

119066-
2

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
농축산물안전유통소비기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003672-01

보급형 컨테이너 식물공장 실증개발

2021년 9월 17일

주관연구기관 / 플랜티팜(주)

보급형 컨테이너 식물공장 실증개발

2021

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “보급형 컨테이너 식물공장 실증개발”(개발기간 : 2019.06.20. ~ 2021.06.19.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021년 9월 17일

주관연구기관명 : 농업회사법인 플랜티팜(주) (대표자) 강 대 현



주관연구책임자 : 정 명 환

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

최종보고서

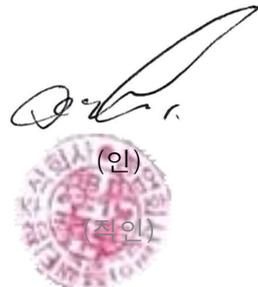
| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------|------|-----------------|---------|--------------------------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------|-----|----------------|---------|----------------|----|---------------|--|
| 최종보고서 | | | | | | | 보안등급 일반[<input type="radio"/>], 보안[<input type="checkbox"/>] | | | | | | | |
| 중앙행정기관명 농림축산식품부 | | | 사업명 | | 사업명 | | 농축산물안전유통소비기술개발사업 | | | | | | | |
| 전문기관명 (해당 시 작성) | | | | | 내역사업명 (해당 시 작성) | | | | | | | | | |
| 공고번호 | | | 농축 2019-179호 | | 총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성) | | | | | | | | | |
| | | | | | 연구개발과제번호 | | 119066-2 | | | | | | | |
| 기술분류 | 국가과학기술 표준분류 | | LB0899 | 50% | LB0104 | 25% | LB0203 | 25% | | | | | | |
| | 농림식품과학기술분류 | | CA0106 | 60% | RC0102 | 20% | AA0103 | 20% | | | | | | |
| 총괄연구개발명 (해당 시 작성) | | | 국문 | | | | | | | | | | | |
| | | | 영문 | | | | | | | | | | | |
| 연구개발과제명 | | | 국문 | | 보급형 컨테이너 식물공장 실증개발 | | | | | | | | | |
| | | | 영문 | | Practical Development for the Low-end Container Type plant Factory | | | | | | | | | |
| 주관연구개발기관 | | | 기관명 | | 농업회사법인 플랜티팜(주) | | 사업자등록번호 | | 821-86-01720 | | | | | |
| | | | 주소 | | (우17706)경기도 평택시 진위면 서탄로 43-19 | | 법인등록번호 | | 131311-0236038 | | | | | |
| 연구책임자 | | | 성명 | | 정 명 환 | | 직위 | | 팀장 | | | | | |
| | | | 연락처 | | 직장전화 | | 070-7776-1143 | | 휴대전화 | | | | | |
| | | | | | 전자우편 | | | | 국가연구자번호 | | | | | |
| 연구개발기간 | | | 전체 | | 2019. 06. 20 - 2021. 06.19(24개월) | | | | | | | | | |
| | | | 단계 (해당 시 작성) | | 1단계 | | 2019.06. 20 - 2020. 06.19 (12개월) | | | | | | | |
| | | | | | 2단계 | | 2020.06. 20 - 2021. 06. 19(12개월) | | | | | | | |
| 연구개발비 (단위: 천원) | | | 정부지원 연구개발비 | | 기관부담 연구개발비 | | 그 외 기관 등의 지원금 지방자치단체 | | 합계 | | 연구개발비 외 지원금 | | | |
| | | | 현금 | | 현금 | | 현금 | | 현금 | | | 합계 | | |
| 총계 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1단계 | 1년차 | | 100,000 | 100,000 | - | - | - | - | 200,000 | 200,000 | | | | |
| | 2년차 | | 100,000 | 100,000 | - | - | - | - | 200,000 | 200,000 | | | | |
| 2단계 | 1년차 | | | | | | | | | | | | | |
| | n년차 | | | | | | | | | | | | | |
| 공동연구개발기관 등 (해당 시 작성) | | | 기관명 | | 책임자 | | 직위 | | 휴대전화 | | 전자우편 | | 비고 역할 기관유형 | |
| 공동연구개발기관 | | | | | | | | | | | | | | |
| 위탁연구개발기관 | | | | | | | | | | | | | | |
| 연구개발기관 외 기관 | | | | | | | | | | | | | | |
| 연구개발담당자 실무담당자 | | | 성명 | | 이루지 | | 직위 | | 선임연구원 | | | | | |
| | | | 연락처 | | 직장전화 | | 070-7776-1143 | | 휴대전화 | | | | | |
| | | 전자우편 | | | | | 국가연구자번호 | | | | | | | |

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2021년 8월 1일

연구책임자 : 정 명 환

주관연구개발기관의 장 : 강 대 현



< 요약 문 >

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------|--------------------------|-------------|--------------|--------------|-----|----|
| 사업명 | 농축산물안전유통소비기술개발사업 | | | 총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성) | | | | | | | |
| 내역사업명 (해당 시 작성) | | | | 연구개발과제번호 | | 119066-2 | | | | | |
| 기술분류 | 국가과학기술표준분류 | LB0899 | 50% | LB0104 | 25% | LB0203 | 25% | | | | |
| | 농림수산과학기술분류 | CA0106 | 60% | RC0102 | 20% | AA0103 | 20% | | | | |
| 총괄연구개발명 (해당 시 작성) | | | | | | | | | | | |
| 연구개발과제명 | 보급형 컨테이너 식물공장 실증개발 | | | | | | | | | | |
| 전체 연구개발기간 | 2019.06.20.~2021.06.19.(24개월) | | | | | | | | | | |
| 총 연구개발비 | 총 400,000 천원 (정부지원연구개발비: 200,000천원, 기관부담연구개발비 : 200,000천원) | | | | | | | | | | |
| 연구개발단계 | 기초[] 응용[] 개발[○] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[] | | | 기술성숙도 (해당 시 기재) | | 착수시점 기준() 종료시점 목표() | | | | | |
| 연구개발과제 유형 (해당 시 작성) | | | | | | | | | | | |
| 연구개발과제 특성 (해당 시 작성) | | | | | | | | | | | |
| 연구개발 목표 및 내용 | 최종 목표 | | 다목적 재배 모듈랙 개발을 통한 시설투자비 절감형 식물공장 모델 개발 | | | | | | | | |
| | 전체 내용 | | <ul style="list-style-type: none"> ○ 업체류 생산용 컨테이너 식물공장 개발 및 경제성 평가 - 양산형 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 개발 및 손익 분석 - 신규 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 개발 및 손익분석 - 신규 재배시스템 적용 컨테이너 냉방 에너지 절감 기술 개발 ○ 신규 재배시스템 도입 건물 유휴 공간 활용 식물공장 생산성 평가 - 신규 재배시스템의 상업형 식물공장 적용 가능성 평가 - 상업형 식물공장 경제성 검증 | | | | | | | | |
| 연구개발성과 | 특허출원 3건, 기술실시 1건, 제품화 2건, 매출액 2,316백만원, 수출액 1,200백만원, 학술발표 1건, 교육지도 2건, 고용창출 2건, 정책활용 1건, 홍보전시 2건 | | | | | | | | | | |
| 연구개발성과 활용계획 및 기대 효과 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 식물공장 기술 개발을 통한 관련 산업 분야의 국가 R&D 및 과학기술 역량 제고 ○ IoT, 빅데이터, 인공지능, 로봇 등 4차 산업혁명 기술과 융복합을 통한 선도모델 개발 ○ 시스템 및 품목별 재배기술의 선진국 수준 달성에 의한 해외 수출 판로 개척 | | | | | | | | | | |
| 연구개발성과의 비공개여부 및 사유 | - | | | | | | | | | | |
| 연구개발성과의 등록·기탁 건수 | 논문 | 특허 | 보고서 원문 | 연구 시설 ·장비 | 기술 요약 정보 | 소프트 웨어 | 표준 | 생명자원 | | 신품종 | |
| | | 3 | | | | | | 생명 정보 | 생물 자원 | 화합물 | 정보 |
| 연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황 | 구입 기관 | 연구시설 ·장비명 | 규격 (모델명) | 수량 | 구입 연월일 | 구입가격 (천원) | 구입처 (전화) | 비고 (설치장소) | ZEUS 등록번호 | | |
| 국문핵심어 (5개 이내) | 보급형 | | 식물공장 | | 도심형 | | 컨테이너 | | 절약 | | |
| 영문핵심어 (5개 이내) | Entry-level | | Plant Factory | | Urban | | Container | | Saving | | |

< 목 차 >

| | |
|-----------------------------------|----|
| 1. 연구개발과제의 개요 | 1 |
| 가. 연구 개발의 필요성 | 1 |
| 나. 국내외 식물공장 현황 | 2 |
| 다. 최종 연구개발 목표 | 5 |
| 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용 | 6 |
| 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 | 10 |
| 4. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도 | 34 |
| 5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 | 34 |
| 6. 참고문헌 | 34 |

1. 연구개발과제의 개요

가. 연구개발의 필요성

- 식물공장은 밀폐된 공간에서 재배시설을 이용하여 다층으로 식물을 재배하는 방법을 의미하며, 생육환경(광, 온습도, 공기, 수분, 양분 등)을 직접 제어하여 연중 365일 안정적인 생산이 가능함
- 또한 빌딩이나 건물 내에서의 다층 재배가 가능하여 토지활용도를 재배면적 대비 10배 이상 증가시킬 수 있으며, 인구 밀집 도시 내에서의 설치 및 공급이 쉬워짐
- 최근 상업용 식물공장뿐 아니라 가정용 식물공장으로써 가전 형태의 소형 식물공장이나 저비용 컨테이너형 식물공장 등이 개발되고 있는 추세임
- 컨테이너형 식물공장은 지리적 입지와 상관없이 평평한 지면과 전력, 농업용수가 공급되는 어느 지역에서든 설치할 수 있고 운송이 쉽다는 장점이 있음
- 신선 채소 공급이 어려운 사막, 극지방, 고산, 해안 등 지역 주민에게 신선한 채소 공급이 가능함
- 식물공장 및 컨테이너형 식물공장은 많은 장점이 있음에도 초기 시설 투자 및 운영비용(시설, 장비 등) 부담에 따라 확산이 적은 실정임
- 컨테이너형 식물공장은 컨테이너 비용만 \$75,000/대(Corner Star Farm 기준) 수준으로, 비용면에서 적지 않은 비용이 들어감
- 현재 식물공장 초기 투자비는 600만원/평 선으로 알려져 있으며, 보급을 위해서는 초기 투자비를 300만원/평까지 낮출 필요가 있음
- 다른 이유로는 사용되는 전력량이 기존 온실 대비 더 많은 에너지가 소모됨(엽채류 1kg 기준 30~176kWh, 아이오크롭스, 2020)
- 컨테이너형 식물공장의 보급, 확산을 위해서는 초기 시설 투자 비용을 줄여 수익성 있는 식물공장 모델 개발이 필요함



<산업용 수직농장(플랜티팜)>



<컨테이너형(외형)>



<가정용>



<마트형>



<컨테이너형(내부)>



<자판기형>



<메트로형>

나. 국내외 식물공장 현황

1) 국내 식물공장 현황

○ 플랜티팜

- ISO 규격의 40ft(Hi-cube) 컨테이너를 이용한 어린잎채소, 엽채류, 허브류, 과채류 등 다양한 품종의 재배가 가능하며, 운송과 설치가 간편하여 극한 환경 및 수출에 용이함
- 식물 생육에 최적 환경인 내부 온도 및 양액 공급 등을 자동으로 관리하여 연중 안정된 재배 및 생산이 가능함
- 자동화 로봇을 이용한 파종, 재배, 출하 등 전 공정의 자동화 시스템으로 1,500m²에 해당하는 어린잎채소 생산이 가능함(약 15kg/일 수준)
- 자동 소프트웨어를 이용한 재배조건(온·습도, CO₂, LED 색상)의 자동 조절 및 최적의 메뉴얼 제공함
- 해외 수출 실적(2020년)

* 남극 극지연구소(세종기지) : 엽채류 및 과채류 동시 재배 가능

* 일본 : 컨테이너 식물공장에서 친환경 재배를 통해 수확된 신선야채를 매장에서 판매

| No. | 수출 지역 | 수량(대) | 매출액(원) |
|-----|-----------|-------|-------------|
| 1 | 남극 극지연구소 | 2 | - |
| 2 | 해외 수출(일본) | 6 | 720,000,000 |



<컨테이너형 식물공장(외형)>



<컨테이너형 식물공장(내부)>

○ 엔씨

- 아랍에미리트연합(UAE)에 컨테이너형 식물공장 80대 수출
- 기존 농업 대비 4%의 물만 이용하여 에너지 효율을 올리고 생산량은 기존 농업과 비교하여 최대 100배 정도로 예측함
- IoT와 전용 OS를 개발하고 있으며, 부품의 모듈화를 통해 확장성과 재배 효율성을 도모하고 있음



<컨테이너형 식물공장(엔싱)>

○ 넥스트온

- 수경재배를 위해 페터널을 활용하여 ICT기반의 양산형 반자동화 시스템 식물공장을 구축하였으며, 약 86종의 잎채소를 연간 400톤 수준으로 생산함
- 생산량은 일반 비닐하우스 대비 최대 100배 수준으로 예상되며, 엽채류 외에 딸기를 재배 중임



<컨테이너형 식물공장(넥스트온)>

2) 국외 식물공장 현황

○ Urban Crops Solution

- 자동화 제어 환경 식물공장 시스템을 통해 재배되는 작물에 따른 LED 조절이 가능하며, 상업용 솔루션인 FarmPro 컨테이너 식물공장과 ModuleX(Plant Factory Grow Module)를 운영



