

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

발간등록번호

11-1543000-003536-01

국화의 Best Farmer 영농기법 모델화 연구

2021. 06. 03.

주관연구기관 / 목포대학교

협동연구기관 / 세종대학교

한국농수산대학

농 립 축 산 식 품 부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

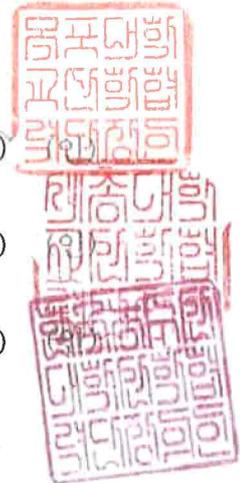
본 보고서를 “국화의 Best Farmer 영농기법 모델화 연구” (개발기간 : 2018. 07. 31 ~ 2020. 12. 31) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 06. 03.

주관연구기관명 : 목포대학교 산학협력단(대표자)

협동연구기관명 : 세종대학교 산학협력단(대표자)

협동연구기관명 : 한국농수산대학 산학협력단(대표자)



주관연구책임자 : 유용권

협동연구책임자 : 임진희

협동연구책임자 : 박상근

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	318061-3	해 당 단 계 연 구 기 간	2018. 07. 31 2020. 12. 31.	단 계 구 분	3/3
연구사업명	단 위 사 업	침단생산기술개발사업			
	사 업 명	침단생산기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	국화의 Best Farmer 영농기법 모델화 연구			
연구책임자	유용권	해당단계 참여연구원 수	총: 16명 내부: 16명 외부: 0명	해당단계 연구개발비	정부:200,000천원 민간: 0천원 계:200,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 48명 내부: 48명 외부: 0명	총 연구개발비	정부:500,000천원 민간: 0천원 계:500,000천원
연구기관명 및 소속부서명	목포대학교 산학협력단 세종대학교 산학협력단 한국농수산대학 산학협력단			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	
-------------------------	--

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

□ 정량적 성과

1. 사업화 매출액 487.3백만원, 2. 상품 수출액 275.97백만원
3. 비SCI 논문 6편, 학술발표 9건 4. 교육지도 17건, 인력양성 5건, 고용창출 1건
5. 홍보전시 4건 6. 기타 활용 : 매뉴얼 제작 3건

보고서
면수: 183

□ 정성적 성과

1. 절화용 스탠다드 국화 Best Farmer 영농기법 모델화 연구

- 절화용 스탠다드 국화 스마트팜 선도농가 및 관행농가 현황조사를 실시하였고, 본 연구의 절화 국화 스마트팜은 1세대 한국형 스마트팜이라고 할수 있었음
- 절화용 스탠다드 국화 스마트팜 선도농가의 생산관리 전과정 연중 모니터링을 위하여 ‘신마’, ‘백마’ 품종을 이용하여, 시설 내 환경분석, 영농기법, 절화 품질, 경영성과를 분석한 결과, 관행농가보다 스마트팜 농가에서 재배환경이 일정하게 관리되었으며, 절화의 품질이 우수하였고, 경영성과에서 평당 순이익이 높을것으로 조사되었음.
- 절화용 스탠다드 국화 스마트팜 선도농가의 영농기법을 고도화하고 매뉴얼을 제작하여 보급하고, 국화 재배농가에 현장지도 컨설팅하였음.

2. 절화용 스프레이 국화 Best Farmer 영농기법 모델화 연구

- 절화용 스프레이 국화 스마트팜 선도농가 및 관행농가 현황 조사, 스마트팜은 16개 센서를 통해 연중 균일한 환경 조절을 가능케 하여 연간 3.5기작을 실현하여 관행농가(3기작)보다 생산량 및 수익성 우수
- 절화용 스프레이 국화 스마트팜 선도농가의 생산관리 전(全)과정 연중 모니터링을 위하여 ‘해나’, ‘포드’, ‘아비삭’ 품종을 이용하여 시설 내 스마트팜의 내부 온도변화 및 습도(60~80%)가 더 균일
- 생육 분석에서 절화장, 엽수, 줄기직경은 스마트팜에서 품질이 좋았고, 엽록소 함량은 관행농가에서 높았음.
- 스마트팜의 절화수명, 절화중 및 물올림이 좋았으며, 환경은 관행농가가 좋았음.
- 연간 m²당 순이익은 스마트팜이 관행농가보다 11,278원 높음
- 조명, 비료, 농약, 온습도, 관수 및 액비, 비나인, 지베렐린 관련 영농기법 고도화
- 생육도일온도(GDD)를 이용해 회귀 모델식 함수를 만들어 절화장 예측 모델 개발 및 스마트팜 생산관리 매뉴얼 제작 및 공유

3. 분화용 국화 Best farmer 영농기법 모델화 연구

- 분화 국화 스마트팜 및 식물공장형 스마트팜 선도농가로 경기도 이천의 HS플라워와 경남 김해의 호동이농원을 선정
- 선도농가의 스마트팜 시설 및 재배환경, 생산 전과정의 영농기법을 모니터링하여 관행재배 농가와 비교·분석함
- 분화 국화 스마트팜 선도농가의 영농기법을 고도화하고 매뉴얼을 제작하여 보급하고, 분화 국화 재배농가에 현장지도 컨설팅하였음

〈요약문〉

<p style="text-align: center;">연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 국회(스탠다드, 스프레이, 분화)의 스마트팜 선도농가 영농기법 모델화 및 보급 확산 <input type="checkbox"/> 국회(스탠다드, 스프레이, 분화)의 스마트팜 가속화 지원을 통한 농가 생산성·품질 향상 및 생산비 절감 <ul style="list-style-type: none"> - 국회 스마트 팜 선도농가 선정 - 국회 스마트 팜 재배 전주기 영농활동 분석 및 기술 검증 - 국회 스마트 팜 영농기술 모델화 및 매뉴얼 작성·보급
<p style="text-align: center;">연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 정량적 성과 <ul style="list-style-type: none"> - 사업화 매출액 487.3백만원 수출액 275.97백만원 - 비SCI 논문 6편, 학술발표 9건 - 교육지도 17건, 인력양성 5건, 고용창출 1건, - 홍보전시 4건 - 기타 활용 : 매뉴얼 제작 3건 <input type="checkbox"/> 정성적 성과 <ol style="list-style-type: none"> 1. 국회(스탠다드, 스프레이, 분화)의 스마트팜 선도농가 선정 2. 국회(스탠다드, 스프레이, 분화)의 선정 농가의 재배정보, 시설 정보, 스마트팜 정보를 파악 3. 국회의 재배작기에 따른 재배방법, 재배환경 및 생육 조사를 통해 재배 환경 DB를 확보 4. 국회의 스마트팜과 일반 관행농가 간의 간이경영성과분석을 통해 생산성 검증 5. 국회의 스마트팜의 영농기법을 활용한 생장예측모델 개발 6. 국회의 스마트팜 영농기법 고도화
<p style="text-align: center;">연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 기술적 측면 <ul style="list-style-type: none"> ○ 국회 스마트팜 현장 적용을 위한 표준모델 개발 및 매뉴얼 제작·보급을 통해 국회 재배기술의 향상 ○ 국회 스마트팜 영농기법 모델화는 국회 재배 정밀농업을 위한 생육예측 모델링 확립에 기여 ○ 국회의 재배환경에 따른 생장모델, 빅데이터 분석방법, 스마트팜 핵심 기술에 응용 ○ 국회의 온실 복합환경조절 시스템을 이용한 생산 고도화의 모델 제시 ○ 국회 생육모델에 대한 정보 제공을 통해 타 품목 및 품종의 적용 확대를 위한 룰 모델 제시

<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>□ 경제, 산업적 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 일반 국화 재배농가에 ICT를 이용한 스마트 팜을 조속히 접목·확산하여 생산성 제고를 물론 생산·유통·수출 등 다양한 분야의 효율성 제고 및 새로운 부가가치를 창출 ○ 국화 스마트팜 표준모델 개발 및 매뉴얼 제작·보급을 통해 생산비 절감과 품질향상을 통해 국화 재배농가의 소득증대 ○ 국화의 스마트팜의 기술수준 향상으로 생산량 증대 및 품질 향상에 따라 고품질 국화의 수출량 증대에 기여 ○ 국화의 생육 모델화에 의해 생장과 수확시기를 예측할 수 있음에 따라 생산량과 출하시기를 조절할 수 있어 가격 경쟁력 향상 ○ 정식시기와 국화의 발육속도를 제어 가능하여 생산기간의 단축을 통한 생산비 절감 ○ 국화 스마트팜 모델화를 통해 타 화훼류의 스마트팜의 보급 확대에 기여함으로써 전반적인 화훼산업 발전에 기여할 것임 <p>□ 사회적 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 국화 스마트팜 선도농가의 생산관리 전 과정 영농기법 모니터링을 통한 운영상의 문제점 등의 분석하여 향후 스마트 팜 확대 보급시 성공률 제고를 위한 정책방향 제시 가능 ○ 농촌인구 감소에 따른 노동력 확보 문제를 해결하기 위해 재배의 자동화, 기계화, ICT가 접목된 스마트팜의 필요성 제고 ○ 스마트 팜 도입에 따른 경제성 분석을 통해 일반 농가의 투자 대비 성과의 불확실성을 불식시킬 수 있을 뿐만 아니라 농업인들이 자발적으로 스마트팜을 도입할 수 있는 환경을 조성할 수 있음 ○ 기존 토양재배와 노동집약적 농업을 탈피하여 현대화된 시설에서 스마트팜을 용이하게 도입할 수 있음에 따라 젊은 귀농 인구의 유입을 촉진할 수 있음 				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>국화</p>	<p>스마트팜</p>	<p>생육모델</p>	<p>영농기법</p>	<p>선도농가</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>Chrysanthemum</p>	<p>Smart farm</p>	<p>Growth model</p>	<p>Farming technique</p>	<p>Lead farmer</p>

< 목 차 >

I. 연구개발과제의 개요	7
제1장 연구개발 목적	7
제2장 연구개발의 필요성	8
제3장 연구개발 범위	12
II. 연구수행 내용 및 결과	14
제1장 절화용 스탠다드 국화 Best Farmer 영농기법 모델화 연구	14
제1절 절화용 스탠다드 국화 스마트팜 영농기법 DB화 조사 기준 설정 및 선도농가 선정	14
제2절 절화용 스탠다드 국화 스마트팜 선도농가 영농기법 DB 분석 및 기술 검증	26
제3절 절화용 스탠다드 국화 스마트팜의 영농기법 표준 모델화 및 현장 보급	58
제2장 절화용 스프레이 국화 영농기법 모델화 (세종대학교)	77
제1절 절화용 스프레이 국화 스마트팜 선도농가 선정 및 영농기법 DB와 기준 설정	77
제2절 절화용 스프레이 국화 스마트팜 재배 전 주기 영농활동 분석 및 기술검증	86
제3절 절화용 스프레이 국화 스마트팜 선도농가의 영농기법 표준 모델화 및 현장보급	111
제3장 분화용 국화 Best Farmer 영농기법 모델화 연구(한국농수산대학)	125
제1절 분화 국화 스마트팜 선도농가 선정 및 영농기법 DB 조사 기준설정	125
제2절 분화 국화 스마트팜 재배 전주기 영농활동분석 및 기술검증	134
제3절 분화 국화 스마트팜 영농기법 모델화 및 매뉴얼 제작·보급	151
III. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	167
IV. 연구결과의 활용 계획 등	169
참고문헌	172
[별첨 1] 연구개발보고서 초록	175
[별첨 2] 자체평가 의견서	177
[별첨 3] 연구성과 활용계획서	181

I. 연구개발과제의 개요

제1장 연구개발 목적

1. 연구개발의 최종목표

- 국화 스마트팜 선도농가 영농기법 모델화 및 보급 확산
- 국화 스마트팜 가속화 지원을 통한 농가 생산성·품질 향상 및 생산비 절감

2. 연구개발의 목표

- 국화 재배농가 중 생산성과 비용절감이 우수한 스마트팜 선도농가(절화용 스탠다드, 스프레이, 분화 국화 농가) 선정
- 선정 스마트팜 선도농가 농장의 전주기 영농기법을 과학적, 기술적 검증 및 분석
- 선정 스마트팜 선도농가 농장의 전주기 영농기법 동을 모델화, 매뉴얼 제작 및 생산자 단체에 현장 확산



제2장 연구개발의 필요성

1. 우리나라 농업의 현황

- 농업경쟁력은 토지, 인력, 자본이 기본요소인데, 경지면적은 2000년 1,889천ha 대비 2014년도에 1,730ha로 감소하였고, 농가수는 2010년 135,332가구 대비 2014년에 129,904가구로 4.0% 감소하였으며, 고령화는 2010년 31.8%에 비해 2014년 39.1%로 증가하였음
- 농업의 자본, 토지, 노동 등의 생산성 하락과 경영마인드 부족으로 농업소득이 2003년 10,572천원 대비 2014년 10,303천원으로 감소하였음
- 또한 WTO와 FTA와 같은 시장개방 상황에서 농업 분야가 가장 피해를 받고 있음
- 반면에 최근 귀농귀촌의 인구가 증가하고 있는데, 2013년 귀농인구는 17,318명, 귀촌인구는 280,838명이었는데, 2016년에 귀농인구는 20,559명, 귀촌인구는 322,508명으로 각각 19%와 15% 증가하였음
- 농업 생산성을 향상시키고, 농산물 시장개방으로 전세계 국가들과의 무한 경쟁 상황을 극복하기 위해 고품질 농산물 생산, 생산비 절감을 통한 고수익 창출 재배시스템 구축이 필요
- 또한 새로운 귀농 인력과 청년 유입, 농업과 전후방 산업의 투자를 이끌어내기 위한 신비즈니스 모델을 개발할 필요가 있음 --> 스마트팜 도입의 필요성

2. 스마트팜의 현황

- 최근 이상 저온과 고온, 일조부족, 장기간 강우에 따른 다습 등 이상기후로 인하여 노지 재배작물들은 생육과 생산성의 불안요소가 됨
- 시설재배는 시설 내의 환경, 즉 광, 온도, 수분, 습도, 비료 등을 조절할 수 있으므로 작물의 최적의 생육 환경조건에서 재배할 수 있고, 해충이나 바이러스 매개로 인한 작물을 보호할 수 있고, 작물의 생육 기간을 연장하여 연중생산이 가능한 장점이 있음
- 스마트팜은 자동화 설비와 정보통신기술을 활용하여 시공간의 제약없이 농축산물을 실시간으로 계측, 진단하여 광, 온도, 습도, 양액, 이산화탄소 농도 등의 환경요소를 최적환경으로 제어, 관리하는 보다 지능화되고 효율성을 지향하는 농업형태
- 스마트팜을 적용한다면 물, 비료, 에너지, 노동력의 투입을 감소시키면서 품질과 수확량 증대를 기대할 수 있고, 영세한 영농규모와 농업인구 감소 및 고령화의 한계를 극복하여 농업 경쟁력을 향상시킬 수 있음
- 그동안 우리나라에서는 스마트 팜 보급 확대를 위해 ‘시설현대화 사업’, 시설원에 분야 ‘ICT 융복합 확산 사업’, ‘축산분야 ICT 융복합 확산 사업’ 등을 추진하였으나, 2015년 기준 스마트 팜 보급농가 및 보급률은 총 1,441농가, 3% 미만으로 초기 단계의 수준임(한국농촌경제연구원, 2016)

- 특히, 국내 화훼분야 스마트 팜 농가는 190농가로 시설원예분야 스마트 팜 보급 농가의 15.4%에 불과하며, 이 중 국화는 7농가로 화훼분야 스마트 팜 보급농가의 3.7%에 불과해 국화 재배농가의 스마트 팜 보급은 매우 미진한 수준임
- 정부에서는 2020년까지 스마트팜 재배면적은 7,000ha까지 확대할 예정
- 스마트팜 도입 효과 (농촌진흥청 분석자료)
 - 전남의 토마토 농가 스마트팜 도입 후 55%의 생산성 향상 및 35% 에너지 절감
 - 충남의 딸기 농가 스마트팜 도입 후 판매가격 23% 상승으로 소득 22% 증대

표. 부류별 스마트 팜 농가 수 및 스마트 팜 재배면적 추정

대분류	중분류	소분류	농가수(호)	전체재배면적(ha) 또는 전체두수(천수)	스마트 팜 재배면적(ha) 또는 스마트 축산 두수(천수)	스마트 팜 재배면적 또는 스마트 축산 두수 비중(%)
시설 원예 (A)	채소	과채류	893	29,500	920	3.1
		엽채류	18			
		양념류	3			
		기타채소류	19			
		소계	933(75.5)			
	화훼	절화류	70			
		분화류	38			
		화목류	12			
		관상수류	2			
		초화류	3			
		난류	7			
		기타화훼류	58			
	소계	190(15.4)				
	과수	시설과수류	70(5.7)			
특용작물	버섯류	42(3.4)				
시설원예 소계		1,235(100)				
노지과수(B)			93	165,985	575	0.3
축산(C)			113	735,190	1,863	0.2
합계(A+B+C)			1,441			

* 자료출처 : 한국농촌경제연구원. 스마트팜 운영실태 분석 및 발전방향 연구.

3. 국화의 재배 및 스마트팜 현황

- 국화는 2019년 농가수 945호, 재배면적 354ha, 생산액 557억 원에 이르는 국내 2위의 주요 절화임
 - 스탠다드 국화 농가수 581호, 면적 243ha, 생산액 364억 원
 - 스프레이 국화 농가수 150호, 면적 66ha, 생산액 104억 원
 - 분화 국화 농가수 214호, 면적 45ha, 생산액 89억 원

○ 2010년 이후 국화의 재배면적과 수출액은 급감하고 있는 반면, 수입액은 크게 증가하였음

표. 2010, 2015, 2020년 절화 국화의 수출액과 수입액 비교

구분	2010년	2015년	2020년
수출액 (천불)	13,774	4,654	918
수입액 (천불)	664	9,531	10,071

○ 국화가 국내 주요 화훼작목임에도 불구하고 스마트 팜 보급이 미진한 이유는 아직까지 우리나라의 스마트 팜이 발전 초기 단계인데다 재배농가 역시 스마트 팜 운영에 대한 이해 부족과 투자대비 성과에 대한 불확실성 등으로 인해 확신이 없기 때문인 것으로 판단됨

표. 스마트 팜 미도입 농가의 미도입 이유

	전체	노지	시설	과수	축산
투자 대비 성과의 불확실성	241	43	54	124	15
영농규모가 작아서	130	63	19	37	11
운영비 부담	125	26	24	73	2
관행농업에 불편함을 느끼지 않아서	76	36	6	34	0
스마트 팜에 대한 정보 부족	71	29	4	36	1
기술제공업체 및 제공기술에 대한 신뢰 부족	49	11	14	18	3
인터넷 등 기반시설 부족	42	3	7	32	0
스마트팜 기술사용의 어려움	27	10	1	16	0
기타	16	6	2	8	0

* 설문조사 : 스마트 팜 미도입 200농가 중 향후에도 스마트 팜을 도입할 의향이 없다고 응답한 92농가를 대상으로 실시(복수응답)

* 자료출처 : 한국농촌경제연구원. 스마트팜 운영실태 분석 및 발전방향 연구

○ 따라서 스마트팜이 국화의 생산성 향상, 품질 향상, 노동력 절감에 어떻게 기여하는 지에 대한 스마트팜 선도농가들의 사례를 종합하여 성공요인을 분석하고 이들의 영농기법을 매뉴얼로 작성·보급하여 기존 농가들이 쉽게 스마트 팜을 이해하고 시장에 진입할 수 있는 계기를 마련할 필요가 있음

○ 특히, 최근 국화의 대일수출 급감, 수입국화 급증으로 인해 국화 재배면적 및 농가수가 현저히 줄어들고 있으며, 인건비 상승에 따른 생산비 증가로 인해 채산성 악화되고 있는 상황임. 이러한 열악한 재배환경을 극복하고 국화 재배농가의 지속안정생산 여건을 조성하여 생산비 절감 및 생산성 향상, 농가 수익보전에 기여할 수 있는 한 방안으로 자본·기술 집약 차세대 농업 생산시스템으로서 한국형 스마트 팜 기술 개발 및 보급은 반드시 필요함

○ 시설재배 국화는 연중 생산이 가능하고, 환경조절이 용이하여 첨단기술과의 융복합으로 생육에 적합한 환경조건을 구현하여 초장조절, 채화기 조절, 생산성 향상 및 소득 증대 등 많은 경제적 이점을 취할 수 있는 분야임

4. 연구의 필요성

- 젊은 귀농 인력뿐만 아니라 기존 시설원예 농가들이 스마트팜 도입 촉진방안으로 “스마트팜에 대한 기술향상과 기술표준화”가 필요함
- 따라서 기존 농가에 대한 국화재배 우수 스마트 팜 농가들의 우수 영농기법을 기반으로 기술 표준화 및 재배기술 교육이 필요함
- 이를 위해 국화재배 스마트팜 선도농가들을 대상으로 육묘부터 재배환경관리, 재배기술, 병충해방제, 수확 후 관리기술, 유통 및 수출까지의 영농기법을 수집 분석하여 매뉴얼 및 모델화할 필요가 있음
- 일반 및 기존 스마트팜에 우수 스마트팜 기법의 홍보 및 보급을 통해 고품질 국화생산에 기여하고, 이를 통해 절화 국화의 수입량을 감소시키고 수출량을 증가시킬 필요가 있음
- 국화 생육에 적합한 환경정보는 재배형태에 따라 수많은 생육정보의 수집을 통해 구명 가능하나 국내에서는 생육모델화를 위한 초기단계에 있으며, 다음의 연구개발이 시급함
 - 국화 선도농가 재배환경 측정데이터의 실시간 수집 저장 DB화
 - 국화 선도농가의 생육 단계별 재배관리 기술 및 유통관리 자료의 DB화
 - 시설작물의 생육 진단 및 수확량 예측을 위한 생육모델 구축
 - 생산성 향상을 위한 작물별 최적 환경 및 생육관리 모델 구축
- 작물의 최적 환경설정 모델 연구와 더불어 현장실용화를 위해서는 유관관계자들의 공동참여 및 산업체(농가)의 접목확산을 통해 효율성 제고 가능
 - 시설하우스의 작물 재배에 적합한 센서, 센서설치, 생육과정에 따른 제어 정보 수집 및 빅데이터 제공
 - 작물에 대한 생장 정보에 대한 DB 구축, 생육정보제공 및 생육 상황에 맞는 관제
- 정부의 스마트팜 확산 정책에 따라 국화를 재배하고자 귀농하는 인력, 일반 국화재배농가 및 국화 스마트팜 농가들을 대상으로 우수 국화 스마트팜 농가의 전 생산과정의 영농기법을 모델화하여 제공함으로써 국화 스마트팜 농가 확산 및 생산성/품질향상 및 생산비 절감 효과를 올릴 수 있음

제3장 연구개발 범위

- 국화 재배농가 중 생산성과 비용절감이 우수한 스마트팜 선도농가(절화용 스탠다드, 스프레이, 분화 국화 농가) 선정
 - 전국 국화재배농가 중 스마트팜 농가 조사
 - 스마트팜 농가들을 대상으로 농가 경영분석 및 국화의 품질을 분석
 - 생산성 및 비용절감이 우수한 스마트팜 선도농가 선정 (절화용 스탠다드 국화 재배농가, 절화용 스프레이 국화 재배농가, 분화 국화 재배농가)
- 선정 스마트팜 선도농가 농장의 전주기 영농기법을 과학적, 기술적 검증 및 분석
 - 스마트팜 선도농가의 온실 구조 및 시설 조사
 - 스마트팜 선도농가의 육묘, 재배관리, 병충해 관리, 수확 후 관리, 유통 및 수출 등 전주기에 대한 단계별 영농활동을 조사표를 만들어 조사
 - 스마트팜 선도농가에서 생산한 국화의 품질 조사
 - 스마트팜 선도농가의 영농활동과 품질 대상으로 상관관계 분석
 - 영농활동과 품질 조사 내용 및 이들 간의 상관관계에 자료에 대한 전문가를 통한 과학적, 기술적 사전 검증 및 분석
 - 작기별 육묘부터 유통까지의 각 단계별 분석 및 검증 결과를 SNS 밴드에 공유하고, 밴드 회원 간 토론을 통해 의견 수렴
 - 생산한 국화의 국내 유통 및 수출과 연계하여 경제성 분석
- 선정 스마트팜 선도농가 농장의 전주기 영농기법 등을 모델화, 매뉴얼 제작 및 생산자 단체에 현장 확산
 - 선정 스마트팜 선도농가의 전주기 영농활동을 종합적으로 분석하고, 분석된 전 과정을 모델화하여 매뉴얼 작성
 - 개발된 매뉴얼은 밴드를 통해 회원들간에 재검증
 - 국가기관, 절화협회, 국화작목반 등을 통해 생산자 단체 등에 매뉴얼 보급 및 교육을 통한 스마트팜 선도농가의 영농기법 확산

스마트팜 농도농가 선정



생산성 등을 검토하여 선도농가 선정

육묘



플러그묘, 직삽 등 육묘 관리 항목 조사

재배관리



환경, 양액, 토양 관리 항목 조사

병충해 관리



살균제, 살충제 및 생장 조절제 관리 항목 조사



매뉴얼화/현장보급



영농기법 표준 매뉴얼 제작 및 현장 보급

전문가 검증 실시



SNS 밴드, 전문가 검증을 통한 우수 영농기법 도출

유통 및 수출



수송방법과 경로, 수출 과정 환경 등 항목 조사

수확 후 관리



수확, 전처리, 선별, 저장, 포장 등 관리 항목 조사

Ⅱ. 연구수행 내용 및 결과

제 1 장 절화용 스탠다드 국화 Best Farmer 영농기법 모델화 연구 (목포대학교)

제 1 절 절화용 스탠다드 국화 스마트팜 영농기법 DB화 조사 기준 설정 및 선도농가 선정

1. 절화용 스탠다드 국화 스마트 팜 선도농가의 시설 및 영농기법 DB화 조사 기준 설정

가. 스탠다드 국화 농가 조사 분석표 작성

2018년 10월 6일 과제 협의회를 통해 DB로 활용하기 위한 국화 재배 농가 조사 현황에 대한 토의하였다(그림 1-1). DB로 활용 가능 분석표를 작성하기 위해 각 기관별 진행상황을 공유하였고, 농가 분석 조사표를 작성하였다(그림 1-2). 조사표의 내용은 농가정보, 시설정보, 재배정보, 스마트팜 시스템정보, 경영정보, 데이터 DB 단위 및 측정기준(표 1-1) 등 6가지로 크게 분류하기로 결정하였다.



그림 1-1. 2018년 10월 6일 협의회

나. 국화 재배 농가 시설, 재배 및 스마트팜 조사 분석표 분류 항목

- 농가정보 : 농장명, 주소, 재배경력, 인력 등
- 시설정보 : 시설유형, 연동 유무, 설치시기, 냉·난방 시설, 창 개방성, 기타시설 등
- 재배정보 : 재배 품종, 양액방식, 포장방법, 출하 및 유통경로, 수출 여부 등
- 스마트팜 시스템정보 : 시스템 제어 방법 및 내·외부 센서 설치 종류, 양액 조절 장치, CO₂ 시비 처리농도 및 시기 등

- 경영 정보 : 출하량, 매출액, 경매가, 근무시간 등
- 데이터 DB 단위 및 측정 기준 : 재배 환경, 양액 및 배지, 육묘, 병충해 방제, 생장조절제 사용 종류, 기타(적심작업), 절화 품질 조사 항목 등

국화 농가 조사 분석표

I. 농가 정보

항목	내용
1. 농장명	
2. 농장주소	
3. 농장주 성명	
4. 생년월일	/ 세
5. 재배 경력	
6. 참여 인력	<input type="checkbox"/> 본인 <input type="checkbox"/> 본인 외 가족 ()명 <input type="checkbox"/> 외국인 인력 유/무/ ()명
7. 기타 사항	

II. 시설 정보

항목	내용						
1. 시설 유형	<input type="checkbox"/> 플라스틱 <input type="checkbox"/> 유리 (측고 : m, 천장고 : m)						
2. 연동 유무	<input type="checkbox"/> 단동 <input type="checkbox"/> 연동 ()동						
3. 설치시기/연적	시기 면적 m ²						
4. 난방 방식	원천 <input type="checkbox"/> 물유/경유 <input type="checkbox"/> 전기 <input type="checkbox"/> 목탄/석탄 <input type="checkbox"/> 기타() 방식 <input type="checkbox"/> 보일러 <input type="checkbox"/> 온풍기 <input type="checkbox"/> 라디에이터 <input type="checkbox"/> 기타()						
5. 냉방 방식	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유(에어컨/히트펌프/보그중발냉각/기타)						
6. 차광용 스크린	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유()점 / 계절 ()						
7. 보온용 스크린	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유()점 / 계절 ()						
8. 천장 개방성	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유						
9. 측창 개방성	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유						
10. 기타 시설/장비 목록	<table border="1"> <tr> <td>저상</td> <td>관비기, 양액조절장치, 탄산시비장치, 코그시스 냄, 방제기, 환기팬, 제습기, 권초시선, 기타 ()</td> </tr> <tr> <td>지하</td> <td></td> </tr> <tr> <td>수확 후 관리</td> <td>저온저장고, 건조기, 선별기, 예냉장치 기타 ()</td> </tr> </table>	저상	관비기, 양액조절장치, 탄산시비장치, 코그시스 냄, 방제기, 환기팬, 제습기, 권초시선, 기타 ()	지하		수확 후 관리	저온저장고, 건조기, 선별기, 예냉장치 기타 ()
저상	관비기, 양액조절장치, 탄산시비장치, 코그시스 냄, 방제기, 환기팬, 제습기, 권초시선, 기타 ()						
지하							
수확 후 관리	저온저장고, 건조기, 선별기, 예냉장치 기타 ()						

III. 재배 정보

항목	내용	비고
1. 품종	품종수	
	품종명 품종별 계식구수/m ² 품종 선택기준	<input type="checkbox"/> 수양 <input type="checkbox"/> 파적 <input type="checkbox"/> 꽃 크기 <input type="checkbox"/> 빠른 생장 <input type="checkbox"/> 병충해 <input type="checkbox"/> 주변 편의 <input type="checkbox"/> 기타()
2. 재배 방식	<input type="checkbox"/> 토경 <input type="checkbox"/> 토경관리제배 <input type="checkbox"/> 양액재배	
3. 양액재배 방식인 경우 배지종류	<input type="checkbox"/> 펄라이트 <input type="checkbox"/> 코이어+펄라이트 <input type="checkbox"/> 코이어 <input type="checkbox"/> 기타()	
4. 연간 재배 횟수	기작/년	
5. 수확 방식	시간	<input type="checkbox"/> 오전 <input type="checkbox"/> 오후 <input type="checkbox"/> 아간 <input type="checkbox"/> 하루종일
	단계	수출용 : 단계 내수용 : 단계
6. 수확 후 관리 방법	전처리	<input type="checkbox"/> 사용안함 <input type="checkbox"/> 사용함 (종류:)
	예냉처리	<input type="checkbox"/> 사용안함 <input type="checkbox"/> 사용함 (방법:)
7. 포장	선택 기준	수출용 과(), L() M(), S() 내수용
	삽식유통	<input type="checkbox"/> 사용안함 <input type="checkbox"/> 사용함 (방법:)
8. 저장방법	Box 크기	가로>세로>폭mm
	Box 당 갯수	
9. 출하	포장지	<input type="checkbox"/> 신문지 <input type="checkbox"/> 유선지 <input type="checkbox"/> 미닐슈림 <input type="checkbox"/> 기타()
	방법	<input type="checkbox"/> 습식 <input type="checkbox"/> 박스내건식 <input type="checkbox"/> 노출식건식
10. 수출	온도	℃
	유통 (상대비용)	국내 <input type="checkbox"/> 경매장() <input type="checkbox"/> 도·소매업체() <input type="checkbox"/> 기타() 국외 <input type="checkbox"/> 경매장() <input type="checkbox"/> 도·소매업체() <input type="checkbox"/> 기타()
10. 수출	수출국	
	내수와 수출비율	
10. 수출	수출방법(경도)	<input type="checkbox"/> 배() <input type="checkbox"/> 비행기()
	수출환경	<input type="checkbox"/> 저온수출 <input type="checkbox"/> 상온수출 <input type="checkbox"/> 기타()
10. 수출	수출가격/상이	원

IV. 스마트팜 시스템 정보

항목	내용		
1. 시스템 개요	설치시기		
	설치비용/제조금	/	
	제조사/주소	/	
	스마트폰 어플명		
2. 제어부	제어수()개	1. 천장1(0대)	9. 보온커튼1(0대)
		2. 천장1(0대)	10. 보온커튼1(0대)
		3. 천장2(0대)	11. 보온커튼2(0대)
		4. 천장2(0대)	12. 보온커튼2(0대)
		5. 측창1(0대)	13. 차광막
		6. 측창1(0대)	14. 차광막
		7. 측창2(0대)	15. 전조등
		8. 측창2(0대)	16. 환기팬
3. 센서부 (위치 종류)	시설 내부	광량	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ()
		온도 (저상)	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ()
		온도 (배지)	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ()
		습도	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ()
		CO ₂ 농도	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ()
		도	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ()
	시설 외부	양액 pH	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 (금액, 레액)
		양액 BC	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 (금액, 레액)
		광	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ()
		온도 (저상)	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ()
		습도	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ()
		풍속	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ()
강수 (우량)	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ()		

항목	내용	
4. 양액조달장치	원수	원수 : <input type="checkbox"/> 저하수, <input type="checkbox"/> 수돗물 생분분식 : <input type="checkbox"/> 유 <input type="checkbox"/> 무
	저장기준	
	저장작성	<input type="checkbox"/> 농가자체 <input type="checkbox"/> 기타()
	금액/횟수/양	회/일 분/회
5. CO ₂ 시비장치	공급농도	pH : BC :
	제어방식	<input type="checkbox"/> 수동 <input type="checkbox"/> 자동 (<input type="checkbox"/> 시각기반 <input type="checkbox"/> 센서기반)
5. CO ₂ 시비장치	저리농도	
	시비시기	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12월 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24시

V. 경영 정보

항목	내용		
1. 출하량	1월	2월	3월
	4월	5월	6월
	7월	8월	9월
	10월	11월	12월
2. 매출액	1월	2월	3월
	4월	5월	6월
	7월	8월	9월
	10월	11월	12월
3. 내수시 평균 경매가	1월	2월	3월
	4월	5월	6월
	7월	8월	9월
	10월	11월	12월
3. 근무 시간	평균 하 무 중 () 시간		
	평균 일주일 중 () 일		
4. ICT 스마트팜 설치 후 농가 편의성	평균 한 달 중 () 일		
	하루 중 노동(근무)시간 평균 () 감소		
	하루 중 피로도 평균 () 감소		

그림 1-2. 국화 농가 조사 분석표

다. 절화용 스탠다드 국화 영농기법 DB 조사 기준 설정

절화용 스탠다드 국화 영농기법 DB화 조사기준을 마련하기 위하여 재배환경(광량, 온도, 습도, VPD 등) 온실 내 지상부 및 지하부 환경을 측정하고, 육묘부터 정식 이후 생육관리, 화아분화 시의 온도 관리, 출하관리 등 생육단계별 재배관리에 관한 내용을 조사하여 분석하고자 다음과 같은 조사기준을 선정하였다.

표 1-1. 데이터 DB 단위 및 측정 기준(참여기관 모두 동일)

항 목		단 위	간 격	분 석 내 용	비 고
환경	광량	PPFD	30분	평균·적산/일, 평균·적산/월, 투광율/일·월, 일장/일·월	
	온도	℃	30분	최고·최저·평균/일, 최고·최저·평균/월, 적산/일·월, 일교차/일·월	
	습도	RH (%)	30분	최고·최저·평균/일·월, 일교차/일·월	
	VPD	kpa	계산식	최고·최저·평균/일·월, 일교차/일·월	
	CO2	ppm	30분	최고·최저·평균/일·월	
	일장			단일처리 시기	
양액	pH	-	30분	최고·최저·평균/일·월	
	EC	dS·m-1	30분	최고·최저·평균/일·월	
배지	물리성		정식전	기상, 고상, 액상, 가비중, 진비중 등	
	화학적		정식전/후	pH, EC 등	
육묘	삽수/삽목묘 구입여부		삽목시	삽수 : <input type="checkbox"/> 구입 <input type="checkbox"/> 자가 삽목묘 : <input type="checkbox"/> 구입 <input type="checkbox"/> 자가	
	삽수조건		삽목시	삽수길이 : cm, 엽수 ; 개 삽수두께 : cm	
	삽목기간		삽목시	일	
	발근제 처리여부		삽목시	<input type="checkbox"/> 처리 <input type="checkbox"/> 무처리	
병충해 방제	살충제	재배 기간중		살포횟수 : 회	
				1회당 살포량 : L 농약명	
	살균제	재배 기간중		살포횟수 : 회	
				1회당 살포량 : L 농약명	
생장 조절제	B9	재배 기간중		처리시기 :	
				처리횟수 :	
				1회당 살포량과 농도 :	
	Ethylene	재배 기간중		처리시기 :	
				처리횟수 :	
				1회당 살포량과 농도 :	
GA	재배 기간중		처리시기 :		
			처리횟수 :		
			1회당 살포량과 농도 :		
기타	적심작업	재배 기간중		작업시기	
				작업기간	
절화품질			수확후	기본품질, 균형미(초폭/초장), 화수, 개화정도, 볼륨감, 분지수 등	

라. 전문가를 통한 경영분석 방법 및 기술 검증

2018년 11월 23일 스마트 팜 분야의 3명의 전문가를 초빙하여 『국화와 장미의 스마트팜 발전방안』에 관한 워크숍을 실시하였다. 세부내용으로 “스마트팜 간이 경영성과 분석 요령”, “농업의 인공지능”, “기후변화와 스마트팜의 미래”를 실시하였고, 스마트팜 경영분석 방법 및 과학적 기술적 검증과 의견을 수렴하였다(그림 1-3). 또한, 스마트팜과 일반농가의 경영분석을 위하여 스마트팜 온실 경영분석 간이 조사표(그림 1-4)를 작성하여 간이 경영분석을 실시하였다.



그림 1-3. 전문가 초빙 워크숍 모습

스마트팜 온실 경영분석 간이 조사표		□ 시설투자비		○ 대농기계 및 시설																																																																																																																																																																																																									
<p>스마트팜 온실 경영분석 간이 조사표</p> <table border="1"> <tr> <td>대표 농가명</td> <td>연령</td> </tr> <tr> <td>주소</td> <td></td> </tr> <tr> <td>연락처</td> <td></td> </tr> <tr> <td>과목명</td> <td>재배장비</td> </tr> <tr> <td>주요종류</td> <td></td> </tr> <tr> <td>과무체계</td> <td>국화-경지(과 2과) 수확(과 2과 ~ 2과 ~)물</td> </tr> <tr> <td>온실형태별 개체연대</td> <td>스마트온실 일반온실</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1 유리온실, 2 곽갈문온실, 3 연동비닐, 4 단동비닐, 5 기타온실</td> </tr> </table> <p>인양하십시오! 본 설문은 축산대학과 공동으로 스마트팜 온실을 이용하여 국화를 재배하는 농업인원의 온실경영실태를 조사하여 시설특성 농가의 경영개선을 위한 기초자료로 활용하고자 합니다. 과목에서 응답하여 주신 모든 내용은 통계법 제33조(비밀의 보호) 및 제35조에 의거하여 비밀이 보장되며, 익명으로 통계 처리되어 기초통계자료 분석을 위해서 활용될 예정입니다. 과목의 응답은 시설특성 농가의 경영개선 및 농업발전은 위한 정책수립에 실질적으로 도움이 될 것입니다. 다소 번거로우시더라도 성의껏 응답하여 주시기를 부탁드립니다. 비밀성 관련 시간을 내어 연구에 도움을 주시는 여러분께 감사드립니다. 2018년 10월</p> <p>조사자 소속 축산대학 교명 한민희</p>		대표 농가명	연령	주소		연락처		과목명	재배장비	주요종류		과무체계	국화-경지(과 2과) 수확(과 2과 ~ 2과 ~)물	온실형태별 개체연대	스마트온실 일반온실		1 유리온실, 2 곽갈문온실, 3 연동비닐, 4 단동비닐, 5 기타온실	<p>□ 재배시설</p> <table border="1"> <tr> <th>구분</th> <th>시설형태</th> <th>시설연대(년)</th> <th>시설특성(비밀번호)</th> <th>시설면적(㎡)</th> <th>내용연수(년)</th> <th>평가상자비(%)</th> <th>자동화수준</th> </tr> <tr> <td>일반온실</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>비) 1. 온실형태는 1 유리온실, 2 곽갈문온실, 3 연동비닐, 4 단동비닐, 5 기타온실 등 *평가상자비(%)는, 단 내용연수가 경과한 경우 '0'항 처리 이후의 수는 농가가 판단하는 기준치음</p> <p>○ 스마트온실 자동화시설 설치비</p> <table border="1"> <tr> <th>시설명</th> <th>기준연대(년)</th> <th>실제연대(년)</th> <th>시설투자비(A)(원)</th> <th>내용연수(B)</th> <th>평가상자비 투자비(C)</th> <th>비고</th> </tr> <tr> <td>계</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>전조물류시스템</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>감지온기장치</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>환풍장치</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>관개</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>양액배급시스템</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>레이저시스템</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>난방시설</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CO2발생기</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>전스마트 온실 자동화 시스템(기타)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>*평가상자비(%)는, 단 내용연수가 경과한 경우 '0'항 처리</p>		구분	시설형태	시설연대(년)	시설특성(비밀번호)	시설면적(㎡)	내용연수(년)	평가상자비(%)	자동화수준	일반온실								시설명	기준연대(년)	실제연대(년)	시설투자비(A)(원)	내용연수(B)	평가상자비 투자비(C)	비고	계							전조물류시스템							감지온기장치							환풍장치							관개							양액배급시스템							레이저시스템							난방시설							CO2발생기							전스마트 온실 자동화 시스템(기타)							<p>○ 대농기계 및 시설</p> <table border="1"> <tr> <th>기계명</th> <th>형태</th> <th>방제기</th> <th>선명기</th> <th>관측기</th> <th>기타()</th> </tr> <tr> <td>구입년도</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>신조기대(원)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>내용연수</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>평가상자비</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>비) 1. 온실형태는 1 유리온실, 2 곽갈문온실, 3 연동비닐, 4 단동비닐, 5 기타온실 등 * 주위기대 = 관여(저가)과(농부비밀번호), 상감(주위), 상감(저가) 등</p> <p>□ 수익성0년 기준 : 2018년</p> <p>○ 생산원형</p> <table border="1"> <tr> <th>구분</th> <th>온실형태</th> <th>대장연대(년)</th> <th>생산액(A)(원)</th> <th>수확기대(원/㎡)</th> <th>고수입(A×B)(원/㎡)</th> </tr> <tr> <td>일반온실</td> <td>비닐하우스</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>비) 1. 온실형태는 1 유리온실, 2 곽갈문온실, 3 연동비닐, 4 단동비닐, 5 기타온실 등 * 주위기대 = 관여(저가)과(농부비밀번호), 상감(주위), 상감(저가) 등</p> <p>○ 투입요소 비용</p> <table border="1"> <tr> <th rowspan="2">구분</th> <th colspan="2">스마트온실</th> <th colspan="2">일반온실(대리주)</th> <th rowspan="2">비고</th> </tr> <tr> <th>투입액</th> <th>투입비(원)</th> <th>투입액</th> <th>투입비(원)</th> </tr> <tr> <td>총요비</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>유기질비료비</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="4">무기질비료비</td> <td>소계</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>고형비료</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>액체</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>미량원소</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>기타</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		기계명	형태	방제기	선명기	관측기	기타()	구입년도						신조기대(원)						내용연수						평가상자비						구분	온실형태	대장연대(년)	생산액(A)(원)	수확기대(원/㎡)	고수입(A×B)(원/㎡)	일반온실	비닐하우스					구분	스마트온실		일반온실(대리주)		비고	투입액	투입비(원)	투입액	투입비(원)	총요비						유기질비료비						무기질비료비	소계					고형비료					액체					미량원소					기타					
대표 농가명	연령																																																																																																																																																																																																												
주소																																																																																																																																																																																																													
연락처																																																																																																																																																																																																													
과목명	재배장비																																																																																																																																																																																																												
주요종류																																																																																																																																																																																																													
과무체계	국화-경지(과 2과) 수확(과 2과 ~ 2과 ~)물																																																																																																																																																																																																												
온실형태별 개체연대	스마트온실 일반온실																																																																																																																																																																																																												
	1 유리온실, 2 곽갈문온실, 3 연동비닐, 4 단동비닐, 5 기타온실																																																																																																																																																																																																												
구분	시설형태	시설연대(년)	시설특성(비밀번호)	시설면적(㎡)	내용연수(년)	평가상자비(%)	자동화수준																																																																																																																																																																																																						
일반온실																																																																																																																																																																																																													
시설명	기준연대(년)	실제연대(년)	시설투자비(A)(원)	내용연수(B)	평가상자비 투자비(C)	비고																																																																																																																																																																																																							
계																																																																																																																																																																																																													
전조물류시스템																																																																																																																																																																																																													
감지온기장치																																																																																																																																																																																																													
환풍장치																																																																																																																																																																																																													
관개																																																																																																																																																																																																													
양액배급시스템																																																																																																																																																																																																													
레이저시스템																																																																																																																																																																																																													
난방시설																																																																																																																																																																																																													
CO2발생기																																																																																																																																																																																																													
전스마트 온실 자동화 시스템(기타)																																																																																																																																																																																																													
기계명	형태	방제기	선명기	관측기	기타()																																																																																																																																																																																																								
구입년도																																																																																																																																																																																																													
신조기대(원)																																																																																																																																																																																																													
내용연수																																																																																																																																																																																																													
평가상자비																																																																																																																																																																																																													
구분	온실형태	대장연대(년)	생산액(A)(원)	수확기대(원/㎡)	고수입(A×B)(원/㎡)																																																																																																																																																																																																								
일반온실	비닐하우스																																																																																																																																																																																																												
구분	스마트온실		일반온실(대리주)		비고																																																																																																																																																																																																								
	투입액	투입비(원)	투입액	투입비(원)																																																																																																																																																																																																									
총요비																																																																																																																																																																																																													
유기질비료비																																																																																																																																																																																																													
무기질비료비	소계																																																																																																																																																																																																												
	고형비료																																																																																																																																																																																																												
	액체																																																																																																																																																																																																												
	미량원소																																																																																																																																																																																																												
기타																																																																																																																																																																																																													

그림 1-4. 스마트팜 온실 경영분석 간이 조사표 서식

2. 스탠다드 국화 스마트팜 농가와 일반 농가의 연구과제 협력 동의서 체결

본 연구를 수행하기 위하여 절화용 스탠다드 국화를 재배하는 농가와 연구과제 협력 협약서를 체결하였다. 국화 재배농가의 개인정보 이용 동의를 포함하여 1. 국화 관련 분야의 연구정보 및 자료들을 상호 교환, 2. 국화 재배기술에 관한 정보인 국화 육모, 재배, 및 수확 후 관리 등에 관한 정보 및 자료들을 상호 교환, 3. 국화 재배시설의 제공 및 이용 동의, 4. 국화 재배 환경에 관한 정보 제공, 5. 기타사항으로 본 협약서에서 다루지 못한 사항을 쌍방 간에 우호적인 협을 통해 해결한다는 내용으로 연구과제 협력 협약서를 체결하였다.

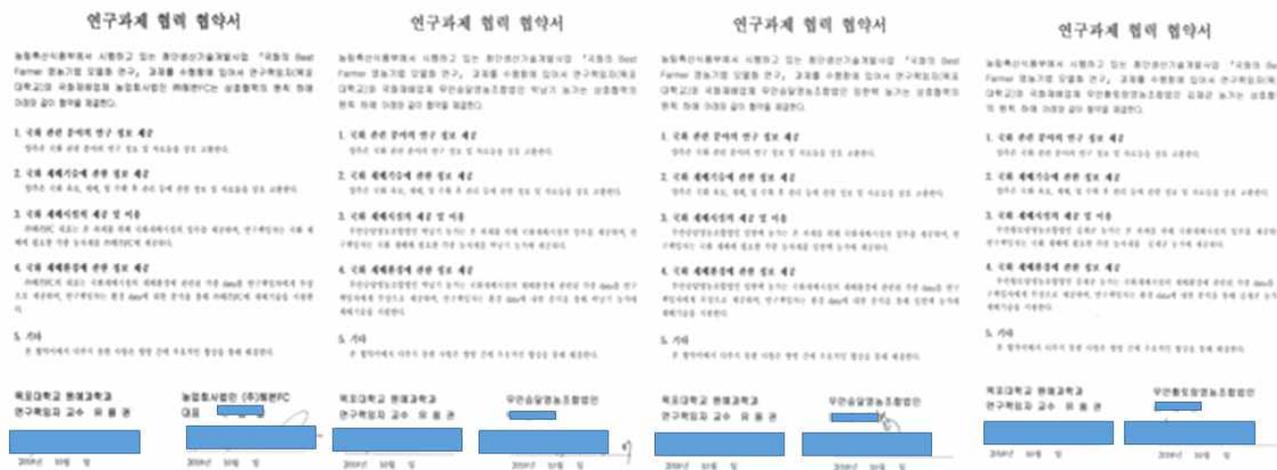


그림 1-5. 연구과제 협력 협약서

3. 절화용 스탠다드 국화 스마트팜 선도농가 선정 및 시설 현황 조사

가. 절화용 스탠다드 국화 스마트팜 선도농가 및 일반농가 선정

스마트 팜 보급 확대를 위해 ‘시설현대화 사업’, 시설원예분야 ‘ICT 융복합 확산 사업’ 등을 추진하였으나, 스마트 팜 보급농가 및 보급률은 총 1,441농가, 3% 미만으로 초기 단계의 수준이다. 특히, 국내 화훼분야 스마트 팜 농가는 190농가로 시설원예분야 스마트 팜 보급농가의 15.4%에 불과하며, 이 중 국화는 7농가로 화훼분야 스마트 팜 보급농가의 3.7%에 불과해 국화 재배농가의 스마트 팜 보급은 매우 미진한 수준이다(Kim et al., 2016). 절화류 중에서도 국화의 재배면적은 다른 절화류 보다 넓으나, 스마트팜 보급은 상당히 저조한 실정이다.

농림축산식품부, 농촌진흥청, 각 도농업기술원의 스마트 팜 농가 DB를 활용하여 스마트팜 농가를 조사하여, 스마트팜 선도농장(표본농가)과 일반농장(일반농가)을 선정하였다. 국내에서 재배되고 있는 절화용 스탠다드 국화 품종은 ‘백마’, ‘신마’, ‘백선’ 등이 있는데, 본 연구에서는 가장 재배면적이 넓으면서 수출을 많이 하고 있는 ‘백마’와 ‘신마’ 품종을 선택하여 농가를 선정하였다. 스마트팜 선도 농가는 2018년 기준 네덜란드 PRIVA사의 복합환경제어 프로그램을 도입하여 사용 중인 전라북도 전주시 소재의 헤븐FC(대표 국○○)의 유리온실과 그린CS회사의 복합환경제어시스템 ‘마그마’ 제품을 도입하여 핸드폰 원격시스템을 사용 중인 전라남도 무안군 소재의 희망농장(대표 박○○)의 플라스틱 비닐온실로 선정하였다. 일반

농가는 전라남도 무안군 소재의 무안승달영농조합법인 회원 농가와 전남 해남군 국화 작목반 회원 농가를 선정하였다.

본 연구에서 스마트팜의 선정은 국화 스마트팜 보급 농가가 많지 않고, 대부분 재배 하우스의 규모가 2,000평 이상 대규모인데 비해, 일반 관행농가는 재배면적이 소규모이었다. 따라서 스마트팜과 일반 관행농가 간의 국화 정식 주수, 농자재 구매단가, 기타 경영비의 차이가 있음에도 불구하고, 이를 고려하지 않고 분석하였다는 제한 사항이 있음을 밝혀둔다.



그림 1-6. 스마트 팜 농가의 환경 컨트롤러와 환경 모니터링 및 원격제어장치.

나. 절화용 스탠다드 국화 스마트팜 농가와 일반농가 현황 조사

2018년 11월 ~ 2018년 12월까지 선정된 스마트팜 선도농가 2농가와 일반 2농가를 방문하여 사전에 영농기법 DB화 조사기준 설정에서 작성된 국화 농가 조사 분석표(연구기관 공동)와 스마트팜 온실 경영분석 간이 조사표를 바탕으로 운영 현황조사를 실시하였다. 조사항목은 농가정보, 시설정보, 재배정보, 스마트팜 시스템정보, 경영정보 등이었다.

1) 스탠다드 국화 스마트팜 농가의 시설, 재배 및 스마트 시스템 정보

가) 스마트팜 A

스마트팜 A(전북 전주 헤븐FC)는 국화재배 26년의 재배경력으로 2013년에 설치된 9,372㎡ 규모의 유리온실로 공기열 히트펌프로 난방을 실시하고 있었으며, 냉방장치는 없었다. 3겹의 보온커튼과 1겹의 차광커튼이 있었으며, 천창은 개폐가 되었으나, 측창은 개방할 수 없는 구조이었다. 그 외에 양액재배시스템, 병충해 방제기, 환기팬, 제습기, 전조시설, 저장고 등의 시설이 있었다. 재배하고 있는 절화 국화 품종은 예름에는 ‘백마’, 겨울에는 스프레이 국화이었으며, 3.3㎡당 150주를 펄라이트경 양액재배 방식으로 재배하고 있었다. 연간 절화 국화를 3.3기작 재배하고 있었고, 예냉으로 저온처리를 실시하고 있었으며, 3℃에서 저장하며, 출하는 서울 aT 화훼공판장으로 출하하며, 일본으로 수출하고 있었다. 네덜란드 PRIVA사의 복합환경제어프로그램을 도입하여 천창 개폐, 차광커튼과 보온커튼의 제어를 위한 채널들이 4개씩 있었으며, 광량, 온도, 습도, CO₂, 풍속, 강우, 양액 pH와 EC 측정을 위한 센서들을 갖추어 자동 제어하고 있었으며, 실시간으로 컴퓨터와 휴대전화 어플리케이션을 이용하여 온실을 관리하고

있었다(표 1-2).



스마트 시스템 CCTV모니터링



스마트 제어 시스템

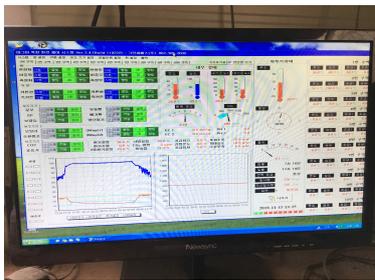


복합환경 제어부

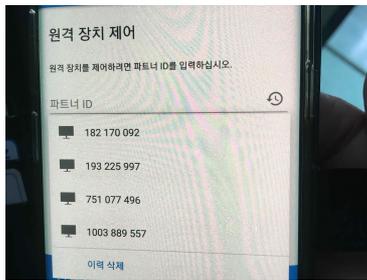
그림 1-7. 스탠다드 국화 스마트 팜 선도농가(A농가)

나) 스마트팜 B

스마트팜 B(전남 무안 희망농장)는 국화재배 24년의 재배경력으로 2008년에 설치된 3,300㎡ 규모의 비닐하우스로 온풍난방기로 난방을 실시하고 있었으며, 2겹의 보온스크린과 2겹의 차광커튼이 있었다. 시설 중에서 관행농가와와의 차이점은 양액재배시스템과 병충해 방제기를 갖추고 있다는 점이였다. 주로 스탠다드 절화 국화 '백마'와 '신마'를 3.3㎡당 150주를 정식하여 양액재배 방식으로 재배하고 있었다. 1년에 절화 국화를 2.5기작 재배하고 있었고, 저온처리를 실시하여 예냉하고 있었으며, 절화를 3℃에서 저장하고 있었다. 수확한 절화 국화의 대부분은 서울 aT 화훼공판장으로 출하하고 있었고, 일부 절화를 일본으로 수출하고 있었다. 천창과 측창 개폐, 차광커튼과 보온스크린의 제어를 위한 채널들이 1~2개씩 있었으며, 광량, 온도, 습도, CO₂, 풍속, 강우, 양액 pH와 EC 측정을 위한 센서들을 갖추어 그린CS회사의 마그마 제품을 이용하여 자동제어하고 있었으며, 실시간으로 컴퓨터와 휴대전화 어플리케이션을 이용하여 온실을 관리하고 있었다(표 1-2).



스마트 제어 시스템



스마트 제어 핸드폰 원격 연결



복합환경제어 시스템

그림 1-8. 스탠다드 국화 스마트 팜 선도농가(B농가)

2) 스탠다드 국화 일반 농가의 시설, 재배 및 스마트 시스템 정보

가) 일반농가 A

일반농가 A(전남 무안 무안승달영농조합법인 임○○ 농가)는 국화재배 18년의 재배경력으로 2004년에 설치된 1,157㎡ 규모의 비닐하우스에 온풍기로 난방을 하고, 보온커튼은 2

결과 차광커튼이 1겹이 있었다. 환기팬, 제습기, 전조시설, 저장고 등의 시설을 갖추고 있었다. 주로 스탠다드 절화 국화 ‘신마’를 3.3㎡당 180주를 정식하여 토경 방식으로 재배하고 있었다. 1년에 1작기로 절화 국화를 재배하고 있었고, 절화를 수확한 후 예냉을 실시하지 않았으며, 4℃ 조건에서 저장하며, 출하는 주로 서울 aT 화훼공판장으로 출하하고 있었다. 천창과 측창 개폐, 보온스크린과 차광커튼의 제어를 수동으로 작동하고 있었으며, 환경 측정용 센서와 관비 재배용 pH와 EC 센서들도 전혀 없었다(표 1-2).



환경제어 판넬



난방기



제습기

그림 1-9. 스탠다드 국화 일반농가(A농가)

나) 일반농가 B

일반농가 B(전남 무안 광일농장 대표 박○○)는 국화재배 21년의 재배경력으로 2012년에 설치된 1,155㎡ 규모의 비닐하우스에 온풍기로 난방을 하고, 라디에이터를 이용하여 지하수 순환 방법(자체 제작)으로 냉방을 실시하고 있었다. 보온커튼은 없었고, 차광커튼이 1겹이 있었으며, 환기팬, 제습기, 전조시설, 저장고 등의 시설을 갖추고 있었다(표 1-2). 재배하고 있는 절화 국화는 스탠다드 ‘백마’ (여름철)와 스프레이 국화이었으며, 재식주수는 3.3㎡당 150주를 토경 방식으로 재배하고 있었다. 년간 절화 국화를 1.5기작 재배하고 있었고, 절화를 수확 후 예냉으로 저온처리를 실시하고 있었으며, 선별은 내수용은 80cm/50g기준으로 관리하고 있었으며, 박스당 국화 240본을 담고 있었으며, 박스내 건식의 방법으로 저온저장고 3℃ 저장하며, 출하는 서울 aT화훼공판장과 광주원협 경매장으로 출하하고 있었다. 또한 천창과 측창 개폐, 차광커튼의 제어를 위한 채널들이 1개씩 있었으며, 환경 측정용 센서와 관비재배용 pH와 EC 센서들도 전혀 없었고, 모든 시스템들을 수동으로 작동하고 있었다.

표 1-2. 스탠다드 국화 농가 일반, 시설, 재배, 및 스마트 시설 정보 비교

항목		스마트팜		일반농가		
		A	B	A	B	
I. 농가 정보	1. 농가명	해븐FC	희망농장	승달영농조합법인 농가	광일농장	
	2. 농장주소	전북 전주시	전남 무안군	전남 무안군	전남 무안군	
	3. 농장주 성명	국○○	박○○	임○○	박○○	
	4. 성별/나이	50대	60대	70대	50대	
	5. 재배경력	26년	24년	18년	21년	
	6. 참여 인력	본인 외 2.5명, 외국인 인력 1명	본인, 외국인 인력 1명	본인 외 가족 1명	본인 외 가족 2명	
	7. 기타사항	-	-	-	-	
II. 시설 정보	1. 시설유형	유리온실	PE필름 하우스	PE필름 하우스	PE필름 하우스	
	2. 연동유무	연동	연동	연동	연동	
	3. 설치	시기	2013년	2008년	2004년	2012년
		면적	9,372㎡	3,300㎡	1,157㎡	1,155㎡
	4. 난방 방식	열원	공기열	공기열	등유	등유
		방식	히트펌프	히트펌프	온풍기	온풍기
	5. 난방 방식	X	X	X	지하수 순환식 (라지에이터)	
	6. 차광용 스크린	3겹	2겹	2겹	-	
	7. 보온용 스크린	1겹	2겹	1겹	1겹	
	8. 천창 개방성	O	O	O	○	
	9. 측창 개방성	X	O	O	○	
	10. 기타시설 /장비 목록	지상	양액조절장치, 탄산시비장치, 방제기, 환기팬, 제습기, 전조시설	양액조절장치, 전조시설, 방제기, 환기팬, 제습기	관비기, 환기팬, 제습기, 전조시설	환기팬, 제습기, 전조시설, 고압분무기
		지하	-	-	-	-
수확 후관리		저온저장고, 결속기, 예냉장치	저온저장고, 결속기, 선별기	저온저장고, 결속기	저온저장고, 결속기	

항목		스마트팜		일반농가		
		A	B	A	B	
Ⅲ. 재배정보	1. 품종	품종수	2	2	1	2
		품종명	백마(여름), 스프레이 국화 (겨울)	백마, 신마	신마	백마, 스프레이국화
		재식주수 /㎡	150/3.3㎡	150/3.3㎡	180/3.3㎡	150/3.3㎡
		품종선택 기준	수량, 화색, 빠른생장, 기타 (소비자선호도)	스탠다드 위주	스탠다드 위주	-
	2. 재배방식	양액재배	양액재배	토경	토경	
	3. 배지 종류(양액재배시)	펄라이트	펄라이트	-	-	
	4. 연간 재배횟수(기작)	3.3기작	2.5기작	1.5기작	1.5기작	
	5. 수확 방식	시간	오전	오전	하루종일	하루종일
		단계	수출용: 3단계 내수용: 5단계	수출용: 3단계 내수용: 5단계	내수용: 5단계	내수용 : 5단계
	6. 수확 후 관리	전처리	수명연장제+물올림	수명연장제+물올림	물올림	물올림
		예냉처리	저온저장고	저온저장고	X	저온저장고
		선별기준	-수출용 2L (90cm/70g) L (90cm/60g) M (80cm/50g) S (80cm/40g)	-수출용 2L (90cm/70g) L (90cm/60g) M (80cm/50g) S (80cm/40g)	-내수용 80cm/50g	-내수용 80cm/50g
			-내수용 80cm/50g	-내수용 80cm/50g		
			습식유통	X	X	X
	7. 포장	박스크기	가로 30 × 세로35 × 폭 97cm	가로 30 × 세로35 × 폭 97cm	가로 30 × 세로35 × 폭 97cm	가로 30 × 세로35 × 폭 97cm
		박스당 갯수	-수출용: L (100본), S·M (200본) -내수용: 200본	-수출용: L (100본), S·M (200본) -내수용: 240본	-내수용: 240본	-내수용: 240본
		포장지	-수출용: 유산지 -내수용: 신문지	-수출용: 유산지 -내수용: 신문지	-내수용: 신문지	-내수용: 신문지
	8. 저장 방법	방법	박스 내 건식	박스 내 건식	박스 내 건식	박스 내 건식
		온도	3 ℃	3 ℃	4 ℃	3℃
9. 출하	국내	경매장(서울)	경매장(서울)	경매장(서울)	경매장(서울, 광주)	
	국외	도·소매업체	도·소매업체	-	-	
	비율	스프레이 → 100% 내수 스탠다드 → 60% 수출, 40% 내수	50% 수출, 50% 내수	내수 100%	내수 100%	
10. 수출	수출국	일본	일본	-	-	
	수송방법	배	배	-	-	
	수송환경	저온수송	저온수송	-	-	
	수출 가격/주	평균 350원	평균 300원	-	-	

항목		스마트팜		일반농가			
		A	B	A	C		
IV. 스마트팜 시스템 정보	1. 제어부 (채널 수)	천창	4채널	2채널	1채널	1채널	
		측창	-	2채널	2채널	1채널	
		보온커튼	4채널	2채널	2중	1채널	
		차광막	4채널	1채널	1채널	-	
		전조등	1채널	1채널	X	1채널	
		환기팬	4채널	1채널	X	-	
	2. 센서부	내부	광량	X	X	X	X
			온도 (지상)	O	O	X	X
			온도 (배지)	X	X	X	X
			습도	O	O	O	X
			CO ₂	O	O	X	X
			양액 pH	O	O	X	X
			양액 EC	O	O	X	X
		외부	광	O	O	X	X
			온도	O	O	X	X
			습도	X	X	X	X
	풍속		O	O	X	X	
	강우		O	O	X	X	
	3. 양액 조절 장치	원수	지하수+수돗물	지하수	지하수	지하수	
		처방기준	유	유	X	X	
		처방적성	일본 양액기준	기타(순천대)	X	X	
급액 회수		계절별 날씨에 맞게 공급	계절별 날씨에 맞게 공급	X	X		
급액량		계절별 날씨에 맞게 공급	계절별 날씨에 맞게 공급	X	X		
공급농도 (pH,EC)		pH: 5.5, EC: 1.4-1.7	pH: 5.6, EC: 1.4-1.7	X	X		
제어방식		자동	자동 (시간기반:작동횟수, 센서기반: EC센서)	X	X		
4. CO ₂ 시비 장치	처리농도	-	X	X	X		
	시비시기	-	X	X	X		

4. 국화 스마트팜 관련 SNS 밴드 구성

SNS 밴드를 활용을 통한 농가, 스마트 팜 업체, 정부기관, 대학 내 전무가 협력 네트워크를 형성하기 위하여, 네이버 밴드 서비스를 이용하여 2018년 10월 6일 『국화 스마트팜』 모임을 개설하였다. ‘국화 스마트팜’ SNS 밴드를 활용을 통한 국화 재배 농가의 기사 정보 공유 및 재배기술을 공유하였다.



그림 1-10. 국화 스마트팜 SNS 밴드 자료 공유

5. 결론

한국은 네덜란드와는 달리 90% 이상이 플라스틱 온실이며, 유리온실에 비해 내구성이나 생산성이 낮아 ICT 융합기술의 적용, 확대 및 보급이 어렵다고 하였다(Yeo et al., 2016). 그러나 본 연구에서의 스마트팜은 PE 필름 플라스틱 온실로서 ICT를 활용하여 재배하고 있어서 플라스틱 온실에서 스마트팜 구현이 가능함을 알 수 있었다. 절화장미를 재배하고 있는 스마트팜인 경우에도 플라스틱 온실로서 광량과 온도와 같은 환경을 자동으로 제어할 수 있는 시스템을 갖추고 있었다고 하였다(Choi et al., 2019). 이와 같이 비닐하우스 위주의 국내 시설원에 산업 특성에 적합하게 정부에서는 규모가 큰 비닐하우스에 자동화설비를 설치하여 생산성과 품질을 향상시킬 수 있는 한국형 스마트온실 모델을 개발하고 있다(Yoon et al., 2017). 본 연구에서의 스마트팜은 1세대 스마트 온실로써 원격관리에 의한 농가의 편의성 향상을 목적으로 보급되었다. 그리고 2세대 스마트팜은 작물별로 생육모델을 개발하여 환경요인의 변화에 따라 작물의 생육상태를 진단, 예측을 통해 생육관리를 최적화하고, 식물의 생육상태와 생체정보를 자동으로 측정, 분석하여 정밀한 생산관리 조건을 도출함으로써 생산성을 향상시키는 것을 목적으로 하고 있다(Yoon et al., 2017). 따라서 기존의 절화 국화를 재배하고 있는 관행농가에 1세대와 2세대 스마트팜을 확대 보급한다면, 농작업의 편의성과 노동력 절감뿐만 아니라 절화 생산성과 품질 향상에 크게 기여할 것으로 판단되었다.

제 2 절 절화용 스탠다드 국화 스마트팜 선도농가 영농기법 DB 분석 및 기술 검증

1. 스탠다드 국화 ‘신마’ 의 영농기법 DB 분석 및 기술검증

가. 연구 방법

1) 농가 선정

절화 국화 ‘신마’ 를 재배하는 농가 중에서 전라남도 무안군 일로읍의 비닐하우스에서 재배하는 농가를 관행농가로, 무안군 무안읍의 비닐하우스에서 재배하는 농가를 스마트팜으로 선정하였다.

2) 관행농가와 스마트팜의 재배환경 분석

관행농가와 스마트팜의 재배환경을 분석하고자 절화 국화 ‘신마’ 를 정식 일부터 수확 일까지 WatchDog 1650 Micro Station Data Logger(Spectrum Technologies Inc., USA)로 온도와 습도는 내장 센서를, 일사량은 LightScout® Silicon Pyranometer 센서를, 토양수분과 EC는 WaterScout® SMEC 300 센서를 이용하여 30분 간격으로 측정하였다.



그림 1-11. 재배환경 분석을 위한 데이터 로그 설치 모습(좌)과 데이터 수집 및 분석(우)

3) 관행농가와 스마트팜의 절화 재배 방법과 생육조사

절화 국화 ‘신마’ 의 삼목 발근묘(초장 7cm, 엽수 5장)를 관행농가는 10월 15일에 3.3㎡당 180주를, 스마트팜은 10월 10일에 3.3㎡당 150주를 정식하였다. 정식 후 야간 전조, 소등 처리, 재전조, daminozide 처리 등의 재배방법을 조사하였다. 개화기에 절화를 반복당 100주씩 3반복으로 수확한 후 절화장, 엽수, 줄기직경, 꽃목길이, 화폭, 절화중, 수확까지 일수 등을 측정하였다.

4) 재배환경과 절화생육과의 상관관계 분석

절화 국화 ‘신마’ 의 지상부 재배환경(온도, 광량, 습도, VPD)과 지하부 생육환경(토양수분과 EC)와 절화생육과의 상관관계를 조사하여 분석하였다.

5) 관행농가와 스마트팜의 기술 검증 및 경영성과 분석

관행농가와 스마트팜의 재배방법과 재배환경의 차이점을 분석하여 기술 검증을 실시하였다. 또한 이런 기술적 차이에 따른 관행농가와 스마트팜의 경영성과를 분석하고자 농촌진흥청에서 사용하고 있는 간이 경영성과분석요령을 참고하여 2018년 기준 총 경영성과를 조사하였다(RDA, 2015). 조사는 농가 대표자와 면담 형식으로 진행하였고, 조사항목은 시설투자비(재배시설 및 스마트 자동화시설 설치비), 생산량과 수취가격, 종묘비, 비료비, 농약비, 광열동력, 수리비(水利費), 재료비, 수리유지비, 고용 및 자가노동비 등이었으며, 순이익을 계산하였다.

나. 연구결과

1) 관행농가와 스마트팜의 재배방법 비교

스탠다드 절화 국화 ‘신마’ 관행농가와 스마트팜의 재배방법을 비교해 보면, 삼목 발근묘를 관행농가는 10월 15일에 3.3㎡당 180주를, 스마트팜은 10월 10일에 3.3㎡당 150주를 정식하여 관행농가에서 더 밀식하고 있었다. 두 농가 모두 억제재배 작형으로 화아분화를 억제하기 위해 정식 후부터 관행농가는 야간에 4시간, 스마트팜은 5시간 30분간 전조하였다(표 1-3). 이후 화아분화를 유도하기 위해 관행농가는 12월 15일에 소등하여 영양생장기간이 61일이었으며, 스마트팜은 11월 17일에 소등하여 영양생장기간이 38일로 나타나 관행농가에서 23일 더 길었다. 일반적으로 절화 국화 ‘신마’의 억제재배에서 영양생장기간은 34~52일 정도인데(Roh and Yoo, 2010; Choi et al., 2012), 관행농가의 경우 영양생장기간이 너무 길었던 것으로 판단되었다.

