증
1-1-7	K-Plant 통합관제시스템 개발	사용자 중심 인터페이스 구성 및 연계성 우수함	국내외 다양한 관제시스템과 연계 가능한 인터페이스 체계 구축	테스트베드 내 온실환경에 대한 모니터링 시스템 검증 및 수출 가능성 시사
1-1-8	K-Plant 에코솔루션	시설원에 분야 온실구축시 필요한 기자재 및 센서 구동장비 관련 정보 체계화하여 웹으로 제공	3D Visibility 기능 탑재를 통한 사용자 편의 성 제공	스마트팜 관련 장비 기자재 정보의 체계적 관리 및 공유 체계 구축
1-1-9	G-GAP 인증앱	국내 GAP 인증 Support와 차별화된 Global GAP 인증 지원앱	CPCC(Check Point and Compliance Criteria) 리스트와 입력데이터 매핑을 통한 문서 출력 기능	G-GAP 인증절차 전산화 및 자동화를 통한 절차 간소화
1-1-10	생육 정보 이미지 수집 및 분석 스템(아이센서)	자체 S/W 개발을 통해 해외제품(네덜란드사)과 비교하여 적은 가격으로 고품질의 시스템 제공 가능	줄기,열매,엽장,크기, 폭, 성숙도 등 다양한 생육정보 수집 및 분석 가능	생육정보 이미지 분석 데이터의 다각화 및 상용화
1-1-11	과채류 생육 최적화 모델 수립(인-도어 딸기팜)			과채류의 종류에 따라 최적화한 스마트팜 모델 수립
1-1-12	생육 정보를 활용한 수확 자동화 플랫폼		자체 S/W를 통해 수집한 데이터를 바탕으로 정확하고 유연한 플랫폼 구축 가능	수확 자동화 플랫폼의 표준안 제시

성과명		국내외 기술 비교	기술의 우월성	기여한 내용
1-1-14	K-Plant 수출을 위한 공유형 체인화 모델 개발	미래 스마트팜 기술과 농업의 현안 문제 해결을 위한 지역 특성 맞춤형 스마트팜 적용 모델 개발	대륙별/국가별 등 지역별 맞춤형 기술개 (적정수준, 적정기술)로 K-Plant 공유형 체인화 모델 수출전략 시발점	한국형 스마트 온실 (1세대) 및 스마트팜 개발 단계별 세대 구분, 국내 적용 사례를 통한 시사점 도출을 통해 선진국, 후진국, 개발도상국 등에 적용 가능한 모델 개발로 중소기업 육성에 기여함
1-1-15	복합환경제어시스템 개발 및 현장 테스트 실시	최신 IoT, AI 기술을 접목하여 기 확보된 복합환경제어시스템을 효율적 활용	운영비용 절감, 생산성 증대하여 첨단 스마트팜 구현	복합환경제어시스템 개발 및 현장 테스트 실시로 일대일로(一帶一路)를 통한 인근지역 수출 확대 전망
1-1-16	컨테이너형 로봇자동화 식물공장	일본 및 국내 등 40ft 컨테이너형 식물공장이 개발되어있지만 로봇자동화 시스템은 소개된적이 없음	환경센서에 대한 데이터를 수집하도록 메인보드 구성. PC 명령에 의해 제어되는 로봇반송시스템이 구비	신선 농산물 확보 어려운 지역 대상 수출 판로 개척 및 도시 내 농업활용
1-1-17	보급형 및 상업형 식물공장	국산 장비로 개발되었으며 월 3,700kg 생산 가능함. 최초로 작업동선 최소화를 위해 소형 바퀴가 적용된 재배 패널 개발	6단에서 8단까지 재배가능하며 알루미늄 재질의 프레임으로 부식 방지 가능. 재배 베드는 일체형 구조로 물빠짐이 원활하고 청소 등 작업 효율성 증대. 재배 패널은 서로 연결되며 소형 바퀴를 적용하여 좌우 슬라이드 움직임이 가능하여 운반 작업 효율성 약 35% 증가	국내외 식물공장 비즈니스 모델 구축 및 생산시스템 보급
1-1-18	작물별 스마트팜(수경재배) 자동화 공정 연계방안 구현	세계적으로 작물별 수경재배 자동화 공정에 대해 연구사례는 찾기 어려움	작물별 각 공정과 각 공정의 자동화 연계기술 분석설계	공정도/설계도/시제품 /테스트
1-1-19	스마트팜(수경재배) 자동화 이정식 로봇	세계최초 로봇에 의한 이정식 자동화 구현	로봇팔과 레일시스템, 베드공급장치를 통한 간단한 구성, 사용자 모듈에 따라 모듈 수정이 쉽다	설계도/시제품/테스트 베드
1-1-20	스마트팜 전용 모바일로봇 "로보누리"	이동형 재배베드 및 다기능 회전식 그리퍼를 통한 모바일 로봇은 최초	이동형 재배베드 및 다기능 회전식 그리퍼를 통한 스마트팜 전용 모바일로봇 구현	설계도/시제품/테스트 베드
1-1-21	스마트팜 전용 회전식 다단 재배판 자율운송 AGV	협동로봇과의 협업을 위한 회전식 재배베드 거치대를 보유한 스마트팜 전용 AGV 구현은 최초	로봇자동화 연계를 위한 통신 및 회전식 재배베드 거치대를 보유한 스마트팜 전용 AGV 구현	설계도/시제품/테스트 베드

[기술적 성과]

- 지식재산권
- 목표/실적

구분	지표명	기준	점수	1년차		2년차		3년차		4년차		5년차		소계	
				목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
기술획득	특허	출원	3	3	4	8	3	3	2	3		6	12	23	24
		등록			1		2	2	3	5	5	3	11	10	14

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	온실용 일체형 창호 개폐장치	대한민국	한국농어 촌공사	2019.03.18	10-2019- 0030361		한국농어촌 공사	2020.05.15	제10-2113 704	100	
2	양액재이용 온실 물공급 시스템	대한민국	한국농어 촌공사	2018.06.26	10-2018- 0073396		한국농어촌 공사	2020.07.20	제10-2137 674	100	
3	스마트 관수제어 시스템 및 그 제어방법	대한민국	나래트랜 드	2019.03.19	10-2019- 0031294					100	
4	스마트팜과 건축물 냉난방을 위한 단일 급수방식을 이용한 지열시스템 및 이의 시공방법	대한민국	지엔지테크 놀러지	2018.12.07	10-2018- 0157452		지엔지테크 놀러지	2019.06.18	제10-1992 308	100	
5	히트펌프를 이용한 해양온도차 발전시스템	대한민국	지엔지테크 놀러지	2018.11.26	10-2018- 0147067					100	
6	수경재배 자동화 공정라인	대한민국	로보 게이트	2019.02.28	10-2019- 0023558		로보 게이트	2020.8.12.	제10-2146 069	100	
7	로봇을 활용한 스마트팜 자동화 시스템	대한민국	세슬프라 이머스		10-2019- 0003426		세슬프라이 머스	2019.08.05	제-10-200 9453	100	
8	다관식 수직밀폐형 지중열교환기를 구성한 지열 시스템 및 이의 설치방법	대한민국	지엔지테크 놀러지	2019.06.26	10-2019- 0076296					100	
9	온실을 관리하는 서버, 방법 및 온실 제어시스템	대한민국	KT	2019.04.30	10-2019- 0050595					100	
10	신규온실 구축을 위한 시뮬레이션 서비스를 제공하는 서버, 방법 및 컴퓨터 프로그램	대한민국	KT	2020.02.26	10-2020- 0023368					100	
11	K-Plant 통합관제 시스템	대한민국	조인트리	2020.02.14	10-2020- 0018230						
12	다단 히트펌프 방식을 이용한 지열 냉난방시스템	대한민국	지엔지테크 놀러지	2020.02.12	10-2020- 0017171		지엔지테크 놀러지	2020.09.21	제10-2160 191	100	
13	방사상 집수정을 이용한 대규모 스마트팜 및 건축물의 지열시스템	대한민국	지엔지테크 놀러지	2019.03.26	10-2019- 0034103		지엔지테크 놀러지	2020.03.19	10-2019-0 034103	100	
14	동일 순환 열매체를 공유하는 밀폐형과 개방형 융합 지중열 교환 시스템 및 이의 시공 방법	대한민국	지엔지테크 놀러지	2020.03.11	10-2020- 0030340					100	
15	스마트팜 구축을 위한 시뮬레이션 시스템	대한민국	조인트리	2020.10.27	10-2020- 0140060					100	

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
16	글로벌 캡 인증지원 영농일지 시스템	대한민국	조인트리	2020.10.27	10-2020- 0140061					100	
17	공기열을 부가한 지열 하이브리드 냉난방 시스템	대한민국	지엔지테크 크놀러지	2020. 01.31	10-2020- 0012244		지엔지테크 놀러지	2020.12.01	10-218776 9	100	
18	다단 히트펌프 방식을 이용한 지열 냉난방시스템	대한민국	지엔지테크 크놀러지	2020. 02.12	10-2020- 0017171		지엔지테크 놀러지	2020.09.21	10-216019 1	100	
19	고밀도 컨테이너 팜	대한민국	(주)세슬프 라이어머스	2021.07.21	10-2021- 0095622	1-1-2021 -0841565 -39					
202	통합생육 플랫폼	대한민국	(주)세슬프 라이어머스	2021.07.21	10-2021- 0095621	1-1-2021 -0841564 -94					
21	작물 자동 영상 취득 시스템, 장치 및 취득된 작물 영상의 진단방법	대한민국	(주)세슬프 라이어머스	2021.07.22	10-2021- 0096722	1-1-2021 -0850506 -67					
22	컨테이너 박스와 로봇을 이용한 작물재배 자동화 시스템	대한민국	(주)로보게 이트	2021.04.23	10-2021- 0052932	1-1-2021 -0477317 -39					
23	행잉 슬라이딩 방식과 과채류 무인화 자동 스마트팜 재배시스템	대한민국	(주)로보게 이트	2021.07.08	10-2021- 0089785	1-1-2021 -0789697 -47					
24	ROMES	대한민국	(주)로보게 이트	2021.05.03	40-2021- 0091813	1-1-2021 -0514566 -04					
25	지열교환관의 유밴드부를 보호하는 수직밀폐형 지열 지중열 교환 장치와 이에 포함되는 지열교환관 유밴드부 보호용 가이드 하중밴드 및 이의 시공방법	대한민국	(주)지앤지 테크놀러 지	2021.06.14	10-2021- 0076818	1-1-2021 -0683229 -41					
26	수경재배 식물의 스마트팜 자동화 설비	대한민국	(주)로보게 이트	2019.12.13	10-2019- 0166559	1-1-2019 -1289874 -14	-	-	-		
27	식육 생육 모니터링 제어 시스템 및 식육 생육 모니터링 제어 방법	대한민국	(주)세슬프 라이어머스	2020.03.31	10-2020- 0039434			2021.08.25	10-229621 6		
28	스마트팜 건축물 냉난방을 위한 단일 급수방식을 이용한 지열시스템 및 이의 시공방법	미국	(주)지앤지 테크놀러 지	2021.06.01	17298670				17/298,670		
29	스마트팜 건축물 냉난방을 위한 단일 급수방식을 이용한 지열시스템 및 이의 시공방법	영국	(주)지앤지 테크놀러 지	2019.11.28	2108115. 3			2021.06.07			

저작권(소프트웨어)

목표/실적

구분	지표명	기준	점수	1년차		2년차		3년차		4년차		5년차		소계	
				목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
기술획득	산업저작권	등록	2					1	2					1	2

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
1	스마트팜 에코솔루션	2020.01.22	KT	2020.01.31	110111-1468754	주식회사 케이티	100
2	딸기의 성숙도 평가를 위한 Deep Learning 기반 딸기 이미지 분류 소프트웨어	2020.01	세슬프라이머스	2020.01.17.	등록예정	세슬	100%

신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호기간	지정번호
1	지열공내 환수관헷더를 이용한 송환장애방지 개방형 우물공 기술	2016년 3월 24일		2016.03.24. ~ 2027.03.23.	제495호
2	물 넘침을 이용한 단일급수방식 농업용 지열시스템	2020년 9월 10일		2020.09.10. ~ 2022.09.09.	제61-086호

기술 및 제품 인증 (시험인증)

목표/실적

구분	지표명	기준	점수	1년차		2년차		3년차		4년차		5년차		소계	
				목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
제품화	시험인증	건수	10					1	1					1	1

번호	인증분야	인증기관	인증내용		인증획득일	국가명
			인증명	인증번호		
1	식물공장	2019.09.25.	식물공장을 재배하기 위한 LED KC인증		2019.09.25.	대한민국

[경제적 성과]

- 시제품 제작
- 목표/실적

구분	지표명	기준	점수	1년차		2년차		3년차		4년차		5년차		소계	
				목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
제품화	시제품	건수	1			4	3	1	8	1	3			6	14

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	스마트 관수제어 시스템	2018/2018	나래트랜드					
2	스마트팜 자동로봇 이송시스템	2018/2018						
3	AlphaCon2	2018/2018						
4	컨테이너팜	2021.12	씨슬프라이머스	대전	작물재배	2년		
5	아이센서	2021.02	씨슬프라이머스	광고 등	정보 수집/분석	2년		
6	알파팜	2021.11	씨슬프라이머스	광고 등	작물재배	2년		
7	지오멤하이브리드		지엔지테크놀러지					
8	스마트팜 에코솔루션		KT					
9	수경재배 자동화		로보게이트					
10	수경재배 베드 청소기		팜에이트					
11	IFO 솔루션		이수화학					
12	스마트팜 자동화 AGV 로봇누리		로보게이트					
13	이식로봇 V2020		로보게이트					
14	ROS 테스트봇		로보게이트					

