

318063-03

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( O ), 비공개( )발간등록번호( O )

첨단생산기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003  
538-01

영농기법 모델화 연구(장미)  
일반 소득작물의 Best Farmer

# 일반 소득작물의 Best Farmer 영농기법 모델화 연구(장미)

2021. 06. 03.

2021

주관연구기관 / 서울시립대학교  
협동연구기관 / 단 국 대 학 교  
협동연구기관 / 영 남 대 학 교

농림식품기술기획평가원  
농림축산식품부

농림축산식품부  
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “일반 소득작물의 Best Farmer 영농기법 모델화 연구(장미)”(개발기간 : 2018.07.31 ~ 2020.12.31.) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 06. 03.

주관연구기관명 : 서울시립대학교 산학협력단장



협동연구기관명 : 단국대학교 산학협력단장



협동연구기관명 : 영남대학교 산학협력단장



주관연구책임자 : 서울시립대학교 김완순

제1협동연구책임자 : 단국대학교 이에경

제2협동연구책임자 : 영남대학교 오욱

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

## 보고서 요약서

과제고유번호	318063-03	해 당 단 계 연 구 기 간	2018.07.31. - 2020.12.31	단 계 구 분	1단계/1단계
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	첨단생산기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당없음)			
	세 부 과 제 명	일반 소득작물의 Best Farmer 영농기법 모델화 연구(장미)			
연구책임자	김 완 순	해당단계 참여연구원 수	총: 17명 내부: 17명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 500,000 천원 민간: 천원 계: 500,000 천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 17명 내부: 17명 외부: 명	총 연구개발비	정부: 500,000 천원 민간: 천원 계: 500,000 천원
연구기관명 및 소속부서명	서울시립대학교 산학협력단 단국대학교 산학협력단 영남대학교 산학협력단			참여기업명	
국제공동연구	상대국명			상대국 연구기관명	
위탁연구	연구기관명			연구책임자	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반등급 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의 4에 해당하지 않음
-------------------------	--

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
-	-	-	-	-	-	-	-	-

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 국내 절화 장미 스마트팜 영농기법 모델화 및 보급 확산을 위하여 전국적으로 ICT 융복합 스마트팜 선도농가 8개소(중북부 4, 호남 2, 영남 2)를 권역별로 선정하여 스마트팜 환경 정보, 작물생육 정보, 농가경영 정보 등 생산기술과 수준을 관행농가와 비교 분석, 핵심기술요소를 도출하였음</li> <li>2. 도출된 핵심기술요소를 매뉴얼화하여 전국 권역별로 중북부지역은 수출내수혼합형/스탠다드 장미, 호남지역은 수출형/스프레이 장미, 영남지역은 내수형/스탠다드 장미에 맞는 베스트파머 스마트팜 영농기법 모델을 발굴하였고, 이 과정에서 112회 농가 교육지도를 실시하였음</li> <li>3. 모델화된 절화 장미 스마트팜 영농기법을 전국 권역별로 세분화하고 전체 387농가를 대상으로 조기 보급하였다. SNS 등 온라인을 통한 기술보급체계를 구축하여 기술 공유 및 확산 속도도 향상시켰으며, 특히 중북부, 호남, 영남 등 권역별로 적용기술 수준을 세분화함으로써 스마트팜 도입 지역의 기술 수준과 여건에 적합한 ICT 장비가 적용될 수 있도록 함으로써 관행농법에서 스마트팜으로의 빠른 전환 체계 구축을 정책활용하였음</li> </ol>	<p>보고서 면수</p> <p>200</p>
--	--------------------------

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>국내 절화 장미 스마트팜 영농기법 모델화 및 보급 확산을 위하여 전국적으로 중북부, 호남, 영남권으로 지역을 구분하여 ICT 융복합 스마트팜 선도농가 선정하고, 선도농가를 대상으로 스마트팜 환경 정보, 작물생육 정보, 농가경영 정보 등 생산기술과 수준을 분석하여 선도농가의 핵심기술을 도출, 이를 매뉴얼화 함으로써 절화 장미 스마트팜 영농기법을 모델화하고 현장 조기 보급체계를 구축한다.</p>																														
<p>연구개발성과</p>	<p>전국적으로 ICT 융복합 스마트팜 선도농가 8개소(중북부 4, 호남 2, 영남 2)를 선정하였고, 농가 대상으로 스마트팜 환경 정보, 작물생육 정보, 농가경영 정보 등 생산기술과 수준을 분석하여 핵심기술을 도출, 매뉴얼화(중북부 수출내수혼합형/스탠다드, 호남 수출형/스프레이, 영남 내수형/스탠다드)하여 전국 387 농가 대상 조기 보급하였다.</p> <p>정량적으로는 사업화 지표인 기술이전(목표 1건) 1건, 연구기반 지표인 SCI 논문(목표 3건)은 4건, 비SCI 논문(목표 6건) 7건, 학술발표(목표 12건) 18건, 교육지도(목표 60건) 112건, 인력양성(목표 1건) 2건, 정책활용(목표 1건) 1건, 기타 매뉴얼 보급(목표 100농가) 387농가로 모든 지표를 달성 또는 초과 달성하였다.</p> <p>&lt;연구개발성과&gt;</p> <table border="1" data-bbox="437 1240 1445 1451"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>논문 SCI/비SCI</th> <th>학술 발표</th> <th>기술 이전</th> <th>정책 활용</th> <th>교육 지도</th> <th>인력 양성</th> <th>기타 매뉴얼 보급</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>목표</td> <td>3/6</td> <td>12</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>60</td> <td>2</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>달성</td> <td>4/7</td> <td>18</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>112</td> <td>2</td> <td>387</td> </tr> </tbody> </table>							구분	논문 SCI/비SCI	학술 발표	기술 이전	정책 활용	교육 지도	인력 양성	기타 매뉴얼 보급	목표	3/6	12	1	1	60	2	100	달성	4/7	18	1	1	112	2	387
구분	논문 SCI/비SCI	학술 발표	기술 이전	정책 활용	교육 지도	인력 양성	기타 매뉴얼 보급																								
목표	3/6	12	1	1	60	2	100																								
달성	4/7	18	1	1	112	2	387																								
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>전국적으로 권역별 장미 선도농가의 핵심기술을 도출, 매뉴얼화하여 주변 농가 현장에 직접 보급함으로써 선도 영농기법의 빠른 확산이 기대된다. 기술보급 방식도 SNS 등 온라인 소통으로 체계화함으로써 기술 공유 및 확산도 빠르게 진행될 것이다. 특히 선도농가를 중북부, 호남, 영남 등 권역별로 선정하여 지역별로 적용기술 수준을 세분화함으로써 권역별 도입 스마트팜 수준과 이에 적합한 ICT 장비 표준화에 기여함으로써 스마트팜으로의 빠른 전환을 기대한다.</p>																														
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	스마트팜	선도농가	영농기법	모델화	장미																										

## 〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 .....	1
제1절 연구개발의 목적 .....	1
제2절 연구개발의 필요성 .....	1
제3절 연구개발 범위 .....	2
2. 연구개발 대상의 국내·외 현황 .....	3
제1절 국내 기술 수준 및 시장 현황 .....	3
제2절 국외 기술 수준 및 시장 현황 .....	14
3. 연구수행 내용 및 결과 .....	18
제1절 연구수행 내용 .....	18
제2절 연구수행 결과 .....	20
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 .....	184
5. 연구결과의 활용 계획 .....	185
6. 연구개발성과의 보안등급 .....	185
7. 국가과학기술지식정보 서비스에 등록된 연구시설·장비 현황 .....	185
8. 연구개발과제의 대표적 연구실적 .....	186
9. 참고 문헌 .....	194
<별첨 1> 주관연구기관의 자체평가의견서	
<별첨 2> 연구개발보고서 초록	
<별첨 3> 연구성과 활용계획서	

# 제1장 연구개발과제의 개요

## 제1절 연구개발의 목적

한국형 스마트팜 품목 확대 및 가속화를 위해 권역별로 장미 스마트팜 선도농가를 선정하여 진주기 영농활동 과학적·기술적 검증 및 분석을 통해 관행 대비 생산성 향상과 비용절감 핵심기술을 도출하여 매뉴얼화하여 기타 관행 농가 대상 조기 보급 확산시킨다.

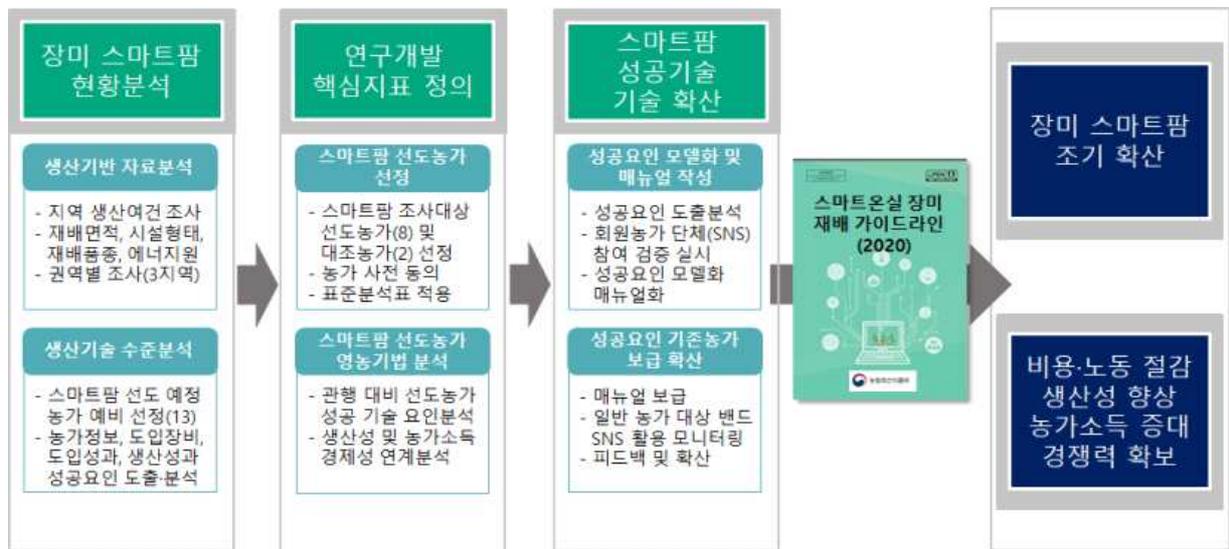


그림 1. 연구개발의 개요

## 제2절 연구개발의 필요성

현재 국내 화훼 재배현황은 재배면적 1991년, 생산량 1990년, 생산액 1994년 수준으로 급격한 하향 추세이며(농식품부, 2018), 국내 최대 생산 품목인 절화 장미 역시 생산기반이 1990년대 초반 수준으로 급감하면서 생산량이 내수를 밑돌아 국내 가격 상승, 수출 감소, 수입 증가로 이어지고 있다(aTkati, 2018).



그림 2. 국내 화훼재배 농가수, 재배면적 및 생산액 변화 추이(농식품부, 2018)

수입 절화의 증가는 국내 생산농가의 경영악화로 이어져 지난 20년간 산학관연 협력을 통해 확보된 국내 화훼 생산기반이 점차 붕괴일로에 있으며 장기적으로 신선한 국내산 절화를 소비자에게 제공하지 못하게 되면서 국민의 소비주권이 제한될 것으로 예상된다. 따라서, 생산기반의 감소 문제를 ICT 융복합기술을 접목한 스마트팜과 관련 첨단기술 장착 영농기법을 관행농가에 조기에 보급, 확산시키는 것이 필요하며, 국내 대표적인 절화인 장미 농가를 대상으로 영농 생력화와 에너지 비용 절감, 절화 품질 향상 등 농가 생산성을 증진시켜서 선도농가 모델로 발굴하고 전체 화훼농가 대상으로 스마트팜 도입 및 선도 영농기법을 조기에 보급, 확산시킬 수 있을 것으로 기대된다.

### 제3절 연구개발 범위

현재 보급되어 있는 절화 장미 스마트팜 농가를 대상으로 선도 영농기법을 모델화하고 이를 관행 농가에게 빠르게 보급 및 확산시키며 SNS 활용도 확대하고자 하였다. 이를 위해 전국적으로 빠른 기술보급 및 확산을 위해 권역별로 장미 선도농가를 선정하였으며, 중북부, 호남, 영남권으로 구분하여 각각 4개소, 2개소, 2개소 등 최종 8개 선도농가를 경영 규모 및 영농수준 등을 고려하여 선정하였다. 선정된 선도농가를 대상으로 스마트팜 환경 정보, 작물생육 정보, 농가경영 정보 등 생산기술과 수준을 분석하였다.

조사 항목은 재배품종(HT, F, SP), 재배시설, 부대장치, 내외부 기상센서, 자동안전장치, 복합환경제어 수준, 양액관리, 원격제어 시스템 운영, 핸드폰 어플 사용, 절곡 및 수확 방식, 수확 후 저장 수준, 생산량, 출하방식 등으로 주관 및 협동기관에서 공통된 시설현황 표준조사표 기준을 마련하여 활용하였으며, 이를 통해 선도농가의 핵심기술을 도출, 이를 매뉴얼화(중북부 수출내수혼합형/스탠다드, 호남 수출형/스프레이, 영남 내수형/스탠다드)하고 전국 장미 농가를 대상으로 현장 조기 보급하였다. 이 과정에서 SNS 활용을 통해 기술 보급 확산 효율을 증진하는 등 보급체계도 구축하였다.

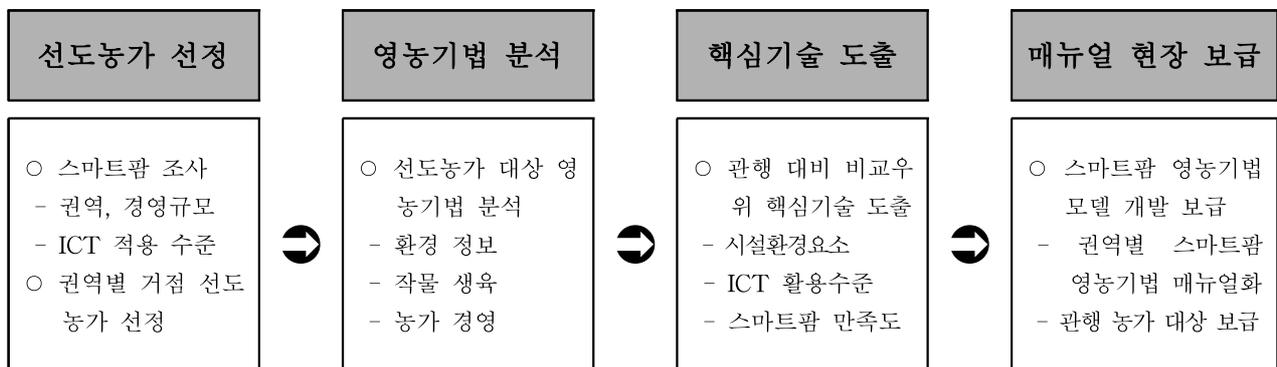


그림 3. 연구개발 범위와 흐름도

## 제2장 연구개발 대상의 국내·외 현황

### 제1절 국내 기술 수준 및 시장 현황

#### 1. 기술현황

##### 가. 스마트팜 기술 개요

스마트팜은 정보통신기술(ICT)을 온실, 축사, 과수원 등에 접목해 원격 및 자동으로 작물과 가축의 생육환경을 적절히 제어할 수 있는 농장으로, 우리나라 스마트팜 기술은 최고기술 보유국(미국) 대비 78.4%로 약 4.6년 기술격차로 도입단계이다(ETRI, 2018). 스마트팜 기술도입은 개방화, 고령화 및 신규농의 진입 부족 등 국내 농업 성장동력 약화에 따른 시설원예 생산기반 약화를 대비하여 농업에 ICT 등 타 산업과의 융복합에 따른 경쟁력 확보와 부가가치 창출증가로 새로운 기회요인이 발생할 것으로 예상된다(경제장관회의, 2018).