<ModuleX(Urban Crops Solution)>

○ Crop One Holdings, FreshBox Farm

- 어디서나 작물을 키울 수 있도록 모든 것을 하나로 통합한 컨테이너형 농장을 개발하여 공항 및 기내식으로 채소를 납품하고 있으며, 두바이에 에미레이트 항공과 합작하여 대규모의 식물공장 건설에 투자하고 있음



<FreshBox Farm>

○ AeroFarms

- 2004년 설립된 뉴저지주 식물공장 업체로 노후 철강공장을 리모델링하여 6,400m² 면적의 세계 최대 규모의 식물공장을 운영
- 10m 높이의 건물 실내에 7~8단으로 설치된 재배상에서 연간 1,000톤의 채소를 생산 중이며, 샐러드, 주스 등으로 가공하는 시설까지 함께 운영
- LED 조명과 함께 뿌리에 영양분을 섞은 물안개를 뿌리는 방식을 도입하여 식물공장의 경제성 및 상품성 문제를 해결함



<AeroFarms>

○ Agricoool

- 컨테이너 식물공장 스타트업 기업으로 30m² 규모의 내부 벽면을 따라 수직으로 딸기를 재배, 3개월에 약 1.6톤 생산하며, 아랍에미리트연합(UAE) 두바이에 테스트 컨테이너 농장을 설치하여 딸기 생산 중에 있음



<Agricool>

○ Priva

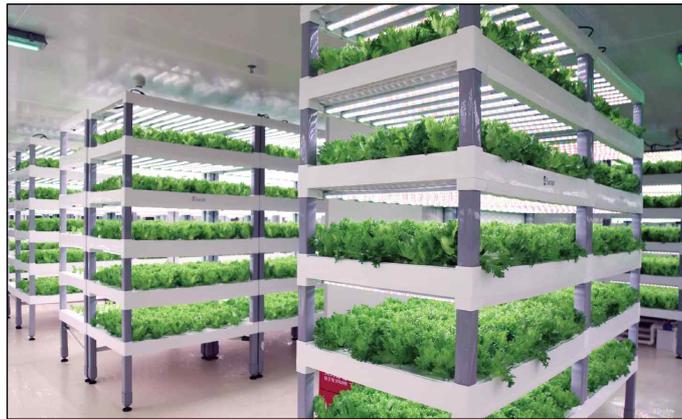
- 세계 최고 수준의 온실 및 식물공장 환경제어시스템 보유 기업으로, 온실 복합환경 제어시스템 및 센서 설비를 제조하여 재배환경의 정밀제어 및 물, 에너지 관리 등의 전반적인 솔루션을 제공
- 작물의 수확 후 관리를 분석하기 위해 RFID를 이용한 작물 수확량 모니터링 및 Labor tracking 등을 지원



<Priva 식물공장>

○ Sanan Sino-Science(中科三安)

- 중국과학원 식물연구소와 삼안 그룹의 공동 투자로 설립한 회사로, 중국과학원의 특허 및 기술과 연구인력의 지원을 받아 급격히 성장하고 있으며, 자체 개발한 LED 기술과 모듈화된 재배기술이 적용된 대규모의 식물공장이 중국 푸젠성(30,000m²)과 미국 라스베이가스(20,000m²)에 운영 중



<Sanan Bio>

다. 최종 연구개발 목표

- 다목적 재배 모듈랙 개발을 통한 시설투자비 절감형 식물공장 모델 개발
- 세부목표
 - 기존 양산형 식물공장 대비 시설투자비 20% 절감
 - 동일 면적 대비 재배랙 모듈 가격 30% 감소
 - 식물공장 전체 운영비 10% 절감
 - 8평형 컨테이너 식물공장 투자비 절감

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

가. 엽채류 생산용 컨테이너 식물공장 개발 및 경제성 평가

1) 양산형 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 개발 및 손익 분석

가) 기존 재배시스템 보완

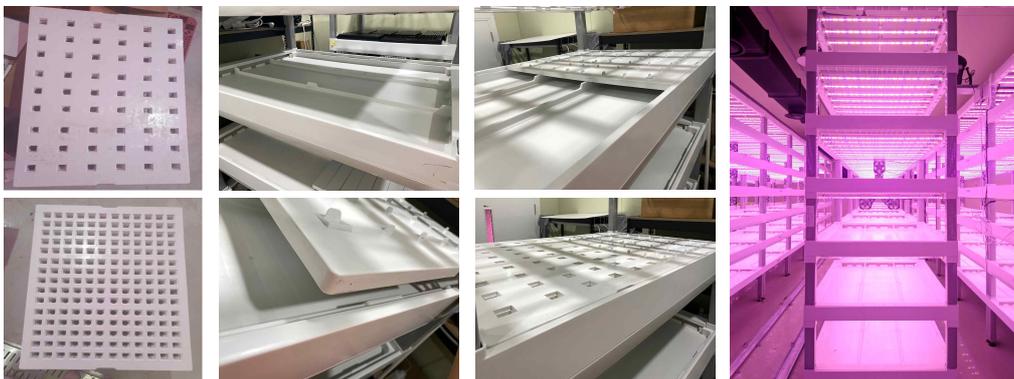
- 자사 상업형 식물공장에 도입, 사용 중인 3세대 양산형 재배시스템을 활용한 컨테이너 재배시스템 구축
- 양산형 재배시스템 규격(3세대)
 - 1,300 x 900 x 3,000mm (길이 x 폭 x 높이, 6단 기준)
 - 단별 간격 : 270mm
 - 특징 : 플라스틱 재질 이·정식판 및 베드, 담액수경 방식
- 재배시스템 보완 사항
 - 컨테이너 내부 높이의 제한에 따른 설치 단수의 조정 필요(고단→중, 저단)
 - 상업화 제품으로 적용 시 제 1열만 설치 가능하기 때문에 공간효율 극대화를 위해 재배 관련 자재의 별도 제작 필요

나) 기존 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 설계 및 생산성 평가

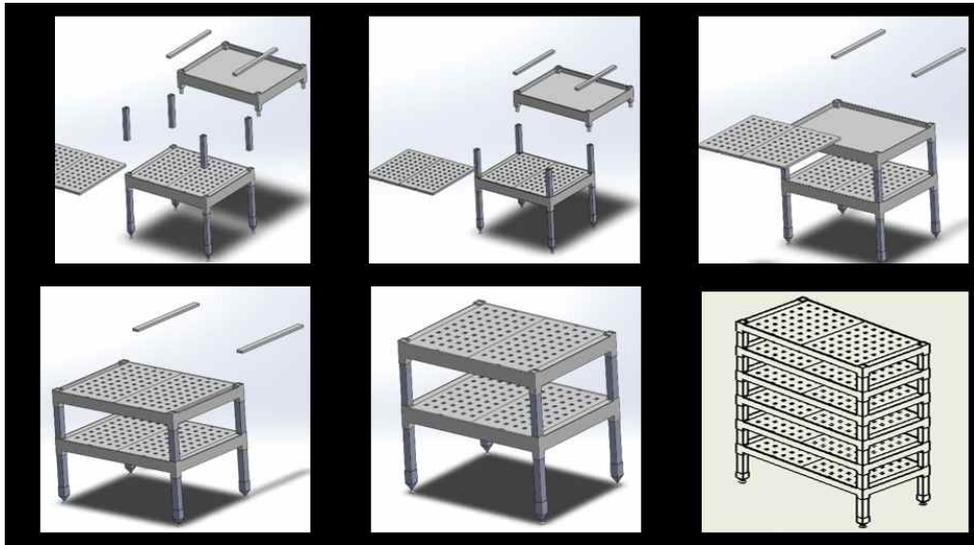
- 보완 재배시스템을 적용한 신규 컨테이너 식물공장 설계
- 엽채류 생산 프로토콜에 대응한 작업 동선 및 공간 확보
- 최대 정식 주수(생산 포트수) 및 월간 최대 생산량 산출

다) 기존 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 손익 분석

- 식물공장 구축 및 운영 비용 산출
 - 시설 구축비 및 감가상각비
 - 운영비 : 직접재료비, 노무비, 제조간접비
- 엽채류 생산 기준 손익 분석
 - 자사 원물 매입금 기준 매출액 및 매출 이익 산출



<그림1. 기존 양산형 재배시스템 파트별 부품>



<그림2. 개조된 재배시스템 조립도>

2) 신규 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 개발 및 손익 분석

가) 신규 재배시스템 개발

○ 컨테이너 식물공장에 적합한 엽채류 생산용 재배시스템 개발

(고려사항)

- 기존 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 운영 시 순이익 확보 불가
- 재배패널 입·반출 작업통로 확보에 따른 바닥면적 대비 재배면적 비율 낮음
- 작업 편의성 향상을 위해 근로자 및 현장관리자와의 의견을 반영

(개발 방향)

- 자사 상업형 식물공장에 도입하여 사용 중인 1,2세대 및 3세대 양산형 재배시스템에 대한 장단점 분석을 통한 최적의 재배시스템 개발→ 공간효율 및 작업효율 극대화 도모

(개발 범위)

- 재배랙, 재배베드, 재배패널, 급액 및 배액부

나) 신규 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 설계, 제작 및 운영

- 개발한 재배시스템을 적용한 컨테이너 식물공장 설계
- 엽채류 생산 프로토콜 대응 작업 동선 및 공간 확보
- 최대 정식 주수 및 월 최대 생산량 산출

다) 생산성 평가 및 손익 분석

○ 신규 재배시스템 실증실험 수행

- 양산라인 재배매뉴얼 기준으로 엽채류 실험 실시

(실험 조건)

- 공시작물 : 적로메인, 이자트릭스, 카이피라
- 재배방식 : DFT
- 설정온도 : 22℃, CO₂농도 : 700ppm
- 인공광 : LED (Red:Blue =1:1, 광량: 220μmol/m²/s, 일장: 12/12h)

- 배양액 : EC 1.4 dS/m, pH 5.8±0.1
- 재배일수 : 파종 후 40일
- 조사내용 : 생산량



<그림3. 신규 재배시스템 적용 재배 실증>

○ 식물공장 구축 및 운영 비용 산출

- 시설 구축비 및 감가상각비
- 운영비 : 직접재료비, 노무비, 제조간접비

○ 엽채류 생산 기준 손익 분석

- 최대 정식주수 및 실제 생산량 데이터 활용
- 자사 원물 매입금 기준 매출액 및 매출 이익 산출

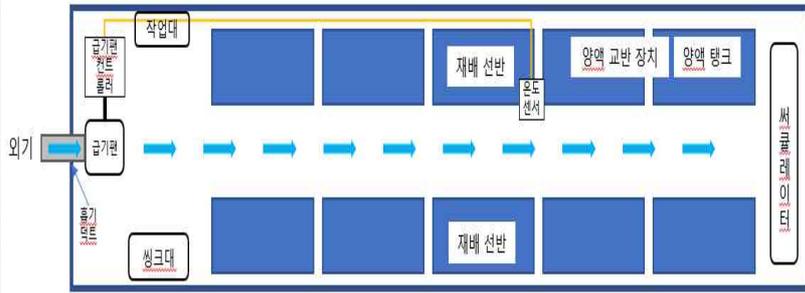
라) 엽채류 생산용 컨테이너 식물공장 경제성 평가

- 시판 및 신규 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 비교, 분석
- 엽채류 생산용 컨테이너 식물공장 제품화 가능성 모색

3) 신규 재배시스템 적용 컨테이너 냉방 에너지 절감 기술 개발

가) 외기 활용에 의한 냉방 에너지 절감 기술 개발

- 동절기 외부 냉기를 이용한 재배실 온도 조절
- 내·외부 온도 측정을 통한 제어 가능성 검증 및 외부 기온 범위 선정
(외기 활용 시스템 구성)
- 송풍기, 온도조절기, 덕트 등
- 외부 오염물질 및 병충해 유입을 방지하기 위하여 송풍기 및 덕트 내부 이중 필터 설치



<그림4. 외기 활용 시스템 구축>

나) 외기 활용 시스템 성능 평가

- 외부 온도에 따른 재배실 온도 측정
- 엽채류 대상 재배실험 실시(로메인, '21년 상반기)
 - 양산라인 재배 매뉴얼 기준(컨테이너 내부 온도 21℃)
 - (실험 조건)
 - 내부 기온 21℃ 이상 : 송풍기에 의한 자연 냉방
 - 내부 기온 26℃ 이상 : 냉방기에 의한 강제 냉방
- 외기 활용 기간 내 1일 수확량 및 생산성 평가

나. 신규 재배시스템 도입 건물 유휴 공간 활용 식물공장 생산성 평가

1) 신규 재배시스템의 상업형 식물공장 적용 가능성 평가

- 운영 중인 마트 내 1,056m² 규모의 유휴 공간을 활용한 식물공장 레이아웃 설계 및 신규 재배시스템 생산성 평가
 - 신규 재배시스템 구축 장소 : 천안 메가도매센터
 - 초기 시설투자비 절감을 위해 유휴 공간 내 대량 연속생산 시스템 구축을 통한 품질 및 생산수율 최적화 도모
- 생산성 분석 : 1일 생산량

2) 손익 분석

- 상업형 식물공장 경제성 검증

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

가. 엽채류 생산용 컨테이너 식물공장 개발 및 경제성 평가

1) 양산형 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 개발 및 손익 분석

가) 기존 재배시스템 보완

○ 컨테이너 식물공장에 적용 가능한 규격으로 기존 양산형 재배시스템의 단수 및 폭을 변경(그림 5)