□ 출시품 내역

○ 목표/실적

구분	지표명	기준	점수	1년차		2년차		3년차		4년차		5년차		소계	
				목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
제품화	출시품	건수	10			3	3	3	4	1	1			7	8

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	Farmillo	2018/2018						
2	컨테이너 로봇자동화 재배시스템	2018/2018						
3	로봇청소기	2018/2018						
4	HMI 환경제어기	2019	세슬프라이머스					
5	K-Plant 에코솔루션	2020	(주)조인트리	프로그램	가상견적	2년		
6	스마트 관수제어 시스템	2018/2018	나래트랜드					
7	스마트팜 자동로봇 이송시스템	2018/2018						
8	AlphaCon2	2018/2018						
9	컨테이너팜	2021.12	세슬프라이머스	대전	작물재배	2년		
10	아이센서	2021.02	세슬프라이머스	광고 등	정보 수집/분석	2년		
11	알파팜	2021.11	세슬프라이머스	광고 등	작물재배	2년		
12	지오멤하이브리드		지엔지테크놀러지					
13	스마트팜 에코솔루션		KT					
14	수경재배 자동화		로보게이트					
15	수경재배 베드 청소기		팜에이트					
16	IFO 솔루션		이수화학					
17	스마트팜 자동화 AGV 로봇누리							
18	이식로봇 V2020							
19	ROS 테스트봇							
20	로보누리	2021.12.31	로보게이트			3.6년		

[그 밖의 성과]

(1) 신시장 개척 현황

구분	추진 단계			비고
	제안단계	협상단계	사업화	
① 쿠웨이트 K-스마트팜		○		'22.1.20 세슬 구축사이트 방문 및 미팅
② 브루나이	○			Offer 완료, 태국 인-도어 팜 사업 진행 주시
③ 태국 인-도어 딸기팜		○		1·2차 제안, 투자자 의사 결정 기간 소요
④ 키르기스스탄 ODA		○		글로벌 농산물 생산 거점 구축 협의 중
⑤ 우즈베키스탄 ODA			○	사업 참여 확정, '22년 2월 추진 예정
⑥ 몽골 사업 진출	○			'22.1.13 유통사업자 미팅 진행
⑦ 태국 스무드커넥션	○			의료용 대마 라이선스 진행 기간 소요
⑧ 피지 컨테이너팜	○			1차 Offer 완료, 코로나 확산으로 사업 일시 중단
⑨ 방글라데시 온실사업	○			1차 Offer 완료

① 쿠웨이트

사업목표	중동 지역 스마트팜 플랫폼 레퍼런스 사이트 구축
-------------	----------------------------

전략제품	◆ 인-도어 엽채소 식물 공장	◆ 컨베이어컬처 플랫폼 새싹 채소 재배
-------------	------------------	-----------------------

사업추진 현황	<p>* 현재 상황</p> <ul style="list-style-type: none"> - 한쿠웨이트 스마트팜 포럼 - GCC 지역 대규모 한국형 인-도어 스마트팜 착공 MOU 체결 - 세슬, 구축사이트·IR자료·기술동영상·CAPA 등 전달 - 12/14, 쿠웨이트 현지 포미트와 줌 화상회의 - 포미트 국내 담당자와 컨택 및 협의 후 당사 방문일정 조율 - '22년 1/20, 아브뉴프랑 광고 딸기 인-도어팜에서 미팅 진행 <p>* 향후 계획</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기술력 입증 및 K-스마트팜 참여 추진 - 국내 스타트업 컨소시엄을 통한 쿠웨이트 시장내 경쟁력 확보 - 유럽·CIS 시장 진출을 위한 실증 및 상용화 사이트로 활용
--------------------	--



② 브루나이

사업목표	농업 취약 국가내 시장 우선 점유
전략제품	◆ 컨베이어컬처 플랫폼 보급 ◆ 인-도어 딸기팜 구축
사업추진 현황	<p>* 현재 상황</p> <ul style="list-style-type: none"> - 태국 바이어를 통한 브루나이 자원 장관 컨택 - 브루나이 특수성 교감 : 100%농산물 수입국가(말레이시아, 태국 등에서 수입에 의존) - 정부 차원 교역 진행 전 마켓테스트 요청 : 정부 사업시 입찰 등 다양한 분야에서 애로사항 발생 - '21.8월 컨베이어컬처 플랫폼 견적서 발송 완료 - '21.10월 인-도어 딸기팜에 관심 표현 - '21.11월 태국 인도어 딸기팜 진행 관련 주시한다는 의견 전달 <p>* 향후 계획</p> <ul style="list-style-type: none"> - 태국 인-도어팜 사업 추진과 연동하여 지속적인 스킵업 - 국내 컨베이어컬처 플랫폼 활성화 자료 전달 : 기술 검증을 통한 사업 안전성 및 수익성 강조 - 초기 소규모, 점진적으로 Scale-Up 전략 실행

③ 태국

사업목표	동남아 시장 K-브랜드 딸기 프랜차이즈 사업
전략제품	◆ 인-도어 딸기팜(신품종 공급, 육묘시설 포함)
사업추진 현황	<p>* 현재 상황</p> <ul style="list-style-type: none"> - 파트너사 (주)두루무역을 통한 태국 현지 바이어 발굴 - 초기 의료용 대마의 태국 합법화에 따른 스마트 온실 마켓 니즈 파악 협업 - 세슬, 아브뉴프랑 광고 인-도어 딸기팜 시공 내용 공유에 따른 태국내 한국 딸기 재배 사업화 관심 - 1차 컨테이너팜 제안 -> 2차 인-도어 딸기팜 제안 완료 - 방콕 봉쇄 등 코로나로 인한 대내환경 경색에 따라 투자심리 위축 상태 - '21.11월 태국 내 700여개 지점 가진 아마존 까페와 협력 사업 미팅 진행 중이라 전달 : 한국 딸기에 관심 높음 - '22.1월 투자자 재미팅 등 다각적인 사업화 방안 모색 중 <p>* 향후 계획</p> <ul style="list-style-type: none"> - 아브뉴프랑 광고 인-도어 딸기팜 본격적인 수확 시점에 맞추어 영상 등 시각적인 자료 전달 : 니즈 환기 - 상용화 인-도어 딸기팜 본격화에 따른 구체적인 ROI 등 데이터 기반 접근 - 태국 내 타바이어 발굴을 통한 인-도어 딸기팜 보급화 기반 조성

④ 키르기스스탄

사업목표	유럽·CIS 농산물 유통 거점 구축
전략제품	◆ 스마트 온실 구축(현지화된 스마트팜, 육묘 시설 등)
사업추진 현황	<p>* 현재 상황</p> <ul style="list-style-type: none"> - 농정원 키르기스스탄 스마트팜 ODA 선정 - 충북도청 원스톱 농가공 유통 시스템 예비조사 중  <ul style="list-style-type: none"> - '22.3월 키르기스스탄 농업 수출 특구 준공식 시행 - 키르기스스탄에 10개 농업/제조 관련 기업 및 기관 유치시 농협에서 센터 - 구축 가능 : 이와 관련 참여 논의 - 온실, 농자재, 스마트팜, 유통 관련 기업으로 참여가 관건  <p>* 향후 계획</p> <ul style="list-style-type: none"> - 협력 사업 구체화 단계 : 플랫폼 구축, 투자, 운영에 대한 협의 - 전체 사업 ROI 분석 및 현지화 사업 경쟁력 분석 - ODA 사업 진행에 대한 당사 포지션 확립

⑤ 우즈베키스탄

사업목표	스마트팜 CIS 거점단지 조성
------	------------------

전략제품	◆ 스마트팜 설치 및 사후 관리
------	-------------------

사업추진 현황	<p>* 현재 상황</p> <p>- 참여기관</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 30%;">구 분</th> <th style="width: 60%;">참여기관(대표자)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">한 국</td> <td>주관기업</td> <td>하이롬(이을용대표)</td> </tr> <tr> <td>대 학</td> <td>국립 전남대학교 (이정현 교수)</td> </tr> <tr> <td>정 부</td> <td>담양군(최형식 군수)</td> </tr> <tr> <td>연구소</td> <td>(사)한국온실작물연구소</td> </tr> <tr> <td>참여기업</td> <td>티에스팜(이상현대표)</td> </tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td>참여기업</td> <td>세슬프라이머스(이관호대표)</td> </tr> <tr> <td>우즈베키스탄</td> <td></td> <td>국립 농업대학 참여기업</td> </tr> </tbody> </table> <p>- 스마트팜 단지 조성 : ~23년 9ha</p> <p>- '22.2월부터 사업 추진 본격화에 따라 사업 계획 수립</p> <p>* 향후 계획</p> <p>- 한국 스마트팜 패키지 수출 기회 확보</p> <p>- 우즈베키스탄 정부의 스마트팜 정책 연착륙 경주</p> <p>- 딸기 묘 생산부터 스마트팜 재배, 유통, 가공에 이르는 전주기 공정에 일부 참여 계획</p>		구 분	참여기관(대표자)	한 국	주관기업	하이롬(이을용대표)	대 학	국립 전남대학교 (이정현 교수)	정 부	담양군(최형식 군수)	연구소	(사)한국온실작물연구소	참여기업	티에스팜(이상현대표)	참여기업	세슬프라이머스(이관호대표)	우즈베키스탄		국립 농업대학 참여기업
		구 분	참여기관(대표자)																	
한 국	주관기업	하이롬(이을용대표)																		
	대 학	국립 전남대학교 (이정현 교수)																		
	정 부	담양군(최형식 군수)																		
	연구소	(사)한국온실작물연구소																		
	참여기업	티에스팜(이상현대표)																		
	참여기업	세슬프라이머스(이관호대표)																		
우즈베키스탄		국립 농업대학 참여기업																		

⑥ 몽골 사업 진출

사업추진 현황	<p>* 현재 상황</p> <p>- 몽골 울란바토르 인근 업체소·과채류 재배 공간 확보(VR월드)</p> <p>- 스마트팜 적용의 재배시설 구축 의뢰 : '22.1.13일 사업화 미팅</p> <p>* 향후 계획</p> <p>- 1차로 몽골 현지화된 설비 Design 및 Offer</p>
------------	--

⑦ 태국 스무드 커넥션

사업추진 현황	<p>* 현재 상황</p> <p>- 태국 의료용 대마 합법화에 따른 라이선스 진행 중</p> <p>* 향후 계획</p> <p>- 라이선스 확보 후 의료용 대마 스마트 온실 구축 재논의</p>
------------	--

⑧ 피지 컨테이너 팜

사업추진 현황	<p>* 현재 상황</p> <p>- 코로나로 인한 피지 관광업 등 전면 봉쇄 상황</p> <p>* 향후 계획</p> <p>- 관광업 재개 시 재논의</p>
------------	--

⑨ 방글라데시 온실 사업

사업추진 현황	<ul style="list-style-type: none"> * 현재 상황 <ul style="list-style-type: none"> - 스마트팜 현지화에 대해 논의했으나, 현재로선 시장 규모 작음 * 향후 계획 <ul style="list-style-type: none"> - 글로벌 스마트팜 보급 활성화 시 재논의
--------------------	--

(2) 사업화 추진현황 - 플랜티팜

가. 매출 현황

구분	전년도 실적 (A)	달성실적(B)		증가율(% (B-A)/A
		2017.10 ~ 2021.12.31		
계	-	21		-
국내	-	20		-
국외	-	1		-
해당과제 매출액 세부내용				
구분	공사/제품명	일자	발주/판매처	금액
계				2,410,453,000
국내	파밀로(식물재배기) 판매	21.01	(주)기반테크/플랜티팜	13,000,000
국내	인도어팜 구축	21.02	서울시립은평청소년미래진로센터/플랜티팜	11,100,000
국내	파밀로(식물재배기) 판매	21.02	(주)한설그린/플랜티팜	12,500,000
국내	인도어팜 구축	21.03	(사)통일문화연구원/플랜티팜	13,000,000
국내	인도어팜 구축	21.05	(주)이에이코퍼레이션우사/플랜티팜	30,000,000
국내	인도어팜 구축	21.05	(주)스마트팜센터 /플랜티팜	38,000,000
국내	파밀로(식물재배기) 판매	21.05	경기도광명교육지원청 /플랜티팜	13,000,000
국내	인도어팜 구축	21.06	(주)스마트팜센터/플랜티팜	15,300,000
국내	인도어팜 구축	21.06	(주)한울종합건설/플랜티팜	138,880,000
국내	인도어팜 구축	21.08	(주)대전신세계/플랜티팜	44,299,000
국내	파밀로(식물재배기) 판매	21.08	동아대학교산학협력단 /플랜티팜	130,000,000
국내	인도어팜 구축	21.08	DK에코팜/플랜티팜	68,181,000
국내	인도어팜 구축	21.08	(주)드림텍/플랜티팜	226,000,000
국내	인도어팜 구축	21.09	바른팜/플랜티팜	550,000,000
국내	인도어팜 구축	21.09	로보팜/플랜티팜	12,680,000
국내	인도어팜 구축	21.09	(주)샐리의식탁/플랜티팜	187,222,000
국내	인도어팜 구축	21.09	보리스토리지/플랜티팜	132,778,000
국내	파밀로판매	21.10	부산광역시농업기술센터/플랜티팜	13,000,000
국내	인도어팜 구축	21.10	(주)인테크디자인/플랜티팜	78,261,000
국내	인도어팜 구축	21.10	인천경영중학교/플랜티팜	139,909,000
국외	인도어팜 구축	21.11	(주)포미트/플랜티팜	543,343,000