Table 1-3. Cultural method of conventional farm and smart farm in *Chrysanthemum morifolium* ‘Jinba’

Farm	Planting method		Lighting time	Date of short-day treatment	Relighting		Daminozide treatment		Harvesting date
	Planting date	Plating density			Date	Times and period	Concentration (mgL ⁻¹)	Times	
Conventional farm	15 October	180 plants per 3.3m ²	22:00~02:00	15 December	23 December	4 hrs for 5 days	400~800	2	12 February
Smart farm	10 October	150 plants per 3.3m ²	21:00~02:30	17 November	2 December	4 hrs for 5 days	800~1000	2	13 January

추국이나 하추국은 소등 12~15일 후에 5~6일 동안 재전조함으로써 설상화가 감소하는 노심현상을 억제할 수 있는데(Yoo et al., 2009; Pak et al., 2018), 본 연구에서 관행농가는 소등 후 8일째부터 5일 동안 야간에 4시간을, 스마트팜은 소등 후 15일째에 5일 동안 야간에 4시간 재전조하였다. 일반적으로 소등 12~15일 후에는 총포형성기에서 소화형성기에 도달하게 되는데, 관행농가의 경우 재전조를 총포형성기에 도달하지 않은 소등 후 8일째에 실시함으로써 설상화수가 감소할 것으로 판단되었다. 국화 ‘신마’ 재배에서 daminozide는 꽃목 신장 억제를 위해 처리하는데, 관행농가에서는 400~800mgL⁻¹으로 2회, 스마트팜은 800~ 1,000mgL⁻¹으로 2회

처리하였다. 스탠다드 절화국화 ‘백마’의 경우에는 단일처리 후 daminozide를 800mgL⁻¹배액으로 2회 처리시 효과적이라고 하였는데(Yoo and Roh, 2011), 본 연구에서 관행농가가 스마트팜보다 daminozide의 처리농도가 조금 높은 것으로 나타났다. 절화는 관행농가에서 2월 12일에, 스마트팜은 1월 13일에 수확하였는데, 관행농가에서 수확일이 25일 더 지연되었다.

2) 관행농가와 스마트팜의 재배환경 분석

스탠다드 절화 국화 ‘신마’ 관행농가와 스마트팜의 재배기간 중 시설 내의 일일 주간과 야간의 평균 온도는 Fig 1-12.에 나타나 있다. 주간 온도는 관행농가와 스마트팜의 경우 각각 평균 19.0℃와 20.2℃였으며, 주간 평균온도의 범위는 각각 12.5~25.6℃와 11.7~24.7℃로 관리되고 있었다(Table 1-4). 이와 같이 스마트팜과 관행농가는 주간과 야간 평균온도의 차이가 거의 없었다. 그러나 소등 후부터 20일 간의 화아분화기의 야간 평균온도가 관행농가는 17.7℃, 스마트팜은 22.2℃로 나타났다. ‘신마’의 경우 화아분화 적온은 야간 20~23℃로, 적온보다 온도가 낮을수록 화아분화가 늦어진다(Kim et al., 2000). 따라서 관행농가에서는 화아분화 적온보다 낮게 관리함에 따라 화아분화가 지연되었으며, 이에 따라 수확일도 스마트팜보다 25일이 지연된 것으로 분석되었다. 스탠다드 절화 국화 ‘신마’ 관행농가와 스마트팜의 재배기간 중 시설 내의 주간과 야간의 평균 상대습도는 Fig. 1-13에 나타나 있다. 시설 내 상대습도는 관행농가와 스마트팜에서 각각 주간 평균 68.9%와 71.1%, 야간 평균 80.4%와 84.1%로 비슷하게 관리하고 있었다(Table 1-4). 일사량은 관행농가와 스마트팜에서 각각 평균 2,399와 2,112W.㎡로 큰 차이가 없었다(Fig. 1-14, Table 1-4).

Table 1-4. Temperature, relative humidity, and solar radiation of greenhouse in conventional and smart farm of *Chrysanthemum morifolium* ‘Jinba’

Farm	Temperature (°C)				Relative humidity (%)				Solar radiation (W m ²)	
	Day		Night		Day		Night		Range	Mean
	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean		
Conventional farm	12.9~27.2	19.0	12.5~25.6	18.0	52.0~89.2	68.9	73.0~89.6	80.4	233~4805	2399
Smart farm	9.6~28.0	20.2	11.7~24.7	17.8	54.9~95.3	71.1	71.9~95.5	84.1	211~4013	2112

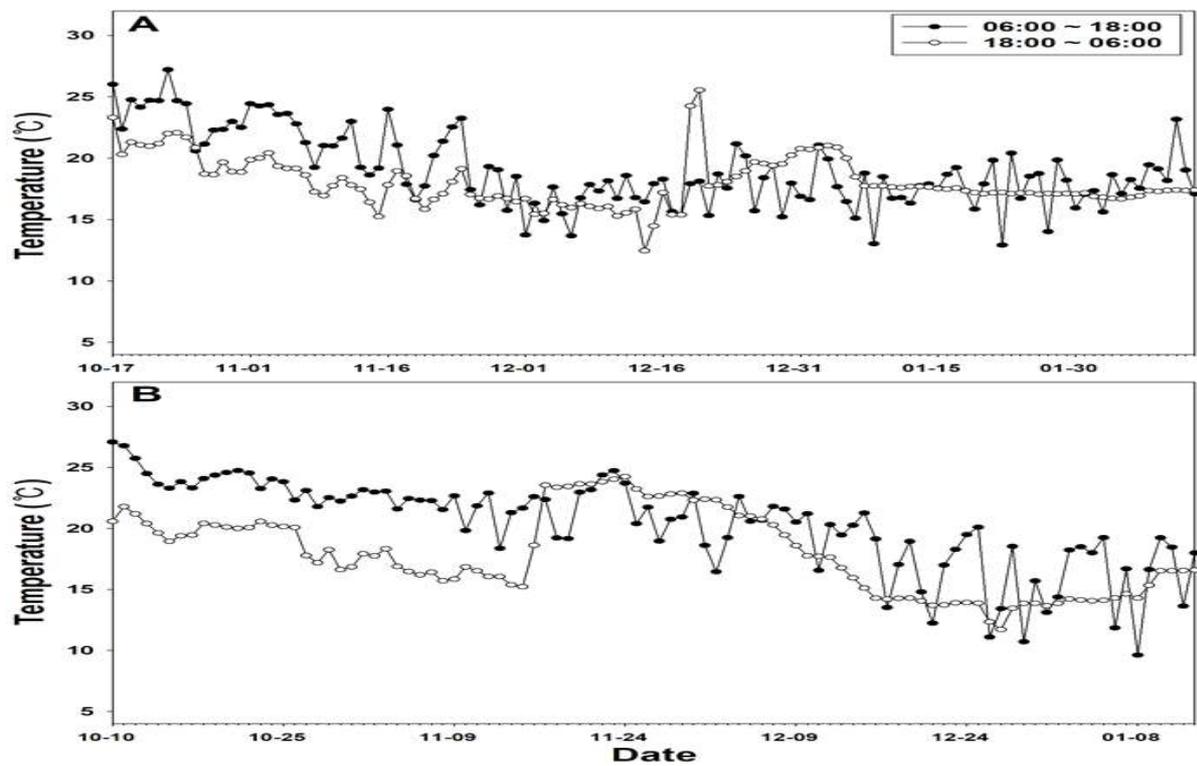


Fig. 1-12. Comparison of temperature during cultivation period in greenhouse of conventional (A) and smart farm (B) of *Chrysanthemum morifolium* 'Jinba'

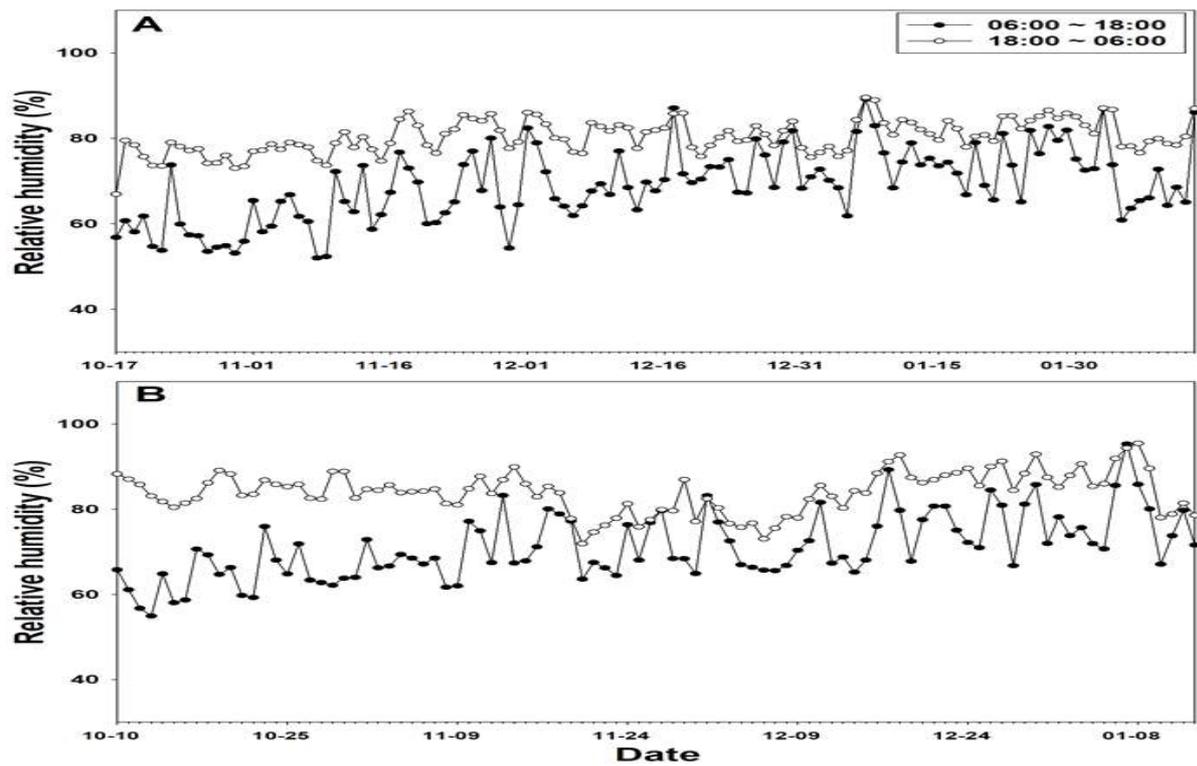


Fig. 1-13. Comparison of relative humidity during cultivation period in greenhouse of conventional (A) and smart farm (B) of *Chrysanthemum morifolium* 'Jinba'

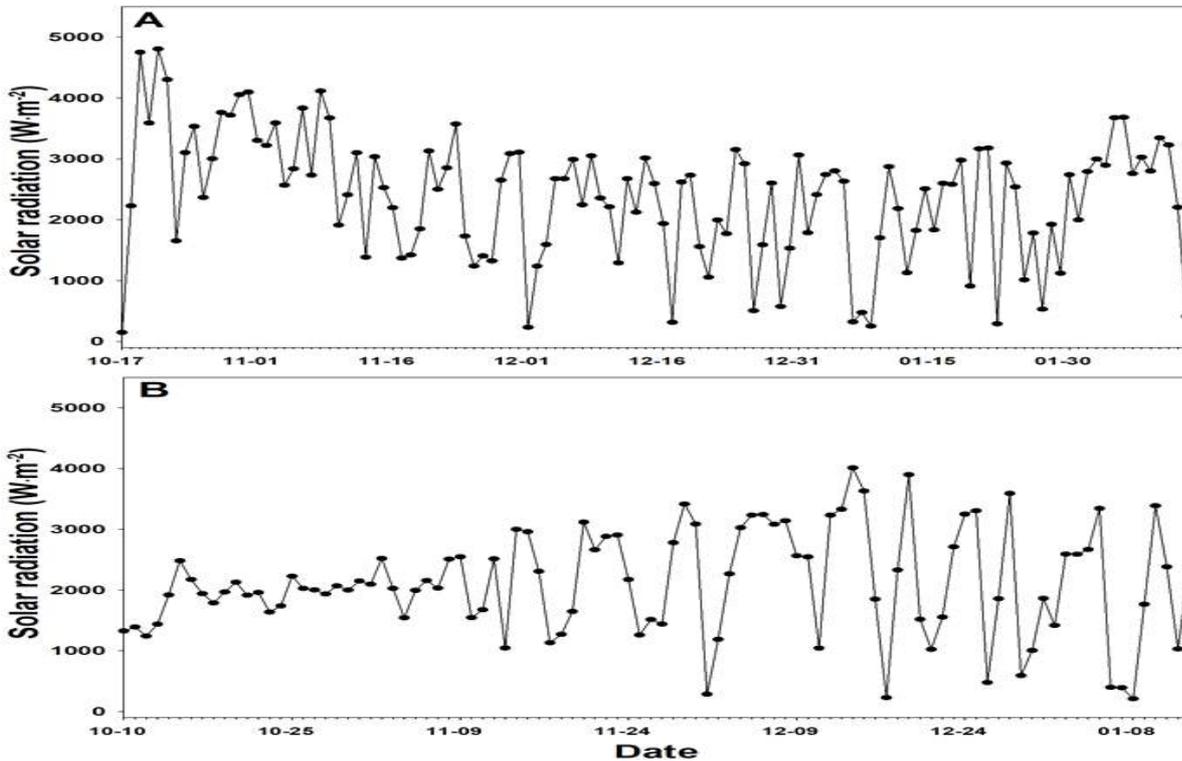


Fig. 1-14. Comparison of solar radiation during cultivation period in greenhouse of conventional (A) and smart farm (B) of *Chrysanthemum morifolium* 'Jinba'

스탠다드 절화 국화 '신마' 관행농가와 스마트팜의 재배기간 중 주간과 야간의 평균 토양수분함량 변화는 Fig. 1-15에 나타나 있다. 관행농가에서의 일일 평균 토양 수분함량은 주간과 야간에 각각 34.1%와 34.0%로 나타나 전반적으로 과습하게 관리되고 있었다(Fig. 1-15A, Table 1-5). 특히 재배자의 경험에 의한 판단과 수동으로 수분관리가 행해짐에 따라 생육초기에는 40~43%로 과습하게 관리되고 있었고, 정식 한 달 후에는 19~28%로 낮게 나타났고, 이후에는 30~41%로 관리하는 것으로 나타났다. 스마트팜에서는 화아분화가 거의 완료되는 12월 12일까지 주간 21~27%, 야간 19~23%로 관리하다 이후에는 주간 35%, 야간 30%까지 천천히 높여서 토양수분을 관리하고 있었다(Fig. 1-15B). 절화 국화 '수방력'의 경우에도 단일처리 전에는 2일 1회 관수하는 것이 적절하지만, 단일처리 후에는 1일 1~2회 관수하여 토양수분함량이 높았을 때 생육이 좋았다고 하였다(Yoo and Kim, 2004). 화아분화기 이후에 토양 수분함량을 높여주는 이유는 화아분화 이후 꽃과 잎의 발달에 따라 수분이 많이 필요하기 때문인 것으로 판단되었다.

Table 1-5. Soil moisture and EC of greenhouse in conventional farm and smart farm in *Chrysanthemum morifolium* 'Jinba'

Farm	Soil moisture (% VMC)		Soil EC (dS · m ⁻¹)	
	Day mean	Night mean	Day mean	Night mean
Conventional farm	34.1	34.0	0.8	0.8
Smart farm	26.5	23.7	1.1	1.1

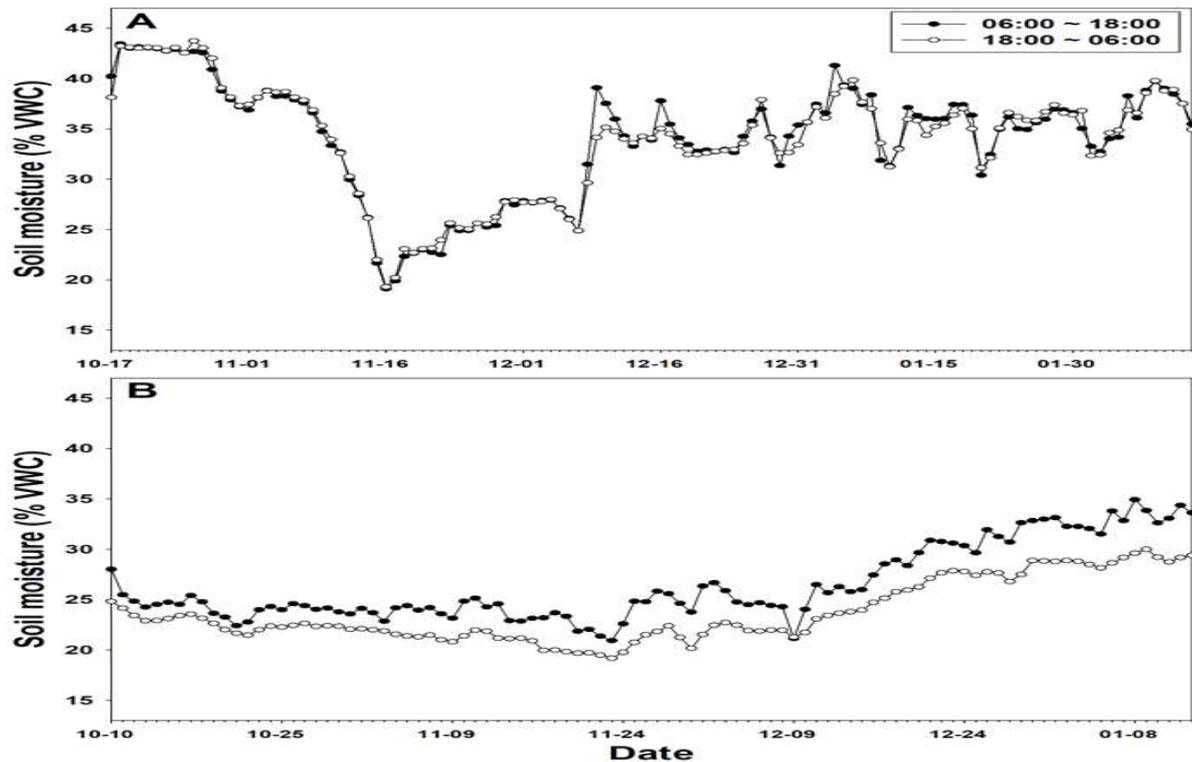


Fig. 1-15. Comparison of soil moisture during cultivation period in greenhouse of conventional (A) and smart farm (B) of *Chrysanthemum morifolium* 'Jinba'

스탠다드 절화 국화 '신마' 관행농가와 스마트팜의 재배기간 중 토양 EC는 토양수분 함량과 유사한 경향을 보여 주었는데, 이는 관비량이 많아짐에 따라 토양수분 함량이 증가와 더불어 EC가 증가되었기 때문인것으로 판단되었다. 토양 EC는 정식 후 $1.8\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 를 유지하다 이후 한 달 동안 $0.3\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 까지 낮아졌고, 이후 정식 두 달 후에 $1.4\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 까지 증가하였고, 이후 지속적으로 감소하는 경향을 보여주었다(Fig. 1-16A). 재배기간 동안의 주간과 야간의 평균 토양 EC는 $0.8\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 조사되었다(Table 1-5). 스마트팜은 계절과 날씨에 따라 양액 급액 횟수와 급액량을 조절하면서 펄라이트 배지경을 이용한 양액재배를 실시하고 있었으며, EC $1.4\sim 1.7\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 의 양액을 공급하고 있었다. 토양 EC는 화아분화 이전까지 $0.8\sim 1.3\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 범위에서 관리되었고, 이후 수확 시까지 $1.6\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 높여서 관리하고 있었다. 재배기간 동안의 주간과 야간의 평균 토양 EC는 $1.1\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 조사되었다. 절화 국화 '봉황(Bongwhang)'은 양액재배시 EC $1.5\sim 2.2\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 범위에서 처리시 생육과 광합성량이 가장 좋았다고 하였고(Hahn et al., 2000), '신마' 관비재배에서 EC $1.2\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 조건으로 처리하는 것이 절화무게와 꽃의 생육이 가장 좋았다고 하였다(Roh, 2013). 따라서 스마트팜은 '신마'의 생육에 적합한 토양 EC 농도를 유지하고 있었으나, 관행농가는 상대적으로 EC를 낮게 관리함에 따라 양분이 부족하여 생육이 저조할 것으로 판단되었다.

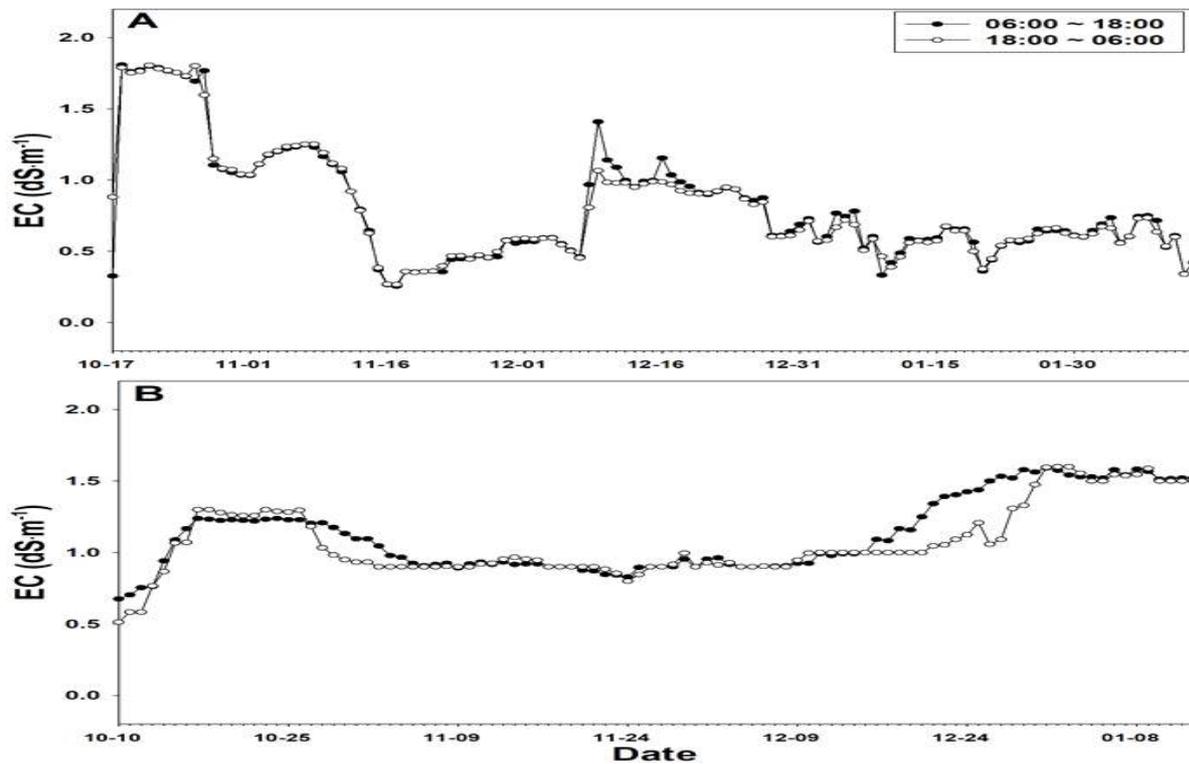


Fig. 1-16. Comparison of soil EC during cultivation period in greenhouse of conventional (A) and smart farm (B) of *Chrysanthemum morifolium* 'Jinba'

3) 관행농가와 스마트팜의 절화 생육 비교

스탠다드 절화 국화 '신마'의 관행농가와 스마트팜 농가에서 재배한 절화를 수확하여 생육을 조사하였는데, 절화장은 관행농가의 87.7cm보다 스마트팜에서 103.1cm로 더 길었으며, 엽수도 스마트팜에서 4.2개 더 많았다(Table 1-6). 화폭도 관행농가의 9.4cm보다 스마트팜에서 11.1cm로 더 길었으며, 생체중도 관행농가보다 스마트팜에서 30.2g 더 무거웠다. 또한 정식부터 수확 일까지 일수는 관행농가가 120일, 스마트팜은 95일로 나타나 관행농가에서 35일이 더 길었다. 이러한 현상은 관행농가보다 스마트팜에서 화아분화기의 야간온도를 20~23℃로 높여 관리함으로써 일시에 화아분화를 유도하여 재배기간이 단축되었고, 국화 '신마'의 생육에 적합하게 토양수분 및 EC를 관리하였기 때문에 고품질의 절화를 생산할 수 있었을 것으로 판단되었다.

Table 1-6. Growth of cut flower cultured in conventional farm and smart farm in *Chrysanthemum morifolium* 'Jinba'

Farm	Length of cut flower (cm)	Number of leaves (ea)	Stem diameter (mm)	Length of flower neck (cm)	Flower diameter (cm)	Fresh weight (g)	Days to harvesting
Conventional farm	87.7	48.3	6.3	2.1	9.4	65.4	120
Smart farm	103.1	52.5	6.7	2.4	11.1	95.6	95
Significance	**	*	ns	ns	*	**	**

ns, *, ** Non-significant or significant by t-test at $p=0.05$ or 0.01 , respectively.

4) 재배환경과 절화생육과의 상관관계 분석

스탠다드 국화 ‘신마’의 스마트팜 농가와 관행농가의 재배환경에서 지상부 재배환경으로 1일 일사량의 최고, 최저, 평균과 온도(영양생장기, 화아분화기, 생식생장기), 습도, VPD를 주·야간의 최고, 최저, 평균을 가지고 절화 품질(절화장, 엽수, 생체중)과의 상관관계를 분석한 결과는 표 1-7과 같다. 재배환경 온도와 절화품질과 상관관계는 화아분화기의 주간 평균온도와 화폭과의 1.000의 아주강한 양의 상관관계를 보였고, 생식생장기에서 주간 최고온도와 최저온도에서 각각 0.999, -0.999로 최고온도는 아주강한 양의 상관관계를 최저온도는 아주강한 음의 상관관계로 유의성이 있는 것을 분석되었다. 생체중과의 관계에서는 생식생장기의 야간평균온도가 -0.999로 아주강한 음의 상관관계로 유의성이 있는 것으로 분석되었다. 일사량과의 관계에서는 일사량 최고와 화폭과의 -0.998로 아주 강한 음의 상관관계를 보였다. 습도와 절화품질과 상관관계는 주간 최저와 0.999로 아주 강한 양의 상관관계를 보였으며, 야간 VPD 최고와 화폭과의 -1.000으로 아주 강한 음의 관계를 야간 VPD 평균과는 엽수와 -1.000으로 아주 강한 음의 관계를 보였다.

스탠다드 국화 ‘신마’의 스마트팜 농가와 관행농가의 재배환경에서 지하부 재배환경요인인 토양수분과 토양 EC의 최고, 최저, 평균을 가지고 절화품질과 상관관계를 분석한 결과 표 1-8과 같다. 토양수분과 절화품질과의 상관관계는 절화장의 유의성이 없었으며, 엽수는 야간 토양수분 최고와 -1.000으로 아주 강한 음의 상관관계를 보였고, 생체중은 주간 최저 토양수분과 1.000으로 아주 강한 양의 관계를 야간 평균 수분함량과는 -1.000으로 음의 상관관계를 있는 것으로 분석되었다. 토양 EC와 절화 품질과의 상관관계는 전체적으로 음의 상관관계를 보여주고 있었으나, 통계적인 유의성이 없었다.

Table 1-7. Analysis of correlation between cultural environment and cut flower growth of standard chrysanthemum 'Jinba' .

Factor			Length of cut flower	No. of leaves	Fresh weight	Diameter of flower
Vegetative growth stage	Day temperature	T _{max}	0.376	-0.739	-0.555	-0.037
		T _{min}	0.958	0.061	0.299	0.755
		T _{avg}	0.790	-0.302	-0.064	0.469
	Night temperature	T _{max}	0.329	-0.772	-0.597	-0.087
		T _{min}	0.640	-0.499	-0.276	0.269
		T _{avg}	0.452	-0.681	-0.485	0.046
Floral initiation stage	Day temperature	T _{max}	0.228	-0.835	-0.678	-0.192
		T _{min}	-0.798	-0.841	-0.947	-0.975
		T _{avg}	0.924	0.680	0.836	1.000*
	Night temperature	T _{max}	0.146	-0.877	-0.736	-0.272
		T _{min}	0.611	-0.531	-0.312	0.232
		T _{avg}	0.732	-0.386	-0.153	0.387
Reproductive growth stage	Day temperature	T _{max}	0.891	0.735	0.876	0.999*
		T _{min}	-0.930	-0.667	-0.827	-0.999*
		T _{avg}	-0.246	-0.995	-0.940	-0.622
	Night temperature	T _{max}	0.300	-0.791	-0.621	-0.118
		T _{min}	-0.664	-0.931	-0.992	-0.912
		T _{avg}	-0.604	-0.957	-0.999*	-0.878
Solar_radiation	Max	-0.886	-0.741	-0.881	-0.998*	
	Min	-0.764	0.341	0.105	-0.432	
	AVG	-0.139	-0.977	-0.897	-0.533	
Day Relative humidity	Max	0.701	0.912	0.984	0.932	
	Min	0.591	0.961	0.999*	0.870	
	AVG	0.135	0.976	0.896	0.530	
Night Relative humidity	Max	0.960	0.594	0.770	0.990	
	Min	0.069	0.960	0.864	0.472	
	AVG	0.664	0.931	0.992	0.912	
Day VPD	Max	0.271	-0.809	-0.644	-0.147	
	Min	-0.763	-0.871	-0.963	-0.961	
	AVG	0.426	-0.701	-0.510	0.017	
Night VPD	Max	0.047	-0.921	-0.800	-0.367	
	Min	-0.913	-0.699	-0.850	-1.000**	
	AVG	-0.373	-1.000*	-0.977	-0.721	

Table 1-8. Analysis of correlation between soil moisture and EC and cut flower growth of standard chrysanthemum ‘Jinba’ .

Factor		Length of cut flower	No. of leaves	Fresh weight	Diameter of flower
Day soil moisture	Max	-0.493	-0.987	-0.997	-0.807
	Min	0.562	0.971	1.000**	0.852
	AVG	-0.162	-0.982	-0.908	-0.553
Night soil moisture	Max	-0.348	-1.000**	-0.971	-0.702
	Min	-0.968	-0.571	-0.752	-0.986
	AVG	-0.570	-0.968	-1.000**	-0.857
Day soil EC	Max	-0.805	-0.835	-0.943	-0.978
	Min	-0.991	-0.470	-0.668	-0.959
	AVG	-0.746	-0.883	-0.970	-0.954
Night soil EC	Max	-0.824	-0.816	-0.931	-0.984
	Min	-0.968	-0.571	-0.752	-0.986
	AVG	-0.828	-0.813	-0.929	-0.985

5) 관행농가와 스마트팜의 기술검증 및 경영성과 분석

가) 관행농가와 스마트팜의 기술검증

스탠다드 국화 ‘신마’의 재배환경을 모니터링한 결과, 시설 내의 주간과 야간의 평균온도는 관행농가와 스마트팜에서 유사하게 관리하고 있었으나, 화아분화기에 관행농가는 야간에 17.7℃로 낮게 관리되어 화아분화의 속도가 지연됨에 따라 절화 수확도 스마트팜보다 35일 늦었다. 이처럼 야간에 온도를 낮추는 것은 난방비는 적게 소비되지만 화아분화가 불균일하게 되며, 수확기가 지연되어 오히려 경영적인 측면에서 손해일 것으로 판단되었다. 또한 관행농가는 생육 초기에 불필요하게 토양 수분과 EC을 높게 유지하고 있었고, 화아분화기 이후 수분과 양분이 많이 요구되는 시기에는 상대적으로 낮게 유지하고 있어서 절화의 생장이 불량할 것으로 예측되었다. 실제 절화의 품질을 비교했을 때, 스마트팜보다 관행농가에서 절화장, 엽수, 화폭, 절화무게 등의 생육이 불량함을 알 수 있었다.

나) 관행농가와 스마트팜의 경영성과 분석

스탠다드 절화 국화 ‘신마’ 관행농가는 비닐하우스 1,000㎡ 기준으로 삼목묘 구입비 1,414천원, 비료 구입비 317천원, 농약 구입비 423천원, 전조 및 난방에 따른 광열동력비 3,010천원, 재료비 242천원, 자가 및 고용노동비 2,687천원 등 재배하는 과정 중에 총 투입비용은 8,093천원으로 조사되었다(Table 1-9). 생산량은 총 35,360본으로 국내시장으로 출하하였으며, 1본당 327원을 수취하여 총수입액은 11,563천원이었고, 순이익은 3,470천원으로 나타났다.

스마트팜은 1,000㎡ 기준으로 2008년에 스마트 자동화시설이 설치됨에 따라 10년 감각상각을 고려하여 자동화시설 설치비가 0원, 삼목묘 구입비 1,350천원, 비료 구입비 500천원, 농약 구입비 520천원, 전조와 난방에 따른 광열동력비 3,000천원, 재료비 238천원, 자가 및 고용노동비 3,850천원 등으로 조사되어 재배하는 과정 중에 총 투자비는 9,458천원으로 나타났다. 관행농가보다 비료구입비가 많았던 것은 수확 일까지 매일 양액으로 급액함으로써 비료 사용

량이 많았기 때문이었고, 노동비가 많았던 이유는 자가 노동비는 500천원인 반면 고용노동비가 3,350천원으로 일용인부를 많이 고용하여 재배했기 때문인 것으로 분석되었다. 스마트팜의 생산량은 총 33,760본을 수확하여 국내시장으로 출하하였으며, 1본당 451원을 수취하여 총 수입액은 15,226천원이었으며, 순이익은 5,768천원이었다. 생산량이 관행농가보다 적었던 것은 3.3m²당 관행농가는 180주를, 스마트팜은 150주를 정식했기 때문이며, 실제 수확률은 관행농가는 65.5%이고, 스마트팜은 75.0%로 스마트팜이 9.5% 더 높았다. 또한 순이익은 1,000m² 기준으로 관행농가에 비해 스마트팜에서 2,298천원이 더 많았는데, 이는 스마트팜에서 ‘신마’의 생육에 적합한 환경으로 제어, 관리해 줌으로써 절화 품질이 향상되어 관행농가보다 생산량뿐만 아니라 수취가격이 38% 증가함에 따라 순이익이 더 높은 것으로 나타났다.

Choi and Lim(2018)은 스마트팜을 도입한 딸기농가의 경영성적을 분석했는데, 경영비는 2% 증가하였으나, 정밀 생육관리로 생산량이 2% 향상되었고, 품질 향상으로 수취가격이 5.2% 향상됨에 따라 총수입이 8.4%가 증가하였다고 하였다. 토마토의 생산량은 일반농가에서 3.3m²당 평균 28.6kg인데, 1세대 간편형 스마트팜은 생산량이 47.2kg, 2세대 지능형 스마트팜은 84.8kg으로 나타나 스마트팜 유형이 1세대에서 2세대로 발전할수록 생산성이 향상되었다(Lee and Seol 2019). Kim and Han(2017)에 의하면 스마트팜은 관행농가보다 예측할 수 없는 환경 변수들을 통제 조절함으로써 환경 제약이 없는 농업이 가능해지고, 이에 따라 연중 작물재배가 가능할 뿐만 아니라 생산성과 품질 향상을 기대할 수 있다고 하였다. 따라서 스탠다드 절화 국화 ‘신마’의 재배에 있어서 1세대 또는 2세대 스마트팜 시설들이 농가에 도입되어 보급된다면, 절화 국화 생육에 적합한 환경으로 제어, 관리함으로써 연중생산 및 품질과 생산성이 향상되어 농가의 수익이 증가할 것으로 판단되었다.

Table 1-9. Management Performance of conventional farm and smart farm in *Chrysanthemum morifolium* ‘Jinba’ .

Item	Conventional farm	Smart farm		
	(Thousand won/1000m ²)			
Expenditure	Installation cost of smart facility	0	0	
	Seedling cost	1,414	1,350	
	Fertilizer cost	317	500	
	Pesticides cost	423	520	
	Input factor	Fuel and electricity cost	3,010	3,000
		Materials cost	242	238
		Repairing cost	0	0
		Employment labor cost	2,687	3,850
Sum	8,093	9,458		
Income	11,563 ^Z	15,226 ^Y		
Net income	3,470	5,768		

^ZYield : 35,360 cut flowers, sales price : 327 won/flower

^YYield : 33,760 cut flowers, sales price : 451 won/flower

6) 결론

스탠다드 절화 국화 ‘신마’를 재배하고 있는 관행농가와 스마트팜의 재배환경, 절화 생육 및 경영성과를 비교 분석하였다. 관행농가와 스마트팜은 전라남도 무안군에 위치해 있고, 관행농가는 비닐하우스에서 토경으로, 스마트팜은 비닐하우스에서 양액재배하고 있었다. 관행농가는 광과 온도와 같은 환경 측정용 센서와 관비재배용 pH와 EC 센서들이 전혀 없었고, 측창과 천창 및 보온 및 차광 커튼 등의 모든 시스템들을 수동으로 작동하고 있었다. 스마트팜은 광량, 온도, 습도, CO₂, 풍속, 강우, 양액 pH와 EC 측정을 위한 센서들을 갖추어 자동제어하고 있었다. 시설 내의 주간과 야간의 평균온도는 관행농가와 스마트팜에서 유사하게 관리하고 있었으나, 화아분화기에 관행농가는 야간에 17.7°C로 낮게 관리되어 화아분화의 속도가 지연됨에 따라 절화 수확도 스마트팜보다 35일 늦었다. 이처럼 야간에 온도를 낮추는 것은 난방비는 적게 소비되지만 화아분화가 불균일하게 되며, 수확기가 지연되어 오히려 경영적인 측면에서 손해일 것으로 판단되었다. 또한 관행농가는 생육 초기에 불필요하게 토양 수분과 EC를 높게 유지하고 있었고, 화아분화기 이후 수분과 양분이 많이 요구되는 시기에는 상대적으로 낮게 유지하고 있어서 절화의 생장이 불량할 것으로 예측되었다. 실제 절화의 품질을 비교했을 때, 스마트팜보다 관행농가에서 절화장, 엽수, 화폭, 절화무게 등의 생육이 불량함을 알 수 있었다. 이와 같이 관행농가와 스마트팜의 재배환경 관리수준의 차이에 따라 절화의 생산량과 품질에 차이가 발생하였고, 경영성과 측면에서 1,000㎡ 기준으로 생산량과 수취가격이 관행농가보다 스마트팜에서 각각 10%와 38% 더 높은 것으로 나타났다. 또한 순이익은 관행농가에서 3,470천원, 스마트팜은 5,768천원으로 나타나 스마트팜에서 66% 더 높았다.

본 연구에서의 스마트팜은 1세대 스마트 온실로써 원격관리에 의한 농가의 편의성 향상을 목적으로 보급되었다. 그리고 2세대 스마트팜은 작물별로 생육모델을 개발하여 환경요인의 변화에 따라 작물의 생육상태를 진단, 예측을 통해 생육관리를 최적화하고, 식물의 생육상태와 생체정보를 자동으로 측정, 분석하여 정밀한 생산관리 조건을 도출함으로써 생산성을 향상시키는 것을 목적으로 하고 있다(Yoon et al., 2017). 따라서 기존의 절화 국화를 재배하고 있는 관행농가에 1세대와 2세대 스마트팜을 확대 보급한다면, 농작업의 편의성과 노동력 절감뿐만 아니라 절화 생산성과 품질 향상에 크게 기여할 것으로 판단되었다.

2. 스탠다드 국화 ‘백마’의 영농기법 DB 분석 및 기술검증

가. 연구 방법

1) 농가 선정

가) 2019년 실험

절화 국화 ‘백마’를 재배하는 농가 중에서 전라남도 무안군의 비닐하우스에서 재배하는 농가를 관행농가로, 전라북도 전주시의 유리온실에서 재배하는 농가를 스마트팜으로 선정하였다.

나) 2020년 실험

절화 국화 ‘백마’를 재배하는 농가 중 전라남도 무안군에서 관행농가와 스마트팜을 선정하였다.

2) 관행농가와 스마트팜의 재배환경 분석

2019년과 2020년 실험 모두동일하게 관행농가와 스마트팜의 재배환경을 분석하고자 절화 국화 ‘백마’를 정식 일부터 수확 일까지 WatchDog 1650 Micro Station Data Logger (Spectrum Technologies Inc., USA)로 온도와 습도는 내장 센서를, 일사량은 LightScout® Silicon Pyranometer 센서를, 토양수분과 EC는 WaterScout® SMEC 300 센서를 이용하여 30분 간격으로 측정하였다.

3) 관행농가와 스마트팜의 절화 재배 방법과 생육조사

가) 2019년 실험

관행농가와 스마트팜은 각각 5월 20일과 23일에 삼목 발근묘(초장 7~8cm, 엽수 4~5장)를 3.3㎡당 150주를 정식하였고, 토양소독, 전조시간, 단일처리, 재전조, daminozide 처리 등 재배방법을 조사하였다. 절화를 반복당 100주씩 3반복으로 수확한 후 절화장, 엽수, 줄기직경, 절간장, 화폭, 꽃목길이, 상위엽 길이, 만개시 화폭, 절화중, 엽록소 함량 등을 측정하였다.

나) 2020년 실험

관행농가와 스마트팜은 5월 10일에 삼목 발근묘(초장 7~8cm, 엽수 4~5장)를 3.3㎡당 각각 150주와 180주를 정식하였고, 재배방법 및 생육 조사는 2019년과 동일하게 하였다.

4) 재배환경과 절화생육과의 상관관계 분석

2019년과 2020년도 절화 국화 ‘백마’의 지상부 재배환경(온도, 광량, 습도, VPD)과 지하부 생육환경(토양 수분과 EC)와 절화생육과의 상관관계를 조사하여 분석하였다.

5) 관행농가와 스마트팜의 간이 경영성과 분석

관행농가와 스마트팜의 경영성과를 분석하고자 농촌진흥청에서 사용하고 있는 간이 경영성과분석요령을 참고하여 조사하였다(RDA, 2015). 조사는 농가 대표자와 면담 형식으로 진행하였고, 조사항목은 시설투자비(재배시설 및 스마트 자동화시설 설치비), 생산량과 수취가격, 종묘비, 비료비, 농약비, 광열동력, 수리비(水利費), 재료비, 수리유지비, 고용 및 자가노동비 등이었으며, 순이익을 계산하였다.

나. 연구결과

1) 관행농가와 스마트팜의 절화 재배방법 비교

가) 2019년 실험

관행농가와 스마트팜의 ‘백마’ 재배방법을 비교해 보면, 관행농가는 토양소독을 실시하지 않았으며, 스마트팜은 과산화수소를 사용하여 5월 20일에 배지를 소독하였다. 삼목 발근묘를 관행농가는 5월 19일에, 스마트팜은 5월 23일에 정식하였고, 일장을 장일상태로 유지하기 위해 야간 22시부터 02시까지 4시간 전조하였다(Table 1-10). 화아유도를 위한 단일처리 는 관행농가에서 정식 후 53일째인 7월 11일에, 스마트팜은 정식 후 47일째인 7월 10일에 실시 하였다. 재전조는 관행농가는 단일처리 12일 후인 7월 23일부터 야간에 4시간씩 5일간, 스마트 팜은 단일처리 9일 후인 7월 19일부터 야간에 4시간씩 6일간 실시하였다. 재전조는 절화 국화의 상위엽을 증대시키고, 설상화 수를 증가시키기 위해 처리하는데, ‘백마’의 경우 단일처리 후 9~11일째에 야간에 4~8시간, 5~6일간 전조하는 것이 효과적이라고 하였다(Yoo et al. 2009). 따라서 ‘백마’ 재배에 있어서 관행농가와 스마트팜의 전조, 단일처리, 및 재전조 방법에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

절화 국화의 꽃목 신장을 억제하기 위해 daminozide를 처리하는데, 관행농가에서는 1,000~1,500배액으로 4회처리, 스마트팜은 800배액으로 3회 처리하였다. Yoo and Roh(2011)은 단일처리 후 18일과 28일째에 daminozide를 1,000배액으로 처리시 효과적이라고 하였다. 관행 농가와 스마트팜의 daminozide의 처리농도와 살포 횟수가 달랐는데, 이는 재배환경에 따라 꽃 목의 길이 생장에 맞게 재배자가 농도와 횟수를 적절하게 조절하여 처리한 것이라 판단되었다.

관행농가와 스마트팜에서 충해를 방지하기 위해 화아분화기 이후 1주일 간격으로 1~2 회 적용 약제를 살포하였으나, 관행농가에서는 응애를 적절하게 방제하지 못하여 응애 피해를 받은 절화들이 많았다. 토마토의 경우에도 관행 비닐하우스 농가보다 스마트팜에서 담배가루이 발생이 적었다고 하였는데, 이는 일반 비닐하우스보다 폐쇄적인 환경인 스마트팜에서 약제의 방제 효과가 더 효율적이었기 때문이라고 하였다(Yoon et al. 2018). 본 연구에서 절화국화 ‘백마’의 경우에도 관행농가보다 스마트팜에서 응애 피해가 적은 것은 절적한 생육환경 조성 및 약제 방제 효과가 더 높았기 때문인 것으로 판단되었다. 절화는 관행농가에서 9월 1일 에, 스마트팜은 9월 3일에 수확하였는데, 재배기간은 관행농가가 105일, 스마트팜은 102일이었 다.

Table 1-10. Cultural method of conventional farm and smart farm in *Chrysanthemum morifolium* ‘Baekma’ in the 2019 experiment.

Farm	Soil disinfection	Planting method		Lighting time	Date of short-day treatment	Relighting		Daminozide treatment		Harvesting date
		Planting date	Plating density			Date	Times and Period	Concentration	Times	
Conventional farm	None	19 May	150 plants per 3.3m ²	22:00~02:00	11 July	23 July	4 hrs for 5 days	×1000~1500	4	1 September
Smart farm	Disinfection by hydrogen peroxide	23 May	150 plants per 3.3m ²	22:00~02:00	10 July	19 July	4 hrs for 6 days	×800	3	3 September

나) 2020년 실험

관행농가와 스마트팜의 ‘백마’ 재배방법을 비교해 보면, 삼목 발근묘를 관행농가와 스마트팜 모두 5월 10일에 정식하였고, 일장을 장일상태로 유지하기 위해 야간 22시부터 02시 또는 02시 30분까지(4시간 또는 4시간 30분) 전조하였다(Table 1-11). 화아유도를 위한 단일 처리는 관행농가와 스마트팜 모두 정식 후 38일째인 6월 17일에 실시하였다. 재전조는 관행농가와 스마트팜 모두 단일처리 8일 후인 6월 25일부터 야간에 4시간씩 5~6일간 실시하였다. 따라서 ‘백마’ 재배에 있어서 관행농가와 스마트팜의 전조, 단일처리, 및 재전조 방법에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났고, 정식주수에 있어서 관행농가에서 3.3㎡ 당30주를 더 많이 식재하여 밀식하고 있었다..

절화 국화의 꽃목 신장을 억제하기 위한 daminozide 처리는 관행농가에서는 소등 27일과 37일 후에 각각 1,500와 1,000배액으로 2회 처리하였다. 반면에 스마트팜에서는 소등 21일과 32일 후에 각각 1,200과 2,000배액으로 처리하였다. 일반적으로 daminozide는 소등 후 20일과 30일 경에 처리하는 것이 일반적인데, 관행농가에서는 이보다 7일 정도 늦게 살포함에 따라 꼭목길이 신장 억제 효과가 적었을 것으로 판단되었다. 스탠다드 국화 절화는 일본으로 수출을 위해서 꽃봉오리 상태에서 수확하였는데, 관행농가에서 7월 31일에, 스마트팜은 7월 29일에 수확하였는데, 재배기간은 관행농가가 81일, 스마트팜은 79일이었다.

Table 1-11. Cultural method of conventional farm and smart farm in *Chrysanthemum morifolium* ‘Baekma’ in the 2020 experiment. .

Farm	Planting method		Lighting time	Date of short-day treatment	Relighting		Daminozide treatment		Harvesting date
	Planting date	Plating density			Date	Times and Period	Concentration	Times	
Conventional farm	10 May	180 plants per 3.3㎡	22:00~02:00	17 June	25 June	4 hrs for 6 days	×1,500~1,000	2	31 July
Smart farm	10 May	150 plants per 3.3㎡	22:00~02:30	17 June	25 June	4 hrs for 5 days	×1,200~2,000	2	29 July

2) 관행농가와 스마트팜의 재배환경 분석

가) 2019년 실험

관행농가와 스마트팜의 재배기간 중 시설 내의 주간과 야간의 평균 온도는 Table 1-12에 나타나 있다. 주간 온도는 관행농가와 스마트팜의 경우 각각 평균 27.5℃와 29.8℃였으며, 주간 평균온도의 범위는 각각 18.6~34.1℃와 22.3~35.7℃로 관리되고 있었다(Table 1-12). 이와 같이 스마트팜보다 관행농가에서 주간온도의 편차가 컸으며, 주간 생육적온인 20~23℃보다

낮게 관리되는 날들이 있었다(Fig.1-17). 야간 온도의 경우에도 관행농가와 스마트팜의 경우 각각 평균 21.8°C와 24.6°C였으며, 평균온도의 범위는 각각 10.6~27.0°C와 19.4~28.9°C로 관리되고 있었다. 국화 ‘백마’는 정식 후 화아분화 전까지 야간 최저 13~16°C, 화아분화기에는 야간 최저 18~20°C 이상의 온도를 유지해야 정상적으로 생육 및 화아분화가 진행된다(RDA 2008). 그러나, 관행농가에서 야간 최저 생육온도보다 낮게 관리하는 경우가 있어 생육이 불량할 것으로 판단되었다.

Table 1-12. Temperature, relative humidity, solar radiation and vapor pressure deficit of greenhouse in conventional and smart farm of *Chrysanthemum morifolium* ‘Baekma’ in the 2019 experiment.

Farm	Temperature (°C)				Relative humidity (%)				Solar radiation (W m ²)		Vapor pressure deficit (kPa)	
	Day		Night		Day		Night		Range	Mean	Day mean	Night mean
	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean				
Conventional farm	18.6~34.1	27.5	10.6~27.0	21.8	42.7~92.9	69.0	61.1~95.3	84.9	30.8~399.3	231.8	1.2	0.4
Smart farm	22.3~35.7	29.8	19.4~28.9	24.6	35.1~92.0	70.9	63.5~98.3	83.9	26.3~369.1	166.3	1.3	0.5

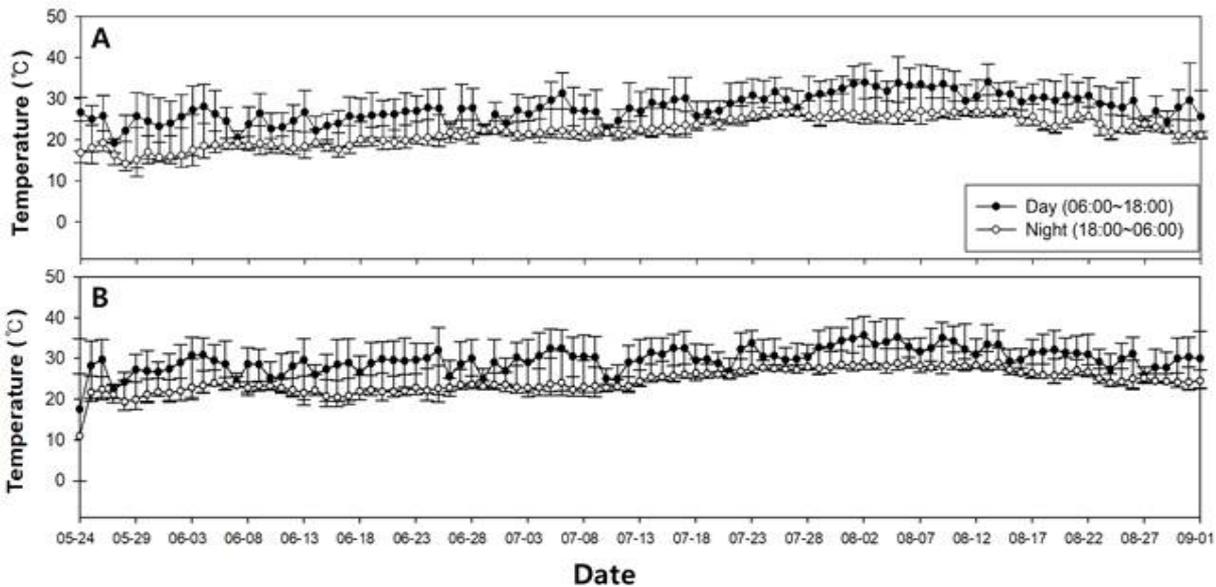


Fig. 1-17. Comparison of temperature during cultivation period in greenhouse of conventional (A) and smart farm (B) of *Chrysanthemum morifolium* ‘Baekma’ in the 2019 experiment.

관행농가와 스마트팜의 재배기간 중 시설 내의 주간과 야간의 평균 상대습도는 Fig. 1-18에 나타나 있다. 시설 내 상대습도는 관행농가와 스마트팜에서 각각 주간 평균 69%와 70.9%, 야간 평균 84.8%와 83.9%로 비슷하게 관리하고 있었다(Table 1-12). 일사량은 관행농가와 스마트팜에서 각각 평균 231.8과 166.3으로 스마트팜에서 낮았는데(Fig. 1-19, Table 1-12),

이는 스마트팜에서 주간에 온도를 낮추기 위해 차광커튼을 쳐서 일사량이 상대적으로 낮은 것으로 판단되었다. 수증기압포차는 관행농가에서 주간과 야간에 각각 평균 1.2와 0.4kPa이었으며, 스마트팜은 각각 1.3과 0.5kPa로 나타났다(Fig. 1-20, Table 1-12). Yoo et al.(2016)은 수증기압포차가 0.3~0.4kPa 이하의 조건에서는 흰녹병이 발생하기 좋은 환경이 된다고 하였는데, 본 연구에서 스마트팜보다 관행농가에서 흰녹병이 발생할 가능성이 높다고 판단되었다.

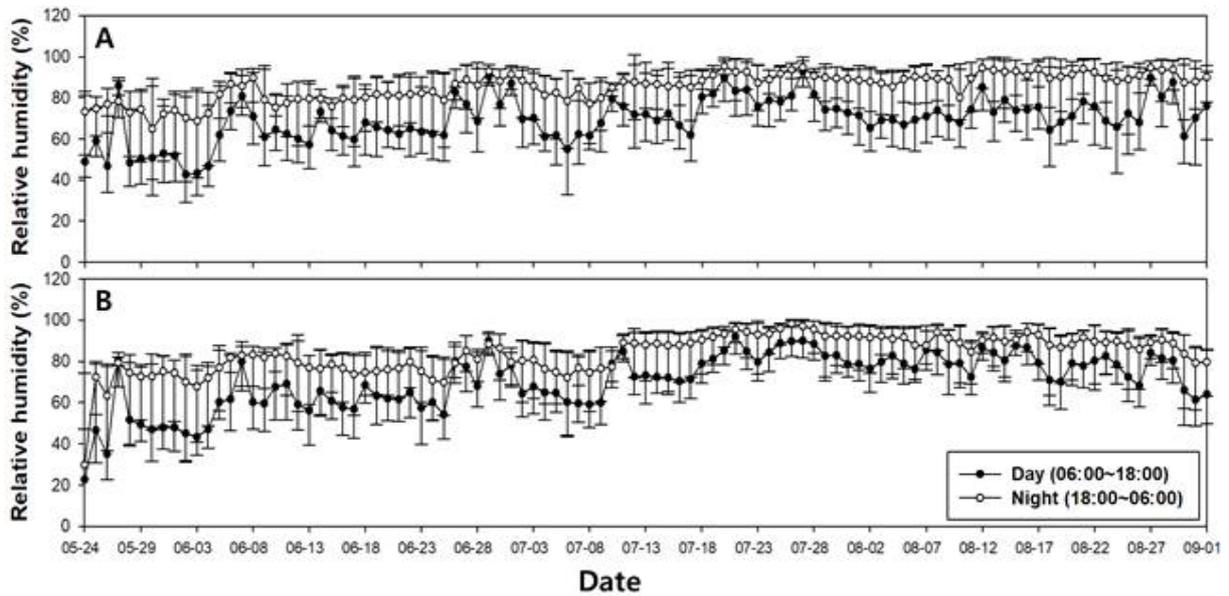


Fig. 1-18. Comparison of relative humidity during cultivation period in greenhouse of conventional (A) and smart farm (B) of *Chrysanthemum morifolium* 'Baekma' in the 2019 experiment. .

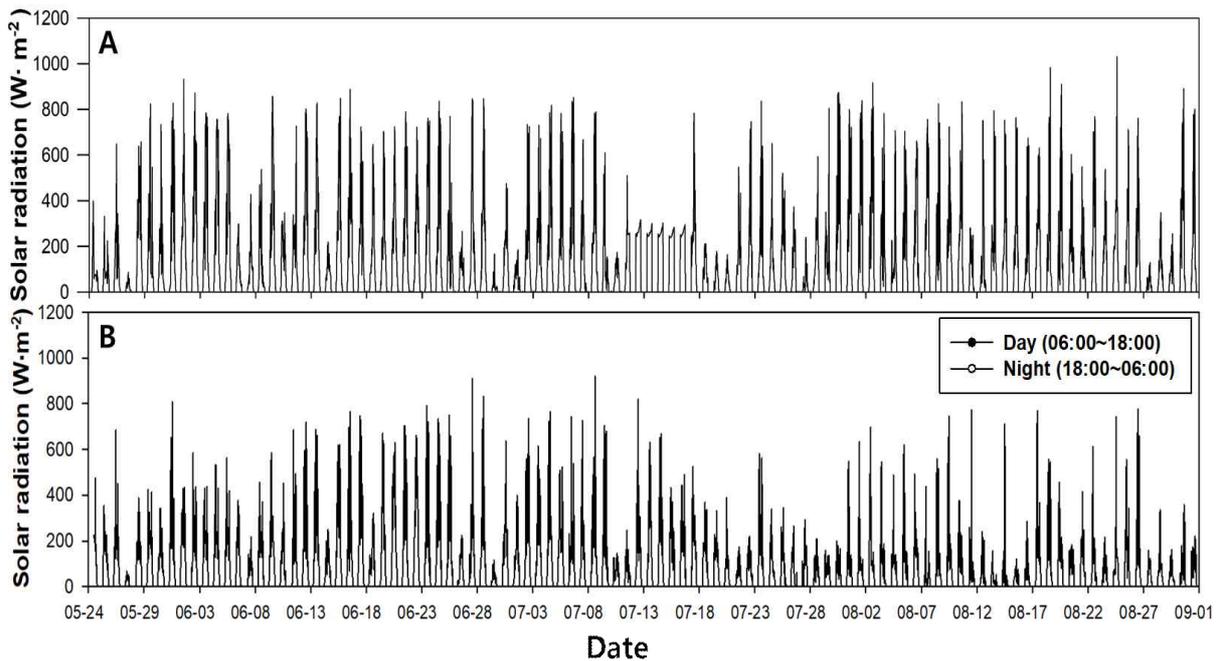


Fig. 1-19. Comparison of solar radiation during cultivation period in greenhouse of conventional (A) and smart farm (B) of *Chrysanthemum morifolium* 'Baekma' in the 2019 experiment.

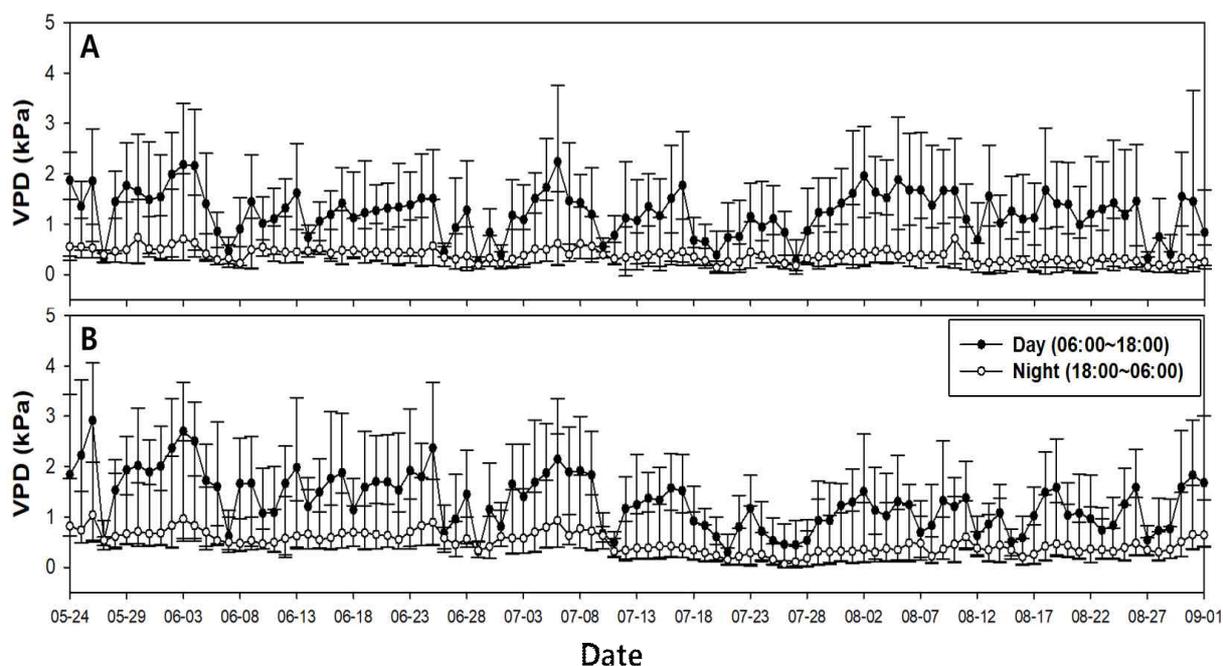


Fig. 1-20. Comparison of vapor pressure deficit (VPD) during cultivation period in greenhouse of conventional (A) and smart farm (B) of *Chrysanthemum morifolium* 'Baekma' in the 2019 experiment.

관행농가와 스마트팜의 재배기간 중 주간과 야간의 평균 토양수분함량 변화는 Fig. 1-21에 나타나 있다. 관행농가에서의 수분관리는 재배자의 경험에 의해 행해지고 있었으며, 토양수분함량이 주간과 야간에 25.2%와 25.1%로 나타나 적절하게 관리되고 있었다(Table 1-13). 그러나 토양 EC는 정식부터 2달 후까지 $4.9\sim 8.1\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 높았으며, 이후 수확 때까지 차츰 감소하여 $0.4\sim 2.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 유지되고 있었다(Fig. 1-22A). 전체 재배기간 동안의 주간과 야간의 평균 토양 EC는 $3.2\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 조사되어 스마트팜의 배지의 EC보다 높게 관리되고 있었다(Table 1-13). 반면에 스마트팜은 펄라이트 배지경을 이용한 양액재배를 실시하고 있었으며, 계절과 날씨에 따라 양액 급액 횟수와 급액량을 조절하면서 pH 5.5, EC $1.4\sim 1.7\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 의 양액을 공급하고 있었다. 스마트팜의 토양수분 함량은 정식부터 2달 후까지는 2~4%로 낮았으나, 이후 수확기까지 12~23%로 관리되고 있었다(Fig. 1-21B). 전체 재배기간 동안의 주간과 야간의 평균 토양수분 함량은 각각 10.8%와 10.2%로 나타나 관행농가보다 낮게 유지되었는데, 이는 통기성이 높고 보수성이 낮은 펄라이트 배지의 특성 때문인것으로 판단되었다. 토양 EC는 생육 초기에는 $0.2\sim 0.3\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 를 유지하다, 중기 이후부터 차츰 높아져 $1.0\sim 2.5\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 관리되고 있었다(Fig. 1-22B). 전체 재배기간 동안 주간과 야간의 평균 EC는 각각 $1.1\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 과 $1.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 조사되어 관행농가보다 낮게 관리되고 있었다(Table 1-13). Yoo and Roh(2012)는 국화 '백마' 를 관비 재배시 EC $2.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 이상의 농도로 공급했을 때, 절화장이 짧아졌고, 살상화수가 감소하였으며, 상위엽이 작아져 절화 품질이 떨어진다고 하였다. 본 연구에서 관행

농가의 토경과 스마트팜의 펠라이트 배지경의 토성이 달라 EC 수분을 비교하는데 한계가 있지만, 관행농가에서 토양 EC가 $3.2\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 나타남에 따라 절화의 품질이 떨어지는 결과를 초래할 것으로 판단되었다.

Table 1-13. Soil moisture and EC of greenhouse in conventional farm and smart farm in *Chrysanthemum morifolium* ‘Baekma’ in the 2019 experiment.

Farm	Soil moisture (% VMC)		Soil EC ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)	
	Day mean	Night mean	Day mean	Night mean
Conventional farm	25.2	25.1	3.2	3.2
Smart farm	10.8	10.2	1.1	1.0

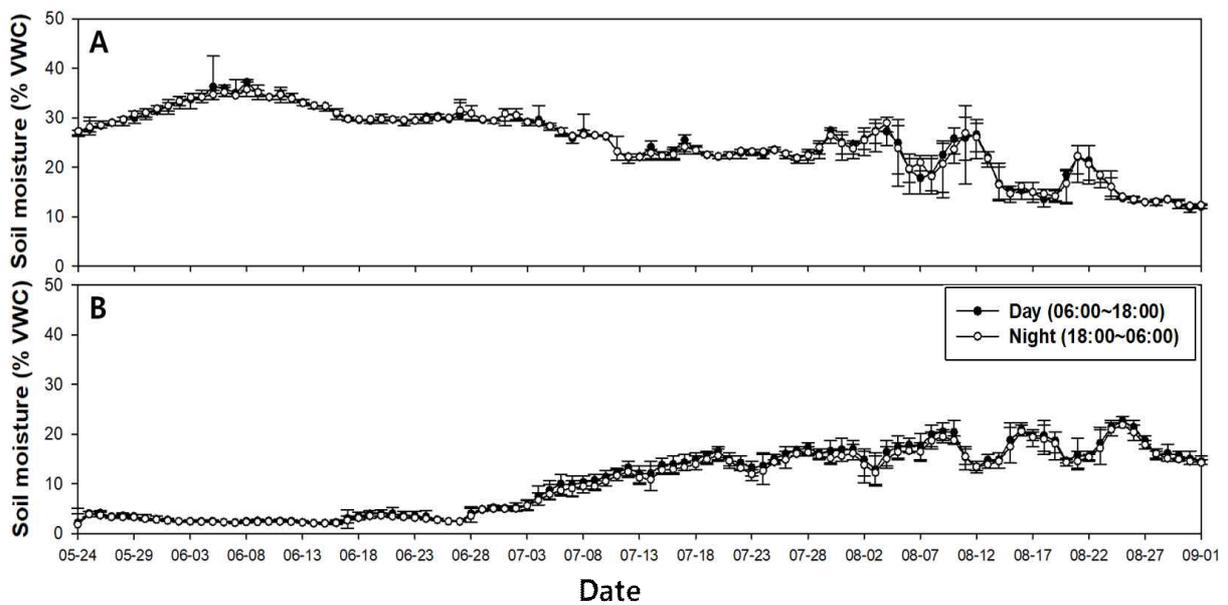


Fig. 1-21. Comparison of soil moisture during cultivation period in greenhouse of conventional (A) and smart farm (B) of *Chrysanthemum morifolium* ‘Baekma’ in the 2019 experiment.

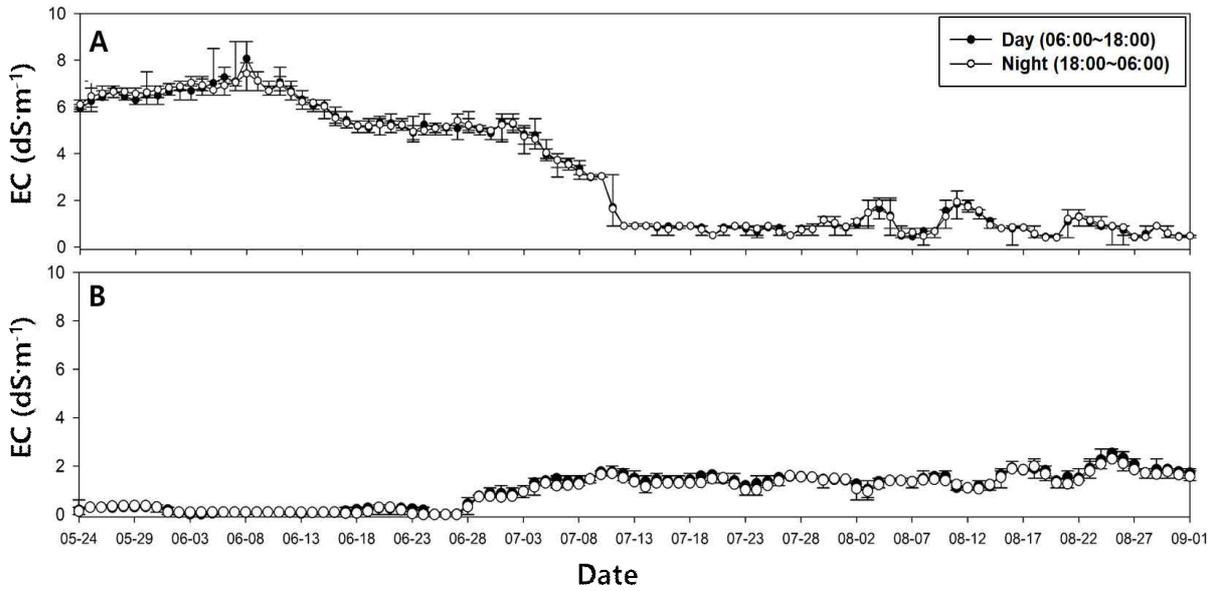


Fig. 1-22. Comparison of soil EC during cultivation period in greenhouse of conventional (A) and smart farm (B) of *Chrysanthemum morifolium* 'Baekma' in the 2019 experiment.

나) 2020년 실험

관행농가와 스마트팜의 재배기간 중 시설 내의 주간과 야간의 평균 온도는 Table 1-14에 나타나 있다. 주간 온도는 관행농가와 스마트팜의 경우 각각 평균 26.6°C와 26.3°C였으며, 주간 평균온도의 범위는 각각 19.0~33.2°C와 20.3~31.7°C로 관리되고 있었다(Table 1-14). 이와 같이 스마트팜보다 관행농가에서 주간온도의 편차가 컸으며, 주간 생육적온인 20~23°C보다 낮게 관리되는 날들이 있었다(Fig.1-23). 야간 온도의 경우에도 관행농가와 스마트팜의 경우 각각 평균 21.8°C와 22.6°C였으며, 평균온도의 범위는 각각 16.2~27.0°C와 17.5~26.6°C로 관리되고 있었다.

Table 1-14. Temperature, relative humidity, solar radiation and vapor pressure deficit of greenhouse in conventional and smart farm of *Chrysanthemum morifolium* 'Baekma' in the 2020 experiment.