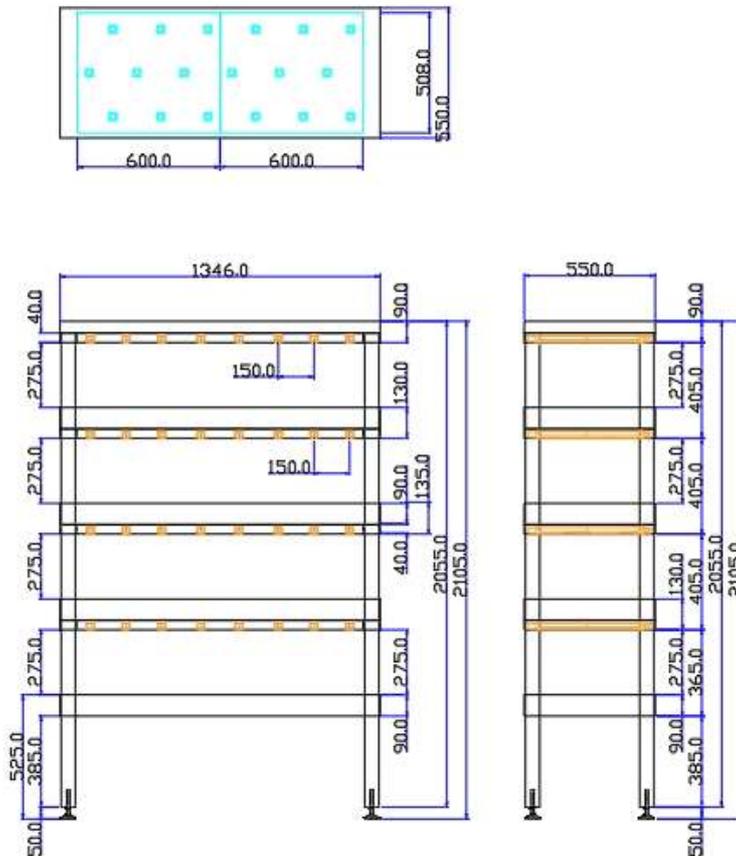
- 컨테이너 규격 : L11,892 x W2,208 x H2,555mm

- 재배랙 크기 : L1,300 x W550 x H2,100mm (4단 기준)

- 단별 간격 : 270mm

- 단별 정식주수(생산 포트 수) : 18주(변경 전 36주)

○ 정식용 재배패널 취급을 용이하게 하기 위해 재배랙을 좌우에 배치, 중앙에 통로를 확보



<그림 5. 양산형 재배시스템 보완 설계>

나) 기존 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 설계 및 생산성 평가

○ 개조된 재배시스템을 적용하여 컨테이너 식물공장 레이아웃을 설계(그림 6)

○ 엽채류 생산현장의 작업 동선 및 공간을 고려하여 재배랙을 배치함으로써 재배 공간 이용률을 극대화함

- 바닥면적(26.6m²) 대비 공간 이용률 증대 : 2.4배

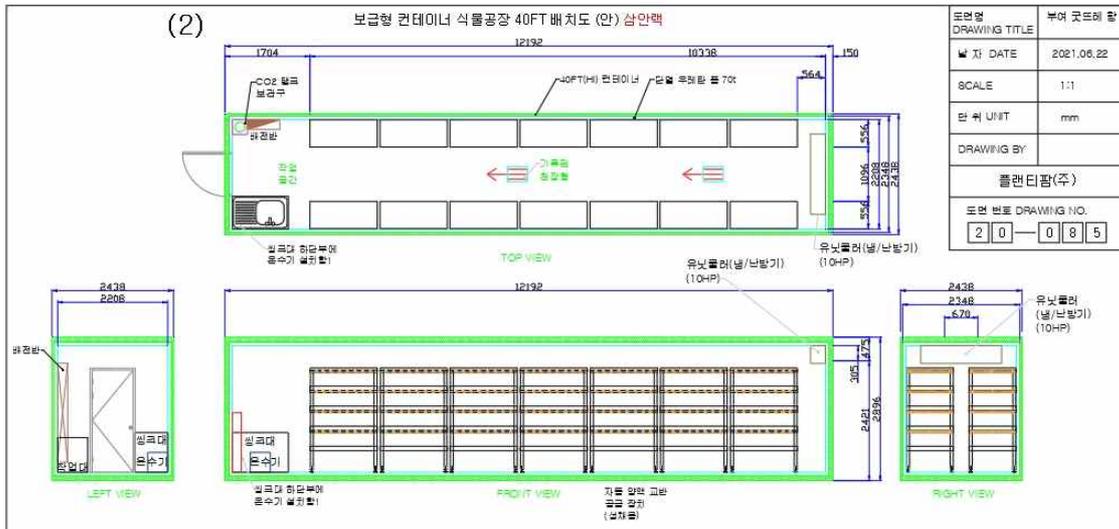
○ 엽채류 생산을 위해서는 파종~수확까지 전 공정을 컨테이너 내에서 수행되어야 하나, 재배 공간의 효율성을 고려하여 육묘 공정(이식 포함)은 별도의 공간에서 이루어지도록

설계함

- 재배랙 내 정식패널의 부착 및 탈착 작업의 편리성 증대를 위해 재배랙 사이의 통로를 1m로 설정

(컨테이너 식물공장 주요 사양)

- 바닥면적 : 26.6m²(8평)
- 재배시스템 설치면적(2열 기준) : 10,36m²(3.1평)
 - * 재배랙과 관수 시스템 포함
- 재배 면적(4단 기준 x 2열) : 40.04m²(12.11평)
- 전체 랙열 : 2열
- 정식 주수(생산 포트수) : 56개(28개/랙)
- 통로 폭 : 1m
- 공조기 : 유닛쿨러 10HP(9.5kW)
- 컨테이너 식물공장의 최대 생산량은 엽채류 기준으로 169kg/월(51포기/일)로 산정되었음
 - 정식 주수(생산 포트수) : 864주
 - 재배 일수 : 16일
 - 파종 후 24일까지는 별도의 공간에서 육묘 및 이식을 진행
 - 양산라인 엽채류 평균 중량 적용 : 110g/포기



<그림 6. 기존 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 레이아웃>

다) 기존 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 손익 분석

- 정식 이후의 컨테이너 식물공장 1대 기준으로 월 소요비용을 계상함(표 1)
- 운영 비용 : 2,524,464원/월
 - 직접재료비 : 252,450원, 노무비 : 1,365,517원, 제조간접비 : 906,497원
- 감가상각비(내구연한 10년 기준) : 1,500,000원/월
 - 내부시설 포함 컨테이너 식물공장 1대 구축 비용 : 180,000,000원
- 엽채류 기준 매출액 : 1,015,740원/월
 - 자사 원물 매입금 기준
 - 월 생산량 169kg 적용
- 매출 이익 : -3,008,724원/월

- 기존 재배시스템을 대상으로 엽채류를 생산했을 경우, 매출 이익은 월 매출액 대비 약 3배의 적자가 발생하는 것으로 나타남
- 감가상각비 및 노무비가 월 매출액보다 높은 것이 그 원인으로 들 수 있으며, 육묘 공간 추가 시에는 정식 주수 감소에 따른 매출액 감소로 인해 손실액은 더욱 증가할 것으로 추정됨
- 따라서 기존 재배시스템 적용 시 경제성이 없는 것으로 나타나, 향후 시설비를 낮추고 생산성을 높일 수 있는 재배시스템에 대한 개량, 보완이 필요한 것으로 판단됨

<표 1. 기존 재배시스템 손익계산서(월)>

(단위 : 원)

| 구분 | 금액 | 매출대비율 (%) | 비고 |
|-----------------|--------------------|----------------|----|
| 1. 매출액 | 1,015,740 | | |
| 2. 직접재료비 | (252,450) | 24.9% | |
| 종자 매입금액 | (59,850) | 5.9% | |
| 부재료 매입금액 | (192,600) | 19.0% | |
| 3. 노무비 | (1,365,517) | 134.4% | |
| 급여 | (1,365,517) | | |
| 4. 제조간접비 | (2,406,497) | 236.9% | |
| 복리후생비 | (210,000) | 20.7% | |
| 전력비 | (551,497) | 54.3% | |
| 수도세 | (45,000) | 4.4% | |
| 수선비 | (100,000) | 9.8% | |
| 감가상각비 | (1,500,000) | 147.7% | |
| 5. 매출 이익 | (3,008,724) | -296.2% | |

2) 신규 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 개발 및 손익 분석

가) 신규 재배시스템 개발

(1) 기존 재배시스템 분석

- 컨테이너 식물공장에 적합한 재배시스템을 개발하기 위해 수입 재배시스템을 자사 생산 현장에 도입하여 사용 중인 재배시스템 3종의 장·단점과 타 재배시스템을 비교, 분석함 (표 2,3)
 - 컨테이너형 식물공장에 적합한 신규 재배시스템 개발을 위한 개선보완사항 도출
- 1세대 재배시스템
 - 장점 : 일체형 재배베드 및 부유식 재배패널 적용에 따른 패널 이송 용이
 - 단점 : 부유식 재배패널 사용으로 공기 중 산소의 양액 내 유입이 차단됨에 따른 근권부 산소 공급 불량 및 넓은 베드폭(1,200mm)에 의한 청소 어려움
- 2세대 재배시스템
 - 장점 : 거치식 재배패널 적용에 따른 근권부 산소공급 원활, NFT 적용에 의한 하중 감소로 골조 비용 절감, 베드 폭이 좁아 청소 용이
 - 단점 : 베드가 길어지면 배수부 측 작물 생육이 저조하며, 생육 후반기에 양분 결핍 증상 발생
- 3세대 재배시스템
 - 장점 : 플라스틱 부품 채택에 따른 내식성, 내화학성 우수, 거치식 재배패널 적용에 따른 근권부 산소공급 원활, 설치 간단(초보자 설치 가능), 개별 재배베드(수조) 적용에 따른 청소 용이
 - 단점 : 골조 재질 특성상 7단 이상 재배단 설치 불가, 개별 재배베드 적용에 따른 재배패널의 탈부착 및 이송에 대한 노동 강도 높음

<표 2. 재배 시스템 별 특성 비교>

| 구분 | 1세대 | 2세대 | 3세대 |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| |  |  |  |
| 재배베드 | 수조형, 연결식 | 귀터형, 연결식 | 수조형, 독립식 |
| 재배판 | 부유식 | 거치식 | 거치식 |
| 양액공급 | NFT 및 DFT | NFT | NFT 및 DFT |
| 골조 | 알루미늄 프로파일 | 알루미늄 프로파일 | 플라스틱 |
| 재배판 내구성 | 낮음 | 보통 | 높음 |
| 수조 청소 | 복잡 | 보통 | 단순 |
| 근권부 산소공급 | 낮음 | 높음 | 높음 |
| LED 형태 | Bar type | Bar type | Bar type |

<표 3. 생산성 극대화 재배베드 시스템 비교>

| 구분 | 타 재배시스템 | 신규 재배시스템 |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| |  |  |
| 공간 효율성 | 빈공간이 많아 공간 효율 낮음 | 빈공간 최소화 (공간 효율 25% 증가) |
| 작업 용이성 | 재배랙 옆면에서 작물 수확 | 재배랙 앞면에서 슬라이딩 방식으로 연속 수확 |
| 청소 효율 | 개별 베드로 청소 효율 낮음 (1 베드당 7.5분 소요*8개) | 하나의 베드로 청소 효율 60% 증가(1베드당 7분) |
| 1년 청소 인건비 (1일 7set 기준) | 3,763만원 | 1,710만원 (2,052만원 절감) |

(2) 신규 재배시스템 설계 구상

○ 신규 재배시스템 개발 시 반영 사항

- 청소 편의성을 고려하여 베드의 폭은 600mm로 줄이고, 공간효율을 높일 수 있도록 필요에 따라 단별로 직렬(1개) 또는 병렬(2개) 선택 가능
- 근권부에 원활한 산소공급을 위해 거치식 재배패널을 적용
- 재배베드의 양 끝단에서 재배베드의 탈부착 및 이동이 쉽게 이루어질 수 있도록 레일 형상의 재배베드, 캐스터 부착의 재배패널, 재배패널의 연결 편의성 등을 신규 재배시스템에 반영
- 양액에 노출되는 부품은 모두 플라스틱 재질을 적용하여 내식성 및 내화학성을 높임
- 수위조절 마개를 통해 DFT뿐만 아니라 NFT 및 Ebb&flow까지 대응 가능
- 재배패널은 광 투과가 억제되는 재질로 제작하여 재배베드 내에서의 녹조 발생을 최소화

○ 이러한 분석 결과를 기반으로 신규 재배시스템을 설계(그림 7)

- 재배시스템 규격 : L3,800 x W620 x H3,000mm(6단 기준)
- 단별 간격 : 260mm

- Bar type LED 적용
- 식물공장 규모에 따라 베드 길이, 단별 높이 및 단수 조절이 가능하도록 설계
 - 베드 길이 최대 12m, 단수 최대 12단으로 제한
- 직렬형(컨테이너 식물공장 및 협소 공간용) 및 병렬형(인테리어 및 양산형 식물공장용)으로 구성
- 재배랙 파트와 재배베드 파트로 나눠서 개발을 추진
 - 재배랙 파트는 구조물 제작 전문 업체와 협업하여 개발
 - 재배 베드는 자체 개발 및 설계 후 금형 전문 업체에 위탁하여 개발