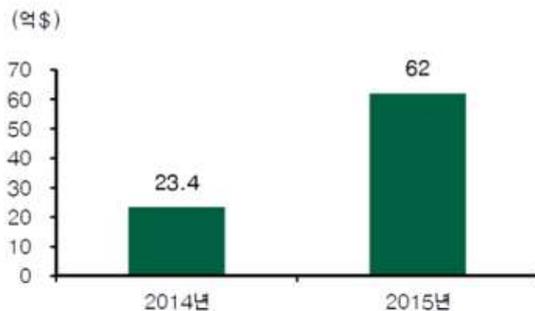


그림 4. 글로벌 스마트농업 기술투자 현황  
(AgTech Investment Report, 2016)

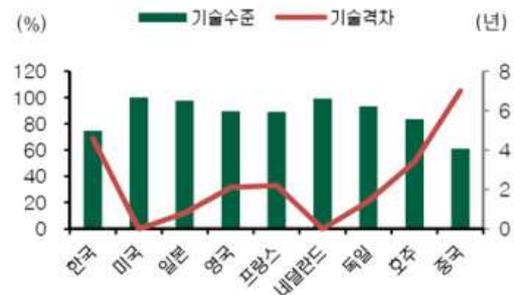


그림 5. 글로벌 스마트농업 기술투자 현황  
(KREI, 2016)

국내 스마트 온실 적용가능 면적은 50,598ha로 세계 3위로 단동형 82%(41,462ha), 연동형 15%(7,595ha)이며, 스마트온실(복합환경제어 적용가능) 면적은 15%(7,595ha), 스마트하우스(일반제어) 적용가능면적은 38%(19,111ha)이다(조일환, 2015). 한편, 전국적으로 스마트팜 보급면적은 2017년 현재 4,010ha로 2013년보다 11.6배 증가했으며, 시설현대화와 연계하여 ICT 기자재 보급(2014년 이후), 스마트온실 신축(2016년 이후), 스마트 원예단지 조성(2017년 이후) 지원으로 증가하고 있다(경제관계장관회의, 2018). 현재까지 스마트팜 보급면적 4,010ha는 수출형(파프리카, 토마토, 장미 등 첨단온실 기반을 둔 주요 수출품목 시설면적 전체) 100%, 연동복합형(오이, 딸기) 30%, 단동간 단동형(참외, 수박) 10%이 포함되며 국내 시설현대화 온실 면적의 약 40% 해당된다. 시설원예 부문의 스마트팜 농가 호수는 파프리카와 토마토가 가장 많았으며, 재배면적은 파프리카가 전체 면적의 절반에 이르는 것으로 나타남. 그에 반해 화훼작물의 스마

트팜 재배면적은 95ha로 전체 시설원에 부분의 4% 수준으로 보고되고 있다(농식품부, 2016).

스마트팜 농가의 스마트팜 시스템 이용은 생육정보를 수집하여 생육환경에 맞게 환경정보를 조절하는 수준의 농가는 29%에 그쳤으며, 대부분은 내외부 온도 조절 및 자동개폐 등 중간 수준 이하의 시설을 보유한 농가가 대부분이다(농촌진흥청, 2017). 농가 스마트 시스템의 국산화율은 72%로 조사되었으나 이는 대부분 단동 및 연동온실에 해당되며, 유리온실과 같은 첨단화된 시설일수록 약 85%가 외국산 시스템이 활용된 것으로 나타났다(전자통신동향분석, 2015). 또한 현재 우리나라의 스마트팜 기술은 주요 부품(센서, 제어기 등)은 외산을 구입하여 시스템을 구축하는 수준이며, 상당수 농가는 외산 시스템을 솔루션 형태로 도입/설치하고 있어 제품 가격 및 운용·유지보수비가 비싸고 제품(부품)간 상호호환성 결여로 유지보수에 어려움을 겪는 등 도입 장애요인이 되고 있다(전자통신동향분석, 2015).

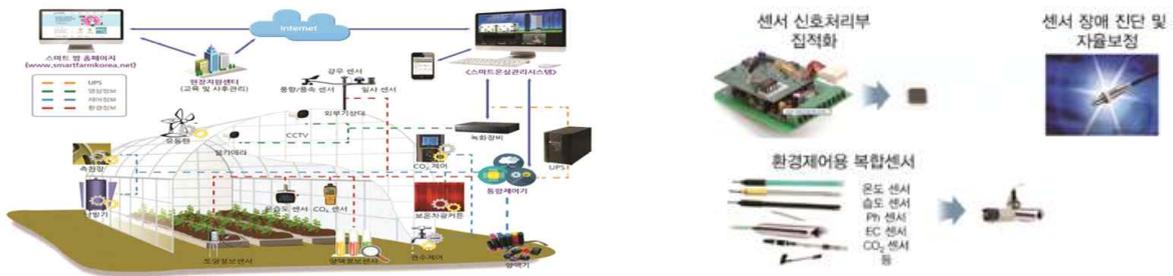


그림 6. 스마트팜 제어 모식도(좌) 및 환경제어용 센서류(우)(전자통신동향분석, 2018)

## 나. 장미 스마트팜 현황 및 기술개발

국내 절화장미 농가수는 2016년 기준 557개소, 재배 품종은 스탠다드 계통 92.4%, 스프레이 계통 7.3%를 차지하며 전체 생산면적 291.8ha 중 97.3%가 시설에서 재배되고 있으며 시설재배의 80% 이상이 양액재배로 전체 화훼류 양액재배의 70%를 차지하고 있다(농식품부 화훼재배 현황, 2017). 장미 재배면적(291.8ha) 중 97%는 연동형 플라스틱하우스 235.7ha(87.4%), 철골 경질온실 29.8ha(11.1%), 철골 유리온실 17.2ha(6.4%)로 우리나라 스마트 온실 적용가능 면적 50,598ha에 포함되며 스마트온실(복합환경제어 적용가능)은 약 18.5%(철골유리+경질판 온실 면적), 스마트하우스(일반제어)는 87.4%(철파이프 연동형 플라스틱하우스 면적)로 구분할 수 있다(농식품부 화훼재배현황, 2017).

표 1. 절화 장미 스탠다드 계통 재배 시설현황(농식품부 화훼재배현황, 2017)

시도별	장미(스탠다드)						
	합계	시설면적(ha)					노지
		소계	철골유리	철골경질 (PC, PE)	철파이프	기타 (목축재 등)	
전국	269.6	262.4	13.2	22.5	225.8	0.9	7.2
경기	121.8	121.1	1.3	3.8	116.1	0	0.7
전남북	50.8	50.8	10.3	14.7	25.7	0.1	0
경남북	37.3	37.3	0.3	1	35.3	0.8	0

표 2. 절화 장미 스프레이 계통 재배 시설현황(농식품부 화훼재배현황, 2017)

시도별	장미(스프레이)						
	합계	시설면적(ha)					노지
		소계	철골유리	철골경질 (PC, PE)	철파이프	기타 (목축재 등)	
전국	22.2	21.8	4	7.3	9.9	0.7	0.4
경기	2.4	2.4	0	0	2.4	0	0
전남북	11.6	11.2	3.8	6.8	0.7	0	0.4
경남북	4.2	4.2	0	0.5	3.1	0.7	0

정부의 스마트팜 지원사업(시설원에 ICT융복합 확산사업)은 2014년부터 시작되었으며 화훼류 품목 전체는 2016년부터 2018년까지 전체 117개소(35.6억 원), 이 중 절화 장미는 15개소(6.27억 원)로 지원금액의 17.6%를 차지하였고, 대상 농가의 소재 지역은 모두 경기도(고양 7, 평택 6, 파주 2개소)로 나타났으며 지원항목은 복합환경관리이다(농식품부 원예경영과, 2018).

표 3. 절화 장미 스마트팜 시설보급 사업대상자 목록(농식품부 원예경영과, 2018)

구분	화훼 시설원에 ICT융복합 확산(스마트팜 시설보급) 사업대상자							
	장미		국화		기타 화훼류		화훼 전체	
	개소	금액(천 원)	개소	금액(천 원)	개소	금액(천 원)	개소	금액(천 원)
2016	7	254,100	1	25,000	67	1,780,410	75	2,059,510
2017	0	0	1	23,100	13	624,710	14	647,810
2018	8	372,980	0	0	20	486,110	28	859,090
합 계	15	627,080	2	48,100	100	2,891,230	117	3,566,410

절화 장미 스마트팜에 대한 직접적인 연구는 국내에서 찾아볼 수 없으나 복합환경제어 및 시설환경관리 관련 연구는 다수 보고되어 있으며 실제로 농가 현장에 일반제어기술 다수가 보급되어 있다(김완순, 2012). 절화 장미 생산 온실 내 환경요인을 연중 분석한 결과, 온도, 습도, 수증기압차 및 일사량은 계절 및 농가별로 편차가 심하였으며, 특히 겨울철에 농가간 차이가 커

지고, 온실 내 환경편차가 가장 큰 겨울철인 1월에 가장 절화수명이 큰 것으로 나타났으나, 외적인 형질은 가장 좋지 못한 것으로 나타났고, 높은 습도에서 재배된 절화의 기공이 크고 증산량이 빨라지는 것으로 나타났다(인병천 등, 2017).

또한 일본 수출시기별로 잠재적 절화수명과 현지 절화수명과의 관계를 비교한 결과, 절화수명은 봄철에 길고, 겨울철에 짧아졌으며 수출 후 절화 고유의 절화수명이 현지하게 단축되어 생산단계 시설환경에 직접적인 영향을 받는 것으로 나타남(인병천 등, 2017)

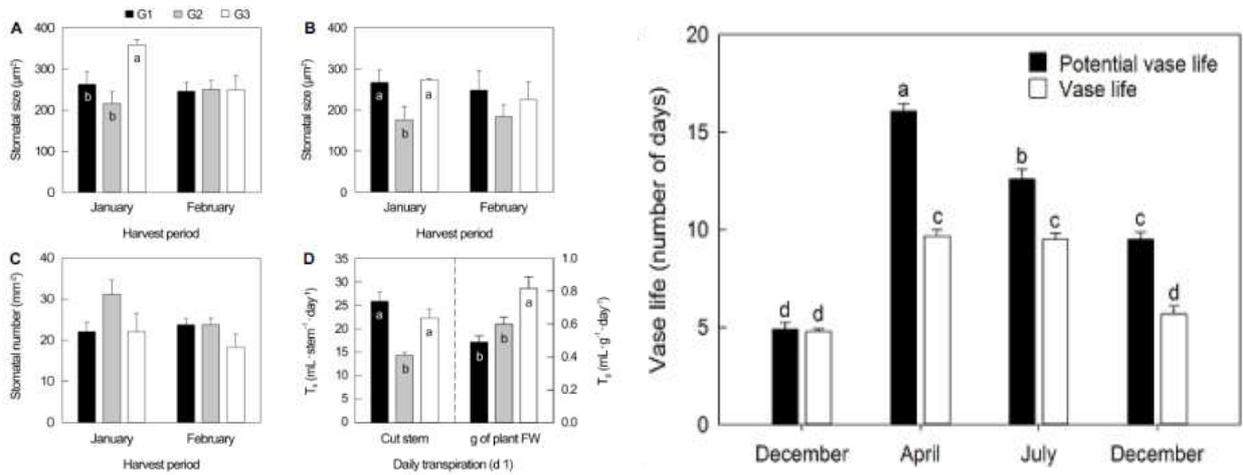


그림 7. 온실 환경조건과 장미 기공특성(좌)과 절화수명(우)과의 관계(인병천, 2017)

절화장미 농가에서는 동절기 시설 내 가온 설정을 20-24℃ 범위로 농가마다 관행적으로 관리하고 있으며 최근에는 보광용 고압나트륨등(HPS light)을 시설 가온 설정온도(20-24℃)로 작동시켜 난방 겸용으로 활용하는 농가가 증가하고 있으며, 이로 인해 야간의 불규칙한 보광환경이 수분스트레스 조건에서 절화 장미의 광합성과 수체 품질에 부정적인 영향을 미치는 것을 보고한 바 있다(Shi and Kim, 2015, 2020).



그림 8 보광등 난방겸용 사용 사례(좌 : 파주 플라스틱하우스, 우 : 전주 유리온실)

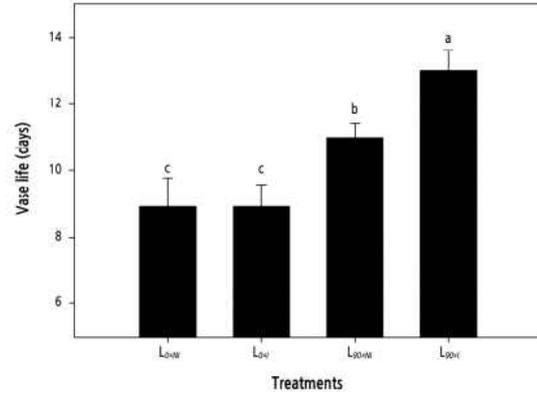
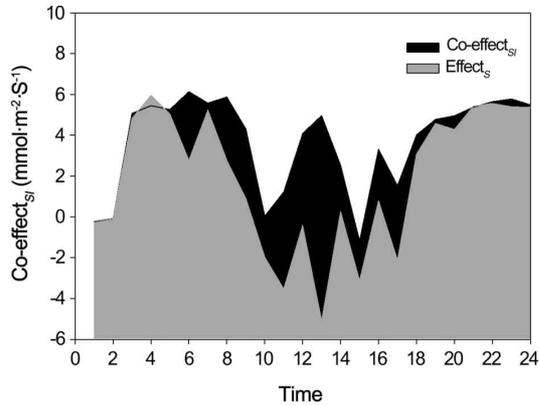


그림 9. 보광 중 수분스트레스에 따른 장미 광합성 효율 저하(좌), 절화수명 변화(우)  
(Shi and Kim, 2015, 2020)

절화 장미 양액관리기술 개발되어 있으나, 농가의 기술 적용수준은 비교적 낮다. 대부분 농가에서는 양액관리를 시간표에 따른 일정량(1회 400mL/주)을 일정 농도(EC 1.2-1.6dS/m, pH 5.6-6.2)로 공급하고 있어 실시간 미기상 환경 기반 급배액관리기술은 연구 수준에서 보고되고 있다(김완순, 2009). 일사량 혹은 급배액 내 무기이온 농도 센서를 이용한 실시간 양액제어기술은 보급되어 있지 않으나, 스마트팜 보급 사업으로 농가에서는 복합환경조절장치와의 연결을 통해 양액공급장치 제어를 시도하고 있다(플라워경기농업법인, 2018).

한편 순환식 수경재배의 경우 연구수준 단계에 머물고 있으며 실행 농가는 거의 없는 실정이나 농가에서의 요구도는 점차 증가하고 있어 이에 대해서도 ICT 융복합 스마트팜 복합환경 제어 프로토콜에 순환식 수경재배방식 적용 옵션을 부착하여 연구할 필요가 있다고 판단된다(원예원, 2016).

장미 수확 예측모델에 대한 국내 연구는 많지 않지만, 절화용 장미의 시설환경에 따른 신초의 성장 모형과 성장 기반 양수분 흡수 모델을 개발, 연중 시뮬레이션 결과가 보고되었으며, 이를 통해 시설 내 온도, 광 환경 변화에 따른 절화 장미 수확 및 양수분 요구도 예측이 가능하고, 주요 미네랄 요구량도 확인할 수 있는 등 농가의 의사결정 지원 프로그래밍 개발이 진행되고 있다(Kim and Lieth, 2012).