Farm	Temperature (°C)				Relative humidity (%)				Solar radiation (W m ²)		Vapor pressure deficit (kPa)	
	Day		Night		Day		Night		Range	Mean	Day mean	Night mean
	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean				
Conventional farm	19.0~33.2	26.6	16.2~27.0	21.8	49.7~99.9	75.9	76.3~99.9	89.7	10.2~439.5	118.3	0.94	0.26
Smart farm	20.3~31.7	26.3	17.5~26.6	22.6	42.9~98.5	74.5	70.6~99.6	88.9	19.7~483.2	232.8	0.96	0.30

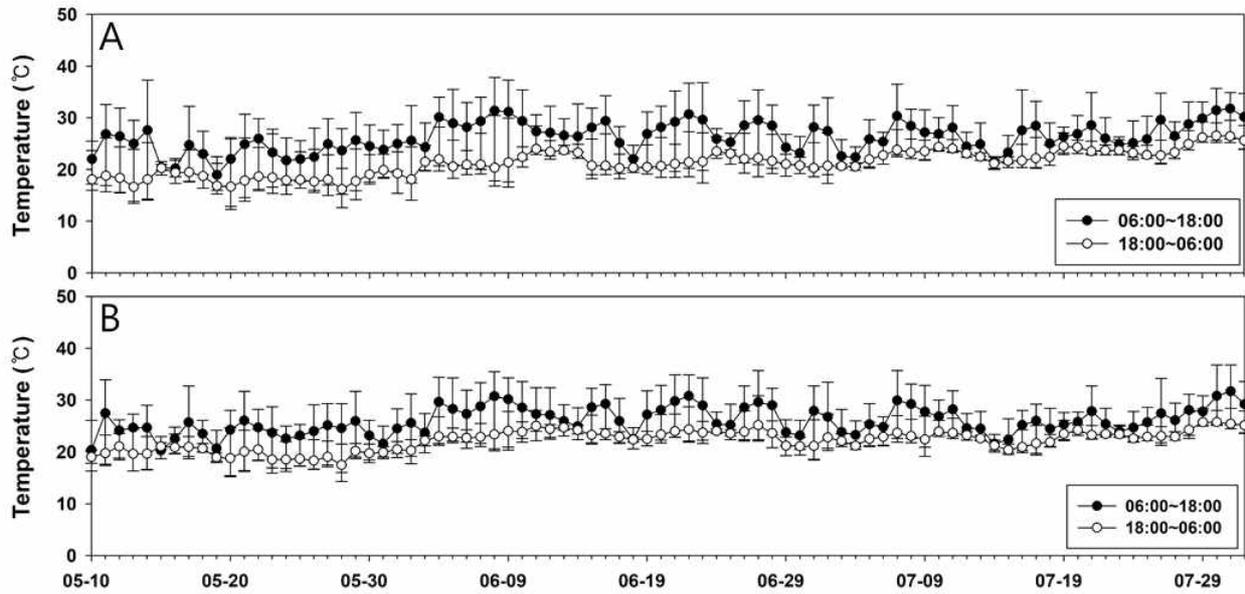


Fig. 1-23. Comparison of temperature during cultivation period in greenhouse of conventional (A) and smart farm (B) of *Chrysanthemum morifolium* 'Baekma' in the 2020 experiment.

관행농가와 스마트팜의 재배기간 중 시설 내의 주간과 야간의 평균 상대습도는 Fig. 1-24에 나타나 있다. 시설 내 상대습도는 관행농가와 스마트팜에서 각각 주간 평균 75.9%와 74.5%, 야간 평균 89.7%와 88.9%로 비슷하게 관리하고 있었다(Table 1-14). 일사량은 관행농가와 스마트팜에서 각각 평균 118.3과 232.8W/m²으로 관행농가보다 스마트팜에서 더 높았는데 (Fig. 1-25, Table 1-14), 이는 관행농가에서 주간에 온도를 낮추기 위해 뚜거운 차광커튼을 쳐서 일사량이 상대적으로 낮은 것으로 판단되었다. 수증기압포차는 관행농가에서 주간과 야간에

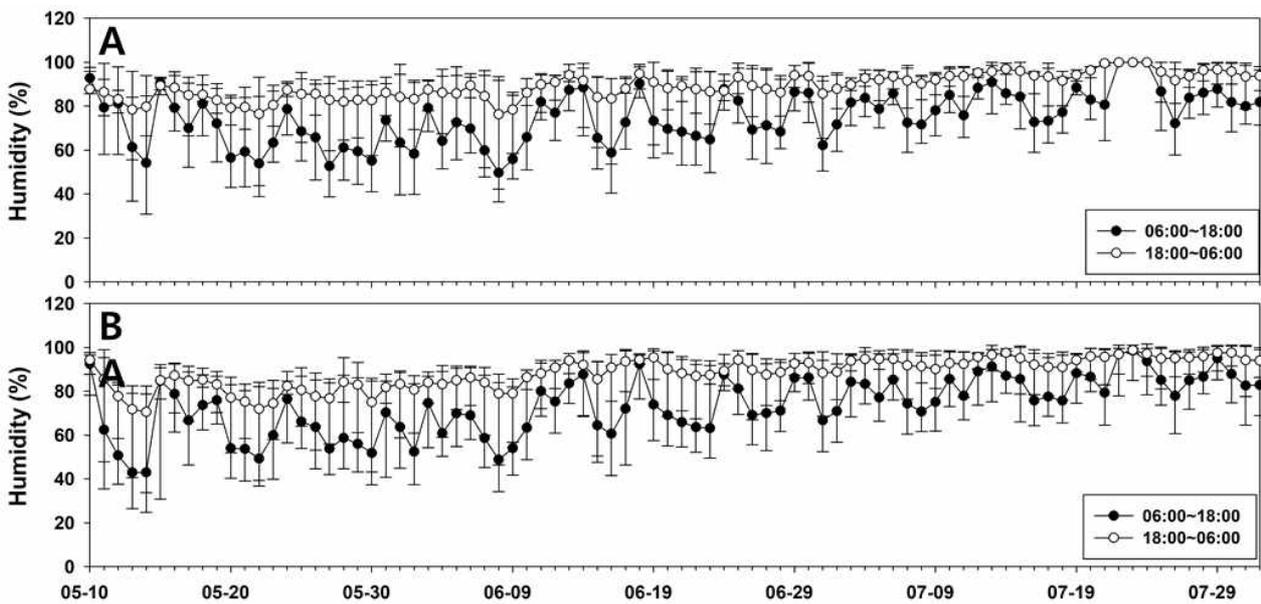


Fig. 1-24. Comparison of relative humidity during cultivation period in greenhouse of conventional (A) and smart farm (B) of *Chrysanthemum morifolium* 'Baekma' in the 2020 experiment.

각각 평균 0.94와 0.26kPa이었으며, 스마트팜은 각각 0.96과 0.30kPa로 나타났다(Fig. 1-26, Table 1-14). Yoo et al.(2016)은 수증기압포차가 0.3~0.4kPa 이하의 조건에서는 흰녹병이 발생하기 좋은 환경이 된다고 하였는데, 본 연구에서 스마트팜보다 관행농가에서 흰녹병이 발생할 가능성이 높다고 판단되었다.

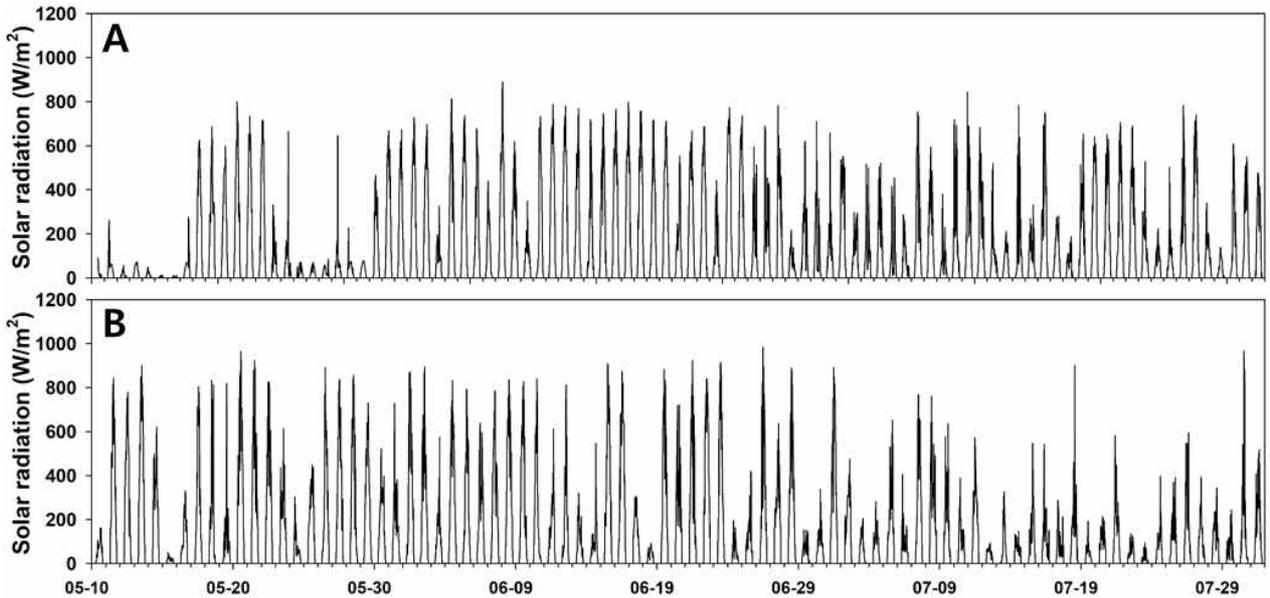


Fig. 1-25. Comparison of solar radiation during cultivation period in greenhouse of conventional (A) and smart farm (B) of *Chrysanthemum morifolium* 'Baekma' in the 2020 experiment.

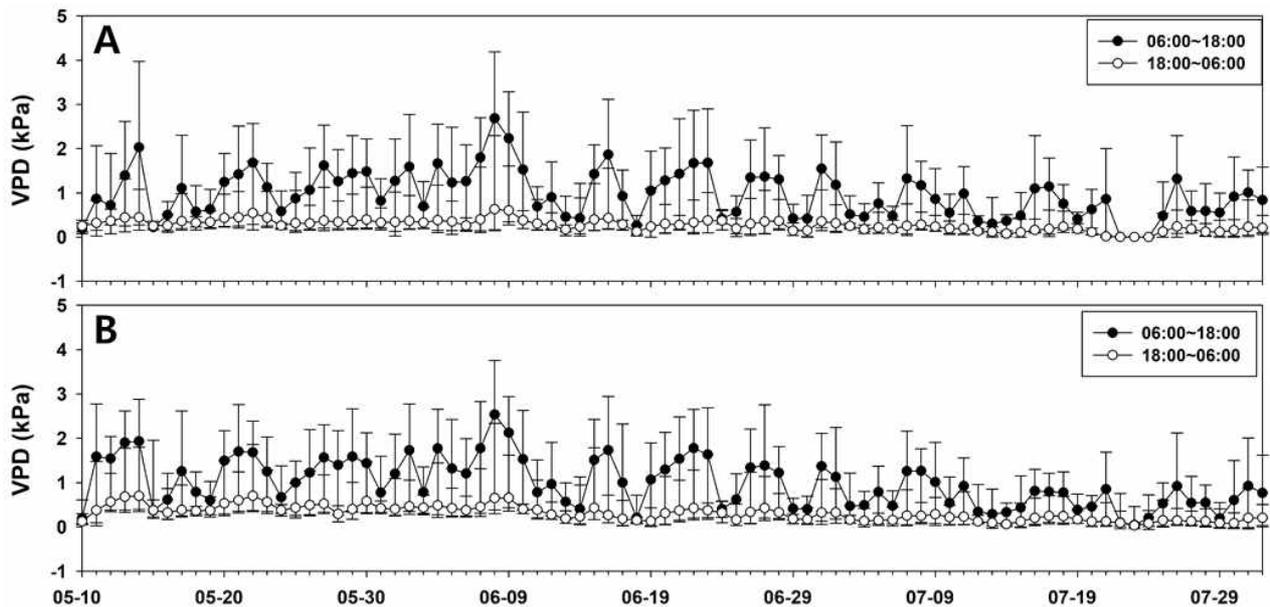


Fig. 1-26. Comparison of vapor pressure deficit (VPD) during cultivation period in greenhouse of conventional (A) and smart farm (B) of *Chrysanthemum morifolium* 'Baekma' in the 2020 experiment.

관행농가와 스마트팜의 재배기간 중 주간과 야간의 평균 토양수분함량 변화는 Fig. 1-27에 나타나 있다. 관행농가에서는 타이머를 이용하여 주기적으로 관수를 실시하고 있었으며, 토양수분함량이 주간과 야간에 25.3%와 25.5%로 나타나 적절하게 관리되고 있었다(Table 1-15). 그러나 토양 EC는 정식부터 15일까지 1.3~1.8dS · m⁻¹로 유지하다 이후 0.7~0.9dS · m⁻¹ 로 낮게 관리하고 있었다(Fig. 1-28A). 또한 전체 재배기간 동안의 주간과 야간의 평균 토양 EC는 1.0dS · m⁻¹ 로 나타나 스마트팜의 배지의 EC보다 낮게 관리되고 있었다(Table 1-15). 반면에 스마트팜은 펄라이트 배지경을 이용한 양액재배를 실시하고 있었으며, 계절과 날씨에 따라 양액 급액 횟수와 급액량을 조절하면서 pH 5.5, EC 1.4~1.7dS · m⁻¹ 의 양액을 공급하고 있었다. 스마트팜의 토양수분 함량은 정식부터 15일까지는 17~19%로 나타났고, 이후 수확기까지 10~15%로 관리되고 있었다(Fig. 1-27B). 전체 재배기간 동안의 주간과 야간의 평균 토양수분 함량은 각각 13.8%와 13.7%로 나타나 관행농가보다 낮게 유지되었는데, 이는 양액을 조금씩 자주 공급하는 것과 통기성이 높고 보수성이 낮은 펄라이트 배지의 특성 때문인 것으로 판단되었다. 토양 EC는 생육 초기에는 1.3~1.9dS · m⁻¹ 를 유지하다, 중기 이후부터 차츰 낮아져 1.0~1.4dS · m⁻¹ 로 관리되고 있었다(Fig. 1-28B). 전체 재배기간 동안 주간과 야간의 평균 EC는 각각 1.3dS · m⁻¹로 조사되어 관행농가보다 약간 높게 관리되고 있었다(Table 1-15).

Table 1-15. Soil moisture and EC of greenhouse in conventional farm and smart farm in *Chrysanthemum morifolium* 'Baekma' in the 2020 experiment.

Farm	Soil moisture (% VMC)		Soil EC (dS · m ⁻¹)	
	Day mean	Night mean	Day mean	Night mean
Conventional farm	25.3 (16.9~28.4)	25.5 (17.8~28.7)	1.0 (0.4~1.7)	1.0 (0.5~1.8)
Smart farm	13.8 (10.1~22.8)	13.7 (9.3~22.5)	1.3 (1.0~1.9)	1.3 (1.0~1.9)

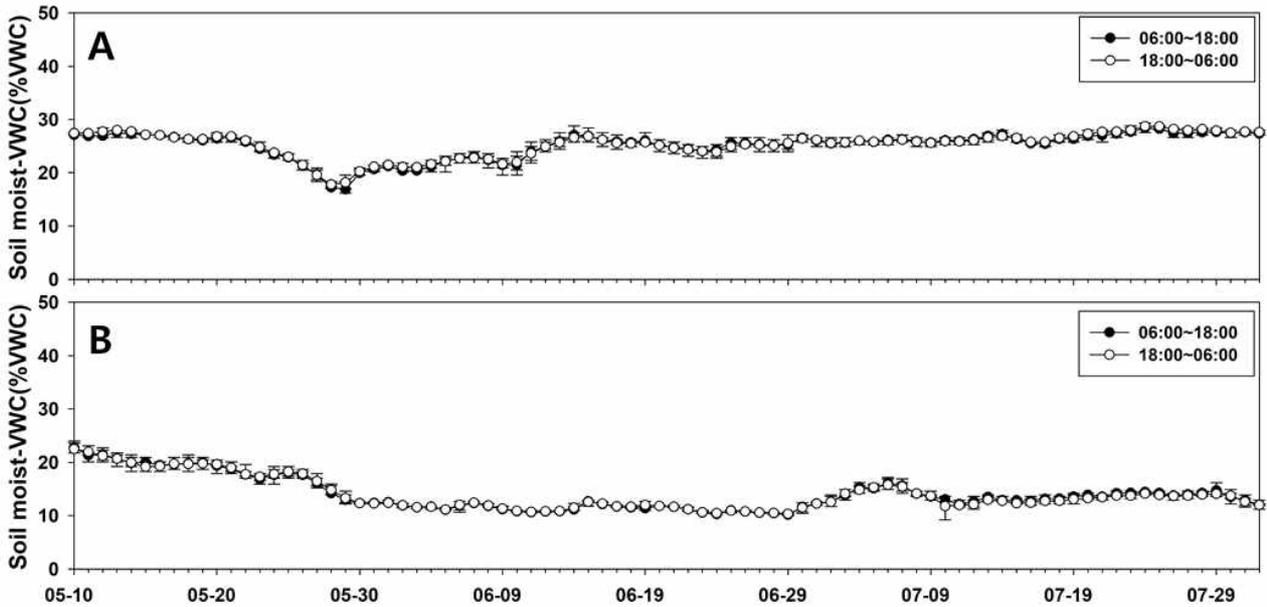


Fig. 1-27. Comparison of soil moisture during cultivation period in greenhouse of conventional (A) and smart farm (B) of *Chrysanthemum morifolium* 'Baekma' in the 2020 experiment.

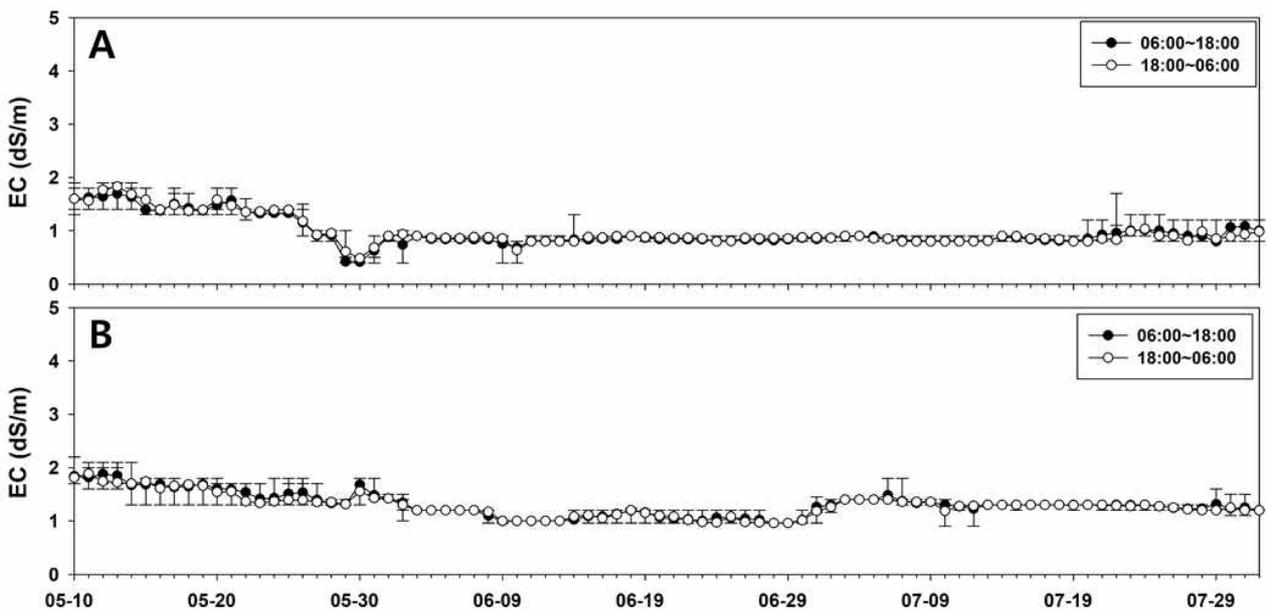


Fig. 1-28. Comparison of soil EC during cultivation period in greenhouse of conventional (A) and smart farm (B) of *Chrysanthemum morifolium* 'Baekma' in the 2020 experiment.

3) 관행농가와 스마트팜의 절화 생육 비교

가) 2019년 실험

관행농가와 스마트팜 농가에서 재배한 '백마'를 수확하여 절화의 생육을 조사하였는데, 절화장은 관행농가의 90.9cm보다 스마트팜에서 97.9cm로 더 길었으며, 화폭도 관행농가의 9.2cm보다 스마트팜에서 10.3cm로 더 길었다(Table 1-16). 생체중도 관행농가보다 스마트

팜에서 23.2g 더 무거웠고, 엽록소 함량도 스마트팜에서 더 높은 것으로 나타나 전반적으로 관행농가보다 스마트팜에서 절화의 생육이 양호한 것으로 나타났다. 이와 같이 스마트팜보다 관행농가에서 ‘백마’의 생육이 저조한 원인은 주야간 온도의 부적절한 관리와 낮은 수증기압 포차, 토양의 높은 EC농도 등의 복합적인 요인에 의해 발생했다고 판단된다. 따라서, 관행농가의 시설 내에 온도, 습도, 및 토양 EC 센서 등을 설치하여 국화 ‘백마’ 생육에 적합한 환경으로 제어한다면 더 좋은 품질의 절화를 생산할 수 있을 것으로 판단되었다.

Table 1-16. Growth of cut flower cultured in conventional farm and smart farm in *Chrysanthemum morifolium* ‘Baekma’ in the 2019 experiment.

Farm	Length of cut flower (cm)	Number of leaves (ea)	Stem diameter (mm)	Length of flower neck (cm)	Length of first leaf (cm)	Flower diameter (cm)	Fresh weight (g)	Chlorophyll (SPAD)
Conventional farm	90.9	57.8	6.6	2.3	6.5	9.2	74.4	54.5
Smart farm	97.9	56.5	6.9	2.6	6.6	10.3	97.5	61.3
Significance	*	ns*	ns	ns	ns	*	**	**

ns, *, ** Non-significant or significant by t-test at p=0.05 or 0.01, respectively.

나) 2020년 실험

관행농가와 스마트팜 농가에서 재배한 ‘백마’를 수확하여 절화의 생육을 조사하였는데, 절화장은 관행농가의 91.7cm보다 스마트팜에서 92.5cm로 조금 더 길었으며, 꽃목길이는 관행농가의 3.3cm보다 스마트팜에서 2.4cm로 더 짧았다(Table 1-17). 엽록소 함량은 관행농가에서 55.6으로 스마트팜의 58.1보다 낮았다. 엽수, 줄기 직경, 상위엽 크기, 화폭, 생체중 등은 관행농가와 스마트팜에서 통계적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 이와 같이 관행농가보다 스마트팜에서 ‘백마’의 생육이 조금 양호한 원인은 주야간 온도관리에서 관행농가에서 생육적온보다 낮게 관리되는 경우가 있었고, 토양의 EC가 낮아 양분관리 측면에서 양분이 부족했기 때문인 것으로 판단되었다. 또한 관행농가에서 daminozide를 늦게 처리함에 따라 꽃목길이 신장억제 효과가 적게 나타나, 관행농가에서 스마트팜보다 꽃목길이가 더 긴 것으로 판단되었다.

Table 1-17. Growth of cut flower cultured in conventional farm and smart farm in *Chrysanthemum morifolium* 'Baekma' in the 2020 experiment.

Farm	Length of cut flower (cm)	Number of leaves (ea)	Stem diameter (mm)	Length of flower neck (cm)	Length of first leaf (cm)	Flower diameter (cm)	Fresh weight (g)	Chlorophyll (SPAD)
Conventional farm	91.7	54.0	6.8	3.3	6.6	7.9	79.3	55.6
Smart farm	92.5	49.1	6.9	2.4	6.6	8.1	79.9	58.1
Significance	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	*

ns, *, ** Non-significant or significant by t-test at p=0.05 or 0.01, respectively.

4) 재배환경과 절화생육과의 상관관계 분석

가) 2019년 실험

스탠다드 국화 '백마'의 스마트팜 농가와 관행농가의 재배환경에서 지상부 재배환경으로 1일 일사량의 최고, 최저 평균과 온도(영양생장기, 화아분화기, 생식생장기), 습도, VPD를 주·야간의 최고, 최저, 평균을 가지고 절화 품질(절화장, 엽수, 생체중)과의 상관관계를 분석한 결과는 표 1-18과 같다. 지상부 환경요인에서 생식생장기의 주간 평균온도와 절화 생체중과의 0.977로 양의 상관관계를 보였으며, 다른 환경요인 통계적인 유의성을 보이지 않았다.

Table 1-18. Analysis of correlation between cultural environment and cut flower growth of standard chrysanthemum 'Baekma' in the 2019 experiment.

Factor			Length of cut flower	No. of leaves	Fresh weight	Diameter of flower
Vegetative growth stage	Day temperature	T _{max}	-0.426	-0.683	-0.453	-0.356
		T _{min}	0.498	-0.019	0.620	0.376
		T _{avg}	0.399	-0.074	0.418	0.383
	Night temperature	T _{max}	-0.218	-0.650	-0.156	-0.239
		T _{min}	0.280	-0.189	0.298	0.272
		T _{avg}	0.287	-0.147	0.275	0.307
Floral initiation stage	Day temperature	T _{max}	0.093	-0.047	-0.062	0.252
		T _{min}	0.286	-0.192	0.314	0.270
		T _{avg}	0.237	-0.050	0.137	0.339
	Night temperature	T _{max}	-0.649	-0.908	-0.465	-0.775
		T _{min}	-0.383	-0.651	-0.414	-0.311
		T _{avg}	0.088	-0.293	0.054	0.141
Reproductive growth stage	Day temperature	T _{max}	-0.129	-0.600	-0.043	-0.178
		T _{min}	0.797	0.375	0.878	0.690
		T _{avg}	0.900	0.607	0.977*	0.782
	Night temperature	T _{max}	0.271	-0.098	0.214	0.332
		T _{min}	-0.189	-0.431	-0.271	-0.081
		T _{avg}	-0.238	-0.531	-0.283	-0.160
Solar radiation	Max	0.655	0.645	0.756	0.512	
	Min	0.244	0.535	0.002	0.453	
	AVG	-0.103	0.249	-0.047	-0.173	
Day relative humidity	Max	-0.831	-0.425	-0.886	-0.747	
	Min	-0.338	-0.048	-0.236	-0.436	
	AVG	-0.060	-0.035	0.132	-0.250	
Night relative humidity	Max	0.713	0.250	0.800	0.608	
	Min	-0.675	-0.390	-0.582	-0.741	
	AVG	0.333	0.323	0.496	0.149	
Day VPD	Max	0.708	0.255	0.750	0.648	
	Min	-0.035	0.035	-0.246	0.174	
	AVG	-0.576	-0.715	-0.633	-0.474	
Night VPD	Max	0.304	-0.005	0.212	0.395	
	Min	-0.814	-0.408	-0.900	-0.699	
	AVG	-0.171	-0.339	-0.290	-0.031	

스탠다드 국화 ‘백마’의 스마트팜 농가와 관행농가의 재배환경에서 지하부 재배환경 요인인 토양수분과 토양 EC의 최고, 최저, 평균을 가지고 절화품질과 상관관계를 분석한 결과 표 1-19와 같다. 절화장과 토양수분의 상관관계는 토양수분 주간 최저와 야간 최저, 야간평균과 각각 -0.997, -0.980, -0.972로 아주 강한 음의 상관관계를 보여주고 있었다. 엽수와 토양수분과의 상관관계는 주간 최고와 주간 평균에서 각각 -0.970, -0.974로 아주 강한 음의 상관관계를 보였다. 절화생체중과의 관계에서는 토양수분 주간 최저, 야간 최고, 야간 평균에서 각각 -0.951, -0.988, -0.974로 아주 강한 음의 상관관계를 보였으며, 화폭과의 상관관계에서는 토양수분 주간 최저, 야간 최저와의 음의 상관관계를 보였다. 위와 같이 주/야간 토양수분함량과 절화의 품질과의 전체적으로 음의 상관관계를 보여주고 있었다.

토양 EC와 절화품질 상관관계에서는 절화중은 야간 EC 평균과 -0.991로 아주 강한 음의 관계를 보였고, 생체중과 관계에서는 야간 최고, 평균 EC와 각각 -0.957, -0.964로 음의 상관관계를 보여주고 있었으며, 화폭은 야간 최저, 평균과의 상관관계를 보였다. 위의 결과를 보았을 때, 비록 주간 토양 EC와 절화품질의 상관관계의 유의성을 보이지 않지만 주간 EC는 양의 상관관계 계수 값을 보여주고 있으며, 야간 토양 EC에서는 음의 상관관계를 보이는 경향이 있었다. 이것은 주간에 관비를 실시하고, 야간에는 관비를 주지 않는 것이 절화의 품질 향상에 도움이 될 수도 있으며, 주간에 관비를 하더라도 양액 EC농도를 국화 ‘백마’가 충분히 흡수할 수 있는 양을 관비하는 것이 절화 품질 향상의 효과적이라고 판단되었다.

Table 1-19. Analysis of correlation between soil moisture and EC and cut flower growth of standard chrysanthemum ‘Baekma’ in the 2019 experiment.

Factor		Length of cut flower	No. of leaves	Fresh weight	Diameter of flower
Day soil moisture	Max	-0.763	-0.970*	-0.611	-0.853
	Min	-0.997**	-0.863	-0.951*	-0.987*
	AVG	-0.926	-0.974*	-0.820	-0.969*
Night soil moisture	Max	-0.932	-0.648	-0.988*	-0.833
	Min	-0.980*	-0.842	-0.910	-0.994**
	AVG	-0.972*	-0.713	-0.974*	-0.924
Day soil EC	Max	0.333	-0.011	0.261	0.405
	Min	0.428	0.104	0.343	0.506
	AVG	0.377	0.044	0.297	0.453
Night soil EC	Max	-0.926	-0.599	-0.957*	-0.855
	Min	-0.915	-0.947	-0.793	-0.976*
	AVG	-0.991**	-0.791	-0.964*	-0.967*

나) 2020년 실험

스탠다드 국화 ‘백마’의 스마트팜 농가와 관행농가의 재배환경에서 지상부 재배환경으로 1일 일사량의 최고, 최저 평균과 온도(영양생장기, 화아분화기, 생식생장기), 습도, VPD를 주·야간의 최고, 최저, 평균을 가지고 절화 품질(절화장, 엽수, 생체중)과의 상관관계를 분석한 결과는 표 1-20과 같다. 지상부 환경요인에서 화아분화기의 야간 최고온도와 엽수 간에 음의 상관관계가 있었고, 생식생장기 야간 평균온도와 화폭 간에도 음의 상관관계가 있었다. 또한 최고 일사량은 생체중과 양의 상관관계가 있었다.

Table 1-20. Analysis of correlation between cultural environment and cut flower growth of standard chrysanthemum ‘Baekma’ in the 2020 experiment.

Factor			Length of cut flower	No. of leaves	Fresh weight	Diameter of flower
Vegetative growth stage	Day temperature	T _{max}	-0.965	0.144	-0.952	-0.976
		T _{min}	-0.250	-0.789	-0.737	-0.673
		T _{avg}	-0.746	-0.314	-0.988	-0.970
	Night temperature	T _{max}	0.301	-0.995	-0.267	-0.179
		T _{min}	-0.548	-0.549	-0.915	-0.875
		T _{avg}	-0.378	-0.699	-0.821	-0.766
Floral initiation stage	Day temperature	T _{max}	-0.670	-0.414	-0.966	-0.939
		T _{min}	-0.494	-0.601	-0.887	-0.842
		T _{avg}	-0.682	-0.400	-0.970	-0.944
	Night temperature	T _{max}	0.346	-0.998*	-0.220	-0.131
		T _{min}	-0.311	-0.748	-0.778	-0.719
		T _{avg}	-0.029	-0.905	-0.568	-0.492
Reproductive growth period	Day temperature	T _{max}	-0.958	0.119	-0.960	-0.981
		T _{min}	-0.704	-0.372	-0.977	-0.954
		T _{avg}	-0.952	0.097	-0.966	-0.985
	Night temperature	T _{max}	-0.704	-0.372	-0.977	-0.954
		T _{min}	-0.942	0.066	-0.973	-0.990
		T _{avg}	-0.904	-0.033	-0.991	-0.999*
Solar radiation	Max	0.834	0.173	1.000**	0.995	
	Min	-0.255	-0.786	-0.740	-0.676	
	AVG	0.864	-0.805	0.451	0.530	
Day relative humidity	Max	0.586	0.510	0.933	0.896	
	Min	0.194	0.823	0.697	0.629	
	AVG	0.584	0.512	0.932	0.895	
Night relative humidity	Max	0.651	0.438	0.959	0.930	
	Min	0.254	0.786	0.739	0.676	
	AVG	0.584	0.513	0.931	0.895	
Day VPD	Max	-0.984	0.226	-0.923	-0.954	
	Min	-0.524	-0.572	-0.903	-0.861	
	AVG	-0.688	-0.392	-0.972	-0.947	
Night VPD	Max	-0.565	-0.532	-0.923	-0.885	
	Min	-0.651	-0.438	-0.959	-0.930	
	AVG	-0.502	-0.593	-0.892	-0.848	

스탠다드 국화 ‘백마’의 스마트팜 농가와 관행농가의 재배환경에서 토양수분과 토양 EC의 최고, 최저, 평균을 가지고 절화품질과 상관관계를 분석한 결과 표 1-21과 같다. 토양수분과 절화 생육과의 유의성있는 상관관계가 있는 항목이 없었다. 토양 EC와 생육과의 상관관계에서 야간의 최저 토양 EC와 절화장은 양의 상관관계가 있었다.

Table 1-21. Analysis of correlation between soil moisture and EC and cut flower growth of standard chrysanthemum ‘Baekma’ in the 2020 experiment.

Factor		Length of cut flower	No. of leaves	Fresh weight	Diameter of flower
Day soil moisture	Max	0.010	0.913	0.553	0.476
	Min	0.238	0.796	0.728	0.664
	AVG	-0.094	0.951	0.463	0.381
Night soil moisture	Max	0.149	0.848	0.663	0.593
	Min	0.138	0.853	0.655	0.584
	AVG	-0.042	0.933	0.508	0.429
Day soil EC	Max	-0.644	-0.446	-0.957	-0.926
	Min	0.991	-0.517	0.758	0.814
	AVG	0.931	-0.706	0.582	0.652
Night soil EC	Max	-0.668	-0.417	-0.965	-0.938
	Min	1.000**	-0.385	0.847	0.891
	AVG	0.940	-0.688	0.602	0.672

5) 관행농가와 스마트팜의 기술 검증 및 경영성과 분석

가) 관행농가와 스마트팜의 기술 검증

(1) 2019년 실험

스탠다드 국화 ‘백마’의 재배환경을 모니터링한 결과, 온도관리는 스마트팜에 비해 일반농가들이 주간뿐만 아니라 야간에도 낮게 관리하고 있었다. 습도의 경우에도 일반농가들은 스마트팜 농가보다 주간에 2~5% 낮게 관리되고 있었다. 또한 스마트팜은 양액재배를 실시하여 토양의 EC를 낮게 유지하면서도 꾸준하게 양액을 공급하는데, 일반농가들은 토경재배에서 정식 후 생육 초기에는 토양의 EC를 높게 유지하다 화아분화 이후로는 낮아짐으로 인하여 영양분의 부족현상이 나타나는 것으로 판단되었다. 따라서 온도와 습도 관리의 부적절과 시비의 불충분으로 인하여 충해가 발생하고, 전반적인 절화의 생육이 불량한 것으로 검증되었다.

(2) 2020년 실험

스탠다드 국화 ‘백마’의 재배환경을 모니터링한 결과, 온도관리는 스마트팜에 비해 일반농가들이 주간뿐만 아니라 야간에도 낮게 관리하고 있었다. 그 외의 재배환경 관리는 유사하였다. 또한 스마트팜은 양액재배를 실시하여 토양의 EC를 유지하면서도 꾸준하게 양액을 공급하는데, 일반농가들은 토경재배에서 토양의 EC가 낮게 나타나 양분 공급이 부족한 것으로 판단되었다. 따라서 온도 관리의 부적절과 시비의 불충분으로 인하여 스마트팜이 관행농가보다 생육이 약간 더 좋은 것으로 검증되었다.

나) 관행농가와 스마트팜의 경영성과 분석 (2019년 실험)

관행농가는 비닐하우스 1,000㎡ 기준으로 삼목묘 구입비 2,250천원, 유기질과 무기질 비료 구입비 350천원, 살균제와 살충제 구입비 955천원, 전조에 따른 광열동력비 100천원, 수리비 20천원, 재료비 100천원, 자가 및 고용노동비 2,800천원이었고, 국화 ‘백마’를 재배하는 과정 중에 총 투입비용은 6,575천원으로 조사되었다(Table 1-22). 재배기간 중에 응애발생으로 살충제를 많이 살포함에 따라 농약비의 비중이 스마트팜 보다 높았다. 생산량은 총 36,000본으로 국내 시장으로 출하하였으며, 1본당 171원을 수취하여 총 수입액은 6,156천원이었으며, 순이익은 -419천원으로 나타났다. 수취가격이 스마트팜 보다 낮은 이유는 응애의 피해로 인한 품질 저하뿐만 아니라 국내 시장에서의 절화국화 가격 하락에 따른 것으로 분석되었다. 또한, 생산량이 정식 주수 45,000본 보다 적은 이유는 응애 피해가 심한 것과 품질이 떨어지는 것들은 일부 수확을 하지 못했기 때문이었다.

스마트팜은 1,000㎡ 기준으로 2013년에 스마트 자동화시설이 2,570천원에 설치됨에 따라 10년 감각상각을 고려하여 자동화시설 설치비는 연간 감각상각비로 257천원, 삼목묘 구입비 2,143천원, 무기질비료 구입비 424천원, 살균제와 살충제 구입비 343천원, 전조에 따른 광열동력비 86천원, 수리비 64천원, 재료비 200천원, 수리유지비 1,000천원, 자가 및 고용노동비 2,439천원으로 조사되어 국화 ‘백마’를 재배하는 과정 중에 총 투자비는 6,956천원으로 나타났다. 생산량은 총 44,000본을 수확하여 일본 수출 및 국내시장으로 출하하였으며, 1본당 260원을 수취하여 총 수입액은 11,440천원이었으며, 순이익은 4,484천원이었다. 이와 같이 관행농가에 비해 스마트팜은 1,000㎡ 기준으로 총투자비가 381천원이 더 많았다. 그러나, 스마트팜은 절화 국화 ‘백마’의 생육에 적합한 환경으로 제어, 관리해 줌으로써 절화 품질이 향상되어 관행농가보다 생산량은 22%, 수취가격은 52% 증가함에 따라 순이익이 더 높은 것으로 나타났다.

Choi and Lim(2018)은 스마트팜을 도입한 딸기 재배농가의 도입 전과 후의 경영성과를 분석하였는데, 스마트팜 도입으로 10a당 경영비는 2% 증가하였으나, 정밀 생육관리로 인하여 생산량이 496kg이 증가하여 2% 향상되었고, 수취가격은 373원/kg 증가하여 5.2% 향상되었다고 하였다. 이에 따라 총수입은 도입 전 183,422천원에서 도입 후 198,850천원으로 8.4%가 증가한 것으로 나타났다. 토마토를 재배하는 스마트팜은 일반농가보다 생산량이 224.9% 증가하며, 2세대 스마트팜을 도입한 선도농가는 463.6% 향상되었다고 하였다(Lee and Seol 2019). 본 연구에서 절화 국화 ‘백마’ 재배농가의 경우에도 관행농가보다 스마트팜 농가에서 생산량과 수취가격 증가로 순이익이 더 증가한 것을 알 수 있었다. 또한 1세대 스마트팜은 온실의 환경을 원격으로 관리함으로써 농업인들을 농작업을 위한 시간과 장소의 구속에서 벗어나게 함으로써 삶의 질 향상에 기여하는 것을 목표로 하는데(Yoon et al. 2017), 본 연구에서도 경영성과를 면담하는 과정에서 스마트팜 재배자는 원거리에서도 핸드폰으로 환경을 원격관리 및 제어할 수 있어서 편하게 다른 일들을 할 수 있어서 좋다고 하였다. 이처럼 절화 국화 ‘백마’ 재배에 스마트팜을 도입한다면 생육에 적합한 환경으로 제어, 관리함으로써 품질과 생산량이 향상되어 농가의 수익 증가할 뿐만 아니라 재배자의 삶의 질 향상에도 기여할 것으로 판단되었다.

Table 1-22. Management Performance of conventional farm and smart farm in *Chrysanthemum morifolium* ‘Baekma’ .

Item		Conventional farm	Smart farm
		(Thousand won/1000m ²)	
Expenditure	Installation cost of smart facility	0	257
	Seedling cost	2,250	2,143
	Fertilizer cost	350	424
	Pesticides cost	955	343
	Input factor		
	Fuel and electricity cost	100	86
	Water cost	20	64
	Materials cost	100	200
	Repairing cost	0	1,000
	Labor cost	2,800	2,439
	Sum	6,575	6,956
Income		6,156 ^Z	11,440 ^Y
Net income		-419	4,484

^ZYield : 36,000 cut flowers, sales price : 171 won/flower

^YYield : 44,000 cut flowers, sales price : 260 won/flower

6) 결론

절화 국화 ‘백마’ 를 재배하고 있는 관행농가와 스마트팜의 시설현황, 재배환경, 절화 생육 및 경영성과를 비교 분석하였다. 관행농가는 비닐하우스에서 토경으로, 스마트팜은 온실에서 양액재배하고 있었다. 스마트팜은 광량, 온도, 습도, CO₂, 풍속, 강우, 양액 pH와 EC 측정을 위한 센서들을 갖추어 자동제어하고 있었으며, 실시간으로 컴퓨터와 휴대전화 어플리케이션을 이용하여 온실을 관리하고 있었다. 반면에 관행농가는 환경 측정용 센서와 관비재배용 pH와 EC 센서들이 전혀 없었고, 모든 시스템들을 수동으로 작동하고 있었다. 시설 내의 주간과 야간온도는 관행농가에서 생육 적온보다 낮게 관리되고 있었다. 관행농가의 경우 토양 EC는 3.2dS · m⁻¹로 높게 나타나거나 0.9dS · m⁻¹ 이하로 낮게 나타나 절화 생육에 적합하지 않은 것으로 나타났고, 스마트팜은 1.1~1.3dS · m⁻¹로 적절하게 관리하고 있었다. 재배방법에 있어서 토양소독은 관행농가에서는 실시하지 않았으며, 스마트팜에서는 과산화수소를 이용하여 토양소독을 실시하고 있었다. 그 외에 재배방법은 큰 차이가 없었으나, 관행농가에서 응애가 많이 발생하여 피해증상이 나타났다. 절화장, 화폭, 생체중, 엽록소 함량 등과 같은 절화 생육은 관행농가보다 스마트팜에서 더 양호한 것으로 나타났다. 경영성과 측면에서 1,000m² 기준으로 순이익은 관행농가에서 -419천원이었고, 스마트팜은 4,484천원이었으며, 생산량과 수취가격이 관행농가보다 스마트팜에서 각각 22%와 52% 더 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 절화의 생육과 경영성과의 차이는 스마트팜의 자동화 설비에 의해 정밀 생육관리가 가능했기 때문이라고 판단되었다.

제3절 절화용 스탠다드 국화 스마트팜의 영농기법 표준 모델화 및 현장 보급

1. 절화용 스탠다드 국화농가의 생산관리 전 과정 문제점 도출 및 영농기법 고도화

가. 생산관리 전 과정의 문제점 도출

1) 삼목

스탠다드 국화는 초본경삽에 의해 생산된 발근묘를 정식하여 재배하고 있다. 본 연구에서 전주시의 유리온실 스마트팜을 제외한 스마트팜과 일반농가에서는 직접 본인 농가에 모주포를 조성하여 삼수를 채취하거나 삼수를 업체에서 구입하여 삼목하고 있었다. 그러나 삼수 채취시 삼수의 크기가 제각각 다르고, 일반 농가는 삼목환경도 불량하여 우량한 삼목묘를 생산하기 어려운 조건이었다(Fig. 1-29).



<Cuttings of uneven size>

<Cutting in farm>

<Poor cutting environment>

Fig. 1-29. Cutting of standard chrysanthemum in conventional farm.

2) 재배토양의 염류 집적

스마트팜에서는 3~4년 간격으로 양액재배 배지를 과산화수소수 또는 킬퍼 등의 소독약을 이용하여 소독하고 있고, 수확이 끝난 후 물로 배지에 집적되어 있는 염류를 씻어내고 있었다. 그러나 ‘백마’를 재배하고 있는 일반 관행농가의 경우에는 20년 재배기간 동안 단 한번도 토양 소독이나 염류 제거작업을 하지 않은 것으로 나타났다. 이들 농가의 토양 EC를 국화 정식 전에 측정한 결과 $6.0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 나타나(Fig. 1-22) 염류가 상당히 집적되어 있음을 알 수 있었다. 염류집적이 된 토양에서는 국화 잎의 시들음 현상이 나타나고, 토양 중의 양수분 흡수가 불량하여 생육이 저조하게 된다. 또한 토양 선충의 밀도가 높아져 뿌리를 가해함으로써 뿌리의 생육이 불량하게 된다(Fig. 1-30).



<A>



Fig. 1-30. Leaf wilting symptom (A) in soil of high salt accumulation and soil nematode (B).

3) 정식밀도

스탠다드 국화의 고품질 생산을 위해서 일반적으로 3.3m²당 150주 이하로 정식한다. 그러나 ‘신마’를 재배하는 일반 관행농가의 경우 3.3m²당 180주를 정식하여 밀식재배하고 있었다. 밀식재배는 스탠다드 국화의 줄기 하단부까지 투과되는 광량이 부족하여 생육이 저조하게 되며, 통풍이 불량하여 습도가 높아짐에 따라 하단부의 잎들이 흰녹병과 같은 곰팡이병에 감염될 가능성이 높다(Fig. 1-31).



Fig. 1-31. High density planting of standard chrysanthemum.

4) 온도관리

본 연구에서 ‘신마’와 ‘백마’ 재배에 있어서 일반관행농가와 스마트팜의 주간과 야간의 온도 관리에는 큰 차이가 없었다. 그러나 ‘신마’ 재배에 있어서 일반관행농가와 스마트팜의 야간 온도 관리에 있어서 차이가 나타났다. ‘신마’는 단일처리를 개시하면 야간의 온도를 20~23℃로 유지해 주어야 정상적인 화아분화가 진행된다. 그러나 ‘신마’ 재배 일반 관행농가의 경우 이 시기에 야간온도를 18℃로 관리함에 따라 화아분화가 지연되었고, 이에 따라 수확시기가 25일 지연되는 결과를 초래하였다.

5) 전조관리

추국인 ‘신마’는 영양생장을 위해서는 장일, 화아분화를 위해서 단일 조건을 조성해주어야 한다. 따라서 ‘신마’는 정식 후 야간에 전조를 실시하여 장일조건으로 만들어주고, 초장이 40~50cm 정도되었을 때, 생식생장으로 전환하기 위해 단일 조건으로 만들어 준다. 그러나 장일에서 단일로 전환 되는 시기에 급격한 일장 변화는 국화의 설상화수를 감소시켜 노심현상을 유발하고, 꽃의 무게를 감소시키는 등의 품질 저하의 원인이 된다. 본 연구에서도 노심현상을 억제하기 위해 일반 관행농가와 스마트팜에서 단일처리 후 재전조를 실시했다. 재전조는 국화의 화아분화가 단일처리 12~15일 후, 즉 총포형성기~소화형성기부터 5일동안 실시하는 것이 가장 효과적이다. 그러나 일반 관행농가에서는 단일처리 8일째에 재전조를 실시함에 따라 화아분화가 균일하게 되지 않을 뿐만 아니라 설상화수도 감소할 수 있다. 따라서 Fig. 1-31과 같이 단일 처리 후 10일 경부터 해부현미경을 통해 국화의 화아 발달 상태를 관찰하여 총포형성기부터 소화형성기가 되는 시점에 재전조를 실시하도록 해야 한다.

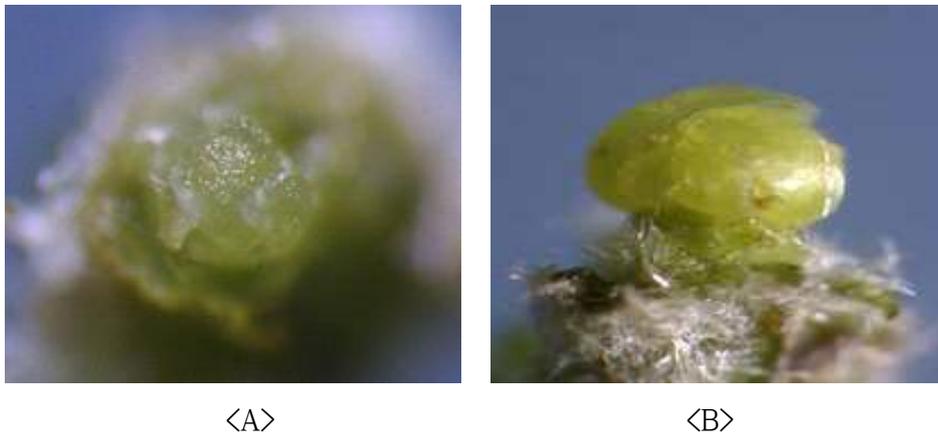


Fig. 1-31. Involucre formation stage (A) and floret formation stage (B) of standard chrysanthemum ‘Jinba’.

6) 토양수분과 EC관리

작물의 생육에 적절한 토양수분 함량은 25% 내외인데, ‘신마’ 재배 일반 관행농가에서는 생육초기에 40~43%, 생육 중기 이후에도 30~41%로 토양수분 함량이 높았다. 이는 재배자의 경험에 의한 판단가 수동으로 수분관리를 함으로써 수분이 과다하게 공급되고 있었다. 토양수분이 과다할 경우 뿌리의 호흡이 불량하게 됨에 따라 생육에 전반적으로 악영향을 미치게 된다. 따라서 토양에 수분장력센서를 설치하여 pF 2.5~4.5 범위에서 수분이 유지될 수 있도록 자동제어관리 시스템을 도입할 필요가 있는 것으로 판단되었다.

토양의 EC는 양분의 다소를 알아볼 수 있는 지표로써, ‘백마’는 EC $2.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 이상에서는 절화의 생육이 불량하다고 했는데, 본 연구에서 일반 관행농가에서는 전 생육

기간동안 평균 EC $3.2\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 높게 관리함으로써 절화 생육에 부정적인 요인으로 작용했음을 알 수 있었다. ‘신마’는 EC $1.2\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 조건에서 절화의 생육이 가장 양호한 것으로 알려져 있는데, 스마트팜에서는 전 생육기간동안 평균 EC $1.1\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 적절히 관리되고 있었다. 그러나 일반 관행농가에서는 EC $0.8\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 관리함에 따라 토양 중에 양분이 다소 부족했고, 그 결과 절화의 생육이 불량한 것으로 판단되었다. 따라서 토경 관비 재배의 경우에도 양액을 EC $1.2\sim 1.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 조절하여 공급하도록 지도하는 것이 바람직하다고 판단되었다.

7) 생장억제제 B9 처리

생장억제제인 B9은 국화의 초장을 조절하거나 꽃목이 신장되는 것을 예방하기 위해서 처리하고 있다. 일반적으로 ‘백마’는 단일처리 18후에 800mgL^{-1} 의 농도로 1회 처리하면 꽃목신장을 억제할 수 있는데, 본 연구에서는 관행농가의 경우 $600\sim 800\text{mgL}^{-1}$ 의 농도로 4회, 스마트팜의 경우 1000mgL^{-1} 의 농도로 3회 처리하였다. 따라서 관행농가와 스마트팜 모두 B9의 처리횟수가 기준보다 많았는데, 꽃목길이가 짧거나 신장되지 않은 것으로 보아 재배자가 재배환경과 생육에 맞게 적절하게 처리해준 것으로 판단되었다.

8) 응애 관리

국화에서 가장 문제시되는 충해가 응애피해인데, 본 연구에서 ‘백마’를 재배하는 일반 관행농가에서 많이 발생하여 피해를 입었다. 스마트팜에서는 화아분하기 이후에 1주일 간격으로 1~2회 적용약제를 살포했으나, 관행농가의 경우 응애가 보일 경우에 약제를 살포함으로써 적절한 방제시기를 놓친 것으로 판단되었다(Fig. 1-32).



<A>



Fig. 1-32. Healthy leaf in smart farm (A) and damage symptom of leaf in conventional farm (B).

9) 건식 저장 및 유통

본 연구에서 일반 관행농가와 스마트팜은 국화를 수확한 후 저장하거나 유통할 때, 모두 건식 방법을 사용하고 있었다. 즉, 절화 국화를 수확한 후 종이박스에 넣거나 비닐포대에 쌓아 3~5℃에 저장하였고, 저장 후에는 종이박스로 옮긴 후 국내 유통 및 수출하고 있었다(Fig. 1-33). 건식저장 및 유통은 절화 국화의 잎이 시들기 때문에 품질을 하락시키는 원인이 된다. 따라서 스탠다드 국화를 수확한 후 저장하거나 유통시에는 습식용액을 사용하여 저장 및 유통하는 것이 바람직하다고 하겠다.

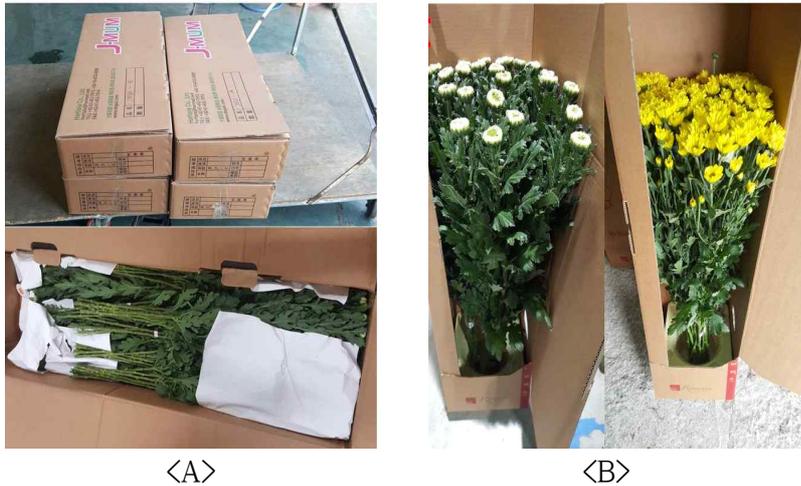


Fig. 1-33. Dry storage in box (A) and wet shipping in solution (B) of chrysanthemum.

10) 전처리제

절화국화를 수확한 후 유통 전에 절화의 수명연장하기 위한 처리를 하는데, 이를 전처리라고 한다. 일반적으로 국화의 전처리제로 크리샬, 화정, 하이플로라, 플로라라이프, NaOCl 등이 사용되고 있다. 본 연구에서 스마트팜은 전처리제로 물올림시 플로라라이프와 NaOCl을 사용하고 있었으나, 일반 농가에서는 물올림만 사용하고 있었다(Fig. 1-34). 따라서 절화의 신선도를 유지하고 품질을 향상시키기 위해서 일반 농가에서도 전처리제를 사용하여 유통 시키는 것이 바람직하다.



Fig. 1-34. Dip in water (A) and pretreatment solution 'HiFlora' (B).

나. 절화용 스탠다드 국화 농가의 영농기법 고도화

1) 절화용 스탠다드 국화 생육도일온도에 따른 생장 회귀 모델 개발 및 생장 예측

본 연구는 스탠다드 국화 ‘신마’와 ‘백마’의 스마트팜과 관행농가의 재배관리 기상환경(기온)과 국화의 생장에 대한 실측 데이터를 수집하여, 절화용 스탠다드 국화의 생장 회귀모델을 개발하여 생장을 예측하고자 하였다.

가) 연구방법

스마트팜과 관행농가에서 재배 중인 스탠다드 국화 ‘신마’와 ‘백마’ 품종을 정식부터 수확까지 재배환경을 조사하였고, 정식부터 15일 간격으로 초장과 엽수를 조사하여 생장에 대한 실측 데이터로 이용하였다. 또한 시설 내 온도는 30분 간격으로 데이터로거(WatchDog 1650 Micro Station Spectrum Technologies Inc., USA)를 사용하여 측정한 자료(그림 1-12, 1-23). 정식 후 일수(DAT; Days After Transplanting), 생육도일 온도(GDD; Growing Degree Days, 식1)은 독립변수로, 절화장을 종속변수로 다중 상관 분석을 하였다. 절화장 생장 요인에 대한 회귀 모델은 sigmoidal 함수 형태의(3 Parameter)를 이용하였다.

$$GDD = \sum \frac{Max\ temp. + Min\ temp.}{2}, \text{ Max and Min temp. (일 최고 및 최저기온)} \dots\dots(1)$$

$$Growth(Plant\ height) = \frac{a}{1 + \exp\left(-\frac{GDD - b}{k}\right)} \quad a, b \text{ 및 } k \text{는 변수} \dots\dots\dots(2)$$

나) 연구결과

(1) 스탠다드 국화 ‘신마’

생육도일온도(Growing Degree Days; GDD)에 따른 스탠다드 국화 ‘신마’의 절화장의 예측 회귀 모델식을 개발하였다(그림 1-35). 정식 후 일수(DAT)에 따른 GDD 예측은 스마트팜에서 $Y=17.8804x+106.1869$, $R^2=0.9932$ 였고, 관행농가는 $Y=18.1099x+82.4663$, $R^2=0.9990$ 로 거의 유사한 예측 모델이 작성되었다(그림 1-35A). GDD를 이용하여 절화장의 예측을 위한 스마트팜 농가(식3)의 예측식은 $Y=111.18/(1+\exp(-(GDD-797.184)/367.676))$, $R^2=0.993$ 였고, 위 식(2)에서 a는 국화 절화장의 잠재적 최대값으로 111.2cm로 나왔으며, 관행농가는 $Y=98.143/(1+\exp(-(GDD-1187.178)/504.955))$, $R^2=0.994$ 로 잠재적 최대값이 98.1cm이었다. 스마트팜과 관행농가의 b값은 각각 797.184, 1187.178이었고, k값 역시 각각 367.676, 504.955이었다(표 1-23, 그림 1-35B).

스탠다드 국화의 재배관리는 정식부터 단일처리 전까지 소요되는 영양생장기간을 1단계, 단일처리 실시 후 화아가 형성되는 화아분화기를 2단계, 화아분화기 종료 후 개화까지 소요되는 생식생장기를 3단계로 구별하여 영농기법을 조사하였다. 스마트팜 농가의 영양생장기간

38일, 화아분화기간 20일, 생식생장기간 37일로, 총 재배기간 95일이었고, 관행농가는 영양생장기간 61일, 화아분화기간 20일, 생식생장기간 39일로 총재배기간 120일이였다(표 1-3).

$$Plant\ height = \frac{111.1813}{1 + \exp\left(-\frac{GDD - 797.1841}{367.6755}\right)} \dots\dots\dots (3)$$

$$Plant\ height = \frac{98.1426}{1 + \exp\left(-\frac{GDD - 1187.1782}{504.9553}\right)} \dots\dots\dots (4)$$

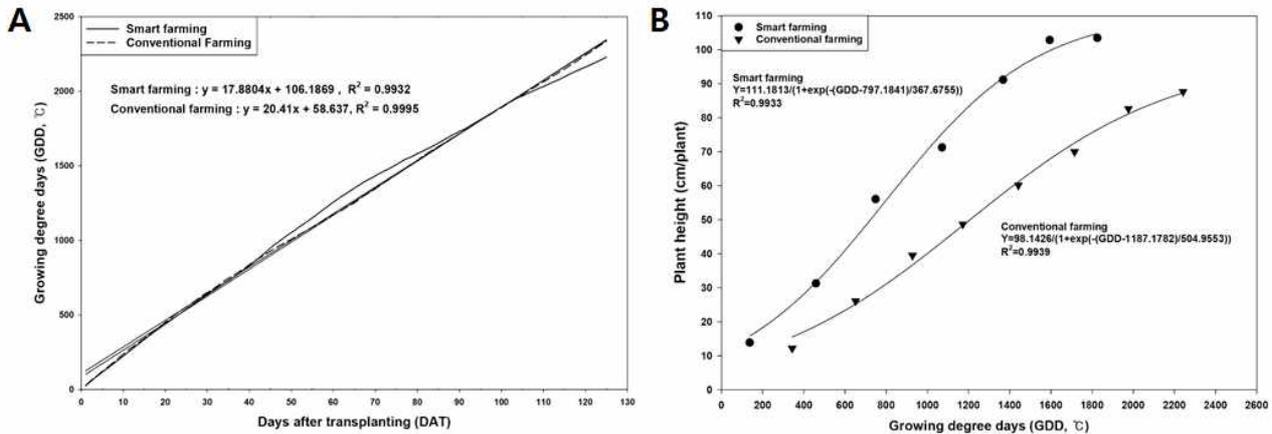


Fig. 1-35. Prediction model (B) of plant height by growing degree days (A) in standard chrysanthemum ‘Jinba’ .

Table 1-23. Parameters of growth model by growing degree days in standard chrysanthemum ‘Jinba’ .

	Growth model parameters			R ²
	a	b	k	
Smart farm	111.1813	797.1841	367.6755	0.9933
Conventional farm	98.1426	1187.1782	504.9553	0.9940

위 기간을 DAT식에 대입하면, 각 단계별 GDD 값을 산출 할 수 있으며, 산출된 GDD 값을 각 단계별 소요일수로 나누면 평균온도를 계산할 수 있다. 위와 같이 산출된 각 단계별 평균온도는 스마트팜 영양생장기 20.7℃, 화아분화기 23.2℃, 생식생장기 20.8℃였고, 관행농가는 영양생장기 19.5℃, 화아분화기 22.2℃, 생식생장기 18.8℃로 스마트팜보다 관행농가에서 전체적으로 온도를 낮게 관리하고 있었다(표 1-24). 또한, 재배기간에서 영양생장기의 재배 기간이 스마트팜은 38일이고, 관행농가는 61일로 관행농가가 23일 이상 재배기간이 길었으나, 단일 처리 전에 절화의 길이가 스마트팜 농가에서 54.7cm보다 관행농가에서 49.1cm로 더 짧은 것을 예측할 수 있었다.

스마트팜과 관행농가의 재배기간에서 스마트팜은 재배기간이 95일이며, 절화장이 103.1cm로 절화예측 모델에서 절화길이 104.4cm를 예측한 것 보다 1.3cm 짧았다. 관행농가의 재배기간은 120일이며, 절화장은 87.7cm였는데, 절화 예측 모델에서 87.6cm로 나타나 예측한 것보다 0.1cm 긴 것으로 나타나 예측모델에서 제시하는 값과 거의 유사한 결과를 보여주고 있었다. 위와 같이 스마트팜에서 절화의 예측 모델에서 예측하는 것보다 짧은 이유는 양액 공급, daminozide 처리 농도 및 처리 횟수 등의 변수가 반영되지 않아 오차가 발생하는 것으로 판단 되었고, 모델의 교정 및 검증이 지속적으로 필요하다.

Table 1-24. Prediction of cultivation temperature and cut flower length by growth stage in standard chrysanthemum ‘Jinba’ .

		Smart farming	Conventional farming
Vegetative growth stage	Period (day)	38	61
	GDD	785.6	1187.2
	Average temperature(°C)	20.7	19.5
	Cut flower length (cm)	54.7	49.1
	<hr/>		
Floral initiation stage	Period (day)	20	20
	Accumulated GDD	1143.3	1549.4
	Average temperature(°C)	23.2	22.2
	Cut flower length (cm)	80.0	66.0
<hr/>			
Reproductive growth stage	Period (day)	37	39
	GDD (Accumulated GDD)	1804.8	2255.7
	Average temperature(°C)	20.8	20.1
	Cut flower length (cm)	104.4	87.6
	<hr/>		

2) 스탠다드 국화 ‘백마’

생육도일온도(Growing Degree Days)에 따른 스탠다드 국화 ‘백마’의 절화장의 예측 회귀 모델식을 개발하였다(그림 1-36). 정식 후 일수(DAT)에 따른 스마트팜의 예측 GDD는 $Y=25.5212x-43.9518$, $R^2=0.9995$ 였고, 관행농가는 $Y=25.1923x-51.6257$, $R^2=0.9990$ 로 예측 모델이 거의 유사하게 작성되었다(그림 1-36A). 이것은 관행농가에 스마트팜 영농기법을 도입하여 재배환경 관리를 실시하였기 때문에 유사한 결과를 보여주는 것으로 판단되었다. GDD를 이용하여 절화장을 예측한 모델은 스마트팜 농가(식5)에서의 예측식은 $Y=99.8218/(1+\exp(-(GDD-908.2436)/381.775))$, $R^2=0.9933$ 였고, 위 모델에서 국화 절화장의 잠재적 최대값으로 99.82cm로 나타났다. 관행농가는 $Y=96.2484/(1+\exp(-(GDD-929.0248)/407.836))$, $R^2=0.998$ 로 잠재적 최대값이 96.25cm이었다(표 1-25, 그림 1-36B).

$$Plant\ height = \frac{99.8218}{1 + \exp\left(-\frac{GDD - 908.2436}{381.775}\right)} \dots\dots\dots (5)$$

$$Plant\ height = \frac{96.2484}{1 + \exp\left(-\frac{GDD - 929.024}{407.836}\right)} \dots\dots\dots (6)$$

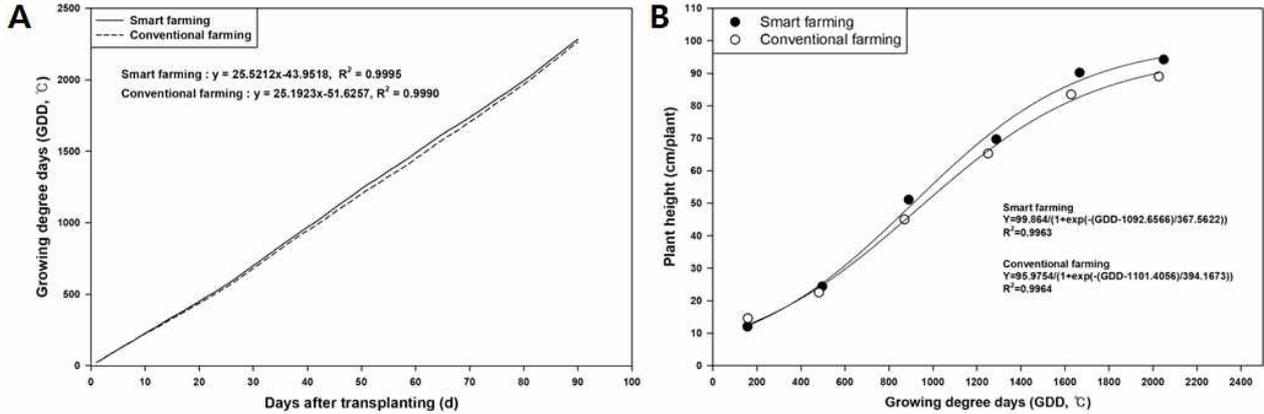


Fig. 1-36. Prediction model (B) of plant height by growing degree days in standard chrysanthemum ‘Baekma’ .

Table 1-25. Parameters of growth model by growing degree days in standard chrysanthemum ‘Baekma’ .

	Growth model parameters			R ²
	a	b	k	
Smart farm	99.8218	908.2436	381.775	0.9933
Conventional farm	96.2484	929.0248	407.836	0.9975

위 기간을 DAT식에 대입하면, 각 단계별 GDD 값을 산출 할 수 있으며, 산출된 GDD 값을 각 단계별 소요일수로 나누면 평균온도를 계산할 수 있다. 위와 같이 산출된 각 단계별 평균온도는 스마트팜 영양생장기 24.0℃, 화아분화기 23.6℃, 생식생장기 20.8℃였고, 관행농가는 영양생장기 23.4℃, 화아분화기 22.8℃, 생식생장기 23.0℃로 스마트팜보다 관행농가에서 전체적으로 온도를 낮게 관리하고 있었다(표 1-26). 또한, 재배기간에서 영양생장기와 화아분화기는 스마트팜과 관행농가가 동일하여 각각 38일과 20일로 나타났다. 반면에 생식생장기는 스마트팜이 22일, 관행농가는 24일로 관행농가가 2일 더 길었다. 절화장은 영양생장기에는 스마트팜이 50.2cm, 관행농가가 45.9cm로 스마트팜이 4.3cm 더 길었다. 화아분화기에는 스마트팜과 관행농가의 절화장이 각각 74.3cm와 68.5cm였고, 생식생장기에는 스마트팜이 100.9cm, 관행농가는 95.9cm로 스마트팜이 5.0cm 더 길었다.

Table 1-26. Prediction of cultivation temperature and cut flower length by growth stage in standard chrysanthemum ‘Baekma’ .

		Smart farming	Conventional farming
Vegetative growth stage	Period (day)	38	38
	GDD	912.0	890.72
	Average temperature(°C)	24.0	23.4
	Cut flower length (cm)	50.2	45.9
Floral initiation stage	Period (day)	20	20
	GDD	472.0	456.1
	(Accumulated GDD)	(1400.8)	(1373.7)
	Average temperature(°C)	23.6	22.8
Reproductive growth stage	Period (day)	22	24
	GDD	520.9	825.0
	(Accumulated GDD)	(1938.5)	(1953.2)
	Average temperature(°C)	23.7	23.0
	Cut flower length (cm)	100.9	95.9

2) 스탠다드 국화 ‘신마’ 영농기법 고도화

가) 기존 스탠다드 국화 추국의 영농기법

본 연구에서 스마트팜의 재배환경과 재배방법을 활용하여 스탠다드 국화 ‘신마’의 영농기법을 고도화하였다. 기존의 스탠다드 국화 ‘신마’와 같은 추국의 재배 작형 중에서 본 연구에서 조사한 전조재배 작형을 농촌진흥청 표준영농교본 “국화재배”를 참고하여 제시하면 다음과 같다. 삼목묘를 9월 초순에 정식하여 1월 중순에 출하하는 것을 기준으로 하였다 (Fig. 1-37).

- 정식 : 9월 초순에 3.3m²당 60~70본의 삼목묘를 정식한다.
- 적심 : 정식 15일 후 (9월 중하순)에 정아부분을 제거한다.
- 일장 : 9월 초순에 정식하기 때문에 정식 직후 야간에 전조를 실시해야 하며, 영양생장이 끝나는 10월 하순경에 소등하여 단일 조건으로 전환시킨다. 단일 처리 15일 후에 재전조를 실시한다.
- 온도 : 10월 중순 이후 가온을 실시하고, 단일처리 5일 전부터 온도를 높여 분화시키고, 봉오리가 나타나면 온도를 내려 경화시키고, 개화기에는 다시 온도를 올려 착색이 잘 되도록 한다.
- 개화 : 1월 중순 ~ 하순에 개화한다.
- 재배기간 : 영양생장 기간은 약 50일이며, 생식생장 기간은 약 80일로 총 재배기간은 약 130일이다.

출하 시기	9월	10월	11월	12월	1월
1월 출하	○	×	☞	○	■
	☆	☆	★	●	

☆ 전조, ★ 소등, ● 재전조, ○ 정식, × 적심, ☞ 가온, ■ 개화

Fig. 1-37. Conventional cropping system of light culture in autumn flowering-type chrysanthemum. (Rural Development Administration, Standard Farming Textbook “Cultivation of chrysanthemum” , 2002)

나) 스탠다드 국화 ‘신마’ 의 영농기법 고도화

스탠다드 국화 ‘신마’ 의 재배방법을 개선하여 고도화된 영농기법을 제시하면 다음과 같다(Fig. 1-38).

○ 정식 : 10월 5일경(초순)에 삼목묘를 3.3m²당 150본을 정식한다.

○ 적심 : 과거에는 적심을 하여 1본에서 다수의 줄기를 유도하여 1본당 3~4개의 절화를 수확하였으나, 이는 절화장이 짧아지고 품질이 떨어지는 단점이 있다. 따라서 정식 본수를 2배정도 더 많게 하고, 1본에 1개의 절화를 재배하는 ‘외대 재배’ 방법으로 절화품질을 향상시킨다.

○ 일장 : 스탠다드 국화 ‘신마’ 는 한계일장이 13.5시간이므로 자연상태에서 8월 15일 이후에는 단일로 인식하기 때문에 이 이후부터 전조를 하지 않으면 화아분화가 진행된다. 따라서 10월 5일(초순) 경에 정식하는 재배작형의 경우 반드시 정식하자마자 전조를 실시해야 한다. 삼과장 형광등이나 백색 또는 적색 LED등을 2×2m 간격으로 설치하고, 심야에 4시간 전조를 실시한다. 전조 후 화아분화를 유도하기 위해 소등하여 단일상태로 조성해 주고, 이후 총포형성기~소화형성기인 단일 처리후 12~15일 후에 노심현상을 방지하기 위해 재전조를 실시한다. 재전조는 심야 4시간, 5일 동안 실시하면 되고, 이후에는 다시 소등하여 단일 상태를 개화 때까지 유지해 준다.