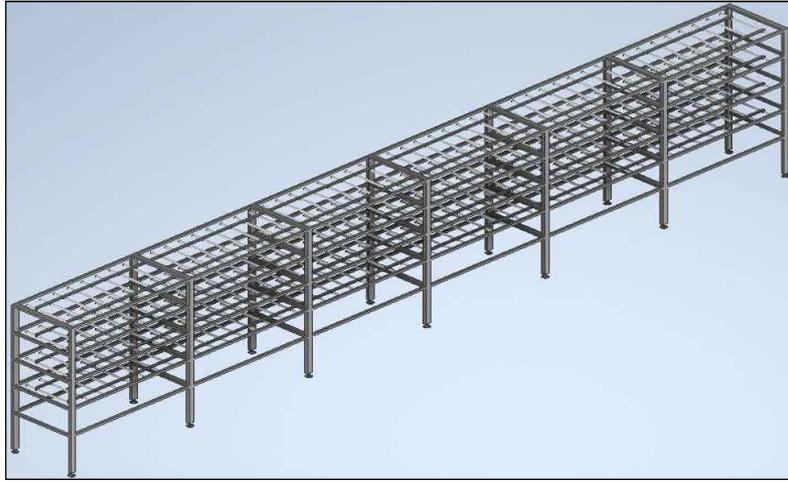


<그림 7. 신규 재배시스템 구조(상 ; 1열 6단, 하 ; 2열 6단)>

(3) 신규 재배시스템 파트별 설계

- 파트별 3D 설계
 - ◎ 재배랙 파트 : 설치 장소에 따라 규모, 형태가 달라지므로 표준 기준으로 설계
 - 식물공장 내부 면적, 형태 등 다양한 변수에 대응이 가능한 구조로 구성
 - 구조물의 중량을 낮추면서 내구성을 높이기 위해 아연도금 C형강을 기반으로 구축(그림 4)
 - 조립식 및 부품수를 최소화하여 작업 공정을 단순화

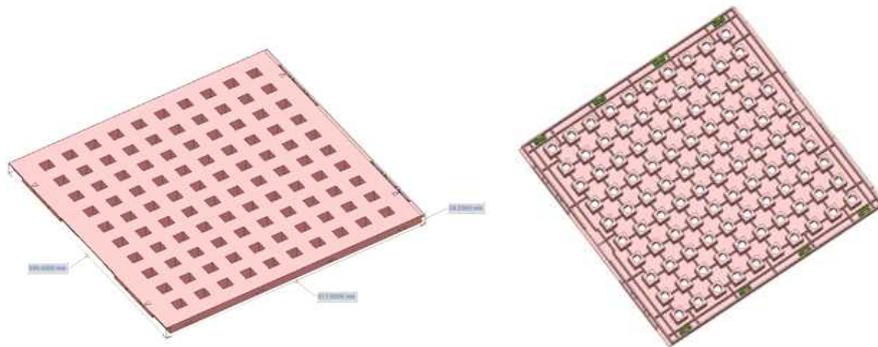
- LED 전원선 등을 C형강 내부로 삽입하도록 하여 전선 노출을 최소화하고 설치 후에도 추가 장치의 설치가 용이하도록 설계
- 급수 및 배수관 설치에 제약이 없도록 재배랙 폭을 설정



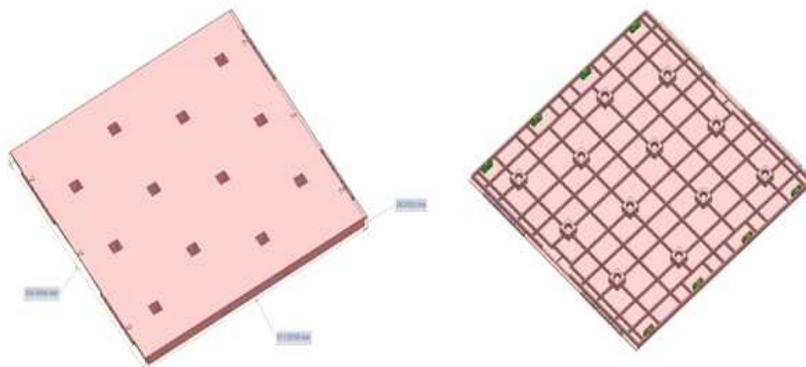
<그림 8. 재배랙 구조>

① 재배패널 파트

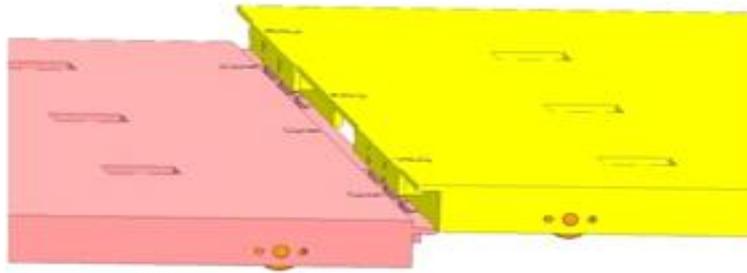
- 규격 : L600 x W30 x H600mm
- 재질 : ABS
- 용도 : 식물체를 지지할 수 있는 패널(이식 및 정식용으로 구분하여 설계)
 - * 이식 패널 : 엽채류 재배 시 육묘 단계에 사용되며, 100주 이식 가능
 - * 정식 패널 : 정식~수확까지 사용되며, 12주 정식 가능
 - * 패널 양 끝에 암수의 홈을 만들어 패널 간 연결이 용이하도록 제작



<그림 9. 이식 패널 구조>



<그림 10. 정식 패널 구조>



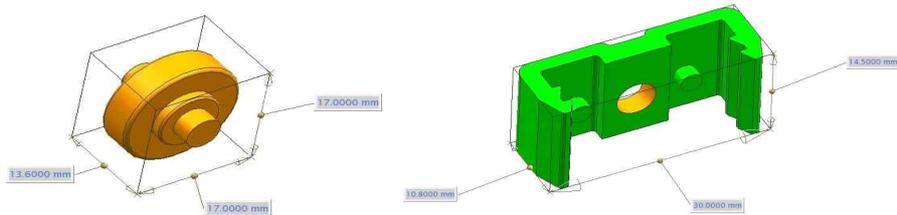
<그림 11. 재배패널 연결 홈 구조>

② 캐스터 및 캐스터 클립

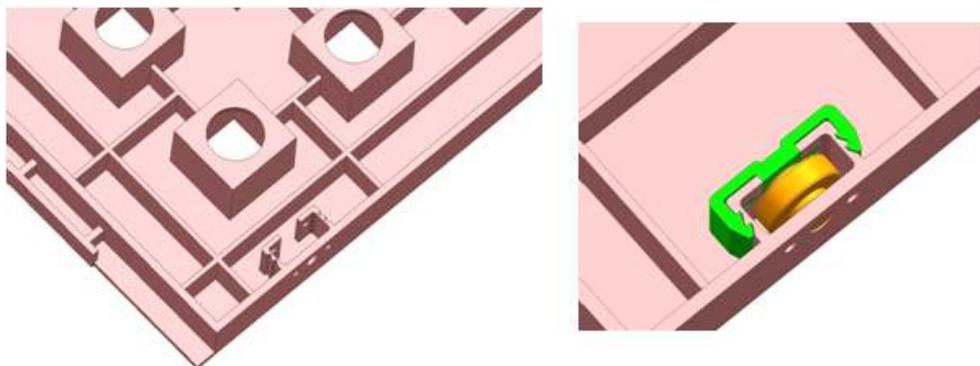
(캐스터) 재배패널 뒷면에 8개 부착

(캐스터 클립) 캐스터 부착 시 재배패널과 캐스터가 분리되지 않도록 함

- 규격
 - * 캐스터 : L17 x W13 x H17mm
 - * 캐스터 클립 : L30 x W10 x H15 mm
- 재질 : POM(폴리아세탈)
- 용도 : 재배패널 이동용 바퀴 및 바퀴 고정용 클립
- 특징 : 바퀴 부착으로 재배패널 이동 시 작업 편의성 증대 및 노력 절감 가능



<그림 12. 캐스터 및 캐스터 클립 구조>



<그림 13. 캐스터 및 캐스터 클립 결합 구조>

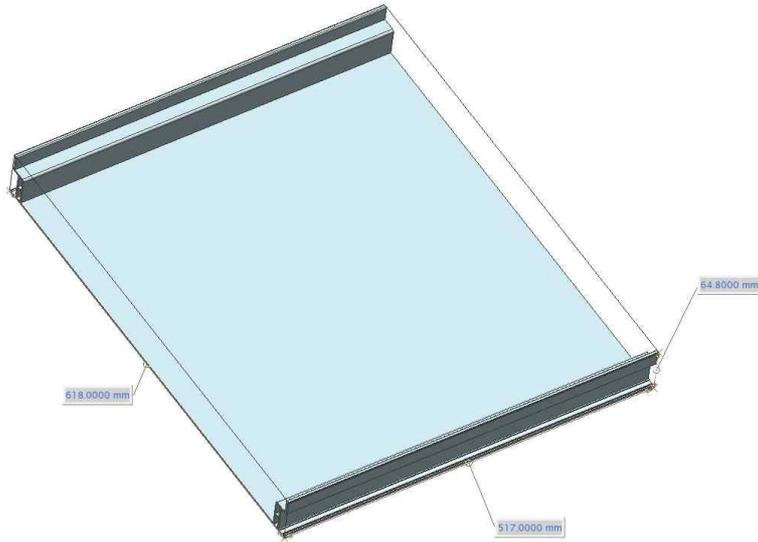
③ 재배베드

- 규격 : L520 x W618 x H65mm
- 재질 : PVC

- 용도 : 양액을 담을 수 있는 수조

- 특징

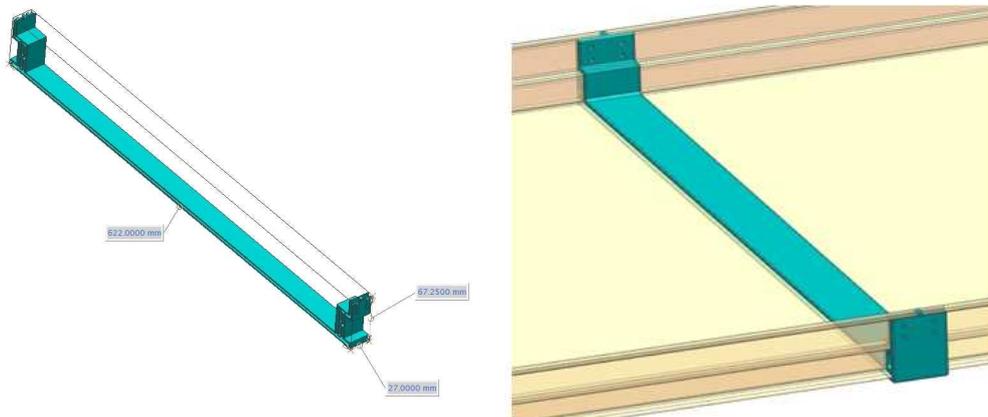
- * 용존산소량 증가 및 근권부 공기층 형성을 위해 수조형, 거치식으로 개발
- * 재배베드의 청소 및 양액 관리의 편의성을 위해 기존 재배시스템보다 베드폭 축소
- * 재배베드 간 이중 연결 구조 : 1차(분드 연결), 2차(브라켓 연결)
→ 연결 부위의 손상 및 누수 발생 최소화를 위해 이중 연결로 견고성 증대



<그림 14. 재배베드 구조>

④ 재배베드 연결 브라켓

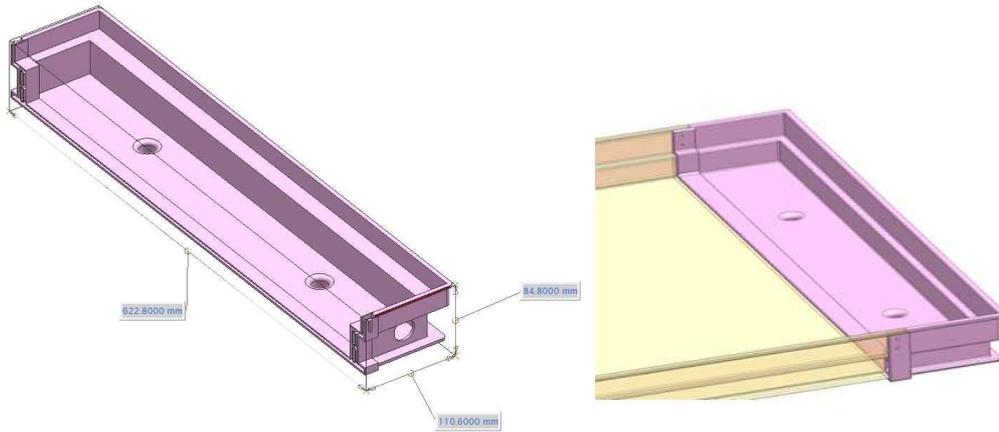
- 규격 : L620 x W27 x H67mm
- 재질 : ABS
- 용도 : 재배베드 간 연결 고정구



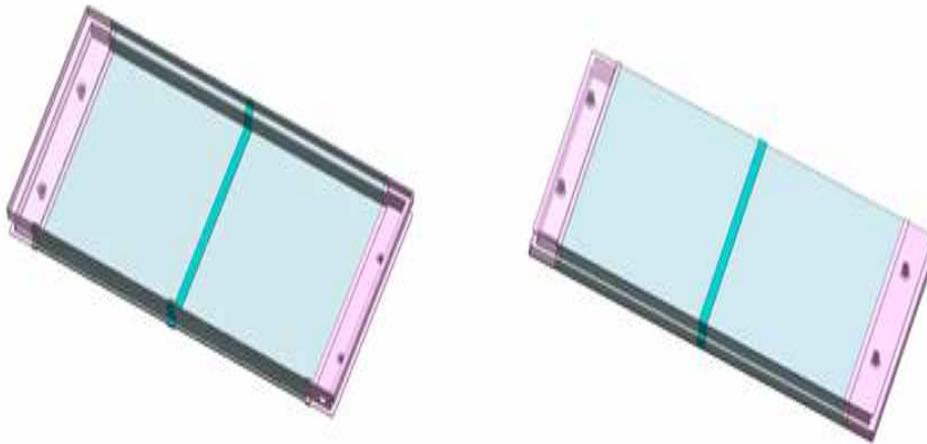
<그림 15. 재배베드 연결 브라켓 및 결합 구조>

⑤ 재배베드 사이드 캡

- 규격 : L620×W110×H84mm
- 재질 : ABS
- 용도 : 재배베드 양 끝에 부착하여 양액 배출구
- 특징 : 홀의 크기로 양액 배출량 조절