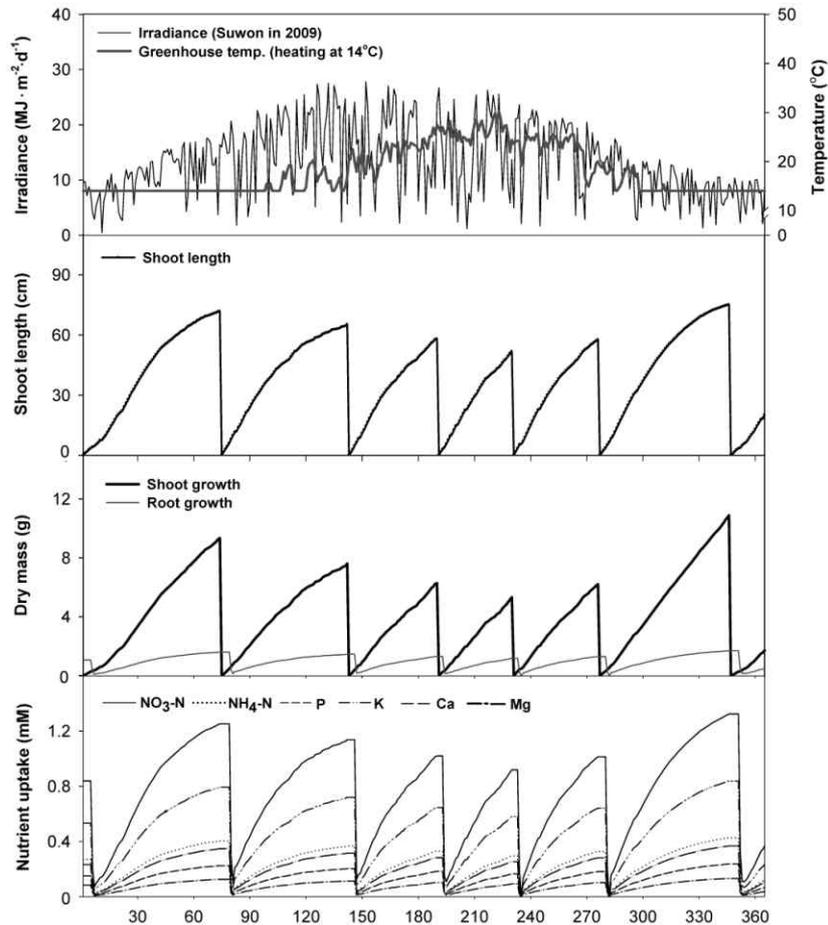


그림 10. 절화용 장미 성장량 변화와 양수분 흡수 시뮬레이션 모델링(Kim and Lieth, 2012)

## 2. 시장현황

### 가. 절화 장미 재배 현황

절화 장미는 1990년 159.0ha에서 2006년 863.5ha로 증가하였으나, 2007년부터 최근까지 감소하여 2016년도 기준 국내 장미 재배면적은 291.8ha, 노지 재배를 제외한 시설 재배 면적만 조사되어 있으며, 생산액은 528억 원으로 전체 절화류 생산액의 29.4%를 차지하고 있다(농식품부, 2017). 스탠다드 절화 장미의 재배 면적 269.6ha, 판매량 135,476본, 판매액은 48,750천 원이며, 스프레이 절화 장미의 재배 면적은 22.2ha, 판매량 14,724본, 판매액 4,064천 원으로 스탠다드가 스프레이보다 재배 면적, 판매량, 판매액이 각각 12.1배, 9.2배, 11.9배 높다(농식품부, 2017). 이와 같이 절화 장미는 90% 이상 시설에서 재배되는 것으로 보고되었으며, 경기, 충청, 전라 지역 내 시설 재배 대비 약 2.6%만 노지로 재배되고 있다(농식품부, 2017).

절화 장미는 경기도(121.8ha), 전라도(50.8ha), 경상도(37.3ha) 순으로 재배되고, 스탠다드 절화 장미는 269.6ha로 고양시(25.9%), 파주시(11.8%), 김해시(10.3%), 전주시(3.6%), 부산 강서구(3.4%), 태안군(1.6%) 순으로 중북부지역과 경상도에서 주로 재배되고 있으며(농식품부, 2017), 스프레이 절화 장미의 재배면적은 22.2ha로 전주시(30.2%), 김해시(18.9%), 장수군(13.5%), 진천군(13.5%), 고양시(9.0%)로 전라도와 경상도가 대부분을 차지하고, 특히 전라지역(11.6ha)에서 절반 이상이 재배되고 있다(농식품부, 2017).

양재동 aT화훼공관장을 기준으로 2016년도 국내에서 유통된 장미는 총 3,255,128속으로, 5월과 10월이 각각 349,223(10.7%), 305,015(9.4%)속으로 판매량이 가장 많으며 1월은 192,067속으로 전체 판매량의 5.9%를 차지하고 있다(YFMC, 2016). 한편, 2018년 현재 양재동 화훼공관장에 등록된 내수용 절화 장미재배농가는 345호로 경기도(172), 전라도(67), 경상도(33)로 각각 49%, 20%, 10%를 차지하고 있다(<http://www.at.or.kr>, 2018).

표 4. 국내 시도별 장미농가 일반 현황(단위 : 호, ha, 천본, 천원)(농림수산식품부, 2017)

시도별	스탠다드 장미				스프레이 장미			
	농가수	면적	판매량	판매액	농가수	면적	판매량	판매액
서울	0	0	0	0	1	0.1	35	16,500
부산	17	9.8	5,505	856,690	1	0	0	0
대구	6	2.8	1,462	600,000	0	0	0	0
인천	11	5.3	885	485	0	0	0	0
광주	15	10.5	7,493	1,738,200	1	0.2	9	500,000
경기	268	121.8	52,098	25,925,894	3	2.4	401	490,000
강원	3	1.2	744	204,000	1	0.4	3	150,000
충청	56	30.0	16,574	4,731,050	9	3.1	2,907	734,650
전라	74	50.8	26,447	6,357,935	11	11.6	9,274	1,382,364
경상	72	37.3	24,269	8,336,446	9	4.2	2,094	790,800
제주	0	0	0	0	0	0	0	0
합계	522	269.6	135,476	48,750,699	35	22.2	14,724	4,064,314

표 5. 내수용 절화 장미 재배 농가 현황(단위 : 호, %)(<http://www.at.or.kr>, 2018)

지역	농가수	비율
부산	1	0.3
대구	2	0.6
인천	9	2.6
광주	15	4.3
경기	172	49.9
강원	1	0.3
충청	45	13.0
전라	67	19.5
경상	33	9.6
합계	345	100

절화 장미는 2003년을 정점으로 재배면적과 생산액이 계속 감소함에도 불구하고, 우리나라에서 판매량 및 판매액이 상위권을 차지하고 있는 화훼 품목으로 수출도 지속적으로 이루어지고 있다. 특히 수출용 장미는 대체로 꽃이 작은 스프레이 계통인 반면, 내수용 장미는 스탠다드 품종에 대한 선호도가 61%인 것으로 높게 조사되고 있다(농진청, 2012). 이것은 연중 생산

되는 장미 농가의 시설환경 및 생육조건이 균일하지 않기 때문에 표준화된 재배를 실시하기 위하여 스마트팜 시설 도입이 필요한 실정이며 이를 통해 균일화된 생산량을 예측할 수 있을 것이다.

### 나. 절화 장미 유통 현황

국내 장미는 내수뿐만 아니라 수출량 또한 높은 품목이며, 세계의 장미산업을 볼 때 절화 장미는 선진국의 우수한 기술력, 개발도상국의 값싼 노동력과 자연조건이 결합되어 연간 교역액이 68억 달러 이상인 최고의 절화품목이다(농진청, 2012). 따라서 국내 장미의 유통량을 높이기 위해서는 계절별 환경에 따른 품질 및 생산량을 균일하게 하고, 국내 화훼 농가에도 ICT 도입이 필요하다. 국내 장미 유통업체 내수 및 수출 규모 조사 결과, 2012년 수출량은 16,830천본(61%), 내수량은 10,750천본(39%)으로 조사되었으며(로즈피아, 2014), 2016년 기준 국내 스프레이 판매량은 9.9%, 스탠다드 판매량은 90.1%이다(KATI 2018). 절화 장미의 유통과 관련해서 스프레이 장미는 대부분 일본에 수출되며, 스탠다드 절화장미는 주로 내수용 품종이나 성수기에 한해 소량 수출되고 있다(Shin, 2014). 국내산 절화 장미의 수출량은 스탠다드, 스프레이 구분 없이 하나의 품목으로 보고 되어있어 형태에 따른 정확한 수출량 분석에는 어려움이 있으며, 2016년 기준 일본(477톤), 중국(6톤), 러시아(3톤), 몽골(1톤)이었으나, 현재는 일본(182톤)으로 주로 수출하고 있다(KATI, 2018). 2017년, 일본과 한국의 비수기 시즌(7~10월)에 스프레이 장미를 중국으로 수출하였으나, 여름 폭염으로 인한 생산량 감소로 수출물량 확보가 어려워 계획 대비 수출을 조기에 종료한 바 있다(aTkati, 2018). 한편 중국의 경우 7월(견우직녀의 날), 10월(국경절) 화훼 소비량이 급증하며, 7~10월은 한국 장미가 남미, 아프리카산 수입 장미와 상대적으로 가격 편차가 적어 가격경쟁력이 있다(aTkati, 2018).

우리나라 장미 수출액은 2010년 34,235천불로 최대를 나타냈으나 최근 경쟁 국가 증가 및 재배면적 감소에 따른 공급량 감소로 내수가격이 수출가격보다 높아 2017년 현재 1,884천불로 감소한 반면, 장미 수입액은 2010년 이후 꾸준히 증가하여 2017년 현재 2,249천불로 2017년 수출액을 초과하는 현상이 나타나는 등 최초로 무역적자가 초래되었으며, 국내 생산기반 붕괴 우려와 함께 수입가격이 매년 높아지고 있어 국내 소비 잠식에 따른 꽃 소비권도 적어질 것으로 심각히 우려되는 상황이다(농진청, 2017; aTkati, 2018).

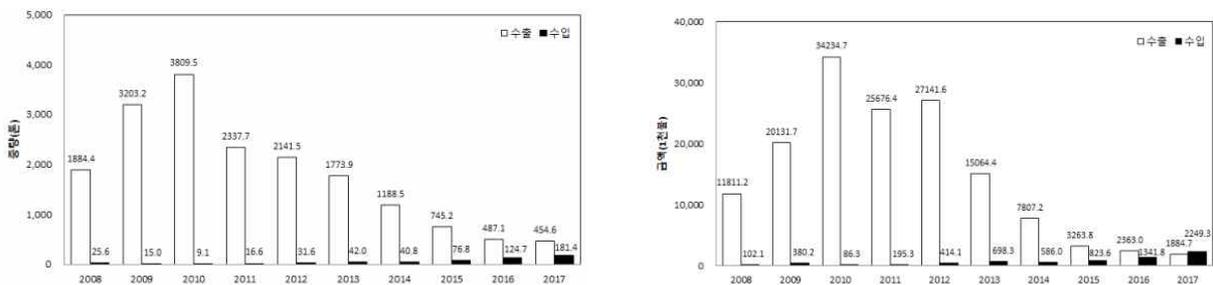


그림 11. 절화 장미 수출 및 수입 현황 비교(aTkati, 2018)

### 다. 국내 스마트팜 시장 현황

- ICT 기술과 농업이 접목한 스마트팜 관련 투자는 해외에서 2014년 기준으로 23억불에서 2015년 62억불 규모로 크게 성장하였으나, 국내 관련 사업은 시작단계이며 스마트팜 관련 기업이 부족한 실정임(현대 able Daily 2016)

- 국내에서 적용되고 있는 스마트팜 온실은 이동통신 3사 중심으로 LG 유플러스는 강원, 경기, 충청 등 100여개 농가에 LTE망으로 스마트팜 솔루션을 연동하는 서비스를 제공하고, SK 텔레콤은 100개 농가 비닐 하우스에 온도 및 습도 측정 센서와 스마트팜 연계시스템을 구축하였음(현대 able Daily, 2016)

- 스마트팜 보급농가 927호 중 시설원예분야의 스마트팜 적용 농가는 760호(전체 농가의 82%)로 파프리카 233호, 토마토 224호, 딸기 79호, 화훼 27호, 기타 197호로 화훼는 전체 스마트팜의 3.5%로 파프리카(30.6%)의 1/10 수준임(농진청, 2016)

- 760호 스마트팜 농가들 중 생육 정보를 수집하여 성장환경에 맞게 환경정보를 조절하는 수준 높은 농가는 29%(223호)뿐이며, 단순 내·외부 온도조절 및 자동개폐 등 중간 수준이하의 시설을 보유한 농가들이 대부분으로 생산성 향상, 노동력 절감 효과에도 불구하고 시설들이 따라갈 수 없거나 효과에 대한 불확신으로 인해 선도 농가를 통하여 스마트팜을 이해하고 시장에 진입할 수 있는 계기 마련 필요함(KREI, 2016)

- 국내 화훼 스마트팜의 대표적인 사례로 고양시 구산동 장미재배농가에서는 0.7ha 면적에서 해마다 8만 송이 장미를 생산하고 있으며 2015년 12월 시설물 원격제어 스마트팜 시스템을 설치하여 PC나 스마트폰 이용 환경변화와 꽃의 상태를 실시간으로 확인한 후 온도, 습도, 양액농도 등을 조절하여 생산량이 20% 증가하였음(농민신문, 2016)

- 주요 품목별 스마트팜 도입에 따른 생산액, 농가 소득 증대 및 노동비 절감 효과를 분석한 결과, 장미 재배 농가에 첨단온실형(3세대) 적용 시 스마트팜 도입 효과가 크지만, 간편관리형(1세대) 스마트팜 적용 시 경제성이 적은 것으로 분석(농진청, 2015)

- 장미농가는 대부분 1세대 스마트팜으로 온실 내 온·습도를 측정하고 취합된 센서 값을 분석하여 냉난방, 환기 장치 등을 자동 및 원격 제어하는 시스템이 주를 이루고 있음

- 특히, 전라도 지역 위주로 재배되고 있는 스프레이 절화장미 농가는 수출을 타겟으로 첨단온실형 스마트팜을 지향하고 있으나 표준 모델이 갖추어 있지 않아 1, 2, 3세대가 혼재되어 운영되고 있어 재배 농가의 노동력 절감 및 경제성 향상을 위해서 간편관리형인 1세대가 아닌 첨단온실형인 2, 3세대 스마트팜 도입이 필요한 실정임

표 6. 한국형 스마트팜 분류 및 장미 스마트팜 농가 추정치(농진청, 2014)

분류		스마트팜 구성	장미 농가
1세대	기본형	환경센서+제어기+CCTV	20
	선택형	기본형+토양·안전센서+관수·액비·양액 제어기+예·경보장치	10
2세대	기본형	1세대 모델+지상부 복합환경제어+빅데이터 분석 및 의사결정지원시스템	-
	선택형	2세대 기본형+생육센서+지하부 복합 환경제어	-
3세대	기본형	2세대 모델+복합에너지관리+농작업 자동화 시스템	-
	선택형	3세대 기본형+작물진단 및 처방 시스템	-

### 3. 경쟁기관현황

#### 가. 스마트팜 연구기관

농진청 농업과학원 농업공학부, 국립원예특작과학원 화훼과 및 시설원예연구소에서 스마트팜 연구개발을 하고 있으나, 절화 장미에 대한 연구는 아직까지 전무하다. 대부분의 스마트팜 연구개발 중인 대학에서도 채소 위주 식물공장 개념의 스마트팜 위주로 연구를 수행하고 있으며 절화 장미에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

#### 나. 스마트팜 참여 기업

2016년 기준 시설원예 부문에 참여하는 4개 기업(그린씨에서, 나래트랜드, 다이시스, 농정사이버)이 있으며 농가에 시스템 보급률이 75%를 점유하고 있다. 스마트팜 활성화 증대를 위해 관련 업체의 참여 및 기술 개발·현장 적용이 더 필요한 실정이다.

#### 다. 스마트팜 선도농가

경기(용인, 인천) 화훼 재배 농가 중 58.2%가 스마트팜 시설 도입하였으나 품목이 다육과 관엽식물로 절화 장미에 대한 시도는 적다. 채소 스마트팜 농가 사례분석으로 충남 부여 우듬지영농조합법인에서는 스마트폰 앱으로 온실 환경 관리, 관측용 카메라 설치로 외부에서 환경 조절, 스마트폰을 활용한 무선관리에 중점을 둠으로서 연매출 13억원에 달하며, 전남 화순 토마토 농가 역시 연동하우스 1.3ha에 PO필름 피복, 탄산가스 시비기술, 양액정밀관리 기술을 적용하여 생산비 55% 증가, 노동력 50% 감소, 에너지 35%를 절감하는 것으로 보고되었다.

한편, 시설화훼 스마트팜 선도농가는 11.9%로 낮은 수준이며 개인 경영으로 진행되고 있으며, 시설원예에서 스마트팜 도입 목적은 품질 향상(21.5%) 및 편의성 증대(23.5%)가 주요 목적이었으며 선도농가들의 스마트팜에 대한 인식이 긍정적임. 시설화훼분야의 스마트팜 투자 만족도 및 시설 확대 의향은 90% 이상으로 만족도 또한 매우 높은 것으로 보고되고 있지만, 지속적인 ICT 관련 온라인·오프라인 컨설팅이 필요한 실정이다.

### 4. 지식재산권현황

키워드는 '스마트팜', '화훼 스마트팜', '장미 스마트팜'으로 검색하였으며, '스마트팜' 특허는 총 970건, '화훼 스마트팜'은 총 3건이었으나, '장미 스마트팜' 관련 특허는 전무하다. 최근 5년간(2012~2017) 출원된 온실 스마트팜 관련 특허는 모두 384건이며, 통합제어 기술(126건, 27%), 재배시설 기술(122건, 26%), 광원 관련기술(98건, 21%), 관수 및 양액공급 기술(47건, 10%), 작물 성장 모니터링 기술(44건, 9%) 등이 보고되었다(KIPO, 2017).