○ 온도 : 정식 후 영양생장 기간동안 온도는 주간 25℃, 야간 15℃ 정도로 관리한다. 소등을 실시하기 전에 2~3일간 야간에 온도를 17~18℃로 올려줘 예비 가온을 실시하고, 소등과 동시에 20일간 야간온도를 20~23℃로 올려줘 화아분화를 유도한다. 이후 발내기까지 14~15℃로 유지하고, 꽃잎이 벌어져 보이기 시작하면 16~17℃로 유지하여 개화시킨다. 영양생장, 화아분화, 생식생장 기간 동안 생육도일온도에 따른 생장 예측 모델을 적용해보면 아래와 같다(Table 1-27).

Table 1-27. Growth period, temperature, cut flower length, and GDD by growth prediction model according to GDD during vegetative growth, floral initiation, and reproductive growth stage in standard chrysanthemum ‘Jinba’ .

Stage	Vegetative growth stage	Floral initiation stage	Reproductive growth stage	
Period (days)	38	20	37	
Temperature	Day : 25°C Night : 15°C	Day : 25°C Night : 22°C	Day : 25°C Night : 15°C	Day : 25°C Night : 17°C
Cut flower length (cm)	55	80	104	
GDD	786	1143	1805	

○ B9 : B9은 생장억제제로 줄기를 굵게 하거나 꽃목의 신장을 억제하는 목적으로 처리하는데, ‘신마’에서는 주로 꽃목신장을 억제하기 위해 처리한다. 처리시기와 농도는 일본산 B9으로 1차 처리는 소등 후 14일 전후로 400mgL⁻¹의 농도 10a 당 120~150L를 살포하고, 2차 처리는 소등 후 20일 전후로 400mgL⁻¹의 농도 10a 당 120~150L를 살포하고, 3차 처리는 소등 후 30일 전후로 600mgL⁻¹의 농도 10a 당 120~150L를 살포한다. B9 처리 농도는 재배자가 재배환경이나 꽃목신장 정도를 관찰하여 적절히 조절해야 한다.

○ 습도 : 10월 정식외의 경우 야간 온도가 15°C 정도이고, 일교차가 심하여 야간에 시설 내 상대습도가 높았을 경우 흰녹병과 같은 곰팡이병이 자주 발생한다. 따라서 제습기를 활용하여 시설 내 상대습도를 70% 이하로 유지되도록 한다.

○ 양액 : EC 1.2 dS · m⁻¹로 양액을 공급한다.

○ 병충해 : 국화에서 주로 발생하는 병해는 주로 흰녹병이며, 그 다음이 잣빛곰팡이병이다. 또한 주로 발생하는 충해로는 응애, 아메리카잎굴파리, 총채벌레 등이다. 이들 병충해를 예방하기 위해서 병충해 발생에 상관없이 적용약제를 1주일에 1회씩 각각 살포한다.

○ 개화 : 1월 10일경에 개화한다.

○ 재배기간 : 영양생장 기간 40일, 생식생장 기간 55일로 총 95일로 기존의 재배 작형보다 재배기간이 35일 정도 단축된다.

출하 시기	10월			11월			12월			1월		
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
1월 출하	○☆-----★-----●-----★-----■											
일장	장일			단일	장일	단일						
온도	주간 : 25℃ 야간 : 15℃			예비 가온	주간 : 25℃ 야간 : 22℃		주간 : 25℃ 야간 : 14℃			주간 : 25℃ 야간 : 16℃		
B9 처리					↑	↑	↑					
습도	70% 이하로 관리											
토양 EC	양액을 1.2 dS·m ⁻¹ 로 공급											
병충해	1주일 간격으로 적용약제 실편											
정식	3.3m ² 당 150본 정식											
적심	무적심 재배											

Fig. 1-38. Advanced farming techniques in light culture of standard chrysanthemum ‘Jinba’ ,

3) 스탠다드 국화 ‘백마’ 영농기법 고도화

가) 기존 스탠다드 국화 하추국의 영농기법

본 연구에서 스마트팜의 재배환경과 재배방법을 활용하여 스탠다드 국화 ‘백마’의 영농기법을 고도화하였다. 기존의 스탠다드 국화 ‘백마’와 같은 하추국의 재배 작형 중에서 본 연구에서 조사한 8월 초순 출하 작형 중에서 농촌진흥청 표준영농교본 “국화재배”를 참고하여 제시하면 다음과 같다. 삼목묘를 5월 10일경에 정식하여 8월 20일경에 출하하는 것을 기준으로 하였다(Fig. 1-39).

- 정식 : 5월 10일 경에 3.3m²당 80본의 삼목묘를 정식한다.
- 적심 : 정식 15-20일 후에 정아부분을 제거한다.
- 일장 : ‘백마’는 한계일장이 어느 정도인지 밝혀진 것은 없어 정식 후부터 전조를 실시하여 장일로 만들어주고 있으며, 6월 중순경에 소등한다.
- 온도 : 정식부터 단일처리 전까지 15℃, 화아분화기에 17℃, 이후에는 15℃로 관리한다.
- 개화 : 8월 20일 경에 개화한다.
- 재배기간 : 영양생장 기간은 약 50일이며, 생식생장 기간은 약 50일로 총 재배기간은 약 100일이다.

출하 시기	4월	5월	6월	7월	8월
9월 초순 출하		○-----×-----			■
		☆-----	★		

☆ 전조, ★ 소등, ○ 정식, × 적심, ■ 개화

Fig. 1-39. Conventional cropping system in summer-autumn flowering-type chrysanthemum. (Rural Development Administration, Standard Farming Textbook “Cultivation of chrysanthemum”, 2002)

나) 스탠다드 국화 ‘백마’의 영농기법 고도화

스탠다드 국화 ‘백마’의 재배방법을 개선하여 고도화된 영농기법을 제시하면 다음과 같다(Fig. 1-40). 단, 일본 수출을 고려하여 꽃봉오리가 2.3cm 정도 되었을 때 수확하는 기준으로 작성되었으므로, 만개까지를 고려한다면 생식생장기간이 15일 정도 길어질 것이다.

○ 정식 : 5월 10일경에 삼목묘를 3.3m²당 150본을 정식한다.

○ 적심 : 과거에는 적심을 하여 1본에서 다수의 줄기를 유도하여 1본당 3~4개의 절화를 수확하였으나, 이는 절화장이 짧아지고 품질이 떨어지는 단점이 있다. 따라서 정식 본수를 2배정도 더 많이 하고, 1본에 1개의 절화를 재배하는 ‘외대 재배’ 방법으로 절화품질을 향상시킨다.

○ 일장 : 스탠다드 국화 ‘백마’는 자연개화기가 9월 20일이기 때문에 자연 화아분화기는 7월 말 ~ 8월 초순이고, 이 시기의 일장이 14.2시간 정도인 것으로 추정된다. 따라서 ‘백마’의 한계일장은 14.2시간 정도로 추측된다. 본 연구에서는 5월 10일 경(일장 13.8시간 정도)에 정식하기 때문에 정식 직후 야간에 전조를 실시해야 한다. 6월 20일 경에 화아분화를 유도하기 위해 소등하며, 차광막을 이용하여 일장이 12시간이 되도록 단일 처리한다. 단일 처리 10~12일 후에 5일 동안 재전조를 실시하며, 이는 상위엽을 크게 하는 효과가 있다. 재전조 이후에는 다시 일장이 12시간이 되도록 단일조건을 만들어 준다.

○ 온도 : 5월 10일 경 정식 후 영양생장 기간 동안은 시설 내 주야간 온도가 계속 상승하는 시기이므로, 주간 28℃, 야간 20℃ 정도로 관리한다. 예비가온이나 화아분화를 위한 온도를 따로 설정하여 조절할 필요가 없이 개화까지 주간 28℃, 야간 20℃ 정도를 유지하도록 관리한다. 영양생장, 화아분화, 생식생장 기간 동안 생육도일온도에 따른 생장 예측 모델을 적용해 보면 아래와 같다(Table 1-28).

Table 1-28. Growth period, temperature, cut flower length, and GDD by growth prediction model according to GDD during vegetative growth, floral initiation, and reproductive growth stage in standard chrysanthemum 'Baekma' .

Stage	Vegetative growth stage	Floral initiation stage	Reproductive growth stage
Accumulated period (days)	38	58	80
Temperature	Day : 28°C Night : 20°C	Day : 28°C Night : 20°C	Day : 28°C Night : 20°C
Cut flower length (cm)	50	78	94
GDD	912	1401	1,939

○ B9 : 처리시기와 농도는 일본산 B9으로 1차 처리는 소등 후 20일 전후로 720mgL⁻¹의 농도 10a 당 120~150L를 살포하고, 2차 처리는 소등 후 30일 전후로 400mgL⁻¹의 농도 10a 당 120~150L를 살포한다. 만약 1회만 처리시에는 소등 후 20일 전후로 800mgL⁻¹의 농도 10a 당 120~150L를 살포한다. B9 처리 농도는 재배자가 재배환경이나 꽃목신장 정도를 관찰하여 적절히 조절해야 한다.

○ 습도 : 5월 10일 경은 시설 내 야간 온도가 20°C 내외이므로 상대습도가 높았을 때 흰녹병이 많이 발병할 수 있는 조건이다. 따라서 제습기를 활용하여 시설 내 야간의 상대습도를 70% 이하로 유지되도록 한다.

○ 양액 : EC 1.3 dS · m⁻¹로 양액을 공급한다.

○ 병충해 : 5월 중순부터 ~ 7월 중순까지 장마 등의 이유로 시설내 상대습도가 높아 흰녹병이 주로 발병하며, 7월 중순 이후 수확까지는 건조에 의해 응애 발생이 많다. 따라서 이들 병충해를 예방하기 위해서 병충해 발생에 상관없이 적용약제를 1주일에 1회씩 각각 살포한다.

○ 개화 : 7월 30일경에 개화한다.

○ 재배기간 : 영양생장 기간 38일, 생식생장 시간 42일로 총 80일이다.

출하 시기	5월			6월			7월			8월		
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
7월 출하	전조 ○☆ 정식			차광(단일) ★●			소등 ●★			개화 ■		
일장	장일			단 일			장일			단일		
온도	주간 : 28℃, 야간 : 20℃											
B9 처리	↑ ↑ 720 400mg·L ⁻¹											
습도	70% 이하로 관리											
토양 EC	양액을 1.3 dS·m ⁻¹ 로 공급											
병충해	1주일 간격으로 적용약제 실편											
정식	3.3m ² 당 150본 정식											
적심	무적심 재배											

Fig. 1-40. Advanced farming techniques in light culture of standard chrysanthemum 'Baekma' .

2. 절화용 스탠다드 국화 스마트팜 선도농가 생산관리 매뉴얼 제작 및 현장보급

가. 절화용 스탠다드 국화 스마트팜 영농기법 DB 표준 scale 모델 구축

1) 삼목

모주포가 있는 농가는 저온에 충분히 감응시키도록 하고, 비배관리, 병충해 관리를 철저히 한다. 적심 2회째부터 삼수를 채취하고, 적심 5회째 이후로는 삼수로써 부적절하므로 채취하지 않는다. 플러그 삼목시 삼수는 길이 7cm, 엽수 4장 정도, 직삼시에는 삼수길이가 9cm 정도가 적당하다. 삼수는 길이, 굵기, 엽수를 동일하게 준비해야 균일한 묘를 생산할 수 있다. 배지로는 일반적으로 원예용상토를 사용해도 발근이 잘되며, 펄라이트와 피트모스를 1:1 정도 혼합하여 사용해도 좋다. 삼목 전에 IBA 50mg·L⁻¹에서 1분 정도 침지한 후 저장고에서 하루 보관했다가 삼목하면 발근이 잘 된다. 삼목 후 20℃의 온도 조건이면 10~15일이면 발근되어 정식해야 하며, 30일 이상 지연되면 삼목묘가 노화되어 버들눈 발생이 많아진다(Fig. 1-41).

삼목묘를 구입하여 사용할 경우에는 특히, 8월 말 이후에 정식할 경우에는 모주포에서 야간 전조를 실시한 것인지를 확인해야 한다. 8월 초순부터 전조를 실시하지 않으면 화아분화가 된 상태의 삼수를 채취하여 삼목한 것일 수 있으므로 주의해야 한다.

토경이나 양액재배 베드에 직삼할 경우에는 직삼 후 잎의 위조를 방지하기 위해

주간에는 3~4시간 간격으로 1분정도 스프링클러로 살수해주고, 고온기에는 차광을 해 주어야 발근이 잘된다.

2) 정식

삼목묘를 정식할 경우 3.3m²평당 150주 정도 식재한다. 이 이상 식재시에는 밀식 되어 통풍이 불량하여 병 발생이 잘 되며, 수광량 부족으로 품질이 떨어진다.

3) 정식 후 재배관리

가) 시비량

토경 관비재배는 10a당 질소 30kg, 인산 20kg, 칼륨 30kg이 표준 시비량이며, 정식 전 토양검정을 실시하여 부족분을 기비 또는 추비형태로 공급한다. 일반적으로 복합비료 (N-P-K=19-19-19)는 영양생장기에는 10a당 1일당 1kg, 화아분화기에는 1.2kg, 개화기 1.1kg 정도를 시비하면 적당하다.

나) 온도

스탠다드 국화 ‘백마’는 일본 수출시에는 주로 7월말 ~ 9월초에 수확하는 작형으로 재배되고 있다. 따라서 온도가 올라가는 시기이므로 주간 28℃, 야간 20℃ 정도를 유지하도록 관리한다. 스탠다드 국화 ‘신마’는 주간 25℃, 야간 14~16℃를 기준으로 관리 하되, 화아분화기에는 야간에 22℃ 정도로 20일간 관리해야 화아분화가 균일하게 유도된다.

다) 전조

스탠다드 국화 ‘백마’와 ‘신마’의 경우 자연개화 재배작형이 아닌 경우에는 정식과 동시에 전조를 하는 것이 바람직하다. 전조는 야간 22:00~02:00시 까지 4시간 정도 실시하며, 밝기는 60~70럭스 정도가 적당하다.

라) 단일처리

스탠다드 국화 ‘백마’와 ‘신마’는 단일처리를 해야 화아분화가 유도되기 때문에 반드시 실시해야 하며, 일반적으로 고품질을 생산할 경우에는 초장이 50~55cm 정도에서 단일처리를 실시하여 화아분화를 유도하는 것이 좋다.

마) 재전조

스탠다드 국화 ‘백마’는 단일처리 10~12일 후, ‘신마’는 12~15일 후에 재전조를 5일 동안 실시한다. 재전조는 ‘백마’의 절화장, 화폭, 및 상위엽을 크게하며, ‘신마’는 설상화수, 화폭 및 상위엽이 증대되는 효과가 있다.

바) Daminozide(B-9) 처리

스탠다드 국화는 꽃목길이가 길어지면 품질이 하락하기 때문에 꽃목신장 억제제를 위해 생장억제제를 처리한다. ‘백마’는 단일처리 20일과 30일 후에 각각 720mgL⁻¹와 400 mgL⁻¹의 농도로 2회 처리하거나, 단일처리 20일 후에 800mgL⁻¹의 농도로 1회 처리한다. ‘신마’는 단일처리 14일, 20일, 30일 후에 각각 400, 400, 600mgL⁻¹의 농도로 3회 처리한다.

4) 수확 및 선별

스탠다드 국화의 수확시기는 일본 수출용의 경우 고온기에는 설상화가 꽃봉오리를 3/4정도 덮은 상태(3단계), 저온기에는 완전 덮은 상태(4단계)의 절화를 수확한다. 국내 출하용인 경우에는 바깥 설상화 1~2겹이 위로 서있는 상태에서 수확한다. 수확 후 국화전용 절화수명연장제를 사용하여 물올림을 한다.

선별은 수출할 경우 절화장과 무게가 2L등급은 90cm/70g, L 등급은 90cm/60g, M 등급은 80cm/50g, S 등급은 80cm/40g이며, 국내 출하용은 80cm/50g이 1등급이다.

5) 저장 및 포장

스탠다드 국화 저장은 보통 5℃ 내외에서 실시하며, 건식으로 저장하고 있다. 포장은 30×35×97cm 규격의 종이박스에 유산지(수출시) 또는 신문지(국내 출하시)를 사용하여 포장한다.

6) 유통

현재는 스탠다드 국화 유통은 건식으로 진행되고 있는데, 습식유통을 할 경우 절화의 신선도 유지 및 품질이 향상되는 효과가 있다. 특히, 일본 등지의 해외로 수출시에는 유통 기간에 4~5일 소요되므로 습식용액을 NaOCl 50mgL⁻¹를 사용하면 효과적이다.

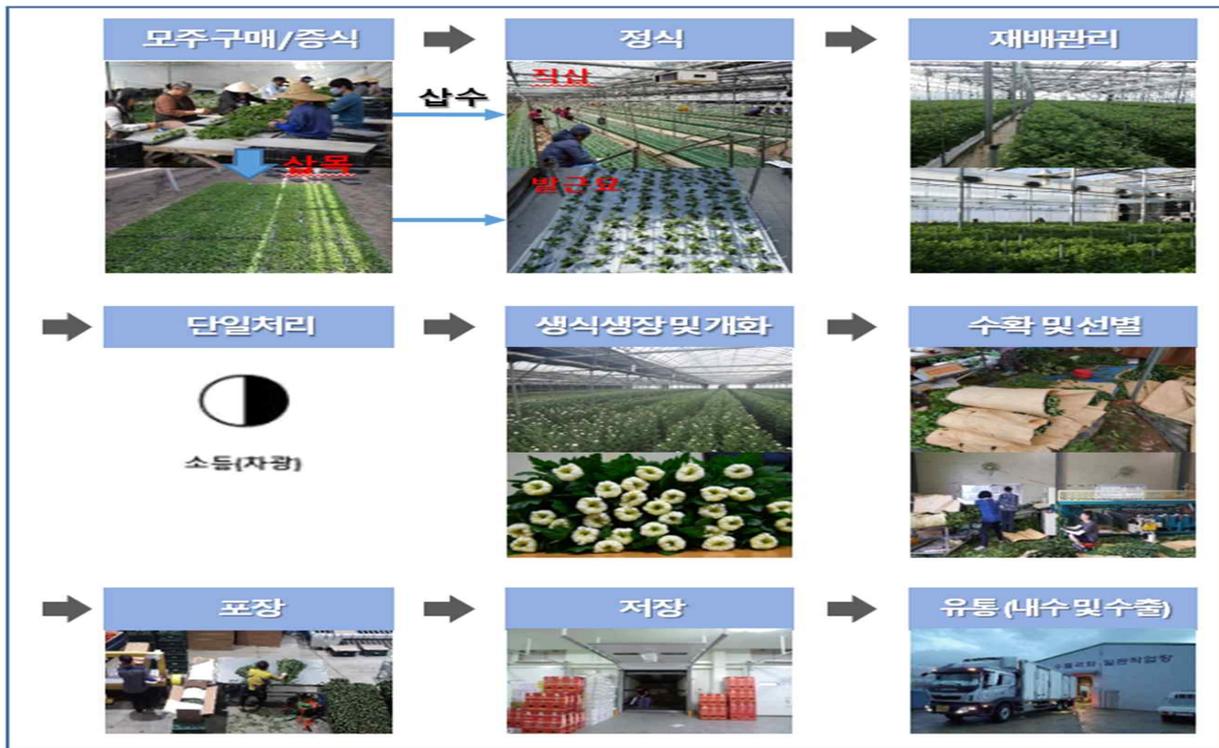


Fig. 1-41. Standard scale model of farming technic in culture of standard chrysanthemum.

나. 절화용 스탠다드 국화 스마트팜 영농기법 메뉴얼 제작

절화용 스탠다드 국화 영농기법 표준 스케일 모델을 기반으로 하여 매뉴얼을 작성하였다 (Fig. 1-42). 본 매뉴얼은 스마트팜을 도입하여 스탠다드 국화를 재배하고 있는 농가와 도입할 예정인 농가에 보급하여 우수 스마트팜 농가의 영농기법이 확산되도록 활용할 예정이다. 또한 이를 통해 스마트팜 도입이 편리성과 생산성 향상에 크게 기여함을 홍보할 것이다.

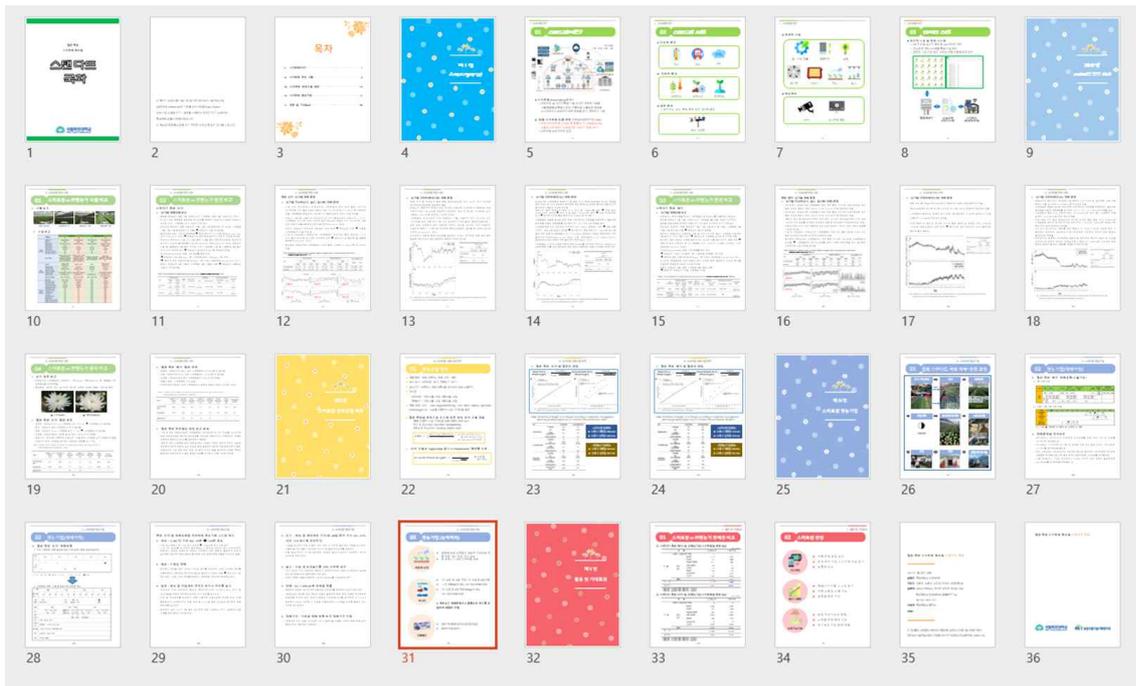


Fig. 1-42. Farming technic manual of smart farm in standard chrysanthemum.

제2장 절화용 스프레이 국화 영농기법 모델화 (세종대학교)

제1절 절화용 스프레이 국화 스마트팜 선도농가 선정 및 영농기법 DB와 기준 설정

1. 절화용 스프레이국화 스마트팜 농가 현황조사 및 선도농가 선정

가. 절화용 스프레이국화 스마트팜 농가 현황조사

절화용 스프레이국화 스마트팜 농가와 현행 농가(표본농가)를 선정을 위해 현황조사를 실시하였다. 농림축산식품부, 농촌진흥청, 각 도농업기술원의 스마트 팜 농가 DB 활용하여 스마트팜 농가를 조사하였다. 2018년 7월 31일 경기도 이천 지역에서 절화 스프레이 국화 스마트팜을 운영하고 있는 농가 2곳을 방문하였다. 한 농가에서는 스마트팜 시스템이 설치된 단동과 설치되지 않은 단동을 모두 운영하고 있어 경영 분석 비교에 좋다고 판단되었다 (그림 2-1, 2-2, 2-3).

본 연구에서 스프레이 국화 일반관행농가와 스마트팜의 선정은 대부분 재배 하우스의 규모가 차이가 많아 국화 정식 주수, 농자재 구매단가, 기타 경영비의 차이가 있음에도 불구하고, 이를 고려하지 않고 분석하였다는 제한 사항이 있음을 밝혀둔다.



그림 2-1. 온습도 컨트롤러



그림 2-2. 컨트롤러 및 센서 모니터링



그림 2-3. 농가 조사 모습

나. 경기지역 스프레이 국화 스마트팜 시설재배 현황조사

(1) 조사 날짜: 2018년 11월 22일

(2) 조사 방법

경기도에 소재하는 스프레이 국화를 스마트팜 형태로 재배하는 농가를 방문하여 사전에 작성된 (연구기관공동) 운영 현황을 분석·조사표를 바탕으로 조사를 실시하였다.

(3) 조사 항목

농가정보, 시설정보, 재배정보, 스마트팜 시스템정보, 경영정보를 조사하였다.

(4) 조사 결과

(가) A 농가(김**)

A 농가는 국화 재배 경력이 34년된 농가로 2010년에 지어진 약 6,942㎡ 11연동 플라스틱 하우스(축고3.5m, 천장고 5m)를 운영하고 있다. 전기와 온풍기를 이용하여 난방을 하고 있으며 냉방 시스템은 포그 증발냉각 방식을 이용하였다. 1겹의 차광용 스크린과 2겹의 보온용 스크린이 설치되어있다. 천창은 반 몽골식 개방형이며, 측창은 2중식 개방형으로 환기하였다. 기타 시설 및 장비로는 관비기, 양액조절장치, CO₂가스 공급장치, 포그시스템, 방제기, 환기팬, 제습기, 전조시설, 저온 저장고, 결속기, 예냉장치를 보유하고 있다.

총 20품종의 스프레이 국화를 재배하고 있으며 대표품종은 ‘글로리아’, ‘모그’, ‘실루엣’, ‘새턴’를 토경관비형으로 연간 재배횟수는 3.5기작을 하고 있었다. 수확 방식은 오전에 실시하며 수출용의 경우는 초기단계 내수용은 중기단계에 수확을 하며 수확 후 전처리는 수출용만 실시한다. 수확 후에는 수출용, 내수용 모두 냉장고에서 습식 예냉처리(4~5℃)를 실시하였다. 포장박스의 크기는 가로(1,000mm)*세로(300mm)*폭(350mm)로 포장지는 신문지와 비닐슬립(수출용)을 사용하고 있었다. 출하는 경매장과 도·소매업체의 경로를 통해 이루어져 있다. 수출국은 일본이며 전체 출하량의 10%가 수출되며 비행기를 이용하여 저온수송을 하였다.

스마트팜 시설은 2015년 20,000천원의 설치비로 삼일엔지니어링을 통해 설치되었다(그림 2-4, 2-5). 스마트팜 시스템은 16개의 제어 채널을 통해 구성되어 있었다. 시설 내부에는 광량, 온도(지상, 배지), 습도, CO₂가스농도, 양액 pH, EC측정 센서가 부착되어 있었고 시설외부에는 광, 온도(지상), 습도, 풍속, 강우 센서가 가동중이다. 양액조절장치의 원수는 지하수를 이용하였고 성분분석이 가능하였으며 pH7, EC 0.8~1.5를 기준으로 시각과 센서를 기반으로 자동제어 방식을 이용하였다. CO₂가스는 매년 11월부터 다음해 4월까지 오전 중 3시간(9시~11시) 시비하고 있다.

농가의 출하량은 평균적으로 매달 15,000속이 나가고 있으며 매출액은 월평균 30,000천원으로 내수시 평균 경매가는 25,000원으로 조사되었으며, 근무시간은 평균 1일 12시간, 한 달 24일 근무를 하였다. 스마트팜 설치 후 노동시간은 약 5%감소 되었으며 피로도는 평균 60%가 감소했다.



그림 2-4. A 농가 스마트팜 자동설비 장치



그림 2-5. 스마트팜 온실 시스템

(나) B 농가(이**)

B 농가는 재배경력이 6년된 농가로 2013년에 지어진 약 4,000㎡ 6연동 플라스틱 하우스 (측고3.5m, 천장고 6.5m)를 운영하고 있다. 전기와 온풍기를 이용하여 난방을 하고 있으며 냉방 시스템은 포그증발냉각 방식을 이용하였다. 1겹의 차광용 스크린과 2겹(부직포)의 보온용 스크린이 설치되어있다. 천장은 반 몽골식 개방형이며, 측장은 2중식 개방형으로 환기하였다. 기타 시설 및 장비로는 관비기, 양액조절장치, CO₂가스 공급장치, 포그시스템, 방제기, 환기팬, 제습기, 전조시설, 무인방제기가 지상에 설치되었으며 수확 후 관리 장비인 저온 저장고, 결속기, 예냉장치를 보유하고 있다.

본 농가는 총 10품종의 절화용 스프레이 국화를 재배하고 있으며 대표품종으로 ‘에스루비’, ‘골드퍼펙트’, ‘드림라운드’, ‘필키스타’, ‘필드그린’, ‘그린다이아’를 재배하고 있었다. 품종 선택기준은 수량, 화색, 꽃 크기, 병충, 주변 권유로 조사되었다. 수확 후 수출용은 70cm 내수용은 65~70cm 절화를 선별하며 습식유통은 사용하지 않는다.

포장박스의 크기는 가로(1,000mm)*세로(300mm)*폭(350mm)로 포장지는 신문지와 비닐슬립(수출용)을 사용하고 있었다. 국내 유통 출하 방법은 경매장, 도·소매업체, 직매를 통해 이루어지며 국외 출하 시 수출업체를 통한다. 수출량은 전체 출하량의 10%이며 배를 이용하여 저온수송을 하였다.

스마트팜 시설은 2015년 20,000천원의 설치비(보조금 10,000원)로 (주)삼일엔지니어링을 통해 설치되었다. 스마트팜 시스템은 16개의 제어 채널을 통해 구성되어 있었다. 시설 내부에는 광량, 온도(지상, 배지), 습도, CO₂가스농도, 양액 pH, EC측정 센서가 부착되어 있었고 시설외 부에는 광, 온도(지상), 습도, 풍속, 강우 센서가 가동중이었다. 양액조절장치의 원수는 지하수를 이용하였고 성분분석이 가능하였으며 pH7, EC 0.8~1.5를 기준으로 시각과 센서를 기반으로 자동제어 방식을 이용하였다. CO₂가스는 매년 12월부터 다음해 4월까지 오전 중 1시간 400~1,200ppm농도로 시비되고 있다.

농가는 7월~11월에는 7,000속, 12월부터 다음해 15월에는 6,000속을 출하하며 매출액은 5월~11월에는 11,000천원이며 12월~ 다음해 4월까지의 15,000천원이다. 내수시 평균 경매가는 1월~3월은 30,000원, 4월은 28,000원, 5월은 30,000원, 6월~8월은 15,000원, 9~11월 20,000원, 12월은 25,000원이다. 근무자의 평균 근로시간은 1일 8시간, 한 달 24일 근무를 하였다. 스마트팜 설치 후 노동시간은 약 30%감소 되었으며 피로도는 평균 40%가 감소했다.

다. 경기지역 스프레이 국화 관행농가(비스마트팜) 시설재배 현황조사

(1) 조사 날짜: 2018년 11월 22일

(2) 조사 방법

경기도에 소재하는 스프레이 국화를 관행 형태(비스마트팜)로 재배하는 농가를 방문하여 사전에 작성된 (연구기관공동) 운영 현황을 분석·조사표를 바탕으로 조사를 실시하였다.

(3) 조사 항목

농가정보, 시설정보, 재배정보, 스마트팜 시스템정보, 경영정보를 조사하였다.

(4) 조사 결과

(가) C 농가(김**)

스마트팜 선도농가(A농가)를 운영하는 농장주가 같은 지역에 스마트팜을 실시하지 않은 일반 농가를 함께 운영하고 있다. 전문가의 검토 결과 동일한 농장주가 운영하는 스마트팜 선도하우스와 일반 하우스(단동)을 조사하는 것도 좋은 방법이라 함에 따라 C농가로 선발하였다. C농가는 플라스틱 단동농가로 1,500㎡의 규모로 1990년 말에 설치되었다. 난방의 방식은 전기 난방을 이용하고 있으며 차광용 스크린은 부직포를 사용하고 있으며 천장개방 시스템은 없으며 측창만 개방이 되고 있으며 타이머를 이용하여 시스템을 작동하고 있다. pH와 EC시스템은 없으며 CO₂가스는 매년 11월부터 다음해 4월까지 오전 중 3시간(9시~11시) 시비하고 있으나 경험을 토대로 육안관측을 이용하고 있다. 수확은 오전에 실시하며 저온냉장고에서 수확 후 예냉 처리를 하고 있다. 포장 및 출하의 경우 A농가와 같이 습식저장과 국내 유통은 경매장과 도·소매업체의 경로를 통해 이루어져 있다.

라. 경기지역 스프레이 국화 스마트팜 및 관행농가 시설재배 조사 결과 분석

(1) 1차 조사 (2018년)

경기도 소재한 스마트팜 선도농가 2곳(A, B농가)과 비 스마트팜 농가 1곳(C농가)의 운영 현황을 비교·분석한 결과(표 2-1) 시설, 재배, 스마트팜 시스템에 차이를 보였다. 농장주는 60대 연령으로 국화 재배 경력에 차이가 있었다. A농가는 농장주 본인 외 1명의 가족과 외국인 근로자 4명과 함께 시설을 운영하는 반면, B농가는 농장주 본인 외 1명의 가족과 운영하고 있었다.

2농가(A, B농가) 모두 플라스틱 연동 온실에서 국화를 재배하지만 A농가 6,942㎡ (11연동), B농가 4,000㎡ (6연동)으로 시설 규모에 차이가 있었다. 농가 모두 2겹의 보온 스크린과 전기를 이용한 온풍기 사용으로 가온을 실시하며 관리한다. 기타시설을 비교하면 B의 농가는 A농가에 설치되지 않은 지상 무인방제기와 수확 후 관리 장비인 선별기를 보유하고 있었다. 관리 장비인 스마트팜 시스템 채널은 총 16개로 동일하였으며 센서부 시설내부(광량, 지상·배지 온도, CO₂농도, 습도 양액 모두 센서 시스템을 갖추고 있었으며 시설외부 광, 온도, 습도, 풍속, 강우(우적) 시스템도 있었다. 두 농가의 양액조절 장치시스템은 동일하였고, CO₂가스 시비 장치는 A농가의 경우 11월부터 다음해 4월이나 B농가의 경우 12월부터 다음해 4월로 차이 점이 있었고 처리시간은 A농가는 3시간(오전 9시~11시) B농가는 오전 10시(1시간)처리하였다.

또한 스마트팜 설치 후 피로도 감소가 A농가는 60%, B농가는 40%라고 조사된 결과 근로자의 수와 관련이 있다고 판단되어졌다.

C농가의 경우 스마트팜 시설이 없는 농가로 플라스틱 단독농가로 조사 농가 중 가장 오래된 농가였다. 특히 스마트팜의 시설이 없는 관계로 30년간 농가를 운영한 경험을 기반으로 육안관측을 통해 시비를 이용하고 있었다.

표 2-1. 스마트팜과 관행농가의 시설비교

조사 항목		스마트팜		관행농가
I. 농가 정보	1. 농가명	A 농가	B 농가	C 농가
	2. 농장주소	경기도 이천	경기도 성남	경기도 이천
	3. 농장주 성명	김○○	이○○	김○○
	4. 성별/나이	남/60대	남/60대	남/60대
	5. 재배경력	34년 이상	6년	34년 이상
	6. 참여 인력	가족 외 2인	가족경영	가족 외 2인
II. 시설 정보	1. 시설유형	플라스틱	플라스틱	플라스틱
	2. 연동유무	연동	연동	단온
	3. 설치시기/면적	2010년/6942m ²	2013년/4,000m ²	1998년/1,500m ²
	4. 난방 방식	전기	전기	전기
	5. 냉방 방식	포그증발냉각	포그증발냉각	X
	6. 차광 스크린	1겹	1겹	부직포
	7. 보온 스크린	2겹	2겹	X
	8. 천창 개방여부	O	O	X
	9. 측창 개방여부	O	O	O
III. 재배 정보	1. 품종(형태/재식주수)	스프레이 국화	스프레이 국화	스프레이 국화
	2. 방식			
	3. 배지 종류	피트모스+펠라이트	피트모스+펠라이트	피트모스+펠라이트
	4. 주야간 온도조절	O	O	X
	5. 출하 방식 (%)	국내 90%, 일본 10%	국내 90%, 일본 10%	국내 90%, 일본 10%
IV. 스마트팜 시스템 정보	1. 채널수(총/사용)	16개	16개	X
	2. 센서부(내/외)	온·습도, CO ₂ 농도, 양액, 광, 온도, 습도 / 풍량·풍속, 우적	온·습도, CO ₂ 농도, 양액, 광, 온도, 습도 / 풍량·풍속, 우적	X
	3. 자료축적	온·습도, CO ₂ 농도, 양액, 광, 온도, 습도 / 풍량·풍속, 우적	온·습도, CO ₂ 농도, 양액, 광, 온도, 습도 / 풍량·풍속, 우적	X
	4. 기타 제어장치	-	-	X

(2) 2차 조사 (2020년)

선정한 스마트팜(A 농가) 및 관행농가(C 농가)의 운영 정보에 대해 추가적으로 조사하고, 2018년에 조사한 항목을 검토하는 차원에서 2020년에 재조사를 실시하여 신뢰도를 높이고자 하였다. 본 농가의 스마트팜은 2010년에 완공되었으며, 면적은 6,942m²으로 연동구조이다. 16개의 스마트센서 채널과 온습도, 이산화탄소, 양액공급, 환기, 조명 및 포그 등 스마트 시스템이 모두 설치되어 있어 연중 균일한 환경 유지가 가능하다. 따라서 스마트팜은 연간 3.5기작 재배를 실현하였으며, 1m²당 연간 129분 수확이 가능하다. 특히 여름의 경우 천장, 측창 개방뿐만 아니라 포그시스템을 이용해 온도 낮추는 데 용이하여 여름에도 고품질 국화를 생산할 수 있다. 관행농가는 1995년에 완공되어 현재까지 사용중이며, 면적은 1,500m²으로 단동 구조이다. 관행농가는 CCTV를 제외하고 스마트 시스템이 없기 때문에 육안으로 판단하여 환경조절을 해야하므로 노동력과 시간이 증가한다. 따라서 연간 3기작 재배만 가능하며, 1m²당 연간 91분 수확이 가능하다(표 2-2).

표 2-2. 스마트팜과 관행농가의 운영시설 비교

구분		스마트팜	관행농가
농가 정보	위치	이천시	이천시
	완공년도	2010	1995
	하우스종류	플라스틱 온실	플라스틱 온실
	면적(m ²)	6,942(연동)	1,500(단동)
	연간 기작 수	3.5	3.0
	연간 생산량/m ²	129	91
시설 정보	난방 시스템	전기	전기
	냉방 시스템	포그증발냉각기	X
	보광 시스템	보광등	X
	차광막	O	X
	천창개방	O	X
	측창개방	O	O
스마트팜 시스템	센서 채널 수	16	X
	온습도	O	X
	CO ₂	O	X
	양액	O	X
	환기	O	X
	조명	O	X
	CCTV	O	O

2. 절화용 스프레이국화 스마트 팜 선도농가의 시설 및 영농기법 DB화 기준 설정

가. 국화 스프레이 농가 조사 분석표 작성

2018년 10월 6일 과제 협의회를 통해 DB로 활용하기 위한 국화 스프레이 농가 조사 현황에 대한 토의를 하였다(그림 2-6). DB로 활용 가능 분석표를 작성하기 위해 각 기관별 진행 상황을 공유하였고 조사표의 내용은 6가지로 크게 분류하기로 하였다.



그림 2-6. 협의회 현장

(1) 국화 스프레이 농가 조사 분류항목 (그림2-7)

1. 농가정보 : 농장명, 주소, 재배경력, 인력 등
2. 시설정보 : 시설유형, 연동 유무, 설치시기, 냉·난방 시설, 창 개방성, 기타시설 등
3. 재배정보 : 재배 품종, 양액방식, 포장방법, 출하 및 유통경로, 수출 여부 등
4. 스마트팜시스템정보 : 시스템 제어 방법 및 내·외부 센서 설치 종류, 양액조절장치, CO₂ 시비 처리농도 및 시기 등
5. 경영 정보 : 출하량, 매출액, 경매가, 근무시간 등
6. 데이터 DB 단위 및 측정 기준 : 재배환경, 육묘여부, 양액 및 생장조절제 처리 및 사용 종류 등

국화 농가 조사 분석표

I. 농가 정보

항목	내용
1. 농장명	
2. 농장주소	
3. 농장주 성명	
4. 생년월일	/ / 세
5. 재배 품종	
6. 판매 지역	○본인 ○본인 외 가족 ()명 ○지역인 업체 유통주/ ()명
7. 기타 사항	

II. 시설 정보

항목	내용
1. 시설 유형	□플라스틱 □유리 (속고) m, 단양고 (비)
2. 연용 유무	□연용 □연용 ()름
3. 설치/제거 연월	시기
	연월
4. 난방 방식	□온수/가스 □전기 □목재/사면 □가()
5. 난방 연료	□목질재 □중유기 □LPG □가스 □가()
6. 자동화 스킴	□무 □유 () / 자동 ()
7. 보온용 스킴	□무 □유 () / 자동 ()
8. 관수 자동화	□무 □유
9. 축열 자동화	□무 □유
10. 기타 시설정보 목록	재질
	재질
	수확 후 관리

III. 재배 정보

항목	내용	비고
1. 품종	종류명	
	재배기술명	
2. 재배 방식	□수직 □수평 □물 뿌리 □무선 상정 □병 □포대	중요한
	중요한 재배기술	
3. 양액제에 관한 내용	□양액 □양액 사용 □양액 사용 안함	
	양액제 종류	
4. 난방 재배 방식	시기	
	난방	
5. 수확 후 관리 방법	관리	
	관리	
6. 수확 후 관리 방법	관리	
	관리	
7. 포장	포장재	
	포장재	
8. 자동화	자동화	
	자동화	
9. 수확	수확	
	수확	
10. 수확	수확	
	수확	

IV. 스마트팜 시스템 정보

항목	내용
1. 시스템 개요	설치/제거
	설치/제거
2. 제어부	제어부
	제어부
3. 센서부 (데이터 수집)	센서
	센서

항목	내용
4. 양액제 관리	완수
	재배기간
	재배지역
	관리
	관리
5. CO ₂ 사용	시각
	시각

V. 데이터 DB 관리 및 측정 기준

항목	단위	간격	분석내용	비고
환경	2770	30분	평균 온도/습도	
	온도	℃	평균 온도/습도	
	습도	%	평균 온도/습도	
	VFD	rpm	평균 온도/습도	
	CO ₂	ppm	평균 온도/습도	
양액	PH	30분	평균 온도/습도	
	EC	30분	평균 온도/습도	
배지	물리성	정기성	배지 물리성	
	화학적	정기성	배지 화학성	
육묘	상상상태	상상	상상 상태	
	상상상태	상상	상상 상태	
병충해	상충	상충	상충 상태	
	상충	상충	상충 상태	
환경	환경	환경	환경 상태	
	환경	환경	환경 상태	
가타	가타	가타	가타 상태	
	가타	가타	가타 상태	

V. 경영 정보

항목	내용
1. 출하량	1월
	2월
	3월
2. 매출액	1월
	2월
	3월
3. 내수	1월
	2월
	3월
4. ICT 스마트팜 설치 후	유무
	유무

그림 2-7. 국화 농가 조사 분석표

제2절 절화용 스프레이 국화 스마트팜 재배 전(全) 주기 영농활동 분석 및 기술검증

1. 절화용 스프레이국화 스마트팜 선도농가의 생산관리 전(全)과정 연중 모니터링

가. 재료 및 방법

(1) 조사 농가 및 기간

경기도 김*도 농가의 스마트팜과 관행농가에서 스프레이 국화를 2019년~2020년동안 총 5회에 걸쳐 재배 전주기 영농활동을 조사하였다(그림 2-8).

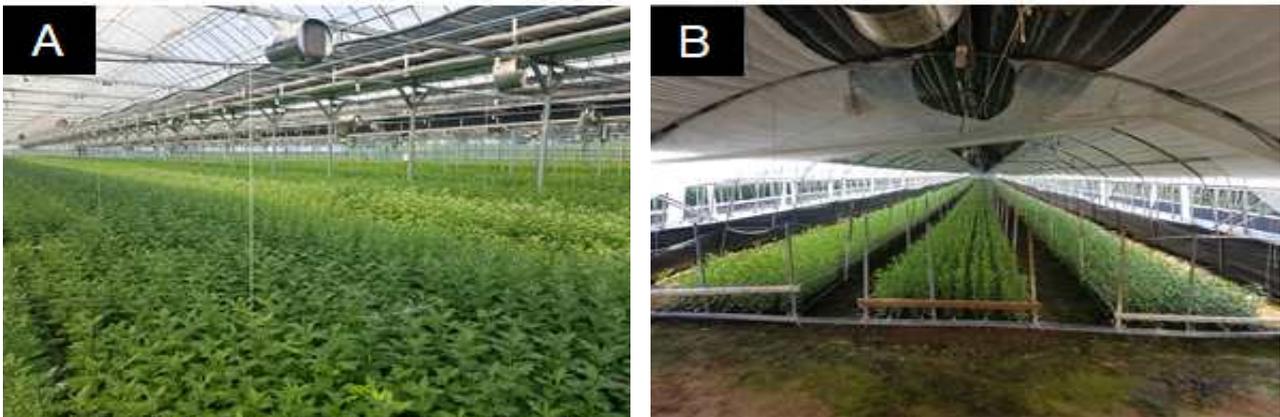


그림 2-8. 스마트팜 농가(A), 관행농가(B) 내부 전경 모습

(2) 조사 품종

1차 조사는 2019년 봄철에 스마트팜에서는 ‘오아시스(Oasis)’, ‘포드(Ford)’, ‘세턴(Saturn)’, ‘보그(Vogue)’, 관행농가에서는 ‘오아시스(Oasis)’, ‘포드(Ford)’, ‘세턴(Saturn)’, ‘이사벨라’, ‘텔리아크림’, ‘야베스’를 선정하였다(그림 2-9).

2차 조사는 2019년 가을철에 스마트팜에서는 ‘오아시스(Oasis)’, ‘포드(Ford)’, ‘40핑크(40Pink)’를, 관행농가에서는 ‘오아시스(Oasis)’, ‘포드(Ford)’, ‘40핑크(40Pink)’, ‘두루가’를 선정하였다.

3차 조사는 2019년~2020년 겨울에 스마트팜에서는 ‘글로리아(Gloria)’, ‘세턴(Saturn)’ 및 ‘오아시스(Oasis)’를 관행농가에서는 ‘투톤(Two tone)’ 및 ‘루디아(Lydia)’를 선정하였다.

4차 조사는 스마트팜에서는 ‘루디아’, ‘아비삭(Abishag)’, ‘글로리아’, ‘나오미’를 조사하였다. 관행농가에서는 ‘세라’, ‘할리’, ‘야베스’, ‘포드(Ford)-1’, ‘포드(Ford)-2’를 조사하였다. 포드-1의 경우는 관행농가 초입에 정식된 것이었으며, 포드-2의 경우 하우스 중앙에 정식된 것이었다. 동일 하우스 내에서 위치에 따른 생육 및 절화 품질을 비교하기 위함이었다.

5차 조사는 스마트팜과 관행농가 모두 ‘아비삭(Abishag)’, ‘포드(Ford)’, ‘헤나(Henna)’ 동일 품종을 선정하여 비교분석하였다.



그림 2-9. 재배되고 있는 절화용 스프레이 국화 품종 오아시스(좌), 포드(중), 세턴(우)

(3) 스프레이 국화 환경조사

2019년 봄 (3월~5월말)부터 여름철 (6월~9월)까지 농가 환경 비교 분석을 위해 스마트팜의 경우 설치되어 있는 (주)삼일엔지니어링(SAM IL ENGINEERING Co., Ltd, Korea) 시스템을 이용하였으며, 관행농가는 환경 측정센서(Watchdog-1450, Spectrum Technologies Inc., USA)를 이용해 재배 온실의 월 평균기온, 상대습도, 광량과 VDP를 1시간 단위로 측정하였다(그림 2-10).



그림 2-10. 스마트팜 농가(좌), 스마트팜 환경제어장치(중), 관행농가 센서 설치 모습(우)

(4) 스프레이 국화 생육조사

생육조사는 1개 품종당 9~10개 절화를 임의로 선정하여 2주마다 절화장, 엽수, 줄기 두께(중간부, 하단부), 엽록소 함량을 측정하여 비교분석하였다(그림 2-11). 엽록소 함량은 절화 국화 잎을 Chlorophyll meter(SPAD-502 plus, KONICA MINOLTA, Japan)를 이용하여 2회 측정 후 평균을 내어 분석하였다.



그림 2-11. 절화장 측정(A), 엽 수 세기(B), 줄기 직경 측정(C), 엽록소함량 측정(D)

(5) 스프레이 국화 절화 품질 및 절화수명 조사

수확 후 절화 품질 조사를 위해 세종대학교 화훼학연구실에서 절화중, 화폭, 엽록소 함량 2회를 측정하였고 꽃잎 시들음, 꽃 목 굵음, 화색 불량 현상 등이 발견되었을 때 절화수명 종료시점으로 설정하였다. 환경요소를 균일하게 하기 위해 챔버에 보관하였으며, 온도 25℃, 습도 50%, 광량 2,000lux(낮 12시간/밤 12시간)로 설정하였다(그림 2-12).



그림 2-12. 수확 후 절화질이 조사 모습(좌), 챔버 보관 모습(우)

나. 조사 결과

(1) 1차 조사 결과

(가) 환경 분석

우리나라는 계절변화가 뚜렷한 온대성 기후이므로 연중 재배하는 절화 국화의 품질이 균일한 것이 중요하다. 특히 여름 고온기에 국화를 재배하는 경우 기형화가 다수 발생하고(Lawson and Dienelt, 1992), 개화시기가 지연되며(Kim et al., 2009) 안토시아닌 함량이 현저하게 감소되어 화색이 불량해지고 품질이 떨어진다고(Huh et al., 2008). 이는 농가의 경제적 손실이 초래될 수 있어 연중 수명 및 수체품질 변화에 영향을 미치는 재배환경 요소를 구명하기 위해 우선 스프레이 국화의 재배 환경을 조사하였다.

본 조사는 두 가지 이유로 인해 월별 비교를 진행하기에는 유의미하지 않다고 판단하였다. 첫 번째로 정식 후, 단일처리 후, 화아분화 후 주간 및 야간 온도 조건, 습도 조건이 다르고, 두 번째로 스마트팜과 관행농가의 정식 시기가 다르기 때문에 정식한 시기를 기준으로 비교하는 것이 옳은 방향이라고 판단되어 이를 기준으로 비교분석하였다. 스마트팜에 정식한 스프레이 국화는 오아시스, 포드, 세턴 보그 총 4품종으로 정식일은 3월 22일, 수확일은 5월 30일로 총 재배기간은 69일이었으며, 관행농가는 오아시스, 포드, 세턴, 이사벨라, 델리아크림, 야베스 총 6품종을 조사하였다. 관행농가는 4월 9일에 정식하여 7월 2일에 수확하여 총 84일간 재배되었다.

조사결과 스마트팜의 내부 온도는 ‘정식 후($21.3 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$) ≡ 단일처리($21.8 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$) ≡ 개화시기($23.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$)’로 나타났으며, 관행농가의 내부 온도는 ‘정식 후($20.9 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$) ≡ 단일처리($22.4 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$) ≡ 개화시기($23.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$)’로 나타났다. 스마트팜의 내부 습도는 ‘정식 후($68.5 \pm 1.2\%$) ≡ 단일처리($67.9 \pm 0.9\%$) ≡ 개화시기($75.7 \pm 0.9\%$)’로 나타났다. 관행농가의 내부 습도는 정식 후($87.9 \pm 1.0\%$) ≡ 단일처리($80.0 \pm 0.6\%$) ≡ 개화시기($84.9 \pm 0.5\%$)’로 나타났다. 스마트팜과 관행농가 모두 정식 후~개화시기까지 기준과는 반대로 온도가 상승하였는데 이는

계절적 영향이 큰 것으로 판단된다. 습도의 경우 스마트팜은 점차 상승하였지만 국화 시설 재배 습도 기준인 60~80% 사이를 유지하였고, 관행농가는 감소했다가 증가하는 형태를 보였으며 모든 시기에서 과습상태였다. 과습상태일 경우 병해충 및 생리장해 발병률이 급속도로 증가하기 때문에 스마트팜의 습도 조절이 더 우수하다. 광량은 3월부터 9월까지 스마트팜과 관행농가가 유의적으로 차이가 났다. VPD는 통계적으로 4,5,6,7월에 유의차가 나타났으며, 8월과 9월에는 차이가 없는 것으로 보여진다. 전체적으로 스마트팜과 관행농가의 환경은 봄철(4-6월)에 온도, 습도, 광도, VPD에는 차이가 있는 것으로 보여지며 하절기(7월)부터는 유의한 차가 없음을 확인할 수 있었다(표 2-3).

표 2-3. 스프레이 국화 스마트팜과 현행 농가의 환경 변화

Month	Farm	AT _{mean} (°C)	RH (%)	Light (mol·m ⁻² ·d ⁻¹)	VPD (kPa)
3	Smart farm	21.3 ± 0.1	68.5 ± 1.2	4.1 ± 0.2	0.8 ± 0.30
	Non-smart farm	-	-	-	-
		-	-	-	-
		-	-	-	-
4	Smart farm	21.8 ± 0.2	67.9 ± 0.9	6.2 ± 0.9	0.86 ± 0.26
	Non-smart farm	20.9 ± 0.1	87.9 ± 1.0	40.1 ± 3.4	0.40 ± 0.04
		t= 4.318	t= 19.747	t= 22.771	t= 12.26
		p= 0.000***	p= 0.000***	p= 0.000***	p= 0.000***
5	Smart farm	23.5 ± 0.1	75.7 ± 0.9	4.2 ± 0.7	1.14 ± 0.05
	Non-smart farm	22.4 ± 0.3	80.0 ± 0.6	50.1 ± 1.6	0.72 ± 0.04
		t= 4.713	t= 12.88	t= 20.329	t= 8.961
		p= 0.000***	p= 0.000***	p= 0.000***	p= 0.0009***
6	Smart farm	24.2 ± 0.4	73.4 ± 0.7	2.0 ± 0.4	0.89 ± 0.03
	Non-smart farm	23.6 ± 0.2	84.9 ± 0.5	39.7 ± 3.1	0.60 ± 0.03
		t= 3.857	t= 21.966	t= 123.8	t= 12.963
		p= 0.0001***	p= 0.000***	p= 0.000***	p= 0.000***
7	Smart farm	27.1 ± 0.2	91.3 ± 0.7	12.6 ± 0.8	0.95 ± 0.04
	Non-smart farm	26.9 ± 0.1	89.4 ± 0.8	20.8 ± 0.5	0.45 ± 0.02
		t= 0.700	t= 2.33	t= 4.87	t= 13.568
		p= 0.483	p= 0.02*	p= 0.000***	p= 0.000***
8	Smart farm	26.9 ± 0.2	86.1 ± 0.4	12.9 ± 0.6	0.61 ± 0.03
	Non-smart farm	26.7 ± 0.2	84.8 ± 0.5	26.7 ± 0.7	0.68 ± 0.02
		t= 0.85	t= 1.74	t= 7.925	t= 2.013
		p= 0.39	p= 0.082	p= 0.000***	p= 0.04
9	Smart farm	22.9 ± 0.1	83.2 ± 0.5	13.8 ± 0.9	0.53 ± 0.03
	Non smart farm	22.4 ± 0.2	83.4 ± 0.6	24.4 ± 0.8	0.56 ± 0.04
		t= 2.24	t= 0.38	t= 8.986	t= 0.797
		p= 0.024*	p= 0.76	p= 0.000***	p= 0.425

(나) 생육 분석

스마트팜에서 재배된 스프레이 국화를 삼목 후 2주마다 측정한 결과, 절화장, 줄기직경 (중간부, 말단부), 엽수, 엽록소 함량모두 2~8주까지는 빠르게 증가하였으며, 생육 후기인 8~10 주는 영양생장보다는 생식생장에 중점을 두어야 하기 때문에 미미하게 증가하거나 정체되는 현상을 볼 수 있었다. (표 2-4).

표 2-4. 봄철 스프레이 국화의 스마트팜 생육조사

Cultivar	Growth time (week)	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Stem end diameter (mm)	Number of leaves	Chlorophyll content (SPAD value)
오아시스	2	25.22	3.57	4.60	17.44	34.26
	4	45.93	4.28	4.59	26.00	38.93
	6	63.89	4.77	5.20	29.11	36.70
	8	81.44	5.24	6.06	33.33	45.16
	10	88.33	5.25	5.21	40.78	47.16
포드	2	24.78	3.61	4.42	17.89	34.06
	4	51.78	4.12	4.94	27.89	42.39
	6	73.78	4.53	5.89	32.78	45.94
	8	90.00	5.20	5.91	32.00	50.24
	10	95.22	6.82	5.57	37.11	47.08
세턴	2	25.33	3.58	4.47	17.67	34.43
	4	52.67	3.79	4.91	28.00	39.32
	6	74.11	4.22	5.75	32.00	41.10
	8	92.56	5.26	5.92	30.44	46.94
	10	95.44	4.76	5.43	41.00	47.24
보그	2	24.33	3.75	4.65	17.22	34.85
	4	49.67	4.01	5.11	30.67	47.19
	6	71.44	4.96	5.48	37.67	47.87
	8	87.33	5.48	5.91	41.44	53.11
	10	92.11	5.13	5.64	43.33	53.19

봄철 관행농가에서 재배되는 스프레이 국화 6개의 품종(이사벨라, 텔리아크림, 야베스, 포드, 세턴, 오아시스)을 2주 간격으로 생육을 조사하였다(표 2-5). 삼목 후 2주후 절화길이는 평균 12.83cm이었다. 삼목 4주 후 절화길이는 평균 30.9cm로 2주간 절화길이는 18.1cm가 길어진 것을 확인하였다. 삼목 후 10주까지의 절화길이는 2주간 평균 17cm가 자라는 것으로 보였으며, 10~12주 되는 기간에는 5.8cm가 자란 것을 확인하였다. 절화길이의 경우 삼목 후 10주간 크게 성장한 것을 확인하였다. 스프레이 절화의 엽수의 경우, 삼목 후 10주까지 스프레이 국화의 엽수가 증가한 반면, 10~12주 사이의 엽수는 줄어든 것으로 조사되었는데 절화길이가 길어지면서 초엽이 노화되며 떨어지는 것을 확인할 수 있었다(그림 2-13).

표 2-5. 봄철 관행농가의 스프레이 국화 생육조사

Cultivar	Growth time (week)	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Stem end diameter (mm)	Number of leaves	Chlorophyll content (SPAD value)
이사벨라	2	10.22	4.74	4.61	10.56	54.31
	4	28.44	5.42	5.51	15.44	47.02
	6	41.67	6.57	7.39	24	49.19
	8	55.22	7.06	7.45	26.78	57.55
	10	69.78	7.22	7.82	34.78	49
	12	79.72	7.02	7.48	35.22	58.91
델리아크림	2	13.28	2.99	3.19	12.56	40.26
	4	30.33	3.73	4.19	20.33	41.73
	6	55.33	4.43	6.2	29.67	52.14
	8	66.33	5.5	6.66	34.67	57.76
	10	80.22	5.39	6.49	36	62.24
	12	81.67	5.06	6.36	35.33	57.52
야베스	2	14.69	3.35	3.33	14.44	33.8
	4	32.09	8.05	4.17	23.89	43.09
	6	41.67	6.57	7.39	25.67	49.19
	8	72.22	5.25	6.48	40.89	52.15
	10	86.44	5.36	5.94	43.89	53.98
	12	97.89	5.44	7.14	41.89	62.73
포드	2	11.94	3.18	4.11	11.56	38.24
	4	29.89	4.08	4.31	20.78	63.79
	6	48.33	4.78	5.36	25.44	46.23
	8	60.22	4.78	5.73	29.33	51.01
	10	72.22	5.24	5.8	46.67	50.46
	12	77.56	5.26	6.39	45.44	58.08
세턴	2	13.09	3.59	3.68	11.33	40.34
	4	32.56	4.35	4.91	18.44	41.84
	6	54.67	5.05	6.1	25.78	51.84
	8	71.11	4.87	6.01	29.78	54.19
	10	90.89	5.55	6.44	41.33	54.81
	12	91	5.22	6.02	42	57.67
오아시스	2	13.72	3.61	4.11	11.56	40.63
	4	32.11	4.53	4.3	18.22	43.42
	6	50.89	4.82	5.24	28.22	49.01
	8	68.67	5.09	5.64	31.33	59.33
	10	86.44	5.16	5.98	35.22	66.79
	12	93.33	5.64	5.79	33.78	65.08

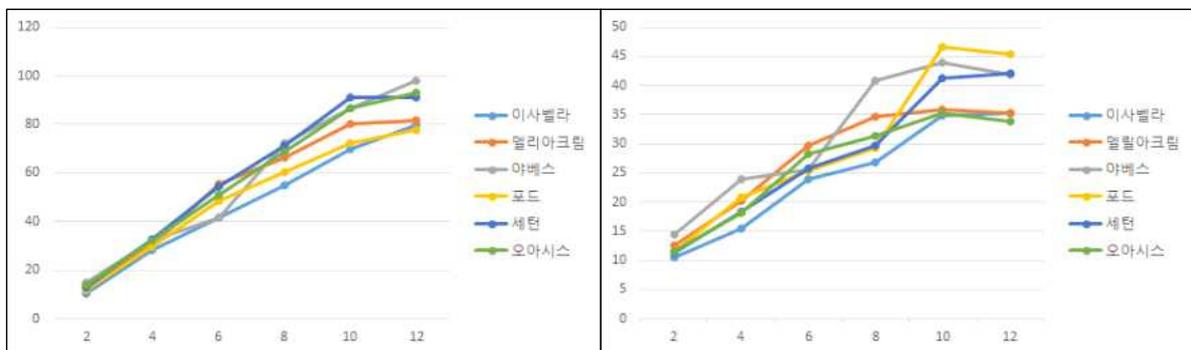


그림 2-13. 봄철 관행농가에서 절화길이(좌), 엽수(우) 변화

스마트팜과 관행농가 2곳 모두에서 재배되는 3품종(오아시스, 포드, 세턴)을 삼목 후 2주후 절화길이를 비교해 본 결과(그림 2-14), 스마트팜의 오아시스, 포드, 세턴의 절화길이는 25.22cm, 24.78cm, 25.33cm로 평균 25.11cm로 조사되었으며, 관행농가에서 재배된 3품종의 절화길이는 오아시스(13.72cm), 포드(11.94cm), 세턴(13.09cm)으로 평균 12.92cm로 스마트팜의 스프레이 국화의 초기생장이 큰 것으로 보여졌다. 수확시기의 오아시스, 포드, 세턴의 절화길이를 비교한 결과, 스마트팜은 93cm, 관행농가는 87.3cm로 수확시 절화길이의 차는 좁혀진 것으로 보여진다.

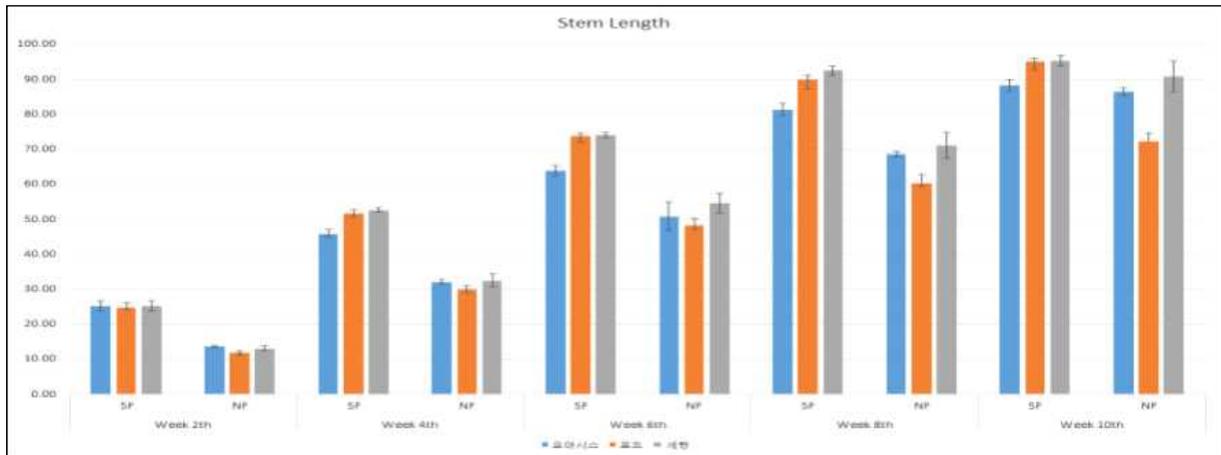


그림 2-14. 봄철 스마트팜과 관행농가의 스프레이 국화 절화길이 변화

(다) 수확 후 절화 품질 및 수명 분석

봄철 스마트팜에서 재배되는 스프레이 국화 4품종을 수확 후 품질 및 절화수명을 조사하였다(표 2-6). 4품종의 절화길이는 86.62cm, 절화의 생체중은 57.22g, 절화수명은 18.8일이며 절화줄기의 강도는 80.87로 나타났다.

표 2-6. 봄철 스마트팜에서 수확된 스프레이 국화 품질 및 절화 수명

Cultivar	Harvest time (seasons)	Stem length (cm)	Stem end diameter (mm)	Fresh weight (g)	Stem hardness (HA value)	Chlorophyll content (SPAD value)	Flower diameter (mm)	Vase life (days)
오아시스	spring	81.6	5.2	54.4	82.7	51.05	49.6	19.1
포드	spring	87.4	5	56.9	82.4	54.08	39.2	21.4
세턴	spring	88.7	5.2	52.7	80.6	55.88	44.3	18.7
보그	spring	84.8	5.5	64.9	77.8	59.02	53.4	16.3

봄철 관행농가에서 재배된 6품종의 스프레이 국화의 품질 및 절화수명의 평균은 절화길이 90.76cm, 절화 생체중 69.7g, 절화수명은 21.4일로 나타났으며 절화 줄기의 강도는 평균 81.85였다(표 2-7).

표 2-7. 봄철 관행농가에서 수확된 스프레이 국화 품질 및 절화 수명

Cultivar	Harvest time (seasons)	Stem length (cm)	Stem end diameter (mm)	Fresh weight (g)	Stem hardness (HA value)	Chlorophyll content (SPAD value)	Flower diameter (mm)	Vase life (days)
40핑크	spring	92.7	4.3	44.4	83.8	51.33	48.1	23
이사벨라	spring	79.4	6.5	88.3	79.3	56.92	61.6	24
텔리아크림	spring	92	5.3	64.7	80.6	58.33	54.1	24
스위티	spring	85.3	4.9	70.9	76.9	58.43	39.6	21.1
야베스	spring	116.7	5.1	93.1	86.4	62.90	45.6	19
포드	spring	78.5	4.9	56.8	83.9	54.42	33.9	17.7

스프레이 국화의 수확 후 절화 품질 및 수명은 품종별 특성에 따라 다를 수 있으며 특히 봄철 스마트팜과 관행농가 2곳 모두에서 재배된 품종은 ‘포드’ 1개의 품종임 감안하여 재배 시설이 스프레이 국화의 품질 및 절화수명의 연관성을 찾기에 부족하였으며, 추후에는 품종별 비교를 할 수 있도록 보완이 필요하다고 판단되었다.

(2) 2차 조사 결과

(가) 수확 후 절화 품질 및 수명 분석

가을철 스마트팜에서 재배된 3품종 오아시스, 포드, 40핑크와 관행농가에서 재배되는 오아시스, 포드, 40핑크, 두루가 총 4품종을 수확 후 절화 수명 및 품질을 조사하였다. 가을철 스마트팜에서 재배된 스프레이 국화 3품종(오아시스, 포드, 40핑크)을 수확하여 품질의 조사한 결과 절화길이 96cm, 절화 생체중 50.6g, 절화수명은 17.9일로 나타났으며 관행농가에서 재배된 스프레이 국화 4품종(오아시스, 포드, 40핑크, 두루가)의 절화길이 평균은 95.8cm, 생체중 62.8g, 절화수명은 22.6일로 조사되었다(표 2-8).

표 2-8. 가을철 스프레이 국화의 절화 수명 및 품질

Cultivar	Stem length (cm)	Stem end diameter (mm)	Fresh weight (g)	Stem hardness (HA value)	Chlorophyll content (SPAD value)	Flower diameter (mm)	Vase life (days)	Environment
오아시스	100.9	4.2	94.1	81.8	45.3	51.2	19.4	smart farm
	106.2	4.7	62.7	77.8	53.37	54.9	26	non-smart
포드	86.6	3.7	32.9	77.6	43.13	28.7	14	smart farm
	88.8	4.4	40.4	82.1	47.6	37.4	22.8	non-smart
40핑크	100.7	3.8	25	76.3	46.68	43.2	20.3	smart farm
	96	4.1	45.5	76.7	52.46	47.2	19.7	non-smart

스마트팜과 관행농가 2곳 모두에서 재배된 스프레이 국화 3품종(오아시스, 포드, 40핑크)의 절화길이는 관행농가가 1cm 길게 나타났으며, 절화수명은 스마트팜은 17.9일 관행농가는 22.8일로 약4.9일 길게 나타났다(그림 2-15).

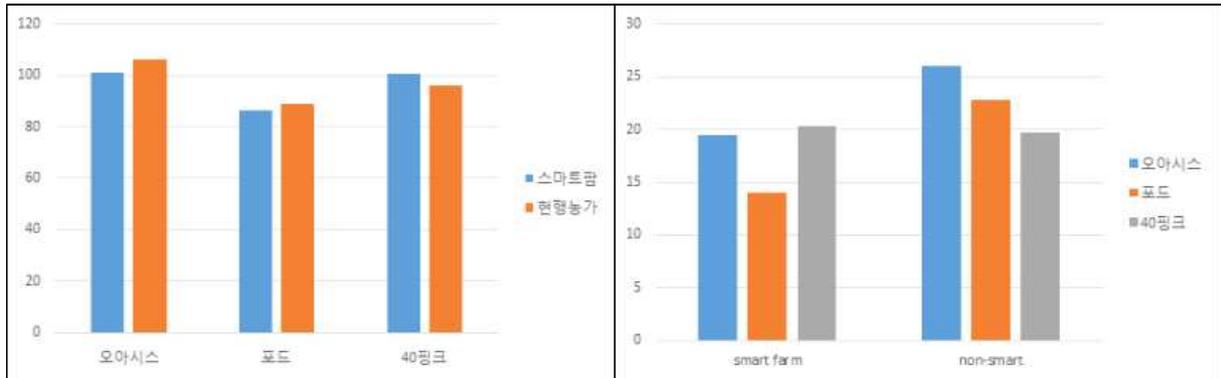


그림 2-15. 가을철 스마트팜과 관행농가에서 수확된 스프레이 절화 길이(좌), 수명(우)

(3) 3차 조사 결과

(가) 수확 후 절화 품질 및 수명 분석

스마트팜에서는 절화용 스프레이 국화 ‘글로리아(Gloria)’, ‘세턴(Saturn)’ 및 ‘오아시스(Oasis)’ 를 관행농가는 ‘투톤(Two tone)’ 및 ‘루디아(Lydia)’ 를 2019년 10월 29일에 정식하여 2020년 2월 4일에 수확한 것을 조사하였다. 품종이 달라 직접적으로 비교하기엔 어려움이 따르지만, 겨울철에 재배한 것은 절화장을 제외하고는 스마트팜과 관행농가의 생육수준이 비슷하였다(표 2-9).