나. 추진 내역

사업화 대상기술명	○ 주식회사 기반테크
사업화 대상기술 개요	○ 파밀로 (식물재배기) 판매
사업화 목표	○ 엽채류 재배용 식물재배기 제공 및 재배 교육
사업화 추진결과	○ 식물재배기 구축 완료
사업화 추진성과	○ 매출액 13,000,000원 달성
성과 활용계획	○ ICT 스마트팜 기술 발전 및 보급 확대, 농업기술 경쟁력 강화효과 및 수익증대 ○ 안전하고 신선한 채소의 소비자 공급으로 채소소비 확대 기여 ○ 식물재배기 교육을 통한 홍보효과
사업화 대상기술명	○ 서울 시립 은평 청소년 미래진로센터
사업화 대상기술 개요	○ 인도어팜 구축
사업화 목표	○ 인도어팜 구축 및 재배 교육
사업화 추진결과	○ 인도어팜 구축 완료
사업화 추진성과	○ 매출액 11,100,000원 달성
성과 활용계획	○ 식물공장 및 재배 교육을 통한 홍보효과 ○ 청소년들의 식물에 대한 이해 증가 ○ ICT 스마트팜 기술 발전 및 보급 확대
사업화 대상기술명	○ ㈜한설그린
사업화 대상기술 개요	○ 파밀로 (식물재배기) 판매
사업화 목표	○ 엽채류 재배용 식물재배기 제공 및 재배 교육
사업화 추진결과	○ 식물재배기 구축 완료
사업화 추진성과	○ 매출액 12,500,000원 달성
사업화 성과 활용계획	○ ICT 스마트팜 기술 발전 및 보급 확대 ○ 안전하고 신선한 채소의 소비자 공급으로 채소소비 확대 기여 ○ 식물재배기 교육을 통한 홍보효과
사업화 대상기술명	○ (사)통일문화연구원
사업화 대상기술 개요	○ 파밀로 (식물재배기) 판매
사업화 목표	○ 엽채류 재배용 식물재배기 제공 및 재배 교육
사업화 추진결과	○ 식물재배기 구축 완료
사업화 추진성과	○ 매출액 13,000,000원 달성
사업화 성과 활용계획	○ ICT 스마트팜 기술 발전 및 보급 확대 ○ 식물재배기 교육을 통한 홍보효과
사업화 대상기술명	○ ㈜이에이코퍼레이션우사
사업화 대상기술 개요	○ 인도어팜 구축
사업화 목표	○ 인도어팜 구축 및 재배 교육
사업화 추진결과	○ 인도어팜 구축 완료
사업화 추진성과	○ 매출액 30,000,000원 달성
사업화 성과 활용계획	○ 식물공장 및 재배 교육을 통한 홍보효과 ○ 농업기술 수익증대 ○ ICT 스마트팜 기술 발전 및 보급 확대

사업화 대상기술명	○ (주)스마트팜 센터
사업화 대상기술 개요	○ 인도어팜 구축
사업화 목표	○ 인도어팜 구축 및 재배 교육
사업화 추진결과	○ 인도어팜 구축 완료
사업화 추진성과	○ 매출액 38,000,000원 달성
사업화 성과 활용계획	○ 식물공장 및 재배 교육을 통한 홍보효과 ○ 농업기술 수익증대 ○ ICT 스마트팜 기술 발전 및 보급 확대 ○ 신규 일자리 창출
사업화 대상기술명	○ 경기도광명교육지원청
사업화 대상기술 개요	○ 파밀로 (식물재배기) 판매
사업화 목표	○ 업체류 재배용 식물재배기 제공 및 재배 교육
사업화 추진결과	○ 식물재배기 구축 완료
사업화 추진성과	○ 매출액 13,000,000원 달성
사업화 성과 활용계획	○ ICT 스마트팜 기술 발전 및 보급 확대 ○ 식물재배기 교육을 통한 홍보효과
사업화 대상기술명	○ (주)한울종합건설
사업화 대상기술 개요	○ 인도어팜 구축
사업화 목표	○ 인도어팜 구축 및 재배 교육
사업화 추진결과	○ 인도어팜 구축 완료
사업화 추진성과	○ 매출액 138,880,000원 달성
사업화 성과 활용계획	○ 식물공장 및 재배 교육을 통한 홍보효과 ○ 농업기술 수익증대 ○ ICT 스마트팜 기술 발전 및 보급 확대
사업화 대상기술명	○ (주)대전신세계
사업화 대상기술 개요	○ 인도어팜 구축
사업화 목표	○ 인도어팜 구축 및 재배 교육
사업화 추진결과	○ 인도어팜 구축 완료
사업화 추진성과	○ 매출액 44,299,000원 달성
사업화 성과 활용계획	○ 식물공장 및 재배 교육을 통한 홍보효과 ○ 인테리어 및 마케팅 효과 ○ 안전하고 신선한 채소의 소비자 공급으로 채소소비 확대 기여
사업화 대상기술명	○ 동아대학교 산학협력단
사업화 대상기술 개요	○ 파밀로 (식물재배기) 판매
사업화 목표	○ 업체류 재배용 식물재배기 제공 및 재배 교육
사업화 추진결과	○ 식물재배기 구축 완료
사업화 추진성과	○ 매출액 13,000,000원 달성
사업화 성과 활용계획	○ ICT 스마트팜 기술 발전 및 보급 확대 ○ 식물재배기 교육을 통한 홍보효과 ○ 인테리어 효과

사업화 대상기술명	○ DK에코팜
사업화 대상기술 개요	○ 인도어팜 구축
사업화 목표	○ 인도어팜 구축 및 재배 교육
사업화 추진결과	○ 인도어팜 구축 완료
사업화 추진성과	○ 매출액 68,181,000원 달성
사업화 성과 활용계획	○ 식물공장 및 재배 교육을 통한 홍보효과 ○ 농업기술 수익증대 ○ ICT 스마트팜 기술 발전 및 보급 확대 ○ 신규 일자리 창출
사업화 대상기술명	○ ㈜드림텍
사업화 대상기술 개요	○ 인도어팜 구축
사업화 목표	○ 인도어팜 구축, 시설 및 재배 교육
사업화 추진결과	○ 인도어팜 구축 완료
사업화 추진성과	○ 매출액 226,000,000원 달성
사업화 성과 활용계획	○ 식물공장 및 재배 교육을 통한 홍보효과 ○ 농업기술 수익증대 ○ ICT 스마트팜 기술 발전 및 보급 확대 ○ 신규 일자리 창출
사업화 대상기술명	○ 바른팜
사업화 대상기술 개요	○ 인도어팜 구축
사업화 목표	○ 인도어팜 구축, 시설 및 재배 교육
사업화 추진결과	○ 인도어팜 구축 완료
사업화 추진성과	○ 매출액 550,000,000원 달성
사업화 성과 활용계획	○ 식물공장 및 재배 교육을 통한 홍보효과 ○ 농업기술 수익증대 ○ ICT 스마트팜 기술 발전 및 보급 확대 ○ 신규 일자리 창출
사업화 대상기술명	○ 로보팜
사업화 대상기술 개요	○ 인도어팜 구축
사업화 목표	○ 인도어팜 구축
사업화 추진결과	○ 인도어팜 구축 완료
사업화 추진성과	○ 매출액 12,680,000원 달성
사업화 성과 활용계획	○ 농업기술 수익증대 ○ ICT 스마트팜 기술 발전 및 보급 확대
사업화 대상기술명	○ ㈜샐리의식탁
사업화 대상기술 개요	○ 인도어팜 구축
사업화 목표	○ 인도어팜 구축 및 시설 교육
사업화 추진결과	○ 인도어팜 구축 완료
사업화 추진성과	○ 매출액 187,222,000원 달성
사업화 성과 활용계획	○ 농업기술 수익증대 ○ ICT 스마트팜 기술 발전 및 보급 확대 ○ 신규 일자리 창출

사업화 대상기술명	○ 보리 스토리지
사업화 대상기술 개요	○ 인도어팜 구축
사업화 목표	○ 인도어팜 구축, 시설 및 재배 교육
사업화 추진결과	○ 인도어팜 구축 완료
사업화 추진성과	○ 매출액 132,222,000원 달성
사업화 성과 활용계획	○ 농업기술 수익증대 ○ ICT 스마트팜 기술 발전 및 보급 확대 ○ 안전하고 신선한 채소의 소비자 공급으로 채소소비 확대 기여
사업화 대상기술명	○ 부산광역시 농업기술센터
사업화 대상기술 개요	○ 파밀로 (식물재배기) 판매
사업화 목표	○ 엽채류 재배용 식물재배기 제공 및 재배 교육
사업화 추진결과	○ 식물재배기 구축 완료
사업화 추진성과	○ 매출액 11,818,000원 달성
사업화 성과 활용계획	○ ICT 스마트팜 기술 발전 및 보급 확대 ○ 식물재배기 교육을 통한 홍보효과 ○ 연구 목적 활용
사업화 대상기술명	○ (주)인테크디자인
사업화 대상기술 개요	○ 인도어팜 구축
사업화 목표	○ 인도어팜 구축, 시설 및 재배 교육
사업화 추진결과	○ 인도어팜 구축 완료
사업화 추진성과	○ 매출액 78,261,000원 달성
사업화 성과 활용계획	○ 식물공장 및 재배 교육을 통한 홍보효과 ○ 농업기술 수익증대 ○ ICT 스마트팜 기술 발전 및 보급 확대
사업화 대상기술명	○ 인천경영중학교
사업화 대상기술 개요	○ 인도어팜 구축
사업화 목표	○ 인도어팜 구축, 시설 및 재배 교육
사업화 추진결과	○ 인도어팜 구축 완료
사업화 추진성과	○ 매출액 139,909,000원 달성
사업화 성과 활용계획	○ 식물공장 및 재배 교육을 통한 홍보효과 ○ 농업기술 수익증대 ○ ICT 스마트팜 기술 발전 및 보급 확대

사업화 대상기술명	○ (주)포미트
사업화 대상기술 개요	○ 인도어팜 구축
사업화 목표	○ 인도어팜 구축, 시설 및 재배 교육
사업화 추진결과	○ 인도어팜 시공중
사업화 추진성과	○ 매출액 543,343,000원 달성 (전체 12억 중 일부)
사업화 성과 활용계획	○ 식물공장 및 재배 교육을 통한 홍보효과 ○ 농업기술 수익증대 ○ ICT 스마트팜 기술 발전 및 보급 확대 ○ 안전하고 신선한 채소의 소비자 공급으로 채소소비 확대 기여 ○ 신규 일자리 창출

(2) 사업화 추진현황 - 씨슬프라이머스

가. 매출현황

구분	전년도 실적 (A)	달성실적(B)		증가율(% (B-A)/A
		협약월 ~ 협약 종료월		
계	1	3		200%
국내	1	3		200%
국외	.	.		.

해당과제 매출액 세부내용				
구분	공사/제품명	일자	발주/판매처	금액
계				115,100,000
국내	아이센서	20.12.23	전남농업기술원	9,400,000
국내	아이센서	21.1.21	한국 온실작물연구소	6,000,000
국내	탄소 포집 컨테이너팜	21.12.27	LH 한국토지주택공사	99,700,000

나. 추진 내역

사업화 대상기술명	○ 환경제어 시스템 및 아이센서
사업화 대상기술 개요	○ 생육 DB 구축 및 생육상태 자동 모니터링 시스템 - 환경 데이터 DB 구축 - 엽장 등 생장정보, 식생지수, 당도, 색상, 형상, 위치 등 파악
사업화 목표	○ 11개 작목에 대한 생육 최적화 데이터 베이스 구축 및 딥러닝 프로세서 탑재한 저전력, 고성능 이미지 프로세싱 솔루션을 탑재한 스마트팜 시스템 보급
사업화 추진결과	○ 전국 11개 농장 제어시스템 구축 - 경기 농기원 : 오이, 가지, 장미, 분화류 등 - 충북 농기원 : 수박 등 - 온실작물 연구소 : 상추, 고추 등 - 전남 농기원 : 방울토마토, 애호박, 메론, 국화 등 ○ 전국 2개소 아이센서 모니터링 시스템 구축 - 장성 딸기 농가 1개소 - 한국 온실작물 연구소 1개소
사업화 추진성과	○ 아이센서 1세대→2세대 기술 진화 기반 조성 ○ 작물 생육정보 수집의 다양화 및 데이터화 ○ 영상모니터링 시스템의 정밀화 및 고도화
성과 활용계획	○ 스마트팜 3세대 보급을 위한 빅데이터 확보 기술 구축

사업화 대상기술명	○ 실내형 수직농장(아산 알파팜)
사업화 대상기술 개요	○ 스마트팜 업체소 생산능력 강화 및 유통 경쟁력 확보 방안
사업화 목표	○ 연간 균일·균질 생산 및 공급 능력 구축
사업화 추진결과	○ 팜에이트, 산들목 등 스마트팜 생산 업체소 1차 유통 성공 ○ CJ, 신세계푸드 등 연간 공급계약 판로 개척 진행 중
사업화 추진성과	○ 스마트팜 생산 업체소의 유통 활성화 ○ 상품화 성공에 따른 대형 유통사와의 공급계약 가능성 향상
성과 활용계획	○ 업체소 재배 레시피(Recipe) 활용을 통한 재배플랫폼 판매 강화
사업화 대상기술명	○ 인-도어 딸기팜(아브뉴프랑 광고점)
사업화 대상기술 개요	○ 인공광원 및 점적관수 활용 인-도어 딸기 재배 시스템 및 기술 개발
사업화 목표	○ 수원 신도시 광고 거주민 대상 무농약 신선딸기를 사계절 공급할 수 있는 인-도어 딸기팜 및 판매 시스템 구축
사업화 추진결과	○ 광고 아브뉴 프랑 내 약 30평규모 (약 3100주) 인-도어 딸기팜 구축 완료
사업화 추진성과	○ 국내외 인-도어 딸기팜 플랜트 구축 및 수출을 위한 레퍼런스 사이트로 운영 ○ 프리미엄 가맹사업 모델 구축사업 추진하여 재배에서 유통까지 밸류체인 제공
사업화 성과 활용계획	○ 대기업 연계한 딸기 유통사업 모델 추진 ○ 서울, 경기도 내 수요처 인근 추가 인-도어 딸기팜 구축
사업화 대상기술명	○ 탄소 포집 컨테이너 팜
사업화 대상기술 개요	○ LH 연구소 내 포집된 탄소를 활용한 컨테이너 형 작물재배 시스템 개발
사업화 목표	○ 스마트팜 점적관수 기반의 관목 및 과채류 재배 시스템 제공
사업화 추진결과	○ LH 연구소 내 40피트 컨테이너 형 농장 2대 설치
사업화 추진성과	○ 공공기관 운영 목표에 부합한 스마트팜 공급 사례 확보
사업화 성과 활용계획	○ LH 건설 컨테이너 팜 표준화 작업에 지속 협력