통합제어 기술은 작물별 최적의 환경이 설정되도록 ICT 기반으로 센서를 통합 관리하는 것으로, 최근 5년간 113건이 출원되었으며, 농장 상호 기기 연결기술, 스마트 단말기를 통한 원격 제어 기술 등이 출원되었으며(KIPO, 2017), 재배시설 기술로는 온실, 식물공장, 수경재배 시스템 등 온실 스마트팜에 필요한 시설에 관한 특허가 출원되었다(KIPO, 2017). 광원 관련 기술은 지능형 LED조명, 태양광과 인공광을 결합한 하이브리드 조명, 등에 관한 기술이 출원되었다

(KIPO, 2017).

### 5. 표준화현황

국내 화훼 스마트팜 농가와 일반농가의 생산기술 격차는 8.5년, 시설원예기술은 5.2년, 수확 후 저장 유통기술은 6.3년으로 보고되었으며, 절화 장미의 경우 1995년 이후 꾸준한 시설현대화를 통해 일반 화훼 평균치보다는 기술격차가 2~3년 수준으로 판단된다.

표 7. 국내 화훼 스마트팜 농가와 일반농가의 분야별 기술 수준 격차(농진청, 2016)

분야	구분	국내
화훼생산기술	기술수준	75.9%
	기술격차	8.5년
시설원예기술	기술수준	85.5%
	기술격차	5.2년
수확 후 저장 유통기술	기술수준	82.6%
	기술격차	6.3년

최근 스마트팜 핵심기술 개발 관련하여 토마토의 작물생육 및 수확량 예측모델 개발, 영상 기반 식물생육정보측정 장치 개발, 빅데이터 활용 및 생육관리 소프트웨어 개발, 개방형 환경 제어 플랫폼 개발 등이 국산화되고 있는 수준이다. 또한 국산 표준화 성과 목록의 주요 내용은 온실 센서류, 구동기 및 장비류 등 ICT 기기 25종, 품목별 1세대 스마트팜 모델 현장 및 시범 검증, 클라우드 기반 지능형 2세대 스마트팜 모델 개발(2018), 한국형 스마트팜 ICT 부품 및 장비 국가표준 설정(2018), 플랜트 수출형 3세대 스마트팜 모델 개발 등이 진행되고 있다.

표 8. 최근 스마트팜 SW 및 핵심기술 개발을 국산화하고 있는 내용(농진청, 2016)

국산화 핵심기술 내용	개발년도
· 토마토의 작물생육 및 수확량 예측모델 개발	2017
· 영상기반 식물생육정보측정 장치 개발	2018
· 빅데이터 활용 및 생육관리 소프트웨어 개발	2018
· 개방형 환경제어 플랫폼 개발	2016

표 9. 국산 표준화 성과 목록(농진청, 2016)

국산 표준화 성과 목록	비고
· 온실 ICT 기기 25종(온실 센서류 13종, 구동기 및 장비류 12종)	2017
· 품목별 1세대 스마트팜 모델 현장검증(원예 7), 시범실증(원예 7)	2018
· 클라우드 기반 지능형 2세대 스마트팜 모델 개발(토마토)	2018
· 한국형 스마트팜 ICT 부품 및 장비 국가표준 설정	2018
· 플랜트 수출형 3세대 스마트팜모델 개발:에너지최적화, 농작업자동화, 로봇기술(토마토)	2020

## 6. 기타현황

우리나라 스마트 농업은 생산시스템(스마트팜), 식물공장, 지능형 농작업을 포함하여 2012년에 2조 4천억, 2014년에 3조 1천억, 2016년에 4조 1천억 규모로 매년 14.5% 성장하며, 특히 식물공장의 연평균 성장률이 53.3%에 달하는 것으로 보고되었다.

표 10. 국내 스마트 농업 관련 시장 현황 및 전망(World Agricultural Equipment, 2013)

구분	2012	2013	2014	2015	2016	연평균 성장률
생산시스템 (스마트팜)	1조 3,378억	1조 4,274억	1조 5,231억	1조 6,251억	1조 7,340억	6.7%
식물공장	500억원	767억	1,175억	1,800억	2,759억	53.3%
지능형 농작업	1조 417억	1조 2,500억	1조 5,000억	1조 8,000억	2조 1,600억	20.0%
합계	2조 4,295억	2조 7,541억	3조 1,406억	3조 6,051억	4조 1,699억	14.5%

## 제2절 국외 기술 수준 및 시장 현황

### 1. 기술현황

#### 가. 국외 스마트팜 도입현황

미국농업은 농산물 생산량 및 교역량 측면에서 세계적 큰 비중 차지, 19세기 후반부터 농업 기반시설 구축 연구 및 지도사업, 기계화 등을 통해 농가의 규모화, 품목의 전문화 및 농작업의 기계화 등을 달성하고 있다. 일본은 2017년 인공지능, 빅데이터, IoT, 로봇 등 핵심기술의 개발과 현장 적용을 강조하고, 국가적으로 중요한 인공지능 활용 연구개발과제 발굴과 빅데이터를 구축하면서 연구개발을 지속해야하는 분야에 대해 중점으로 추진하는 '인공지능 미래농업 창조프로젝트' 등을 추진계획하고 있다. 네덜란드의 농업 ICT융합 R&D인 정밀화사업(PPL: Programma Precisie Lanbouw)은 민관 파트너십형 사업으로 농업의 정밀화를 통한 에너지 사용량의 억제 및 온실가스 감축을 목표로 하고, '푸드벨리' 설치와 ICT기반의 경매 시스템과 우수한 물류 인프라를 결합시켰다. EU는 ICT, 로봇, 빅데이터 등의 핵심기술을 활용하여 지속 가능하고 생산적인 농업농촌 구현, 정밀농업에서 빅데이터 분석 및 의사결정 지원을 통한 지능화된 스마트농업의 구현을 핵심 목표로 세우고 있다.

#### 나. 국외 스마트팜 기술 동향

미국의 정밀농업(Precision Agriculture)은 관찰(조사)→처방(분석)→농작업→결과분석 단계로 이루어지며, '빅 데이터'기법으로 분석하여 해당 지역에 최적 농법을 처방하는 방식을 지향하고 있다. 예를 들어 곡물을 재배하는 과정에서 작물 선택, 파종 시기, 시비량 조절 등 40가지 의사결정을 지원한다.

네덜란드의 정밀농업의 정밀화 사업(PPL)은 다양한 센서를 이용하여 공기 중의 이산화탄소량, 온도, 습도 등 작물 주변 환경정보를 수집하며, 사용자 설정이 가능한 소프트웨어로 다수의 시설 내 공간 블록을 동일한 조건으로 제어, 또한, 근권부 센서를 통한 각종 무기염류, 필수영양소, 수분의 양, 산성도, 배지의 함수비와 EC 등 근권부 환경의 정밀제어를 지원, 온실 내 재배환경요인에 따른 수확량 예측하고, 온실 내 병충해를 탐지하여 해충 판독을 자동으로 할 수 있는 시스템이 개발·보급되고 있으며, 다중스펙트럼 카메라를 이용한 병해 탐지를 위한 기술이 개발되어 시험 중이다.

일본의 기업들은 농업분야에 ICT 기술을 접목. 후지쓰의 아키사이는 IoT 센서를 이용하여 기온, 지온, 수분, 일사량, 토양의 비료농도 등의 측정된 정보가 수분 간격으로 클라우드 서버에 전송되어 분석·예측 등을 수행한 후 각 농가에 최적의 물과 비료의 양을 제시하고, 농가별 생산계획과 수확량 예상 등을 확인하고 일괄 관리할 수 있도록 하여 농산물 조달 계획 수립을 위한 기반 데이터로도 활용된다. 또한 온실 내에 설치되는 온습도, 조도 센서를 통하여 획득된 데이터를 이용하여 누적온도 기반의 작물생육 예측 모델과 스케줄 및 환경정보를 표시한다.

이탈리아 양돈개체관리 시스템(PigWise)은 RFID 인식기와 카메라를 이용하여 개체별 사료섭취 및 행동 데이터를 수집·분석하고 성장, 건강 및 복지에 문제 발생 시 알람기능을 가진다. 또한, 벨기에 루벤대학과 이탈리아 밀란대학은 돼지의 발성음 및 기침소리를 통하여 건강상태, 복지수준 및 질병 감염 등에 대해서 실시간 모니터링하여 어린 돼지 등의 호흡기 질병 감염의

조기 경보 및 돈사의 최적 환경을 제어할 수 있는 시스템을 개발하여 실증·평가를 실시하고 있다.

## 2. 시장현황

### 가. 국외 장미 재배 및 유통 현황

전 세계 꽃 재배 면적은 190,000ha, 수출액은 160억 불 이상이며, 총 수출량 중 네덜란드가 45%를 차지하고 있다(GTA, 2017). 세계 장미의 주요 생산지는 남미와 아프리카지역으로, 국가별 재배면적으로 콜롬비아 3,000ha, 케냐 2,800ha, 에콰도르 2,500ha, 에티오피아 800ha, 네덜란드 360ha이다(Veys, 2012).

콜롬비아의 2017년 화훼 재배 면적은 총 8,000ha이며, 이 중 약 7,000ha는 온실 재배, 1,000ha는 노지 재배로 96%는 수출되며, 4%만 국내 시장에서 유통 및 상업화되고 있다(Han, 2017). 또한 전체 90개국에 수출 중이며 주로 서유럽, 북미 및 일본 지역에서의 수요가 높고, 재배되는 꽃의 75% 이상을 미국으로 수출하고 있으며 수출액은 8억8천만 불로 지난해보다 7.7% 증가하였다(Han, 2017).

일본의 2015년 장미 재배 면적은 2,120ha이며, 생산액은 14억 엔이며(Heo, 2018), 주요 장미 수입시장은 연간 20억 엔 규모로, 주 수입국은 인도, 케냐, 한국, 화란, 에콰도르, 콜롬비아, 베트남 등으로 매년 증가세이나 한국산은 국내 수출여건 악화, 수출국과의 경쟁심화로 시장점유율 하락세에 있다(Shin, 2014).

케냐는 원예 상품 중 꽃의 수출량이 32.5%로 가장 높고 이 중 절화류의 수출량이 90.3%로 대부분 수출에 의존하며 주로 유럽연합으로 수출하고 이 중 네덜란드 수출물량이 전체의 67%(72,318천본), 영국은 17%(18,635천본)를 차지한다(HCDA, 2011). 케냐산 장미는 전체 절화 생산량의 3분의 1을 차지하며, 2011년 장미 재배를 위해 150ha의 온실이 건립되었으며, 2012년 200ha의 온실이 추가적으로 건립되어 2012년도 케냐 장미 재배 농가 110호, 재배 면적 2,400ha로 증가하였다(Lee, 2013). 장미 수요는 2월과 5월에 집중되어 수요의 계절성을 띄고 있으며, 유럽의 여름 동안 케냐의 화훼 생산량은 추워지는 날씨로 인해 점차 감소하고 동시에 유럽의 수요 또한 감소하여 케냐산 장미의 주요 수출 시기는 9월~6월이다(Lee, 2013). 한편, 아프리카의 장미는 주로 유럽과 중동으로 수출되며, 남미지역의 장미는 미국, 캐나다 및 러시아로 주로 수출되어 소비되고 있다(농진청, 2017).

인도의 장미는 최근 품질개선 및 정부지원책으로 한국을 제치고 수입국 1위로 부상하였으며, 중남미(콜롬비아, 에콰도르) 및 케냐, 베트남, 중국산 등의 장미가 수입증가 추세에 있다(KATI, 2014).

### 나. 스마트팜 시장 현황

미국, 일본, 네덜란드는 스마트팜 분야의 선두 주자이며, 특히 미국의 경우 농가들의 80% 이상이 스마트팜 기술을 이용하고 있다(Kotra, 2016). 현재 미국 구글(Google)사의 경우 토양, 수분, 작물건강에 대한 빅데이터를 수집해 종자, 비료, 농약 살포에 도움을 주는 인공지능 의사결정 지원시스템 기술 개발을 시도하고 있다(삼정 KPMG, 2016). 미국의 농업생물공학 기업인 '몬산토'는 미국 250만개 지역의 주요 기후정보와 과거 60년간 수확량 데이터, 1,500억 곳의 토

양데이터를 확보한 '클라이미트 코퍼레이션'을 인수하여 기능형 소프트웨어 플랫폼을 개발하여 공급 중이다(현대 able daily, 2016).

네덜란드 프리바(Priva)사는 세계 최고 수준인 온실 환경제어 시스템을 생산하여 세계 각국에 수출하고 있으며(삼정 KPMG, 2016), 스마트팜을 도입하고 있는 네덜란드의 화훼농업의 대표적 기업인 '플리그트 프로페셔널'은 농촌 노동인구가 적고 인건비가 높은 조건에서 생산비용을 줄이고 수익을 높이기 위해 도입했으며 2016년에는 약 60억 원의 매출을 올렸다는 보고가 있다(서울신문, 2016; 세계농업, 2017).

네덜란드 외에도 대규모로 다양한 농작물을 재배하는 유럽에서는 강력한 농업지원 정책과 어그테크(Agtech)발전이 유리한 환경에 힘입어 향후 정밀농업이 확대 될 것으로 전망된다(BMI Research, 2017). 특히 EU는 ICT 분야의 연구기관 및 스타트업을 지원하는 다양한 프로그램을 진행하고 있기 때문에 향후 Agtech의 발전 가능성이 매우 높다(BMI Research, 2017). 유럽 위원회에서는 Horizon 2020년 프로젝트 중 하나로 장미의 전정을 위한 원예로봇 기술개발 프로젝트를 진행 중이다(European Commission, 2016).

일본은 네덜란드형 모델을 지향하며 농업의 스마트화를 추진하고 있으며, 2020년 일본 스마트농업 시장은 308억 엔 수준으로 2013년 대비 3.6배 성장을 목표로 하고 있다(세계농업, 2016). 또한 후지쯔, NEC, NTT 등의 대기업이 농업분야에 ICT기술을 접목하여 다양한 서비스를 제공하고 있다(현대 able daily, 2016). 특히 후지쯔는 농업관리 클라우드 서비스, 농업 생산관리 서비스 및 물류서비스를 제공하고 있다(농진청, 2015).

중국은 현재 무선센서 예측, 원격 모니터링 시스템 등의 기술이 발전하면서 농업생산자동화, 원격조절이 가능하게 되었으며 스마트농업 건설단계를 가속화시키고 있다(Kotra, 2016). 또한, 중국은 2016년 '신젠타'를 인수하여 스마트농업 및 스마트팜 관련 산업을 시작하고 있다(현대 able daily, 2016).

## 2. 경쟁기관현황

미국의 살리나스 벨리센서를 통한 생육 자동 모니터링, 무인농업로봇을 개발하여 농사에 활용하고 있으며, 구글은 토양과 수분, 작물건강 등에 대한 빅데이터를 수집하여 종자와 비료, 농약 살포에 도움을 주는 인공지능 의사결정 지원시스템 기술을 개발 중이다. 덴마크의 크리스텐션은 컨트롤된 환경에서 광, 공기, 냉난방 등을 조절하여 식물을 공산품처럼 계획 생산하고 있으며, 벨기에의 홀티플란은 재배베드자동이송시스템(MGS: Mobile Gully System)을 중심으로 묘 자동이식조정방식, 자동재식거리조정방식, 재배베드가 수확장소로 이동하는 방식이 개발되어 있다. 일본 와이즈와카마츠 Akisai 채소공장은 후지쯔 그룹의 'clean room' 폐쇄형 식물공장으로, 첨단기술을 집약시켜 활용가능하며 대량 수확이 가능함. 식·농 클라우드인 Akisai 재배 환경과 작물품질의 상관관계를 데이터를 통해 파악하여 대기 및 주변 환경의 영향을 받지 않고 안정적으로 농산물을 재배하며(삼정 KPMG, 2016), (주) 그란파는 요코하마 돛형 식물공장으로, IT 기술을 통해 수온, 온도, pH, 비료 농도가 자동 조절돼 계획 재배 및 출하가 가능하며, 생산자와 구매자 간 매칭까지 종합적으로 지원한다(세계농업, 2017). 한편, 네덜란드 Priva, Hortimax, WagenigenUR 등 기업, 대학, 연구소와 정부 간 긴밀한 협업을 통해 그린포트 6개 클러스터와 시드밸리를 구성하여 관련 산업을 적극 추진하고 있다.