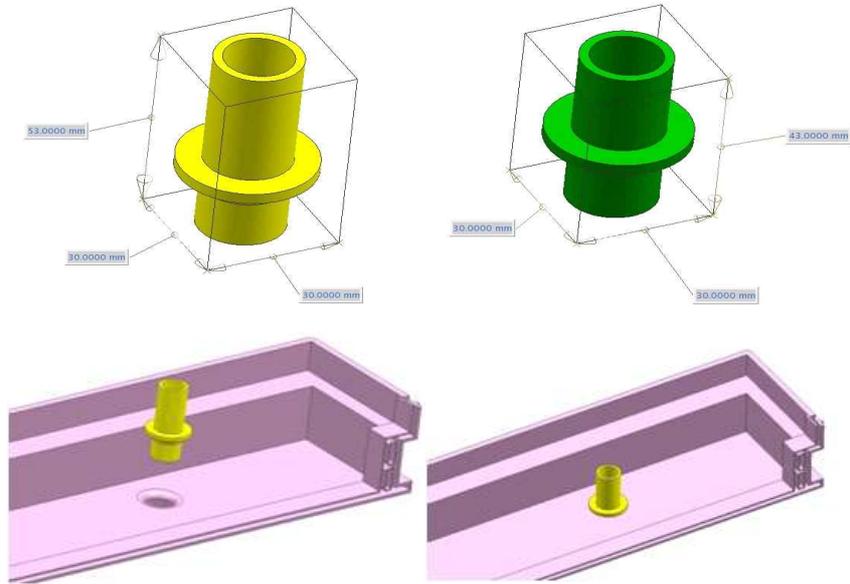
<그림 16. 재배베드 사이드 캡 및 결합 구조>



<그림 17. 재배베드 전체 결합 구조>

⑥ 수위 조절 마개

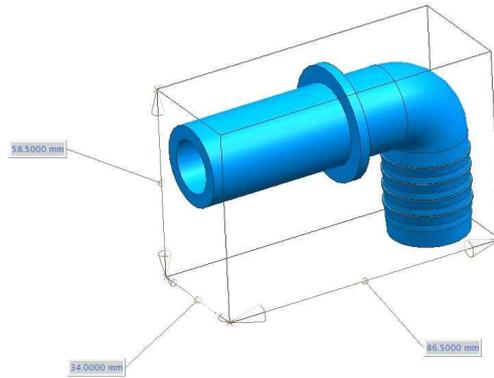
- 규격 : L30 x W30 x H43mm
- 재질 : PE
- 용도 : 작물 생육에 따른 양액 수위 조절용 마개
- 특징 : 사이드 캡의 배출구에 부착하여 재배베드 내 양액 수위 조절



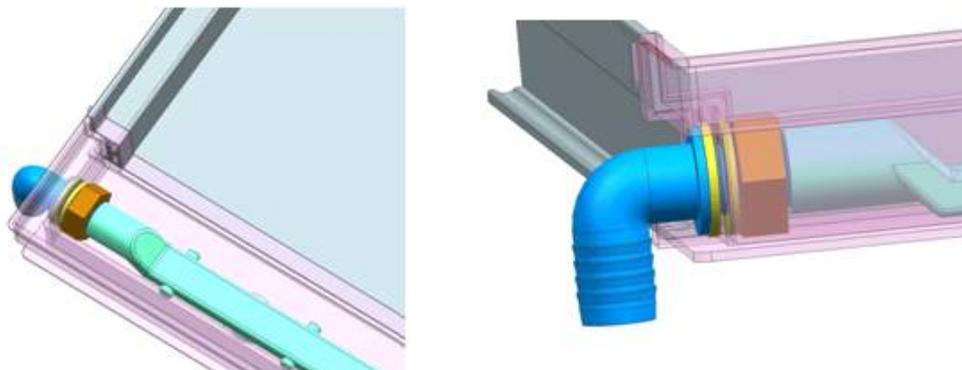
<그림 18. 수위 조절 마개 및 결합 구조>

⑦ 엘보(급수관)

- 규격 : L86 x H59mm, Ø18mm
- 재질 : PP
- 용도 : 양액 공급용 배관 자재
- 특징 : 급수 배관 및 볼 밸브와 연결되어 재배베드 사이드 캡을 통해 양액 공급



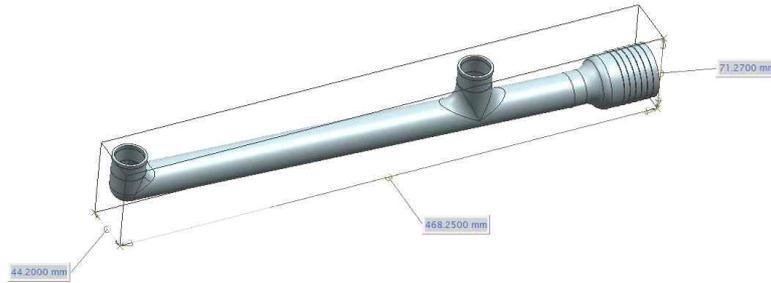
<그림 19. 엘보 구조>



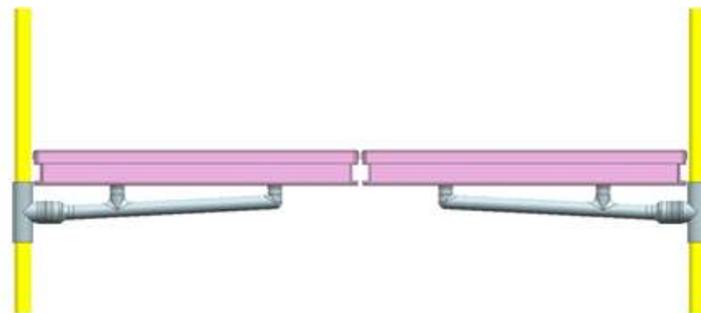
<그림 20. 재배베드 사이드 캡 및 엘보 결합 구조>

⑧ 배수 파이프(배수관)

- 규격 : L470 x H71mm, Ø40mm
- 재질 : PE연질
- 용도 : 양액 배출용 배관 자재
- 특징
 - * 재배베드 사이드 캡 하단부에 연결하여 양액 배출
 - * 파이프 1개에 사이드 캡 1개 부착



<그림 21. 배수 파이프 구조>



<그림 22. 배수 파이프 및 배수관 결합 구조>

○ 신규 재배랙 개발 범위

- 컨셉을 바탕으로 설계된 신규 재배랙의 각 파트별 3D 프린팅
- 수정 보완 후 실제 금형 제작



<그림 23. 재배베드 제작 및 설치>



<그림 24. 재배베드 사이드 캡 제작 및 설치>



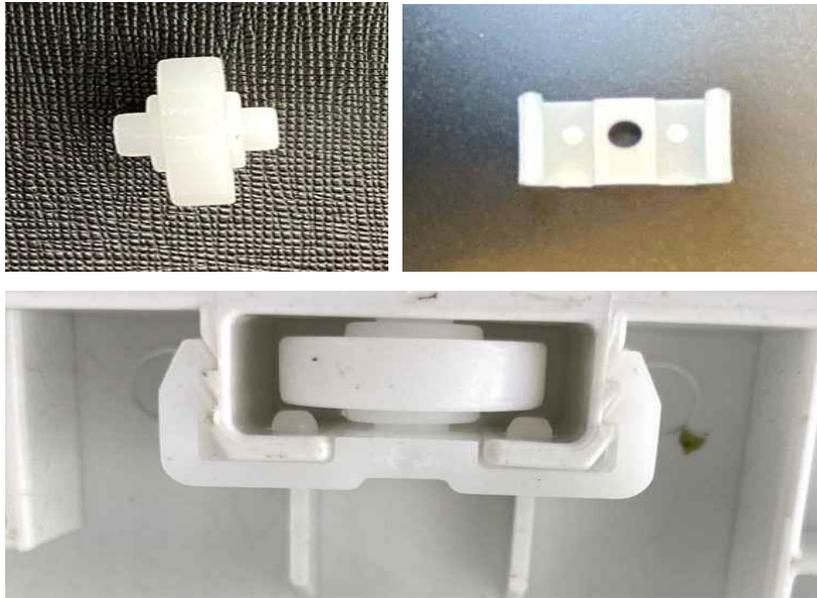
<그림 25. 수위 조절 마개 제작 및 설치>



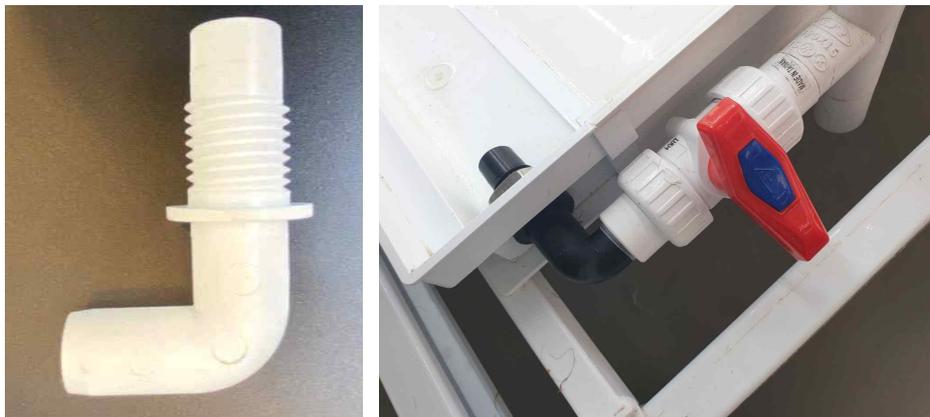
<그림 26. 이식 패널 제작 및 재배 환경>



<그림 27. 정식 패널 제작 및 재배 환경>



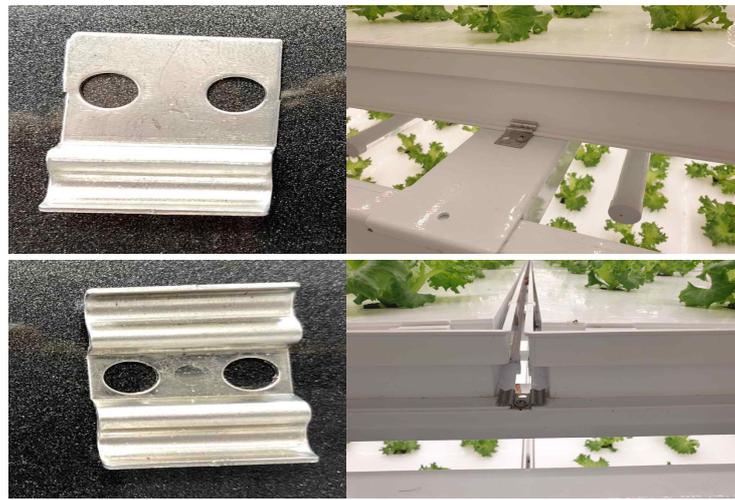
<그림 28. 캐스터/캐스터 클립 제작 및 설치>



<그림 29. 엘보 제작 및 설치>



<그림 30. 배수 파이프 제작 및 설치>



<그림 31. 재배베드 고정 클립 제작 및 설치>



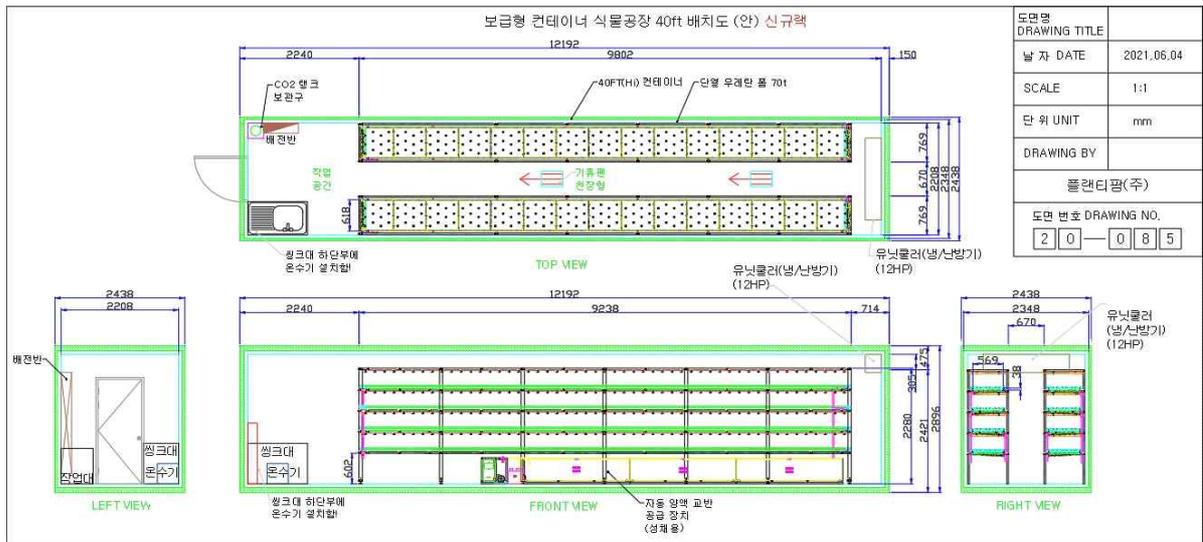
<그림 32. 신규 개발 재배시스템 구조 및 설치 사례>

나) 신규 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 설계, 제작 및 운영

○ 개발 재배시스템을 적용하여 컨테이너 식물공장을 설계

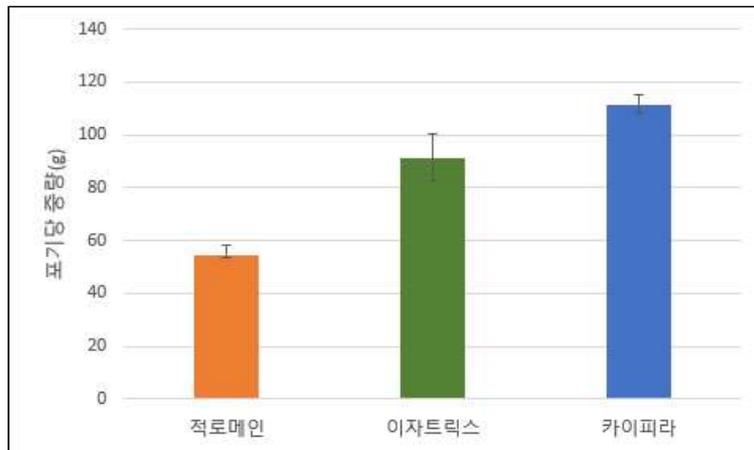
- 랙열 : 2열
- 바닥면적 : 26.6m²
- 재배시스템 면적(2열 기준) : 7m²(2.1평)
 - * 재배랙과 관수 시스템 포함
- 재배 면적(4단 기준 x 2열) : 44.2m²(13.3평)
- 통로 폭 : 670mm
- 공조기 : 유닛쿨러 12HP(10kW)