□ 기술 실시(이전)

○ 목표/실적

구분	지표명	기준	점수	1년차		2년차		3년차		4년차		5년차		소계	
				목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
기술 실행	기술실시	건수	5			1		1	1	1	1			3	2

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	통상실시권	실시간 관망운영 프로그램 기술실시	주식회사 조인트리	2019.12.31	-	-
2	기술실시권	수경재배자동화공정라인 특허 기술실시권	퓨처시스템	2020.10.12.	300만원	-

* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 실적

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	자기실시	기존제품 개선	국내	아이센서	제품화	썬슬프라이머스	30,000	-	2021	성장기
2	자기실시	신공정 개발	국내	인-도어 딸기팜	설비	썬슬프라이머스	-	-	2021	도입기
3	자기실시	신공정 개발	국내	컨테이너팜	설비	썬슬프라이머스	99,700	-	2021	성장기
4	판매	기타	국내	-	파밀로 판매	경성대학교 링크사업단	11,000		2020. 01	10년
5	판매	기타	국내	-	파밀로 판매	경성대학교 링크사업단	37,820		2020. 01	10년
6	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	송도갈매기 (논현점)	22,000		2020. 01	10년
7	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	고래사	40,700		2020. 01	10년
8	판매	기타	국내	-	파밀로 판매	서울시 도시농업과	9,500		2020. 02	10년
9	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	칠갑농산	47,470		2020. 02	10년
10	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	메가마트	1,742,180		2020. 04	10년
11	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	오뚜기	25,520		2020. 04	10년
12	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	설성식품	223,300		2020. 04	10년
13	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	충북농업기술센터	46,530		2020. 05	10년
14	판매	기타	국내	-	파밀로 판매	스마트센터	50,000		2020. 05	10년
15	판매	기타	국내	-	백화점형 인도어팜 구축	현대백화점 (대전점)	1,800		2020. 05	10년
16	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	AJ ENS	1,600		2020. 06	10년
17	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	양양 장애인 작업장	113,600		2020. 06	10년
18	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	록야	74,000		2020. 06	10년
19	판매	농진청 사업	국내	2020 수직형 스마트팜 시범모델 구축사업	스마트팜 시범모델 구축	라이스밀	635,360		2020. 07	10년
20	판매	기타	국내	-	파밀로 판매	도봉구청	14,630		2020. 07	10년
21	판매	농진청 사업	국내	2020 수직형 스마트팜 시범모델 구축사업	스마트팜 시범모델 구축	로보팜	705,720		2020. 07	10년
22	판매	기타	국내	-	파밀로 판매	탐사이언스	12,000		2020. 08	10년

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
23	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	이케이	60,500		2020. 08	10년
24	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	보리빌딩	25,300		2020. 09	10년
25	판매	기타	국내	2020 수직형 스마트팜 시범모델 구축사업	스마트팜 시범모델 구축	위더스	867,960		2020. 09	10년
26	판매	기타	국외	-	컨테이너형 식물공장 판매	일본		159,000	2020.03	10년
27	판매	기타	국외	-	컨테이너형 식물공장 판매	일본		120,000	2020.12	10년
28	판매	기타	국외	-	컨테이너형 식물공장 판매	일본		120,000	2020.12	10년
29	판매	기타	국외	-	컨테이너형 식물공장 판매	일본		120,000	2020.12	10년
30	판매	기타	국외	-	컨테이너형 식물공장 판매	일본		120,000	2020.12	10년
31	판매	기타	국외	-	컨테이너형 식물공장 판매	일본		120,000	2020.12	10년
32	판매	기타	국내	-	파밀로 판매	주식회사 기반테크	13,000		2021.01	10년
33	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	서울시립은평청소년미래진로센터	11,100		2021.02	10년
34	판매	기타	국내	-	파밀로 판매	(주)한설그린	12,500		2021.02	10년
35	판매	기타	국내	-	수경재배장치	충청북도 농업기술원	10,900		2021.03	10년
36	판매	기타	국내	-	파밀로 판매	(사)통일문화연구원	13,000		2021.03	10년
37	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	(주)에이코퍼레이션우사	30,000		2021.05	10년
38	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	(주)스마트팜센터	38,000		2021.05	10년
39	판매	기타	국내	-	파밀로 판매	경기도광명교육지원청	13,000		2021.05	10년
40	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	(주)스마트팜센터	15,300		2021.06	10년
41	판매	기타	국내	-	인도어팜	(주)한울종합	138,880		2021.06	10년

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
					구축	건설				
42	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	(주)대전 신세계	44,299		2021.08	10년
43	판매	기타	국내	-	파밀로 판매	동아대학교 산학협력단	130,000		2021.08	10년
44	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	디케이 에코팜	68,181		2021.08	10년
45	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	(주)드림텍	226,000		2021.08	10년
46	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	바른팜	550,000		2021.09	10년
47	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	로보팜	12,680		2021.09	10년
48	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	(주)샬리의식탁	187,222		2021.09	10년
49	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	보리 스토리지	132,778		2021.09	10년
50	판매	기타	국내	-	수경재배 장치	경기도 광명 교육지원청	11,818		2021.10	10년
51	판매	기타	국내	-	파밀로 판매	부산광역시 농업기술센터	13,000		2021.10	10년
52	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	(주)인테크디자인	78,261		2021.10	10년
53	판매	기타	국내	-	인도어팜 구축	인천경영중학교	139,909		2021.10	10년
54	판매	기타	국내	-	플랜트(설비) 공급	지탑스(주)	600,000		2021.11	10년
55	판매	기타	국외	-	플랜트(설비) 공급	(주)포미트		543,343	2021.11	10년
	합계						7,319,905.181	1,302,343		

* 1) 기술이전 또는 자기실시

* 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등

* 3) 국내 또는 국외

(3) 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

<이수화학>

성과		중국 이닝 스마트팜 운영 수익			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	3			
	소요예산(천원)	1,000,000			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		129,700	2,000,000	4,000,000	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	-	10	15
국외		-	5	8	
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획					
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
	수출				

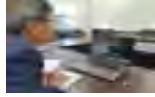


<씨슬프라이머스>

성과		지능형 스마트팜 플랫폼 개발 및 서비스 운영			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	3			
	소요예산(천원)	1,000,000			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		129,700	2,000,000	4,000,000	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	-	10	15
국외		-	5	8	
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		수확자동화가 결합된 스마트팜 자동화 플랫폼 개발 및 서비스 운영			
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
		129,700	1,000,000	2,000,000	
	수출	-	1,000,000	2,000,000	

- 수출 실적
- 목표/실적

구분	지표명	기준	점수	1년차		2년차		3년차		4년차		5년차		소계	
				목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
수출	수출액(필수)	금액(억원)	40			2.4	3.5	136.9	103.3	270	354	383	38.38	793	148.7

○ 국가별 수출 현황

기관	국가	주요내용	수출실적	수출액
한국 농어촌 공사 농어촌 연구원	필리핀	○ 농가보급형 경량철골온실 수출(200평)	2차년수출	1.4억
	쿠웨이트	○ 압둘라 신도시 스마트팜 프로젝트 추진 - LH 쿠웨이트사업단 협의(21.04.14) - 쿠웨이트 현지사무소와 화상회의 (21.06.08) 참석자 : 스마트팜 수출연구 사업단 컨소시엄 내용 : 스마트팜 프로젝트 추진 여건 협의 ○ 쿠웨이트 스마트 포럼 발표(12.07) - 주쿠웨이트한국대사관, KORA 초청 - 쿠웨이트 스마트팜 수출 기반 구축	화상회의  포럼 발표 	-
	베트남	○ 깐터시 스마트팜-빌리지 구축 사업 - KAIST GCC 수출사업단 공동추진 제안	-	-
	코스 타리카	○ 기후변화 스마트팜 온실 시범사업 추진 - 규모 : 300평, 금액 : 70만불 - 재원 : CABEI Trust Fund - CABEI : Central America for Bank of Integration (중미경제통합은행)	화상회의 	-
이수 화학	중국	○ 농가보급형 시범온실 수출 (300평)	수출 0.9억	0.9억
		○ 신장성 스마트팜 단지구축 사업 - 총 45ha중 5ha 구축 완료	수출: 109억원	106+2 =108억
KT	UAE	○ UAE 장애인을 위한 스마트팜 시범구축(200평)	2차년, 기증	-
플랜티팜 (팜에이트)	싱가폴	○ 한국형 식물공장 사업 : 식품유통업체 Tuck Lee 사와 식물공장 협의	추진 중	-
	몽골	○ 한국형 식물공장사업 추진 중	추진 중	-
	일본	○ 컨테이너 식물공장 수출 5대 판매	자동화 컨테이너	7.5억
	쿠웨이트	○ 쿠웨이트 Wafra 지역 수경재배 수직 농장 구축 사업, 22년 2월 완공 예정	식물공장	12억
청오엔지 니어링	일본등	○ 온실자제 수출	구동모터 등	2.6억

- 고용 창출
- 목표/실적

구분	지 표 명	기준	점수	1년차		2년차		3년차		4년차		5년차		소계	
				목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
사회	고용창출인원(필수)	명	10	1	4	3	12	6	19	10	22	15	4	35	61

○ 고용창출 실적

NO	년차	이름	채용일자	연구기관
1	2	김지호	2019.11.04	조인트리
2	2	안조범	2019.04.10	지엔지테크놀러지
3	2	윤정일	2019.05.20	세슬프라이머스
4	2	염정일	2019.05.20	세슬프라이머스
5	3	민훈	2020.01.02	세슬프라이머스
6	3	문준석	2020.01.02	세슬프라이머스
7	4	이경진	2020. 04. 20	세슬프라이머스
8	4	정대균	2020. 08. 10	세슬프라이머스
9	4	尼价提·依力江 외 85명	2020. 06	이수화학 (중국현지 법인 고용실적)
10	4	古丽沙拉·那尔库加 외 59명	2020. 07	이수화학 (중국현지 법인 고용실적)
11	4	古丽沙拉·那尔库加 외 59명	2020. 08	이수화학 (중국현지 법인 고용실적)
12	5	신용탁	2020.12.01	세슬프라이머스
13	5	유병용	2021.06.14	세슬프라이머스
14	5	김정록	021.07.05	세슬프라이머스
15	5	최디슬	2021.03.01	플랜트팜
16	5	백규현	2021.07.01	로보게이트
17	5	박상욱	2021.09.01	로보게이트
18	5	최예선	2021.11.01	로보게이트

주) 4차년도 고용 실적 중 이수화학 중국 법인에서 203명이 고용되었으나 축소인정되었음.

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원
1	2020 스마트농업 이론교육	2020.05.18	귀농, 귀촌인	전남농업 기술원	30

□ 기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/ 수입
1	21.11	쿠웨이트 내 한국 스마트팜 설립	K8	쿠웨이트	-	12억	5.5억	6.5억	수출

[사회적 성과]

- 정책활용 내용
- 목표/실적

구분	지표명	기준	점수	1년차		2년차		3년차		4년차		5년차		소계	
				목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
가점	정책활용	건수	1.7			2	3	1	1					3	4

- 동향보고서 실적

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	제안	스마트팜 수출연구사업단 기업현황 조사	농림축산식품부농산 업정책과	2019년	기업체 수요 현황 파악하여 사업개발에 반영
2	제안	스마트팜의 수출현황을 조사항목 및 양식 설문조사표 작성	농림축산식품부농산 업정책과	2019년	수출실적 파악에 활용
3	제안	농식품 ICT 모델 개발사업 성과분석 및 증장기 마스터 플랜 수립을 위해 식물공장 비즈니스 모델 구축 성공사례 보고	농림축산식품부	2019년	농식품 ICT 모델 개발사업 성과분석 및 증장기 마스터 플랜 수립에 활용
4	제안	협의회 개최를 통한 수출전략 수립 정책 기초 자료 제출	농림축산식품부	2019년	스마트팜 수출 정책 수립에 참조

- 동향보고서
- 목표/실적

구분	지표명	기준	점수	1년차		2년차		3년차		4년차		5년차		소계	
				목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
과정	동향보고서(필수)	건수	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	5

- 동향보고서 실적

번호	제작사	내용
1	농어촌연구원	스마트팜 5차년도 동향보고서

- 매뉴얼 제작
- 목표/실적

구분	지표명	기준	점수	1년차		2년차		3년차		4년차		5년차		소계	
				목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
과정	매뉴얼 제작	건수	10					1	1	4	8	2	2	7	11