### 3. 지식재산권현황

주요 키워드는 ‘smart farm’, ‘flower smart farm’, ‘rose smart farm’으로 검색하였으며, ‘rose smart farm’ 관련 특허는 전무하다. 국외에 등록된 ‘smart farm’은 총 9,163건으로 미국이 8,552건, 유럽이 535건, 일본이 71건, 중국이 5건 정도이다. 주요 특허기술로는 Farm work machine, farm work management method, farm work management program, and recording medium recording the farm work management program(미국), Systems and methods for monitoring components of a remote access server farm(미국), Technology sharing during demand and supply planning in a network-based supply chain environment(미국), Smart sustainable agricultural/aquacultural system and methods(미국), Methods and apparatuses for pairing of a mobile terminal with a farm control and monitoring system(EU), Farm work machine and farm work management program(일본) 등이 보고되었다(KIPO, 2018). 한편, 국외에 등록된 ‘flower smart farm’은 미국 195건, 유럽 20건, 일본 1건 정도이다.

### 4. 표준화현황

현재 선진국의 원예기술의 핵심기술은 신품종 개발, 규모화·단지화, 자동화·기계화, 정보화·ICT 농업, 에너지와 환경관리 등으로 구성되어 있으며, 이러한 각 부분에 대한 표준화가 해외에서 구축되어 있다. 우리나라의 화훼 생산기술은 EU(100%)보다 8.5년, 일본보다 4.2년 뒤떨어져 있으며, 중국보다는 4.3년 앞서고 있는 것으로 분석되었으며, 생산기술, 시설원예기술, 수확 후 저장유통기술 전반적으로 유사하다(원예기술수준 및 선진국 기술동향, 2017).

표 11. 스마트팜 관련 표준화 작업의 분야별 수준(원예기술수준 및 선진국 기술동향, 2017)

분야	구분	국내	EU	일본	중국
화훼생산기술	기술수준	75.9%	100%	91.4%	67.7%
	기술격차	8.5년	0년	4.3년	12.7년
시설원예기술	기술수준	85.5%	100%	86.0%	62.2%
	기술격차	5.2년	0년	4.2년	12.8년
수확후 저장 유통기술	기술수준	82.6%	100%	96.8%	67.7%
	기술격차	6.3년	0년	1.0년	12.1년

### 5. 기타현황

콜롬비아의 경우 정부 주도하에 콜롬비아 농림·농촌 개발부(MinAgricultura)와 콜롬비아 화훼수출협회(ASOCOLFLORES)는 ‘화훼 품질 개선’ 목표를 가지고 화훼 생산 농가에 기계 및 재배규모 지원 등 농가 경쟁력 향상을 위해 투자하고 있다(Han, 2017). 콜롬비아의 경우 온실 재배 비중이 전체 화훼 재배 면적의 90% 이상으로 대부분 비닐하우스로 폴리염화비닐, 저밀도 폴리에틸렌, 에틸렌초산비닐을 피복재로 사용하고 있다(Han, 2017). 따라서 가격경쟁력 확보한 진출 전략이 요구되며, 온도 및 습도를 자동으로 조절하는 스마트 온실, 천연가스 시스템, 비료순환 시스템 등 스마트 산업 흐름에 따라 ICT를 접목해 원격, 자동으로 유지 및 관리하는 스마트팜 도입이 빠르게 추진하고 있다(Han, 2017).

# 제3장 연구수행 내용 및 결과

## 제1절 연구수행내용

### 1. 연구개발의 목표

#### 가. 최종목표

- 장미 스마트 영농기법 모델화 및 매뉴얼 보급 확산
- 장미 스마트팜 선도농가 권역별 거점 구축

#### 나. 세부목표

- ICT 융복합 장미 스마트팜 선도농가 선정(1년차)
- 장미 스마트팜 선도농가 영농활동 과학적·기술적 검증 및 분석(2년차)
- 장미 스마트팜 영농기법 모델화 매뉴얼 작성 및 현장 조기 보급(3년차)

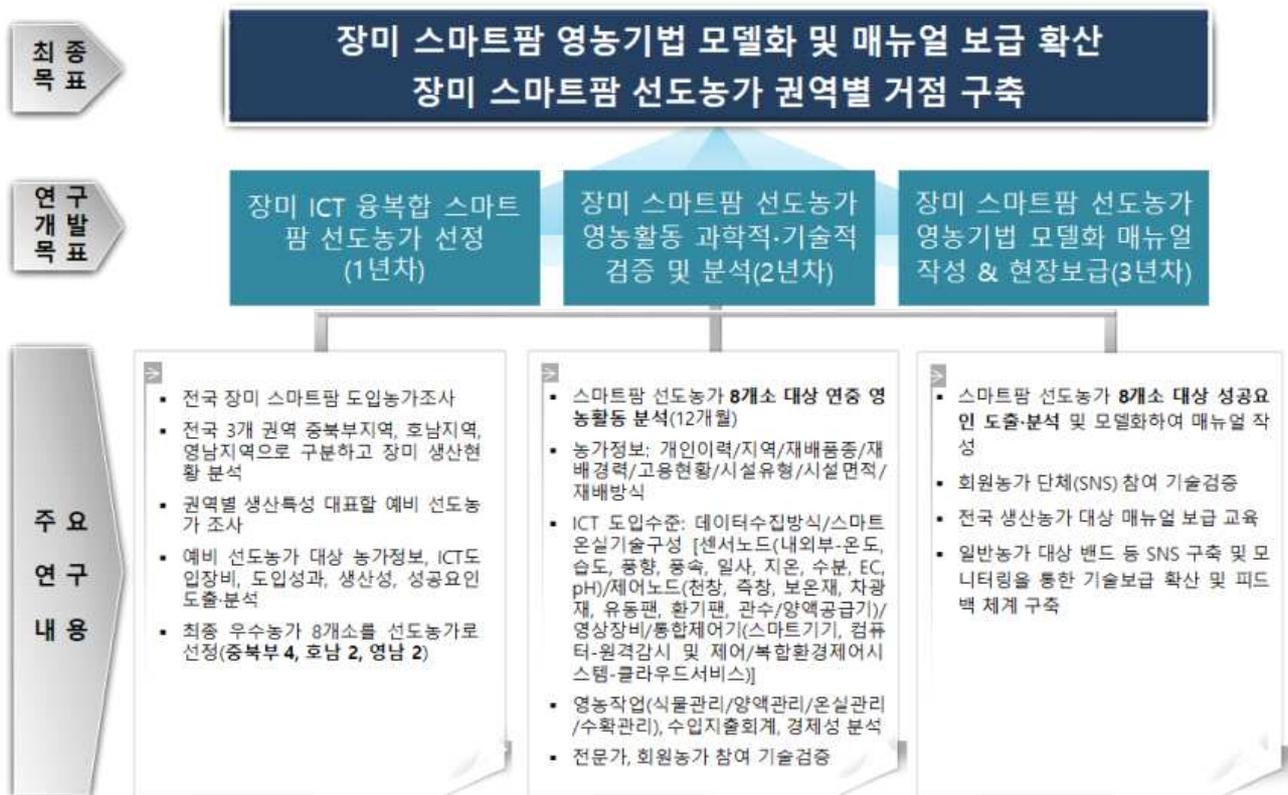


그림 11. 연구개발 최종 목표 및 주요 연구내용 모식도

2. 연구개발의 내용

가. 주관연구기관(서울시립대) : 중북부지역 내수수출 통합형 장미 스마트팜 영농기법 모델화연구

<b>세부 목표</b>	<b>중북부지역 장미 스마트팜 영농기법 모델화 및 매뉴얼 보급 확산 중북부지역 거점 스마트팜 선도농가 구축</b>		
<b>연차 목표</b>	중북부지역 장미 스마트팜 선도농가 선정 (1년 차)	중북부지역 장미 스마트팜 영농기법 분석검증 (2년 차)	중북부지역 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼 보급확산 (3년 차)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>중북부지역 장미 스마트팜 도입 농가 목록화 및 재배현황 조사</li> <li>중북부지역 장미 스마트팜 예비 선도농가 대상 농가정보, ICT 도입장비, 도입성과, 생산성, 성공요인 도출·분석</li> <li>최종 우수농가 4개소 선정(내수·수출 통합형 ST 절화 재배/ 정부 지원사업 대상 농가 위주)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>중북부지역 선도농가 4개소 대상 영농활동 분석(12개월)</li> <li>농가정보, ICT 도입수준, 영농작업, 수입지출회계, 경제성분석</li> <li>스마트팜 핵심기술 요인분석</li> <li>연중 구축한 DB와 절화수량, 절화품질, 생산비용, 농가소득간 요인분석 실시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>절화 장미 스마트팜 최적 재배법 한국형 모델화 및 매뉴얼 개발</li> <li>회원농가 단체(SNS) 참여 검증</li> <li>전국 생산농가 대상 매뉴얼보급(60개소) 및 거점교육</li> <li>일반농가 대상 밴드 등 SNS구축 및 모니터링을 통한 기술보급 확산, 피드백체계 구축</li> </ul>
<b>성과 목표</b>	논문 3편   학술발표 4건   교육지도 26건   인력양성 1건   정책활용 1건   매뉴얼보급 60개소		

그림 12. 연차별 개발목표 및 내용(서울시립대)

나. 제1협동연구기관(단국대학교) : 호남지역 수출형 장미의 스마트팜 영농기법 모델화 연구

<b>세부 목표</b>	<b>호남지역 스마트팜 영농기법 모델화 및 매뉴얼 보급 확산 호남지역 거점 스마트팜 선도농가 구축</b>		
<b>연차 목표</b>	호남지역 장미 스마트팜 선도농가 선정 (1년 차)	호남지역 장미 스마트팜 영농기법 분석검증 (2년 차)	호남지역 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼 보급확산 (3년 차)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>호남지역 장미 스마트팜 도입 농가 목록화 및 재배현황 조사</li> <li>호남지역 장미 스마트팜 예비 선도농가(3개소) 대상 농가정보, ICT 도입장비, 도입성과, 생산성, 성공요인 도출·분석</li> <li>최종 우수농가 2개소 선정(수출형 SP 절화 재배/ 정부 지원사업 대상 농가 위주)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>호남지역 선도농가 2개소 대상 영농활동 분석(12개월)</li> <li>농가정보, ICT 도입수준, 영농작업, 수입지출회계, 경제성분석</li> <li>스마트팜 핵심기술 요인분석</li> <li>연중 구축한 DB와 절화수량, 절화품질, 생산비용, 농가소득간 요인분석 실시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수출형 스프레이 장미 스마트팜 최적 재배법 모델화 및 매뉴얼 개발</li> <li>회원농가 단체(SNS) 참여 검증</li> <li>전국 생산농가 대상 매뉴얼보급(20개소) 및 거점교육</li> <li>일반농가 대상 밴드 등 SNS구축 및 모니터링을 통한 기술보급 확산, 피드백체계 구축</li> </ul>
<b>성과 목표</b>	기술이전 1건   논문 3편   학술발표 4건   교육지도 17건   인력양성 1건   매뉴얼보급 20개소		

그림 13. 연차별 개발목표 및 내용(단국대학교)

다. 제2협동연구기관(영남대학교) : 영남지역 내수형 장미의 스마트팜 영농기법 모델화 연구

<b>세부 목표</b>	<b>영남지역 장미 스마트팜 영농기법 모델화 및 매뉴얼 보급 확산 영남지역 거점 스마트팜 선도농가 구축</b>		
<b>연차 목표</b>	영남지역 장미 스마트팜 선도농가 선정 (1년 차)	영남지역 장미 스마트팜 영농기법 분석검증 (2년 차)	영남지역 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼 보급확산 (3년 차)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 영남지역 장미 스마트팜 도입 농가 목록화 및 재배현황 조사</li> <li>▪ 영남지역 장미 스마트팜 예비 선도농가(3개소) 대상 농가정보, ICT 도입장비, 도입성과, 생산성, 성공요인 도출·분석</li> <li>▪ 최종 우수농가 2개소 선정 (내수형 ST 절화 재배/ 정부 지원사업 대상 농가 위주)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 영남지역 선도농가 2개소 대상 영농활동 분석(12개월)</li> <li>▪ 농가정보, ICT 도입수준, 영농작업, 수입지출회계, 경제성분석</li> <li>▪ 스마트팜 핵심기술 요인분석</li> <li>▪ 연중 구축한 DB와 절화수량, 절화품질, 생산비용, 농가소득간 요인분석 실시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 내수형 스탠다드 장미 스마트팜 재배법 모델화 및 매뉴얼 개발</li> <li>▪ 회원농가 단체(SNS) 참여 검증</li> <li>▪ 전국 생산농가 대상 매뉴얼보급 (20개소) 및 거점교육</li> <li>▪ 일반농가 대상 밴드 등 SNS구축 및 모니터링을 통한 기술보급 확산, 피드백체계 구축</li> </ul>
<b>성과 목표</b>	논문 3편   학술발표 4건   교육지도 17건   인력양성 1건   매뉴얼보급 20개소		

그림 14. 연차별 개발목표 및 내용(영남대학교)

## 제2절 연구수행결과

### 제1세부과제 : 중북부지역 내수·수출 통합형 장미 스마트팜 영농기법 모델화 연구

#### 1. 중북부지역 장미 스마트팜 시설재배현황 조사

##### 가. 세부연구목표

- 중북부지역 절화 장미 스마트팜 선도농가 대상 보유 시설 조사

##### 나. 조사 내용 및 방법

중북부지역 스마트팜 재배시설에서 내수·수출 통합형 장미를 생산하는 고양시, 파주시 소재 농가 4곳을 대상으로 스마트팜 운영현황 표준 조사표에 근거하여 농가 기본 정보, 시설 현황 정보, 재배 현황 정보, 스마트팜 시스템 현황 정보, 농가 경영 현황 정보, 데이터 DB 단위 및 측정 기준 등을 상세히 조사하였다.

표 12. 중북부지역 장미 스마트팜 조사 대상 예비 농가 목록

	농가	지역	경영 유형	재배 방법	면적 (m <sup>2</sup> )	스마트팜 운용연수	ICT도입장비
중북부	이○세	고양시	조합	수경	4,290	1	복합환경제어기, 센서노드, 제어노드(양액공급)
	이○순	고양시	조합	수경	2,935	1	복합환경제어기, 센서노드, 제어노드(양액공급)
	임○완	고양시	조합	수경	4,011	2	복합환경제어기, 센서노드, 제어노드(양액공급)
	이○덕	고양시	조합	수경	2,805	1	복합환경제어기, 센서노드, 제어노드(양액공급)
	임○완	파주시	조합	수경	3,960	일반	관행

표 13. 장미 스마트팜 선도 농가 기본 정보 조사표

항 목	내 용
1. 농장명	
2. 농장주소	
3. 농장주 성명	/
4. 성별/나이	/ 세
5. 재배 경력	
6. 참여 인력	<input type="checkbox"/> 본인 <input type="checkbox"/> 본인 외 가족 1명 <input type="checkbox"/> 외국인 인력 유·무/ ( )명
7. 기타 사항	

표 14. 장미 스마트팜 선도 농가 시설 현황 조사표

항 목	내 용
1. 시설 유형	<input type="checkbox"/> 플라스틱 <input type="checkbox"/> 유리 (측고 : 동고 : m)
2. 연동 유무	<input type="checkbox"/> 단동 <input type="checkbox"/> 연동 ( )
3. 설치시기/면적 (m <sup>2</sup> )	/
4. 난방 방식	<input type="checkbox"/> 등유/경유 <input type="checkbox"/> 전기 <input type="checkbox"/> 기타 목탄/석탄
	<input type="checkbox"/> 보일러 <input type="checkbox"/> 온풍기 <input type="checkbox"/> 보광 <input type="checkbox"/> 히트펌프
5. 냉방 방식	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유(에어컨/히트펌프/포그증발냉각/기타)
6. 차광용 스크린	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유(1겹-재질: , 2겹-재질: )
7. 보온용 스크린	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유(1겹-재질: , 2겹-재질: )
8. 천창 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	지상
	지하
	수확 후 관리
11. 내부 장치 모식도	시설 평면도와 각종 장치 및 센서류 위치 표기) ☞ 제어루틴 분석용