- 엽채류 생산현장의 작업 동선 및 공간을 고려하여 재배랙을 배치하되, 신규 재배시스템의 특성을 살려 통로 폭을 줄이더라도 공간 이용률을 극대화할 수 있도록 설계(그림 33)



<그림 33. 신규 개발 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 레이아웃>

- 엽채류 기준 컨테이너 식물공장의 최대 생산량은 250kg/월(1,278포기/일)임
 - 정식 주수(생산 포트 수) : 1,278주
 - 재배 일수 : 16일
 - 품목별 양산라인 엽채류 평균 중량 적용
 - * 이자트릭스 : 91g/포기, 적로메인 : 55g/포기, 카이피라 : 111g/포기
 - 품목에 따른 중량 차이는 있지만, 양산라인의 엽채류 평균 중량(110g/포기) 대비 목표 중량 달성이 가능한 것으로 확인됨(그림 34)



<그림 34. 품목별 월평균 포기당 달성 중량(g)>

다) 생산성 평가 및 손익 분석

- 컨테이너 식물공장 1대 기준으로 월 소요비용을 계상함(표 4)
- 운영 비용 : 2,115,301원/월
 - 직접재료비 : 299,588원, 노무비 : 910,345원, 제조간접비 : 905,368원
- 감가상각비(내구연한 10년 기준) : 1,000,000원/월
 - 내부시설 포함 컨테이너 식물공장 1대 구축 비용 : 120,000,000원

○ 엽채류 기준 매출액 : 1,502,449원/월

- 자사 원물 매입금 기준
- 월 생산량 250kg 적용

○ 매출 이익 : -1,612,852원/월

- 컨테이너 식물공장에서 신규 재배시스템을 적용하여 엽채류를 생산했을 경우, 월 매출액은 월 1.5백만원 이상으로 분석되었음
- 기존 재배시스템 대비 정식 주수 증가 및 작업 효율성 향상에 의해 생산효율이 높아졌고, 재배시설 구축 비용 절감에 따른 감가상각비도 줄었지만 매달 1.6백만원 이상의 손실이 발생하는 것으로 나타났음
- 컨테이너의 제한된 공간에서 4단 재배 적용 및 작업 공간 확보로 인해 바닥면적 대비 재배면적 비율이 낮아지게 되어, 매출액을 감소시키는 가장 큰 원인으로 작용하고 있음
 - * 컨테이너 바닥면적 : 26.6m²
 - * 재배면적 (4단 기준 + 작업공간 ○) : 44.2m²
 - * 재배면적 (8단 기준 + 작업공간 ×) : 105.6m²
- 매달 손실액이 발생되므로 해당 시설의 경제성은 없는 것으로 사료됨

<표 4. 신규 재배시스템 적용 컨테이너형 식물공장 손익계산서(월)>

(단위 : 원)

| 구분 | 금액 | 매출대비율 (%) | 비고 |
|-----------------|--------------------|----------------|----|
| 1. 매출액 | 1,502,449 | | |
| 2. 직접재료비 | (299,588) | 19.9% | |
| 중자 매입금액 | (93,188) | 6.2% | |
| 부재료 매입금액 | (206,400) | 13.7% | |
| 3. 노무비 | (910,345) | 60.6% | |
| 급여 | (910,345) | | |
| 4. 제조간접비 | (1,905,368) | 126.8% | |
| 복리후생비 | (210,000) | 14.0% | |
| 진력비 | (550,368) | 36.6% | |
| 수도세 | (45,000) | 3.0% | |
| 수선비 | (100,000) | 6.7% | |
| 감가상각비 | (1,000,000) | 66.6% | |
| 5. 매출 이익 | (1,612,852) | -107.3% | |

라) 엽채류 생산용 컨테이너 식물공장 경제성 평가

○ 기존 재배시스템을 보완하여 적용한 컨테이너 식물공장에서는 매출액의 3배 정도의 손실이 발생하여 경제성이 전혀 없었음

- 월 매출액 : 1,015,740원, 매출 이익 : -3,008,724원

○ 본 연구과제를 통해 개발한 신규 재배시스템을 컨테이너 식물공장에 적용한 결과 월 매출액은 늘어났으나, 손실이 발생하는 것으로 분석되었음

- 월 매출액 : 1,502,449원, 매출이익 : -1,612,852원

○ 현재 물가상승에 따라 연구개발 계획 시기보다 보급형 컨테이너 식물공장 내 제작되는 시설 장비 및 잡자재 비용이 증가함에 따라 기계화된 예상 시설투자비가 전체적으로 상승하였음

○ 반면, 기존 재배시스템 대비 신규재배시스템의 재배면적 및 바닥 면적 기준으로 정식

- 주수를 증가시킬 수 있었고, 이에 따른 월 생산량 및 수익이 증가하였음
- 수입에 의존하여 사용하던 고가의 기존 재배시스템 대비 국내 자체 생산을 통해 원가 절감으로 감가상각비가 감소되었음
 - 신규 재배시스템 설계 시 엽채류 생산 프로토콜 대응 작업 동선 및 공간을 확보하여 작업자의 편의성을 증가시킴. 동일 시간 대비 투입인력을 감축으로 인건비 절감을 통한 매출이익이 발생함
 - 향후 상업용 식물공장에 적용하면 경제성을 높일 수 있을 것으로 사료됨
 - 이와 더불어 보급형 컨테이너 식물공장의 경제성 확보를 위해서는 고부가가치 재배작물의 선정이 중요하며, 매출액을 극대화할 수 있는 품질 차별화 기술, 재배시스템 등의 적용이 필요할 것으로 판단됨

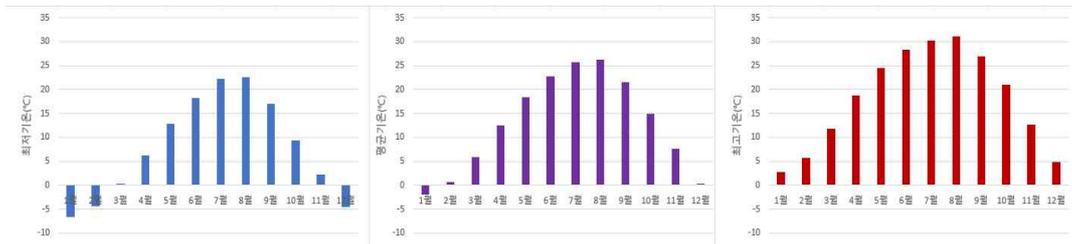
<표 5. 재배시스템별 생산성 및 손익분석 비교(8평 기준)> (단위: 원)

| 구분 | 기존 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 | 신규 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 | 비고 |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|----|
| 생산 포트수 | 864주 | 1,278주 | |
| 월 생산량 (엽채류 기준) | 169kg | 250kg | |
| 초기 투자비 (시설투자비 포함) | 180,000,000 | 120,000,000 | |
| 매출액 | 1,015,740 | 1,502,449 | |
| 운영비(월 기준) | 4,024,464 | 3,726,058 | |
| • 직접재료비 | 252,450 | 910,345 | |
| - 종자 매입금 | 59,850 | 93,188 | |
| - 부재료 매입금 | 192,600 | 206,400 | |
| • 노무비(월 기준) | 1,365,517 | 910,345 | |
| - 인건비 | 1,365,517 | 910,345 | |
| • 제조간접비(월 기준) | 2,406,497 | 1,905,368 | |
| - 복리후생비 | 210,000 | 210,000 | |
| - 전력비 | 551,497 | 550,368 | |
| - 수도세 | 45,000 | 45,000 | |
| - 수선비 | 100,000 | 100,000 | |
| - 감가상각비 | 1,500,000 | 1,000,000 | |
| 매출이익 | -3,008,724 | -1,612,852 | |

3) 신규 재배시스템 적용 컨테이너 냉방 에너지 절감 기술 개발

가) 외부 기온 활용에 의한 냉방 에너지 절감기술 개발

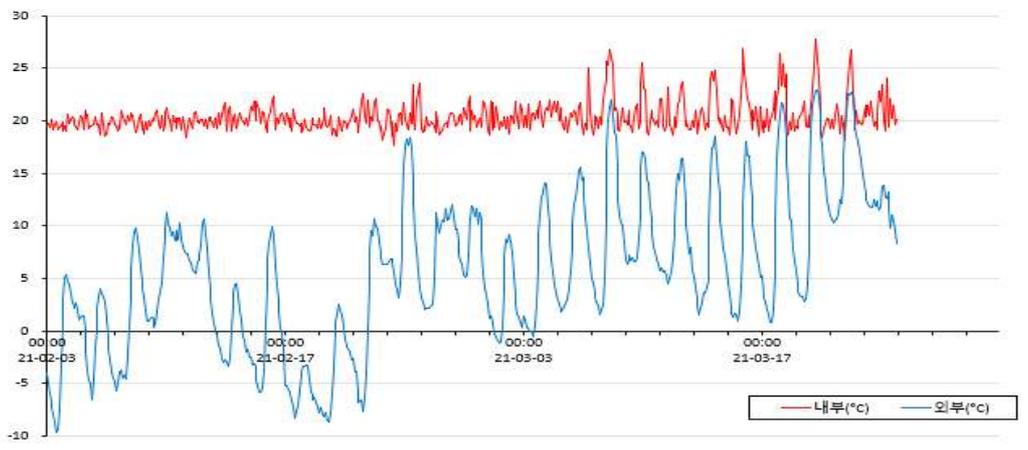
- 식물공장에서 냉방 수단으로 외부 기온을 활용하기에 6월~9월은 부적합함(그림 35)
- 2월과 3월의 평균 기온은 각각 1℃, 6℃이나, 3월의 경우 최고 기온이 15℃ 이상인 날이 있어 외부 기온 활용 시에는 주의할 필요가 있음



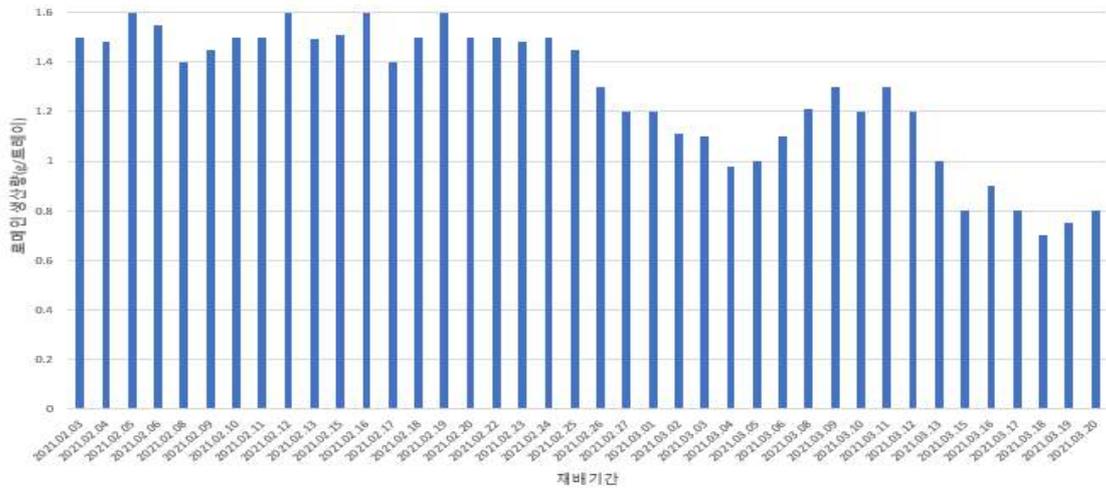
<그림 35. 2020년 기온 변화(최저, 평균, 최고)>

나) 외부 기온 활용 시스템 성능 평가

- 엽채류 재배 적정 기온 : 21℃ 내외
- 외부 기온을 활용하여 컨테이너 식물공장 내부를 냉방한 결과, 외부 기온이 15℃를 초과하면 내부 온도의 제어 범위를 벗어나는 것으로 나타났음(그림 36)
- 내부 온도제어 시 패널당 생산량은 약 1.5kg 수준임(그림 37)
- 내부 온도가 제어 범위를 벗어남에 따라 재배패널 당 생산량이 감소하는 경향을 보였음
- 외부 기온이 15℃ 이하일 때 외부 기온 활용 시스템과 냉방시스템을 병행 사용한다면 전기 에너지를 효율적으로 절감할 수 있을 것으로 사료됨
- 냉방에너지 절감기술을 통한 겨울철 월간 냉방전력은 외기 활용 시스템 단독 사용 시 내부 온도 제어 범위를 벗어남에 따라 작물 생산량에 영향을 미치며, 예상했던 전력비용보다 냉방전력량 소폭으로 감소함
- 컨테이너 내부 결로 예방을 위해 단열 도장을 실시하였으나 효과가 미비하였고, 내·외부 기온차를 최소화하기 위해 내·외장재 사이에 단열재로 우레탄폼을 적용, 내·외장재 고정은 목(각목+ 합판)을 이용하여 열전도율을 낮춰 결로를 최소화하였음
- 월 평균, 최고 및 최저 기온 기준으로 12월부터 3월까지 하루 종일, 11월~4월까지 야간에만 외부 기온 활용 시스템을 활용한다면 약 150일간의 냉방 소요 비용을 절감할 수 있어 매달 약 15만원의 매출 이익이 증가됨