○ 매뉴얼 실적





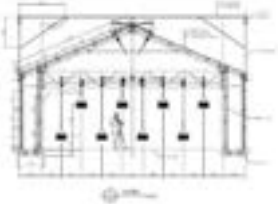
번호	제작사	내용	제작시기
1	한국농어촌공사	한국형 스마트팜 K-Plant 수출모형 설계·운영 매뉴얼	2020. 10
2	지엔지테크놀러지	스마트팜 지열시스템 설계 매뉴얼	2020. 10
3	지엔지테크놀러지	지열자동제어 운전 매뉴얼	2020. 10
4	(주)조인트리	K-Plant 통합관제시스템 사용자 매뉴얼	2020. 10
5	(주)조인트리	K-Plant 에코솔루션 사용자 매뉴	2020. 08
6	KT(청오엔지니어링)	2019년 KT GIGA 스마트팜 일반 사용자 가이드(3차년도 실적 누락)	2019. 08
7	KT(청오엔지니어링)	2019년 KT GIGA 스마트팜 모바일 사용자 가이드(3차년도 실적 누락)	2019. 08
8	KT(청오엔지니어링)	관리자 설치 매뉴얼(3차년도 실적 누락)	2019. 08
9	플랜티팜	식물공장 운영 매뉴얼 및 작업지시서	2021. 11
10	조인트리	K-Plant 통합관제시스템 사용자매뉴얼(영문)	2021. 11
11	조인트리	K-Plant 통합관제시스템 사용자매뉴얼(중문)	2021. 11
12	조인트리	K-Plant 에코솔루션 사용자매뉴얼(영문)	2021. 11
13	조인트리	K-Plant 에코솔루션 사용자매뉴얼(중문)	2021. 11
14	농어촌연구원	스마트팜 에너지 관리 시스템 운영 매뉴얼(한글)	2021. 11
15	농어촌연구원	Korean Smart Farm K-Plant Export Model Design · Operation Manual(영문)	2021. 11
16	농어촌연구원	한국형 스마트팜 K-Plant 수출모형 설계·운영 매뉴얼(한글)	2021. 11

□ 해외 테스트베드 구축

○ 목표/실적

구분	지 표 명	기준	점수	1년차		2년차		3년차		4년차		5년차		소계	
				목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
과정	해외 테스트베드 구축	건수	10	1	1			-	1					1	2

○ 해외 테스트 베드

No	구축사	내용	구축 시기
1	이수화학 북경농업 과학원	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한국형 스마트팜 기술 수출 및 공동연구를 위한 신장성 농업과학원과 이수화학MOU체결(2017.10) - '농가보급형' 자동화 시범온실 수출: 북경시 농업과학원(2017.11) - 기업형 대규모 스마트팜 PJ추진 JV설립 계약 체결 - 중국 신장성 룡쿤사와 계약 체결 (2018.04) <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 5px;"> <2017.10> <2017.11> <2018.10> </div> <ul style="list-style-type: none"> ○ 한국형 시범온실 300평 구축 - 추진배경 : 북경시 농업과학원 연구단지 내 한국형 시범온실 구축 - 주요내용 : 중국 일광온실을 한국형 온실로 대체 위한 시범온실 - 면적 : 300평, 사업비: 약 9천만원 - 추진현황 : 2017년 11월 시범온실 구축 완료 ○ 의의 - 중국 시설원예학회 등 정부기관 네트워크 구축 - 한국형 장비에 대한 애로사항 확인 	2017
2	KT- UAE	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수출국가 및 지역 : UAE, 샤르자 (하절기 42~50°C, 습도90%) ○ 사업명 : 샤르자 인도주의센터(SCHS)내 장애인 스마트팜 시범구축 ○ 품목 : 스마트 팜 내부설비 및솔루션 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <ul style="list-style-type: none"> ○ 추진경과 - '17.12 : UAE 샤르자 SCHS에 스마트팜 제안 - '18.1 : UAE 현지 답사 및 실무 미팅 - '18.3 : UAE 向 장애인 스마트팜 설계 - '18.3 : 스마트 팜 상세 설계 및 견적 제출 	2019.

□ K-Plant 테스트 베드 설치 현황(국내)

○ 목표/실적

구분	지표명	기준	점수	1년차		2년차		3년차		4년차		5년차		소계	
				목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
과정	국내 테스트베드 구축	건수	10						1		1			-	2

구분	성과물	면적	위치
1	보급형 스마트팜 테스트베드	418평	(국내) 평택, 플랜티팜
2	작물별 데이터 수집 테스트베드	11개 농가	(국내) 세슬플라이머스

1. K-Plant 보급형 스마트팜 테스트 베드

- K-Plant 보급형 스마트팜 테스트 베드 구축
- K-Plant 개발기술 실증을 위하여 테스트 베드 구축함



2. 작물별 데이터 수집 테스트베드

- 국내 농가대상 테스트 베드 구축
- 11개 농가 작물별 데이터 수집 위한 테스트베드 구축함

11개 농가		데이터 수집 항목																
	경기농기원 오이 : 경기도 오산시 갈곶동 가지 : 경기도 안산시 일죽면 장미 : 경기도 고양시 오금동 분화류 : 고양시 일산서구	<table border="1"> <thead> <tr> <th>데이터 구분</th> <th colspan="2">수집 항목</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">생육 환경 데이터</td> <td>외부</td> <td>광, 온도, 풍향, 풍속, 강우</td> </tr> <tr> <td>내부</td> <td>광, 온/습도, 탄산가스농도</td> </tr> <tr> <td>근권 환경</td> <td>온도, EC, pH, 수분 함유율</td> </tr> <tr> <td>생육량 데이터</td> <td colspan="2">초장, 경경, 엽수, 엽면적 (엽장, 엽폭), 절간장(화방간장), 개화수, 착과수</td> </tr> <tr> <td>수확량 데이터</td> <td colspan="2">과수, 과중(과고, 과폭, 과중)</td> </tr> </tbody> </table>	데이터 구분	수집 항목		생육 환경 데이터	외부	광, 온도, 풍향, 풍속, 강우	내부	광, 온/습도, 탄산가스농도	근권 환경	온도, EC, pH, 수분 함유율	생육량 데이터	초장, 경경, 엽수, 엽면적 (엽장, 엽폭), 절간장(화방간장), 개화수, 착과수		수확량 데이터	과수, 과중(과고, 과폭, 과중)	
	데이터 구분		수집 항목															
생육 환경 데이터	외부	광, 온도, 풍향, 풍속, 강우																
	내부	광, 온/습도, 탄산가스농도																
	근권 환경	온도, EC, pH, 수분 함유율																
생육량 데이터	초장, 경경, 엽수, 엽면적 (엽장, 엽폭), 절간장(화방간장), 개화수, 착과수																	
수확량 데이터	과수, 과중(과고, 과폭, 과중)																	
충북농기원 수박 : 충북 음성군 대소면	온실작물연구소 상추 : 전남 담양군 한수동로 고추 : 상동																	
전남농기원 방울토마토 : 전남 화순군 이양면 애호박 : 전남 광양시 광양읍 메론 : 전남 담양군 무정면 국화 : 전남 담양군 무안군																		

□ 해외 생산단지 구축

내용

한국형 스마트팜 기술 적용 실내 스마트팜 구축

○ 목표/실적

구분	지표명	기준	점수	1년차		2년차		3년차		4년차		5년차		소계	
				목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
과정	해외 생산단지 구축	건수	10					1	1			1		2	2

○ 해외 생산단지 구축

No	구축사	내용	장소	구축 시기
1	이수화학	한국형 스마트팜 보급형 시스템 활용 5ha 유리온실 시공	중국 신장성 이닝시	2019.12.30
	신장성 이닝시 룡쿤사JV	 		K-Plant 스마트팜 시범온실 45ha 계약 - 5ha 설치 운영
2	플랜티팜	한국형 스마트팜 기술 적용 실내 스마트팜 구축	쿠웨이트 Wafra 지역	2021. 11 ~ 2022. 02
	쿠웨이트 Wafra	 		한국형 실내 스마트팜(수직농장) 구축 - 660㎡ 설치 운영 예정

한국형 스마트팜 생산단지 운영

- 홍보 실적
- 목표/실적

구분	지표명	기준	점수	1년차		2년차		3년차		4년차		5년차		소계	
				목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
가점	홍보전시	건수	1.7			2	4	2	25	2	4		8	6	41

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	신문	헤럴드 경제	농식품부, 러·우즈벡과 농업교류행사 개최	2019.06.10
2	신문	정책브리핑	농식품부, 러시아·우즈베크에 농기자재 수...	2019.06.10
3	신문	이투데이	러시아·우즈베크에 스마트팜 등 농기자재 수...	2019.06.10
4	방송	연합뉴스	정부, 러시아우즈베크에 농기자재 수출 추...	2019.06.10
5	신문	데일리안	정부, 신북방시장 진출 모색...러시아우즈베크...	2019.06.10
6	신문	대전일보	러시아우즈베크에 농기자재 진출기회 찾는다	2019.06.10
7	신문	뉴시스	정부, 러·우즈벡과 농업교류행사...현지 기업...	2019.06.10
8	신문	뉴스핌	농식품부·북방위, 러시아우즈베크과 농업협력...	2019.06.10
9	신문	그린포스트코리아	한국 농기자재, 러시아우즈베크 진출 모색	2019.06.10
10	신문	동아일보	농식품부, 국내 농기자재 업체 '러시아우...	2019.06.10
11	인터넷	경제비즈니스뉴스	러시아우즈베크에 온실 등 농기자재 진출기회...	2019.06.11
12	인터넷	이데일리	농식품부, 러시아우즈베크서 농기자재 기업	2019.06.11
13	신문	축산환경신문	러시아우즈베크에 온실 등 농기자재 진출기회...	2019.06.11
14	신문	한국농어민신문	국산 농기자재, 북방 가는 길 열릴까	2019.06.14
15	신문	농축유통신문	농기자재 기업, 신북방시장 진출 '청신호	2019.06.14
16	신문	한국농기계신문	러·우즈베크 농기자재 진출기회 찾는다	2019.06.14
17	방송	KTV 국민방송	지하철역 스마트팜	2019.06.17
18	방송	HCN 지역방송	상도역 유희공간에 실내농장 들어선다	2019.07.24
19	방송	YTN	지하철역에 스마트팜 로봇이 파종부터 수확...	2019.09.07
20	신문	동아일보	메트로 스마트팜	2019.09.27
21	방송	아리랑뉴스	메트로 팜	2019.10.04
22	방송	MBC	도심속 농장 '스마트팜'	2019.10.09
23	방송	KBS	도심속 스마트팜	2019.10.28
24	신문	매일경제	한국형 스마트팜 바람분다	2019.12.06
25	방송	NBS 농업방송	미래농업 스마트팜이 온다.	2019.12.09
26	신문	경향신문	도시농업, 치유농업과 스마트팜 창업으로 진화한다	2020. 01. 04
27	신문	매일경제	반도체공장 같은 '첨단 수직농장'...생산성 비닐하우스의 40배	2020. 05. 31
28	신문	이투데이	미래형 스마트팜 수직형 농장기술도 한국이 선도한다	2020. 06. 28
29	신문	NEWS1	스마트팜 둘러본 박영선 "이것이 농업혁명...펀드조성해 지원"	2020. 07. 15
30	신문	ITDAILY	LG+LG CNS·팜에이트, '미래형 식물공장'만든다	2020. 07. 21
31	신문	아주경제	서울 지하철에 블록체인 기반 식물공장 들어선다 外	2020. 07. 22
32	신문	한경비즈니스	지하철역에 들어선 '메트로팜'...식물공장에서 쌈채소 기른다	2020. 08. 19
33	신문	매일경제	AI가 돈을 재배한다...미래 농업에 투자하자	2020. 09. 03
34	신문	NEWSYS	서울 지하철 스마트팜, 지방공기업 혁신 최우수 사례 뽑혀	2020. 09. 27
35	신문	매일경제	남극서 상추 재배...팜에이트 스마트팜 덕분이죠	2020. 10. 04
36	신문	프레시안	농어촌공사, '한국형 스마트팜' 해외진출 방안 모색	2020. 05. 15

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
37	신문	스포츠서울	한국농어촌공사, 한국형 스마트팜 해외진출 방안 토론회 개최	2020. 05. 15
38	신문	뉴스메이커	농어촌공사, 한국형 스마트팜 해외진출 활성화 한다!	2020. 05. 16
39	신문	광남일보	농어촌공사, 한국형 스마트팜 해외진출모색	2020. 05. 17
40	신문	브레이크뉴스	농어촌공사, 한국형 스마트팜 해외진출 활성화 한다!	2020. 05. 17
41	신문	투데이에너지	농어촌공사, 한국형 스마트팜 해외진출 활성화 추진	2020. 05. 17
42	신문	컨슈머타임스	농어촌공사, 한국형 스마트팜 해외진출 활성화	2020. 05. 18
43	신문	라이프뉴스	농어촌공사, 한국형 스마트팜 해외진출 활성화 방안 모색	2020. 05. 18
44	신문	팜인사이트	한국형 스마트팜 해외진출 활성화방안 논의	2020. 05. 18
45	신문	한국농업신문	농어촌공사, 한국형 스마트팜 해외진출 앞장선다	2020. 05. 18
46	신문	전기신문	'그림의 떡'이었던 농가 스마트팜, 보급 '성큼'	2021.05.31
47	신문	한경경제	포미트, 중동에 스마트팜...링프리, 눈에 끈없는 마스크	2021.07.21
48	신문	EBN 산업경제신문	이수화학, '스마트팜 코리아' 참가...스마트팜 사업 성과 선보여	2021.06.18
49	신문	뉴스핌	이수화학 자회사 한가람포닉스, 캄보디아 ODA 사업 수주	2021.12.17
50	신문	네덜란드 Verticalfarm daily	Korea Start-up to expand with indoor vertical farm and automatic unmanned cultivation	2021.09.08
51	신문	네덜란드 Verticalfarm daily	South Korea: Conveyor systems combined with automation improve efficiency	2021.10.22
52	신문	아시아투데이	코트라 '한-쿠웨이트 스마트팜 포럼' 개최	2021.12.06
53	신문	뉴시스	쿠웨이트 사막에 'K-스마트팜' 심는다... 코트라, 포럼 개최	2021.12.06