표 15. 장미 스마트팜 선도 농가 재배 현황 조사표

항 목		내 용	
1. 품종	품종 수	( ) 품종	
	품종명(타입)		
	품종별 재식주수		
	품종 선택기준	<input type="checkbox"/> 수량 <input type="checkbox"/> 화색 <input type="checkbox"/> 꽃 크기 <input type="checkbox"/> 빠른 성장 <input type="checkbox"/> 병충해 <input type="checkbox"/> 주변 권유 <input type="checkbox"/> 기타( )	
	품종 갱신주기	평균 ( ) 년	
2. 재배 방식		<input type="checkbox"/> 토경 <input type="checkbox"/> 수경	
3. 배지 종류		<input type="checkbox"/> 암면 <input type="checkbox"/> 필라이트 <input type="checkbox"/> 암면+필라이트 <input type="checkbox"/> 코이어 <input type="checkbox"/> 기타( )	
4. 수확 방식	수확 시기	년	<input type="checkbox"/> 연중 <input type="checkbox"/> 특정 계절( )
		주	<input type="checkbox"/> 매일 <input type="checkbox"/> 특정 요일( )
		일	<input type="checkbox"/> 오전 <input type="checkbox"/> 오후 <input type="checkbox"/> 야간
	저장고 유무	<input type="checkbox"/> 유 <input type="checkbox"/> 무	
저장고 설정온도		( ) °C	
5. 출하 방식	유통(%)	국내	<input type="checkbox"/> 경매장( ) <input type="checkbox"/> 도·소매장( ) <input type="checkbox"/> 공선장( )
		국외	<input type="checkbox"/> 경매장( ) <input type="checkbox"/> 도·소매장( ) <input type="checkbox"/> 공선장( )
	출하시기	국내	월, 화, 수, 목, 금, 토, 일
		국외	월, 화, 수, 목, 금, 토, 일
6. 습식 유무	국내 유통	<input type="checkbox"/> 건식 <input type="checkbox"/> 습식(정부 보조 유·무)	
	국외 수출	<input type="checkbox"/> 건식 <input type="checkbox"/> 습식(정부 보조 유·무)	
7. 재식 모식도		(재배품종 재식 위치 표기)	

표 16. 장미 스마트팜 선도 농가 스마트팜 시스템 현황 조사표 (뒷장 계속)

항 목		내 용			
1. 시스템 개요	설치시기				
	설치비용/보조금	/			
	제조사/주소	/			
	스마트폰 어플				
2. 제어부	채널수( 개) 및 연결 작동부	1	5	9	13
		2	6	10	14
		3	7	11	15
		4	8	12	16
3. 센서부 (위치·종류)	시설 내부	광	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ( )		
		온도(지상)	<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 <sub>2</sub> 농도	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ( )		
	양액	pH	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 (급액 , 폐액 )		
		EC	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 (급액 , 폐액 )		
	시설 외부	광	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ( )		
		온도(지상)	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ( )		
		습도	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ( )		
풍향		<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ( )			
풍속		<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ( )			
강우(우적)		<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ( )			

표 17. 장미 스마트팜 선도 농가 스마트팜 시스템 현황 조사표

항 목		내 용	
4. 자료 추적	시 설 내 부	광	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ( )
		온도(지상)	<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 <sub>2</sub> 농도	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ( )
		양액	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 (급액 , 폐액 )
	시 설 외 부	pH	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 (급액 , 폐액 )
		EC	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 (급액 , 폐액 )
		광	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ( )
		온도(지상)	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ( )
		습도	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ( )
		풍향	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ( )
5. 기타제어 장치	양액 조절장치	풍속	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ( )
		강우(우적)	<input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유 ( )
		원수	원수 ( <input type="checkbox"/> 지하수 <input type="checkbox"/> 수돗물 ) / 분석 유·무
		처방기준	
		처방작성	<input type="checkbox"/> 농가자체 <input type="checkbox"/> 기타( )
		급액량	회/ 일/ ton ( 회)
	CO <sub>2</sub> 시비장치	공급농도	pH EC
제어방식		<input type="checkbox"/> 수동 <input type="checkbox"/> 자동 ( <input type="checkbox"/> 시각기반 <input type="checkbox"/> 센서기반)	
제어장치		/	
설정농도			
	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	

표 18. 장미 스마트팜 선도 농가 경영 현황 조사표

항 목		내 용			
1. 출하량	1월	4월	7월	10월	
	2월	5월	8월	11월	
	3월	6월	9월	12월	
2. 매출액	1월	4월	7월	10월	
	2월	5월	8월	11월	
	3월	6월	9월	12월	
3. 근무 시간		평균 하 루 중 ( ) 시간			
		평균 일주일 중 ( ) 일			
		평균 한 달 중 ( ) 일			
4. ICT 스마트팜 설치 후 농가 편의성	하루 중 노동(근무)시간	평균 ( ) 감소			
	하루 중 피로도	평균 ( ) 감소			

표 19. 데이터 DB 단위 및 측정 기준

항 목	단 위	간 격	분 석 내 용
1. 광	PPFD	60분	평균·적산/일, 평균·적산/월, 투광율/일·월, 일장/일·월
2. 온도	℃	60분	최고·최저·평균/일, 최고·최저·평균/월, 적산/일·월, 일교차/일·월
3. 습도	RH(%)	60분	최고·최저·평균/일·월, 일교차/일·월
4. VPD	kpa	계산식	최고·최저·평균/일·월, 일교차/일·월
5. CO <sub>2</sub>	ppm	60분	최고·최저·평균/일·월
6. 양액	pH	-	최고·최저·평균/일·월
	EC	dS·m <sup>-1</sup>	최고·최저·평균/일·월

## 다. 조사 결과

### (1) A농가(이○덕)

50대 여성의 농장주(12년 경력)를 중심으로 부부가 함께 2007년에 지어진 약 4,000m<sup>2</sup> 5연동 플라스틱 하우스(측고4, 동고6m)를 운영하고 있다. 전기를 이용한 보광(고압나트륨등, HPS)으로 시설 내부 난방을 90% 실시하고 있으며 고압나트륨등은 0.22개/m<sup>2</sup>가 설치되어있다. 반면 냉방 시스템은 따로 보유하고 있지 않았다. 1겹(흑색 폴리에틸렌)의 차광용 스크린과 2겹(다겹 부직포)의 보온용 스크린이 설치되어있다. 천창과 측창 모두 개방을 하여 환기를 진행한다. 기타 시설 및 장비로는 양액조절장치, CO<sub>2</sub>가스 공급장치, 병해충 방제기(포그 시스템), 저온 저장고, 결속기를 보유하고 있다. 총 5품종('푸에고' 1,600주, '부르트' 5,000주, '밀레오스' 1,600주, '샤만트' 5,000주, '5번가' 1,500주)을 재배하며 주로 꽃 크기와, 빠른 성장, 내병성을 기준으로 재배 품종을 선별한다. 평균 6년에 한 번씩 모주를 갱신한다. 수경재배(펄라이트)를 통해 연중 매일오전에 수확하며 3.3℃로 설정된 저온저장고에 출하직전까지 보관한다. 전체 절화장미생산량 중 90%가 국내 출하되며 이 중 30%가 경매장으로, 나머지 70%가 도매장으로매주 화, 목, 일요일에 건식 수송된다. 수출 절화 장미는 공선장으로 목, 일요일에만 습식상태로 출하된다. 스마트팜 시설은 2018년 9월에 자부담설치비용 50%(1,500만원)와 정부보조금 50%를 지원받아(주)신용을 통해 설치되었다.

스마트팜 시스템은 16개의 제어 채널을 통해 구성되어 있었으며 몽골, 1·2중 천창, 2·3중 다겹 보온스크린, 2·3중 측창, 팬1·2의 개폐가 연결되어있다. 팬은 제어 채널과 연결되어 있음에도 불구하고 사용하지 않고 있다. 시설 내부 중앙에 온·습도 센서 1개와 몽골에 위치한 고온경보 전용 온도센서가 설치되어있다. 양액조절장치에는 pH와 EC를 위한 센서가 포함되어있다. 광, 배지온도, CO<sub>2</sub>가스 농도 측정 센서는 미보유 상태였다. 시설 외부에는 풍향·풍속과 강우량 측정을 위한 센서만 설치되어있다. 설치된 센서를 통해 시설 내부 기온과 상대습도, 시설 외부의 풍향·풍속 데이터만 축적되고 있는 상태로 추가 센서 설치 및 재배환경 데이터 축적 항목 증가가 필요하다. 양액은 수도물을 원수로 사용하여 비료업체 흥농에서 받은 처방전(2016년 5월)을 기준으로 조성되었고 양액조절장치(COSMOS SYSTEM)을 통해 매회 1톤씩 8회에 걸쳐 1시간 간격으로 공급되고 있다. CO<sub>2</sub>가스는 매년 10월부터 이듬해 4월까지 15시간(오후 5시-오전 8시) 연속으로 1,000-1,200ppm 농도로 시비되고 있다.

표 20. A농가 시설 자재 및 환경계측 센서 설치 현황

번호	장비명	수량	회사명	위치	Data 축적
1	스마트팜 시스템 제어기	1	(주)신용	내부	
2	CO <sub>2</sub> 공급 제어 장치	1	아너팜에스엔티	내부	
3	환경 자동화 시스템	1	경농	내부	
4	양액 공급 및 조절 장치	1	cosmos system(경기원예자재)	내부	
5	온·습도 센서	1		내부	○
6	온도센서	1		내부	○
7	저온 저장고	1		외부	○
8	풍량·풍속 센서	1		외부	○
9	우적 센서	1		외부	

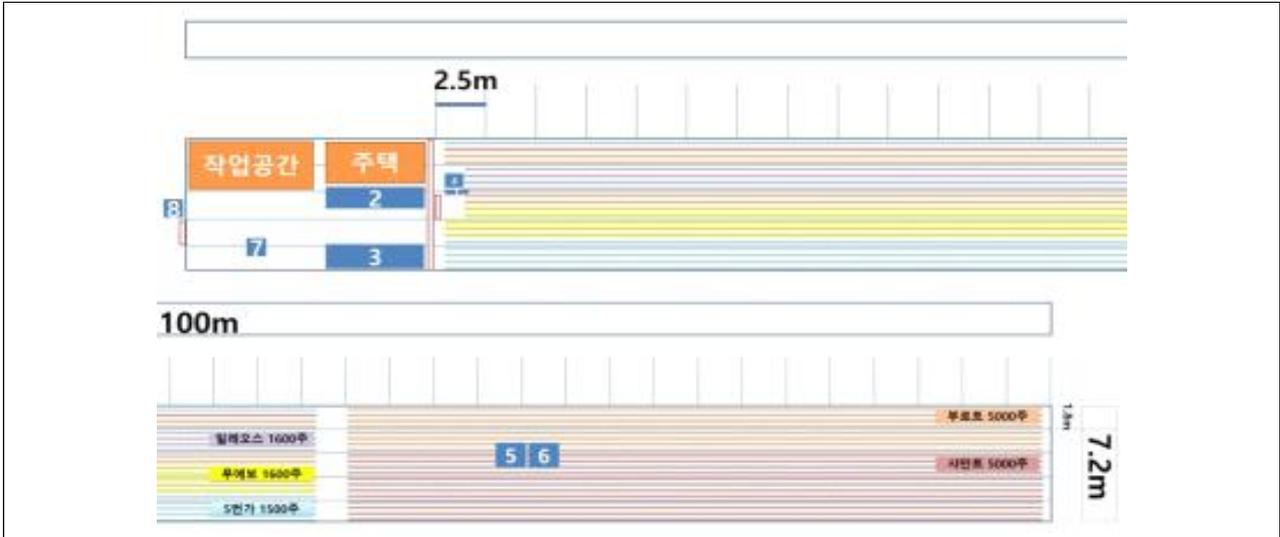


그림 14. A농가 시설 내부 장비 및 센서 배치와 재배 모식도

\*1: 스마트팜 시스템 제어기, 2: CO<sub>2</sub> 공급 제어 장치, 3: 환경 자동화 시스템, 4: 양액 공급 및 조절 장치, 5: 온·습도 센서, 6: 온도센서, 7: 저온 저장고, 8: 풍향·풍속 센서, 9: 우적 센서

(2) B농가(이○순)

60대 남성의 농장주(경력 22년)를 중심으로 부부가 함께 1998년에 지어진 1,983m<sup>2</sup>의 3연동 플라스틱 하우스(측고3.5, 동고5.5m)를 운영하고 있다. 전기를 이용한 보광(고압나트륨등)과 지열히트펌프를 이용해 난방을 실시하며 고압나트륨등(400W)은 0.2개/m<sup>2</sup>가 배치되어있다. 여름철 시설 내 고온은 포그증발냉각장치와 지열히트펌프를 이용해 제어한다. 차광용 스크린은 보유하고 있지 않지만 2겹의 다겹 부직포로 제작된 보온용 스크린이 설치되어 있다. 측창은 개폐하지 않고 천창만 이용하여 시설 내 환기를 유도한다. 그 외에 양액조절장치, CO<sub>2</sub>가스 공급장치, 병해충 방제기(포그 시스템), 저온 저장고, 결속기를 보유하고 있다. 특이사항으로 천창 개폐는 나비형태의 작은 창을 이용하여 다른 농가와 차별성을 두었다. 수량, 가격, 시장 요구도에 따라 선별된 5품종(‘코랄내추럴’ 4,000주, ‘소프라노’ 2,000주, ‘빅토리아’ 4,000주, ‘리바이벌’ 4,000주, ‘5번가’ 2,000주)이 재배되고 있으며 평균 4년에 한 번씩 품종을 갱신한다. 수경재배(필라이트 배지)를 통해 연중 매일 오전에 수확하며 4.0℃로 설정된 저온저장고에 출하직전까지 보관한다. 전체 절화장미 생산량 중 90%가 국내 출하되며 모두 경매장으로 매주 화, 목, 일요일에 건식 수송되고, 나머지 10%는 수출용으로 목, 일요일에 공선장으로 습식 출하된다.

스마트팜 시스템은 2018년 9월에 (주)신용을 통해 설치되었으며 총 16개의 채널을 통해 시설을 관리한다. 채널에 연결된 제어부 총 13개이며 좌·우 나비천창, 2중 천창, 다겹 측창 스크린, 보광등, 환기팬, 지열, CO<sub>2</sub>가스 공급으로 구성되어있다. 1연동 앞쪽 장미재배 베드 중앙 부분에 온·습도 측정 센서가 위치해 있으며 광도 측정 센서는 미보유 상태였다. 양액조절 장치 내부에는 pH와 EC농도 측정 센서가 설치되어있었다. 시설 외부에는 풍향·풍속과 강우량 측정 센서가 설치되어있었던 반면 광도 및 온·습도 센서는 없었다. 시설 내부의 온·습도와 외부의 풍향·풍속과 강우량 측정 데이터만이 축적되고 있다. 일본(아이치현) 장미 양액표를 기준으로 지하수를 이용한 양액을 제조하고 2016년에 제일원예를 통해 1회 분석된바가 있다. 퇴수량으로 배양액을 결정하며 평균 11회/일 제공한다. CO<sub>2</sub>가스는 매년 10월부터 이듬해 4월까지 18시간(오후 3시-오전 9시) 연속으로 1,300ppm 시비되고 있다.