<그림 36. 외부 기온에 따른 컨테이너 식물공장의 온도 변화>



<그림 37. 외부 기온에 따른 엽채류 생산량>

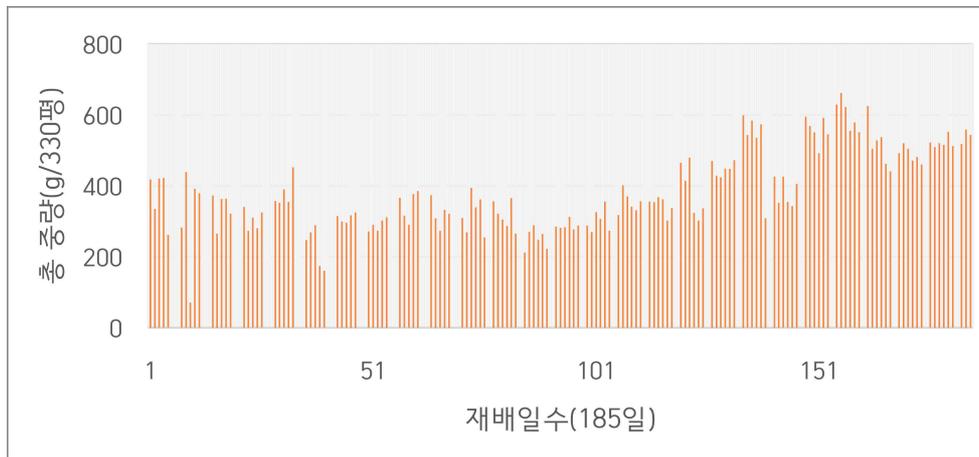
나. 신규 재배시스템 도입 건물 유휴 공간 활용 식물공장 생산성 평가

1) 신규 재배시스템의 상업형 식물공장 적용 가능성 평가

- 신규 재배시스템을 양산형 식물공장을 적용하여 생산성을 검증
 - 장소 : 메가 도매센터 천안점(충남 천안 소재)
 - 재배시스템 면적 : 880m²(총 재배면적 2,267m²)
 - 신규 재배시스템 : 8단 41열(육묘 및 이식 공정 재배랙 포함)
 - 재배품목 : 샐러드 채소
 - 1일 최대 생산량 : 420kg(포기당 중량 110g 기준)
- 신규 재배시스템을 적용한 상업형 식물공장으로 작물을 실제 재배하면서 해당 시스템의 실증테스트를 수행(그림 38)
 - 파종~수확까지 40일간 샐러드 채소 재배
 - 파종, 이식, 정식, 수확, 청소 등의 작업을 매일 수행
 - 밀폐된 공간에서 생육환경(광, 온·습도, 기류, 수분, 양분 등)을 직접 제어하여 식물을 재배하는 시스템으로 환경 및 생육 모니터링을 기초로 고도의 환경 제어 실시
- 식물공장 운영 중 신규 재배시스템의 문제점 도출 및 해결방안 수립
- 작업효율 증진을 위해 이동 동선 최소화 및 필요 장비 추가 개발 등을 통해 노무비 절감 달성
- 해당 시스템에 최적의 재배환경 구명을 통해 1일 생산량이 300~400kg 수준에서 500~600kg 수준으로 현저히 증가하였음(그림 39)



<그림 38. 상업형 식물공장 및 신선편이 채소 판매대>



<그림 39. 상업형 식물공장에서의 신규 재배시스템 1일 생산량>

2) 손익 분석

- 수직형 식물공장 기준으로 월 소요 비용을 계상함(표 6)
- 운영비용 : 47,800,640원/월
 - 직접재료비 : 10,745,000원, 노무비 : 23,350,000원, 제조간접비 : 13,705,640원
- 감가상각비(내구연한 10년 기준) : 14,166,667원/월(건물 비용 제외)
 - 식물공장 구축비 : 15,296,820원
- 업체류 기준 매출액 : 103,113,000원/월
 - 자사 원물 매입금 기준
 - 월 생산량 17,186kg 적용
- 매출 이익 : 41,145,693원/월
 - 매달 약 60%의 운영 비용이 발생함에도 불구하고 업체류 기준으로 월 매출액은 1억 이상의 흑자 달성 가능
 - 기존 공간 활용에 따른 감가상각 내 구축 비용 절감으로 순이익이 상대적으로 증가
 - 투자비용 회수가 가능하여 컨테이너 식물공장보다 경제성이 있는 것으로 판단됨
- 신규 재배시스템의 실제 운영 사례에 대한 손익 분석을 통한 경제성 확인
 - 상업형 식물공장에서의 신규 개발 재배시스템의 효율성 및 성능 검증

<표 6. 신규 재배시스템 적용 상업용 식물공장 손익계산서(월)>

(단위 : 원)

| 구분 | 금액 | 매출대비율 (%) | 비고 |
|-----------------|---------------------|--------------|----|
| 1. 매출액 | 103,113,000 | | |
| 2. 직접재료비 | (10,745,000) | 10.4% | |
| 종자 매입금액 | (5,250,000) | 5.1% | |
| 부재료 매입금액 | (5,495,000) | 5.3% | |
| 3. 노무비 | (23,350,000) | 22.6% | |
| 급여 | (23,350,000) | | |
| 4. 제조간접비 | (27,872,307) | 27.0% | |
| 복리후생비 | (1,100,000) | 1.1% | |
| 진력비 | (11,285,640) | 10.9% | |
| 수도세 | (720,000) | 0.7% | |
| 수선비 | (600,000) | 0.6% | |
| 감가상각비 | (14,166,667) | 13.7% | |
| 5. 매출 이익 | 41,145,693 | 39.9% | |

- 엽채류 재배를 전제로 할 경우 신규 재배시스템은 컨테이너 식물공장보다 상업용 식물공장에 적용하는 것이 바람직하며, 이를 통해 40% 가까운 수익률을 달성할 수 있을 것으로 사료됨
- 본 과제에서 개발된 신규 재배시스템은 농촌진흥청의 ‘2020년 수직형 스마트팜 구축 시범모델구축’ 실증지원사업으로 선정된 식물공장에서 엽채류, 약용작물 등의 재배시스템으로 활용되고 있음
- 향후 식물공장이 경쟁력을 갖추기 위해서는 저비용 고효율 재배시스템에 대한 조기 상용화가 시급하며, 이번에 개발된 신규 재배시스템은 초기 구축비와 운영비 절감 외에도 경제성을 확보하는데 크게 기여할 것으로 판단됨

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

- 시설투자비 절감형 컨테이너 식물공장 개발 완료
 - 양산형 재배 시스템의 장단점 분석을 통한 다목적 신규 재배시스템 개발
- 신규 재배시스템을 이용한 상업형 엽채류 식물공중 실증 완료
 - 6개월 이상 실 운영을 통한 데이터 확보
 - 경제성 분석을 통해 수익률 39% 이상 달성

(2) 정량적 연구개발성과

| 성과지표명 | | | 연차 | | 계 | 가중치 (%) | |
|--------------------|--------|---------|------------|------------|---------------|---------------|-----|
| | | | 1년차 (2019) | 2년차 (2020) | | | |
| 전담기관 등록·기탁 지표 | 논문 | SCI | 목표(단계별) | - | - | - | |
| | | | 실적(누적) | - | - | - | |
| | | 비SCI | 목표(단계별) | - | - | - | |
| | | | 실적(누적) | - | - | - | |
| | 산업재산권 | 출원 | 목표(단계별) | - | 2 | 2 | |
| | | | 실적(누적) | - | 3 | 3 | |
| | | 등록 | 목표(단계별) | - | - | - | |
| | | | 실적(누적) | - | - | - | |
| | 학술발표 | 국제 | 목표(단계별) | - | - | - | |
| | | | 실적(누적) | - | - | - | |
| | | 국내 | 목표(단계별) | - | 1 | 1 | |
| | | | 실적(누적) | - | 1 | 1 | |
| 연구개발과제특 성 반영 지표 | 사업화 | 제품화 | 목표(단계별) | - | 2 | 2 | |
| | | | 실적(누적) | - | 2 | 2 | |
| | | 매출액 | 목표(단계별) | - | 100,000,000 | 100,000,000 | |
| | | | 실적(누적) | - | 2,316,070,000 | 2,316,070,000 | |
| | | 수출액 | 목표(단계별) | - | - | - | |
| | | | 실적(누적) | - | 120,000,000 | 120,000,000 | |
| | 고용창출 | 목표(단계별) | 1 | - | 1 | | |
| | | 실적(누적) | 1 | 1 | 2 | | |
| | 정책활용 | 목표(단계별) | - | 1 | 1 | | |
| | | 실적(누적) | - | 1 | 1 | | |
| | 홍보(전시) | 목표(단계별) | - | 1 | 1 | | |
| | | 실적(누적) | - | 2 | 2 | | |
| | 교육지도 | 목표(단계별) | - | 1 | 1 | | |
| | | 실적(누적) | - | 2 | 2 | | |
| | 기술실시 | 목표(단계별) | - | 1 | 1 | | |
| | | 실적(누적) | - | 1 | 1 | | |
| | 계 | | | - | - | - | 100 |

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

| 번호 | 회의 명칭 | 발표자 | 발표 일시 | 장소 | 국명 |
|----|------------------|-----|---------------|-----------|----------------------|
| 1 | 한국 스마트위터그리드학회 | 이공인 | 2020년 11월 05일 | 인천 송도컨벤시아 | 도시 스마트팜 플랫폼 구축 방안 |

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

| 번호 | 지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재) | 국명 | 출원 | | | | 등록 | | | 기여율 | 활용 여부 |
|----|--------------------------|----------|---------|------------|-----------------|----------|-----|-----|----------|-----|----------|
| | | | 출원인 | 출원일 | 출원 번호 | 등록 번호 | 등록인 | 등록일 | 등록 번호 | | |
| 1 | 운반용 휠 장치 | 대한 민국 | 플랜티팜(주) | 2020.07.27 | 10-2020-0092889 | | | | 100 | Y | |
| 2 | 식물 재배 장치 | 대한 민국 | 플랜티팜(주) | 2020.07.27 | 10-2020-0092890 | | | | 100 | Y | |
| 3 | 식물 재배 시스템 | 대한 민국 | 플랜티팜(주) | 2020.07.27 | 10-2020-0092891 | | | | 100 | Y | |

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

| 번호 | 시제품명 | 출시/제작일 | 제작 업체명 | 설치 장소 | 이용 분야 | 사업화 소요 기간 | 인증기관 (해당 시) | 인증일 (해당 시) |
|----|------------------|---------|---------|-------|-------|--------------|----------------|---------------|
| 1 | 이식, 정식 판넬 SET | 2020.09 | 플랜티팜(주) | 강원 태백 | 수경재배 | | | |
| 2 | 식물공장 FULL SET | 2020.09 | 플랜티팜(주) | 전남 무안 | 수경재배 | | | |

□ 기술 실시(이전)

| 번호 | 기술 이전 유형 | 기술 실시 계약명 | 기술 실시 대상 기관 | 기술 실시 발생일 | 기술료 (해당 연도 발생액) | 누적 징수 현황 |
|----|-------------|------------------------|----------------|--------------|--------------------|-------------|
| 1 | 기술실시 | 식물공장 내 다목적 신규 재배시스템 | 플랜티팜(주) | 2020.09 | 농업경영체 면제 | - |

□ 사업화 현황

| 번호 | 사업화 방식 ¹⁾ | 사업화 형태 ²⁾ | 지역 ³⁾ | 사업화명 | 내용 | 업체명 | 매출액 | | 매출 발생 연도 | 기술 수명 |
|----|-------------------------|----------------------|------------------|-------------------------|----------------|------|------------|------------|-------------|----------|
| | | | | | | | 국내 (천원) | 국외 (달러) | | |
| 1 | 기술실시 | 신제품 개발 | 충북 괴산 | 수직형 스마트팜 모델 시범 구축 사업 | 수직형 스마트팜 구축 | 라이스밀 | 668,800 | | 2020 | 10 |
| 2 | 기술실시 | 신제품 개발 | 강원 태백 | 수직형 스마트팜 모델 시범 구축 사업 | 수직형 스마트팜 구축 | 로보팜 | 705,720 | | 2020 | 10 |
| 3 | 기술실시 | 신제품 개발 | 전남 무안 | 수직형 스마트팜 모델 시범 구축 사업 | 수직형 스마트팜 구축 | 위더스 | 867,960 | | 2020 | 10 |
| 4 | 기술실시 | 신제품 개발 | 서울 | 수직형 스마트팜 모델 시범 구축 사업 | 수직형 스마트팜 구축 | 해피팜 | 107,030 | | 2020 | 10 |

□ 매출 실적(누적)

| 사업화명 | 발생 연도 | 매출액 | | 합계 | 산정 방법 |
|----------------------|------------|-----------|--------|-----------|-------|
| | | 국내(천원) | 국외(달러) | | |
| 수직형 스마트팜 모델 시범 구축 사업 | 2020.10.21 | 668,800 | | 668,800 | |
| 수직형 스마트팜 모델 시범 구축 사업 | 2020.10.23 | 705,720 | | 705,720 | |
| 수직형 스마트팜 모델 시범 구축 사업 | 2020.11.30 | 867,960 | | 867,960 | |
| 수직형 스마트팜 모델 시범 구축 사업 | 2020.12.24 | 107,030 | | 107,030 | |
| 합계 | | 2,349,510 | | 2,349,510 | |