표 2-9. 스마트팜과 관행농가의 절화용 스프레이 국화 수확직후 생육 비교

농가 형태	품종명	절화장 (cm)	절화중 (g)	줄기 직경-정단 (mm)	줄기 직경-말단 (mm)	경도
스마트팜 (SF)	글로리아	110.9 ± 1.3	64.4 ± 3.3	4.2 ± 0.3	3.8 ± 0.2	75.7 ± 1.1
	세턴	95.4 ± 2.0	49.2 ± 3.0	4.2 ± 0.1	3.1 ± 0.3	77.7 ± 2.6
	오아시스	87.9 ± 1.4	55.7 ± 3.2	5.4 ± 0.3	4.7 ± 0.2	79.5 ± 1.4
관행농가 (NSF)	투톤	86.1 ± 0.4	56.1 ± 1.7	4.3 ± 0.04	3.9 ± 0.2	77.9 ± 0.7
	루디아	98.3 ± 0.7	65.1 ± 1.2	5.4 ± 0.06	3.8 ± 0.04	79.1 ± 0.5

절화수명의 경우 스마트팜에서 재배한 글로리아는 약 8일, 세턴은 약 13.5일, 오아시스는 약 19.5일로 품종마다 편차가 컸다. 관행농가에서 재배한 투톤은 약 9일, 루디아는 약 18.1일로 마찬가지로 품종마다 편차가 있었다(그림 2-16). 절화 상태를 육안으로 관찰했을 때(표 2-10), 관행농가 투톤의 경우 꽃목굽음 현상과 시들음 현상이 강하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 겨울에 재배한 절화용 국화의 절화 수명을 향상시키기 위해서는 수확 후 열탕처리 등 후처리가 추가적으로 필요한 것으로 보인다.

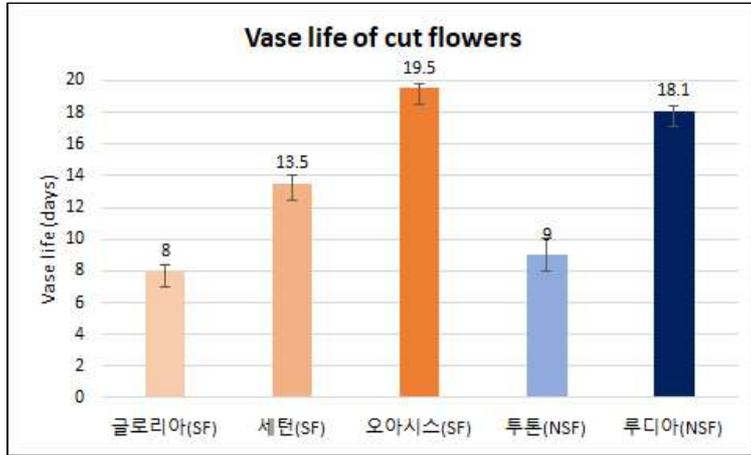


그림 2-16. 절화용 스프레이 국화 1차 절화수명 조사 (SF; 스마트팜, NSF; 관행농가)

표 2-10. 스마트팜 및 관행농가 수확 절화용 스프레이 국화 육안 비교

농가 형태	절화용 스프레이 국화 1차 조사 품종		
스마트팜 (Day 7)			
	글로리아	세턴	오아시스
	관행농가 (Day 9)		
투톤		루디아	

초기 절화중으로부터 변화량을 비교한 결과, 절화수명이 짧은 품종일수록 절화중이 급격하게 떨어지는 것을 확인하였다(그림 2-17). 스마트팜에서 수확한 글로리아는 최고 100.60%(Day 2), 최저 86.20%(Day 8), 세턴은 최고 113.99%(Day 4), 최저 92.16%(Day 13) 및 오아시스는 최고 112.99%(Day 4), 최저 98.60%(Day 19)로 나타났다. 관행농가에서 수확한 투톤은 최고 112.83%(Day 3), 최저 79.12%(Day 9), 루디아는 최고 112.99%(Day 4), 최저 106.89%(Day 18)로 나타났다. 루디아를 제외하고는 절화수명 종료시점이 초기 절화중보다 낮아진 것을 확인하였다. 따라서 절화수명 품질을 높이기 위해서 절화중을 오랫동안 증가시키는 것이 중요하다.

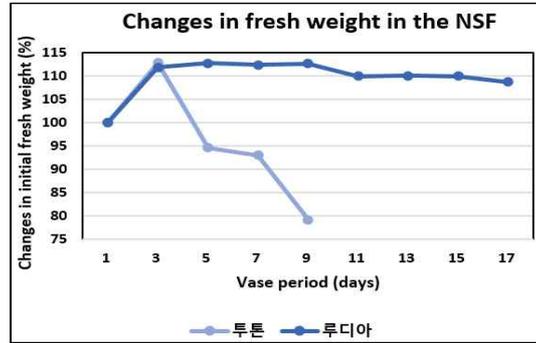
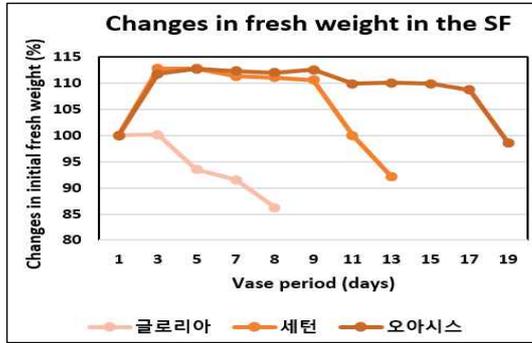


그림 2-17. 스마트팜(좌)과 관행농가(우) 재배 품종 절화중 변화량 비교

초기 물올림과 비교해 물올림 변화량을 측정해봤을 때 스마트팜과 관행농가의 모든 품종이 Day 3 까지는 물올림 정도가 증가하고 그 후로 서서히 떨어지는 양상을 볼 수 있다(그림 2-18). 물올림은 절화수명을 증대시키는 가장 중요한 요인 중 하나인데, 박테리아가 줄기 말단으로 침투하여 관다발 폐색 현상을 발생시키기 때문에 물올림이 점점 어려워져 수명이 줄어드는 것이다. 따라서 절화수명을 증가시키기 위해 줄기 말단을 조금씩 잘라주거나, 물을 갈아주는 등의 방식을 통해 박테리아 군집을 줄이는 것이 중요하다.

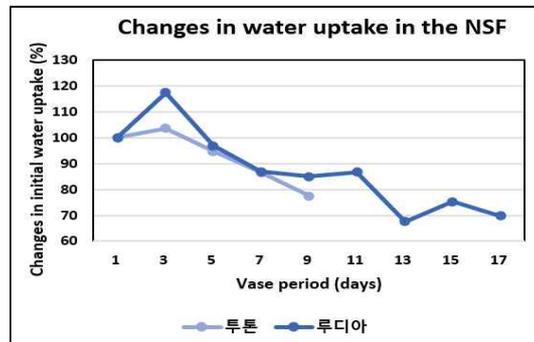
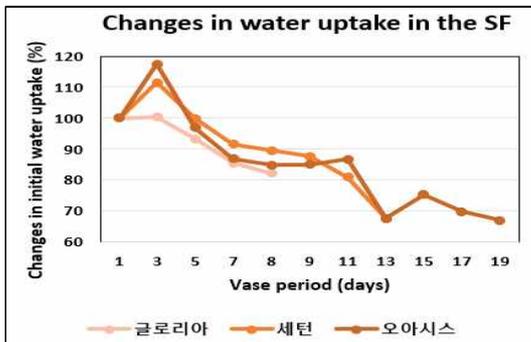


그림 2-18. 스마트팜(좌)과 관행농가(우) 재배 품종 물올림 변화량 비교

스마트팜 및 관행농가에서 수확 후 화경 변화량은 다음과 같다(그림 2-19). 전체적으로 화경 크기가 증가한 것을 볼 수 있었다. 품종마다 화경 크기가 상이하였으나, 스마트팜의 경우 2개의 품종이 초기 화경보다 140% 이상 증가하였고, 관행농가의 경우 루디아만 140% 이상 증가한 것을 확인하였다.

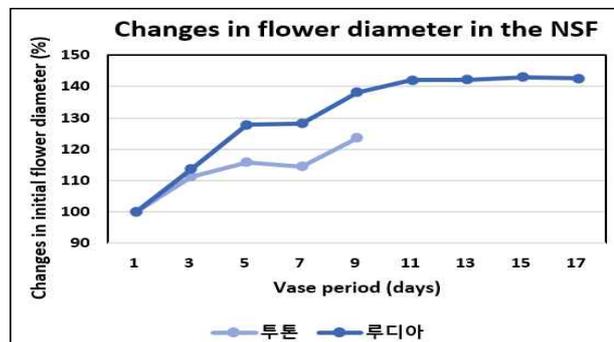
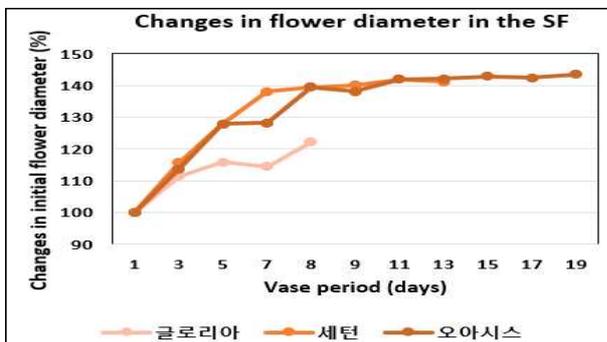


그림 2-19. 스마트팜(좌)과 관행농가(우) 재배 품종 화경 변화량 비교

(4) 4차 조사 결과

(가) 수확 후 절화 품질 및 수명 분석

2차 조사에서는 2020년 3월 22일에 정식하여 6월 16일에 스마트팜에서 수확한 ‘루디아’, ‘아비삭(Abishag)’, ‘글로리아’, ‘나오미’ 를 조사하였다. 관행농가는 2020년 1월 20일에 정식하여 4월 27일에 수확한 ‘세라’, ‘할리’, ‘야베스’, ‘포드(Ford)-1’, ‘포드(Ford)-2’ 를 조사하였다. 포드-1의 경우는 관행농가 초입에 정식된 것이었으며, 포드-2의 경우 하우스 중앙에 정식된 것이었다. 동일 하우스 내에서 위치에 따른 생육 및 절화 품질을 비교하기 위함이었다. 수확 직후 생육 비교 결과(표 2-11) 1차 조사와 마찬가지로 품종별로 특징 차이가 있지만, 전반적으로 스마트팜의 경우 절화장과 줄기직경이 관행농가 품종보다 우수했다.

표 2-11. 스마트팜과 관행농가의 절화용 스프레이 국화 수확 직후 생육 비교

농가 형태	품종명	절화장 (cm)	절화중 (g)	줄기 직경-정단 (mm)	줄기 직경-말단 (mm)	경도
스마트팜 (SF)	루디아	111.9 ± 1.3	82.1 ± 5.8	4.4 ± 0.1	6.2 ± 0.2	70.1 ± 2.8
	아비삭	100.4 ± 3.2	49.2 ± 3.0	3.4 ± 0.1	5.6 ± 0.2	70.0 ± 3.1
	글로리아	97.3 ± 1.2	50.4 ± 5.7	3.4 ± 0.1	4.4 ± 0.2	73.5 ± 6.4
	나오미	89.0 ± 5.5	47.4 ± 3.4	4.1 ± 0.3	5.1 ± 0.3	67.6 ± 5.2
관행농가 (NSF)	세라	105.7 ± 1.0	47.2 ± 1.9	3.3 ± 0.2	5.14 ± 0.2	72.3 ± 2.4
	할리	99.6 ± 1.6	59.8 ± 3.3	3.8 ± 0.2	4.1 ± 0.3	70.5 ± 2.9
	야베스	102.7 ± 1.0	59.7 ± 4.8	3.7 ± 0.2	4.4 ± 0.1	76.9 ± 3.1
	포드-1	99.3 ± 2.2	60.9 ± 2.4	3.7 ± 0.1	5.1 ± 0.2	82.6 ± 1.4
	포드-2	107.5 ± 0.7	55.9 ± 3.4	4.4 ± 0.2	4.3 ± 0.3	77.9 ± 1.9

절화수명은 스마트팜 루디아 11.2일, 아비삭 13.2일, 글로리아 12일, 나오미 12일로 품종과 관계없이 절화수명이 비슷했다(그림 2-20). 반면 관행농가는 세라 13.1일, 할리 13.9일, 야베스 18.3일, 포드-1 13.7일, 포드-2 18일이었다. 유의해야할 점은 포드-1과 포드-2였는데, 같은 하우스에서 동일한 시기에 정식~수확을 진행하여도 하우스 내부 위치에 따라 절화수명이 달라진다는 점이었다. 상대적으로 추운 시기이기 때문에 하우스 입구에 위치한 포드-1의 생육 및 절화수명 품질이 좋지 않았으며 환경 균일성에 대한 우려가 있다고 판단된다. 절화수명조사를 육안으로 비교해봤을 때 모든 품종에서 절화수명 종료 시점에 꽃의 탈색과 화경 감소 현상이 발생하였다(표 2-12, 2-13).

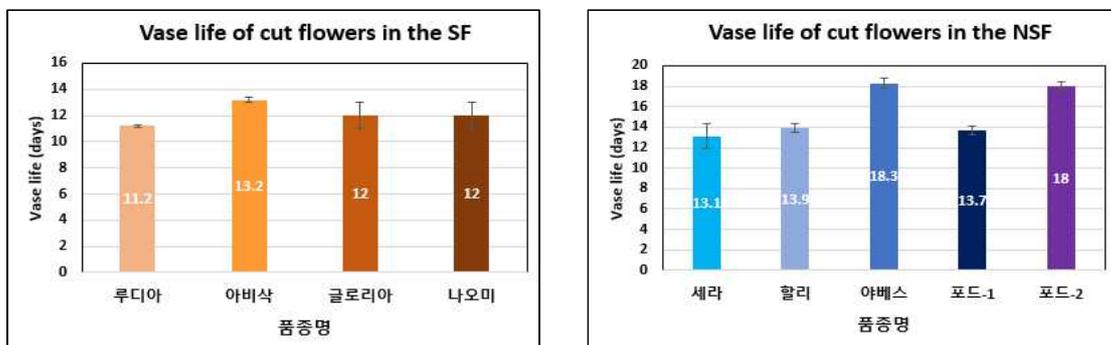


그림 2-20. 스마트팜(좌)과 관행농가(우) 절화수명 비교

표 2-12. 스마트팜 절화용 스프레이 국화 2차 절화수명조사 육안 비교

스마트팜 품종	Day 1	Day 11
루디아		
아비삭		
글로리아		
나오미		

표 2-13. 관행농가 절화용 스프레이 국화 2차 절화수명조사 육안 비교

관행농가 품종	Day 1	절화수명 종료 시점
세라		
할리		
야베스		
포드-1		
포드-2		

절화중 변화량(그림 2-21), 물올림 변화량(그림 2-22), 화경 변화량(그림 2-23) 모두 1차 조사와 마찬가지로 절화수명이 길수록 절화중 변화량이 크고, 물올림 변화량이 크고, 화경 변화량이 커지는 양상을 확인할 수 있었다. 1차 조사와 달랐던 점이 있었다면 관행농가 물올림 변화량에서 9일째에 물올림 변화량이 가장 최저점을 찍었지만 그 후에 증가한 것이다. 품종과 상관없이 전체적으로 상승한 것을 보아 생육챔버 환경조건 시스템 오류와 같은 영향이 있었을 것으로 판단된다.

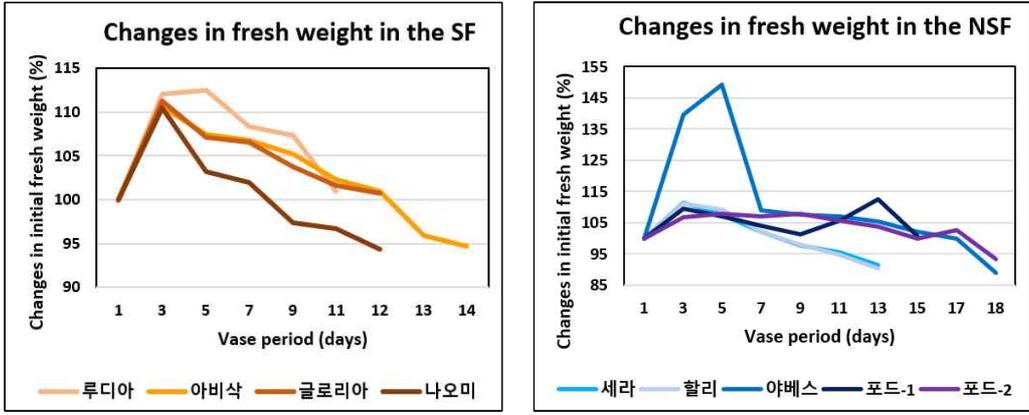


그림 2-21. 스마트팜(좌)과 관행농가(우) 재배 품종 절화중 변화량 비교

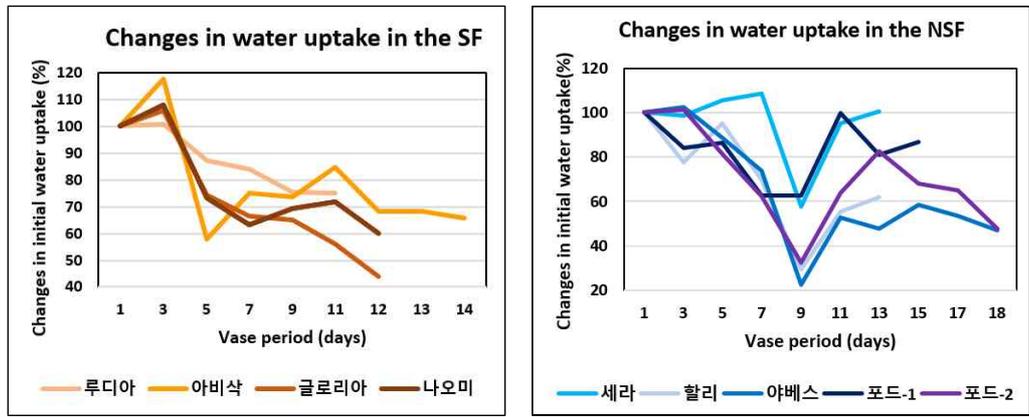


그림 2-22. 스마트팜(좌)과 관행농가(우) 재배 품종 물올림 변화량 비교

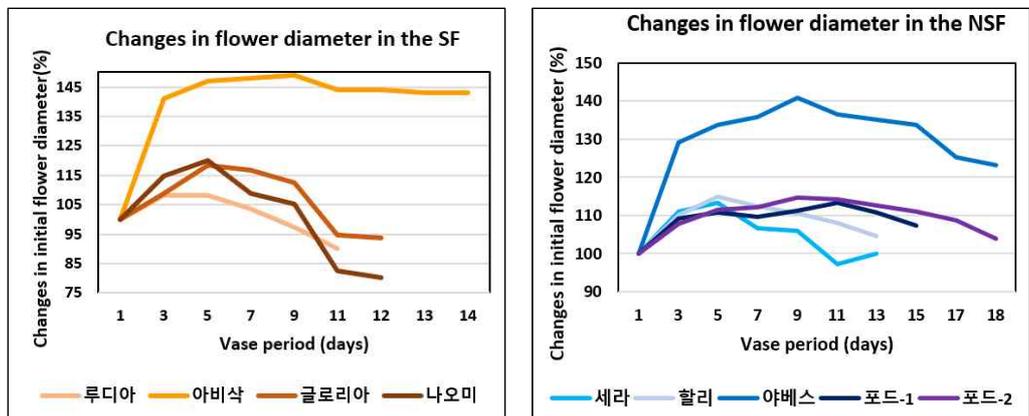


그림 2-23. 스마트팜(좌)과 관행농가(우) 재배 품종 화경 변화량 비교

(5) 5차 조사 결과

(가) 환경 분석

‘포드’의 경우 스마트팜에서는 2020년 7월 10일~10월 12일, 총 95일간 재배했으며, 관행농가에서는 2020년 7월 22일~10월 30일, 총 101일간 재배하였다. 재배 기간 동안의 평균 온도 값을 비교해본 결과 스마트팜의 온도 추세선은 $y=-0.0429x+26.777$ 이었으며, 관행농가의 추세선은 $y=-0.0999x+30.405$ 이었다. 스마트팜의 온도 추세선 기울기가 관행농가보다 0.0570 완만하므로 스마트팜 내부의 온도가 더 균일하다는 것을 알 수 있었다. 또한 본 조사기간이 여름인 점을 고려하였을 때 스마트팜이 약 25℃ 내외를 유지할 수 있었던 이유는 측창개방뿐만 아니라 천장개방, 포그 등 스마트 시스템이 효과적으로 작용하여 조절했기 때문이다. 따라서 ‘포드’의 경우 고온기에 뛰어난 품질의 국화를 생산하는데 스마트팜이 더 효과적이라고 볼 수 있다(그림 2-24).

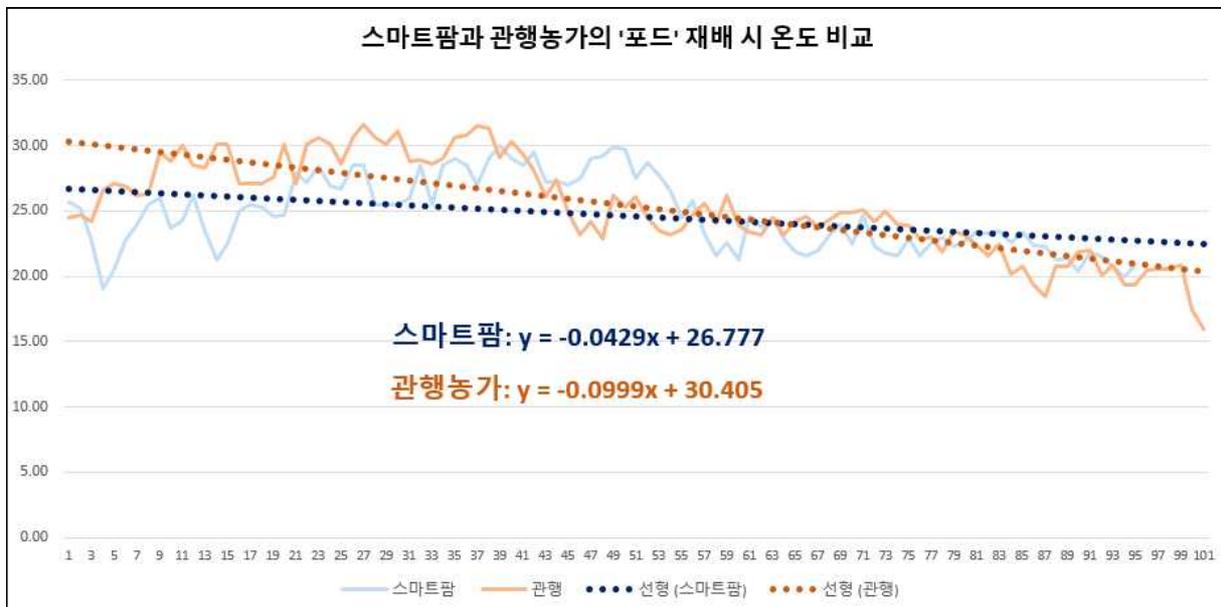


그림 2-24. 스마트팜과 관행농가의 ‘포드’ 생육일수에 따른 온도변화

‘아비삭’ 과 ‘헤나’의 경우 스마트팜에서는 2020년 6월 17일~9월 18일, 총 94일간 재배했으며, 관행농가에서는 2020년 7월 22일~10월 30일, 총 101일간 재배하였다. 재배 기간 동안의 평균 온도 값을 비교해본 결과 스마트팜의 온도 추세선은 $y=0.0208x+24.227$ 이었으며, 관행농가의 추세선은 $y=-0.0999x+30.405$ 이었다. 스마트팜의 온도 추세선 기울기 절대값이 관행농가보다 0.0919 완만하므로 스마트팜 내부의 온도가 더 균일하다는 것을 알 수 있었다. 따라서 ‘아비삭’ 과 ‘헤나’의 경우 고온기에 뛰어난 품질의 국화를 생산하는데 스마트팜이 더 효과적이라고 볼 수 있다(그림 2-25).

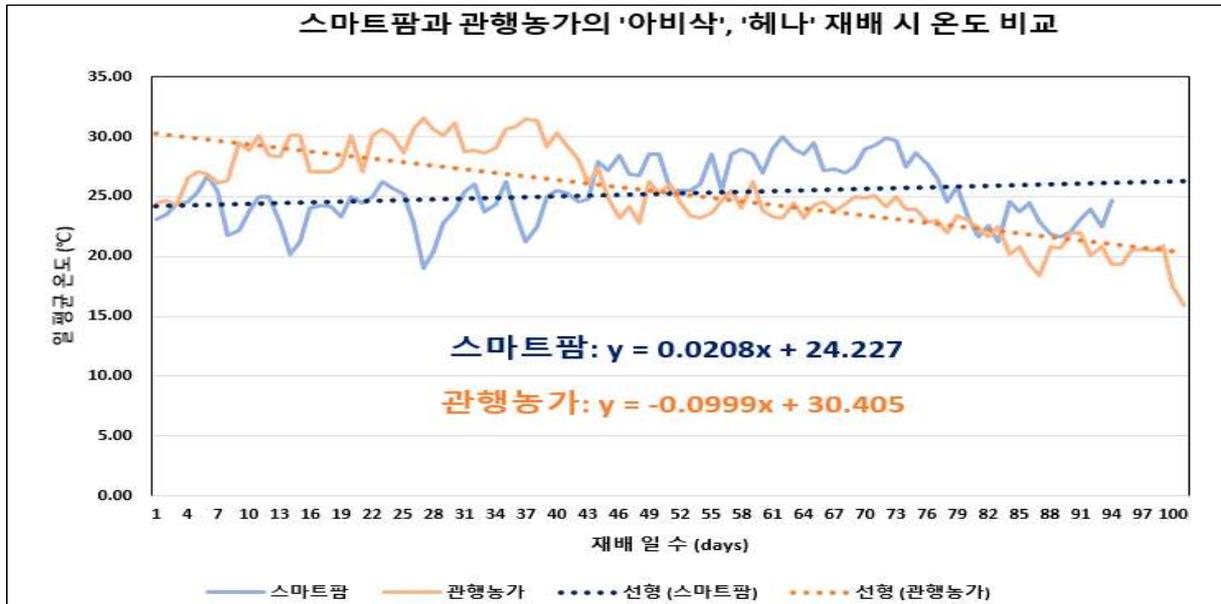


그림 2-25. 스마트팜과 관행농가의 '아비삭', '헤나' 생육일수에 따른 온도변화

국화 재배 시 하우스 내 적정 습도는 60~80%이다(국립원예특작과학원, 2015). 스마트팜과 관행농가의 2020년 월평균 상대습도(%)를 비교해본 결과는 다음과 같다(그림 2-26). 스마트팜의 경우 8월(81.33%), 9월(81.54%)을 제외하고 모두 적정 습도를 유지한 반면에 관행농가는 2월(83.77%), 5월(52.27%), 6월(54.90%), 8월(84.85%), 9월(83.50%), 10월(84.26%), 11월(82.21%) 총 7개월이 적정 습도를 유지하지 못하였다. 습도가 80% 이상이 될 경우 흰녹병 등 병충해 피해가 증가하기 때문에(Yoo et al., 2016) 국화 재배 시 습도는 필수적으로 조절이 필요하다. 따라서 적정 상대습도를 유지하는 스마트팜이 국화 생육 및 병충해 억제가 관행농가보다 더 효과적이다.

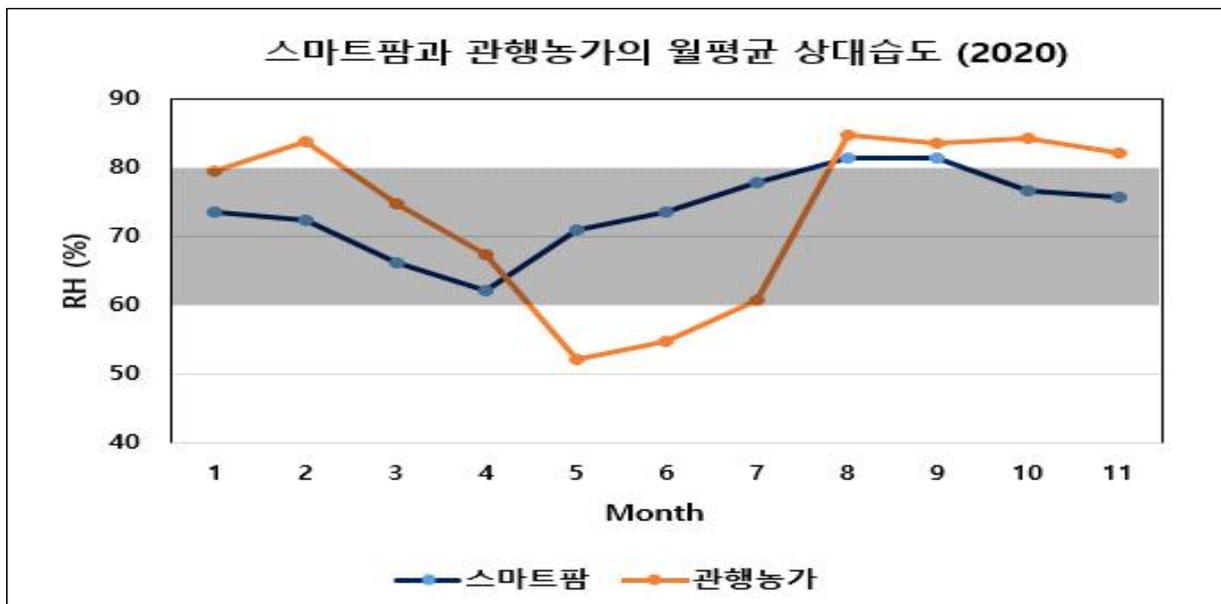


그림 2-26. 스마트팜과 관행농가의 상대습도(%) 비교

(나) 생육 분석

스마트팜 절화용 스프레이 국화 ‘아비삭(Abishag)’ 및 ‘헤나(Henna)’ 는 2020년 7월 20일부터 9월 25일까지 조사를 수행하였고 ‘포드(Ford)’ 는 2020년 8월 3일부터 10월 12일까지 조사하였으며, 관행농가는 세 품종 모두 2020년 8월 25일부터 10월 12일까지 조사를 수행하였다. 생육 특성은 절화 국화 정식 후 5주째부터 임의로 각 10분씩 선정하여 2주간격으로 조사하였다.

스마트팜과 관행농가에서 재배한 ‘아비삭(Abishag)’ 품종의 형태적인 특성을 2주 간격으로 조사한 결과(표 2-14) 스마트팜에서 절화장은 5주 43.8cm에서 11주에는 87.1cm로 나타났다. 이는 생육 5주차에서 7주차에는 147.5%로 가장 생육이 왕성하였고, 7주차에서 9주차는 130.0%로 생육이 왕성하였지만 점차 생육 후반기로 접어드는 경향을 보였다. 9주차에서 화뢰가 맺힌 11주차에는 생육이 거의 이루어지지 않은 103.8%를 보였다. 관행농가에서는 9주차에서 가장 생육이 왕성하여 7주차에 비해 164.3%의 성장을 하였고, 11주차에는 113.5%의 생육을 보였다. 생육에서 초장은 스마트팜이 관행농가에 비해서 17.9% 길었다. 엽수는 스마트팜에서 재배한 경우는 34.1개로 관행농가에서 재배한 29.5개보다 약 5개 정도가 많았으며 이는 절화장과 유사한 결과치를 보였다. 줄기 직경은 하단부에서는 스마트팜이 5.8cm, 관행농가는 5.1cm였고 중간부 경우도 스마트팜은 6.3cm, 관행농가는 5.3cm로 줄기 직경 또한 모두 스마트팜에서 굵게 나타났다. 생육 후반기에는 절화장보다는 줄기 직경 증가, 경도 증가에 초점을 두었기 때문에 위와 같은 결과가 나타났다. 엽록소 함량은 재배기간이 길어짐에 따라 짙어지는 경향을 보여 스마트팜은 5주 41.8에서 11주에는 57.9로 138.5% 증가하였고 관행농가는 5주 44.7에서 11주 61.1로 136.7%로 비슷하게 증가하였으나, 함량 자체는 관행농가가 더 높았다.

표 2-14. 스마트팜과 관행농가에서의 ‘아비삭(Abishag)’ 생육형태 비교

Weeks	Form	Plant height (cm)	No of leaves (ea)	Stem diameter		Chlorophyll content (SPAD value)
				Base (mm)	Middle (mm)	
5	Smart farm	43.8 ± 2.8	22.7 ± 1.4	3.9 ± 0.5	4.9 ± 0.5	41.8 ± 1.5
	Greenhouse	28.5 ± 3.7	15.3 ± 1.7	3.7 ± 0.5	3.9 ± 0.5	44.7 ± 2.1
		t = 10.365	t = 10.559	t = .921	t = .4839	t = -3.528
7	Smart farm	64.6 ± 3.0	27.6 ± 1.4	4.4 ± 0.5	5.6 ± 0.6	50.0 ± 2.4
	Greenhouse	39.8 ± 5.1	19.6 ± 1.9	5.1 ± 0.5	4.2 ± 0.3	55.5 ± 2.7
		t = 13.320	t = 10.648	t = .981	t = 6.299	t = -4.686
9	Smart farm	83.9 ± 5.5	32.9 ± 2.8	5.4 ± 0.7	6.0 ± 0.4	55.5 ± 2.9
	Greenhouse	65.1 ± 6.4	26.3 ± 1.6	4.6 ± 0.6	4.8 ± 0.3	57.5 ± 3.0
		t = 7.040	t = 6.564	t = 3.024	t = 7.073	t = -1.541
11	Smart farm	87.1 ± 6.2	34.1 ± 2.4	5.8 ± 0.5	6.3 ± 0.2	57.9 ± 3.8
	Greenhouse	73.9 ± 6.8	29.5 ± 1.7	5.1 ± 0.6	5.3 ± 0.3	61.1 ± 2.4
		t = 4.555	t = 4.960	t = 2.824	t = 7.149	t = -2.223

*, **, and *** mean significant at $p \leq 0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

스마트팜과 관행농가에서 재배한 ‘포드(Ford)’ 품종의 형태적인 특성을 2주 간격으로

조사한 결과는 표 2-15와 같다. 길이는 스마트팜에서 재배했을 때 5주 30.28cm에서 11주에는 70.7cm로 234.1%의 신장을 보였다. 생육 5~7주차에서 170.9%로 가장 생육이 왕성하였고, 7~9주차는 120.5%, 9~11주차에는 114.4%로 점차 더디게 진행되었다. 관행농가에서는 5주차에 비해 11주차의 초장 신장률은 226.2% 증가하였다. 5주차에 비해 7주차의 신장률은 138.3%, 7주차보다 9주차 때의 신장률은 143.0%, 9주차보다 11주차 때의 신장률은 114.4%였다. 관행농가에서의 신장률은 7~9주차때 가장 많이 성장하는 것으로 나타났고 9~11주차는 신장률이 가장 낮았다. 스마트팜 대비 관행농가에서의 생육은 차이를 보였다. 따라서 스마트팜에서 포드를 재배할 때는 5~7주차에 추비를 하는 것이 좋고, 관행농가에서는 7~9주차에 추비를 해서 포드 품종을 재배하는 것이 좋을 것으로 사료된다. 잎 수는 스마트팜에서 재배한 경우는 30.4개로 관행농가에서 재배한 30.6개와 유사한 차이를 보였다. 잎의 증가는 두 처리구 모두에서 5~7주차에 가장 많이 증가하였다. 절화 국화 ‘Jinba’ 로 재배 체계와 절화 품질과의 상관관계를 분석한 결과, 잎 수와 토양 pH는 양의 상관관계를 가장 크게 보였고 토양 EC는 음의 상관관계가 상대적으로 적었다(Roh et al. 2017)고 보고 하였고 이와 유사한 결과를 얻었다. 줄기 직경은 마지막 줄기 직경에서는 두 처리구에서 모두 유의성이 없는 4.7~5.1cm였고, 중간 직경의 경우도 5.1~5.4cm로 상호간의 유의성은 인정되지 않았다. 따라서 두 처리구간의 줄기 굵기는 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 온도조건과 재배조건에 토양의 유기물 및 무기물의 차이에서 비롯된 것으로 생각된다. 엽록소 함량은 재배기간이 길어짐에 따라 함량이 많아졌고 스마트팜은 52.5로 관행농가의 64.6보다 월등히 적게 나타났다. 또한 엽록소 함량의 변화율은 스마트팜에서는 107.2~113.6%로 거의 변화하지 않았고, 관행농가에서는 105.6~120.0%의 비율을 보였는데 꽃이 피기 시작하는 기간에 엽록소 함량의 변화가 가장 미미하였다.

표 2-15. 스마트팜과 관행농가에서의 ‘포드(Ford)’ 생육형태 비교

Weeks	Form	Plant height (cm)	No of leaves (ea)	Stem diameter		Chlorophyll content (SPAD value)
				Base (mm)	Middle (mm)	
5	Smart farm	30.2 ± 1.7	17.2 ± 1.8	3.4 ± 0.3	4.0 ± 0.5	38.7 ± 3.2
	Greenhouse	29.8 ± 2.3	15.3 ± 1.7	3.2 ± 0.2	4.9 ± 0.7	42.6 ± 1.9
		t = .444	t = 2.460	t = 1.257	t = .772	t = -3.319
7	Smart farm	51.6 ± 4.3	22.8 ± 2.2	4.1 ± 0.4	4.4 ± 0.4	41.5 ± 2.7
	Greenhouse	41.2 ± 4.0	23.1 ± 2.2	3.7 ± 0.4	3.9 ± 0.4	51.1 ± 5.3
		t = 5.659	t = -.310	t = 2.556	t = 3.021	t = -5.106
9	Smart farm	62.2 ± 4.8	27.3 ± 3.0	4.7 ± 0.7	4.8 ± 0.4	46.2 ± 3.8
	Greenhouse	58.9 ± 3.1	26.8 ± 1.5	4.3 ± 0.6	4.5 ± 0.6	61.2 ± 1.7
		t = 1.824	t = .470	t = 1.318	t = 1.023	t = -11.426
11	Smart farm	70.7 ± 5.5	30.4 ± 3.0	5.1 ± 0.7	5.4 ± 0.1	52.5 ± 5.2
	Greenhouse	67.4 ± 4.0	30.6 ± 2.4	4.7 ± 0.6	5.1 ± 0.2	64.6 ± 1.8
		t = 1.534	t = -.163	t = 1.199	t = 1.374	t = -6.983

*, **, and *** mean significant at $p \leq 0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

스마트팜과 관행농가에서 재배한 ‘헤나(Henna)’ 품종의 형태적인 특성을 2주 간격으로 조사한 결과(표 2-16), 초장은 스마트팜에서 재배했을 때 5주 34.3cm에서 11주에는 68.8cm로 200.6%의 신장률을 보였다. 또한 초장의 생육은 5~7주차에는 157.1%로 가장 생육이 왕성하였고, 7~9주차는 112.8%로 생육이 서서히 진행되었고, 9~11주차에는 현저히 떨어진 102.8%였다. 관행농가에서의 초장 신장률은 5주차에 비해 11주차에 222.2% 증가하였다. 주차별 신장은 5~7주차는 134.7%, 7~9주차 156.3%, 9~11주차 105.6%로 7~9주차에 가장 많이 초장이 길어진다는 것을 알 수 있었다. 엽수는 스마트팜에서는 28.7개였고, 관행농가에서 재배한 경우 41.1개였다. 국화는 하루에 받는 총광량이 높을수록 잎 수가 증가한다는 보고(Kjaer and Ottosen 2011)에 따라 높이가 낮은 관행농가의 총 광량이 많을 것으로 판단된다. 하지만 관행농가에서 재배한 품종이 스마트팜에서 재배한 품종보다 잎이 많은 것은 헤나가 유일했다. 황근의 경우 같은 종이어도 서식하는 지역의 토양의 영양분 상태에 따라 필요로 하는 수분의 양이 달라지거나, 수분의 양에 따라 필요로 하는 영양분의 양이 달라질 수 있다는 보고(Lee et al. 2017)와 일치하는 결과를 얻었다. 식물의 종에 따른 차이는 있지만 무궁화과에 속하는 식물과는 유사한 결과를 얻었다. 이는 초장에서 큰 차이를 보이지 않은 것과는 대조되는 것으로 추후 이 부분에 대한 연구가 더 필요해 보인다. 줄기 직경은 하단부에서는 스마트팜에서 재배한 처리구가 5.9cm로 관행농가에서 재배한 5.0cm보다 굵게 나타났다. 중간 직경은 스마트팜에서 재배한 처리구가 6.3cm로 관행농가에서 재배한 5.5cm보다 굵게 나타났다. 엽록소 함량은 재배기간이 길어짐에 따라 함량이 많아졌고 스마트팜은 56.2로 관행농가의 60.2보다 함량이 낮게 나타났다.

표 2-16. 스마트팜과 관행농가에서의 ‘헤나(Henna)’ 생육형태 비교

Weeks	Form	Plant height (cm)	No of leaves (ea)	Stem diameter		Chlorophyll content (SPAD value)
				Base (mm)	Middle (mm)	
5	Smart farm	34.3 ± 2.2	20.3 ± 1.2	3.8 ± 0.4	4.9 ± 0.6	40.2 ± 1.1
	Greenhouse	29.7 ± 1.9	21.2 ± 1.3	3.3 ± 0.4	3.6 ± 0.2	44.0 ± 2.7
		t = 4.935 p = .000***	t = -1.622 p = .122	t = 2.744 p = .013*	t = 6.581 p = .000***	t = -4.067 p = .002**
7	Smart farm	53.9 ± 2.8	24.6 ± 1.6	4.4 ± 0.4	5.5 ± 0.6	47.9 ± 2.0
	Greenhouse	40.0 ± 3.1	29.2 ± 3.2	3.6 ± 0.4	3.9 ± 0.3	52.0 ± 2.0
		t = 10.664 p = .000***	t = -4.052 p = .001***	t = 3.889 p = .001***	t = 7.455 p = .000***	t = -4.592 p = .000***
9	Smart farm	66.9 ± 3.3	27.3 ± 2.3	5.3 ± 0.5	5.9 ± 0.4	52.7 ± 3.0
	Greenhouse	62.5 ± 5.0	38.5 ± 3.6	4.3 ± 0.5	4.5 ± 0.4	55.0 ± 2.5
		t = 2.314 p = .033*	t = -8.232 p = .000***	t = 4.380 p = .000***	t = 8.243 p = .000***	t = -1.860 p = .079
11	Smart farm	68.8 ± 3.1	28.7 ± 2.0	5.9 ± 0.4	6.3 ± 0.4	56.2 ± 4.0
	Greenhouse	66.0 ± 5.0	41.1 ± 4.2	5.0 ± 0.4	5.5 ± 0.4	60.2 ± 2.1
		t = 1.515 p = .147	t = -.8468 p = .000***	t = 4.717 p = .000***	t = 4.989 p = .000***	t = -2.861 p = .010**

*, **, and *** mean significant at $p \leq 0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

세 품종 공통적으로 스마트팜에서 생육상태가 월등했으나, 엽록소 함량만 낮았다. 이는 조사 수행 기간이 8월~10월로 광량이 풍부했던 시기였으며, 스마트팜은 광량이 과도할 경우 수시로 조절이 가능하지만 관행농가는 높이가 낮고 광량 조절에 어려움이 있어 직사광선을 그대로 받게 되어 엽록소 함량이 높았을 것으로 판단된다.

(다) 수확 후 절화 품질 및 수명 분석

스마트팜에서 재배한 ‘아비삭’, ‘헤나’ 는 2020년 9월 25일에 수확하였으며, ‘포드’ 는 10월 14일에 수확하였다. ‘아비삭’ 과 ‘헤나’ 의 경우 농가 수확시기보다 일주일 이상 지난 후에 수확하였으므로 절화수명 비교에 유의해야 한다. 관행농가에서 재배한 3품종은 모두 2020년 10월 30일에 수확하였다.

세 품종의 절화수명은 다음과 같다(그림 2-27). ‘헤나’ 의 경우 평균 절화수명은 스마트팜 28.5일, 관행농가 25일로 스마트팜이 3.5일 절화수명이 길었다. ‘포드’ 의 경우 스마트팜 29.5일, 관행농가 27일로 스마트팜이 2.5일 길었다. ‘아비삭’ 의 경우 스마트팜 16.7일, 관행농가 24.7일로 관행농가가 8일 길었다. 앞서 언급했듯이 스마트팜 ‘헤나’, ‘아비삭’ 의 수확시기가 일주일 늦춰진 것을 감안한다면 ‘헤나’ 의 경우 스마트팜의 절화수명이 더 증가할 것으로 판단되며, ‘아비삭’ 의 경우에도 관행농가의 절화수명과 큰 차이는 없을 것으로 판단된다. 절화수명을 육안으로 관찰했을 때 스마트팜과 관행농가에서 모든 품종들이 절화수명 종료시점이 되었을 때 탈색, 화경감소 현상을 관찰할 수 있었다(표 2-17). 포드의 경우 스마트팜에서 재배한 것이 관행농가에서 재배한 것과 꽃잎 형태의 차이점이 확인되었다.

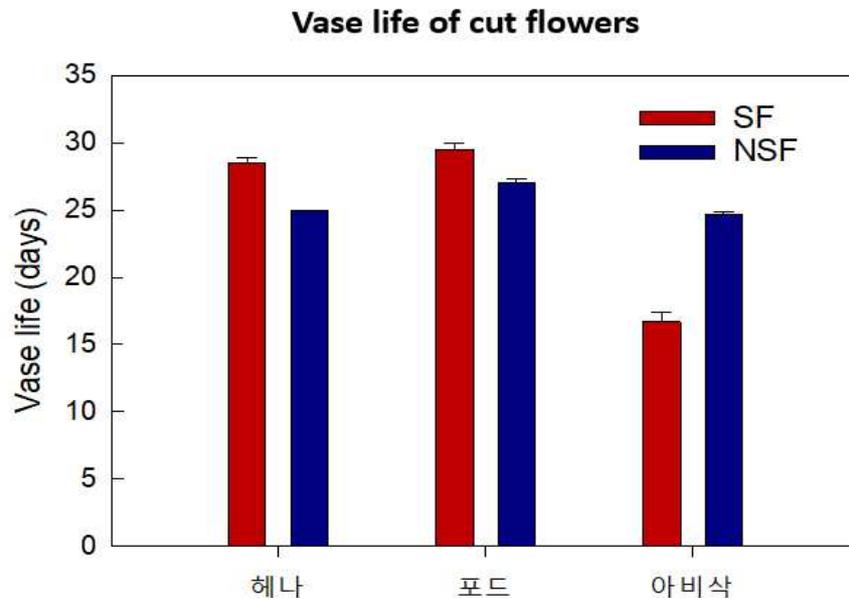


그림 2-27. 스마트팜과 관행농가의 ‘헤나’, ‘포드’, ‘아비삭’ 의 절화수명 비교

표 2-17. 스마트팜 및 관행농가 절화용 스프레이 국화 3차 절화수명조사 육안 비교

품종	농가 형태	Day 5	Day 20
헤나	스마트팜 (SF)		
	관행농가 (NFS)		
포드	스마트팜 (SF)		
	관행농가 (NFS)		
아비삭	스마트팜 (SF)		
	관행농가 (NFS)		

세 품종의 절화중 변화량(%)은 다음과 같다(그림 2-28). 스마트팜 재배 헤나의 경우 실험 7일까지 절화중이 증가(100%→111%)한 후 약 25일까지 유사한 퍼센트(약 110%)로 무게가 증가하였고 절화수명 종료 시점인 28.5일과 근접한 27일부터 절화중이 81.88%로 급격하게 감소되었다. 관행농가 재배의 경우 5일까지 118% 증가하여 스마트팜보다 높지만, 서서히 감소되면서 절화수명 종료 시점이 다가오는 23일에는 78%로 급격히 감소되었다. 스마트팜 재배 포드는 5일째 120%까지 증가하였으며 서서히 감소된 후 25일째에 처음 절화중보다 감소하여 93%까지 감소하였다. 관행농가의 경우 3일까지 104.81%로 증가하고 15일째부터 절화중이 초기 무게보다 감소하여 23일째에는 96.20%로 감소하였다. 아비삭의 경우 스마트팜은 9일째 120.85%로 증가하였고 다른 품종과는 달리 절화수명 종료시점까지 초기 절화중보다 높았다. 관행농가는 5일째 116.06%로 증가한 후 서서히 감소하였지만 마찬가지로 초기 절화중보다 높은 상태로 절화수명이 종료되었다. 물올림 변화량도 비슷한 양상을 보였으며(그림 2-29), 화경은 스마트팜보다 관행농가가 더 변화량이 크게 나타났다(그림 2-30).

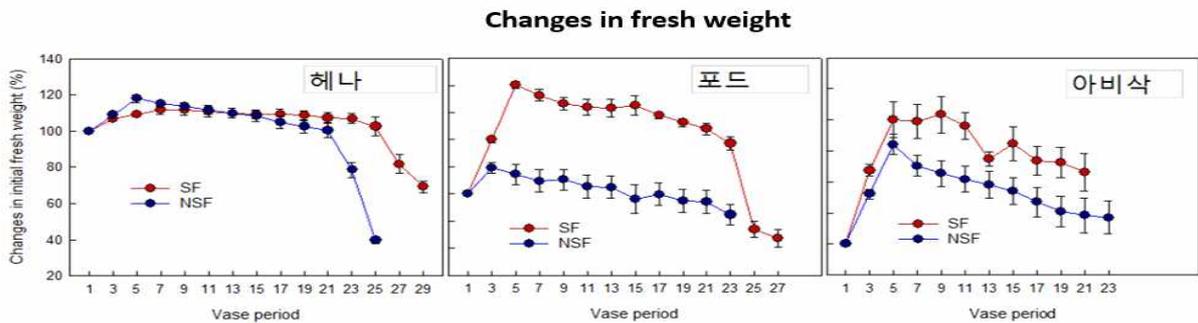


그림 2-28. 스마트팜과 관행농가의 헤나, 포드, 아비삭의 절화중 변화량 비교 분석

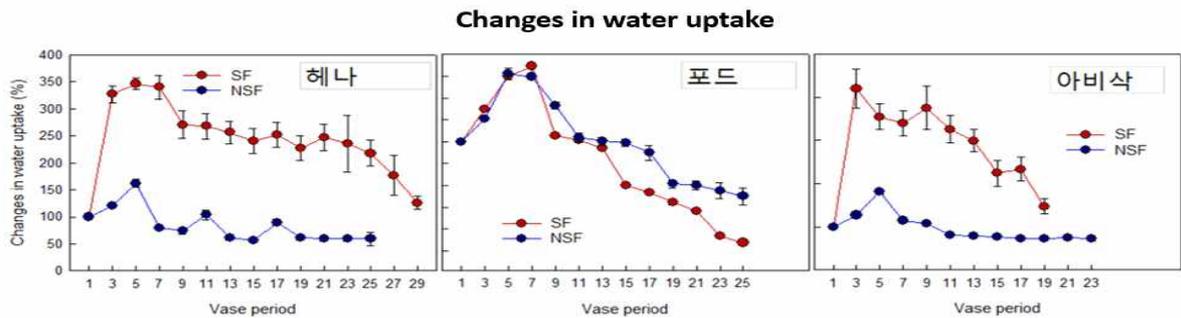


그림 2-29. 스마트팜과 관행농가의 헤나, 포드, 아비삭의 물올림 변화량 비교 분석

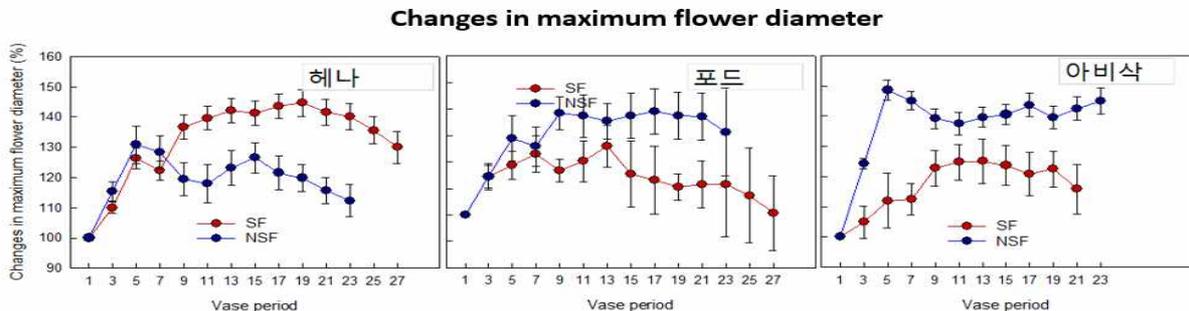


그림 2-30. 스마트팜과 관행농가의 헤나, 포드, 아비삭의 화경 변화량 비교 분석

2. 절화용 스프레이국화 스마트팜 영농기법 분석 및 검증

가. 영농기법 분석

(1) 생산성 비교 분석

경기도 이천 김** 농가의 스마트팜과 관행농가의 생산성을 비교 분석하기 위해 투입요소 비용, 수입, 평수를 고려하여 평당 순이익으로 비교하고자 한다. 본 농가는 한 속을 7~8송이로 하여 일반 도매상가, 강남터미널 도매상가에 약 80%를 납품하고 20%는 호국원, 동산농원에서 판매를 진행한다. 일반적으로 한 속에 2,000~3,000원대 가격으로 판매하며, 가격이 올랐을 때 최대 6,000원까지 가격이 상승하였다. 본 농가의 총 매출은 평균적으로 연간 4억원이나, 2020년은 코로나 19 바이러스로 인해 속당 2,000원 미만으로 판매되어 1~10월까지 매출액은 237,072,860원으로 평균 이하 수준이었다. 스마트팜과 관행농가의 생산성을 비교하기 위해서는 평균 매출액을 기준으로 하는 것이 유의미하다고 판단되어 2019년을 기준으로 평당 순이익을 비교하였다.

관행농가의 경우 연간 3기작 재배를 하며, 종묘비 888천원, 비료·농약비는 3,554천원, 광열동력비 7,107천원, 재료비 1,777천원, 수리유지비 1,500천원, 노동비 21,880천원, 수입 62,513천원으로 순이익은 25,807천원이며 평당 순이익은 17,205원이다(표 2-18). 본 농가는 국화 재배 경력이 35년 이상으로 상황에 따라 육안으로 판단하여 국화 품질을 높여 판매하기 때문에 평당 순이익은 다른 절화 국화 농장보다 높은 편이다. 하지만 1995년에 설치하였기 때문에 시간이 지날수록 수리유지비는 증대될 것으로 사료되며, 스마트폰으로 환경조건을 파악할 수 없기 때문에 자주 방문해야 하는 단점이 있다.

표 2-18. 절화 스프레이 국화 관행농가의 평균 생산성 분석

투자비(원)		수입(원)
투입요소 비용	자동화시설 설치비	0
	종묘비	888,000
	비료·농약비	3,554,000
	광열동력비	7,107,000
	재료비	1,777,000
	수리유지비	1,500,000
	노동비	21,880,000
계	36,706,000	62,513,000
순이익	수입-투자비 = 25,807,000원 관행농가(1,500m ²) 평당 순이익 = 17,205원	

스마트팜의 경우 연간 3.5기작 재배를 하며, 종묘비 4,112천원, 비료·농약비는 16,446천원, 광열동력비 32,893천원, 재료비 8,223천원, 수리유지비 0원, 노동비 78,120천원, 수입 337,487천원으로 순이익은 197,693천원이며 평당 순이익은 28,478원으로 관행농가보다 스마트팜이 11,278원 높다(표 2-19). 따라서 동일인이 재배하였을 경우 스마트팜의 생산성이 더 높다는 것을 확인할 수 있었다.

표 2-19. 철화 스프레이 국화 스마트팜의 평균 생산성 분석

투자비(원)		수입(원)	
투입요소 비용	자동화시설 설치비	0	337,487,000
	종묘비	4,112,000	
	비료·농약비	16,446,000	
	광열동력비	32,893,000	
	재료비	8,223,000	
	수리유지비	0	
	노동비	78,120,000	
계	139,794,000	337,487,000	
순이익	수입-투자비 = 197,693,000원 스마트팜(6,942m ²) 평당 순이익 = 28,478원		

나. 스마트팜 경영 전문가 검증

2018년 11월 23일 스마트팜 분야의 3명의 전문가를 초빙하여 스마트팜 경영 분석 방법 및 과학적 기술적 검증과 의견을 수렴하였다(그림 2-31).

- (1) 스마트팜 간이 경영성과 분석 요령
- (2) 농업의 인공지능
- (3) 기후변화와 스마트팜의 미래



그림 2-31. 스마트팜 전문가 초빙

제3절 절화용 스프레이 국화 스마트팜 선도농가의 영농기법 표준 모델화 및 현장보급

1. 절화용 스프레이국화 스마트팜 선도농가의 생산관리 전(全)과정 문제점 도출 및 영농기법 고도화

가. 생산관리 전(全)과정 문제점 도출

(1) 재배 문제점 - 토양

(가) 토양 채취

토양채취는 토양시료채취기(SL09016, Soil Sampler, KOREA)을 이용하였다. 토양검정은 국화묘종을 심기 전(정식 전), 생육 중기(식재 후 6주차), 생육 말기(식재 후 11주차)에 국화 묘종 뿌리에서 5cm 떨어진 곳에서 토양 지표면의 식물 잔사나 이물질 등을 제거 후 깊이 15cm로 5개소에서 채취하여 혼합 후 500g에 대해 검정을 실시하였다. 스마트팜과 관행농가에서 모두 채취하였고, 생육 중기와 말기는 품종별로 각각 채취하여 비교 분석하였다. 토양검정은 이천시농업기술센터(Icheon Agricultural Technology Service Center)에서 결과를 받았다(그림 2-32).



그림 2-32. 토양 채취(A), 채취한 토양 500g(B), 이천시농업기술센터(C), 토양검정 의뢰서(D)

(나) 토양 검정

관행농가와 스마트팜의 정식 전 토양을 검정한 결과(그림 2-33), pH는 각각 적정범위에 속하는 7.0, 6.8이었다. 유기물함량은 관행농가에서는 적정량인 31g/kg이었지만 스마트팜은 적정량보다 다소 못 미치는 21g/kg로 나타났다. 아직 거름 처리하기 전으로 판단된다. 유효인산은 관행농가는 적정량인 500mg/kg보다 약 4배가 많은 1,937mg/kg이었고, 스마트팜에서도 1,355mg/kg로 적정량보다 훨씬 많았다. 칼륨은 관행농가는 3.1cmol⁺/kg, 스마트팜은 1.2cmol⁺/kg이었다. 관행농가의 칼슘과 마그네슘은 적정량보다 많은 7.6, 5.5cmol⁺/kg로 나타났으며 스마트팜은 칼슘의 경우 적정량인 6.2cmol⁺/kg, 마그네슘은 적정량보다 살짝 많은 3.1cmol⁺/kg로 나타났다. 전기전도도는 관행농가에서는 7.7ds/m로 아주 높았으며 스마트팜에서는 적정수준인

1.4ds/m이었다. 국화 묘종을 심기위해 토양을 조성하는 과정을 살펴본 바 pH는 두 처리구에서 적정하게 나타났지만, 식물 생장에 많은 영향을 끼치는 전기전도도는 관행농가에서는 적정치인 2ds/m이하보다 3.8배정도 높게 나타난 반면 스마트팜에서는 적정 수준을 유지하고 있어 스마트팜에서의 토양관리가 좋은 것으로 나타났다. 폐쇄적인 시설재배지에서 퇴비 및 화학비료의 과다 사용은 염소, 황산, 질산 등의 집적 유발을 통해 염류 농도가 증가되고 연작할 경우 더 심각해지기 때문에 1995년부터 다비성 작물인 국화를 재배한 관행농가에 염류집적이 더 많이 생겨 전기전도도가 높아진 것으로 사료된다.

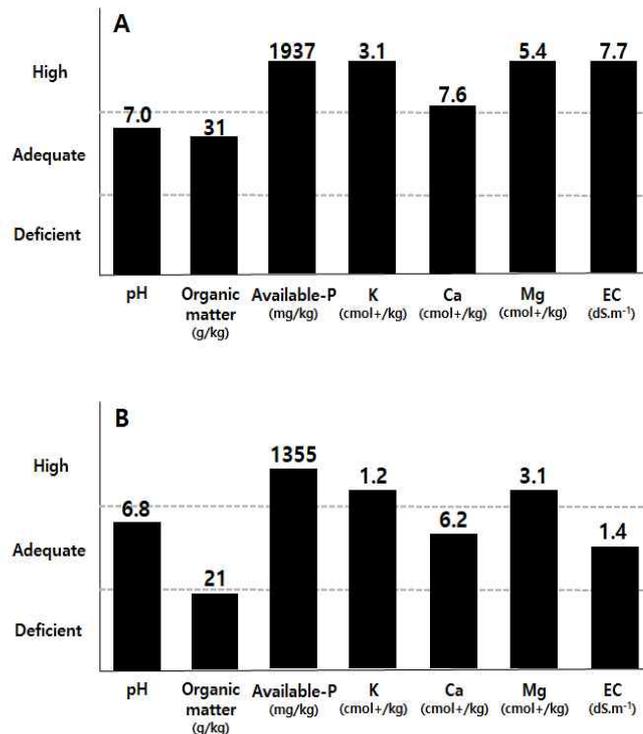


그림 2-33. 관행농가(A)와 스마트팜(B) 정식 전 토양분석

‘아비삭(Abishag)’, ‘포드(Ford)’, ‘헤나(Henna)’ 3품종을 생육 6주가 지난 후 토양을 검정한 결과(그림 2-34), 국화 재배 시 적정 pH는 6.0~7.0 사이이며 관행재배 온실에서는 6.8~6.9를 보였고, 스마트팜에서는 6.3~6.6으로 모두 적정 pH 값을 보였다. 유기물함량은 관행농가에서는 적정량인 34~37g/kg, 스마트팜에서는 적정량이거나 적정량보다 양이 약간 적은 20~27g/kg이었다. 유효인산은 관행농가에서 1,851~1,973mg/kg으로 적정량보다 약 4배 정도 많았으며, 스마트팜에서는 1,077~1,573mg/kg으로 약 2~3배 정도 많았다. 칼륨과 칼슘, 마그네슘도 관행농가와 스마트팜에서 높게 나타났으나 대체적으로 스마트팜의 경우가 적정량과 더 근사값을 보였다. 전기전도도는 관행농가에서 모든 품종에서 10ds/m로 아주 높았고, 스마트팜은 4.4~5.7ds/m로 적정 수준보다 약간 높았다. 중기에서의 토양 검정은 재배할 때 가축분 퇴비나 화학비료를 다량 시용 시 염류 집적 및 토양의 물리화학적 변화가 생긴다는 보고(Kim et al. 2003)를 통해 병충해 방제를 위해 농약을 살포하고 추비를 살포하면서 염류집적이 되면서 특히 관행농가의 전기전도도가 매우 높게 올라간 것으로 추측된다.

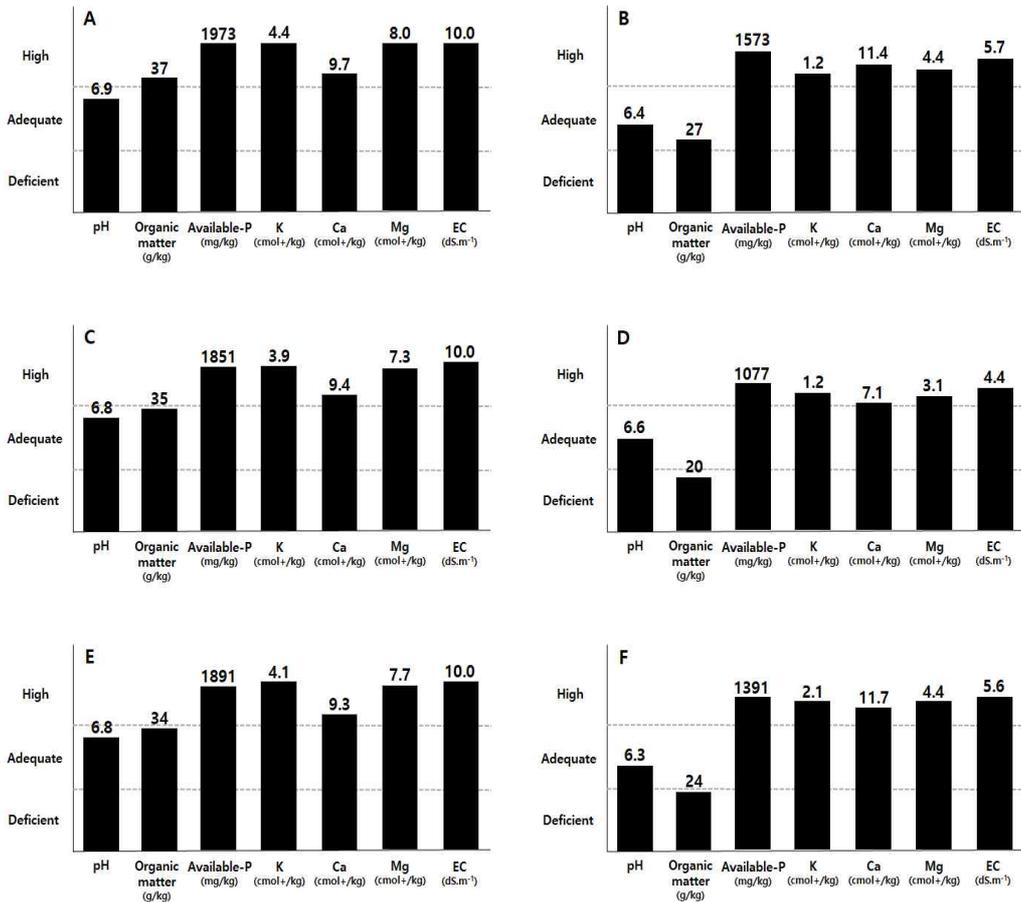


그림 2-34. 관행농가(아비삭, A; 포드, C; 헤나, E)와 스마트팜(아비삭, B; 포드, D; 헤나, F) 생육중기 토양분석

‘아비삭(Ahishag)’, ‘포드(Ford)’, ‘헤나(Henna)’ 3품종을 생육 말기인 11주에 토양을 검정한 결과(그림 2-35), 관행농가에서 pH는 적정 범위 내에 속하는 약산성인 6.6~6.7를 보였고, 스마트팜에서는 pH 6.4~6.8로 두 처리구에서 거의 유사한 경향을 보였다. 유기물함량은 관행농가에서는 39~41g/kg로 적정량보다 약간 높으며, 스마트팜에서는 적정량인 28~29g/kg이었다. 유효인산은 관행농가에서는 1,947~2,129mg/kg으로 생육 중기보다 더 많이 검출되었으며, 스마트팜에서는 1,528~1,593mg/kg으로 적정량보다 높게 나타났지만 관행농가보다 약 500~600mg/kg 정도 적은 양을 보였다. 관행농가에서는 칼륨과 칼슘, 마그네슘의 함량이 기준치보다 월등하게 높게 나타난 반면, 스마트팜에서는 대부분이 적정량이 함유된 것으로 나타났다. 칼륨의 경우 아비삭 0.8~1.0cmol⁺/kg값을 보였고 아비삭, 헤나에서 적정치를 보였다. 칼슘은 6.5~10.3cmol⁺/kg으로 마찬가지로 아비삭, 헤나에서 적정치를 나타냈다. 마그네슘은 1.7~3.3cmol⁺/kg 내로 아비삭에서 적정값이 나왔으며, 전기전도도는 관행농가에서 10ds/m로 매우 높았고, 스마트팜은 4.8~5.3ds/m로 적정 수준보다 높았다. 보편적으로 관행농가보다 스마트팜에서의 토양분석 결과가 적정 수준 범위 내, 근사값을 보였다. 이를 통해 스마트팜의 토양관리가 절화 스프레이 국화를 재배시 더 효과적이라고 판단된다.

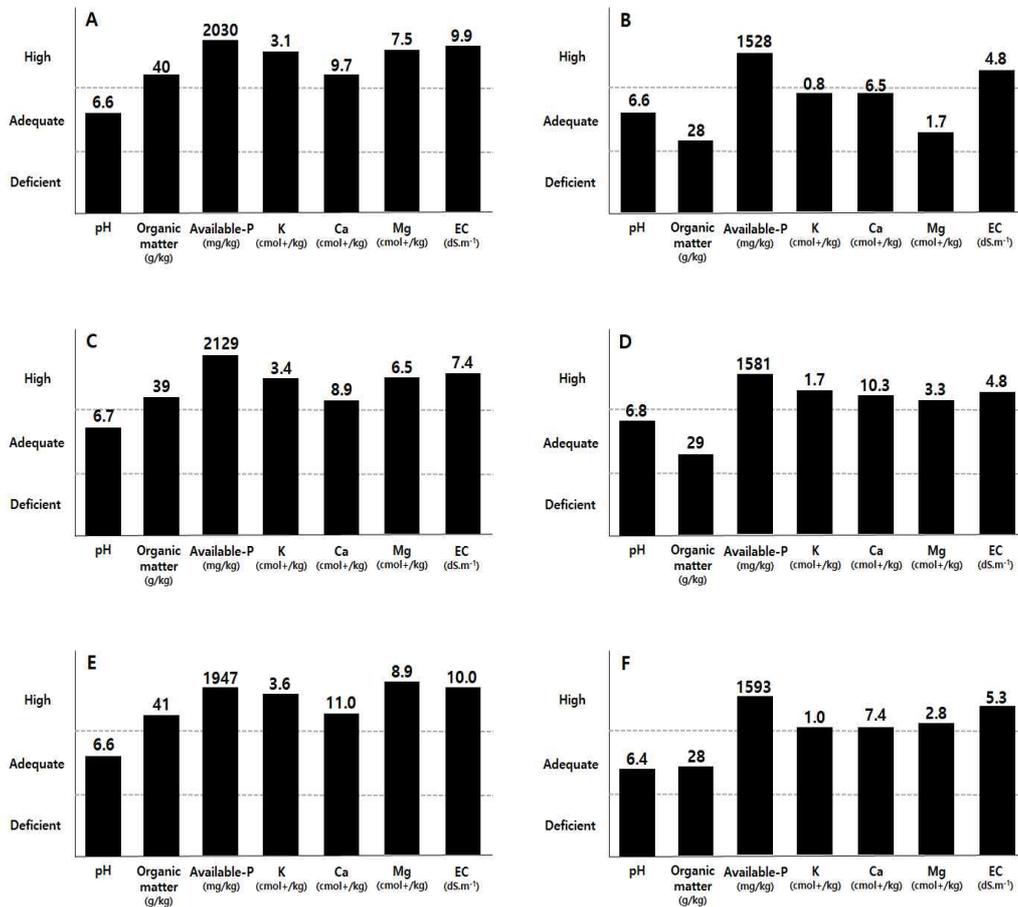


그림 2-35. 관행농가(아비삭, A; 포드, C; 헤나, E)와 스마트팜(아비삭, B; 포드, D; 헤나, F) 생육후기 토양분석

(2) 재배 문제점 - 시스템

스마트팜 장단점 및 문제점 보완은 스마트팜을 직접 운영하시는 김** 대표와의 인터뷰를 통해 의견을 받았다. 스마트팜 운영을 시작한 이후로 전체적으로 단점보다 장점이 많은 것은 확실하나, 화훼 스마트팜에 더 발달된 인공지능 시스템 기술을 도입해 더 편리해졌으면 하는 의견을 제시해주었다(그림 2-36)



그림 2-36. 스마트팜 환경제어복합시스템

(가) 스마트팜 장점 (그림 2-37)

- ① 휴대폰과 스마트팜이 함께 연동되어 있어서 환경 제어가 편리하다.
- ② 하우스 방문 횟수가 현저하게 줄어들어 시간적 여유가 있어 편리하다.
☞ 날씨가 갑자기 급변했을 때 고정값 시스템을 변경하러 오거나, 기계 오작동 여부가 있을 경우 등의 이유로 하루에 한 번씩만 방문하며 그 외에는 방문하지 않는 경우도 있음
- ③ 스마트팜 시설이라고 해서 해충이 아예 없는 것은 아니지만, 관행농가에 비해 병해충 피해를 받아 판매하지 못하는 경우가 줄어들어 생산 및 수익에 영향이 거의 없다.
- ④ 여름 고온기에는 국화 재배 시 생육 문제로 인해 품질이 떨어지게 되는데 스마트팜은 일조량 자동조절 및 창문 개방과 더불어 안개분사시스템을 이용해 손쉽게 자동으로 온도 조절이 가능하여 여름에도 국화의 품질이 좋다.