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
1	상패	이달의 산업기술상	(300~450m 고심도 수직밀폐형 지중 열교환 장치)의 고심도 수직 밀폐형 지중열교환 기술 개발	(주)지엔지테크놀로지 대표이사 조희남	2021.12.14	산업통상자원부

[그 밖의 성과]

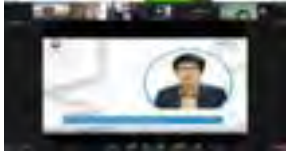
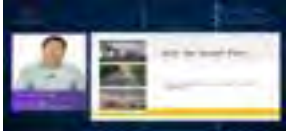



- 해외 마케팅 참여
- 목표/실적


구분	지표명	기준	점수	1년차		2년차		3년차		4년차		5년차		소계	
				목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
과정	해외 마케팅 참여	건수	10					2	2		5	2	2	4	9

- 해외 마케팅 참여 실적
- 가) 정부 대표단과 함께 해외 마케팅 참여

No	행사명	참가자	장소	일정
1	한러 농업협력 포럼	농어촌공사	러시아 모스크바	2019.06.11
2	미얀마 ICT 컨퍼런스	한국농어촌공사, 로보게이트	미얀마	2019.09.04



- 나) 해외 마케팅 참여 실적

No	제작사	웹 세미나 행사	추진 실적
1	멕시코	<ul style="list-style-type: none"> ○ 행사명 : 멕시코 스마트팜 해외진출 웨비나 ○ 일시 : 2020.10.30, 23:30 ~ 03:00 ○ 장소 : KOTRA 멕시코 지사 ○ 주최/협업 : KOTRA / 한국 멕시코 농수산업 관련 협회 	 발표 : 한국형 스마트팜 수출 모형 홍보
2	멕시코	<ul style="list-style-type: none"> ○ 행사명 : 멕시코 스마트팜 해외진출 웨비나 ○ 일시 : 2020.10.30, 23:30 ~ 03:00 ○ 장소 : KOTRA 멕시코 지사 ○ 주최/협업 : KOTRA / 한국 멕시코 농수산업 관련 협회 	 발표 : 로봇 아크리콜라
3	동남아 & CIS	<ul style="list-style-type: none"> ○ 행사명 : 2020 농기자재 국제워크숍 ○ 주관 : 농림수산물교육문화정보원 ○ 일시 및 장소 : 2020.10.30. 프라자 호텔 	 농기자재 국제워크숍 종합토론세션 참석 수출 전략 발표 및 토론
4	미얀마	<ul style="list-style-type: none"> ○ 행사명 : Myanmar + Korea ICT Collaboration Conference & Roadshow 2020(M + K ICCR 2020) ○ 일시: 2020년 11월 11일 10시-18시 ○ 장소 : 삼성호텔 2층 라벤더 룸 ○ 주관 : ETRI 	 발표 : 한국형 스마트팜 테스트 베드 추진 방안 제안
5	미얀마	<ul style="list-style-type: none"> ○ 행사명 : Myanmar + Korea ICT Collaboration Conference & Roadshow 2020(M + K ICCR 2020) ○ 일시: 2020년 11월 11일 10시-18시 ○ 장소 : 삼성호텔 2층 라벤더 룸 ○ 주관 : ETRI 	 발표 : 스마트팜 자동화 프로세스를 위한

No	제작사	웨비나 행사	추진 실적
			로봇 개발에 있어 몇가지 이슈
6	쿠웨이트	<ul style="list-style-type: none"> ○ 행사명 : The 4th Korea-Kuwait Smart City Forum(020) ○ 일시: 2021년 12월 6일 13시-18시 ○ 장소 : 삼성호텔 2층 라벤더 룸 ○ 주관 : kotra/ 쿠웨이트대한민국대사관 	 <p>발표 : Smart Farm Project Development Strategy in the Middle East</p>

□ 정부와 스마트팜 사절단 구성하여 민간기업 진출 지원

- 외교부 주관으로 정부(농림축산식품부, 농촌진흥청)와 한국농어촌공사 스마트팜 수출연구사업단이 협력하여 민간기업 진출 지원

구분	활동내용	추진실적
중남미스마트팜사절단 구성 (2018년)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사절단 : 농림축산식품부, 농촌진흥청, 한국농어촌공사, 한국스마트팜협회, 민간기업 등 참여 ○ 일시 : 2018.11. 24 ~ 31 ○ 방문지: 우루과이 (몬테비데오), 칠레(산티아고)  	스마트팜 유관기관 고위급 면담 양국 기업간 비즈니스 미팅 개최 양국 스마트팜 협력 세미나 개최 MOU 체결

○ 농림축산식품부와 스마트팜 협력사업 추진하여 민간기업 진출 지원

국가	활동내용	추진실적
우즈베키스탄 & 카자흐스탄	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중앙아시아지역 해외 농업진출 확대 방안 모색 ○ 기간 : 2019.1.21.~1.26 ○ 방문지 : 우즈베키스탄(타슈켄트) (카자흐스탄(아스타나, 알마티)) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기관 및 현장방문 문제점 파악 ○ 우즈베크 진출 네트워크 구축 ○ 기관 및 현장방문 문제점 파악 - 카자흐스탄 노루기반 현장 ○ 우즈베크 진출 네트워크 구축
카자흐스탄 & 러시아	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트팜 패키지 사업대상지 조사 ○ 기간 : 2020.1.30.~2.5 ○ 방문지 : 카자흐스탄(알마티), 러시아 연방(모스크바) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트팜 온실 현장 방문 ○ 현지협력기관 및 기업방문 ○ 현지진출 한국기업 관계자 면담 ○ 법 및 제도 관계자 협의

□ 신시장 개척

○ 목표/실적

구분	지표명	기준	점수	1년차		2년차		3년차		4년차		5년차		소계	
				목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
과정	신시장 개척	건수	5					1	0			1	-	2	1



1) 신시장 개척 실적

No	위치	내용	사업기간								
1	코스타리카	<table border="1"> <tr> <td>Project Name</td> <td>Leveraging technologies to support the Government of Costa Rica with the development of a climate-smart greenhouse</td> </tr> <tr> <td>Beneficiary Country</td> <td>Republic of Costa Rica</td> </tr> <tr> <td>Project Sector</td> <td>Agriculture and Environment</td> </tr> <tr> <td>Funding Requested</td> <td>USD \$700,000</td> </tr> </table>	Project Name	Leveraging technologies to support the Government of Costa Rica with the development of a climate-smart greenhouse	Beneficiary Country	Republic of Costa Rica	Project Sector	Agriculture and Environment	Funding Requested	USD \$700,000	2022년 ~ 2024년
Project Name	Leveraging technologies to support the Government of Costa Rica with the development of a climate-smart greenhouse										
Beneficiary Country	Republic of Costa Rica										
Project Sector	Agriculture and Environment										
Funding Requested	USD \$700,000										
2	두바이	<ul style="list-style-type: none"> ADIO(abu Dhabi investment office) proposal 발송 예정 (10/30) 최종 45ha 규모, 초기 제안 20ha 규모 고객 니즈 충족형 사업 모델 : 고수익 CBD 추출 스마트 온실 10ha, K-brand 딸기 농장 8ha 투자 유치, R&D, 보급 및 교육기능 : Vertical Farm 1ha (엽채소 0.7, 딸기 0.3), Kids experience zone 0.5ha, Practice & education 0.5ha 									
3	브루나이 정부	마이크로 그린 및 샐러드용 컨베이어컬처 오피 완료, 대기									
4	태국 교포사업가	인도어팜 본격화 전 테스트 마켓용 딸기 컨테이너팜 제안, 에너지 및 운영비용 시뮬레이션 협의 중									
5	태국 스무드 커넥션	의료용 대마 스마트 온실 관련 태국 내 라이선스 진행 중									
6	방글라데시 대사관	새싹삼 및 상용화 채소 재배 모델 제안(스마트온실+컨베이어컬처)									
7	피지 교포 종교단체	딸기컨테이너팜 10개 오피, 현재 봉쇄령에 따른 관광객 수요 급감 - 코로나 완화시 진행 가능									
8	키르기스스탄 정부사업	CIS 고수익 수출 사업 (오이 재배), 협력사와 협의 중									
9	우즈베키스탄 ODA 사업	<ul style="list-style-type: none"> 거점시설 구축 <ol style="list-style-type: none"> 시범온실 개보수 및 재활용 사업에 의료용 마리화나 스마트온실 장비 활용 당사 보유 센서 (온/습도, EC, PH, CO2)와 제어기, 웹 관리 시스템 활용 알파팜 수경재배 시스템 레버리지 하여 인삼 수경 생산온실 참여 스마트팜 단지 조성사업 <ol style="list-style-type: none"> 수직농장 컨베이어컬처 플랫폼 150평 스마트 온실 800평 									

- 조인트 벤처(Joint Venture) 설립
 - 이수화학은 중국과 JV(Joint Venture)를 설립하여 사업화 발판을 마련하여 대규모 스마트팜 수출사업을 성공적으로 추진함
 - 팜에이트는 자동화 컨테이너 팜을 개발하기 위하여 일본과 JV(Joint Venture)를 설립하여 개발을 완료하여 상품화에 성공하고 일본에 7대 수출에 성공함
- 식물공장 설치 운영
 - 씨슬프라이머스는 벤처기업으로 아산에 식물공장을 설립하여 알파팜, i-FDSS 서비스 시스템, 컨테이너팜 등 다양한 제품을 개발하여 수출사업을 추진하고 있음


□ 신기술 획득

- 지엔지테크놀러지는 지오멤하이브리드를 개발하여 특허기술을 이용하여 에너지 공단에서 지역 테스트 베드 지원금 10억을 확보하여 성공적으로 테스트 베드 설치를 완료하여 시험가동 중에 있고, 연구성과인 특허기술로 환경신기술 및 농림신기술인증을 받고 농림수산식품부로부터 기술대상을 받았음

No	인증기관	인증내용	인증기관	인증일	증빙
1	농림식품부 신기술	물 넘침을 이용한 단일급수방식 농업용 지열시스템	농림축산식품부	2020.9.10	
2	환경부 신기술	환경신기술(NET) 제495호로 개선기술 지열공내 환수관헷더를 이용한 순환장애방지 개방형 우물공 기술	환경부	2021.3.23	

□ 농림 과학기술대상 획득

- 지엔지테크놀러지는 지오멤하이브리드로 기술력을 인정받아 농림수산식품부로부터 기술대상을 받았음

No	수상기관	수상내용	수상자	인증일	증빙
1	농림수산 식품부	농림수산식품과학기술대상(2021) 지오멤하이브리드 기술로 인정	조희남	2020.9.10	

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항

연구기관	계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항
농어촌연구원	○ 스마트팜 에너지원 관리시스템을 개발
씨슬플라이머스	○ 인-도어 딸기팜 구축 및 본격화로 도시농업·정밀농업 활성화에 기여 ○ 실내형 수직농장(아산 알파팜) 생산성 향상으로 스마트팜 업체소 공급 경쟁력 제고 ○ 컨테이너팜-컨베이어컬처 설치 Know-How 결합으로 보급형 교육용 컨테이너팜 기술 확보 ○ 공공기관 내 시스템 보급 및 설치로 향후 정책 방향에 따른 긍정적 효과 기대

2) 목표 달성 수준

□ 1핵심 : 수출형 스마트팜 K-Plant 설계 및 효율개선

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
① 저비용 스마트팜 온실 설계 - 스마트팜 물순환시스템 설계 - 스마트팜 지열에너지 시스템 개발 ② 수출형 경량철골온실 표준모형 개발 - K-Plant 테스트 베드 설계 - K-Plant 수출 프로젝트 제안서 작성 - ICT기반 자율형 물순환 시스템 개발 - 지열에너지시스템 시제품 모형제작	○포스멕 소재의 경량철골온실 및 순환형 물공급시스템 반영 저비용 스마트팜 표준모형 구상 ○스마트팜 물공급 기술 분석하여 순환형 물공급 시스템 구상 및 설계 ○지중열교환기 기술 개발 시제품 제작, 실증시험을 통하여 스마트팜 지열에너지시스템 개발 ○수평형+수직형 지중열교환기 설계 및 특허출원 ○저비용 경량철골온실 표준모형 및 일체형 천창개폐장치 개발, ○K- Plant 테스트 베드용 표준 설계도 작성, ○카자흐스탄, 쿠웨이트 K- Plant 스마트팜 프로젝트 계획서 작성 ○ICT기반 근권부 측정 및 증발산량 알고리즘 적용하여 스마트팜 물 관시스템 시제품 제작 ○지열에너지시스템 실증시험 보완, 차입형수량계 개발, 기술시방서 제작, 해수열교환기 시스템 개발	100
③ 스마트팜 K-Plant 수출 및 대상 국가 확대 - ICT 기반 통합관제 시스템 개발 - 지하수검용 스마트팜 지열에너지시스템 개발	○전 세계를 5개의 권역으로 구분하여 5가지 수출 모형을 구체화함 ○권역별 적용가능 에너지 장비를 선정하여 제시함 ○수출모형의 검증을 위하여 시뮬레이션 기법으로 에너지 사용량 평가함 ○중동, 중앙아시아를 대상으로 모형에 대한 경제성 분석을 위하여 대상 작물, 모형 사업비, 수익을 고려하여 경제성 검토함 ○K-Plant 요소기술 검증을 위하여 스마트팜 Farm8에 테스트 베드를 설치함 ○쿠웨이트, 카타르의 농업현황, 기상 및 작물, 시장, 정책을 조사하여 스마트팜 수출 사업화 전략을 수립함 ○K플랜트 복합환경 제어 시스템과 물 에너지 관리시스템을 통합한 WEF기반 통합관제 시스템 개발 ○스마트팜 온실 냉난방 기술 분석을 통한 하이브리드형 냉난방시스템 개발	100
④ 스마트팜 K-Plant 수출 및 대상 국가 확대 - 스마트팜 K-Plant 수출 모형 검증 - K-Plant 프로젝트 사업계획 수립 - 한국형 스마트팜 K-Plant 사업화	○K-Plant 수출모형 요소기술 반영 매뉴얼 작성 ○지열시스템은 K-Plant 수출모형 설계운영 매뉴얼 포함 ○베트남과 러시아 대상 냉난방 기기별 에너지 요구량을 산정함 ○K-Plant 테스트 베드에 지열에너지 시스템 설치후 성능시험 실시 ○쿠에이트 농업현황, 진출기업 모델 분석하여 사막형 스마트팜 및 사업화 모델 제시 ○러시아 농업현황, 진출기업 모델 분석하여 극한형스마트팜 모델 및 사업화 모델 제시 ○미얀마를 대상으로 K-Plant 시범사업 추진을 위하여 KAIST GCC 와 MOU 체결 미얀마 중앙 및 양곤정부 방문 한국형 스마트팜 K-Plant 기술 소개 추진 ○미얀마 중앙정부 요청에 의한"미얀마 스마트팜 R&D 센터 구축 사업"추진을 위하여 수출연구사업단 K-Plant 수출 모델을 활용하여 "미얀마 K-Plant 시범사업을 기획함 ○한국형 스마트팜 사업화를 위하여 최첨단 스마트팜 재배 시스템과 식물공장, 아카데미센터를 통해 생산→가공→유통과 체험/관광, 교육시스템 틀을 통합한 6차산업단지 구축 방안을 제시함	95