표 21. B농가 시설 자재 및 환경계측 센서 설치 현황

번호	장비명	수량	회사명	위치	Data 축적
1	스마트팜 시스템 제어기	1	(주)신용	내부	
2	양액공급 및 조절 장치	1	경기원예자재(cosmos system)	내부	
3	CO <sub>2</sub> 공급 제어 장치	1	아너팜에스앤티	외부	
4	환경 자동화 시스템	1	경농	외부	
5	포그 시스템	1		외부	
6	온·습도 센서	1		내부	○
7	온도 센서	1		내부	○
8	병해충 방제기	1		외부	
9	풍량·풍속 센서	1		외부	○
10	우적 센서	1		외부	
11	지열 히트 펌프	1		외부	

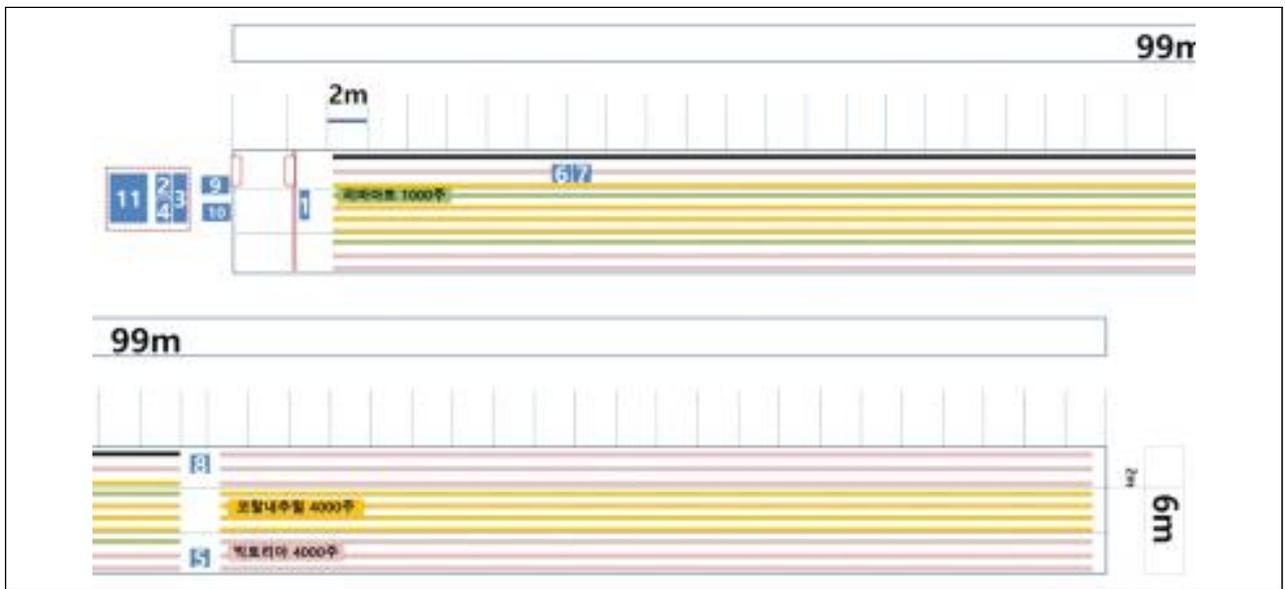


그림 15. B농가 시설 내부 장비 및 센서 배치와 재배 모식도

\*1: 스마트팜 시스템 제어기, 2: CO<sub>2</sub> 공급 제어 장치, 3: 환경 자동화 시스템, 4: 양액 공급 및 조절 장치, 5: 포그 시스템, 6: 온·습도 센서, 7: 온도 센서, 8: 병해충 방제기, 9: 풍량·풍속 센서, 10: 우적 센서, 11: 지열 히트펌프

### (3) C농가(이○세)

60대 남성의 농장주(경력 19년)를 중심으로 부부가 함께 2007년에 지어진 4,265m<sup>2</sup>의 7연동 플라스틱 하우스(축고3.5, 동고5.5m)를 운영하고 있다. 전기를 이용한 보광을 통해 난방을 하며 고압나트륨등(400W)은 0.17개/m<sup>2</sup>가 설치되어있다. 포그증발냉각기가 구비되어있으며 1겹의 흑색 폴리에틸렌이 차광용 스크린으로, 1겹의 다겹 부직포가 보온용 스크린으로 이용되고 있다. 축장은 이용하지 않고 2012년에 추가 설치된 몽골형태의 천장만 개폐하여 환기한다. 시설 내 재배관련 기타 장치로 양액조절장치, CO<sub>2</sub>가스 공급장치, 병해충 방제기(포그 시스템), 저온 저장고, 결속기 및 밴딩기가 있다. 수량과 꽃 크기, 그리고 시장 가격에 의해 선별된 7품종('바네사' 120주, '바르샤' 4,320주, '부르트' 4,950주, '진저' 1,500주, '마담굴리아' 1,770주, '트레비' 1,320주, '빅토리아' 2,520주)가 재식되어있다. 장미는 펠라이트를 이용한 수경재배로 생산되며

연중 매일 오전에 수확하며 2.0℃로 설정된 저온저장고에 출하직전까지 보관한다. 전체 생산량의 90%가 건식으로 국내 출하되며 그 중 40%는 경매장으로, 60%는 도매장으로 매주 화, 목, 일요일에 수송된다. 수출용 장미는 목, 일요일에 습식상태로 출하된다.

스마트팜 시스템은 2018년 9월에 (주)신용을 통해 총 16개의 채널이 설치되었다. 채널을 통해 제어 가능한 시설은 몽골형태의 천창1, 기본형태의 천창2, 2중 보온 스크린, 1·2중 축창, 차광 스크린, 보광등, 환기팬이 있다. 하지만 보광등과 환기팬은 미사용중이다. 시설 내부에는 온·습도 센서가, 외부에는 풍향·풍속과 강우량 센서가 설치되어있으며 데이터 모니터링 및 축적이 가능하다. 시설 내부에 CO<sub>2</sub>가스농도 센서가 존재하지만 데이터 축적은 불가능하다. 양액조절 장치 내부에는 pH와 EC농도 측정 센서가 포함되어 있다. 양액은 수돗물을 원수로 이용해 2018년 5월에 처방된 기준으로 지속적으로 제조하며, 1.2ton/일이 10회에 걸쳐 제공되고 있다. CO<sub>2</sub>가스는 매년 10월부터 이듬해 4월까지 1시간(오후 6-7시)동안 1,000ppm 시비된다.

표 22. C농가 시설 자재 및 환경계측 센서 설치 현황

번호	장비명	수량	회사(시스템)	위치	Data 축적
1	스마트팜 시스템 제어기	1	(주)신용	내부	
2	CO <sub>2</sub> 공급 제어 장치	1	경기원예자재(cosmos system)	내부	
3	환경 자동화 시스템	1	경농	외부	
4	양액 공급 및 조절 장치	1	cosmos system(경기원예자재)	외부	
5	온·습도 센서	1		내부	○
6	온도 센서	1		내부	○
7	저온 저장고	1		외부	
8	풍량·풍속 센서	1		외부	○
9	우적 센서	1		외부	

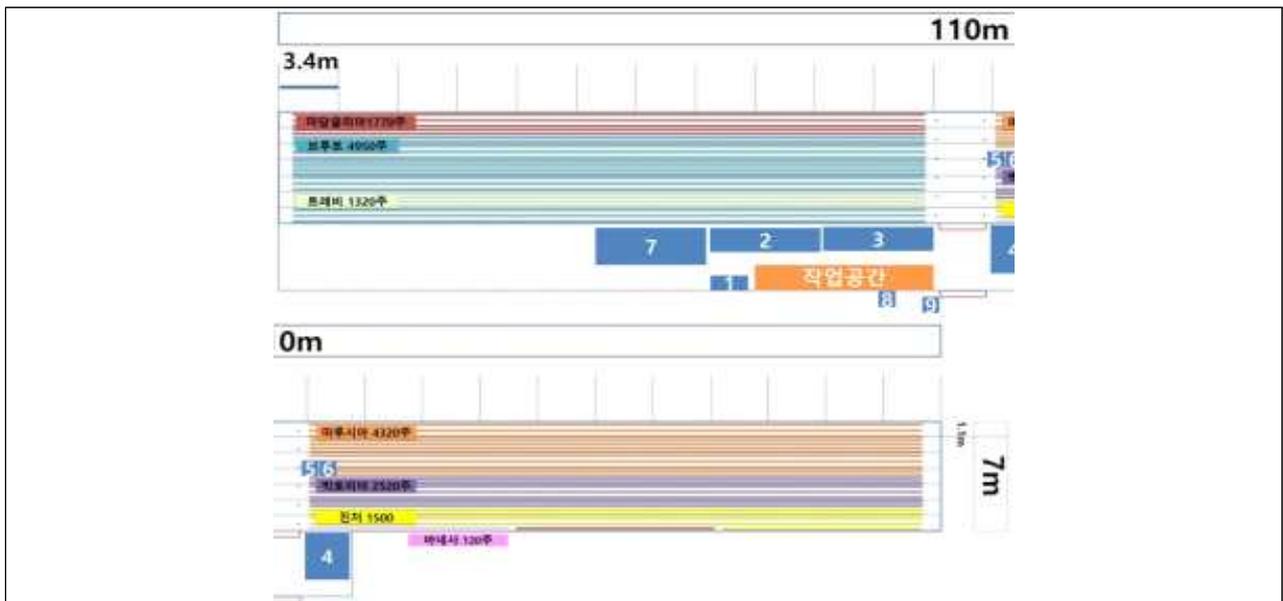


그림 16. C농가 시설 내부 장비 및 센서 배치와 재배 모식도

\*1: 스마트팜 시스템 제어기, 2: CO<sub>2</sub> 공급 제어 장치, 3: 환경 자동화 시스템, 4: 양액 공급 및 조절 장치, 5: 온·습도 센서, 6: 온도센서, 7: 저온 저장고, 8: 풍량·풍속 센서, 9: 우적 센서

(4) D농가(임○완)

40대 남성의 농장주(경력 30년)를 중심으로 본인 외 가족 1명과 외국인 인력 1명이 장미 스마트팜 시스템 6연동 플라스틱 하우스(측고4, 동고6.5m)를 운영하고 있다. 2015년에 지어진 3,636m<sup>2</sup> 규모의 장미재배시설은 전기를 이용한 보광(고압나트륨등 0.21개/m<sup>2</sup> 배치)을 통해 시설 가온을 실시하고 2중 다겹 부직포 소재의 보온스크린 또한 사용한다. 반면 차광 스크린은 미설치상태이며 포그증발냉각기로 여름철 고온을 제어한다. 천창과 측창 모두 개폐하며 환기한다. 기타 보유 장비로는 양액조절장치, CO<sub>2</sub>가스 공급장치, 병해충 방제기(포그 시스템), 유동팬, 저온 저장고, 결속기를 보유하고 있다. 수량과 화색, 강한 내병성, 그리고 빠른 생장의 특성을 지닌 '비스트'와 '헤라'를 각 10,000주, 8,000주씩 식재했으며 3-4년에 한 번씩 품종을 갱신한다. 수경재배(암면)를 통해 생산된 절화장미는 연중 매일 오전에 채화하여 4.8℃로 설정된 저온저장고에 출하 직전까지 보관한다. 전체 생산량의 70%는 매주 화, 목, 일요일에 국내건식출하로 경매장60%, 도매장 40% 수송되며 나머지 30%는 습식수송으로 수출된다.

스마트팜 시스템은 2018년 9월에 (주)신용을 통해 총 16개의 채널이 설치되었다. 내·외부 천창, 내·외부 측창, 천창 상·하 보온스크린, 측면 보온스크린, 보광등, 환기팬이 채널과 연결되어 있는 제어부이다. 천창을 제어 할 수 있는 광 센서와 온도 센서와 보온 및 보광, 그리고 측창 제어 가능한 또 다른 온도 센서가 배치되어 있다. 뿐만 아니라 습도와 CO<sub>2</sub>가스농도 센서가 온실 중앙에 위치하고 있다. 시설 외부에는 풍향·풍속과 강우 센서가 있다. 양액 pH와 EC 센서를 제외한 시설 내부 센서 모두 데이터를 축적하고 있으며 외부에는 풍향·풍속 센서만 데이터 축적 가능하다. 일본(아이치현) 장미 양액표를 기준으로 수돗물로 양액을 조제하며 1시간-1시간 30분 간격으로 매회 2.4ton의 양액을 총 7-8회/일 공급하고 있다. CO<sub>2</sub>가스는 매년 11월부터 이듬해 5월까지 15시간(오후 5시-오전 8시) 연속으로 1,000 - 1,100ppm 시비되고 있다.

표 26. D농가 시설 자재 및 환경계측 센서 설치 현황

번호	장비명	수량	회사(시스템)	위치	Data 축적
1	스마트팜 시스템 제어기	1	(주)신용	내부	
2	양액 공급 및 조절 장치	1	경기원예자재(cosmos system)	내부	
3	CO <sub>2</sub> 공급 제어 장치	1	아너팜에스앤티	내부	
4	냉방용 포그 시스템	1	하나(초미립자저압포그시스템)	내부	
5	방제용 포그 시스템	1	하나(초미립자저압포그시스템)	내부	
6	온·습도 센서	1		내부	○
7	온도 센서	1		내부	○
8	광 센서	1		내부	
9	CO <sub>2</sub> 센서	1		내부	○
10	풍량·풍속 센서	1		외부	○
11	우적 센서	1		외부	
12	저온 저장고	1		내부	

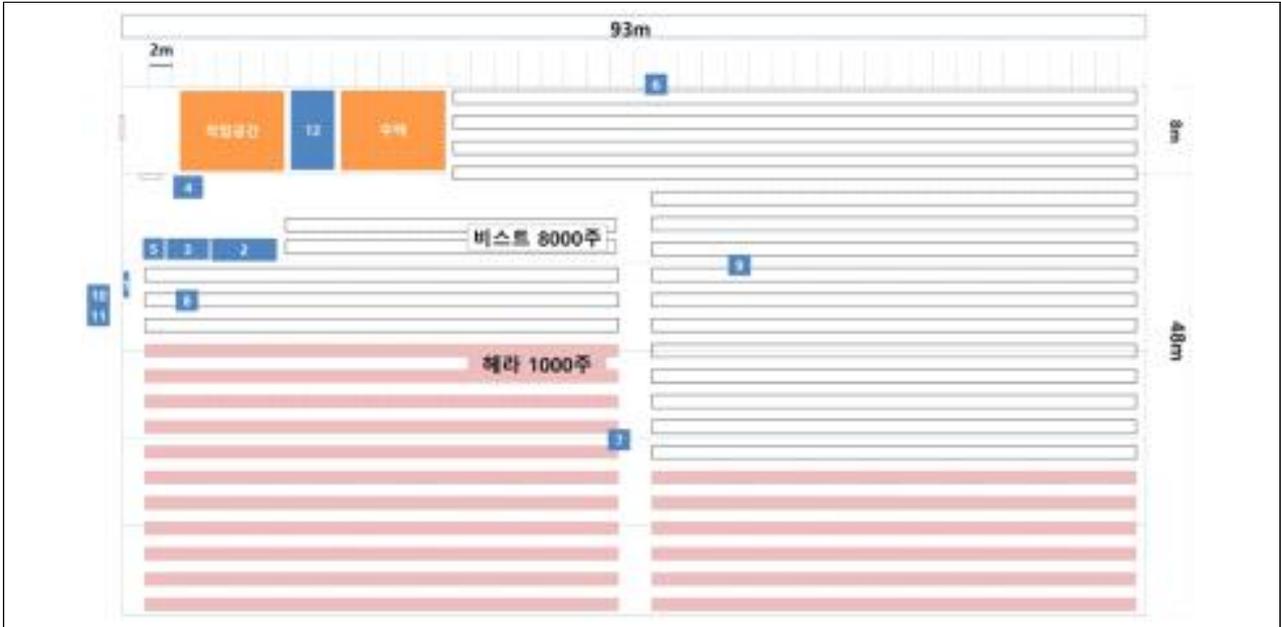


그림 17. D농가 시설 내부 장비 및 센서 배치와 재배 모식도

\*1: 스마트팜 시스템 제어기, 2: 양액 공급 및 조절 장치, 3: CO<sub>2</sub> 공급 제어 장치, 4: 냉방용 포그 시스템, 5: 방제용 포그 시스템, 6: 온·습도 센서, 7: 온도 센서, 8: 광 센서, 9: CO<sub>2</sub> 센서, 10: 풍량·풍속 센서, 11: 우적 센서, 12: 저온 저장고

#### (5) 장미 스마트팜 경영분석 표준화 작업

관련 전문가 초청 세미나를 통해 장미 스마트팜 경영분석 표준안을 작성하였다. 유용한 스마트팜 경영분석을 위해서는 대상 선정 단계부터 중요하며, 재배시설의 유형과 규모, 기술 수준 등이 유사하고 권역별 지역 특성이 반영된 농가를 고려해야 한다. 농촌진흥청에서는 스마트팜 온실 간이 경영분석 방법으로 시설투자비(재배시설, 자동화시설, 대농기계 및 시설 설치비)와 수익성(생산현황, 투입요소 비용)을 조사한다. 투입요소 비용 산출 시, 스마트팜 온실 효과의 정확성을 높이기 위해서는 스마트팜 인근에 위치한 일반온실을 조사를 함께 실시해야 하며, 친환경제재(농약 등)는 투입요소 비용 산출 내용 중 재료비로 포함시킨다. 재배자가 기록하는 수입의 총액과 생산량×단가 총액이 다를 수 있으므로 생산현황의 기준이 명확해야 한다. 스마트팜 시스템이 화훼작물의 생산성 및 품질 향상을 위해 활용되기 위해서는 실제 농가에 필요한 작목별 적정 환경의 데이터가 균일하게 수집되고 기존 발표된 여러 수리적 모델(생산성, 품질 등)에 적용 및 활용되는 것이 바람직하다. 세계적으로 농업을 선도하는 네덜란드에서는 시설 내부의 온·습도, CO<sub>2</sub> 농도, 가온, 자동관수 등의 환경제어 시스템 운영함으로써 생산량을 증대시키고 현재는 친환경적 고품질 농산물 생산에 이르렀다. 반면, 우리나라는 낙후된 시설 환경, 기후특성, 물류비 상승 등 여러 난제를 가지고 있으며, 이러한 점에서도 스마트팜 영농기법 체계화는 매우 중요하며 관련 기술 개발이 시급하다. 경영분석은 이런 점에서 초점을 맞춰서 간이적으로 농가가 손쉽게 제공할 수 있도록 공통된 표준안을 기본 조사표에 반영하였다.