그림 2-37. 스마트팜 장점 및 기대효과

(나) 스마트팜 단점

- ① 날씨가 급변할 때 시스템 오류가 종종 발생한다.

(다) 스마트팜 문제점 보완

사람이 조절하지 않고 인공지능으로 관수 등의 관리가 되는 시스템이 만들어졌으면 좋겠다고 하였다. 자동으로 설정할 수 있지만 자동으로 하는 것이 수동으로 관리하는 것보다 오류가 상대적으로 많았기 때문이다. 채소 스마트팜처럼 조금 더 진보된 기술을 화훼 스마트팜에 도입했으면 더 편리할 것으로 생각된다는 의견을 주었다.

(3) 수확 후 관리 문제점 - 무처리(건식) vs 열탕처리 후 물올림

(가) 절화품질 및 수명 조사

절화수명 조사 과정에서 일부 품종의 절화수명이 짧게 측정되어 농가에서 처리하는 방식인 수확 후 열탕처리를 한 후 절화수명을 추가로 비교하였다. 조사 품종은 관행농가에서 재배된 ‘투톤(Two tone)’이며 무처리한 것은 2019년 10월 29일에 정식하여 2020년 2월 4일에 수확한 것이며, 열탕처리 후 물올림한 것은 같은 관행농가에서 정식, 재배하여 2020년 2월 18일에 수확하였다.

절화수명 조사 결과 무처리 조건은 약 9일, 열탕처리 조건은 약 23.1일로 14.1일이나 증가하였다(그림 2-38). 육안으로 관찰했을 때도 무처리 조건은 Day 9 일 때 시들음, 꽃목굽은 현상이 확연히 관찰되었다(표 2-20). 반면에 열탕처리 조건은 비슷한 시기인 Day 8에도 화색이 우수하며 Day 22 쯤에서야 화색이 탈색되는 것을 관찰할 수 있었으며 꽃목굽은 현상은 관찰할

수 없었다. 겨울시기에 수확한 절화의 품질을 향상시키기 위해서는 열탕처리를 필수로 행해야 할 것으로 판단된다.

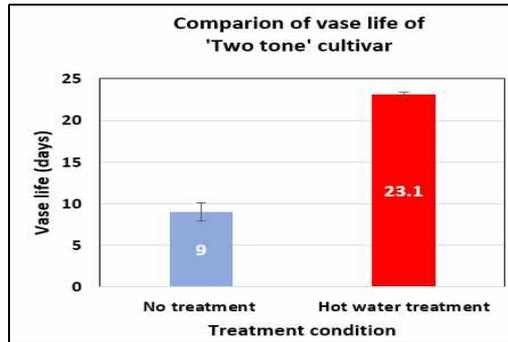
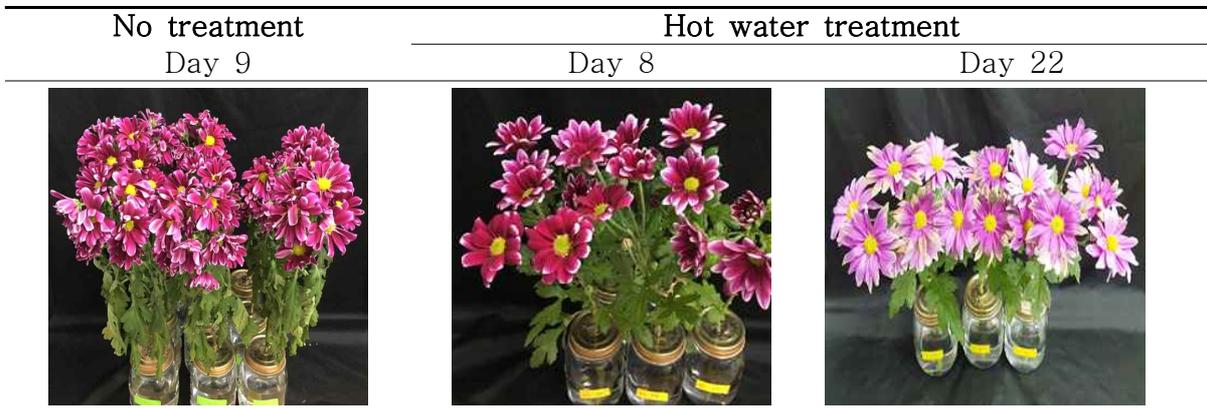


그림 2-38. 절화용 스프레이 국화 ‘투톤’ 수확 후 처리 조건에 따른 절화수명 비교

표 2-20. 관행농가 수확 절화용 스프레이 국화 ‘투톤’ 의 수확 후 처리 조건에 따른 육안 비교



절화중 변화량을 비교해봤을 때, 무처리 조건은 약 3일 이후로 급격히 감소하여 초기 절화중보다 감소하였다. 반면 열탕처리 조건은 계속 초기 절화중보다 증가한 상태를 유지하다가 약 21일 이후로 초기 절화중보다 감소하였다. 물올림 변화량은 두 조건에서 모두 3일째 가장 높았으며 그 후 감소하였다. 하지만 열탕처리 조건이 무처리 조건보다 물올림 변화량이 항상 높았음을 확인할 수 있었다. 화경 변화량도 두 조건에서 모두 증가하지만, 마찬가지로 열탕처리 조건의 화경이 더 큰 폭으로 증가함을 확인할 수 있었다. 따라서 모든 실험 결과 열탕처리 조건이 절화 품질을 향상시키는데 더 효과적이었다는 것을 알 수 있었다(그림 2-39).

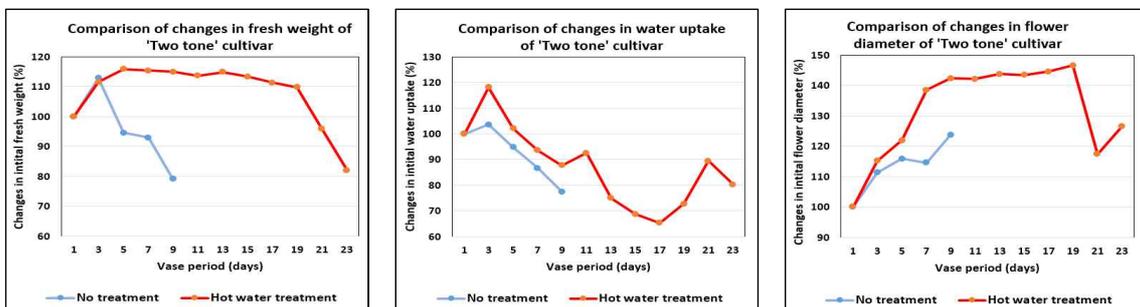


그림 2-39. 관행농가 ‘투톤’ 의 조건별 절화중 변화량(좌), 물올림 변화량(중), 화경 변화량(우) 비교

나. 영농기법 고도화

(1) 조명

관행농가의 경우 일장조절을 위해 3과장등만 사용하는 반면에 스마트팜의 경우 3과장등과, 보광등을 동시에 사용한다. 스마트팜은 연동으로 넓기 때문에 보광등을 추가하여 모든 식물들에게 균일하게 빛이 전달될 수 있었다.

(2) 비료

국화는 다비성작물이기 때문에 비료를 처리하는 노동력과 시간이 다른 작물에 비해 더 많이 투자된다. 토양검정 결과 관행농가와 스마트팜이 대부분 적정농도보다 높았으나, 스마트팜은 생육 후기로 갈수록 유기물의 함량이 점점 떨어지는 결과를 보였다. 반면 관행농가는 생육 후기에 유기물 함량이 더 높아졌는데 이는 관행농가에 비료를 스마트팜보다 한 번 더 처리를 했기 때문이다. 관행농가는 스마트팜보다 좋은 품질을 얻기 위해 비료 처리를 추가로 진행해 주어야 했다. 비료면에 있어서 관행농가에서 국화 재배 시 노동력과 시간뿐만 아니라 비용면에 있어서도 경제적이지 않았다.

(3) 농약

농약의 경우 관행농가와 스마트팜 모두 5~7일 간격으로 살포를 하였다. 국화의 경우 영양체 작물이기 때문에 병충해가 걸렸을 경우 피해가 크기 때문에 체감상 스마트팜이 병충해 피해가 적게 느껴짐에도 불구하고 관행농가와 동일한 간격으로 농약을 살포한다. 현재 국화 스마트팜의 경우 병충해를 예측할 수 없으나, 지속적으로 데이터를 축적하게 될 경우 토마토나 열매류처럼 AI를 이용한 병충해 예측을 통해 농약의 빈도를 조절할 수 있을 것으로 보이므로 지속적인 연구가 필요하다.

(4) 온습도

국화 재배 시 온습도 조절은 크게 3단계로 나뉜다. 1단계는 정식 후 영양생장기간이다. 이때는 주간온도는 24~27℃, 야간온도는 16.5~17.5℃로 조절한다. 주간온도를 높게 잡는 이유는 야간 연료비를 낮추기 위함이다. 또한 습도가 가장 높은 시기이다. 뿌리 활착을 빠르게 하고 영양생장에 유리하기 때문이다. 2단계는 단일처리 시기이다. 단일처리는 주로 절화장이 약 30cm일 때를 기준으로 시작하며, 주간온도는 23~26℃, 야간온도는 18~19℃로 조절한다. 3단계로 화아분화 후 개화시기이다. 이 시기는 주야간 온도차이가 적어야 화색이 우수하며, 습도가 낮고 시원해야 줄기가 튼튼하므로 환풍기 작동, 측창 개방은 필수이다. 주간온도는 20℃, 야간온도는 16~18℃로 조절한다(표 2-21).

표 2-21. 온습도 영농기법 고도화

	 정식 후	 단일처리	 화아분화 후
주간온도(°C)	24~27	23~26	20
야간온도(°C)	16.5~17.5	18~19	16~18
습도	다습		건조
추가 조건	절화장 30cm 이상		

(5) 관수 및 액비

관수와 액비를 동시에 공급하여 효율적이다. 일반적으로는 주 당 2~3회 공급을 하며 주로 가을철, 겨울철에 이와같이 공급한다. 봄처럼 고온건조한 날씨에는 일사량이 강해 수분이 다량 증발되기 때문에 관수처리를 더 잦게 하는 것이 좋다. 2일 간격으로 공급하는 것을 추천한다. 한여름의 장마기간처럼 다습하고 흐린 경우에는 뿌리가 썩을 위험률이 높아 관수처리를 4일 간격으로 공급하는 것이 좋다 (표 2-22).

표 2-22. 관수 및 액비 영농기법 고도화

 관수+액비	처리 횟수	처리 조건 및 계절
	주 2~3회	일반적, 가을 및 겨울
	2일 마다	고온건조, 봄
	4일 마다	흐린날/다습, 한여름

(6) 비나인(B-9)

국화의 필수처리 왜화제인 비나인은 꽃목 신장 억제 효과와 더불어 상부 잎의 크기를 크게 하여 볼륨감을 높여주고 색을 진하게 해주고 두텁게 해주는 효과가 있어 절화 국화 품질을 향상을 위해서는 필수적으로 살포해야 한다. 비나인 효과를 제대로 나타내기 위해서는 살포 시기가 가장 중요하다. 단일처리 시작 후 3~7일 사이에 필수로 살포해야 하며, 일반적인 품종은 15g/10L의 농도로 처리해주고, 생육이 좋은 품종은 30~40g/10L로 좀 더 고농도로 살포한다(그림 2-40, 좌).

(7) 지베렐린(GA)

지베렐린은 줄기 신장을 촉진하는 호르몬으로, 생육이 저하되어 일정 초장이 안나오는 품종을 미리 정식하고, 일주일 후에 지베렐린을 처리하면 문제가 해결된다. 또한 로제트 현상이 발생했을 경우 처리한다(그림 2-40, 우).



그림 2-40. 비나인(좌)과 지베렐린(우)

2. 절화용 스프레이국화 스마트팜 선도농가 생산관리 전(全)과정 매뉴얼 제작 및 현장 보급

가. 절화용 스프레이국화 스마트팜 영농기법 DB 표준 scale 모델 구축

(1) 재배~유통 과정 모식도

본 농가의 재배~유통 과정은 다음과 같다(그림 2-41). 먼저 삼수는 모주를 관리하거나, 외국 품종의 경우 삼수를 구매하여 저온처리를 진행한 후 삼목을 진행한다. 이와 동시에 정식 할 곳에 퇴비처리를 진행한다. 뿌리가 활착이 되면 정식을 하고 절화장이 30cm 정도 자라게 되면 단일처리를 진행한다(정식 후 약 30일 소요). 생식생장 및 개화가 진행되고 출하하기 까지는 단일처리 후 약 50일이 소요된 후다. 일반적으로 수확 후 열탕처리를 진행한 후 물을림을 하고 포장을 한 후 유통한다. 국내 내수용일 경우에는 습식유통으로 하면 물론 좋지만, 비용과 습식시스템이 미흡하여 제약이 크다. 건식유통으로 진행해도 품질에 큰 영향을 주지 않는다. 또한 열탕처리를 하게 되면 굳이 Chrysal이나 Floralife와 같은 선도유지제를 추가하지 않아도 큰 변화는 없다고 한다. 당일 유통을 하지 못하게 될 경우에는 저온저장을 진행하는데 절화 품질을 위해 일주일 이내로만 보관한다.

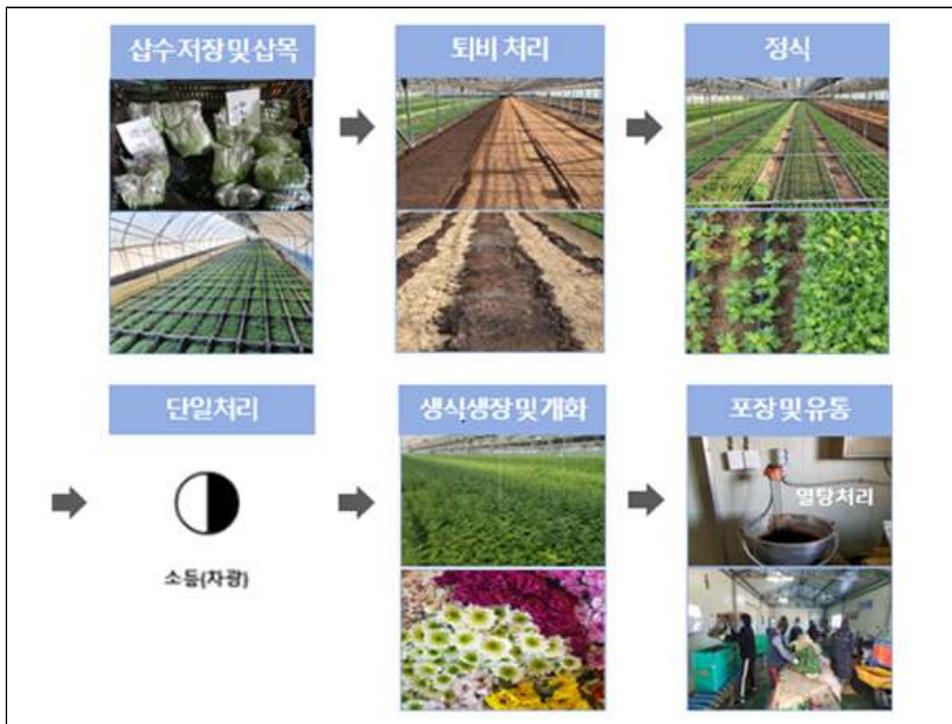


그림 2-41. 절화 스프레이 국화 재배~유통 과정

(2) 절화용 스프레이 국화 생육모델 예측

절화용 스프레이 국화의 생육도일 온도(GDD; Growing Degree Days)에 따른 생장 회귀 모델을 개발하여 예측하고자 하였다. 스마트팜과 관행농가에서 재배한 ‘아비삭’, ‘포드’, ‘해나’ 3개 품종에 대해 삼목묘 정식부터 수확기간까지 15일 간격으로 절화장을 조사한 것을 기반으로 개발하였다.

생육모델 예측은 오직 GDD조건으로 절화장이나 엽수 등을 예측하는 방법이다. GDD의 식은 일일 최고온도와 최저 온도의 평균을 재배 일수만큼 누적한 온도로 식은 다음과 같다 (Max temp., 일일 최고 온도; Min Temp. 일일 최저 온도).

$$GDD = \sum \frac{Max\ temp.+Min\ Temp.}{2}$$

회귀 모델식 Sigmoidal 함수(3 Parameter) 형태를 이용하여 영양생장의 기간 온도와 생식생장의 기간의 온도를 서로 독립적으로 계산하였다. 주어진 식의 a, b, k 값은 변수이며, 품종별 실측 데이터(GDD, 절화장, 엽수 등)를 대입하게 되면 고정된 식이 나온다. 이 식에 GDD 값을 대입하면 생육조건을 예측할 수 있다. 이 식에서 GDD평균을 사용하는 이유는 수확 날까지 기다리지 않고 생육초기에 실제 온도측정하기 전에 온도를 예측해보기 위함이다. GDD는 실제 GDD가 아닌 누적온도를 먼저 구하고 총 일수로 평균을 구한 뒤 그 평균 온도로 예측하고자 하는 날짜의 일수를 다시 곱하여 회귀식에 대입하면 절화의 초장이나 엽수를 예측할 수 있다.

$$Growth(Plant\ height, leaf\ number) = \frac{a}{1+exp^{-\left(\frac{GDD-b}{k}\right)}}$$

예를 들어, 스마트팜에서 재배한 ‘포드’의 절화장을 예측해보면, ‘포드’의 총 재배일수는 95일이며, 단일처리는 정식 후 34일째 실시하였다. 스마트팜 재배일 수에 따른 GDD를 구하여 얻은 1차 추세식은 $y = 24.3038x + 25.6074$, $R^2=0.9991$ 이었으며, 이 식에 단일처리 기간 (영양생장)인 34를 대입하게 되면 GDD 값을 얻게 되고, 이 때 평균온도는 $25.05^{\circ}C$ 이다. 동일한 방식으로 계산했을 때 생식생장 기간~수확시기(35~95일, 총 61일)의 평균온도는 $24.30^{\circ}C$ 이다. 이를 이용하여 수확 날의 실제 GDD 값인 $2287.49^{\circ}C$ 를 초장 회귀식 $Y = 79.0860/(1+exp^{-(GDD-492.7737)/861.8405})$ 에 대입하게 되면, ‘포드’ 절화장의 예측값이 나온다. 수확 날 예측값은 $70.73cm$ 이었고, 실제 조사값은 $75.49cm$ 로 예측값이 더 작게 나왔다. 관행농가의 경우 영양생장기간은 35일, 생식생장~수확 시기는 66일이며, 평균온도는 각각 $27.52^{\circ}C$, $25.79^{\circ}C$ 이다. 초장 회귀식 $Y = 76.0127/(1+exp^{-(GDD-504.8515)/1207.7808})$ 에 대입하면 예측값은 $64.26cm$, 실제값은 $72.11cm$ 로 마찬가지로 예측값이 더 작게 나타났다 (그림 2-42).

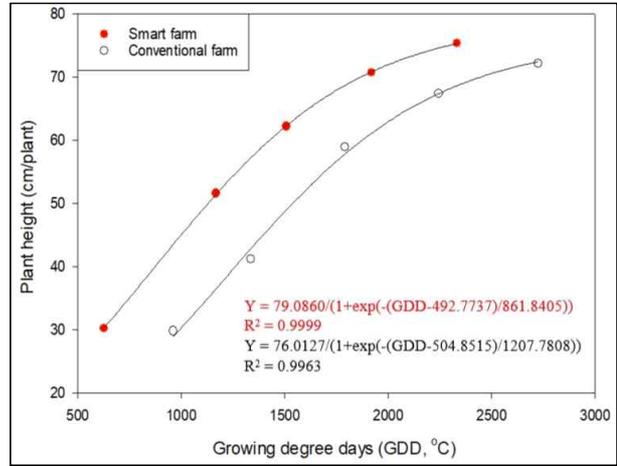
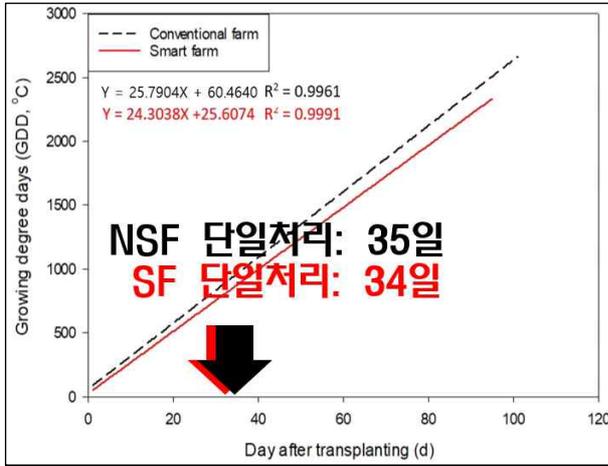


그림 2-42. ‘포드’의 절화장 예측 생육모델

‘헤나’ 스마트팜과 관행농가 단일처리는 정식 후 각각 33일, 35일째이다. 단일처리 후 수확까지는 각각 61일, 66일 소요된다. 시기별 평균온도는 스마트팜은 25.40℃, 24.44℃이고 관행농가는 27.52℃, 25.79℃이다. 이를 이용한 스마트팜 절화장 회귀식은 $Y = 78.6036 / (1 + \exp(-(GDD - 400.0190) / 942.3435))$ 이며 이에 대해 절화장을 예측해 봤을 때 수확 날 예측값은 69.33cm이었고, 실제 조사값은 77.40cm로 예측값이 더 작았다. 관행농가의 회귀식은 $Y = 76.5321 / (1 + \exp(-(GDD - 453.4845) / 1238.1456))$ 이었으며, 예측값은 64.70cm, 실제 조사값은 74.90cm로 마찬가지로 예측값이 더 작았다(그림 2-43).

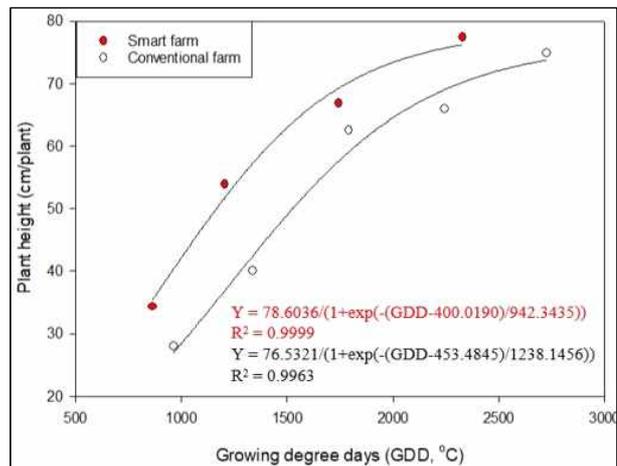
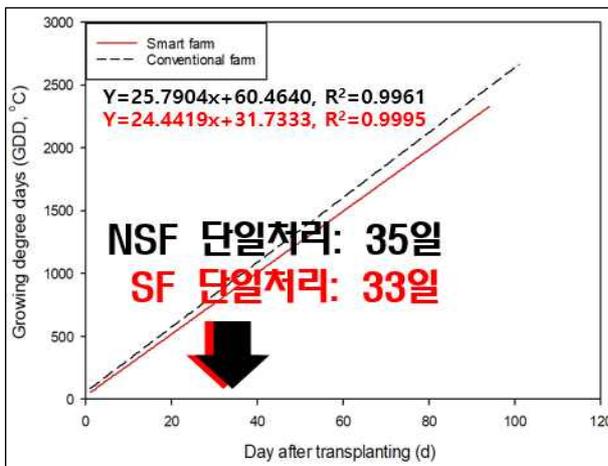


그림 2-43. ‘헤나’의 절화장 예측 생육모델

스마트팜 및 관행농가에서 ‘포드’와 ‘헤나’ 모두 예측값이 작게 나왔다. 이와 같은 결과가 나온 이유는 재배 시 온도조절뿐만 아니라 습도, 양액 등 다양한 조건들이 절화장에 영향을 주기 때문이다. 더 정확한 모델을 구축하기 위해서는 다양한 변수를 반영하여 오차를 줄여 교정 및 검증이 지속적으로 필요하다. GDD만을 이용하여 생육예측모델로 사용한다면, 최소 보장값으로 판단할 수 있다.

나. 절화용 스프레이국화 스마트팜 생산관리 매뉴얼 제작 및 현장보급

(1) 매뉴얼 제작

본 매뉴얼은 절화용 스프레이 국화 관련 스마트팜의 정의 및 센서종류, 현장 사례, 생육 모델 예측, 영농기법 및 기대효과에 관한 내용이 담겼다(그림 2-44). 매뉴얼을 활용한 보급 및 교육지도는 과제 종료 후 1년차에 절화용 스프레이 국화 농가에서 진행할 예정이다.

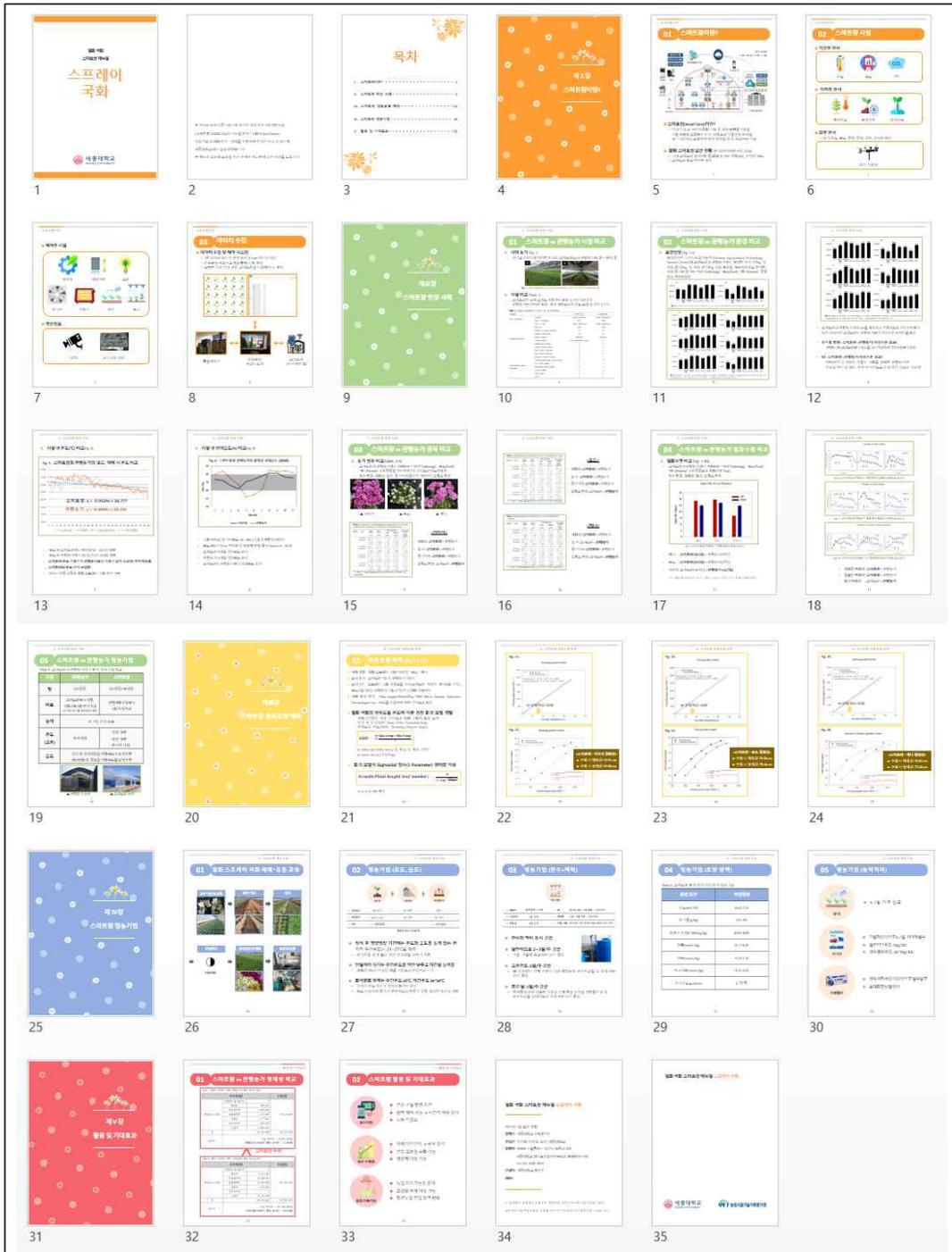


그림 2-44. 절화 국화 스마트팜 매뉴얼 - 스프레이 국화 (세종대)

(2) SNS 밴드 활용을 통한 농가, 스마트 팜 업체, 정부기관, 대학 내 전문가 협력 네트워크 형성
 ‘국화 스마트팜’ SNS 밴드를 활용하여 절화장 예측 모델, 절화용 스프레이국화 스마트 팜 재배 매뉴얼, 기술정보(열탕처리 등) 및 국화 스마트팜 기사자료 등 다양한 자료들 기술정보 및 현황 교류를 통해 네트워크를 형성하였다(그림 2-45).



국화 스마트팜 SNS 밴드



스프레이 국화 스마트팜 기사자료 공유



스프레이 국화 열탕처리 효과 공유



국화 스마트팜 동영상 자료 공유



스프레이 국화 생육 예측 모델 공유



절화용 스프레이 국화 스마트팜 매뉴얼 공유

그림 2-45. 국화 스마트팜 SNS 밴드 자료 공유

(3) 결론

국화 스마트팜은 채소작물과는 달리 스마트팜 시작단계인 1~1.5세대 수준에서 영농기법 고도화 작업을 통한 스마트팜 보급확산의 목적으로 본과제가 수행되었다. 1단계 스마트팜은 농업인들의 편의성 향상, 원격 시설제어, 환경정보를 통해 사람이 생육과정에 대한 환경제어가 가능한 스마트폰 온실제어시스템으로 이뤄진 부분이라면 본과제는 생육 및 품질정보 및 조수익에 대한 경영정보를 제공함으로써 2단계로 나아가기 위한 데이터수집 및 스마트팜의

보급확산을 위해 영농기법을 접목함으로써 스마트팜의 효과를 높이기 위한 내용이다. 따라서 시장성 분석 등은 2단계 스마트팜에서 다뤄질 생산성향상을 위해 필요로 하는 정밀 생육관리, 환경 및 생육정보, 경영정보(에너지, 유통가격, 총수입, 경영비 등) 등 관련 빅데이터 수집을 통한 보다 정밀한 분석이 진행되어야 할 것으로 보여진다. 스마트팜의 경제성분석에 대한 부분은 현시점에서는 시기상조로 보여지며, 또한 수입국화 등 채산성 악화로 인한 여러 문제점은 스마트팜만으로 해결되는 것이 아니고 재배시스템, 품종, 재배기술, 시장 유통 등 총체적인 부분으로 접근해야 하며 본 과제에서는 미래대응의 재배시스템을 구축해가는 한 과정에서 스마트팜의 효과를 통해 방향성을 제시하는 수준이라고 판단된다.

제3장 분화용 국화 Best Farmer 영농기법 모델화 연구(한국농수산대학)

제1절 분화 국화 스마트팜 선도농가 선정 및 영농기법 DB 조사 기준설정

1. 분화 국화 스마트팜 선도농가 선정

가. 분화 국화 스마트팜 농가 현황 조사

국내에서 분화용 국화를 스마트팜 재배시설에서 생산하는 선도농가를 선정하기 위하여 농촌진흥청 및 각 도농업기술원의 스마트팜 시범재배 농가 DB, 온라인 웹사이트 검색을 통한 스마트팜 농가 탐색을 실시한 결과, 현재 분화용 국화에 대한 스마트팜 재배시설을 운용하는 농가는 경기도 이천시 소재 ‘HS플라워(대표 홍○○)’ 과 경기도 성남시 소재 ‘부향농원(대표 윤○○)’ 등 2곳으로 조사되었다.

그 외 농촌진흥청 스마트팜 시범사업으로 경기도 이천의 ‘HS플라워(대표 홍○○)’ 과 경남 김해 ‘호동이농원(대표 이○○)’ 에서 ‘ ICT 스마트온실 활용 소형 분화국화 연중생산 시범사업 ‘으로 일환으로 환경조절 및 다단식 시설도입을 통한 식물공장 생산시스템을 구축하여 소형 분화국화의 연중 및 대량생산으로 소형분화의 소비시장 구축 및 농가소득을 증대하고자 하고 있다.

이에 본 과제에서는 스마트온실 및 식물공장에서 분화용 국화를 생산하는 3 농가를 분화용 국화 스마트팜 선도농가 후보군으로 선정하고, 농가정보, 시설정보, 재배정보, 스마트팜 시스템정보 등 스마트팜 세부 운영 현황을 조사하였다.

나. 분화 국화 스마트팜 선도농가 후보 농장의 스마트팜 운영 현황 조사

(1) 경기도 이천시 소재 ‘HS플라워(대표 홍○○)’

(가) 스마트팜

2013년 ‘스마트폰 이용 원예시설 생육환경 조절기술 시범사업’ 의 일환으로 측·천창을 비롯하여 보온커튼, 차광막, 환기팬, 보광등 등의 제어는 물론 온실 내부의 온도 및 습도, CO2 등의 환경을 스마트폰을 이용하여 조절할 수 있는 스마트온실을 구축하였다(그림 3-1). 스마트팜 운영 체제는 UbiMas(www.mcopia.com) 시스템을 사용하고 있다. 국내 화훼업계에서는 드물게 비교적 초기에 스마트팜을 도입하였고, 생육 단계별 변온 관리, 비료 양, 광 관리를 자동화하면서 KBS 등 각종 언론에서 농업의 자동화를 통한 화훼류 품질 향상과 관련하여 이슈가 된 바 있다.

주재배작목은 분화 국화를 비롯하여 제라늄, 카네이션 등의 분화류로, 작물별 주출하시기에 맞추어 재배 및 연중 출하할 수 있는 작형으로 재배하고 있다. 분화 국화의 경우 6월 중 정식하여 8월~9월 단일처리를 거쳐 10월 중 출하하는 작형으로 재배하고 있으며, 주 재배품종은 경남 창원외 화훼연구소에서 육성한 ‘가야시리즈’ 를 재배하고 있다. 생산된 분화국화의 상당부분은 인터넷을 통한 판매를 하고 있었으며, 인근 용인지역의 화훼 집하장에도 출하하고

있었다.

원예용 상토를 배지로 활용하여 10cm 포트에 재배하고 있었으며, 저면관수 시설이 설치되어 있긴 했으나 ‘오스모코트’ 등의 화훼전용 고품 비료를 포트에 올려놓고 자동 스프레이를 이용하여 두상관수를 실시하고 있었다.



그림 3-1. 경기도 이천 홍○○ 농가 스마트팜 설치 모습(좌, 우)

(나) 식물공장형 스마트팜

식물공장형 스마트팜은 2017년 농촌진흥청과 경기도농업기술원, 이천시농업기술센터의 ‘ICT 스마트온실 활용 소형 분화 국화 연중생산 시범사업’ 일환으로 환경조절 및 다단식 시설을 도입하여 소형 분화 국화를 연중 및 대량생산 할 수 있는 식물공장 재배시스템을 구축하였다(그림 3-2). 소형분화 재배용 LED 인공광원을 설치하여 광조사 시간 및 광량을 조절할수 있고, 냉난방기 및 공조설비를 이용하여 온도와 습도를 제어함은 물론 순환식 양액재배시스템을 통한 양액재배를 실시하는 폐쇄형 식물공장으로 설비되어 있었다. 그러나 스마트폰을 이용한 식물공장의 환경제어는 설치되어 있지 않았다.

2017년 설비 이후, 다단식 베드의 수평이 맞지 않아 다단식 베드에 양액을 공급하거나 배출할 때 원활히 이루어지지 않아 당해에는 거의 사용하지 못하였으나, 2018~2019년 일부 시스템을 보완하고 재배관리 생산 시스템을 점검하였으며 2020년부터는 정상적으로 운영되고 있었다.



그림 3-2. 경기도 이천 흥○○ 농가 스마트팜 식물공장 설치 모습

(2) 경기도 성남시 소재 ‘부향농원(대표 윤○○)’

2011년부터 측·천창을 비롯하여 보온커튼, 환기팬, 관수시설 등의 제어는 물론 온실 내부의 온도 및 습도 등의 환경을 스마트폰을 이용하여 조절할 수 있는 스마트온실을 구축하였다. 특히, 높낮이 조절이 가능한 분무형 관수시스템 등을 직접 고안하여 사용하는 등 스마트팜에 대한 응용 및 활용도가 높은 것으로 평가된다. 스마트팜 운영 체제는 다이시스 시스템을 사용하고 있다. 국내에 스마트팜이 도입되기 시작한 2011년 시점에 시스템을 도입하였고, 온도 관리, 광 관리, 관수제어 등을 자동화하면서 MBC 등 각종 언론에서 농업의 자동화를 통한 화훼류 품질 향상 및 인건비 절감과 관련하여 이슈가 된 바 있다(그림 3-3).

주재배작목은 봄에는 팬지, 페츄니아, 프리물러 등의 초화류를 주로 재배하고 있으며, 5월에는 카네이션, 여름~가을에는 국화, 겨울에는 꽃양배추와 관상용 보리를 재배하는 등 작물별 주출하시기에 맞추어 연중 출하할 수 있는 작형으로 여러 작물들을 재배하고 시기에 맞추어 있었다. 분화 국화의 경우 6월 중 정식하여 8월~9월 단일처리를 거쳐 10월 중 출하하는 작형으로 재배하고 있으며, 주 재배품종은 세미라이트에서 도입한 ‘뉴기기 시리즈’ 품종으로 가든멈 품종이다. 생산된 국화는 대부분 성남시청 등 관공서에 도시 조경용으로 납품하고 있었다.



그림 3-3. 경기도 성남시 윤○○ 농가 스마트팜 설치 모습 (좌, 우)

(3) 경남 김해시 소재 ‘호동이농원(대표 이○○)’

(가) 스마트팜

2020년 내외부 환경계측센서 및 스마트폰을 이용한 시설·장비의 원격제어, CCTV를 이용한 원격감시가 가능한 1세대 스마트팜을 설치하였다. 스마트팜 운영 체제는 나래트렌드의 반딧불이 시스템을 사용하고 있다(그림 3-4).

주재배작목은 분화 국화를 비롯하여 칼랑코에, 초화류 등의 분화류로, 작물별 주출하시기에 맞추어 연중 출하할 수 있는 작형으로 재배하고 있다. 분화 국화의 경우 5월 말부터 일주일 간격으로 삼목하여 8~11월까지 연속 출하하는 작형으로 재배하고 있으며, 주 재배품종은 경남 창원외 화훼연구소에서 육성한 ‘에그시리즈’와 ‘가야시리즈’를 재배하고 있다. 피트모스와 펄라이트가 혼합된 배지를 활용하여 10cm 포트에 재배하고 있었으며, 저면관수 시설이 설치된 베드에서 액비를 관비하여 재배하고 있었다. 생산된 분화 국화는 양재동 aT화훼공판장을 비롯하여 한국화훼농협, 영남화훼농협, 부경화훼농협 등 공영도매시장을 통해 출하하고 있었다.



그림 3-4. 경남 김해시 이○○ 농가 스마트팜 설치 모습

(나) 식물공장형 스마트팜

식물공장형 스마트팜은 경기도 이천의 HS플라워와 같은 ‘ICT 스마트온실 활용 소형분화국화 연중생산 시범사업’ 일환으로 농촌진흥청과 경남농업기술원, 김해시농업기술센터의 보조를 받아 환경조절 및 다단식 시설을 도입하여 소형 분화국화를 연중 및 대량생산 할 수 있는 식물공장 재배시스템을 구축하였다. 소형분화 재배용 LED 인공광원을 설치하여 광조사 시간 및 광량을 조절할 수 있고, 냉난방기 및 공조설비를 이용하여 온도와 습도를 제어함은 물론 순환식 양액재배시스템을 통한 양액재배를 실시하는 폐쇄형 식물공장으로 설비되어 있었다. 본 식물공장 역시 스마트폰을 이용한 환경제어는 구축되어 있지 않았다(그림 3-5).

본 농장의 식물공장 역시 다단식 베드의 수평이 맞지 않아 양액의 공급이나 배출이 원활하지 않아 베드 아래쪽에 고무패킹을 받쳐 수평을 맞춰 사용하고 있었다. 경남 창원외 화훼연구소에서 육성한 ‘에그시리즈’ 품종을 주야간 온도차(DIF)를 0으로 하여 성장조절제를 처리하지 않고 5cm 내외의 화분에 소형 미니국화를 재배하여 출하하고 있으며, 11~12월에는 겨울

작형으로 소형 미니 칼라코에를 재배하여 2월 출하하는 작형으로 식물공장을 운영하고 있다.

식물공장의 운영상의 문제점으로는 재배적인 관점에서 양액공급에 따른 식물공장 내부의 상대습도가 너무 높아져 병 발생의 우려가 있으며, 유통상의 관점에서는 연중 생산(약 70m² 규모의 식물공장에서 연 10작기, 35,000분 이상)을 할 수 있다고 하더라도 국화라는 작목의 특성상 가을 시즌 이외에는 정상적인 판매가 어려운 문제가 있다. 또한 운영상의 문제로는 식물공장을 가동하기 위한 전기요금(월 80만원 정도) 대비 생산되는 상품의 가격이 높지 않아 경제성을 확보할 수 있는 작목의 작형 조절이 반드시 필요할 것으로 판단된다.



그림 3-5. 경남 김해시 이○○ 농가 스마트팜 식물공장 설치 및 재배 모습

다. 분화 국화 스마트팜 선도농가 선정

분화 국화 스마트팜 선도농가 3곳의 운영 현황을 비교·분석한 결과(표 3-1), 시설, 재배, 스마트팜 시스템에서 몇 가지 차이를 보였다. 3곳의 농장주는 50-60대 연령으로 최소 20년 이상의 화훼 분화류 재배 경력을 지녔다. 3농가 중 부향농원은 농장주 본인 외 1명의 가족과 함께 시설을 운영하는 반면, 나머지 2농가는 외국인 인력 1~2명을 추가적으로 고용하여 운영하고 있었다. HS플라워의 경우 유리온실(8,600m²)과 플라스틱 연동온실(1,650m²)에서 분화류를 재배하지만 부향농원은 플라스틱 연동 온실(9,200m²) 3개동에서 재배하고 있으며, 식물공장형 스마트 팜은 두 곳 모두 약 70m² 정도의 폐쇄형 시스템으로 운영되고 있었다.

2018년 기준 스마트온실의 경우, 부향농원과 HS플라워 등 두 농가 모두 2겹의 보온커튼과 차광망을 사용하고 있었으며, 가온시설은 갖추고 있었으나 부향농원의 경우에는 겨울철 초화류 재배에 수막을 이용해 시설 내부 기온 관리를 하고 있었다. HS플라워에 설치된 스마트팜 시스템 채널은 총 15개로 천창, 측창, 보온 스크린, 팬 등이 연결되어 있었고, 부향농원의 경우에는 천창, 측창, 보온 커튼, 팬, 관수 시스템 등 최소한의 온실 제어부만이 연결되어 있었다. 두 농가 모두 시설 내부에 온·습도 센서와 CCTV가 설치되어 있었으나, 이산화탄소 센서, 양액의 pH 및 EC센서는 HS플라워에만 설치되어 있었다. 시설 외부에는 2곳 모두 풍량, 풍속, 우적 센서가 설치되어 있었다. 이와 같이 스마트팜의 설비 및 규모가 농가별로 차이가 나타났다.

표 3-1. 분화 국화 스마트팜 농가 사례 조사 결과

항목		스마트팜			식물공장			
		HS플라워	부향농원	호동이농원	HS플라워	호동이농원		
농가 정보	1. 농가명	홍○○	윤○○	이○○	홍○○	이○○		
	2. 소재지	경기 이천	경기 성남	경남 김해	경기 이천	경남 김해		
	3. 재배경력	25년 이상	23년	25년 이상	25년 이상	25년 이상		
재배 정보	1. 재배품목	포트멤(10cm)	기든멤(25cm)	포트멤(10cm)	포트멤(10cm)	포트멤(10cm)		
	2. 재배방식	베드재배	토양베드	베드재배	베드재배	베드재배		
	3. 배지종류	원예용상토	원예용상토	원예용상토	원예용상토	원예용상토		
	4. 연간 재배횟수(기작)	1기작	1기작	다기작	1기작	다기작		
	5. 출하방식	온라인+유통	관공서	유통	온라인+유통	유통		
시설 정보	1. 시설유형	유리+비닐	비닐	비닐	폐쇄형	폐쇄형		
	2. 연동유무	연동	연동	연동	-	-		
	3. 시설면적	10,250m ²	9,200m ²	4,900m ²	70m ²	70m ²		
	4. 난방	전기	경유+수막	전기	전기	전기		
	5. 냉방	-	-	미스트	에어컨	에어컨		
	6. 전조시설	○	○	○	○	○		
	7. 차광용 스크린	○	○	○	폐쇄형	폐쇄형		
	8. 암막용 스크린	○	○	○	폐쇄형	폐쇄형		
	9. 보온용 스크린	○	○	○	폐쇄형	폐쇄형		
	10. 천창 개방성	○	○	○	폐쇄형	폐쇄형		
	11. 측창 개방성	○	○	○	폐쇄형	폐쇄형		
스마트 팜 시스템 정보	1. 스마트팜 설치업체		UbiMas	다이시스	나래트랜드	-	-	
	2. 제어부	천창	○	○	○	○	○	
		측창	○	○	○	×	○	
		보온커튼	○	○	○	○	○	
		차광막	○	○	○	○	○	
		암막	○	○	○	○	○	
		전조등	○	○	○	○	○	
		환기팬	○	○	○	○	○	
		관수관비	○	○	×	○	○	
	CO ₂ 시비	○	×	×	×	×		
	3. 센서부	내부	광량	○	○	○	×	×
			온도	○	○	○	○	○
			습도	○	○	○	○	○
			CO ₂	○	○	×	×	×
			pH	○	○	×	○	×
		EC	○	○	×	○	×	
		외부	광	○	×	×	×	×
	온도		○	×	×	×	×	
	습도		○	×	×	×	×	
풍속	○		○	×	×	×		
강우	○	○	×	×	×			
4. 영상정보		○	○	○	○	○		
5. 경보 및 통보		○	○	○	×	×		

폐쇄형 식물공장의 경우에는 두 곳 모두 LED 인공광원과 저면관수형 다단식 양액재배 베드 시스템을 구축하고 있었으며, 광조사 시간 및 온도를 제어할 수 있는 환경조절시스템이 설치되어 있었으나, 스마트폰으로 환경을 제어할 수 있는 시스템은 두 곳 모두 설치되어 있지 않아 비교적 유사한 시스템으로 설치되어 있었다.

라. 분화 국화 스마트팜 농가와 관행재배 농가와의 연구과제 협력 협약 체결

위와 같은 조사 및 분석 내용을 바탕으로 분화 국화 스마트팜 선도농가를 선정한 결과, 부향농원의 경우 스마트팜의 도입시기와 농장주의 적용·응용 능력은 비교적 우수하나 재배 품종이 가든덤이고 스마트팜이 다른 농장에 비해 일찍 도입되어 시스템의 선진화 정도에서 미흡하여 최종적으로 분화용 국화 스마트팜 환경조사를 위한 농가로 HS플라워를 선정하였다. 관행재배농가로는 식물공장형 스마트팜을 보유하고 있는 호동이농원을 선정하여 스마트팜은 물론 식물공장형 스마트팜을 보유하고 있는 HS플라워와의 식물공장형 스마트팜의 재배환경 분석을 동시에 수행함으로써 소형 분화 국화의 연중생산 및 스마트 식물공장의 확산을 함께 도모하고자 하였다.

본 과제의 원활한 수행을 위하여 HS플라워와 호동이농원 두 농가와 연구과제 협력 동의서를 작성하고 협약을 체결하였으며, 그 내용은 그림 3-6과 같다.

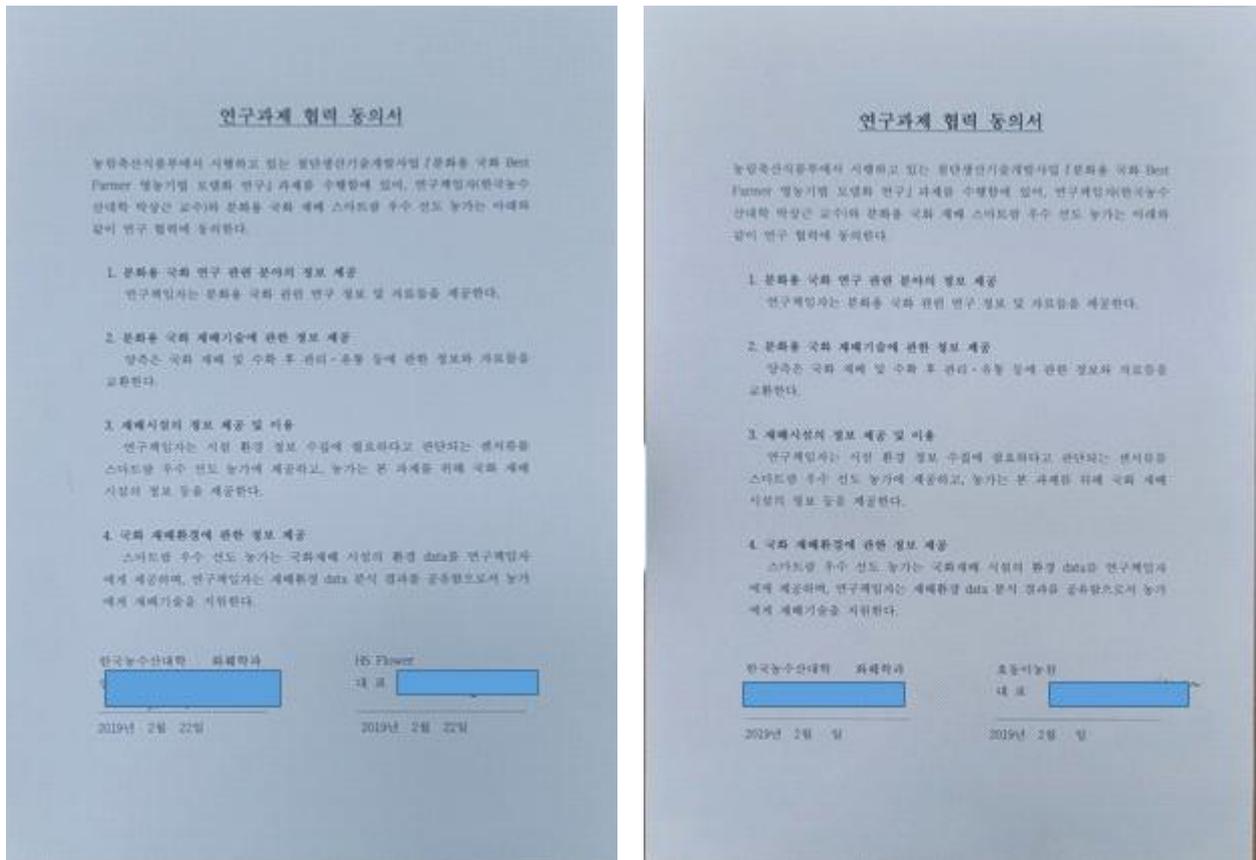


그림 3-6. 연구과제 협력 동의서 협약 체결(좌, HS플라워; 우, 호동이농원)

2. 분화 국화 스마트팜 영농기법 DB화를 위한 조사 기준 설정

분화 국화 스마트팜 보급 확산 및 고품질 분화 국화를 생산하기 위한 스마트팜 선도농가의 영농 기법 DB화를 위해서는 스마트팜 선도농가의 온실 내외부 환경제어 및 작물의 생육단계별 농작업 및 생육관리 기법 DB화가 필요하다. 스마트팜의 경우, 온실 내외부의 환경제어 정보는 스마트팜 온실 내외부에 설치된 환경센서를 통해 자동 수집이 가능한 반면, 생단계별 농작업 및 생육 정보는 자동수집이 어려워 조사자가 주기적으로 방문해 직접 측정하고 수집해야 한다. 그러나 영농기법 DB화를 위해 필요한 농가 현장의 농작업 및 생육 조사 기준이 마련되어 있지 않아 조사자에 따라 측정 방법 및 기준이 상이하여 농가별 분화 국화의 생육조사 자료의 직접 활용이 어려운 실정이다. 이에 본 과제에서는 분화 국화 스마트팜 선도농가의 영농 기법을 DB화하기 위해 스마트팜 환경정보 및 생육정보의 수집항목 및 측정방법에 대한 조사 기준을 설정하고자 하였다.

가. 분화 국화 스마트팜 온실 환경정보 수집항목 및 조사기준

분화 국화 스마트팜 온실 내외부 환경정보와 관련된 주요 수집 항목으로는 온도, 습도, 광, 토양수분, EC, pH, CO₂ 농도 등이다. 스마트팜 내·외부 환경 정보는 센서에 의해 자동 수집되며, 엑셀에 입력해 관리하는 것이 정확하고 활용도가 높다(표 3-2).

표 3-2. 분화 국화 스마트팜 환경정보 수집항목 및 조사기준

구분	단 위	간 격	분 석 내 용	비 고	
환경 정보	광량	PPFD	매 1~10분	평균·적산/일, 평균·적산/월, 투광율/일·월, 일장/일·월	환경 센서를 통한 자동 수집
	온도	℃	매 1~10분	최고·최저·평균/일, 최고·최저·평균/월, 적산/일·월, 일교차/일·월	
	습도	RH (%)	매 1~10분	최고·최저·평균/일·월, 일교차/일·월	
	EC	-	계산식	최고·최저·평균/일·월, 일교차/일·월	
	pH	ppm	매 1~10분	최고·최저·평균/일·월	
	CO ₂	ppm	매 1~10분	최고·최저·평균/일·월	

나. 분화 국화 스마트팜 작물 생육정보 수집항목 및 조사기준

분화 국화의 생육정보 수집 항목과 측정기준 및 방법은 농촌진흥청의 농사시험연구조사 기준(RDA, 2003) 및 국립종자원의 작물별 신품종의 출원 및 심사를 위한 특성조사기준(KSVS 2005), 농산물표준규격정보(농산물품질관리원, 2018)을 기반으로 작성하였다. 분화 국화의 수집 생육정보는 생육특성, 개화특성, 품질특성 등 3가지로 구분하였으며, 세부적인 수집항목과 측정 기준 및 방법은 표 3-3과 같다. 생육정보는 환경정보와 달리 자동 수집이 어렵고, 특히, 분화 국화의 경우에는 정식에서 수확까지의 재배 기간이 3개월 이내로 짧기 때문에 생육정보는 1주(7일)에 한 번 현장을 방문하여 조사하였다. 개화 및 품질특성은 출하일을 기준으로 3~4일 전에 1회 현장을 방문하여 수집하였다. 생육정보를 수집하는 식물체는 별도 관리번호를 부여하여 조사하였으며, 수집한 생육정보는 엑셀에 입력하여 관리하였다.

표 3-3. 분화 국화 스마트팜 생육정보 수집항목 및 조사기준

구분	수집항목	단위	조사주기	측정방법
생육 특성	초장	cm	1회/주	지표면에서부터 줄기 최상단(생장점)까지의 길이
	분지수	개	1회/주	주지로부터 갈라져 나온 가지의 수
	엽장	cm	1회/주	엽병을 제외한 잎의 길이 * 완전히 전개된 잎 중에서 가장 큰 잎을 측정
	엽폭	cm	1회/주	잎의 가장 넓은 부위의 폭 * 완전히 전개된 잎 중에서 가장 큰 잎을 측정
	엽수	개	1회/주	주지에 전개된 잎의 수(생장점 부근의 총생엽 제외)
개화 특성	개화시	월/일	1회	첫 꽃이 개화한 날
	개화소요일수	일	1회	단일처리를 시작한 날부터 개화기까지의 일수
	화색	-	1회	개화한 꽃의 설상화 색(칼라차트 활용)
	화심색	-	1회	개화한 꽃의 통상화 또는 화반의 색(칼라차트 활용)
	꽃의 크기	cm	1회/주	개화한 꽃 중에서 가장 큰 꽃의 지름
	꽃자루 길이	cm	1회/주	최상위엽에서부터 총포 아래까지의 길이
품질 특성	꽃대수	개	출하시	개화 가능한 꽃봉오리가 달린 꽃대의 수
	개화정도	-	출하시	꽃대가 균일하게 올라오는 정도
	균형미	-	출하시	초장/초폭(1.5~1.6±0.2 기준)

다. 분화 국화 스마트팜 재배관리정보 수집항목 및 조사기준

국화의 재배관리정보는 분화 국화의 생육이나 품질, 상품화율, 가격 등에 영향을 줄 수 있는 품종명, 삼목일, 재식주수, 적심일, 단일처리 개시일, 성장조절제 처리 등의 항목으로 구성하였다(표 3-4). 분화 국화의 경우 농가에 따라 8월 말부터 11월까지 출하시기에 맞춰 구역을 나누어 연속 재배하므로, 농가의 작형별 재배관리 정보는 수시로 수집하는 것이 바람직하다.

표 3-4. 분화 국화 스마트팜 재배관리정보 수집항목 및 조사기준

수집항목	조사방법	조사주기
품종명	재배품종의 명칭	수시 (사유발생시)
정식일	삼목 정식한 날짜(년/월/일)	
재식주수	한 포트에 삼목한 삼수의 수	
영양관리	완효성고체비료/양액비료(관비주기)로 구분하여 표기	
적심일	적심한 날짜(년/월/일)	
단일처리 개시일	단일처리 개시 날짜(년/월/일)	
성장조절제 처리	성장조절제 처리시기(년/월/일)와 횟수, 농도(ppm)	
병충해 방제	농약명, 농약의 살포 횟수	

제2절 분화 국화 스마트팜 재배 전주기 영농활동분석 및 기술검증

1. 분화 국화 스마트 팜 영농기법 및 영농환경 DB 분석

가. 연구방법

(1) 분화 국화 스마트팜 농가의 온실 환경 조사

분화 국화 스마트팜 농가(HS플라워, 경기도 이천)와 관행재배 농가(호동이농장, 경남 김해)의 지상부(광, 온도, 습도 등) 및 지하부(지온, EC 등) 재배환경을 조사하고자, WatchDog 1650 Micro Station 데이터 로거 및 센서(Spectrum Technologies Inc., USA)를 이용하여 온실 내부 환경정보를 측정하였다. 데이터 로거는 작물 재배용 베드 위에 생장점 높이에 맞추어 설치하였으며(그림 3-7), 환경정보는 매 30분 간격으로 자료를 수집하였다.



그림 3-7. 스마트팜과 관행재배 온실의 재배환경 조사를 위한 데이터 로거 설치 전경
(좌, HS플라워(경기도 이천); 우, 호동이농원(경남 김해))

(2) 분화 국화 생육단계별 생육 조사

스마트팜과 관행재배 농가의 분화 국화 단계별 생육조사를 실시하기 위하여, 분화 국화의 생육단계를 4단계로 구분하여 조사하였으며, 스마트팜과 관행재배 농장에서 분화용 국화를 재배하는 작형에 맞추어 삼목한 묘를 기준으로 작물이 출하될 때까지의 기간인 9주(63일)동안 평균 2주에 1회 현장을 방문하여 직접 조사하였다. 생육단계별 구분은 다음과 같다.

- 1단계(생장기) : 삼목부터 단일처리 개시일까지
- 2단계(발퇴기) : 단일처리 개시일로부터 화아분화 개시일까지
- 3단계(화아발달기) : 화아분화 개시일부터 봉오리 발달 및 꽃목 신장기까지
- 4단계(개화기) : 개화시부터 수확기까지

(3) 분화 국화 스마트팜 농가와 관행재배 농가의 간이 경영성과 분석

스마트팜 농가와 관행재배 농가의 경영성과는 농촌진흥청 간이 경영성과분석요령을 참고하여 조사하였다(RDA, 2015). 조사는 농가 대표와의 면담 형식으로 진행하였고, 조사항목은 조수입(생산량, 생산액)과 경영비(영농자재비, 감가상각비, 수선유지비, 수도광열비, 인건비)로 나누어 조사하였으며, 조수입에서 경영비를 제외한 농가 소득을 계산하였다.

나. 연구결과

(1) 분화 국화 스마트팜 농가의 온실 환경 조사

(가) 스마트팜과 관행재배 온실의 광 환경 비교

스마트팜과 관행재배 온실의 지상부 광 환경을 비교한 결과, 스마트팜의 일별 일사량과 누적일사량이 각각 $454.9 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 와 $28,204.4 \text{ J/cm}^2$ 로 관행재배 온실의 $526.6 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 와 $32,647.3 \text{ J/cm}^2$ 보다 약 14.7% 적게 조사되었다(표 3-5). 일반 재배국화의 경우 광포화점이 약 70,000 Lux 정도로 비교적 광포화점이 높은 작물에 속해 있어 절대광량은 스마트팜 온실이 관행재배 온실보다 부족하였으나, 스마트팜의 경우 일별 일사량의 변화 폭이 관행재배 온실보다 적게 나타남으로써 외부환경 변화에 대한 완충능력은 관행재배 온실 비해 우수한 것으로 판단되었다(그림 3-8).

표 3-5. 스마트팜과 관행재배 온실의 광 환경 비교(2019.7.16.~2019.9.15.)

Period	Daily integrated solar radiation ($\text{J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)		Total integrated solar radiation ($\text{J} \cdot \text{cm}^{-2}$)	
	Smart farm (Icheon)	Practice farm (Kimhae)	Smart farm (Icheon)	Practice farm (Kimhae)
16 Jul.~15 Aug.	464.2	555.1	14,390.3	17,723.3
16 Aug.~15 Sep.	445.6	498.0	13,634.1	14,924.0
Total	454.9	526.6	28,204.4	32,647.3

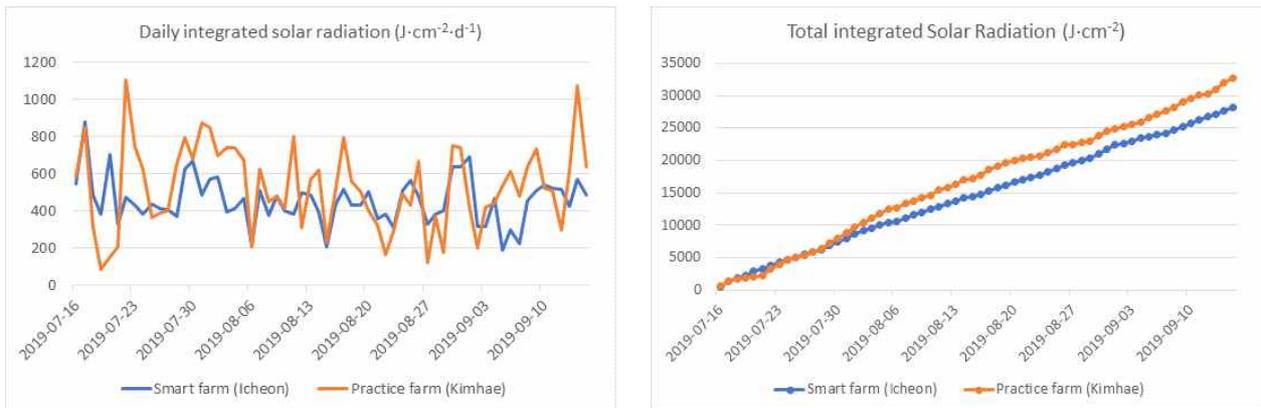


그림 3-8. 스마트팜과 관행재배 온실의 일별 일사량(좌) 및 누적일사량(우) 변화 양상 (2019.7.16.~2019.9.15.)

(나) 스마트팜과 관행재배 온실의 온도 환경 비교

스마트팜과 관행재배 온실의 지상부 온도 환경을 비교한 결과, 2019년 남부지방을 중심으로 7월 중순까지 이어진 장마로 인한 이상저온으로 김해지역의 관행재배 온실의 온도가 낮게 형성된 것을 제외하고는 스마트팜 온실의 일평균온도와 최저온도, 최고온도의 변화 양상은 관행재배 온실과 비교적 유사한 패턴을 보이는 것으로 나타났다(그림 3-9).

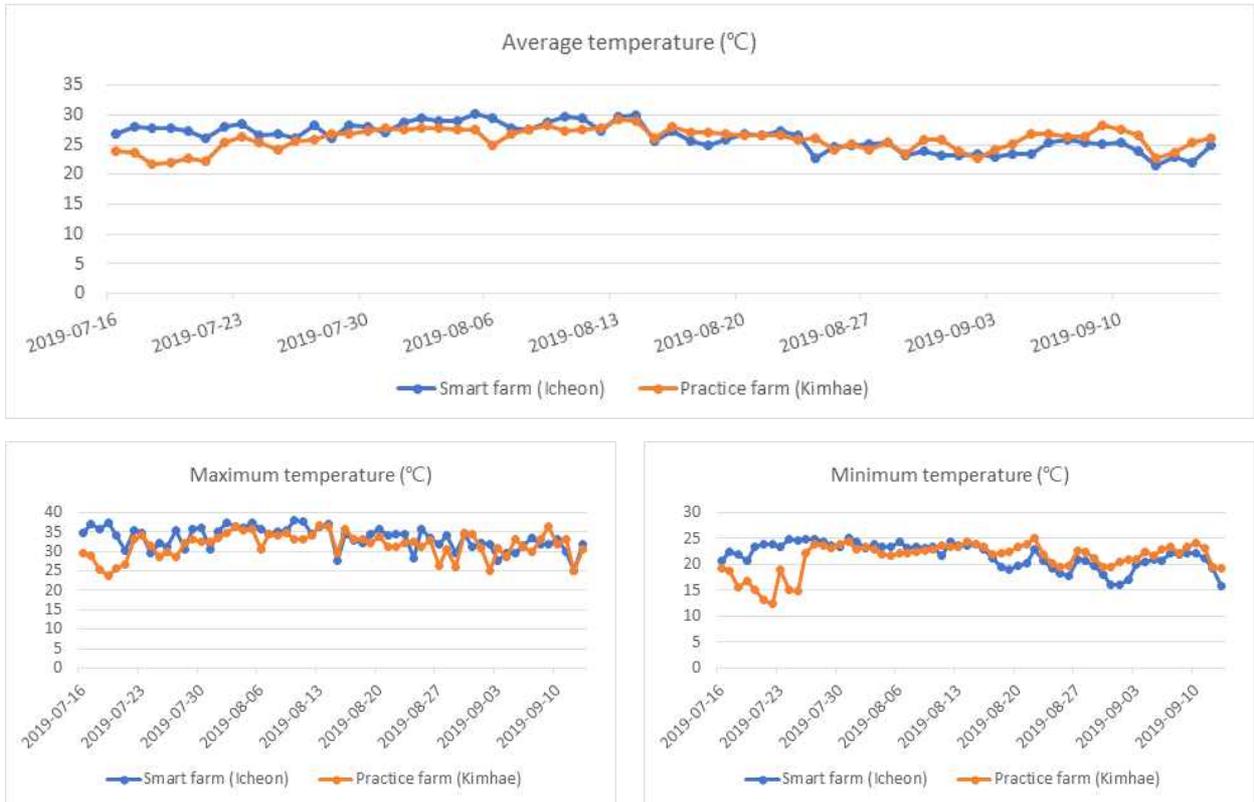


그림 3-9. 스마트팜과 관행재배 온실의 일평균 온도(상) 및 일별 최대온도(좌하), 일별 최저온도(우하) 변화 양상(2019.7.16.~2019.9.15.)

그러나 광 환경과 달리 온도의 경우에는 경기도 이천과 경남 김해의 지역적 차이로 인해 발생하는 온도의 차이가 크다. 따라서 이로 인해 발생하는 오차를 줄이고 스마트팜 시스템 설치에 따른 온실 내부의 환경개선 효과를 분석하기 위하여, 2020년 신규로 스마트팜을 설치한 경남 김해 호동이농원에서 운영 중인 스마트팜과 관행재배온실의 온도변화 양상을 분석한 결과, 2020년 6월 기준 스마트팜의 내부의 일평균 온도는 $24.2 \pm 1.45^\circ\text{C}$ 로 관행재배 온실의 $23.7 \pm 1.54^\circ\text{C}$ 과 큰 차이를 보이지 않았으나, 일평균 최고온도는 스마트팜이 $29.6 \pm 2.52^\circ\text{C}$ 로 관행재배 온실의 $31.7 \pm 3.47^\circ\text{C}$ 에 비해 평균 2.1°C 낮았고, 일평균 최저온도는 $19.9 \pm 2.10^\circ\text{C}$ 으로 관행재배 온실의 $17.4 \pm 2.11^\circ\text{C}$ 보다 2.5°C 높았다. 온도의 일변화 폭도 스마트팜이 평균 $9.70 \pm 3.08^\circ\text{C}$ 인데 반해 관행재배온실은 $14.3 \pm 4.09^\circ\text{C}$ 로 스마트팜보다 4.6°C 정도 더 크게 조사되었다(표 3-6).

또한 온실 내부온도는 동계(1월)에는 온실이 밀폐된 상태로 난방기 등을 이용하여 가온하기 때문에 부분적으로 조절이 가능했으나, 하계로 접어드는 6월에는 일사량 증가와 외기의 온도상승으로 온실내부의 온도변화 폭이 커지고 제어도 쉽지 않았다. 그러나 스마트팜의 경우 온도 변화의 실시간 원격 모니터링으로 축천창 개폐 등의 환기 조건을 제어함으로써 관행재배 온실 비해 온도 환경 제어가 가능하여 하계 고온기에도 관행재배온실에 비해 일중 온도변화의 폭을 줄일 수 있었다(그림 3-10). 이러한 결과를 바탕으로 스마트팜이 관행재배 온실보다 국화의 생육적온인 $20 \sim 25^\circ\text{C}$ 의 범위에 더 가깝게 유지됨으로써 작물의 생육에 더 적합한 환경을 유지시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

표 3-6. 경남 김해지역의 스마트팜과 관행재배 온실의 평균, 최고, 최저온도 변화(2020년 6월)

		Daily temperature (°C)			
		Average	Maximum	Minimum	Difference
Smart farm	Average	24.2	29.6	19.9	9.70
	Standard deviation	1.45	2.52	2.10	3.08
Practice farm	Average	23.7	31.7	17.4	14.3
	Standard deviation	1.54	3.47	2.11	1.08

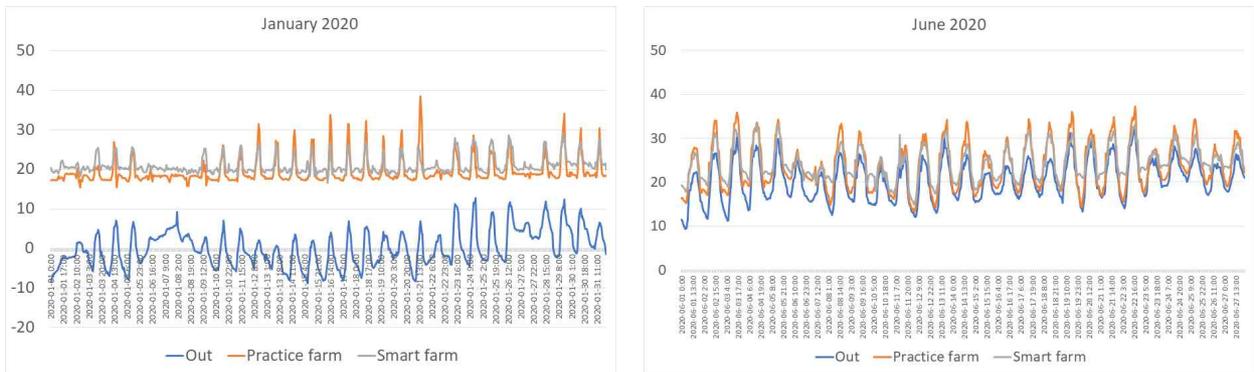


그림 3-10. 스마트팜과 관행재배 온실의 동계(1월, 좌)와 하계(6월, 우) 내외부 온도변화 양상(경남 김해)

(다) 스마트팜과 관행재배 온실의 상대습도 환경 비교

스마트팜과 관행재배 온실의 공중 상대습도 환경을 비교한 결과, 스마트팜의 일평균 상대습도는 78.4%로 관행재배 온실의 83.8%보다 약 5.5%p 적게 조사되었으며, 조사기간 전 기간에 걸쳐 전반적으로 관행재배 온실보다 낮은 수준을 유지하였다(표 3-7과 그림 3-11). 높은 상대습도는 작물의 증산작용을 억제하여 광합성 효율을 떨어뜨림은 물론 흰녹병과 잿빛곰팡이병 등 곰팡이병 발생의 원인으로 작용하므로 적정 상대습도를 유지하는 것이 중요하다. 스마트팜 온실의 경우, 설정된 상대습도 값을 바탕으로 측·천창 개폐 및 유동팬, 환기팬의 작동을 자동 조절함으로써 온실 내 상대습도를 적정 수준으로 유지하는데 도움이 된 것으로 판단된다.