- 스마트팜 수출 모형 연계를 통한 계약 체결 1건(쿠웨이트)

□ 고용 창출

| 순번 | 사업화명 | 사업화 업체 | 고용창출 인원(명) | | 합계 |
|----|--------------------|----------------|------------|-------|----|
| | | | 2019년 | 2020년 | |
| 1 | 보급형 컨테이너 식물공장 실증개발 | 농업회사법인 팜에이트(주) | 1 | | 1 |
| 2 | 보급형 컨테이너 식물공장 실증개발 | 농업회사법인 플랜티팜(주) | | 1 | 1 |
| 합계 | | | 1 | 1 | 2 |

□ 산업 지원(기술지도)

| 순번 | 내용 | 기간 | 참석 대상 | 장소 | 인원 |
|----|--------------------------|------------|-------|-----|-----|
| 1 | 국내 식물공장 현황 및 신규 재배시스템 소개 | 2021.04.26 | 학생 | 비대면 | 20명 |
| 2 | 식물공장 산업 현황 및 전망 | 2021.05.25 | 학생 | 연암대 | 15명 |

[사회적 성과]

□ 정책활용 내용

- 타 국가연구개발사업으로 활용

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

| 번호 | 중앙행정기관명 | 사업명 | 연구개발과제명 | 연구책임자 | 연구개발비 |
|----|---------|----------------------------------|------------------|-------------------------|----------|
| 1 | 농촌진흥청 | 2020년 수직형 스마트팜 구축 시범모델 구축 실증지원사업 | 수직형 스마트팜 모델시범 구축 | 농업법인 주식회사 라이스밀(윤경륜) | 668.8백만원 |
| 2 | 농촌진흥청 | 2020년 수직형 스마트팜 구축 시범모델 구축 실증지원사업 | 수직형 스마트팜 모델시범 구축 | 농업회사법인 (주)로보팜(박남일) | 720백만원 |
| 3 | 농촌진흥청 | 2020년 수직형 스마트팜 구축 시범모델 구축 실증지원사업 | 수직형 스마트팜 모델시범 구축 | 해피팜 협동조합 | 241백만원 |
| 4 | 농촌진흥청 | 2020년 수직형 스마트팜 구축 시범모델 구축 실증지원사업 | 수직형 스마트팜 모델시범 구축 | (주)위더스 에프앤비 농업회사법인(김호윤) | 999백만원 |

□ 홍보 실적

| 번호 | 홍보 유형 | 매체명 | 제목 | 홍보일 |
|----|--------|------|----------------------------------|------------|
| 1 | 인터넷 뉴스 | 충청일보 | 천안 메가도매센터 친환경 식물공장 첫 선 | 2021.01.12 |
| 2 | 인터넷 뉴스 | 농민신문 | 폐교 활용 '식물공장' 첫선.. 무안지역 작목 다변화 기대 | 2020.12.09 |

2) 목표 달성 수준

| 추진 목표 | 달성 내용 | 달성도(%) |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. 업체류 생산용 컨테이너 식물공장 개발 및 경제성 평가 | 1-1. 양산형 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 개발 및 손익 분석 - 기존 재배시스템 보완 - 기존 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 설계 및 생산성 평가 - 기존 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 손익 분석 | 100% |
| | 1-2. 신규 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 개발 및 손익 분석 - 신규 재배시스템 개발 - 신규 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 설계, 제작 및 운영 - 생산성 평가 및 손익 분석 - 업체류 생산용 컨테이너 식물공장 경제성 평가 | |
| | 1-3. 신규 재배시스템 적용 컨테이너 냉방 에너지 절감 기술 개발 - 외부 기온 활용에 의한 냉방 에너지 절감기술 개발 - 외부 기온 활용 시스템 성능 평가 | |
| 2. 신규 재배시스템 도입 건물 유휴공간 활용 식물공장 생산성 평가 | 2-1. 신규 재배시스템의 상업형 식물공장 적용 가능성 평가 2-2. 상업형 식물공장 경제성 검증 | |

4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

- 신규 재배시스템 적용 시설투자비 절감형 컨테이너 식물공장 개발
 - 모듈형 컨테이너 식물공장 보급 및 확산 가능
- 신규 재배시스템 적용 상업형 식물공장 개발
 - 양산형 식물공장 시스템 상용화 기술 확보

5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

- 남극 등 극지방 등과 같은 한 대 기후 지역이나 중동 등과 같은 사막 기후 지역, 인적이 드물고 교통 인프라가 불량하여 신선 농산물 확보가 어려운 지역을 대상으로 판매 가능
- 개발된 모듈형 재배시스템을 통해 연구기관 또는 업체에 연구목적으로 재배 시스템 판매 가능
- 업체류 외에 고부가가치 작물의 대량생산을 통한 재배 가능품목 확대를 위한 연구개발 시 활용 가능함
- 개발된 기술을 통해 경제성이 확보된 상업형 식물공장 보급에 활용 및 식물공장 사업 확장 가능
- 초기 해외 사업망에 대한 포트폴리오 확대 및 채소 가격이 높은 국가(일본 등) 진출 가능
- 해외 판로지원 기관과의 연계를 통해 극지(고위도) 지역에 대한 진출 가능

6. 참고 문헌

1. UN. 2019. 세계인구통계
2. FAOSTAT. 2019. 작물통계_Crops
3. Al-Kodmany, K. 2018. The vertical farm: A review of developments and implications for the vertical city. Buildings, 8(2):24

5. 세계식품과 농수산. 2020. 한국의 수직농장 운영실태와 발전방향
6. 아이오크롭스. 2020.
7. 월간 통상, 2020.미래형 도심 속 농장, 수직농장 7월호/Vol.98
8. 농촌진흥청. 2019. 도시형스마트농업모델 개발을 위한 자료조사 분석
9. 농촌진흥청. 2018. 국내외 스마트농업 산업동향 분석 보고서
10. CNN. 2018. 11. M. Cicekli and N.T. Barlas, "Transformation of today greenhouses", 2014
12. 테이코산업연구원, 2011. 주목받는 식물공장 개발 동향과 향후 전망

자체평가의견서

1. 과제현황

| | | | | | |
|-----------------------|--------------------|-----------------|----------|---------|---------|
| | | 과제번호 | 119066-2 | | |
| 사업구분 | | | | | |
| 연구분야 | 농산 | | 과제구분 | 단위 | |
| 사업명 | 농축산물안전유통소비기술개발사업 | | | 주관 | |
| 총괄과제 | 기재하지 않음 | | 총괄책임자 | 기재하지 않음 | |
| 과제명 | 보급형 컨테이너 식물공장 실증개발 | | 과제유형 | (개발) | |
| 연구개발기관 | 농업회사법인 플랜티팜(주) | | 연구책임자 | 정명환 | |
| 연구기간 연구개발비 (천원) | 연차 | 기간 | 정부 | 민간 | 계 |
| | 1차년도 | 2019.06~2020.06 | 100,000 | 100,000 | 200,000 |
| | 2차년도 | 2020.06~2021.06 | 100,000 | 100,000 | 200,000 |
| | 계 | | 200,000 | 200,000 | 400,000 |
| 참여기업 | | | | | |
| 상대국 | | 상대국연구개발기관 | | | |

2. 평가일 :

3. 평가자(연구책임자) : 정명환

| | | |
|-----|----|-----|
| 소속 | 직위 | 성명 |
| 재배팀 | 팀장 | 정명환 |

4. 평가자(연구책임자) 확인 : 정명환

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

| | |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 확약 |  |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------|

I. 연구개발실적

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수

- 컨테이너형 이외에 상업형 식물공장에서도 활용 가능한 다목적 재배 시스템 개발
- 순수수경재배 이외에 포트재배, 공정육묘 재배 등 다양한 양액 재배에 활용 가능한 시스템 개발
- 모든 수경재배 업체류 재배 시 단위 면적 당 생산성 향상에 기여함
- 식물공장 적용 다목적 신규 재배 시스템 관련 산업재산권 출원(특허출원 2건 → 3건 달성)
- 개발된 신규 재배 시스템 활용 업체류 생산현장 즉시 적용을 통한 기술직접 실시(기술실시 1건)

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수

- 신규 재배시스템 국내 자체 개발 및 생산을 통한 원가 절감에 따른 경제적 부담 경감
- 다목적 재배시스템을 적용한 컨테이너 및 상업형 식물공장 시스템 상용화 기술 확보를 통해 해외 수출 판로 개척
- 연구개발 성과를 통한 컨테이너 및 상업형 식물공장 분야 국가 경쟁력 향상 및 글로벌 시장 선점 기대
- 컨테이너 및 상업형 식물공장의 경제성 평가를 통해 국내 실정에 맞는 최적의 스마트팜 기술의 보급 확산 및 사업화 촉진
- 국가적, 사회적 이슈에 대응하는 국가 차원 R&D 추진으로 공익가치 증대에 기여
- 컨테이너 수직농장 비즈니스 모델 개발로 농업, 농촌의 새로운 성장동력 창출

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

- 순수수경재배 이외에 포트재배, 공정육묘 재배 등 양액 재배에 전반적으로 활용 가능
- 재배베드 구조 개선을 통해 수직형 식물공장 이외에도 온실 내에 다목적으로 설치하여 활용 가능
- 업체류 이외에 고부가가치 작물의 대량생산을 통한 재배 가능품목 확대를 위한 연구개발 시 활용 가능함
- 개발된 모듈형 재배 시스템을 통해 연구기관 또는 업체 등에서 연구목적으로 재배시스템 판매 가능
- 식물공장 기술수준 및 재배작목은 주로 업체류 등 식용작물 생산에 한정되어있지만, 신규 재배시스템의 허브, 과채류 및 약용작물 등 다품목 재배에 활용 가능
- 도심과 도심 주변 내 모듈형 컨테이너 시스템을 활용하여 소규모 도시농업으로 활용 가능
- 특허 등 산업재산권 확보 및 기술실시 사업화 활용이 가능

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수

- 컨테이너 및 상업형 식물공장에서의 재배시스템 현장 실증을 통한 사업화 가능성 확인
- 스마트팜 적용가능 식물 재배 시스템의 산업재산권 확보 및 기술(특허출원 2건→ 3건 달성)
- 개발된 신규 재배 시스템 활용 업체류 생산현장 즉시 적용을 통한 기술직접 실시(기술실시 1건)
- 컨테이너 식물공장 및 양산형 식물공장에 대한 재배 실증 및 경제성 평가 동시 수행
- 연구성과 100% 이상 달성: 매출액 및 수출액 기존 달성 목표 대비

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수

- 학술 발표(1건) : 도심형 식물공장 플랫폼 구축 현황 및 방안
- 식물공장 적용 다목적 신규 재배 시스템 관련 산업재산권 출원(특허출원 2건 → 3건 달성)
- 다목적 신규재배시스템 적용 식물공장 구축 사업화를 통한 홍보 효과

II. 연구목표 달성도

| 세부연구목표 (연구계획서상의 목표) | 비중 (%) | 달성도 (%) | 자체평가 |
|-----------------------------------|-----------|------------|-------------------------------------------------------|
| 양산형 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 개발 및 손익 분석 | 10 | 100 | 기존 재배시스템 보완 및 컨테이너식물공장 적용을 통한 경제성 분석 |
| 신규 재배시스템 적용 컨테이너 식물공장 개발 및 손익 분석 | 40 | 100 | 식물공장 적용 다목적 신규 재배 시스템 관련 산업재산권 출원(특허출원 3건) |
| 신규 재배시스템 적용 컨테이너 냉방 에너지 절감 기술 개발 | 10 | 100 | 일정 기간 외부 기온 활용 시스템과 냉방시스템을 병행 시 전기 에너지 절감 가능 |
| 신규 재배시스템의 상업형 식물공장 적용 가능성 평가 | 30 | 100 | 기존 공간 활용에 따른 구축비용 절감으로 순이익 증가로 인한 상업형 식물공장 적용 가능성 확인 |
| 상업형 식물공장 경제성 검증 | 10 | 100 | 엽채류 재배를 전제로 신규 재배시스템은 상업용 식물공장에 적용시 39% 이상의 수익률 확보 가능 |
| 합계 | 100점 | | |

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 개발된 재배시스템을 상업형 식물공장에 적용한 사업화 : 신선농산물 유통 회사(팜에이트)를 통한 원물 가공 및 유통 판매
- 극지방 등 신선 농산물 확보가 어려운 지역을 대상으로 수출 판로 개척 가능
- 향후 식물공장이 경쟁력을 갖추기 위해 이번 연구를 통해 개발된 신규재배시스템은 초기 구축비와 운영비 절감 외에도 경제성을 확보하는데 크게 기여할 것으로 판단됨

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 현장 적용 결과 도출을 통한 연구 결과 활용 가능성 제고 노력 고려

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 다목적 재배시스템을 활용한 상업형 식물공장에 적용한 사업화
- 엽채류 이외에 고부가가치 작물의 대량생산을 통한 재배 가능품목 확대를 위한 연구개발 시 활용 예정

IV. 보안성 검토

해당 사항 없음

1. 연구책임자의 의견

해당 사항 없음

2. 연구개발기관 자체의 검토결과

해당 사항 없음

| | | | |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------|
| 핵심기술명 ¹⁾ | 다목적 식물재배시스템 | | |
| 이전형태 | <input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상 | 기술료 예정액 | 천원 |
| 이전방식 ²⁾ | <input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input checked="" type="checkbox"/> 기타(직접실시) | | |
| 이전소요기간 | 3개월 | 실용화예상시기 ³⁾ | 2020.09 |
| 기술이전시 선행조건 ⁴⁾ | | | |

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농축산물안전유통소비기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농축산물안전유통소비기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.