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○K-Plant 통합관제시스템 개발	○해당과제에서 추진중인 다양한 단위시스템과 연동 가능한 관제시스템 개발 완료	90
○스마트팜 에코솔루션 및 G-GAP 인증앱 고도화	○해당 프로그램의 버전 업그레이드 및 영, 중문 매뉴얼 개발	95
○테스트베드 검증	○API 통신 프로토콜 연동 완료 및 평택 테스트베드 내 구축완료 후 가동 중	95
○ICT 기반 통합관제시스템 개발	○3, 4차년도 개발된 통합관제시스템의 테스트베드에 적용가능하도록 기능 개선 고도화 완료	95
○스마트팜 에코솔루션 및 G-GAP 인증앱 런칭	○구글 플레이스토어 내 2개 어플리케이션 글로벌 런칭 완료	90
합계		93

□ 2핵심 수익성제고 지능형 스마트팜 플랫폼 개발

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○생육정보 이미지 수집 및 분석 시스템(아이센서)	○과채류별 특성에 맞는 생육정보 분석 및 수집 시스템 구축 완료	90%
○과채류 생육 최적화 모델 수립(인-도어 딸기팜)	○최적 생육 프로파일을 활용, 인-도어 딸기팜 구축	100%
○생육 정보를 활용한 수확 자동화 플랫폼	○영상분석 결과를 토대로 한 수확자동화 로봇의 기능 웹 플랫폼으로 구현	90%

□ 3핵심 : 스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 사업화 운영

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 사업화 운영	<ul style="list-style-type: none"> ○1차 목표국 중국 선정 : 중국신장성 內 JV 설립 및 스마트팜 단지 구축 계약 체결 - 퓨처팜 비즈니스 모델 수립 ○유통시장 조사 및 수출채널 확보 ○샘플온실 수출 통한 해외 테스트베드 구축 ○관련 네트워크 구축 : 중국 시설농업협회, 북경과학원, 신장성 농업과학원 ○북경 농업과학원 內, 중국 서북부 지역(닝) 스마트팜 단지 구축(예정) - 농가보급형 및 기업형 K-Plant 실증단지 ○마케팅 추진 방향 설정 - 농가보급형 모델과 기업형 모델 구분한 수출 전략 필요성 제시 ○한가람포닉스 ODA 캄보디아 수주건(약 16억원) - 캄보디아 채소, 과채류 재배를 위한 고온저지대형 스마트 생산 기반 구축 및 현지 연구사, 농업인들의 스마트농업 역량 강화 	100
○K-Plant 수출을 위한 현지 생태계 분석 및 거버넌스 구축 및 공유형 체인화 모델 수출전략 수립	<ul style="list-style-type: none"> ○러시아, 카자흐스탄, 쿠웨이트 농식품 현황 및 현지 생태계 분석을 통한 거버넌스 구축 방안 수립 ○플랜트 공유형 체인화 모델 개발 및 수출전략 수립 	100
○K-Plant 공유형 체인화 모델 운영	<ul style="list-style-type: none"> ○중국 이닝 지역에 5ha 규모의 벤로형 유리온실 완공 ○방울토마토, 파프리카, 딸기 작물에 대한 생산, 유통(고유 브랜드 제작) 판매 프로세스 구축 및 운영/보완 	100

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○국내 검증된 스마트팜 기술의 해외시장 적용 및 지역별 특성에 따른 적정운영. 보완 마련	○농업에 적용 가능한 4차 산업혁명 핵심기술과 농업연계 방안 ○미래 스마트팜 기술과 농업의 현안 문제 해결 지역 특성 맞춤형 스마트팜 적용모델 도출 ○지역 특성 맞춤형 스마트팜 적용모델의 타지역 전파 및 수출 방안	100
○발주사업 참여 기반 조성 및 기술 중장기 확대 전략 수립	○현지 관련기관과의 협력 네트워크 구축 및 활용, 인근 국가로 수출 ○대륙별/국가별 등 지역별 맞춤형 기술개발(적정수준, 적정기술) ○스마트팜 거점국가 구축(현지화)을 위한 방안 수립	100
○식물공장 글로벌 수출 전략 수립 검토, 수출형 식물공장 및 가공공장 모델 사례 검토	○식물공장 및 가공공장 사업 추진 검토안 수립 완료, 밀폐형(대형, 중소형, 한국생산형) 및 컨테이너형 식물공장 모델 사례 설계 검토 및 도입 완료, 수출 최적형 시스템 설계 검토를 위한 광원 연구 및 신품종 재배 연구 완료	100
○가공 유통 프로세스 및 식물공장 수출전략 수립	○자사 내 신규모델 식물공장 구축, 작물 자동화라인 재배연구 및 핵심 기술 체계화 사업 추진, 규모별 및 층고별 설치 레이아웃 설계 및 시범구축 완료(메트로팜, 식물공장 재배단지 리모델링 등), 수경재배용 로봇 청소기(이동식 재배장치) 개발 완료	100
○수출 대상국의 스마트팜 설치 계획 수립	○대상국가 재배작물 선정을 위한 샐러드채소 13종 및 어린잎채소 3종 재배기술 확보, 싱가포르 샐러드 가공라인 설계 완료, 고품질 및 고부가가치 작물 재배 기술력 확보를 위한 허브류 12종 및 이고들빼기 재배 기술 확보	100
○보급형 식물공장 표준 레이아웃 수립 및 식물공장, 가공공장 수출	○보급형(100평형) 식물공장 표준 배치도 수립 완료, 싱가포르, 몽골 사업 계약서 체결 완료, 쿠웨이트-식물공장 구축 사업 최종 계약 체결 및 시공 단계(수출액 12억 달성), 재배 작물의 샐러드 상품 적용을 위한 식물공장 제품용 샐러드 개발 완료 및 시판 진행	100
○식물공장 운영기술 매뉴얼화, 가공공장 규모 결정 사례 및 타당성 검토	○식물공장 운영을 위한 재배 및 운영 매뉴얼, 재배공정 작업지시서 작성 완료, 가공공장 규모 결정을 위한 국내 사례 기반으로 조사하여 타당성 검토안 작성 완료, 실제 식물공장 운영시 필수적으로 요구되는 식물공장 내 기본 구성 요소, 제어 및 관리 요소 결정 완료	100
○스마트팜 재배공정 자동화 공정분석	○엽채, 근채, 과채류 대상 자동화 공정 분석 및 방안 도출 설계완료 ○공정도 작성 및 각 공정별 자동화 방안 구체설계 완료	100
○스마트팜 자동화 솔루션 개발/설계	○이정식 로봇 및 재배도구 표준화m 스마트팜 전용 AGV, 모바일 로봇 개발을 통하여 특허출원 4건, 특허등록 2건 완료	100
○스마트팜 자동화 솔루션 시제품	○시제품 제작을 통한 자체 테스트베드 제작, 공정연계기술 개발/시험 완료	100
○상품화 개발 및 마케팅전략 수립	○작물별 상품화 및 국내외 시장 마케팅 전략 수립 ○국내 스마트팜 관련 전시회 참여, 해외 세미나 발표	100

제4장 목표 미달 시 원인분석

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

- 코로나 19로 인하여 수출목표 달성에 어려움이 있었으나, 특허, 시제품, 출시품 등 기술개발은 활발하게 이루어 졌으며, 인력고용 등 지표도 당초 계획했던 성과sms 달성하였으나, 수출액 목표를 정부지원 연구비에 비해 너무 크게 목표치를 설정하여 수출액 달성에 어려움이 있었으나, 중동, 일본 등 수출 성공과 중국 생산단지 구축 및 네트워크 구축에 성공하는 등 소정의 수출 성과는 달성함
-

2) 자체 보완활동

- 해당 없음
-

3) 연구개발 과정의 성실성

- 연구의 성과 달성을 위하여 매년 착수세미나, 월별 연구교류회, 연차별 성과발표회를 통하여 정기적으로 수출연구사업단 연구추진 상황 점검하여 연구 내실을 기함
 - 외교부와 협력하여 해외 정부 사절단 구성하여 중남미를 방문하여 비즈니스 미팅, 농림축산식품부, 실용화 재단 등 정부기관 합동조사단에 참여하여 카자흐스탄, 우즈베키스탄, 러시아의 시장 개척
 - KAIST 글로벌 케머셔라이제이션 워크숍에 참여 한국형 스마트팜 기술 소개를 통하여 수출사업화에 노력하여 미얀마 양곤정부와 중앙정부 네트워크 구축함
 - KOTRA 초청으로 멕시코 비즈니스 미팅에 참여하여 한국형 스마트팜 소개 및 사업화 제안
 - 주 쿠웨이트 대사관 초청 쿠웨이트 스마트시티 포럼에 참여하여 쿠웨이트 농수산청에 한국형 스마트팜 사업제안하여 한국농어촌공사와 G2G 사업개발 추진
-

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 증질지(80g/m²)

(22쪽 중 13쪽)

□ 핵심기술

구분	연구기관	핵심기술명	기술성숙도	성과물
1-1-1	농어촌연구원	포스멕 소재 경량철골온실 개발	9단계	설계도 및 실증
1-1-2	농어촌연구원	보급형 스마트팜 온실 개발	9단계	설계도 및 실증
1-1-3	농어촌연구원	한국형 스마트팜 수출 모형 K-플랜트 개발	9단계	매뉴얼
1-1-4	나래트랜드	ICT 기반 자율형 물순환 시스템 개발	9단계	H/W & S/W
1-1-5	지엔지테크놀러지	지하수 겸용 지열에너지시스템 개발	9단계	H/W & S/W
1-1-6	농어촌연구원	스마트팜 온실 에너지원 관리시스템 개발	9단계	H/W & S/W
1-1-7	(주)조인트리	K-Plant 통합관제시스템	9단계	S/W 시스템
1-1-8	(주)조인트리	K-Plant 에코솔루션	9단계	어플리케이션(APP)
1-1-9	(주)조인트리	G-GAP 인증앱	9단계	어플리케이션(APP)
1-1-10	세슬프라이머스	생육 정보 이미지 수집 및 분석 시스템(아이센서)	9단계	S/W 시스템
1-1-11	세슬프라이머스	과채류 생육 최적화 모델 수립(인-도어 딸기팜)	9단계	H/W & S/W
1-1-12	세슬프라이머스	생육 정보를 활용한 수확 자동화 플랫폼	9단계	H/W & S/W
1-1-13	이수화학	스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 개발	9단계	JV 설립, 생산단지
1-1-14	이수화학	K-Plant 수출을 위한 공유형 체인화 모델 개발	9단계	설계도 및 실증
1-1-15	이수화학	복합환경제어시스템 개발 및 현장 테스트 실시	9단계	H/W & S/W
1-1-16	플랜티팜	컨테이너형 식물공장	9단계	실증 및 판매
1-1-17	플랜티팜	보급형 및 상업형 식물공장	9단계	설계도, 실증 및 구축
1-1-18	로보게이트	작물별 스마트팜(수경재배) 자동화 공정 연계방안 구현	6단계	공정도/설계도
1-1-19	로보게이트	스마트팜(수경재배) 자동화 이 정식 로봇	6단계	시제품/출시품
1-1-20	로보게이트	스마트팜 전용 모바일로봇 "로보누리"	6단계	시제품/출시품
1-1-21	로보게이트	스마트팜 전용 회전식 다단 재배판 자율운송 AGV	6단계	시제품/출시품

◦ 기술성숙도: 특정기술(재료, 부품, 소자, 시스템 등)의 성숙도로서 최종 연구개발 목표, 내용, 최종 결과물 등을 고려하여 아래의 9단계 중 해당하는 단계를 선택합니다(특정기술의 개발을 목적으로 하는 연구개발과제의 경우에만 작성).