표 3-7. 스마트팜과 관행재배 온실의 공중 상대습도 환경 비교(2019.7.16.~2019.9.15.)

Period	Relative humidity (%)	
	Smart farm (Icheon)	Practice farm (Kimhae)
16 Jul.~15 Aug.	78.4	84.8
16 Aug.~15 Sep.	78.5	83.0
Total	78.4	83.9

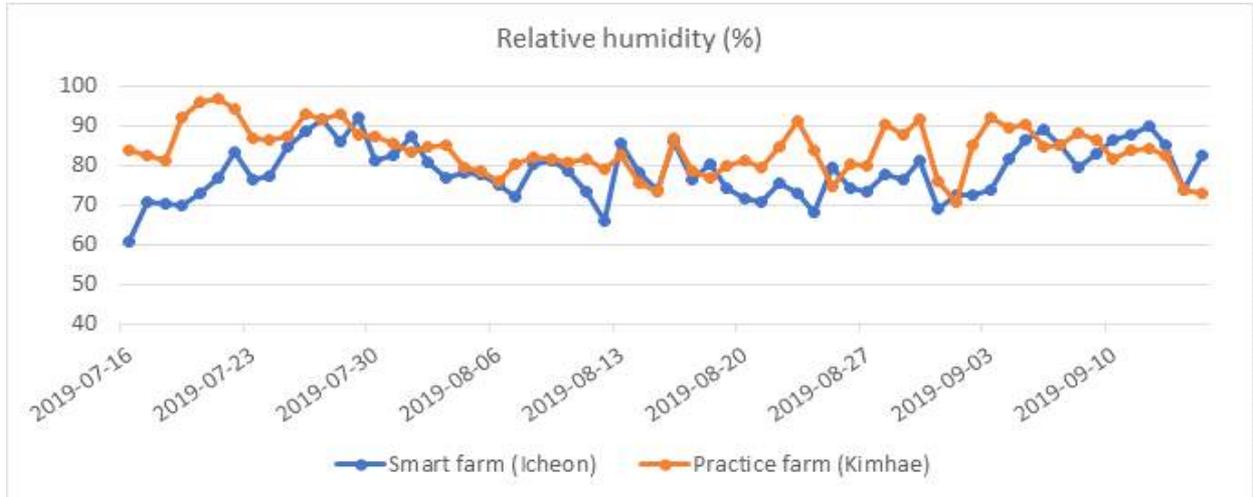


그림 3-11. 스마트팜과 관행재배 온실의 공중 상대습도 변화(2019.7.16.~2019.9.15.)

(2) 분화 국화 생육조사 및 스마트팜 선도농가의 영농기법

(가) 스마트팜과 관행재배 농가의 생육단계별 분화 국화 생육조사

스마트팜과 관행재배 농가의 생육단계별 분화 국화 생육을 조사하기 위하여, 분화 국화의 생육단계를 4단계로 구분하여 2019년 7월부터 동년 10월까지 조사하였다. 스마트팜 농가(이천 HS플라워)에서는 ‘가야시리즈’ 품종을 2019년 7월 16일에 모주포에서 삽수를 채취하여 피트모스와 펄라이트가 혼합된 상토가 충전된 직경 10cm 포트에 포트당 1주씩 직삽하였다. 분지수와 꽃대수를 확보하기 위하여 발근이 완료된 삽목 3주 후에 1차 적심하였고, 그로부터 2주 후에 다시 2차 적심을 실시하였다. 단일처리는 자연단일 조건(8월 22일)에서 재배하여 9월 20일경 화아분화가 시작되었으며, 10월 20일경 개화하여 출하되었다.

관행재배 농가(김해 호동이농원)에서는 ‘에그시리즈’ 품종을 2019년 7월 16일에 모주포에서 삽수를 채취하여 피트모스와 펄라이트가 혼합된 상토가 충전된 직경 10cm 포트에 포트당 4주씩 직삽하였다. 분지수와 꽃대수를 확보하기 위하여 발근이 완료된 삽목 2주 후에 1차 적심하였고, 그로부터 1주후인 8월 6일에 단일처리를 실시하였다. 화아분화는 단일처리 3.5주 후인 9월 초에 시작되었고 9월 25일경 정상 개화하여 출하되었다.

스마트팜과 관행재배 농가의 재배품종이 상이하여 절대적인 생육을 비교하긴 어려우나, 재배기간 동안 평균 2주 1회 농가를 방문하여 초장, 초폭, 엽수, 엽장, 엽폭, 분지수, 꽃대수, 봉오리수, 꽃의 크기, 꽃목직경 등 작물의 생육특성을 조사한 결과, 두 품종 모두 발근이 완료된 이후 생장기부터 화아발달기까지 초장과 초폭이 크게 신장한 이후 화아발달이 완료된 이후부터 신장 속도가 더디지는 S자형 생장곡선을 그리고 있었다. 엽장과 엽폭은 잎이 분화된 이후 2~3주 안에 성엽으로 신장하였다. 분지수와 꽃봉오리의 수는 ‘오렌지에그’ 품종이 ‘가야글로리’ 품종보다 각각 3개, 16개 정도 더 적었다.

스마트팜과 관행재배 농가 재배품종의 생육단계별 생육량은 표 3-8과 같다.

표 3-8. 스마트팜과 관행재배 농가의 생육단계별 분화 국화 생육조사

구분 형질	1단계		2단계		3단계		4단계	
	생장기		발육기		화아발달기		개화기	
								
	오렌지예그 (경남 김해)	가야글로리 (경기 이천)	오렌지예그 (경남 김해)	가야글로리 (경기 이천)	오렌지예그 (경남 김해)	가야글로리 (경기 이천)	오렌지예그 (경남 김해)	가야글로리 (경기 이천)
초장(cm)	2.6±0.3	2.7±0.3	8.9±0.8	9.0±1.0	14.5±0.9	16.8±1.6	16.9±1.0	18.0±1.5
초폭(cm)	-	-	15.5±1.3	14.1±1.0	18.7±1.7	19.1±1.9	20.6±1.4	21.2±2.4
엽수(개)	5.0±0.0	8.2±1.4	11.0±1.2	6.4±0.7	14.3±1.5	12.7±1.1	15.1±1.4	13.2±1.0
엽장(cm)	3.6±0.4	4.5±0.3	3.9±0.3	4.5±0.3	4.3±0.2	5.8±0.5	4.4±0.4	6.0±0.6
엽폭(cm)	2.0±0.1	2.4±0.3	2.0±0.2	2.4±0.3	2.2±0.2	3.2±0.4	2.2±0.1	3.2±0.3
분지수(개)	-	-	11.4±1.2	8.0±0.9	12.6±1.6	9.2±0.4	12.6±1.6	9.2±0.7
봉오리수(개)	-	-	-	-	39.7±4.2	25.9±5.6	43.8±4.6	27.9±5.6
꽃의크기(cm)	-	-	-	-	-	-	1.5±0.3	2.1±0.6
꽃목길이(cm)	-	-	-	-	-	-	3.6±0.3	3.1±0.3

(나) 스마트팜과 관행재배 농가의 관수 관리 영농기법

스마트팜과 관행재배 농가의 관수관리 기술 분석을 위해 화분 내 토양수분함량을 조사하여 비교한 결과, 스마트팜과 관행재배 농가의 토양수분은 삼목 직후 약 2~3주 동안에는 큰 차이를 보이나 발근 활착이 완료된 3주 이후의 토양수분 변화 패턴은 비교적 유사한 경향을 보이는 것으로 조사되었다. 이는 스마트팜 농가와 관행재배 농가의 육묘관리 방법의 차이로 인해 기인한 것으로, 스마트팜 농가의 경우 삼목 초기에는 발근이 되지 않은 삼수의 토양 수분 흡수 능력이 부족하기 때문에 삼목 이후 발근 활착이 완료될 때까지 약 2~3주 동안에는 살수장치로 잎을 적시는 정도의 관수 조절을 통해 토양 내 관수량을 최소화하면서 관수를 실시함으로써 volumetric water content (VWC)를 6%정도로 유지하여 발근을 유도하는 반면, 관행재배 농가의 경우에는 삼목 직후부터 3-4일 간격으로 주기적인 저면관수를 시행함으로써 삼목 2주동안 VWC를 30% 이상으로 유지하고 있었다(그림 3-12).

토양수분 함량의 변화는 화분 내 근권부 온도 변화에도 영향을 미치는 것으로 조사되었다. 스마트팜 농가의 화분 내 토양의 평균온도 및 최고, 최저온도의 일별 변화를 확인 결과, 삼목 초기에 관행재배 농가보다 토양온도가 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다(그림 3-13).

이는 화분 내 토양수분이 부족하면 상대적으로 기상의 부피가 증가하여 토양 온도의 상승 요인으로 작용하고 이로 인해 뿌리의 발달이 더욱 지연될 수 있을 것으로 판단된다. 실제 토양수분이 급감하는 시기를 바탕으로 발근 시기를 추정한 결과, 관행재배 농가의 경우에는 삼목 이후 약 2주 후에 발근이 완료된 것으로 추정되나 스마트팜 농가의 경우에는 약 3주 후에 발근 활착이 완료된 것으로 추정된다(그림 3-12).

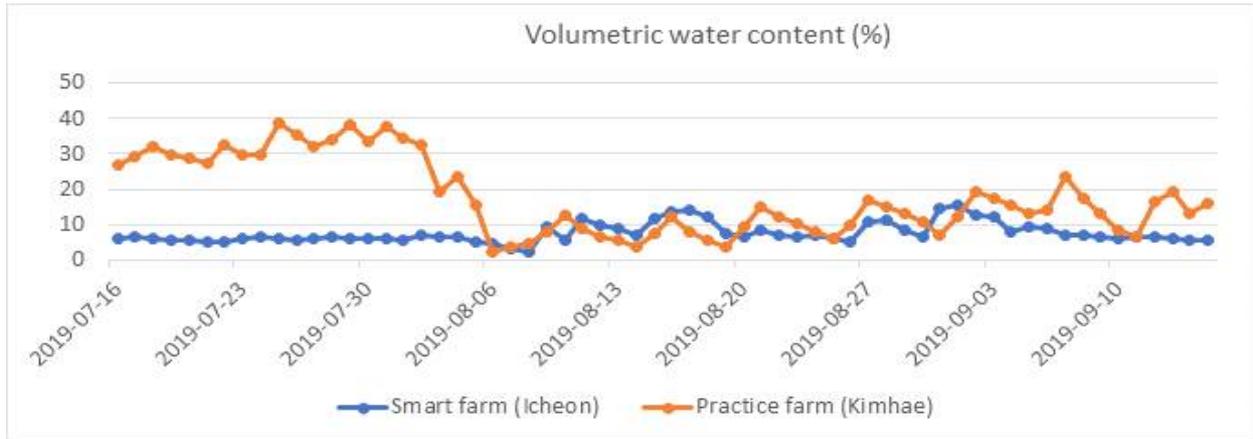


그림 3-12. 스마트팜과 관행재배 농가의 토양수분 변화(2019.7.16.~2019.9.15.)

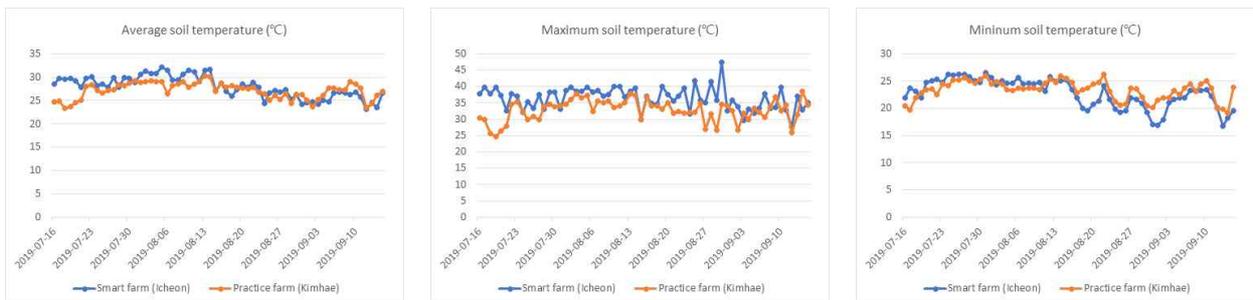


그림 3-13. 스마트팜과 관행재배 농가의 일별 근권부 평균온도(좌) 및 최대온도(중), 최저온도(우) 변화 양상(2019.7.16.~2019.9.15.)

(다) 스마트팜과 관행재배 농가의 시비 관리 영농기법

스마트팜과 관행재배 농가의 토양 전기전도도(EC) 역시 삼목 직후 약 2~3주 동안에는 큰 차이를 보이는 것으로 조사되었다. 스마트팜 농가의 경우 발근 활착이 완료된 시점, 즉 삼목후 약 3주 후까지는 오스모코트와 같은 완효성 비료를 이용하여 시비하고 있었으며, 꽃눈이 형성되어 발달하는 6주 후부터 액비를 준비하는 방식으로 시비관리를 시행하고 있었다. 이로 인해 삼목 이후 3주 동안 토양의 EC가 평균 0.05 mS/cm로 조사되었다. 반면 관행재배 농가는 삼목 초기부터 복합비료(Jack's professional[®])를 사용하여 주기적으로 저면 관비함으로써 삼목 이후 3주 동안 토양의 EC가 평균 0.3 mS/cm 정도로 조사되었다(그림 3-14). 이와 같은 결과를 바탕으로 삼목 초기 적절한 관수 및 시비가 분화 국화의 생육을 촉진하는데 도움이 될 것으로 판단되었다.

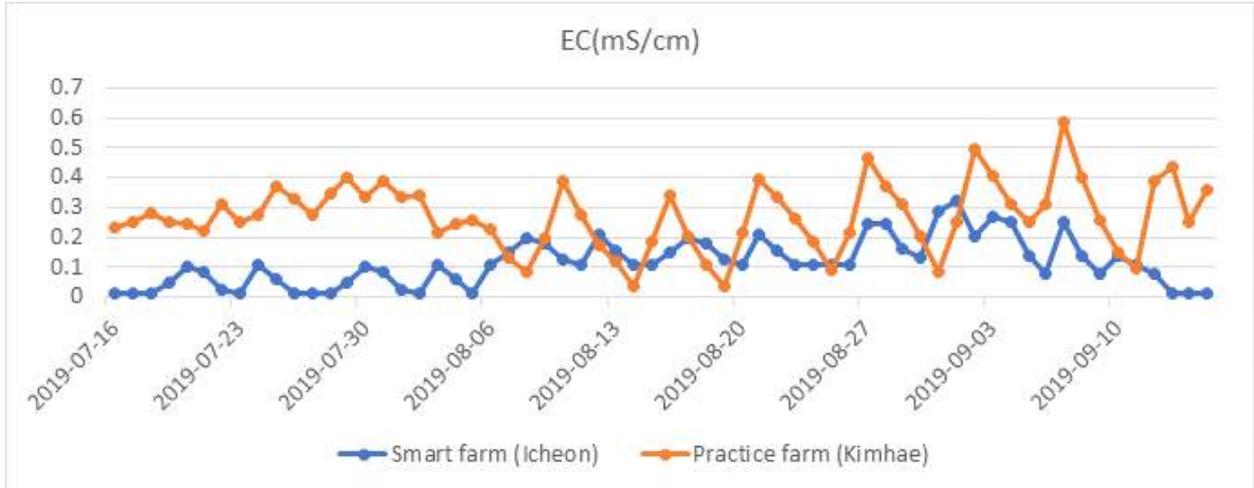


그림 3-14. 스마트팜과 관행재배 농가의 토양수분 변화(2019.7.16.~2019.9.15.)

나. 분화 국화 식물공장형 스마트팜의 생산관리 모니터링

(1) 분화 국화 식물공장형 스마트팜의 환경 조사

식물공장은 외부환경과 단절된 공간에서 광, 온도, 습도 등 재배환경을 인공적으로 조성하여 목적하는 작물을 계획적으로 생산하는 시설을 말한다. 현재 국내에서 분화 국화를 식물공장에서 생산하는 농가는 HS플라워(경기도 이천)와 호동이농장(경남 김해) 두 곳으로, 본 연구에서는 이들 농장의 광, 온도, 습도 등의 재배환경을 조사하고자, MSTL 데이터 로거 및 센서(STA corporation, KOR)를 이용하여 온실 내부 환경정보를 측정하였다. 데이터 로거는 다단식 LED 재배용 베드 위에 성장점 높이에 맞추어 설치하였으며(그림 3-15), 조사시기는 각각의 식물공장에서 분화용 국화를 재배하는 작형에 맞추어 HS플라워는 2019년 7월 15일부터, 호동이농장은 9월 17일부터 30분 간격으로 자료를 수집하였다. 두 개 식물공장의 재배환경 비교는 9월 17일 삼목한 묘를 기준으로 작물이 출하될 때까지의 기간인 6주(42일) 동안 비교하였다.



그림 3-15. 식물공장 환경 조사를 위한 데이터 로거 설치 전경(좌, HS플라워(경기도 이천); 우, 호동이농원(경남 김해))

(가) 분화 국화 식물공장형 스마트팜의 광 환경

HS플라워에서 운영 중인 식물공장의 인공광원은 LED로, 다단식 재배용 베드 0.9m²(가로 1.5m×세로 0.6m) 위에 백색(W), 황색(Y), 청색(B), 적색(R)의 LED 소자가 각각 28개, 28개, 3개, 3개씩 총 62개가 포함된 LED등 4개가 설치되어 있었다. 오전 8시부터 오후 17시까지(광조사시간 9시간) 평균 광합성유효광량자속밀도(PPFD) 104.0 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광도로 조사되고 있었다. 호동이농장에서 운영 중인 식물공장의 인공광원 역시 LED로, 다단식 재배용 베드 0.9m²(가로 1.8m×세로 0.5m) 위에 백색(W), 청색(B), 적색(R) LED 소자가 각각 36개씩 총 108개가 포함된 LED등 20개가 설치되어 있다. 오후 13시부터 오후 24시까지 11시간 동안 평균 광합성유효광량자속밀도(PPFD) 243.4 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광도로 조사되고 있었다(그림 3-16과 3-17)

두 농장의 식물공장에 설치된 단위면적(0.9m²)당 LED 소자의 수는 호동이농장이 2,160개로 HS플라워의 248개에 비해 8.7배 많았고, PPFD는 2.34배 높았으며, 광 조사시간도 1.2배 더 많은 것으로 조사되었다. 소형 분화 국화를 재배하기 위한 식물공장 내부의 적정 광량과 광 조사시간은 250~330 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 과 10시간 30분~11시간 30분 사이로, 광량과 조사시간이 부족할 경우 식물의 성장과 분지성이 약해져 상품성이 떨어지고 개화가 지연되는 등 문제가 발생할 수 있어 HS플라워의 광 환경은 개선될 필요가 있을 것으로 판단된다.



그림 3-16. HS플라워(좌)와 호동이농원(우)에 설치된 식물공장 LED등 비교

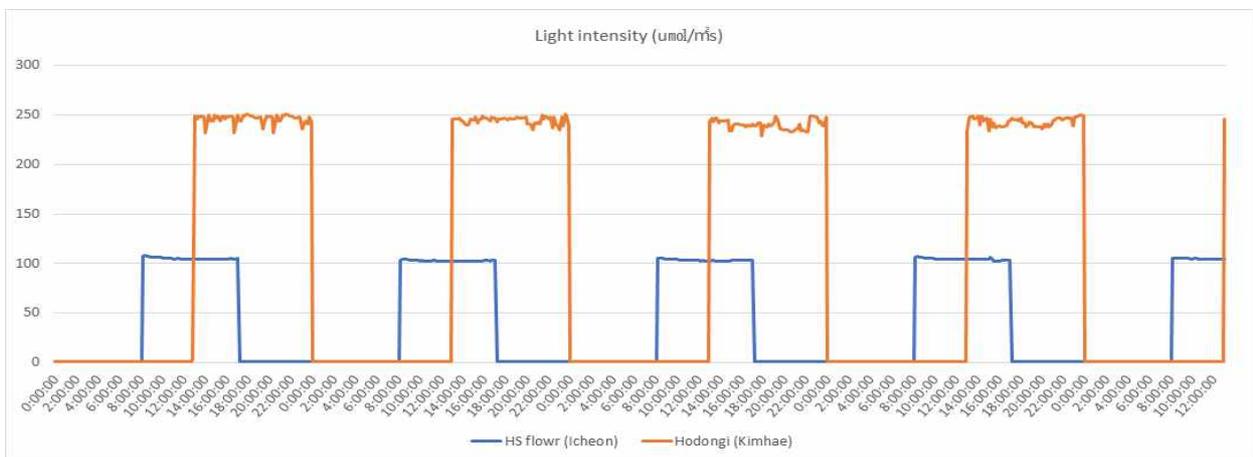


그림 3-17. HS플라워와 호동이농원 식물공장의 광도 및 광주기

(나) 분화 국화 식물공장형 스마트팜의 온도 환경

HS플라워에서 운영 중인 식물공장의 내부의 온도는 평균 23.8℃로 조사되었다. 주로 LED등이 점등되는 오전 8시부터 오후 17시까지는 평균 24.3℃로 평균보다 높은 온도를 유지하는 반면 LED등이 소등되는 기간에는 평균 23.5℃ 정도로 평균보다 낮은 온도를 유지하는 것으로 조사되었다. 호동이농장에서 운영 중인 식물공장의 내부의 온도는 평균 21.6℃로 조사되었다. HS플라워와는 반대로 LED등이 점등되는 오전 13시부터 오후 24시까지는 평균 21.4℃로 평균보다 낮은 온도를 유지하는 반면 LED등이 소등되는 기간에는 평균 21.8℃ 정도로 평균보다 높은 온도를 유지하는 것으로 조사되었다(그림 3-18).

두 식물공장의 내부 온도는 소형 분화국화를 재배하기 위해 주야간 온도차(DIF)를 0에 가깝게 유지하도록 설치되어 있다. 두 식물공장 모두 주야간 온도편차가 3℃ 이내로 0에 가까우나 HS플라워의 경우 DIF=0.8로 양(+의 DIF 값을 나타내는 반면, 호동이농장은 DIF=-0.4로 음(-)의 DIF 값을 보이고 있어 HS플라워보다 절간신장이 억제될 수 있었다.

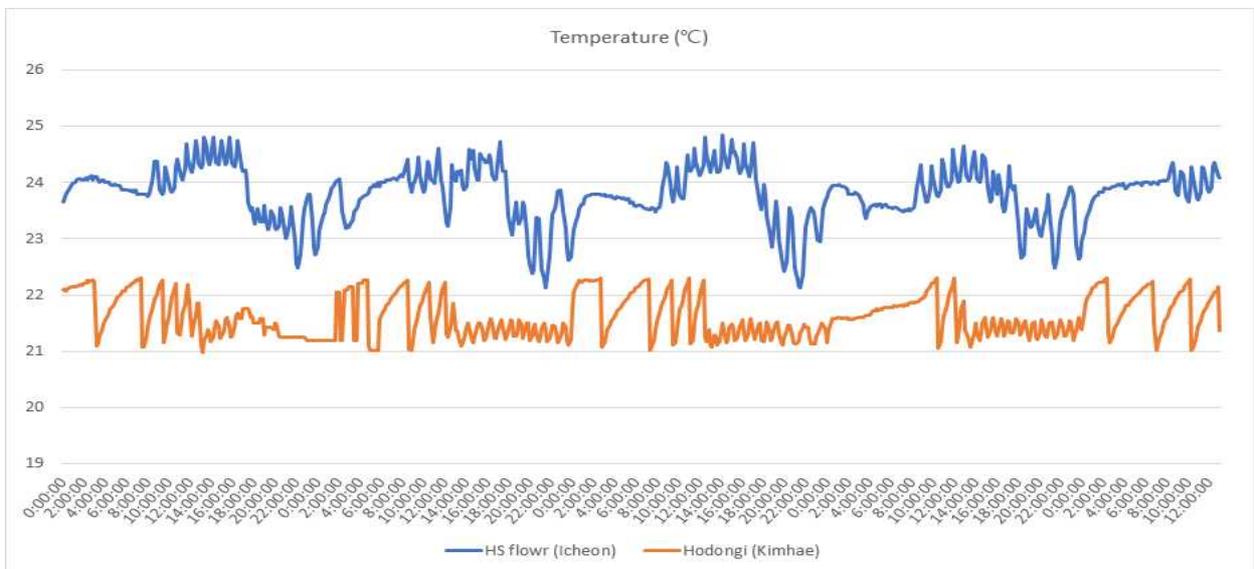


그림 3-18. HS플라워와 호동이농원 식물공장의 온도 변화

(다) 분화 국화 식물공장형 스마트팜의 상대습도 환경

HS플라워에서 운영 중인 식물공장의 내부 상대습도는 평균 73% 정도로 조사되었다. 주로 LED등이 점등되는 오전 8시부터 오후 17시까지는 상대습도가 일정 범위 안에서 변화하는 양상을 보이다가 LED등이 소등되는 시간에는 71% 수준에서 안정되게 유지되는 것으로 조사되었다. 호동이농장에서 운영 중인 식물공장의 내부 상대습도는 평균 85.6% 정도로 HS플라워에 비해 12.6%p 높게 조사되었다. LED등이 점등되는 오후 13시부터 오후 24시까지는 상대습도가 일정 범위 안에서 등락을 반복하는 양상을 보이다가 LED등이 소등되는 시간에는 평균 92.2%로 매우 높게 나타났다(그림 3-19).

두 식물공장의 내부 상대습도의 일변화는 시간대별로 큰 차이를 보이는 것으로 조사되었다. 이는 HS플라워 식물공장의 경우 상대습도를 조절하기 위해 식물공장 내부에 이동식 제습기를 설치하여 제습을 하고 있으나, 호동이농원의 경우에는 별도의 제습기나 공조시설이 설치

되어 있지 않아 습도 조절에 취약한 것으로 조사되었다.

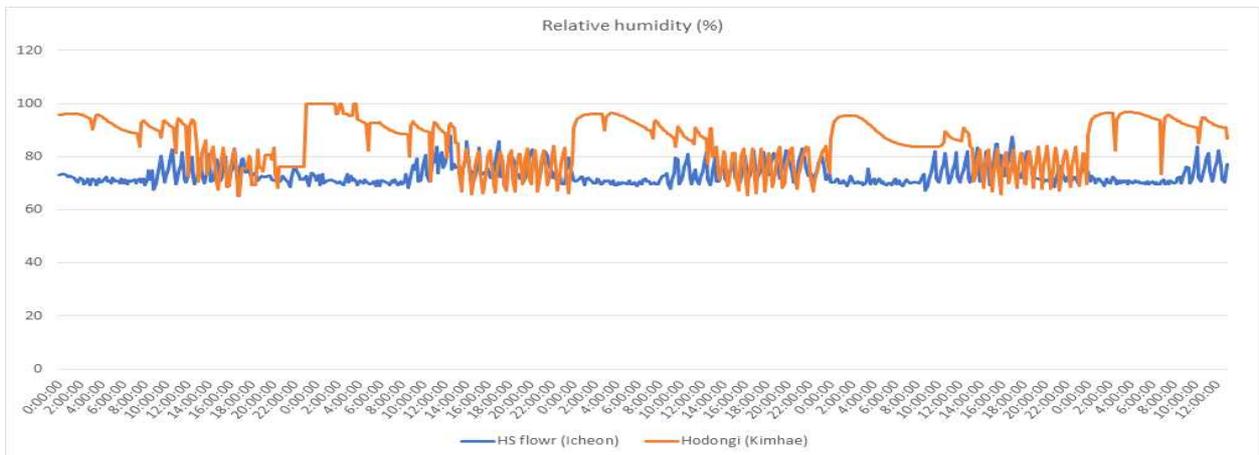


그림 3-19. HS플라워와 호동이농원 식물공장의 상대습도 변화

(2) 식물공장형 스마트팜의 분화 국화 생육조사 및 영농기법

(가) 분화 국화 식물공장형 스마트팜의 생육단계별 분화 국화 생육조사

HS플라워의 식물공장에서는 ‘가야시리즈’ 품종을 2019년 7월 10일에 모주포에서 삼수를 채취하여 트레이에 삼목한 후, 발근이 완료된 7월 22일에 피트모스와 펄라이트가 혼합된 상토로 충전된 직경 10cm 포트에 포트당 1주씩 정식하였다. 분지수와 꽃대수를 확보하기 위하여 정식 직후에 1차 적심하였고, 8월 12일에 다시 2차 적심을 실시하였다. 식물공장은 2차 적심 10일 후인 8월 22일에 입식하여 단일조건에서 재배하였으며, 입식 4주 후인 9월 20일경에 발육하여 꽃봉오리가 형성되었고, 10월 18일경 개화되어 출하되었다(그림 3-20과 3-21).



그림 3-20. HS플라워 식물공장 분화 국화 재배 전경(좌) 및 2회 적심한 분화 국화(우)



그림 3-21. HS플라워 식물공장 분화 국화의 개화(좌) 및 출하 모습(우)

호동이농원의 식물공장에서는 ‘에그시리즈’ 품종을 2019년 9월 1일에 모주포에서 삼수를 채취하여 피트모스와 펠라이트가 혼합된 상토가 충전된 직경 7cm 포트에 포트당 2주씩 직삽하였다. 분지수와 꽃대수를 확보하기 위하여 발근이 완료된 삼목 2주 후에 1차 적심하였다. 식물공장은 적심 5일 후인 9월 16일에 입식하여 단일조건에서 재배하였으며, 입식 2.5주 10월 2일경에 발퇴하여 꽃봉오리가 형성되었고, 10월 25일경 개화되어 출하되었다(그림 3-22와 3-23).



그림 3-22. 호동이농원 식물공장 소형 분화국화 재배 전경(좌) 및 7cm 재배 포트(우)



그림 3-23. 호동이농원 식물공장 소형 분화국화의 개화(좌) 및 출하 모습(우)

두 식물공장에 입식된 재배품종이 상이하고 정식된 포트의 크기가 서로 달라 절대적인 생육을 비교하긴 어려우나, 재배기간 동안 평균 2주 1회 농가를 방문하여 초장, 초폭, 엽수, 엽장, 엽폭, 분지수, 꽃대수, 봉오리수, 꽃의 크기, 꽃목직경 등 작물의 생육특성을 조사한 결과, 전반적인 성장모형은 일반재배 온실에서의 생육과 크게 다르지 않았다. 그러나 식물공장의 경우 일반 온실에서 재배된 분화 국화와 비교하여 초장이 크게 감소하였고, 분지수와 꽃봉오리의 수는 ‘가야글로리’ 품종의 경우 큰 차이를 보이지 않는 반면 ‘오렌지에그’ 품종은 40%정도 감소하였다.

두 식물공장에 재배된 분화 국화의 생육단계별 생육량은 표 3-9와 같다.

표 3-9. 분화 국화 식물공장형 스마트팜 두 농가의 생육단계별 분화 국화 생육조사

구분	1단계		2단계		3단계		4단계	
	생장기		발육기		화아발달기		개화기	
								
형질	오렌지애그 (경남 김해)	가야글로리 (경기 이천)	오렌지애그 (경남 김해)	가야글로리 (경기 이천)	오렌지애그 (경남 김해)	가야글로리 (경기 이천)	오렌지애그 (경남 김해)	가야글로리 (경기 이천)
초장(cm)		5.4±1.1	7.1±0.5	9.8±0.8	10.1±0.6	14.3±1.2	11.9±0.8	18.4±2.9
초폭(cm)		8.7±1.9	10.9±0.9	12.8±1.5	12.1±0.9	14.0±1.5	13.6±1.1	14.6±1.7
엽수(개)		3.7±1.3	11.6±1.1	15.0±1.9	12.8±1.1	17.8±1.8	14.6±1.1	24.2±3.3
엽장(cm)		2.3±0.5	2.8±0.2	3.4±0.1	2.8±0.2	2.9±0.1	2.8±0.2	4.2±0.6
엽폭(cm)	(미조사)	1.3±0.4	1.6±0.1	2.1±0.2	1.6±0.2	2.2±0.1	1.8±0.1	2.2±0.2
분지수(개)		7.8±0.8	8.5±1.2	8.1±1.6	8.5±1.1	10.6±0.9	8.5±1.1	11.0±2.5
봉오리수(개)		-	-	-	22.7±2.6	20.6±1.9	22.7±2.6	22.6±5.9
꽃의크기(cm)		-	-	-	-	-	1.7±0.2	1.8±0.1
꽃목길이(cm)		-	-	-	-	-	1.8±0.1	3.0±0.3

(나) 식물공장형 스마트팜 선도농가의 영농기법

분화 국화 식물공장에서는 DIF값을 0으로 하여 외부에서 왜화제를 처리하지 않고도 절간신장을 억제하여 콤팩트한 소형 분화 국화를 생산할 수 있었다. 이에 식물공장형 소형 분화 국화를 생산하기 위해서는 장일처리가 가능한 온실에서 직경 7cm 포트에 ‘에그시리즈’ 등 소형화가 가능한 품종의 삽수를 2개씩 삼목한 후, 2주일(14일) 후에 발근·활착이 완료되면 지체부로부터 3개 정도의 마디를 남기로 적심, 그로부터 3~5일 후에 식물공장으로 입식하여 곧바로 단일처리에 들어가면 약 5~6주(35일~40일) 이내에 개화 및 출하가 가능하였다.

호동이농원에서 운영 중인 식물공장의 경우에는 이와 같은 재배방법에 따라 소형 분화국화를 재배·생산하여 정상 출하하였다. 그러나 HS플라워의 경우에는 식물공장에 입식한 분화국화를 직경 10cm pot에 1주씩 식재한 후 2회 적심하여 재배·생산을 하였으나 식물공장의 광량부족으로 개화가 지연되고 적심 재배로 인해 품질이 균일하지 못할 뿐 아니라 적정 볼륨감을 형성하지 못함으로써 상품성이 많이 떨어지는 것으로 확인되었다. 이에 DIF=0인 식물공장의 재배환경에 대한 특수성에 맞는 재배법에 맞추어 생산해야 고품질의 분화 국화를 생산할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 분화 국화 스마트팜 영농기법 기술 검증

가. 분화 국화 스마트팜 선도농가의 생산성 및 품질 향상

(1) 스마트팜의 재배환경의 차이가 분화 국화 품질에 미치는 영향

분화 국화 스마트팜의 광, 온도, 습도 등의 재배환경은 관행재배 온실의 재배환경과 비교하여 큰 차이를 보이지는 않았다. 광 환경의 경우에는 스마트팜의 일별 일사량과 누적 일사량이 각각 $454.9 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 와 $28,204.4 \text{ J/cm}^2$ 로 관행재배 온실의 $526.6 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 와 $32,647.3 \text{ J/cm}^2$ 보다 오히려 14.7% 낮게 조사되었으며(표 3-5), 지상부 일평균 기온 역시 관행재배 온실과 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 스마트팜의 경우 일평균 최고온도가 $29.6 \pm 2.52^\circ\text{C}$ 로 관행재배 온실에 비해 약 2.1°C 정도 낮았고, 일평균 최저온도는 $19.9 \pm 2.10^\circ\text{C}$ 로 관행재배 온실보다 2.5°C 높았다. 또한 온도의 일변화 폭도 $9.70 \pm 3.08^\circ\text{C}$ 로 관행재배 온실보다 평균 4.6°C 정도 더 적었다(표 3-6).

국화는 광포화점이 약 70,000 Lux 정도로 비교적 광포화점이 높은 작물로 알려져 있으나, 스마트팜의 절대광량이 부족하지 않은 상황에서 분화 국화의 생육 및 개화에 미치는 영향은 생육 온도 더 크다. 특히, 지나친 고온이나 저온은 분화 국화의 화아분화를 지연시키고 기형화를 발생시키는 주 요인으로 알려져 있다. 비록 스마트팜과 관행재배 온실의 일평균 기온의 차이는 미미하게 조사되었으나, 일사량의 증가와 외기의 온도상승으로 온실내부의 온도변화 폭이 커지는 하계 고온기에 온도 변화의 실시간 모니터링으로 축천창 개폐 등의 환기 조건을 제어함으로써 관행재배 온실 비해 일중 온도변화의 폭을 줄일 수 있다는 점은 스마트팜이 관행재배 온실보다 국화의 생육적온인 $20\sim 25^\circ\text{C}$ 의 범위에 더 가깝게 유지됨으로써 분화 국화의 품질을 향상시킬 수 있다.

또한 스마트팜의 일평균 상대습도는 78.4%로 관행재배 온실의 83.8%보다 약 5.5%p 적게 조사되었으며(표 3-6), 조사기간 전 기간에 걸쳐 전반적으로 관행재배 온실보다 낮은 수준을 유지하였다. 높은 상대습도는 작물의 증산작용을 억제하여 광합성 효율을 떨어뜨림은 물론 흰 녹병과 잿빛곰팡이병 등 곰팡이병 발생의 주요 원인으로 작용하여 적정 상대습도를 유지하는 것이 중요하다. 스마트팜의 경우, 설정된 상대습도 값을 바탕으로 측·천창 개폐 및 유동팬, 환기팬의 작동을 자동 조절함으로써 온실 내 상대습도를 적정 수준으로 유지시킴으로써 분화 국화의 품질을 향상시킬 수 있다.

(2) 영농기법의 차이가 분화 국화 품질에 미치는 영향

스마트팜과 관행재배 농가의 육묘에서 재배관리 및 출하까지 분화 국화 생산 전주기 영농기법을 모니터링 한 결과, 육묘방법에서 가장 큰 차이를 보였다. 육묘의 경우, HS플라워는 삼수를 채취하여 육묘용 트레이에 삼목하고 삼목상에서 상대습도 100%를 유지한 상태로 밀폐삼을 실시하였으며, 관수는 토양의 과습으로 인한 역병이나 줄기마름병의 발병을 예방하기 위해 발근 활착이 완료될 때까지 약 2~3주 동안에는 살수장치로 잎을 적시는 정도의 물조절을 통해 토양 내 관수량을 최소화 하면서 관리하고 있었다. 반면 관행재배 농가의 경우에는 10cm 이색포트에 직삽하였고, 삼목 직후부터 3~4일 간격으로 양액을 저면 관비하였다(그림 3-24).



그림 3-24. HS플라워의 밀폐삽(좌)과 호동이농원의 직삽(우) 모습

육묘용 트레이에 밀폐삽을 실시한 후 포트에 이식하는 육묘기법은 균일한 묘로 선별 정식이 가능하기 때문에 채소 등 원예작물에서 널리 사용되고 있으나, 분화 국화의 경우 옥신계열의 발근촉진제를 분의처리하고 삼목하면 발근이 잘 이루어지기 때문에 직삽이 흔히 이용되고 있다. 특히, 호동이농원의 경우 직삽 직후부터 양액을 저면으로 관비하면서 육묘 관리하였고, 일부 개체가 역병 등의 발생으로 고사하기도 하였으나(그림 3-55) 밀폐삽에 비해 뿌리가 빠르게 발생하였고 초기 생육도 좋았다. 따라서 삼목 초기 적절한 관수 및 시비가 분화 국화의 생육을 촉진하는데 도움이 될 것으로 판단되었다.



그림 3-25. 잦은 관수로 인한 역병 등 줄기마름 및 고사 증상

(3) 스마트팜과 관행재배농가의 경영성과 분석

분화 국화 스마트팜과 관행재배 농가의 경영성과를 비교 분석한 결과, 재배면적당 동일한 재식주수를 가지는 분화류의 특성상 생산량의 차이는 없었으나 재배환경의 관리수준의 차이에 따른 품질 차이로 인해 판매단가에서 차이가 발생하였고, 이로 인해 스마트팜 농가의 조수입이 10%정도 더 많았다. 단위면적당 생산비는 1,000㎡ 기준으로 스마트팜이 14,551천원으로 관행재배 농가의 13,582천원 보다 약 7%정도 증가되었다. 주요 항목별로는 스마트팜 농가에서 스마트팜 설비에 따른 감가상가비와 수선유지비, 수도광열비의 지출은 더 많았고 영농자재비와 인건비는 관행재배 농가보다 더 적었다. 특히, 인건비의 경우에는 스마트팜 설치에 따른 자동화 관리로 관행재배 농가 대비 37% 낮은 것으로 조사되었다. 조수입에서 생산비를 제한 순수익은 스마트팜이 1,000㎡당 18,489천원으로 관행재배 농가의 16,418천원보다 11% 더 높았다(표 3-10).

표 3-10. 분화 국화 스마트팜과 관행재배 농가의 수익성 분석

(분, 천원, 1,000m², 1기작/3개월 기준)

작목	비목별		스마트팜	관행재배	
분화 국화	조수입	생산량(분)	30,000	30,000	
		평균판매단가	1.1	1.0	
			33,000	30,000	
	생산 비	중간 재비	영농자재비	3,650	4,300
			감가상각비 ¹⁾	1,500	0
			소계	5,150	4,300
			수선유지비 ²⁾	900	0
			수도광열비 ³⁾	600	509
			판매비(포장비+운반비)	3,000	3,000
			위탁판매수수료 ⁴⁾	2,520	2,100
			인건비 ⁵⁾	2,341	3,673
			소계	14,511	13,582
			순수익	18,489	16,418

* 산출근거

1) 감가상각비 : 스마트팜 설치(15,000천원)에 따른 감가상각비, 내구연한 10년

2) 수선유지비 : 감가상각비의 6% 기준

3) 수도광열비 : 농축산물소득자료집(농촌진흥청 2018년 국화 기준 2,037천원/10a)

4) 위탁판매수수료 : 판매금액의 7%(양재동화훼공판장 기준)

5) 인건비 : 인건비(2,500천원/인/월) * 1,000m²/농가재배면적 * 분화국화 재배투입 비율

6) 생산비 중 대농기구 및 시설의 감가상각비와 임차료, 위탁영농비, 조세공과금, 기타소농구비, 차입금 이자는 제외하였음

나. 분화 국화 스마트팜 선도농가의 생산성 및 품질 향상

(1) 식물공장형 스마트팜의 광 조건의 차이가 분화 국화 생산성 및 품질에 미치는 영향

식물공장형 스마트팜을 도입하여 분화 국화를 생산하는 호동이농장(경남 김해)과 HS플라워(경기도 이천)의 식물공장 내부 광 환경과 온도 조건을 비교해 본 결과, 주간 광합성에 활용할 수 있는 광합성유효광량자속밀도(PPFD)가 각각 243.4 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 와 104.0 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 약 139.4 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 정도의 편차를 보이고 있다. 또한 광 조사 시간도 두 식물공장 각각 11시간과 9시간으로 2시간의 편차를 보이고 있다. 이를 일일 누적 광량으로 비교해 본 결과, HS플라워에서 운영 중인 식물공장의 광량은 호동이농원의 약 36% 수준에 불과하여 영양생장과 개화에 필요한 탄수화물을 합성·저장하는데 매우 불리한 조건이다(표 3-11).

표 3-11. 식물공장형 분화 국화 스마트팜 2농가의 광 환경 비교

	Hodongi (Kimhae)	HS flower (Icheon)
PPFD ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	234.4	104.0
Light irradiation time (hours)	11	9
Daily interated PPFD ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2}$)	9,282.2	3,369.6

(2) 식물공장형 스마트팜의 경영성과 분석

두 식물공장의 삼목 이후부터 개화 및 출하까지 소요된 일수를 산정해본 결과는 다음과 같다.

- 호동이농원 : 삼목(9월 1일) → 적심(9월 11일) → 식물공장 입식, 단일처리(9월 16일) → 발퇴 및 꽃봉오리 형성(10월 2일) → 개화 및 출하(10월 25일)
- HS플라워 : 트레이삼목(7월 10일) → 포트정식(7월 22일) → 적심(8월 12일) → 식물공장 입식, 단일처리(8월 22일) → 발퇴 및 꽃봉오리 형성(9월 20일) → 개화 및 출하(10월 18일)

HS플라워의 단일처리 이후 개화까지 걸리는 시간, 즉 개화소요일수는 57일로 호동이농원의 39일에 비해 18일이 더 소요된다. 식물공장에 입식해서 재배되는 기간만을 대상으로 두 식물공장의 이용 효율을 계산해 보면 호동이농장이 연간 9.3기작 재배가 가능한 반면 HS플라워는 연간 6.5기작으로 연간 2.8기작, 약 30%정도의 이용효율이 떨어진다. 호동이농장의 경우 30m² 면적의 식물공장에서 7cm pot에 다단식 베드를 활용하여 생산가능한 분화 국화가 약 8,000분/기작이다. 2019년 가을 분화 국화 거래가격을 기준으로 환산하면 8,000분 × 1,200원/분 = 9,600천원으로 연간 26,880천원의 소득 손실을 야기할 수 있다.

HS플라워가 식물공장을 운영하기 위해 사용하는 전력량은 2,126Kwh/월로 약 10만원 정도의 전기세가 부과되고 있다. 호동이농원의 경우 소요전력량은 확인할 수 없었으나 월간 약 80만원 정도의 전기세를 납부하는 것으로 확인됐다. 따라서 HS플라워에서 광량과 광조사시간을 호동이농원 수준으로 조정했을 때 추가되는 비용은 약 70만원 정도로 추정된다. 따라서 광환경 조절을 통해 기대할 수 있는 기대소득은 생산 주기 단축으로 인한 생산성 증대 26,880천원/년에서 추가 발생 전기세 8,400천원/년을 감한 18,480천원/년으로 추정된다.

더불어 광량과 광 조사시간이 부족할 경우 식물의 성장과 분지성이 약해져 상품화율이 저하되는 문제가 발생할 수 있다는 부분까지 감안하면 예상 기대소득은 이보다 더 클 것으로 예측된다.

제3절 분화 국화 스마트팜 영농기법 모델화 및 매뉴얼 제작·보급

1. 분화 국화 스마트팜 선도농가의 문제점 도출

국화의 한계일장은 평균 13~14시간으로 암기가 10~11시간 이상 유지될 때 화아분화가 시작되는 단일성 식물이다. 우리나라에서는 자연조건에서 8월 22일을 기준으로 단일을 감응하기 시작하여 보통 10월 말에서 11월 초에 개화하는 것이 일반적이다. 그러나 국내에서 재배되는 분화 국화가 시장에 출하되는 시기는 7월부터 11월로 한정되어 있으며, 그 중에서 9월과 10월에 출하되는 야이 전체 출하량의 74.5%를 차지할 정도로 그 비중이 높다(표 3-12).

단일성 작물인 분화 국화를 주출하시기인 9~10월에 출하하기 위해서는 6~7월에 삼목하여 우리나라에서 가장 기온이 높은 7~8월의 고온기를 경과하게 된다. 더군다나 이 시기에는 분화 국화의 화아분화를 유도하기 위해 18시부터 다음날 8시까지 온실에 암막을 덮어 단일처리를 실시하기 때문에 낮 시간동안 축적된 열로 인해 내부 온도가 높아져 작물의 생육과 개화가 지연되는 문제가 있다. 실제 스마트팜과 관행재배 온실의 2019년 8월 1일부터 8월 7일까지의 기온의 변화를 분석한 결과에서도 비록 스마트팜이 관행재배 온실에 비해 기온이 상대적으로 낮게 유지되고는 있으나 오전 9시부터 오후 6시까지 30℃ 이상의 고온으로 유지되고 있으며, 오전 11시부터 오후 3시까지는 35℃ 정도의 고온이 지속되었다(그림 3-26). 따라서 고품질의 분화 국화를 출하시기에 맞춰 계획 생산하기 위해서는 고온에 대한 분화 국화의 생육 반응을 예측하고 합리적 수준에서 온도를 제어할 수 있는 환경제어 방안이 필요하다.

표 3-12. aT화훼공판장에 출하되는 분화 국화의 월별 출하량

(단위 : 분)

출하 규격	7월	8월	9월	10월	11월	계 (비중, %)
2.5"					450	450 (0.13)
3.5"	28,360	25,560	89,340	143,065	32,300	318,625 (91.98)
4.0"		60	1,500			1,560 (0.45)
5.0"	270	1,110	15,862	6,489	30	23,761 (6.86)
6.0"			732			732 (0.21)
7.0"	265	370	270	707		1,612 (0.47)
8.0"			100			100 (0.03)
계	28,895	27,100	107,804	150,261	32,330	346,390 (100)
(비중, %)	(8.3)	(7.8)	(31.1)	(43.4)	(9.3)	(100)

* 자료출처 : aT화훼공판장 경매정보

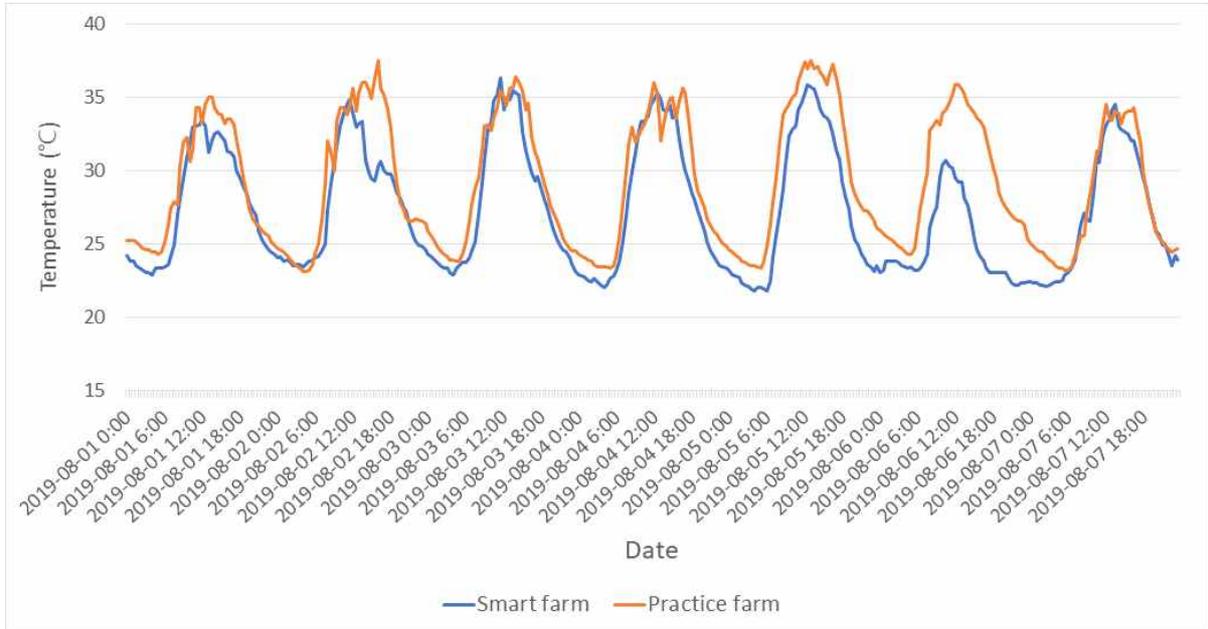


그림 3-26. 스마트팜과 관행재배 온실의 기온 변화(2019년 8월 1일 ~ 2019년 8월 7일)

2. 분화 국화 스마트 팜 영농기법 고도화를 위한 온도 처리별 생육예측 모델 개발

가. 연구방법

(1) 스마트팜의 광과 온도 환경에 따른 분화 국화 생육반응 예측 모델 개발

스마트팜과 관행재배 농가의 재배환경을 비교 분석한 결과, 온실 내부의 광 환경과 온도가 분화 국화의 생육 및 개화, 분화 품질 등에 영향을 미치는 것으로 조사되었으나, 각각의 환경조건이 분화 국화의 생육에 미치는 영향의 정도는 조사된 바 없다. 따라서 본 연구에서는 자연광 하에서 인위적으로 온도 조절이 가능한 인공기상 챔버 3기에서 차광과 온도처리를 통한 분화 국화의 생육 및 개화 특성을 조사했다.

실험재료는 ‘에그시리즈’ 품종을 2020년 8월 10일에 삼목하고 발근 후 8월 24일에 적심하였으며, 삼목 이후부터 인공기상 챔버에 입식하기 전까지는 화아분화를 방지하기 위하여 삼과장형광등을 설치하고 하루 4시간(22:00~02:00)씩 전등조명을 실시하였다. 인공기상 챔버 내의 광량은 차광막을 이용하여 무차광, 30% 차광, 50% 차광으로 처리하였으며(그림 3-27), 온도는 전북 전주지역의 9~10월 평균 기온 대비 $\pm 3.5^{\circ}\text{C}$ 로 설정하고 일중 시간대별로 변온처리하여 재배하였으며(그림 3-28), 일장은 자연단일조건에서 재배하였다. 생육 및 개화 특성의 조사는 초장, 초폭, 엽수, 엽장, 엽폭 등의 생육특성과 꽃목길이, 개화소요일수 등의 개화특성을 주 2회 조사하였다.

분화 국화 ‘에그시리즈’ 품종의 생장 예측 모델은 생육도일 온도(GDD; Growing Degree Days)를 독립변수로, 생육특성 결과(초장)를 종속변수로 다중상관분석을 하였다. 초장의 생장 요인에 대한 회귀 모델은 sigmoidal 함수 형태의(3 Parameter)을 이용하였다.

$$GDD = \sum \frac{Max\ temp. + Min\ temp.}{2} \quad (\text{Max and Min temp., 일 최고 및 최저 기온})$$

$$Plant\ height(GDD) = \frac{a}{1 + \exp\left(-\frac{GDD-b}{k}\right)} \quad (a, b \text{ 및 } k \text{는 변수})$$

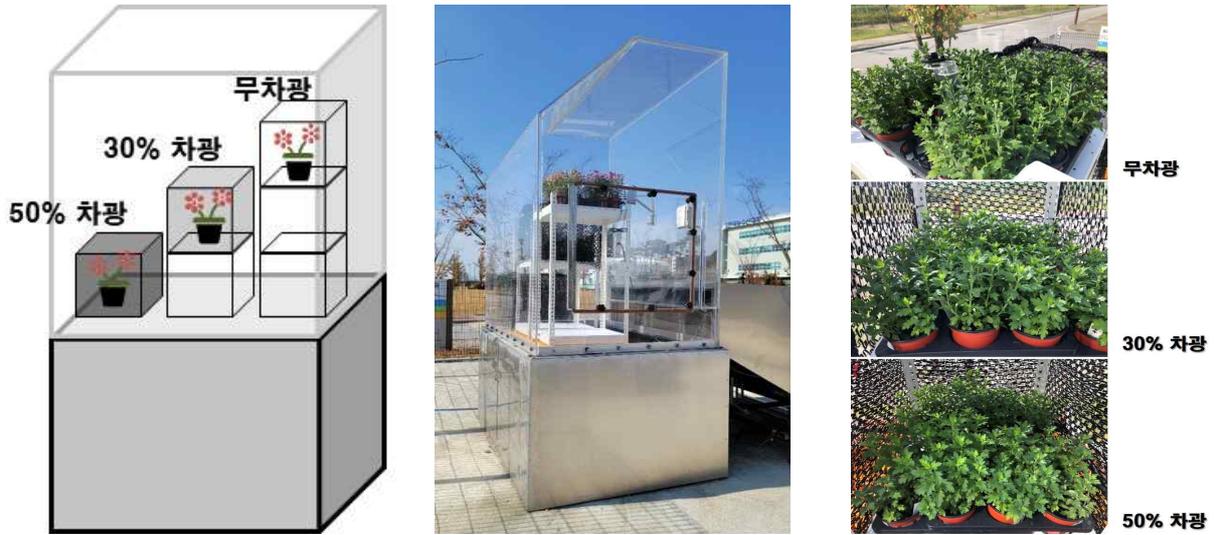


그림 3-27. 인공기상 챔버의 광 처리 모습

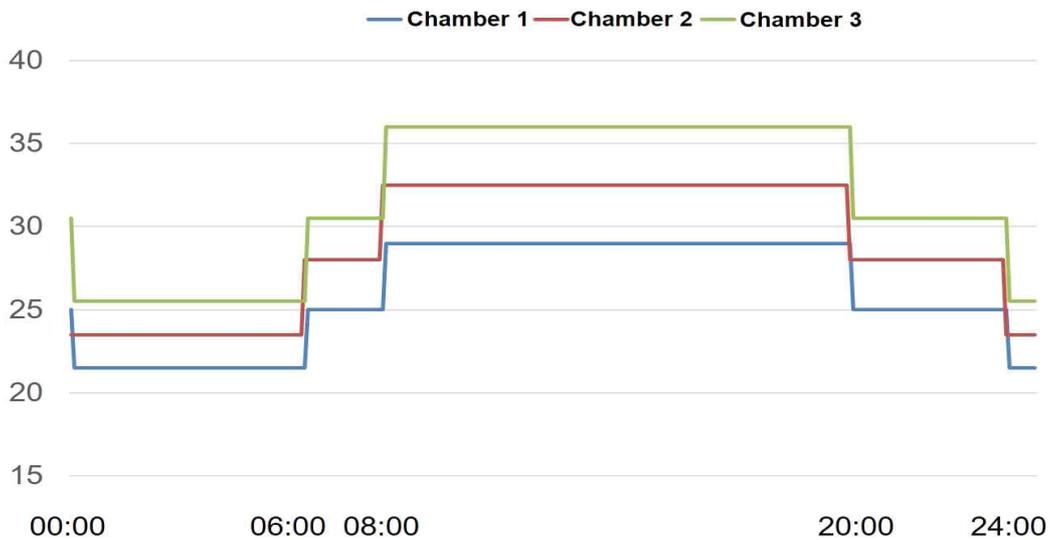


그림 3-28. 인공기상 챔버 3기의 일별 온도 처리

(2) 식물공장의 LED광 조건에 따른 분화 국화 생육 및 개화 반응

분화 국화 식물공장 두 농가의 재배환경을 비교 분석한 결과, 식물공장 내부의 광 환경 조건이 분화 국화의 생육 및 개화, 분화 품질 등에 영향을 미치는 것으로 조사되었으나, 광 환경에 따른 분화 국화의 생육 변화에 대해서는 연구된 바 없다. 따라서 본 연구에서는 식물공장에서 주요 광원으로 사용되고 있는 LED등의 파장이 분화 국화의 생육 및 개화에 미치는 영향을 분석하기 위하여 폐쇄형 LED 식물성장상에서 광 파장별 분화 국화의 생육 및 개화 특성을 조사하였다.

실험재료는 ‘에그시리즈’ 품종을 2020년 8월 10일에 삼목하고 발근 후 8월 24일에 적심하였으며, 삼목 이후부터 인공기상 챔버에 입식하기 전까지는 화아분화를 방지하기 위하여

삼파장형광등을 설치하고 하루 4시간(22:00~02:00)씩 전등조명을 실시하였다. LED 광원에 따른 분화 국화의 생육 및 개화특성 조사는 2차에 걸쳐 실시되었다. 1차 조사는 2020년 6월 16일에 삼목하여 발근이 완료된 식물체를 6월 30일에 폐쇄형 식물성장상에 입식하였고, 2차 조사는 8월 18일에 삼목하여 9월 1일에 입식하였다. 폐쇄형 식물성장상 내부 온도는 주야간 $22 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 항온으로 유지하였으며, 광주기는 주간 11시간, 야간 13시간의 단일조건으로 처리하였다. 생육 및 개화 특성의 조사는 초장, 초폭, 엽수, 엽장, 엽폭 등의 생육특성과 꽃목길이, 개화율, 개화소요일수 등의 개화특성을 주 2회 조사하였다.

나. 연구결과

(1) 스마트팜의 광과 온도 환경에 따른 분화 국화의 생육반응

스마트팜 온실의 내부 광 환경과 온도가 분화 국화의 생육 및 개화에 미치는 영향을 조사한 결과, 정식 이후부터 개화까지의 분화 국화의 초장 신장은 온도나 차광율에 관계없이 시그모이드 성장곡선의 패턴으로 성장하였고(그림 3-29), 동일 온도 조건에서는 무차광, 30% 차광, 50% 차광 등 차광율에 대해서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 주간/야간 온도를 $29/21^\circ\text{C}$, $32/23.5^\circ\text{C}$, $36/25.5^\circ\text{C}$ 로 처리한 온도 처리구에는 $36/25.5^\circ\text{C}$ 의 고온으로 처리된 챔버 3에서 초장이 24.6cm로 가장 길었으며, $29/21^\circ\text{C}$ 의 상대적 저온으로 재배된 챔버 1에서는 평균 19.7cm로 챔버 1에 비해 약 5cm 정도 더 신장하였고, 꽃목의 길이도 주간/야간 온도가 증가할수록 길어지는 양상을 보였다(표 3-13).

이와 반대로 개화수와 꽃의 크기는 온도에 의해 일부 영향을 받긴 하였으나, 무차광에 비해 50% 차광 처리구에서 개화수가 증가되었고 꽃의 크기도 더 커지는 양상을 보였다. 그 외 엽장과 엽폭, 엽수 등도 광과 온도 처리에 대해 유의한 차이를 보였으나, 분화의 품질에 영향을 줄 정도의 유의미한 변화는 보이지 않았다(표 3-13).

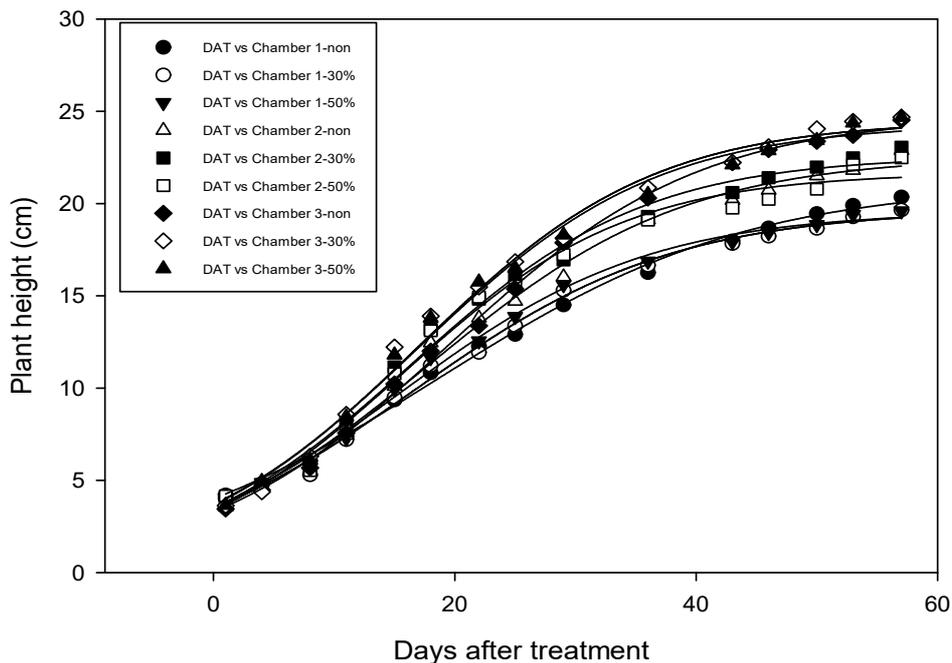


그림 3-29. 차광과 온도 처리에 따른 분화 국화 ‘오렌지에그’ 품종의 성장곡선

표 3-13. 차광과 온도 처리에 따른 분화 국화 ‘오렌지예그’ 품종의 생육 및 개화 특성

		Plant heigh (cm)	Plant width (cm)	No. of leaves (ea)	No. of branch (ea)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of flowers (ea)	Flower diameter (cm)	Peduncle length (cm)
Ch. ^z 1	Non-shading	20.3a ^y	20.5a	22.5a	9.70a	3.62a	2.05a	27.2b	1.80b	4.50a
	30%-shading	19.6a	20.5a	22.0a	10.5a	3.35a	1.82ab	38.0a	1.87b	4.85a
	50%-shading	19.6a	19.3b	18.5b	10.0a	2.80b	1.65b	37.0a	2.10a	4.07b
	Significance	NS	**	***	NS	***	**	***	**	**
Ch. 2	Non-shading	22.8a	22.5a	22.2b	12.5a	3.50a	1.87a	47.0b	1.92a	4.75a
	30%-shading	23.0a	20.5b	24.0a	9.75c	3.00b	1.87a	42.5c	1.90a	5.07a
	50%-shading	22.4a	21.0b	22.2b	11.0b	2.85b	1.55b	54.0a	1.95a	4.15b
	Significance	NS	*	*	***	**	**	***	NS	**
Ch. 3	Non-shading	24.5a	22.7a	25.0a	10.2b	3.32a	1.85a	36.5c	2.02a	5.50a
	30%-shading	24.6a	23.3a	25.0a	10.2b	3.17a	1.72a	41.7b	1.93a	5.75a
	50%-shading	24.6a	23.1a	26.5a	12.0a	2.62b	1.32b	48.0a	2.12a	5.85a
	Significance	NS	NS	NS	**	***	***	***	NS	NS
Significance		***	*	***	***	**	NS	**	**	***

^zChamber

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at p=0.05.

NS, *, **, *** indicate non-significant or significant at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

국내에서 유통되는 분화 국화는 규격화된 포트의 크기에 따라 거래되며, 포트의 크기에 따라 약간의 차이를 보이지만 분화의 균형감과 치밀감을 위해 일반적으로 초장을 20cm 정도 내외로 조절한다. 이를 위해 재배 농가에서는 분화 국화의 절간신장을 억제할 수 있는 식물생장억제제를 처리해왔다(Mastalerz, 1977). 이 중 다미노자이드계열의 비나인은 콤팩트한 초형의 분화 국화를 생산하기 위해 생산 농가에서 많이 사용되던 식물생장억제제였으나, 최근 농약에 대한 안전사용기준이 강화됨에 따라 분화 국화에 고시되어 있지 않은 비나인의 구매와 사용이 제한되고 있어 재배농가의 어려움이 가중되고 있는 실정이다. 본 실험의 결과에서 보듯이 스마트팜 내부의 기온이 상승하면 분화 국화의 초장이 신장하고 꽃목의 길이가 길어져 품질이 저하되는 문제가 야기될 수 있다. 특히, 계절적 수요에 의해 출하되는 분화 국화의 유통 특성상 국내 출하량의 74.5%가 9월과 10월에 집중되어 있는 점을 감안한다면 분화 국화의 주 재배시기는 7월과 8월의 고온기를 경과하지 않을 수 없다. 현재 대부분의 분화 국화 재배 농가에서 초장 신장을 억제하고 콤팩트한 상품을 생산하기 위해 2,000ppm의 비나인 왜화제를 2~3회 살포하고 있는 것도 이러한 문제로 인해 기인한 것이다.

화아분화 및 화아발달 기간의 고온은 분화 국화의 개화 또한 지연시킨다. 본 실험의 결과, 주간/야간의 온도 29/21℃의 챔버 1에서는 차광율에 관계없이 단일처리 23.4일 후에 발피하여 49.1일 만에 100% 개화되었으나, 32/23.5℃ 처리구와 36/25.5℃ 처리구에서의 발피소요일수와 개화소요일수는 각각 27.5일/57.3일, 34.8일/73.4일로 상대적으로 낮은 온도에서 재배된 분화 국화보다 개화가 매우 지연되었다(표 3-14과 그림 3-30).

따라서 생장조절제 처리 횟수를 경감하고 고품질의 분화 국화를 생산하기 위해서는 생산 시기별 온도 관리가 매우 중요하며, 특히 하계 고온기에는 적극적으로 차광을 실시하고 환기 및 미스트장치 등을 활용하여 시설 내 온도를 낮게 유지하는 것이 바람직하다.

표 3-14. 차광과 온도 처리에 따른 분화 국화 ‘오렌지에그’ 품종의 개화 반응

		Days to flower bud initiation (days)	Days to flowering (days)	Flowering (%)
Ch. ^z 1	Non-shading 30%-shading 50%-shading	23.4 c ^y	49.1 c	100
Ch. 2	Non-shading 30%-shading 50%-shading	27.5 b	57.3 b	100
Ch. 3	Non-shading 30%-shading 50%-shading	34.8 a	73.4 a	100
Significance		***	***	-

^zChamber

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at p=0.05.

NS, *, **, *** indicate non-significant or significant at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively.



그림 3-30. 차광과 온도 처리에 따른 분화 국화 ‘오렌지에그’ 품종의 개화 반응

(2) 생육도일 온도에 따른 분화 국화 성장 회귀 모델 개발

분화 국화 ‘오렌지에그’의 차광과 온도처리별 생육도일온도(Growing Degree Day, GDD)에 따른 초장 예측 회귀모델식을 개발하였다(표 3-15와 그림 3-31). 초장의 잠재적 최대값인 a값은 주야간의 온도 29.0°C/21.0°C에서 무차광, 30% 차광, 50% 차광이 각각 21.9, 20.2, 20.4, 32.5°C/23.5°C에서는 각각 23.2, 23.0, 22.1, 그리고 36.0°C/25.5°C에서는 각각 25.3, 24.9, 24.8였다. 또한 초장의 상대신장율이 0.5가 되는 시점의 GDD값인 b값 역시 동일 차광조건에서 온도가 상승할수록 증가되었다. 이는 분화 국화의 초장이 광 조건보다는 온도에 의해 더 큰 영향을 받을 것이라는 예측 결과와도 일치한다.

표 3-15. 생육도일에 따른 분화 국화 ‘오렌지애그’의 성장 모델 매개변수

Shading treatment	Temperature treatment (day/night)	Growth model parameters			R ²
		a	b	k	
Non-shading	29.0°C / 21.0°C	21.9	486.1	312.7	0.9984
	32.5°C / 23.5°C	23.2	514.0	290.0	0.9950
	36.0°C / 25.5°C	25.3	612.7	313.2	0.9983
30% shading	29.0°C / 21.0°C	20.2	425.8	262.8	0.9945
	32.5°C / 23.5°C	23.0	469.2	264.8	0.9930
	36.0°C / 25.5°C	24.9	533.4	294.2	0.9928
50% shading	29.0°C / 21.0°C	20.4	400.5	251.2	0.9953
	32.5°C / 23.5°C	22.1	451.2	255.3	0.9908
	36.0°C / 25.5°C	24.8	532.9	297.7	0.9944

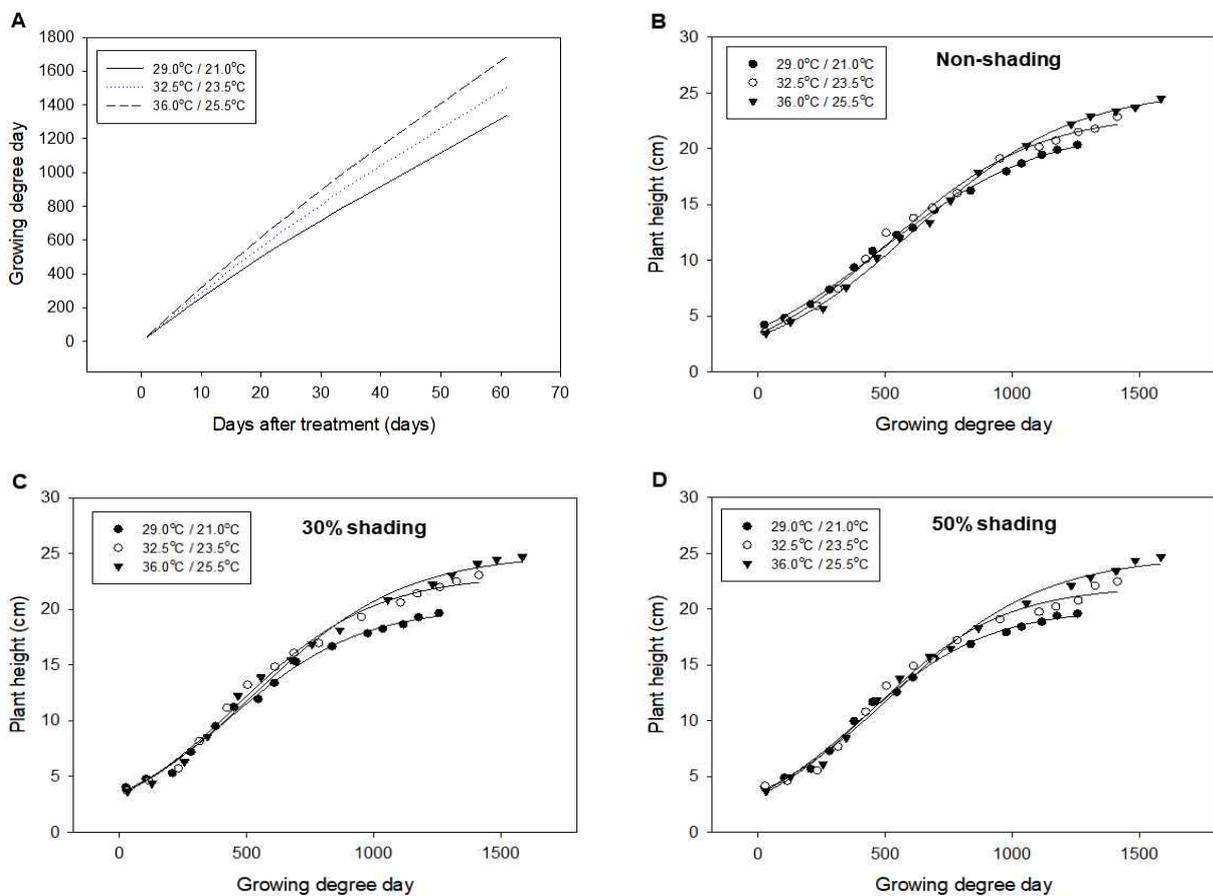


그림 3-31. 분화 국화 ‘오렌지애그’의 생육도일온도(A)에 따른 차광과 온도 처리별 초장의 생육 예측 회귀 모델(B, C, D)

50% 차광 처리구에서 분화 국화 ‘오렌지애그’의 초장의 최대값은 29.0°C/21.0°C에서 20.8cm, 32.5°C/23.5°C에서 23.1cm, 36.0°C/25.5°C에서 25.0cm로 주야간 온도가 증가될수록 초장이 길어지는 것으로 예측되었으며, 이는 실제 조사된 값 19.6cm, 22.4cm, 24.6cm와 거의 일치한다(표 3-13과 3-15). 온도처리별 초장의 변화 양상을 자연단일처리 후 생육일수(Days After Treatment, DAT)와 GDD에 따라 분석한 결과, 초장은 DAT가 증가됨에 따라 주야간온도에 따

라 생육 차이를 보이기 시작하여 최종 수확일에 가장 큰 폭이 차이를 보이는 것으로 예측되었다(그림 3-32A). 그러나 이를 GDD로 분석한 결과에서는 GDD 0에서 650까지는 주야간온도 29.0°C/21.0°C, 32.5°C/23.5°C, 36.0°C/25.5°C 세 처리구의 초장의 신장이 유의미한 차이를 보이지 않았으나, GDD 650 이후에는 29.0°C/21.0°C 처리구의 초장 신장이 다른 두 처리구와 차이를 보이기 시작했고, GDD 820 이후에는 32.5°C/23.5°C와 36.0°C/25.5°C의 처리구에서도 차이를 보이기 시작했다(그림 3-32B).

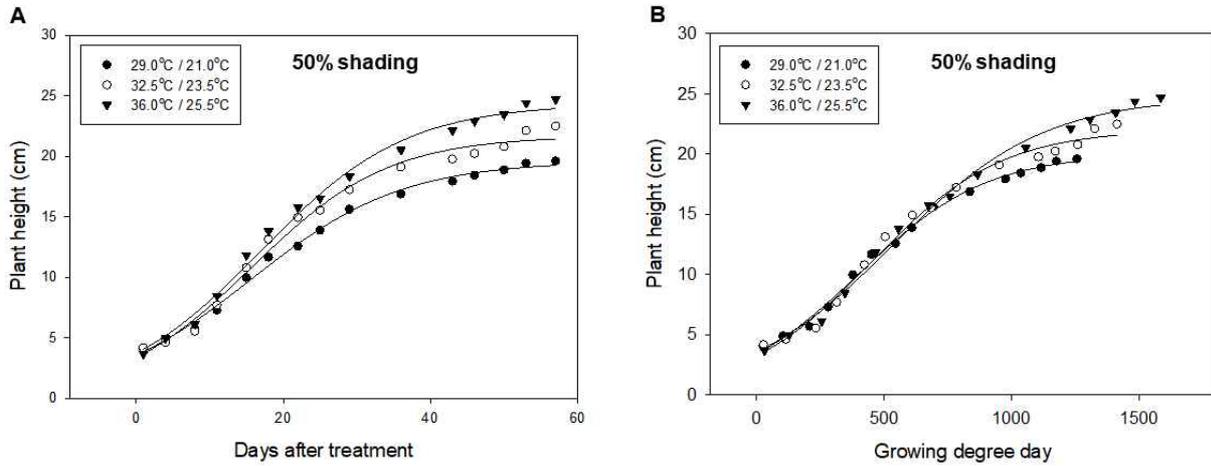


그림 3-32. 분화 국화 ‘오렌지예그’의 자연단일 처리 후 생육일수(A)와 생육도일온도(B)에 따른 온도 처리별 초장의 생육 예측 회귀 모델

GDD는 작물이 발아부터 성숙까지 생육단계에 따라서 어느 일정량의 열량을 얻어야 성숙된다는 것을 기반으로 작물의 개화시기, 성숙기 등과 같은 생물계절을 예측하기 위해 사용할 수 있는 온도적산 값이다(Baskerville 과 Emin, 1969). 분화 국화 ‘오렌지예그’의 경우에도 GDD가 누적되면서 생육량은 증가하지만 단일처리 조건에서 성장점의 상 전환이 이루어지고 영양생장에서 생식생장으로의 전환이 이루어지면서 생육이 감소되는 전형적인 시그모이드 성장곡선을 그리고 있다. 이때 주야간의 온도가 증가되어 분화 국화가 고온에 처하게 되면 화아 분화가 지연되고 이로 인해 온도 처리에 따라 GDD에 따른 생육 속도에 차이를 보이는 것으로 판단된다.

실제 주야간온도 29.0°C/21.0°C가 다른 두 처리구와 생육 속도의 차이를 보이기 시작한 GDD 650의 DAT는 27일로, 29.0°C/21.0°C 처리구의 발피소요일수 23.4일의 3.6일 후이며, 32.5°C/23.5°C 처리구와 36.0°C/25.5°C 처리구의 생육 속도의 차이를 보이는 GDD 820의 DAT는 31일로, 32.5°C/23.5°C 처리구의 발피소요일수 27.5일의 3.5일 이후이다(표 3-14와 그림 3-32B). 이는 우리나라의 하계 고온이 분화 국화의 화아분화를 지연시키며 이로 인해 영양생장기간이 길어져 초장이 증가된 것으로, 고온기에는 상대적으로 단일처리를 일찍 시작하여 분화 국화의 초장 신장을 억제하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

(3) 식물공장의 LED광 조건에 따른 분화 국화 생육 및 개화 반응

식물공장에서 주요 광원으로 사용되고 있는 LED등의 파장이 분화 국화의 생육 및 개화에 미치는 영향을 분석하기 위하여 폐쇄형 LED 식물성장상에서 광 파장별 분화 국화의 생육 및 개화 특성을 조사하였다.

폐쇄형 식물성장상 내의 광합성을 위한 인공 광원으로는 동일 개수의 LED 소자로 구성된 모듈형으로 청색 LED(444nm)와 적색 LED(652nm), 그리고 청색과 적색, 백색이 각각 2:5:1로 조합된 혼합 LED(444+652nm)를 사용하였다(그림 3-33). 각각의 광원으로부터 식물체 성장점까지의 거리는 생육단계에 따라 15~20cm 정도로 유지되었고, 광원으로부터 식물에 조사되는 광합성유효광량자속밀도(PPFD)는 청색광이 $145.1 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 적색광 $161.4 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 혼합광 $202.4 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 광원별 PPFD는 차이가 있었다(표 3-16).

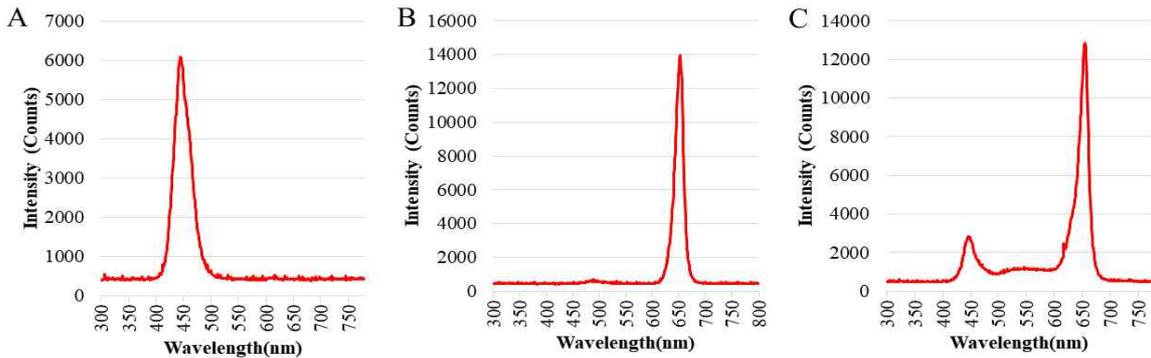


그림 3-33. 폐쇄형 식물성장상에 사용된 LED등의 광 파장(A, 청색; B, 적색, C, 혼합)

표 3-16. 폐쇄형 식물성장상에 사용된 LED등의 광 파장과 광합성유효광량자속밀도

	Blue	Red	Mixed
Peak wave length (nm)	444	652	444 + 652
PPFD ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	145.1	161.4	202.4

폐쇄형 식물성장상에서 7주간 단일상태로 재배된 ‘오렌지애그’ 품종의 생육특성을 비교해 본 결과, 정식 이후부터 개화까지의 분화 국화의 초장 신장은 LED 광원에 관계없이 시그모이드 성장곡선의 패턴으로 성장하였고, 최초 조사일과 최종 조사일의 초장을 각각 0.0과 1.0으로 변환한 상대적인 초장의 비율을 기반으로 한 상대성장곡선의 경우에는 이상적인 시그모이드 성장곡선의 패턴에 더 가깝게 나타났다(그림 3-34). 그러나 분화 국화 ‘오렌지애그’ 품종의 개화 단계에서의 초장은 LED 광원에 따라 다르게 조사되었다. 적색광에서의 초장이 평균 9.43cm로 가장 길었으며, 청색광과 혼합광의 초장은 각각 7.45cm와 8.17cm로 청색광에서 0.72cm정도 짧았으나 통계적으로 유의성은 인정되지 않았다(표 3-17). Im 등(2013)은 스탠다드 국화 ‘Jinba’ 에서 450nm의 청색광이 적색광과 백색광보다 초장 신장의 효과가 크다고 하였다. 하지만 본 실험에서는 청색광에서 분화 국화의 초장 신장이 가장 크게 억제되었으며, 이는 Rajapakse와 Kelly (1992)가 국화 ‘Bright Golden Anne’ 품종에서 청색광은 초장의 신장을 억제시키나 적색광은 청색광이 없는 조건에서 초장 신장의 억제 효과가 낮다는 결과와 일치하며, Choi 등(2012)이 스프레이 국화 ‘Ilweol’ 과 스탠다드 국화 ‘Jinba’ 품종의 LED 보광시 적색광이 다른 광원에 비해 초장 신장에 가장 효과적이라는 결과와 일치한다.

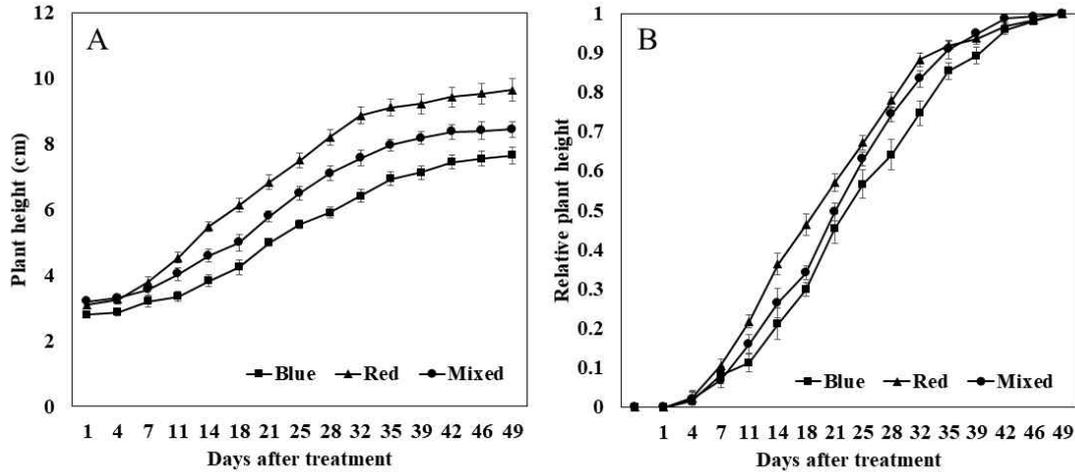


그림 3-34. 분화 국화 ‘오렌지예그’ 품종의 생장곡선(A) 및 상대생장곡선(B)

표 3-17. LED 광원에 따른 분화 국화 ‘오렌지예그’ 품종의 생육 특성

LED treatment	Plant height (cm)	Plant width (cm)	No. of Leaves (ea)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
Blue	7.45 b ^y	6.9 b	23.5 a	3.48 a	1.60 b
Red	9.43 a	7.9 a	23.5 a	3.80 a	1.99 a
Mixed	8.17 b	6.8 b	21.7 b	2.90 b	1.60 b
Significance	***	***	**	***	**

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at p=0.05.

NS, *, **, *** indicate non-significant or significant at p ≤ 0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

분화 국화 ‘오렌지예그’ 품종의 초폭과 엽수, 엽장, 엽폭에 대한 생육 특성도 LED 광원에 따라 다르게 나타났다. 먼저 초폭과 엽폭은 초장에 대한 생육반응과 유사하게 적색광에서 7.90cm와 1.99cm로 가장 컸으며, 청색광과 혼합광에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 반면에 엽수와 엽장은 청색광과 적색광 등 단색광에서 각각 23.5개와 3.8cm로 혼합광의 21.7개와 2.90cm보다 더 많고 길었다(표 3-18). Karlsson and Heins (1994)는 초장의 상대신장율이 낮을수록 화아발달이 지연되어 개화까지 더 많은 시간이 소요되며 발생 엽수도 더 많아진다고 하였다. 본 실험의 결과에서도 ‘오렌지예그’ 품종의 마지막 조사일 당시의 초장은 적색광에서 가장 길고 청색광에서 가장 짧았으나, 최초 조사일과 최종 조사일의 초장을 각각 0.0과 1.0으로 변환한 상대적인 초장의 비율은 혼합광하에서 재배된 식물체의 개화가 시작되기 이전인 단일처리 이후 35일까지는 적색광이 0.88로 가장 높았으나 혼합광에서 개화가 시작된 이후부터는 청색광과 적색광 등 단일광에 비해 혼합광에서의 상대적인 초장의 비율이 0.95로 가장 높아졌다(표 3-17와 그림 3-34). 이는 혼합광에서 ‘오렌지예그’의 발생 엽수가 단색광에 비해 약 2배 정도 적은 것은 단색광에 비해 조기에 개화가 이루어지면서 개화 이후 초장의 상대신장율이 단색광에 비해 높아졌기 때문인 것으로 판단된다.

LED 광원의 파장에 따른 분화 국화 ‘오렌지예그’의 화아분화는 광원에 관계없이 청색광과 적색광, 혼합광 모두에서 단일처리 16~17일 사이에 화아분화가 완료되어 발육이 시작되었

다. 그러나 혼합광에서 생육한 분화 국화의 경우 단일처리 37.5일 이후에 모든 식물체에서 개화가 이루어진 반면, 청색광에서는 발육 이후 화아발달이 정상적으로 이루어지지 않아 최종 개화까지 이르지 못했다. 적색광에서도 개화율이 10% 정도에 지나지 않았고, 꽃의 크기는 혼합광과 차이가 없었으나 개화소요일수는 42.5일로 혼합광에 비해 약 5일 정도 지연되었다. 꽃목의 길이는 청색광이 0.90cm로 가장 짧았고 혼합광이 1.66cm, 적색광은 2.15cm로 가장 길게 조사되었다(표 3-18과 그림 3-35). 청색광이나 적색광과 같은 단색광에서는 개화가 정상적으로 이루어지지 않거나 지연되는 반면 혼합광에서만 개화가 이루어진 것은 분화 국화의 화아발달 및 개화에 다양한 파장대의 광원이 관여하며, 또한 동일한 개수의 LED 소자를 활용했을 때의 PPFD가 혼합광에서 가장 높아 단색광에 비해 분화 국화의 개화에 필요한 총광합성량을 충족시켰기 때문일 것으로 판단된다.

표 3-18. LED 광원에 따른 분화 국화 ‘오렌지예그’ 품종의 개화 특성

	Flower diameter (cm)	Peduncle length (cm)	Days to flower bud initiation (days)	Days to flowering (days)	Flowering (%)
Blue	-	0.90 c	16.7 a	-	0
Red	3.5 a	2.15 a	16.5 a	42.5 a	10
Mixed	3.6 a	1.66 b	16.4 a	37.5 b	95
Significance	NS	***	NS	***	-

^aMean separation within columns by Duncan's multiple range test at p=0.05.

NS, *, **, *** indicate non-significant or significant at $p \leq 0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

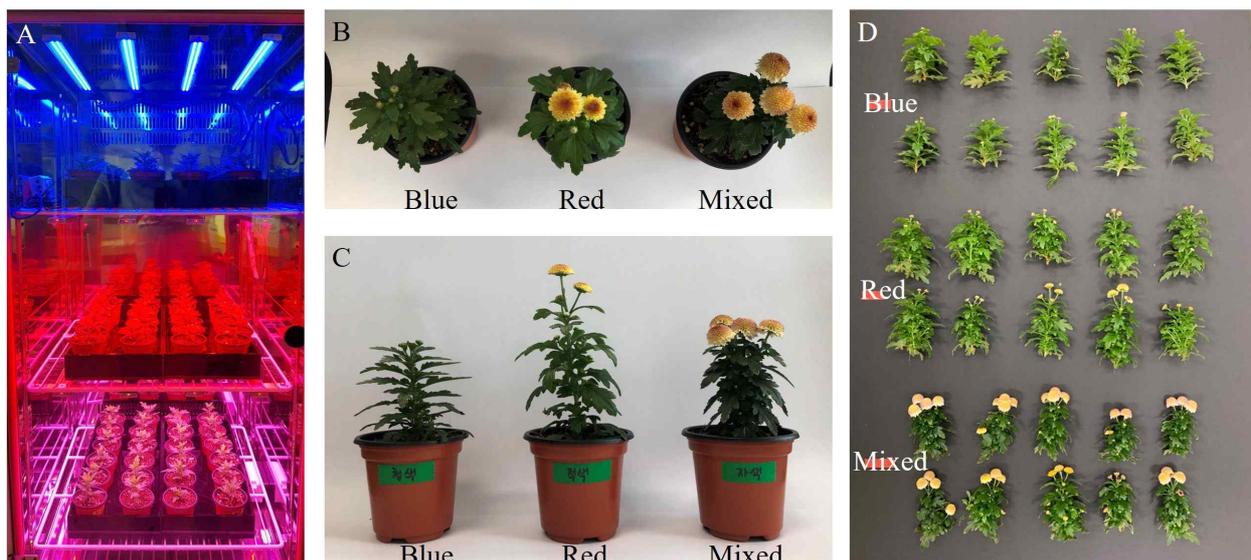


그림 3-35. LED 광처리 전경(A) 및 분화 국화 ‘오렌지예그’의 개화 특성(B, C, D)

2. 생산단계별 영농기법에 대한 전문가 협의회 및 SNS 밴드 등 공유·토론을 기술 검증

가. 전문가 협의회 개최

2019년 12월 27일 광주화훼관광단지 내 회의실에서 분화 국화 육종 및 식물공장형 스마트팜 재배 전문가(경남농업기술원 화훼연구소 진○○ 박사)와 작물의 생육예측 기법 관련 전문가(제주대 조○○ 교수) 외 11명이 참석하여 분화 국화 식물공장 및 스마트팜 재배·생산 매뉴얼 작성과 관련한 전문가 협의회를 개최하고 분화 국화 스마트팜 선도농가의 영농기법에 대한 기술 검증을 실시하였다.

2020년 8월 18일 한국농수산대학 회의실에서 화훼류 스마트팜 전문가(서울시립대 김○○ 교수와 영남대학교 오○ 교수) 등 12명이 참석하여 국화, 장미 등 화훼류 스마트팜 전반에 대해 토의하고, 분화 국화 스마트팜의 영농기법 기술 검증 및 스마트팜의 효과 분석에 대한 기술 검증을 실시하였다(그림 3-36).

나. SNS 밴드 활용 자료 공유 및 토론

SNS 밴드를 활용한 농가 및 스마트팜 관련 전문가 협력 네트워크를 형성하기 위하여, 총괄과제 책임자가 2018년 10월 6일 개설한 네이버 밴드 서비스 『국화 스마트팜』 밴드 및 『국사모』 밴드 등을 활용하여 국화 재배 및 스마트팜 관련 기사 정보 공유 및 재배기술을 공유하였다(그림 3-37).



그림 3-36. 국화 스마트팜 SNS 밴드 자료 공유

3. 분화 국화 스마트팜 생산관리 매뉴얼 제작 및 보급

가. 분화 국화 스마트팜 재배 매뉴얼

분화 국화 스마트팜 선도농가의 생산관리 매뉴얼은 그림 3-38과 같다.



그림 3-37. 분화 국화 스마트팜 선도농가 영농기법 매뉴얼

(1) 스마트 모주관리

국내 육성 분화용 국화 품종인 ‘에그시리즈’와 ‘가야시리즈’를 7월 중순부터 출하하기 위해서는 3월 초 겨울 저온을 경과한 모주로부터 동지아를 받아 모주를 갱신한다. 모주는 15~20cm 포트에 삼수 2~3개를 삼목하여 관리하고 화아분화가 일어나지 않도록 전조를 실시해야 한다. 완효성 고품 복합비료를 화분 올려놓거나 양액을 3~4일 간격으로 관주하여 시비 관리한다. 초장이 8~10cm 정도 신장하면 1차 적심하고, 이때 채취한 삼수를 이용하여 모주를 증식한다. 모주에서 3~4차례 삼수를 채취한 후에는 상품 생산용으로 전환하여 재배가 가능하다.

(2) 스마트 육묘관리

5월 10일경 모주로부터 5cm 길이의 삼수를 채취하여 상위 3~5매의 잎을 남기로 하엽을 제거한다. 조제한 삼수를 피트모스와 펄라이트가 2:1로 배합된 상토가 충전된 10cm 포트에 ‘에그시리즈’의 경우 3~4개, ‘가야시리즈’의 경우 2~3개를 직삽한 후 상토가 젖도록 충분히 관수한다. 삼목 2주(14일) 후에 발근·활착이 완료되면 지체부로부터 3개 정도의 마디를 남기로 적심한다. 이때 적심한 부위에서 채취된 지상부를 다시 삼수로 활용하여 다른 포트에 삼목하면 별도의 모주관리 없이 2주 간격으로 상품을 생산·출하할 수 있다. 삼목 후에는 3~4일 간격으로 관수하고 적정 시비가 반드시 필요하다.

(3) 스마트 재배관리

적심 후 5~7일이 경과한 후, 지체부의 마디에서 측아(액아)가 발생하여 주당 3~4개 정도의 분지가 형성되면 작물의 생육공간 확보를 위해 사이피우기를 해 주는 것이 좋다. 이때 영양생장에서 생식생장으로의 상전환을 위해 단일처리를 위한 소등을 실시한다. 국화는 10~30 Lux 정도의 저광도에서도 일장반응을 할 정도로 광에 민감한 작물이므로 단일처리를 위해서는 반드시 암막(차광)처리를 실시해야 한다. 암막은 오후 18시부터 다음 날 아침 8시까지 14시간을 처리하되, 하계 고온기에는 암막으로 인한 환기 불량으로 온실 내부의 야간온도가 상승하여 개화 지연 및 기형화가 발생할 수 있으므로 해가 완전히 진 다음부터 해뜨기 전까지(오후 23시부터 새벽 4시)는 일시적으로 암막을 열어주는 것이 좋다. 상품성 향상을 위해 절간신장을 억제하여 콤팩트한 초형을 만들어주기 위해서는 단일처리 7일 후에 왜화제를 1회 살포하고, 품종에 따라 초장이 과다하게 신장하는 경우에는 10일 간격으로 1~2회 추가 처리하는 것이 좋다. 현재 국내에는 분화 국화에 고시된 왜화제가 없으며, 연구결과 보고에 따르면 다미노자이드 2,000~3,000ppm을 10일 간격으로 2~3회 처리한 처리구에서 왜화효과가 좋다고 보고되었다.

(4) 스마트 유통관리

단일처리 3~4주 후에는 분화 국화의 발아가 시작되어, 6~7주(고온기에는 7~9주) 후에는 개화된다. 중심화가 완전히 개화되고 2~3번화가 40~50% 정도 개화되었을 때 출하하며, 유통 과정에서 꽃의 손상을 방지하기 위하여 포트를 비닐 슬리브로 1차 포장하고 규격품 골판지 상자에 20포트씩 담아 출하한다.

나. 분화 국화 스마트팜 매뉴얼 보급 및 교육지도

(1) 매뉴얼 제작

분화 국화 관련 스마트팜의 정의 및 현장 사례, 영농기법 및 기대효과에 관한 내용으로 분화 국화 스마트팜 재배관리 매뉴얼을 제작하였다(그림 3-39). 매뉴얼의 보급 및 교육지도는 과제 종료 후 1년차에 분화 국화 농가에서 진행할 예정이다.

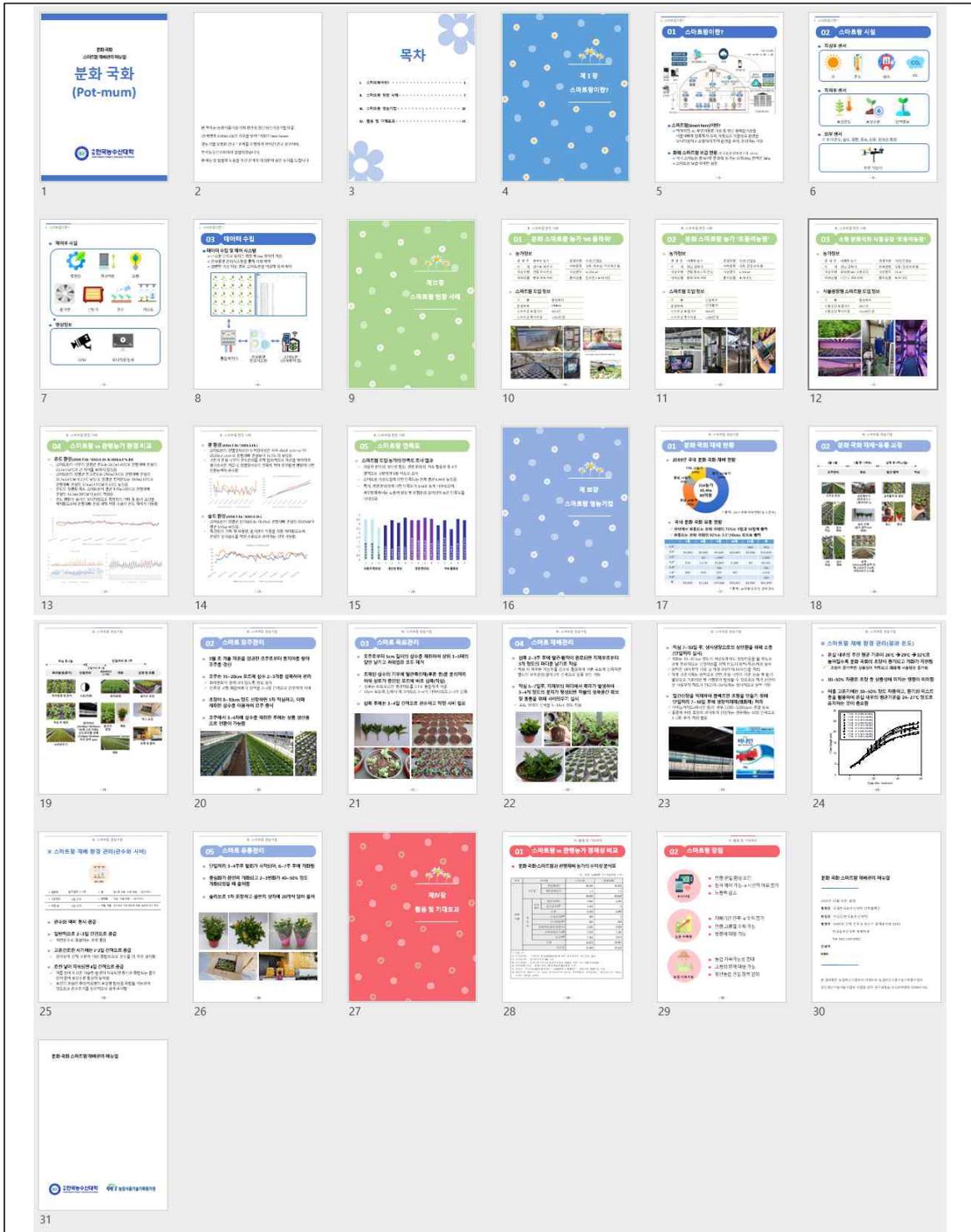


그림 3-38. 분화 국화 스마트팜 재배관리 매뉴얼

(2) 농가 교육지도 및 현장 컨설팅

2020년 4월 25일 경기도 이천의 동산농원(김○○ 농가)에서 국화 및 화훼재배 농가 14명을 대상으로 국화 스마트팜 관련 현장 기술연시를 실시하였다. 주요 교육 내용으로는 스마트팜 온실 내외부의 환경 관리(광·온습도, EC 등) 및 적정 시비, 관수관리 등 국화 스마트팜 선도 농가의 생산관리 매뉴얼을 교육지도 함으로써 스마트팜의 경제적·사회적 효과에 대해 홍보하였다.

2020년 7월 21일에는 2020년 신규로 스마트팜을 설치한 경남 김해 이○○ 농가 등 분화 국화 재배농가 2명을 대상으로 스마트팜 시스템을 활용한 실시간 온실 환경정보 확인 및 활용 방법과 국화 삼목 및 재배 관리를 위한 스마트팜 온실환경제어(온도, 습도, 관비 등) 기술 컨설팅을 실시하였다.

2020년 8월 20일에는 경남 김해에서 식물공장을 운영하고 있는 이○○ 농가를 대상으로 식물공장시스템 생산비 절감을 위한 양액 및 일장 제어 기술에 대해 컨설팅하였으며, 식물공장 내에서의 총채벌레 등 병해충 방제 기술에 대해 지도하였다.

Ⅲ. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표

- 국화 재배농가 중 생산성과 비용절감이 우수한 스마트팜 선도농가(절화용 스탠다드, 스프레이, 분화 국화 농가)선정
- 선정 스마트팜 선도농가 농장의 전주기 영농기법을 과학적, 기술적, 검증 및 분석
- 선정 스마트팜 선도농가 농장의 전주기 영농기법 등을 모델화, 매뉴얼 제작 및 생산단체의 현장 확산

2. 목표 달성여부

	구분	세부연구 목표	평가의 착안점 및 척도	가중치 (%)	달성도 (%)
1 세 부	1차 년도	절화용 스탠다드 국화 스마트팜 선도농가 선정 및 영농기법 DB화 조사 기준 설정	스탠다드 국화 스마트팜 선도농가를 선정하고, 시설 및 재배현황을 분석 및 영농기법 DB화 조사기준 마련	5	100
	2차 년도	절화용 스탠다드 국화 스마트팜 선도농가의 2작기 영농기법 DB 분석 및 전문가 검증	스탠다드 국화 스마트팜 선도농가의 2작기 생산 전과정의 영농기법을 연중 모니터링, 국화의 품질 비교, 영농기법 DB를 분석하고 전문가의 과학적, 기술적 검증	15	100
	3차 년도	절화용 스탠다드 국화 스마트팜 선도농가의 영농기법 표준 모델화 및 현장 보급	스탠다드 국화 스마트팜 선도농가와 기존 재배농가와의 영농기법을 비교 분석, 영농기법 고도화 확립, 표준 모델개발 및 매뉴얼 제작	15	100
1 협 동	1차 년도	절화용 스프레이 국화 스마트 팜 선도농가 선정 및 영농기법 DB화 조사 기준 설정	스프레이 국화 스마트팜 선도농가를 선정하고, 시설 및 재배현황을 분석	5	100
	2차 년도	절화용 스프레이 국화 스마트 팜 재배 전(全) 주기 영농활동 분석 및 기술 검증	스프레이 국화 스마트팜 선도농가의 2작기 생산 전과정의 영농기법을 연중 모니터링, 국화의 품질 비교, 영농기법 DB를 분석하고 전문가의 과학적, 기술적 검증	15	100
	3차 년도	절화용 스프레이 국화 스마트팜 선도농가의 영농기법 표준 모델화 및 현장 보급	스프레이 국화 스마트팜 선도농가와 기존 재배농가와의 영농기법을 비교 분석, 영농기법 고도화 확립, 표준 모델개발 및 매뉴얼 제작	15	100
2 협 동	1차 년도	분화 국화 스마트팜 선도농가 선정 및 영농기법 DB화 조사기준 설정	분화 국화 스마트팜 선도농가를 선정하고, 시설 및 재배현황을 분석 및 영농기법 DB화 조사기준 마련	5	100
	2차 년도	분화 국화 스마트 팜 재배 전주기 영농활동 분석 및 기술 검증	분화 국화 스마트팜 선도농가의 2작기 생산 전과정의 영농기법을 연중 모니터링, 국화의 품질 비교, 영농기법 DB를 분석하고 전문가의 과학적, 기술적 검증	15	100
	3차 년도	분화 국화 스마트 팜 영농기법 모델화 및 매뉴얼 제작·보급	분화 국화 스마트팜 선도농가와 기존 재배농가와의 영농기법을 비교 분석, 영농기법 고도화 확립, 표준 모델개발 및 매뉴얼 제작	10	100

3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

가. 논문(SCD) 1건

- 저널명 Horticultural Science and Technology, 논문번호 HST-20-1021-01로 심사 완료하여 2021년 4월 30일에 게재
- 논문명 : 절화국화 ‘백마’의 화아형성기 재전조 및 daminozide 처리에 따른 생장과 개화
- 게재지명 및 권호 : Horticultural Science and Technology. 2021, 39(2):167-174.

나. 후속 연구의 필요성

- 본 연구는 스탠다드, 스프레이, 분화용 국화를 대상으로 스마트팜의 영농기법을 분석하여 우수 기술들을 도출하였음
- 특히, 스마트팜의 시설 내 온도관리는 국화의 생육에 큰 영향을 주고 있었고, 이에 생육도일온도에 기반한 생장예측 모델식을 개발하였음
- 또한 생장예측 모델식을 활용하여 기존의 영농기법을 고도화하였음
- 따라서 본 생장예측 모델을 직접 국화 재배농가에 적용할 수 있는 후속연구가 필요함

IV. 연구결과의 활용 계획 등

1. 연구개발 결과의 활용방안

- 국화 재배유형별(절화용 스탠다드, 절화용 스프레이 및 분화) 스마트 팜 선정 선도농가를 거점 농가로 구축하여 모델화 및 교육장소로 활용
- 국화 스마트팜 선도농가의 영농기법 매뉴얼을 활용하여 귀농 인력 및 일반 농가들에게 홍보, 교육, 및 컨설팅
- 귀농인력 및 일반 농가들의 스마트팜으로의 전환을 유도하여 국화 스마트팜 보급 농가 확대
- 최근 국화 재배면적이 감소하고 있어 국화 스마트팜 보급의 확산을 통해 국내의 재배면적을 증가시키고, 이를 통해 생산량 증대 및 고품질화로 국화의 수입량 감소시키고, 수출량을 증대시킬 수 있음
- SNS 밴드 및 농가 현장 방문을 통한 스마트 팜 매뉴얼 제공 및 현장컨설팅
- 1.5세대 스마트팜에서 스마트팜 2, 3세대로 발전하기 위한 환경제어와 생육예측 기초 정보 제공
- 국화뿐만 아니라 백합, 서양란, 관엽식물, 분화용 화훼류 등의 스마트팜에 적용하기 위한 틀 모델로 활용할 수 있음
- 정부의 스마트팜 보급 확대 정책에 기초 자료로 활용

2. 기대성과 및 파급효과

가. 기대성과

- 국화 스마트팜 선도농가로 선정된 농가의 우수 모델 농가로 육성
- 국화 스마트팜 선도농가의 영농기법 모델화
- 국화 스마트팜 선도농가의 영농기법 매뉴얼 발간 및 국화 농가에 보급
- 국화 스마트팜과 영농기법에 관한 학술발표 및 논문 게재

나. 파급효과

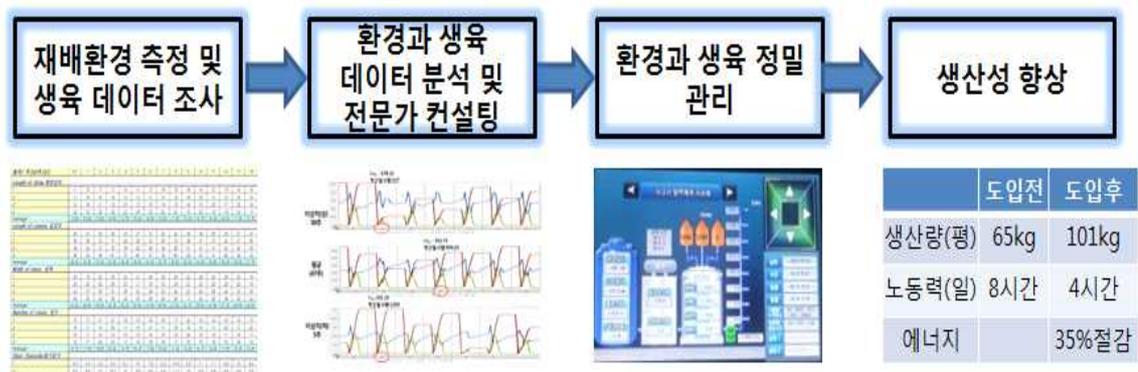
1) 기술적 측면

- 정국화 스마트 팜 현장 적용을 위한 표준모델 개발 및 매뉴얼 제작·보급을 통해 국화 재배기술의 향상
- 국화 스마트팜 영농기법 모델화는 국화 재배 정밀농업을 위한 생육예측 모델링 확립에 기여
- 국화의 재배환경에 따른 생장모델, 빅데이터 분석방법, 스마트팜 핵심기술에 응용
- 국화의 온실 복합환경조절 시스템을 이용한 생산 고도화의 모델 제시

- 국화 생육모델에 대한 정보 제공을 통해 타 품목 및 품종의 적용 확대를 위한 롤 모델 제시

2) 경제, 산업적 측면

- 국정일반 국화 재배농가에 ICT를 이용한 스마트 팜을 조속히 접목·확산하여 생산성 제고는 물론 생산·유통·수출 등 다양한 분야의 효율성 제고 및 새로운 부가가치를 창출
- 국화 스마트팜 표준모델 개발 및 매뉴얼 제작·보급을 통해 생산비 절감과 품질향상을 통해 국화 재배농가의 소득 증대
- 국화의 스마트팜의 기술수준 향상으로 생산량 증대 및 품질향상에 따라 고품질 국화의 수출량 증대에 기여
- 국화의 생육 모델화에 의해 성장과 수확시기를 예측할 수 있음에 따라 생산량과 출하시기를 조절할 수 있어 가격 경쟁력이 향상됨



- 국정식시기와 국화의 발육속도를 제어 가능하여 생산기간의 단축을 통한 생산비 절감
- 국화 스마트 팜 확대 보급 시 재배 유형별 스마트 팜 기술 적용 정도에 따른 경제적 효과를 분석할 수 있는 기초 자료로 활용 가능
- 국화 스마트팜 모델화를 통해 타 화훼류의 스마트팜의 보급 확대에 기여함으로써 전반적인 화훼산업 발전에 기여할 것임

3) 사회적 측면

- 국화 스마트팜 선도농가의 생산관리 전 과정 영농기법 모니터링을 통한 운영상의 문제점 등을 분석하여 향후 스마트 팜 확대 보급 시 성공률 제고를 위한 정책 방향 제시 가능
- 국농촌인구 감소에 따른 노동력 확보 문제를 해결하기 위해 재배의 자동화, 기계화, ICT가 접목된 스마트팜의 필요성 제고

- 국스마트 팜 도입에 따른 경제성 분석을 통해 일반 농가의 투자 대비 성과의 불확실성을 불식시킬 수 있을 뿐만 아니라 농업인들이 자발적으로 스마트 팜을 도입할 수 있는 환경을 조성할 수 있음
- 국기존 토양재배와 노동집약적 농업을 탈피하여 현대화된 시설에서 스마트팜을 용이하게 도입할 수 있음에 따라 젊은 귀농 인구의 유입을 촉진할 수 있음
- 국간편 영농으로 절감된 잉여 노동력을 활용한 농외 소득 창출 가능

참고문헌

- Baskerville, GL and P. Emin (1969) Rapid estimation of heat accumulation from maximum and minimum temperature. *Ecology* 50:514-517.
- Cho, SY, Shin HK (2002) Chrysanthemum culture. Rural Development Administration in Korea, Suwon, Korea. p. 207-225.
- Choi, DW, Lim CR (2018) Statistical analysis of production efficiency on the strawberry farms using smart farming. *J Korean Soc Qual Manag* 46:707-716. DOI:10.7469/ JKSQM.2018.46.3.707
- Choi, S.Y., M.J. Kil, Y.S. Kwon, J.A. Jung, and S.K. Park. (2012) Effect of different Light-emitting diode (LED) on growth and flowering in chrysanthemum. *Flower Res. J.* 20(3):128-133.
- Choi, SY, Lee JH, Lee AK (2019) Comparison on quality of cut rose and environment in smart farm and greenhouse. *Flower Res J* 27:129-134. DOI:10.11623/frj.2019.27.2.07
- Kjaer KH, Ottosen CO (2011) Growth of chrysanthemum in response to supplemental light provided by irregular light breaks during the night. *J AMER Soc Hort Sci* 136:3-9.
- Kim TY, Kim KD, Cho IH, Nam EY (2003) Effects of salt reduction for leaf vegetable cultivation on high temperature in salt accumulation house. *Kor Soc Bio-Environ Control* 10:213-216.
- Kim YH, Huh EJ, Choi SY, Lee YR, Lee JS (2009) Effect of high temperature and day length on flower abnormality and delayed flowering of spray chrysanthemum. *Kor J Hort Sci Technol* 27:530-534.
- Hahn, E.J., J.H. Bae, and Y.B. Lee. (2000) Growth and photosynthetic characteristics of chrysanthemum plantlets as affected by pH and EC of nutrient solution in microponic culture. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41(1):12-15.
- Huh EJ, Shin HK, Choi SY, Kwom OG, Lee YR (2008) Thermosusceptible developmental stage in anthocyanin accumulation and color response to high temperature in red chrysanthemum cultivars. *Kor J Hort Sci Technol* 26:357-361.
- Im JU, Yoon YC, Seo KW, Kim KH, Moon AK, Kim HT (2013) Effect of LED light wavelength on chrysanthemum growth. *Protected Hort Plant Fac* 22:49-54.
- Karlsson MG, Heins RD (1992) Chrysanthemum dry matter partitioning patterns along irradiance and temperature gradients. *Can J Plant Sci* 72:307-316.
- Kim YJ, Seo DS, Park JY, Park YG (2016) Analysis of management status and development direction of smart farm. Korea Rural Economic Institute, Naju, Korea, pp 11-36
- Kim, G.J. and J.D. Huh. 2015. Trends and prospects of smart farm technology. *Electronics and Telecommunications Trends* 30(5):1-10.
- Kim, J.T. and J.S. Han. (2017) Agricultural management innovation through the adotion of internet of things : Case of smart farm. *J. Digital Convergence* 15(3):65-75. DOI:10.14400/ JDC.2017.15.3.65.
- Kim, K.S., H.K. Shin, H.Y. Jeong, K.W. Kim, E.Y. Kim, and S.K. Jeong. (2000) Rose, chrysanthemum, and carnation. Seoul:Nongminsinmunsa.
- Lawson RH, Dienelt MM (1992) Heat-induced flower abnormalities in vero and the marble cultivars of *Dendranthema grandiflora*. *Plant Disease* 76:728-734.
- Lee SI, Lee EP, Kim EJ, Park JH, Cho KT, Lee SY, You YH (2017) Growth response and variation of

- ecological niche breadth of *Hibiscus hamabo*, the endangered plant, according to light, moisture and nutrient under elevated CO₂ concentration and temperature. Korean J Environ Ecol 31:279-286.
- Lee CH, Cho MW (2011) Control of unseasonable flowering in chrysanthemum 'Baekma' by 2-chloroethylphosphonic acid and night temperature. Kor J Hort Sci Technol 29:539-548
- Lee JG, Jeong YK, Yun SW, Choi MK, Kim HT, Yoon YC (2018) Field survey on smart greenhouse. Protected Hort Plant Fac 27:166-172. DOI:10.12971/KSBEC.2018.27.2.166
- Lee JK, Seol BM (2019) Intelligent smart farm and study on productivity: Focused on tomato farm households. Asia-Pacific J Business Venturing and Entrepreneurship 14:185-199
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (2019) The status of flower culture 2018. MAFRA, Sejong, Korea
- Pak, H.S., M.K. Won, D.C. Kim, K.S. Son, Y.J. Park, T.S. Kim, J.J. Choi, and J.H. Kim. (2018) Standard-cut chrysanthemum 'Geumhwa' with yellow petals and early flowering ability under high and low-temperature conditions. Flower Res. J. 26(2):77-83. DOI:10.11623/frj. 2018.26.2.06
- Rajapakse NC, Kelly JW (1992) Regulation of chrysanthemum growth by spectral filters. J Amer Soc Hort Sci 117:481-485.
- Roh Y.S. (2013) Effect of fertilization level and irrigation amount on growth and quality in standard chrysanthemum. MS thesis, Mokpo National University, Muan, Korea.
- Roh Y.S. and Y.K. Yoo. (2010) Effects of cutting condition on rooting and growth of cut flower in plug cutting of *Dendranthema grandiflorum* 'Shinma' . Flower Res. J. 18(4):244- 250.
- Roh Y.S. and Y.K. Yoo. (2018) Analysis and improvement plan of cultivation and postharvest management status of cut chrysanthemum farms in Korea. Flower Res. J. 26(4):187-194. Doi: 10.11623/frj.2018.26.4.03.
- Roh Y.S., I.K. Kim, and Y.K. Yoo. (2017) Correlation between cultivation environment, cropping system, and quality elements of cut flower and in *Dendranthema grandiflorum* 'Jinba' . J. People Plants Environ. 20(4):329-339. Doi: 10.11628/ksppe.2017.20.4.329.
- Rural Development Administration (RDA) (2008) Our 'Baekma' story. RDA research group for chrysanthemum, Suwon, Korea
- Rural Development Administration (RDA) (2015) Simplified analysis method for the management performance of agricultural management organizations. RDA, Jeonju, Korea
- Shin HK, Lim JH, Cho HR, Lee HK, Kim MS, Bang CS, Kim YA, Kim YJ (2005) A new standard chrysanthemum cultivar, 'Baekma' with large white flower. Kor J Breed 37:119-120
- So J and Lim JH (2020) Comparison on Growth Conditions on Cut Spray Chrysantehmum in Smart Farm and Greenhouse. Flower Res J 28:305-314.
- Yeo, U.H., I.B. Lee, K.S. Kwon, T.H. Ha, S.J. Park, R.W. Kim, and S.Y. Lee. (2016) Analysis of research trend and core technologies based on ICT to materialize smart-farm. Protected Hort. Plant Factory 25(1):30-41. DOI:10.12791/KSBEC.2016.25.1.30.
- Yoo, D.K. and K.W. Kim. (2004) The effect of watering and pH on growth and flowering response of *Dendranthema grandiflorum* cv. Shuhonochikara. J. Kor. Flower Res. Soc. 12(2):107-112.
- Yoo, Y.K., H.J. Oh, Y.S. Roh, and I.K. Kim. (2016) Effects of pretreatment of NaOCl, sucrose, and

benzyladenine on vase life and quality of cut flower in standard chrysanthemum 'Jinba' . J. Korean Soc. People Plants Environ. 19(6):559-566. Doi: 10.11628/ksppe.2016. 19.6.559.

Yoo YK, Roh YS (2011) Effects of B9 treatment on growth and quality of cut flower in *Dendranthema grandiflorum* 'Baekma' . Kor J Hort Sci Technol 29:160-161 (Abstr)

Yoo YK, Roh YS (2012) Growth and cut flower quality as affected by irrigation and nutrient level during short day treatment in *Dendranthema grandiflorum* 'Baekma' . Flower Res J 20:211-217

Yoo YK, Roh YS (2014) Occurrence of white rust and growth of chrysanthemum 'Baekma' under various relative humidity and temperature conditions in the greenhouse. Kor J Hort Sci Technol 32:803-811. DOI:10.7235/hort.2014.14138

Yoo YK, Roh YS, Lee BK, Kong XF, Choi SY (2009) Growth of *Dendranthema grandiflorum* 'Baekma' by relighting condition in shade culture. Kor J Hort Sci Technol 27:122 (Abstr)

Yoo YK, Roh YS, Nam BC (2016) Occurrence of white rust and growth of chrysanthemum 'Baekma' by control of relative humidity with night ventilation and heating in the greenhouse. Korean J Hort Sci Technol 34:845-859. DOI:10.12972/kjhst.20160089

Yoon H, Kwak YH, Bae SY, Ji CH, Jo JR, Yu YM, Youn YN (2018) Pest distribution composition smart farming with conventional greenhouse of tomato and the effect of eco-friendly agent for tobacco whitefly (*Bemisia tabaci*). Korean J Pestic Sci 22:327-336. DOI:10.7585/kjps.2018.22. 4.327.

Yoon NG, Lee JS, Park KS, Lee JY (2017) Policy and technology development status of Korean smart farm. Rural Resource 59(2):19-27.

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 국화의 Best Farmer 영농기법 모델화 연구						
	(영문) Modeling of Smart Farming Technique in Best Chrysanthemum Farmers						
주관연구기관	목포대학교 산학협력단		주 관 연 구 책 임 자	(소속) 목포대학교			
참 여 기 업	-			(성명) 유용권			
총연구개발비 (500,000천원)	계	500,000천원	총 연 구 기 간	2018.07.31. ~ 2020.12.31.(2년 5개월)			
	정부출연 연구개발비	500,000천원		총 인 원	48		
	기업부담금	-		총 참 여 수	내부인원	48	
	연구기관부담금	-		외부인원	0		

1. 연구개발 목표 및 성과

- 국화(스탠다드, 스프레이, 분화)의 스마트팜 선도농가 영농기법 모델화 및 보급 확산
- 국화(스탠다드, 스프레이, 분화) 스마트팜 가속화 지원을 통한 농가 생산성·품질 향상 및 생산비 절감
 - 국화(스탠다드, 스프레이, 분화) 스마트 팜 선도농가 선정
 - 국화(스탠다드, 스프레이, 분화) 스마트 팜 재배 전주기 영농활동 분석 및 기술 검증
 - 국화(스탠다드, 스프레이, 분화) 스마트 팜 영농기술 모델화 및 매뉴얼 작성·보급

2. 연구내용 및 결과

- 국화(스탠다드, 스프레이, 분화) 스마트팜 선도농가 선정 및 영농기법 DB화 조사 기준 설정
 - 국화(스탠다드, 스프레이, 분화) 스마트팜 선도농가 DB화 기준 마련
 - 농가정보, 시설정보, 재배정보, 스마트팜 시스템 정보, 경영정보, 데이터 DB단위 및 측정기준 마련함.
 - 국화(스탠다드, 스프레이, 분화) 스마트 팜 선도농가 선정
 - 스탠다드 국화 선도농가 선정 : 전주시 소재의 유리온실 1곳, 무안군 소재의 비닐하우스 1곳 선정하였음
 - 스프레이 국화 선도농가 선정 : 경기도 이천시 소재의 농가 2곳을 선정하였음.
 - 분화 국화 선도농가 선정 : 스마트팜 농가는 경기도 이천시 소재 1곳과 경기도 성남시 소재 1곳, 식물공장은 경남 김해시 1곳 등 3곳을 선정하였음.
- 국화(스탠다드, 스프레이, 분화) 스마트팜 선도농가의 재배 전 주기 영농기법 분석 및 전문가 검증
 - 스탠다드 국화 스마트팜과 일반관행농가의 2작기(국화 ‘신마’, ‘백마’) 영농기법을 분석하고 DB분석을 실시하여 영농기법, 재배환경, 절화품질, 경영분석을 실시한 결과, 스마트팜 농가의 절화 국화 품질이 우수하였고, 경영분석결과 스마트팜에서 순이익이 더 높은 결과를 보였음.
 - 스프레이 국화 스마트팜과 관행농가의 생산관리 전과정 연중 모니터링 결과 스마트팜 환경 국화 품질 및 절화수명 우수하였고, 관행농가 재배위치에 따른 품질 및 절화수명 불균일하였으며, 경영분석에서도 스마트팜에서 관행농가 보다 노동시간 10% 감소, 평당 순이익 60% 더 높아 경제적으로 우수하였음.

- 분화 국화 스마트팜과 일반관행농가의 영농기법을 분석한 결과 스마트팜에서 분화국화의 재배법에 맞는 환경을 자동으로 제어되어 관행농가 보다 품질이 우수하였고, 경영분석에서도 관행농가 보다 평당 순이익이 11%더 높아 스마트팜에서 우세하였음.

□ 국화(스탠다드, 스프레이, 분화) 스마트팜 영농기법 모델화 및 매뉴얼 제작 보급

- 스탠다드 국화 스마트팜 영농기법을 고도화하여 스탠다드 국화 스마트팜 영농기법 매뉴얼 작성하였고, 생육예측모델을 국화 ‘신마’ 스마트팜 $Y=111.18/(1+\exp(-(GDD-797.184)/367.676))$, ‘백마’ 스마트팜 $Y=99.8218/(1+\exp(-(GDD-908.2436)/381.775))$ 로 절화장 예측모델을 개발하였다.
- 스프레이 국화 스마트 팜 영농기법 고도화로 재배환경 정식 후, 단일처리시, 화아분화 후 등 3단계로 나누어 재배환경을 제시하였고, 관수 및 액비 기상환경 및 계절에 맞춰 관수방법을 제시된 스프레이 국화 스마트팜 영농기법 매뉴얼을 작성하여 현장보급 및 교육지도로 실시하였음.
- 분화 국화 스마트 팜 선도농가의 문제점을 도출하여 영농기법 고도화를 위한 온도 처리별 생육예측모델을 개발하여 영농기술 모델화 온도에 따른 출하시기를 예측하였고, 식물공장의 LED광 조건에서 화아분화시 광원에 관계없이 청색과 적색광, 혼합광 모두에서 단일처리 16~17일 사이에 화아분화가 완료되어 발육이 이룩어지는 등 식물공장의 광원의 선택의 폭이 넓어지는 결과를 얻었으며, 분화 국화 스마트팜 생산관리 매뉴얼 작성하여 현장보급 및 교육지도로 실시하였음.

3. 연구성과 활용실적 및 계획

□ 기술적 측면

- 국화 스마트팜 영농기법 고도화 표준모델 매뉴얼을 현장 적용을 위한 현장 교육 및 보급을 통한 국화 재배기술의 향상
- 국화 스마트팜 영농기법 생육예측모델을 통한 국화 재배 정밀 농업을 위한 현장 모델링 확립에 기여
- 국화 스마트팜 영농기법 생육 예측 모델을 통한 공급물량 예측 및 시장가격 예측도구로 활용
- 국화의 온실 복합환경조절 시스템을 이용한 생산 고도화의 현장 모델 적용

□ 경제, 산업적 측면

- 일반 국화 재배농가에 ICT를 이용한 스마트 팜을 조속히 접목·확산하여 생산성 제고를 물론 생산·유통·수출 등 다양한 분야의 효율성 제고 및 새로운 부가가치를 창출
- 국화 스마트팜 표준모델 개발 및 매뉴얼 현장보급을 통해 생산비 절감과 노동력 감소(11%), 품질향상을 통해 국화 재배농가의 소득 30%증대 기여
- 국화의 생육 모델화에 의해 성장과 수확시기를 예측할수 있음에 따라 생산량과 출하시기를 조절할 수 있어 가격 경쟁력이 향상에 기여
- 스마트팜 보급확대 등 시장 확대를 기반으로 생육관리, 환경제어, 자동화 설비시스템 등 ICT 관련 산업이 동반 성장 할 수 있는 생태계 조정에 기여

□ 사회적 측면

- 국화 스마트팜 선도농가의 생산관리 전 과정 영농기법 모니터링을 통한 운영상의 문제점 등의 분석하여 향후 스마트팜 확대 보급시 성공률 제고를 위한 정책방향 제시
- 농촌인구 감소에 따른 노동력 확보 문제를 해결하기 위해 재배의 자동화, 기계화, ICT가 접목된 스마트팜의 필요성 제고
- 기존 토양재배와 노동집약적 농업을 탈피하여 현대화 된 시설에서 스마트팜을 용이하게 도입할 수 있음에 따라 젊은 귀농인구의 유입을 촉진할 수 있도록 청년농업인 및 귀농·귀촌 교육자료로 활용

[별첨 2]

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호	318061-3		
사업구분	첨단생산기술개발사업				
연구분야				과제구분	단위
사업명	첨단생산기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	국화의 Best Farmer 영농기법 모델화 연구			과제유형	(개발)
연구기관	목포대학교 산학협력단			연구책임자	유용권
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2018.07.31~2018.12.31	100,000	-	100,000
	2차연도	2019.01.01~2019.12.31	200,000	-	200,000
	3차연도	2020.01.01~2020.12.31	200,000	-	200,000
	4차연도				
	5차연도				
	계	2년 5개월	500,000		
참여기업					
상대국	상대국연구기관				

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2021. 02. 10.

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
목포대학교	교수	유용권

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

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

확 약	
-----	--

I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (우수)

- 스탠다드, 스프레이, 분화용 국화의 스마트팜의 영농기법을 조사 분석하여 생육도일온도와 재배방법들을 기반으로하여 생장예측모델식을 개발하였음
- 또한 이를 기반으로 국화의 영농기법을 고도화하여 연구결과가 우수하다고 평가됨

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수)

- 국화 1세대 스마트팜에서는 생장예측 모델에 따라 재배할 경우 고품질의 국화를 생산할 수 있어 파급효과가 클 것으로 판단됨
- 일반 관행농가에 본 연구의 결과를 홍보하여 스마트팜 시설을 보급할 수 있는데 기여할 것임

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수)

- 국화 비닐하우스 재배농가의 경우 간단한 시설 내 온도 측정 데이터 로거를 설치하여 생육도일온도를 계산할 수 있다면 간편하게 국화의 생육을 조절하는 데 활용할 수 있음
- 농촌진흥청에서 발간한 표준 영농교본의 재배작형을 개선함으로써 실제 재배농가에서 활용할 가능성이 매우 높음

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수)

- 스탠다드, 스프레이, 분화 국화 스마트팜 선도농가를 선정하여 시설 및 재배현황을 분석하였고, 영농기법 DB화 조사 기준 마련하였음.
- 스탠다드, 스프레이, 분화 국화 스마트팜 재배 전 주기 모니터링하여 영농기법 DB 분석 및 기술검증 하였음.
- 스탠다드, 스프레이, 분화 국화 스마트팜 선도농가의 선도농가의 영농기법 표준 모델화 및 현장보급을 진행하였음.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (우수)

- SCI 논문에서 성과가 1건 부족하나, 매출액(406%), 수출액(689%), 고용창출(1명), 비SCI논문(120%), 학술발표(100%), 인력양성(100%), 홍보전시(133%) 등에서 목표보다 크게 성과를 달성하였으며, 특히 매뉴얼 제작(3건)을 통해 정책활용 및 농가교육을 실시하여 실질적으로 농가에 도움이 되는 연구를 진행하였음

II. 연구목표 달성도

구분	세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가	
1 세 부	1년차	절화용 스탠다드 국화 스마트팜 선도농가 선정 및 영농기법 DB화 조사 기준 설정	5	100	스탠다드 국화 스마트팜 선도농가를 선정하고, 시설 및 재배현황을 분석 과 영농기법 DB화 조사기준 마련
	2년차	절화용 스탠다드 국화 스마트팜 선도농가의 2작기 영농기법 DB 분석 및 전문가 검증	15	100	스탠다드 국화 스마트팜 선도농가의 2작기 생산 전과정의 영농기법을 연 중 모니터링, 국화의 품질 비교, 영 농기법 DB를 분석하고 전문가의 과 학적, 기술적 검증
	3년차	절화용 스탠다드 국화 스마트팜 선도농가의 영농기법 표준 모델 화 및 현장 보급	15	100	스탠다드 국화 스마트팜 선도농가와 기존 재배농가와의 영농기법을 비교 분석, 영농기법 고도화 확립, 표준 모델개발 및 매뉴얼 제작
1 협 동	1년차	절화용 스프레이 국화 스마트 팜 선도농가 선정 및 영농기법 DB화 조사기준 설정	5	100	스프레이 국화 스마트팜 선도농가를 선정하고, 시설 및 재배현황을 분석 과 영농기법 DB화 조사기준 마련
	2년차	절화용 스프레이 국화 스마트 팜 재배 전(全) 주기 영농활동 분석 및 기술 검증	15	100	스프레이 국화 스마트팜 선도농가의 생산 전과정의 영농기법을 연중 모 니터링, 국화의 품질 비교, 영농기법 DB를 분석하고 전문가의 과학적, 기 술적 검증
	3년차	절화용 스프레이 국화 스마트팜 선도농가의 영농기법 표준 모델 화 및 현장 보급	15	100	스프레이 국화 스마트팜 선도농가 의 영농기법을 비교 분석, 영농기법 고도화 확립, 표준 모델개발 및 매 뉴얼 제작
2 협 동	1년차	분화 국화 스마트팜 선도농가 선 정 및 영농기법 DB화 조사기준 설정	5	100	분화 국화 스마트팜 선도농가를 선 정하고, 시설 및 재배현황을 분석과 영농기법 DB화 조사기준 마련
	2년차	분화 국화 스마트 팜 재배 전주 기 영농활동 분석 및 기술 검증	15	100	분화 국화 스마트팜 선도농가의 2작 기 생산 전과정의 영농기법을 연중 모니터링, 국화의 품질 비교, 영농기 법 DB를 분석하고 전문가의 과학적, 기술적 검증
	3년차	분화 국화 스마트 팜 영농기법 모델화 및 매뉴얼 제작·보급	10	100	분화 국화 스마트팜 선도농가의 영 농기법을 비교 분석, 영농기법 고도 화 확립, 표준 모델개발 및 매뉴얼 제작
	합계		100점	100%	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 본 연구는 스탠다드, 스프레이, 분화용 국화 재배농가에 스마트팜을 확대 보급하고, 국화 재배농가에 고도화한 영농기법을 전파하여 고품질 국화 생산을 통해 농가 수익을 창출하고자 하였음
- 이에 우수 국화 재배 스마트팜의 영농기법을 조사 분석하여 생장예측 모델식을 개발하고, 이를 기반으로 영농기법을 고도화하였다. 본 연구의 결과를 국화재배 농가에 매뉴얼로 보급한다면 농가 수익 증대에 크게 기여할 것으로 평가됨

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 코로나19로 인하여 분화용 스마트팜 주제를 맡고 있는 한국농수산대학 박상근 교수는 학교 지침에 따라 외부 출장이 금지되었고, 이에 2020년 과제의 일부를 농가가 아닌 학교 내의 시설을 이용하여 연구를 진행하였음을 고려해 주시기 바람

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 국화 재배유형별 (절화용 스탠다드, 스프레이 및 분화) 스마트 팜 선정 선도농가를 거점 농가로 구축하여 모델화 및 교육장소로 활용
- 국화 스마트팜 선도농가의 생산관리 전 과정 영농기법 모니터링을 통한 운영상의 문제점 등을 분석하여 향후 스마트 팜 확대 보급시 성공률 제고를 위한 정책 방향 제시
- 국화 스마트팜 표준 모델 개발 및 매뉴얼 제작·보급을 통해 생산비 절감과 품질향상을 통해 국화 재배농가의 소득 증대
- 부족한 SCI 논문은 2021년 4월에 논문 발간예정으로 성과달성을 하고자 하며, 출판되는 매뉴얼을 통해 농가 보급하여 연구의 우수성을 홍보하고, 농가에 실질적으로 적용이 될 수 있도록 홍보하고자 함
- 국화 스마트팜 선도농가의 영농기법 매뉴얼을 활용하여 귀농 인력 및 일반농가들에게 홍보, 교육 및 컨설팅하고자 함
- SNS 밴드 ‘국화 스마트팜’ 및 농가 현장 방문을 통한 스마트 팜 매뉴얼 제공 및 현장 컨설팅을 하고자 함
- 논문게재 및 학술논문 발표를 통해 본 연구 결과들 중요성을 알리고, 지속적으로 홍보하고자 함

IV. 보안성 검토

- 해당사항 없음

[별첨 3]

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input checked="" type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	첨단생산기술개발사업	
연구과제명	국화의 Best Farmer 영농기법 모델화 연구			
주관연구기관	목포대학교	주관연구책임자	유 용 권	
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	500,000천원	-	-	500,000천원
연구개발기간	2018.07.31. ~ 2020. 12. 31			
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input checked="" type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input checked="" type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
절화용 스탠다드 국화 스마트팜 선도농가 선정 및 영농기법 DB화 조사 기준 설정	스탠다드 국화 스마트팜 선도농가를 선정하고, 시설 및 재배현황을 분석과 영농기법 DB화 조사기준 마련하였음.
절화용 스탠다드 국화 스마트팜 선도농가의 2작기 영농기법 DB 분석 및 전문가 검증	스탠다드 국화 스마트팜 선도농가의 2작기 생산 전과정의 영농기법을 연중 모니터링, 국화의 품질 비교, 영농기법 DB를 분석하고 전문가의 과학적, 기술적 검증하였음.
절화용 스탠다드 국화 스마트팜 선도농가의 영농기법 표준 모델화 및 현장 보급	스탠다드 국화 스마트팜 선도농가와 기존 재배농가와의 영농기법을 비교 분석, 영농기법 고도화 확립, 표준 모델개발 및 메뉴얼 제작
절화용 스프레이 국화 스마트 팜 선도농가 선정 및 영농기법 DB화 조사기준 설정	스프레이 국화 스마트팜 선도농가를 선정하고, 시설 및 재배현황을 분석과 영농기법 DB화 조사기준 마련하였음.
절화용 스프레이 국화 스마트 팜 재배 전(全) 주기 영농활동 분석 및 기술 검증	스프레이 국화 스마트팜 선도농가의 생산 전과정의 영농기법을 연중 모니터링, 국화의 품질 비교, 영농기법 DB를 분석하고 전문가의 과학적, 기술적 검증
절화용 스프레이 국화 스마트팜 선도농가의 영농기법 표준 모델화 및 현장 보급	스프레이 국화 스마트팜 선도농가 의 영농기법을 비교 분석, 영농기법 고도화 확립, 표준 모델개발 및 메뉴얼 제작
분화 국화 스마트팜 선도농가 선정 및 영농기법 DB화 조사기준 설정	분화 국화 스마트팜 선도농가를 선정하고, 시설 및 재배현황을 분석과 영농기법 DB화 조사기준 마련
분화 국화 스마트 팜 재배 전주기 영농활동 분석 및 기술 검증	분화 국화 스마트팜 선도농가의 2작기 생산 전과정의 영농기법을 연중 모니터링, 국화의 품질 비교, 영농기법 DB를 분석하고 전문가의 과학적, 기술적 검증
분화 국화 스마트 팜 영농기법 모델화 및 메뉴얼 제작·보급	분화 국화 스마트팜 선도농가의 영농기법을 비교 분석, 영농기법 고도화 확립, 표준 모델개발 및 메뉴얼 제작

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용 창출	투자유치		논문		논문 평균 IF	학술 발표			정책 활용	홍보 전시	
												SCI	비SCI							
단위	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치							30	20						10	10	5	5	20		
최종목표	-	-	-	-	-	-	240	120	-	-	-	1	7	12	24	5	-	3	3	
연구기간내 달성실적	-	-	-	-	-	-	487.32	275.97	1	-	-	0	6	9	17	5	-	4	3	
달성율(%)	-	-	-	-	-	-	406.1	689.9	100			0	120	100	113.3	100		133.3	100	

4. 핵심기술

구분	핵심 기술 명
①	스탠다드 국화 스마트팜 영농기법 기반 생장예측모델 개발과 고도화
②	스프레이 국화 스마트팜 영농기법 기반 생장예측모델 개발과 고도화
③	분화 국화 스마트팜 영농기법 기반 생장예측모델 개발과 고도화

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화흡수	외국기술 개선개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해결	정책 자료	기타
①의 기술		V						V	V	
②의 기술		V						V	V	
③의 기술		v						V	V	

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	스탠다드 국화 스마트팜 영농기법 고도화 ⇒ 스탠다드 국화 ‘백마’, ‘신마’의 재배 농가의 현장 교육 교재로 활용과 스마트팜 시설 개선 사업 진행시 환경 관리 참고자료로 활용 ⇒ 스탠다드 국화 스마트팜 보급 사업의 기초자료로 활용
②의 기술	스프레이 국화 스마트팜 영농기법 고도화 ⇒ 스프레이 국화의 재배 농가의 현장 교육 교재로 활용과 스마트팜 시설 개선 사업 진행시 환경 관리 참고자료로 활용 ⇒ 스프레이 국화 스마트팜 보급 사업의 기초자료로 활용
③의 기술	분화 국화 스마트팜 영농기법 고도화 ⇒ 분화 국화 재배 농가의 현장 교육 교재로 활용과 스마트팜 시설 개선 사업 진행시 환경 관리 참고자료로 활용 ⇒ 분화용 국화 실내공장 시스템 스마트팜 보급 사업의 기초자료로 활용

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구활용 등)	
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책 활용	홍보전시		
												SCI	비SCI							논문평균 IF
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명					
가중치							30	20						10	10	5		5	20	
최종목표	-	-	-	-	-	-	240	120	-	-	-	1	7		12	24	5	-	3	3
연구기간내 달성실적	-	-	-	-	-	-	487.32	275.97	1	-	-	0	6		9	17	5	-	4	3
연구종료 후 성과창출 계획	-	-	-	-	-	-	120	80	-	-	-	1	2		3	9	-	-	-	-

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

○ 해당사항 없음