- 1) 기초연구단계: 1단계(기초 이론·실험), 2단계(실용 목적의 아이디어, 특허 등 개념 정립)
- 2) 실험단계: 3단계(연구실 규모의 기본성능 검증), 4단계(연구실 규모의 소재·부품·시스템 핵심성능 평가)
- 3) 시제품단계: 5단계(확정된 소재·부품·시스템 시제품 제작 및 성능 평가), 6단계(시범규모의 시제품 제작 및 성능 평가)
- 4) 제품화단계: 7단계(신뢰성평가 및 수요기업 평가), 8단계(시제품 인증 및 표준화)
- 5) 사업화단계: 9단계(사업화)

□ 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장으로 해결	정책 자료	기타
1-1-1		v				v				
1-1-2		v								
1-1-3		v					v			
1-1-4								v		
1-1-5	v	v				v	v	v		
1-1-6										
1-1-7						v				
1-1-8						v				
1-1-9		v				v				
1-1-10				v		v	v			
1-1-11		v			v			v		
1-1-12				v		v		v		
1-1-13		v								
1-1-14		v					v			
1-1-15		v								
1-1-16							v			
1-1-17							v			
1-1-18	v	v				v	v			
1-1-19	v	v				v	v			
1-1-20	v	v				v	v			
1-1-21	v	v				v	v			

□ 연구결과별 기술적 수준

성과명		국내외 기술 비교	기술의 우월성	기여한 내용
1-1-1	포스멕 소재 경량철골온실 개발	포스코의 포스멕 신소재로 타국에 비하여 소재 내구성이 우수한 온실	일반철강보다 내식성 5배, 강도 1.15배 강함	포스멕 소재 조립식 경량철골온실 표준도 개발
1-1-2	보급형 스마트팜 온실 개발	국산 장비로 개발되어 시공비가 유리온실 대비 저렴한 플라스틱 온실로	포스멕 소재 경량철골온실과 양액재이용, 지하수 이용 관수와 지열이용 히트펌프로 에너지가 관리가 가능한 한국형 스마트팜 모형	신 소재 및 신기술 적용으로 온실의 내구성과 생산성, 에너지 효율성이 높은 한국형 스마트팜 시스템 체계화, 상용화
1-1-3	한국형 스마트팜 수출 모형 K-플랜트 개발	네덜란드 보다 생산성은 떨어지나, ICT 기술과 국내 개발 신기술을 적용하여 가성비가 우수함	KT GiGA Smart farm Solution 과 전력 피크관리가 가능한 SFEMS 가 연동된 K-Plant 통합관제 시스템 구현	신소재 온실로 구조를 보강하고 ICT로 복합환경 제어와 에너지원 관리가 가능한 K-Plant 수출 모델 개발
1-1-4	ICT 기반 자율형 물순환 시스템 개발	-	-	-

성과명		국내외 기술 비교	기술의 우월성	기여한 내용
1-1-5	지하수 검용 지열에너지시스템 개발	-	-	에너지 사용비용 시공비용 절감
1-1-6	스마트팜 온실 에너지원 관리시스템 개발	국내에서는 태양광, 수소연료전지 등 융합이 진행되고 있음 네델란드, 케나다 등도 도입되어 있음	SFEMS 시스템으로 피크으로 전력관리 알고리즘을 통한 스마트팜 전력요금 관리 가능	300평 테스트베드 규모 기준 연간 500만원에 가까운 전력비용절감효과 검증
1-1-7	K-Plant 통합관제시스템 개발	사용자 중심 인터페이스 구성 및 연계성 우수함	국내외 다양한 관제시스템과 연계 가능한 인터페이스 체계 구축	테스트베드 내 온실환경에 대한 모니터링 시스템 검증 및 수출 가능성 시사
1-1-8	K-Plant 에코솔루션	시설원에 분야 온실구축시 필요한 기자재 및 센서 구동장비 관련 정보 체계화하여 웹으로 제공	3D Visibility 기능 탑재를 통한 사용자 편의 성 제공	스마트팜 관련 장비 기자재 정보의 체계적 관리 및 공유 체계 구축
1-1-9	G-GAP 인증앱	국내 GAP 인증 Support와 차별화된 Global GAP 인증 지원앱	CPCC(Check Point and Compliance Criteria) 리스트와 입력데이터 매핑을 통한 문서 출력 기능	G-GAP 인증절차 전산화 및 자동화를 통한 절차 간소화
1-1-10	생육 정보 이미지 수집 및 분석 스템(아이센서)	자체 S/W 개발을 통해 해외제품(네델란드사)과 비교하여 적은 가격으로 고품질의 시스템 제공 가능	출기,열매,엽장,크기, 폭, 성숙도 등 다양한 생육정보 수집 및 분석 가능	생육정보 이미지 분석 데이터의 다각화 및 상용화
1-1-11	과채류 생육 최적화 모델 수립(인-도어 딸기팜)	-	-	과채류의 종류에 따라 최적화한 스마트팜 모델 수립
1-1-12	생육 정보를 활용한 수확 자동화 플랫폼	-	자체 S/W를 통해 수집한 데이터를 바탕으로 정확하고 유연한 플랫폼 구축 가능	수확 자동화 플랫폼의 표준안 제시
1-1-13	스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 개발	중국/중양아시아 국경 인근에 입지한 농업클러스터 생태농장 내에 이수건설 및 이수한가람포닉스사에서 스마트팜 벤로형 유리온실 시공 및 완공 (양액/관수/환경제어시스템 등)	스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 (중국 시설농업협회, 북경과학원, 신장성 농업과학원)	스마트팜 플랜트 실증을 위해 중국신장성 內 JV 설립 및 스마트팜 단지 구축 (5ha)

□ 연구결과별 기술적 수준

성과명		국내외 기술 비교	기술의 우월성	기여한 내용
1-1-14	K-Plant 수출을 위한 공유형 체인화 모델 개발	미래 스마트팜 기술과 농업의 현안 문제 해결을 위한 지역 특성 맞춤형 스마트팜 적용 모델 개발	대륙별/국가별 등 지역별 맞춤형 기술개 (적정수준, 적정기술)로 K-Plant 공유형 체인화 모델 수출전략 시발점	한국형 스마트 온실 (1세대) 및 스마트팜 개발 단계별 세대 구분, 국내 적용 사례를 통한 시사점 도출을 통해 선진국, 후진국, 개발도상국 등에 적용 가능한 모델 개발로 중소기업 육성에 기여함
1-1-15	복합환경제어시스템 개발 및 현장 테스트 실시	최신 IoT, AI 기술을 접목하여 기 확보된 복합환경제어시스템을 효율적 활용	운영비용 절감, 생산성 증대하여 첨단 스마트팜 구현	복합환경제어시스템 개발 및 현장 테스트 실시로 일대일로(一帶一路)를 통한 인근지역 수출 확대 전망
1-1-16	컨테이너형 로봇자동화 식물공장	일본 및 국내 등 40ft 컨테이너형 식물공장이 개발되어있지만 로봇자동화 시스템은 소개된적이 없음	환경센서에 대한 데이터를 수집하도록 메인보드 구성. PC 명령에 의해 제어되는 로봇반송시스템이 구비	신선 농산물 확보 어려운 지역 대상 수출 판로 개척 및 도시 내 농업활동용
1-1-17	보급형 및 상업형 식물공장	국산 장비로 개발되었으며 월 3,700kg 생산 가능함. 최초로 작업동선 최소화를 위해 소형 바퀴가 적용된 재배 패널 개발	6단에서 8단까지 재배가능하며 알루미늄 재질의 프레임으로 부식 방지 가능. 재배 베드는 일체형 구조로 물빠짐이 원활하고 청소 등 작업 효율성 증대. 재배 패널은 서로 연결되며 소형 바퀴를 적용하여 좌우 슬라이드 움직임이 가능하여 운반 작업 효율성 약 35% 증가	국내외 식물공장 비즈니스 모델 구축 및 생산시스템 보급
1-1-18	작물별 스마트팜(수경재배) 자동화 공정 연계방안 구현	세계적으로 작물별 수경재배 자동화 공정에 대해 연구사례는 찾기 어려움	작물별 각 공정과 각 공정의 자동화 연계기술 분석설계	공정도/설계도/시제품/테스트
1-1-19	스마트팜(수경재배) 자동화 이정식 로봇	세계최초 로봇에 의한 이정식 자동화 구현	로봇팔과 레일시스템, 배드공급장치를 통한 간단한 구성, 사용자 모듈에 따라 모듈 수정이 쉽다	설계도/시제품/테스트베드

성과명		국내외 기술 비교	기술의 우월성	기여한 내용
1-1-20	스마트팜 전용 모바일로봇 “로보누리”	이동형 재배베드 및 다기능 회전식 그리퍼를 통한 모바일 로봇은 최초	이동형 재배베드 및 다기능 회전식 그리퍼를 통한 스마트팜 전용 모바일로봇 구현	설계도/시제품/테스트베드
1-1-21	스마트팜 전용 회전식 다단 재배판 자율운송 AGV	협동로봇과의 협업을 위한 회전식 재배베드 거치대를 보유한 스마트팜 전용 AGV 구현은 최초	로봇자동화 연계를 위한 통신 및 회전식 재배베드 거치대를 보유한 스마트팜 전용 AGV 구현	설계도/시제품/테스트베드

제6장 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

□ 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명		핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과					
NO	기술명	활용분야	활용방안	기술이전	기업화 추진방안	타 연구에의 응용	추가연구의 필요성
1-1-1	포스맥 소재 경량철골온실 개발	스마트팜 기획 설계	수출 프로젝트 적용	자체 사용	스마트팜 전문회사	-	-
1-1-2	보급형 스마트팜 온실 개발	스마트팜 기획 설계	수출 프로젝트 적용	자체 사용	스마트팜 전문회사	-	-
1-1-3	한국형 스마트팜 수출모형 K-플랜트 개발	스마트팜 기획 설계	수출 프로젝트 적용	자체 사용	스마트팜 전문회사	-	-
1-1-4	ICT 기반 자율형 물순환 시스템 개발	스마트팜 물관리	수출 프로젝트 적용	자체 사용	스마트팜 전문회사	-	지능화 연구 필요
1-1-5	지하수 겸용 지열에너지시스템 개발	스마트팜 에너지 관리	수출 프로젝트 적용	자체 사용	스마트팜 전문회사	-	사업화 연구
1-1-6	스마트팜 온실 에너지원 관리시스템 개발	스마트팜 전력원 관리	상품화 판매	자체 사용	스마트팜 전문회사	-	피크제어 및 분산기술 적용 스마트팜 EMS 시스템 연구
1-1-7	K-Plant 통합관제시스템 개발	스마트팜 기획 설계	상품화 판매	자체 사용	스마트팜 전문회사	-	3D 확장성 연구
1-1-8	K-Plant 에코솔루션	기자재 관리		자체 사용	스마트팜 전문회사	-	-
1-1-9	G-GAP 인증앱	영농일지 관리	상품화 판매	자체 사용	스마트팜 전문회사	생육데이터 수집 고도화로 수확 시기를 포함 병해충 예찰 기능까지 확장	-
1-1-10	생육 정보 이미지 수집 및 분석 시스템(아이센서)	식물공장	상품화 판매	자체 사용	-	-	-
1-1-11	과채류 생육 최적화 모델 수립(인-도어 딸기팜)	식물공장	상품화 판매	자체 사용	-	-	-
1-1-12	생육 정보를 활용한 수확 자동화 플랫폼	식물공장	상품화 판매	자체 사용	-	-	-
1-1-13	스마트팜 플랜트 수출 네트워크 구축 및 개발	스마트팜 설계 및 보급	-	자체 사용	-	-	-

□ 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명		핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과					
NO	기술명	활용분야	활용방안	기술이전	기업화 추진방안	타 연구에의 응용	추가연구의 필요성
1-1-14	K-Plant 수출을 위한 공유형 체인화 모델 개발	스마트팜 모델 개발	상품화 판매	자체 사용	스마트팜 전문회사	-	-
1-1-15	복합환경제어 시스템 개발 및 현장 테스트 실시	스마트팜 기획 설계	상품화 판매	자체 사용	스마트팜 전문회사	-	-
1-1-16	컨테이너형 로봇자동화 식물공장	스마트팜 설계 및 보급	상품화 판매	자체 사용	스마트팜 전문회사	-	-
1-1-17	보급형 및 상업형 식물공장	스마트팜 설계 및 보급	상품화 판매	자체 사용	식물공장 전문회사	-	-
1-1-18	작물별 스마트팜 (수경재배) 자동화 공정 연계방안 구현	스마트팜 자동화 적용	기술컨설팅	기술이전가능	컨설팅회사 설립 사업화 적용	-	작물별 각 공정과 각 공정의 자동화 연계기술 분석설계
1-1-19	스마트팜(수경재배) 자동화 이점식 로봇	스마트팜 자동화 적용	이식정식로봇의 상품화 판매	기술이전가능	스마트팜기술 전문회사	물류자동화 응용	로봇팔과 레일시스템, 배드공급장치를 통한 간단한 구성, 사용자 모듈에 따라 모듈 수정이 쉽다
1-1-20	스마트팜 전용 모바일로봇 "로보누리"	스마트팜 자동화 적용	각 산업군에 대응도로 구현 가능	기술이전가능	모바일로봇 전문회사 가능	-	이동형 재배베드 및 다기능 회전식 그리퍼를 통한 스마트팜 전용 모바일로봇 구현
1-1-21	스마트팜 전용 회전식 다단 재배판 자율운송 AGV	스마트팜 자동화 적용	상품화 판매	기술이전가능	농업용기계전문 회사	-	로봇자동화 연계를 위한 통신 및 회전식 재배베드 거치대를 보유한 스마트팜 전용 AGV 구현

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 수출전략기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 수출전략기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.