그림 18. 장미·국화 스마트팜 발전방향 모색을 위한 협의회 개최

#### 라. 농가 영농현황 분석

장미 스마트팜 선도농가 4곳(A, B, C, D농가)의 운영 현황을 비교·분석한 결과 시설, 재배, 스마트팜 시스템에 차이를 보였다. 농장주는 40-60대 연령으로 최소 10년 이상의 장미 재배 경력을 지녔다. A, B, C 3농가는 농장주 본인 외 1명의 가족과 함께 시설을 운영하는 반면, D농가는 외국인 인력 1명을 추가적으로 사용한다. 4농가 모두 플라스틱 연동 온실에서 장미를 재배하지만 A농가 2,975m<sup>2</sup>(5연동), B농가 1,983m<sup>2</sup>(3연동), C농가 4,265m<sup>2</sup>(7연동), D농가 3,636m<sup>2</sup>(6연동)연동으로 규모가 달랐다. 농가 모두 2겹의 보온 스크린과 보광(고압나트륨등, 400W) 사용으로 가온을 실시하며 B농가만 추가적으로 지열난방을 이용해 시설 내부 기온 관리를 한다. A농가를 제외한 3농가(B, C, D)에서는 냉방용 포그 시스템을 이용해 고온 제어를 하고 A농가와 C농가에만 1겹의 차광용 스크린이 설치되어있다. B농가를 제외한 3농가 모두 천창과 측창 개폐를 통해 시설 내부를 환기하며 B농가는 측창을 이용하지 않는다. 시설의 기타 특징으로는 A농가와 C농가가 몽골형 천창이었던 반면 B농가는 나비형 천창이었다. 4농가에 설치된 스마트팜 시스템 채널은 총 16개이지만 사용하는 채널 수 및 연결된 제어부는 각기 다르다. A농가는 16개 채널에 천창, 측창, 보온 스크린, 팬이 연결되어 있지만 팬에 연결된 2개 채널은 미사용중이다. B농가는 16개 채널 중 13개만 사용하며 천창, 보온 스크린, 보광등, 팬, 지열 시스템이 연결되어 있다. C농가는 16 채널 모두 사용하며 천창, 보온 스크린, 측창, 차광 스크린, 보광등, 팬과 연결됐지만 보광등과 팬에 연결된 2채널은 미사용중이다. D농가는 16개 채널이 천창, 측창, 보온 스크린, 보광등, 환기팬과 연결되어있지만 환기팬과 연결된 1개 채널을 사용하지 않고 있다. 4농가 모두 시설 내부에 온·습도 센서, CO<sub>2</sub>가스 센서, 양액 pH, EC센서가 설치되어 있으며 시설 외부에는 풍량, 풍속, 우적 센서가 있다. D농가에는 이 외에도 광도 센서가 시설 내부에 설치됐지만 위치를 변경해야할 필요가 있다. 설치된 환경 측정 센서 중 온·습도, 풍량, 풍속, 우적에 관한 데이터만이 축적되고 있다. 양액은 4농가 모두 시각 기반으로 공급되고 있으며 급액 공급 기준표가 달랐다. 연중 CO<sub>2</sub>가스 시비 기간은 비슷했으나 농가마다 CO<sub>2</sub>가스 시비 농도와 시간이 상이했다. A농가는 1,000-1,200ppm 농도로 일 15시간, B농가 1,300ppm 일 18시간, C농가 1,000ppm 일 1시간, D농가 1,000-1,100ppm 일 15시간 시비한다. 현재 농가 경영 현황 조사표에는 월별 출하량과 매출액, 기간별 근무시간, 스마트팜 시스템 설치 후 편의성 증대에 관한 4개 항목이 포함되어있다. 하지만 수익성 분석을 위해서 온실 및 시스템 설치비용, 투입요소 비용 등을 고려해야한다. 좀 더 효과적으로 장미 스마트팜 경영분석을 위해서 농촌진흥청에서 실시하는 스마트팜 온실 경영 분석 방법을 토대로 현재 연구 기관에서 자체적으로 작성한 농가 경영 현황 조사표의 수정 및 보완이 필요하다고 판단되어 이를 반영하였다.

표 27. 장미 스마트팜 선도농가 영농정보 비교

조사 항목		A농가	B농가	C농가	D농가
I. 농가 정보	1. 농가명	일○농원	전○농원	성○농원	파주○○○
	2. 농장주소	고양시 일산서구 ○○동	고양시 일산동구 ○○○동	고양시 덕양구 ○○동	고양시 일산서구 ○○동
	3. 농장주 성명	이○덕	이○순	이○세	임○완
	4. 성별/나이	여/50대	남/60대	남/60대	남/40대
	5. 재배경력	12년	22년	19년	30년
	6. 참여 인력	본인 외 가족 1명	본인 외 가족 1명	본인 외 가족 1명	본인 외 가족 1명, 외국인 1명
II. 시설 정보	1. 시설유형	플라스틱	플라스틱	플라스틱	플라스틱
	2. 연동유무	5연동	3연동	7연동	6연동
	3. 설치시기/면적	2007년/2,975m <sup>2</sup>	1998년/1983m <sup>2</sup>	2007년/4,265m <sup>2</sup>	2015년/3,636m <sup>2</sup>
	4. 난방 방식	전기(보광, HPS등)	히트펌프+전기(보광, HPS등)	전기(보광, HPS등)	전기(보광, HPS등)
	5. 냉방 방식	X	포그	포그	포그
	6. 차광 스크린	1겹	X	1겹	X
	7. 보온 스크린	2겹	2겹	2겹	2겹
	8. 천창 개방여부	○	○	○	○
	9. 측창 개방여부	○	X	○	○
	10. 기타 특징	몽골형 천창	나비형 천창	몽골형 천창	-
III. 재배 정보	1. 품종(형태/재식주수)	4품종(HT, STD/14,700주)	5품종(HT, STD/29,100주)	6품종(HT, STD/15,000주), 1품종(HT, SPP/1,500주)	2품종(HT, STD/18,000주)
	2. 방식	수경	수경	수경	수경
	3. 배지 종류	펄라이트	펄라이트	펄라이트	암면
	4. 수확 및 저장	3.3° C	4.0° C	2.0 °C	4.8°C
	5. 출하 방식 (%)	국내(90)/국외(10)	국내(90)/국외(10)	국내(90)/국외(10)	국내(70)/국외(30)
	6. 습식 유무	국내(건식)/국외(습식)	국내(건식)/국외(습식)	국내(건식)/국외(습식)	국내(건식)/국외(습식)
IV. 스마트팜 시스템 정보	1. 채널수(총/사용)	16개/16개	16개/13개	16개/16개	16개/16개
	2. 센서부(내/외)	온·습도, CO <sub>2</sub> 농도, 양액 /풍량·풍속, 우적	온·습도, CO <sub>2</sub> 농도, 양액 /풍량·풍속, 우적	온·습도, CO <sub>2</sub> 농도, 양액 /풍량·풍속, 우적	온·습도, 광, CO <sub>2</sub> 농도, 양액 /풍량·풍속, 우적
	3. 자료축적	온·습도, 풍량·풍속, 우적	온·습도, 풍량·풍속, 우적	온·습도, 풍량·풍속, 우적	온·습도, CO <sub>2</sub> 농도, 풍량·풍속, 우적
	4. 기타 제어장치	양액공급: 시간기반 CO <sub>2</sub> 가스: 1100ppm(15시간)	양액공급: 시간기반 CO <sub>2</sub> 가스: 1300ppm(18시간)	양액공급: 시간기반 CO <sub>2</sub> 가스: 1000ppm(1시간)	양액공급: 시간기반 CO <sub>2</sub> 가스: 1000ppm(15시간)

## 2. 중북부지역 장미 스마트팜 선도농가 선정

### 가. 세부연구목표

○ 중북부 지역 내수·수출 통합형 장미 스마트팜 선도농가 선정

### 나. 선정 방법

중북부지역 스마트팜 재배시설에서 내수·수출 통합형 장미를 생산하는 고양시, 파주시 소재 농가 4곳을 대상으로 스마트팜 운영현황 표준 조사표에 근거, 선정 적정성을 평가하였다. 장미 재배 경력, 스마트팜 시스템 설치 여부, 자동운영 장치, 환경제어용 설치한 센서수, 환경 제어 센서 추가 설치 예정 여부, 측정된 환경데이터 활용도, 축적 환경데이터 증대, 양액 및 CO<sub>2</sub> 가스 공급 자동화, 스마트팜 시스템 설치 후 편의성 증대 체감 정도, 스마트폰 어플 활용 원격제어 사용 여부 등 전체 10항목 각 5점 척도로 80% 이상 획득한 경우 선도농가로 선정하였다.

### 다. 평가 결과

#### (1) 장미 스마트팜 선도농가 평가

개별 농가 스마트팜 세부 운영 현황 표준 조사표를 활용하여 분석된 내용을 바탕으로 농가 운영의 생력화, 스마트팜 시스템 활용도를 조사하였다. 농장주의 장미 재배 경력은 A농가 12년, B농가 22년, C농가 19년, D농가 30년으로 4 농가 모두 양호하였고, 모두 약 2개월 전 스마트팜 시스템을 설치하여 운용 중이었으며, 자동제어 장치 및 환경측정 센서 또한 보유하여 농장 운영의 생력화 지수가 높게 평가되었다. 4 농가에서 공통적으로 설치된 환경측정 센서 종류로는 시설 내부의 온·습도, 양액조절장치 pH, EC, CO<sub>2</sub>농도 측정센서와 시설 외부의 풍량·풍속 및 우적 센서였다. 이외에도 시설 내·외부의 광량 및 광도, 배지(근권부) 온도 센서 등이 추가적으로 필요한 상태였으며 이에 따라 농장주들이 환경측정 센서 추가 설치 의향을 밝혔기 때문에 스마트팜 시스템 활용도 평가 지수가 상향됐다. 설치된 환경측정 센서 중 양액 pH와 EC를 제외하고 거의 데이터를 축적 및 관리하고 있어 이에 따른 데이터 활용도가 높았다. 장미재배에 필수적인 양액 공급 및 CO<sub>2</sub> 시비 또한 시각 기반으로 자동 관리되고 있었고, 원격제어를 위한 스마트폰 어플리케이션(Ubimas V)이 농장주들의 편의성을 증대시킨 것으로 확인되었다.

표 27. 중북부지역 장미 스마트팜 선도농가 선정 정보

농가	지역	경영	재배방식	면적 (m <sup>2</sup> )	스마트팜 운영연수	ICT도입장비	선정 여부
이○세	고양시	조합	수경	4,290	1	복합환경제어기, 센서노드, 제어노드(양액공급)	선정
이○순	고양시	조합	수경	2,935	1	복합환경제어기, 센서노드, 제어노드(양액공급)	선정
임○완	고양시	조합	수경	4,011	2	복합환경제어기, 센서노드, 제어노드(양액공급)	선정
이○덕	고양시	조합	수경	2,805	1	복합환경제어기, 센서노드, 제어노드(양액공급)	선정

(2) 장미 스마트팜 선도농가 선정

4곳 모두 50점 만점 기준 80% 이상으로 평가되어 선도농가로 선정하였다. 선정된 농가는 Best Farmer 영농기법 모델화 연구(장미)를 위해 주관기관인 서울시립대학교와 정보 공유 및 제공 등의 협력 유지를 약속하였고 스마트팜 설치 업체인 (주)신용을 통해 농가별 환경 데이터를 원격으로 제공받도록 관계를 설정하였다.

표 28. 중북부 지역 장미 스마트팜 선도농가 선정을 위한 기준표

조사 항목	A농가	B농가	C농가	D농가	기 준
1. 농장주 장미재배 경력	4	5	5	5	1-3년: 1점 4-6년: 2점 7-10년: 3점 10-15년: 4점 ≥15년: 5점
2. 스마트팜 시스템 설치 여부	5	5	5	5	미설치: 0점 설치: 5점
3. 장미 재배 관련 자동운영 장치 수	3	4	3	4	1-2개: 1점 3-6개: 2점 7-9개: 3점 10-12개: 4점 ≥13개: 5점
4. 환경제어 센서 수	3	3	3	3	1-3개: 1점 4-6개: 2점 7-9개: 3점 10-12개: 4점 ≥13개: 5점
5. 환경제어 센서 추가 설치 예정 여부	5	5	5	5	미설치: 0점 설치 예정: 5점
6. 환경 데이터 활용도 (축적 데이터 항목)	2	2	2	3	1-2개: 1점 3-6개: 2점 7-9개: 3점 10-12개: 4점 ≥13개: 5점
7. 축적 데이터 항목 증대 예정 여부	5	5	5	5	유지: 0점 증대 예정: 5점
8. 양액 및 CO <sub>2</sub> 가스 공급 자동화 여부	5	5	5	5	수동: 0점 자동: 5점
9. 스마트팜 시스템 설치 후 편의성 증대율 (체감율)	4	4	4	5	0-20%: 1점 21-40%: 2점 41-60%: 3점 61-80%: 4점 81-100%: 5점
10. 스마트폰 어플 활용(원격제어) 여부	5	5	5	5	미사용: 0점 사용: 5점
합계(100점 환산)	41(82)	43(86)	42(84)	45(90)	-

### 3. 중북부지역 장미 스마트팜 선도 농가 영농기법 조사 분석

#### 가. 세부연구목표

○ 중북부지역 장미 스마트팜 선도농가 영농기법 조사분석

#### 나. 조사대상 및 품종

(1) 조사대상 : 권역내 스마트팜 선도농가 4개소, 관행 1개소



그림 24. 스마트팜 농가(A-D) 및 관행 농가(E) 전경(F: 스마트팜 ICT 시스템)

(2) 공시 품종

- 스마트팜 A농가: 내수용 스탠다드 ‘Victoria’
- 스마트팜 B농가: 내수용 스탠다드 ‘Revival’
- 스마트팜 C농가: 내수용 스탠다드 ‘Charmant’
- 스마트팜 D농가: 수출용 스탠다드 ‘Beast’
- 관행 E농가: 수출용 스탠다드 ‘Beast’

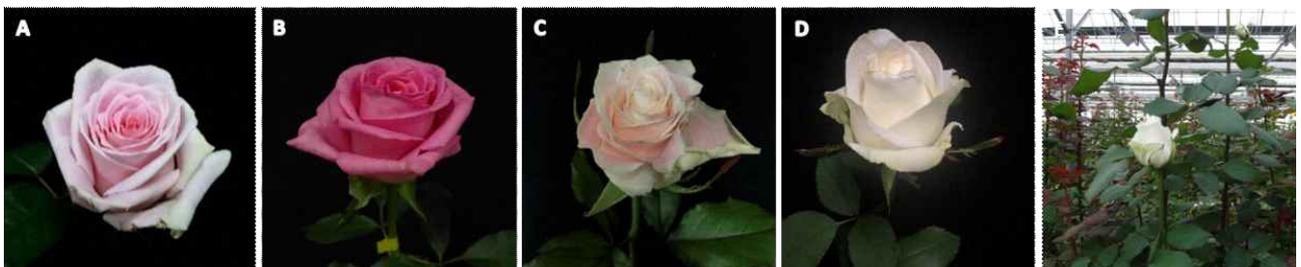


그림 24. 스마트팜 농가별 절화장미 품종

(A: ‘Victoria’, B: ‘Revival’, C: ‘Charmant’, D: ‘Beast’, E: ‘Beast’)

## 다. 조사내용 및 방법

### (1) 온실 환경 관리 수준

스마트팜 선도농가 4개소 및 관행 1개소를 대상으로 온실 내부에 데이터로거(WatchDog 1450, Spectrum Technologies Inc., Korea)를 설치하여 60분 간격으로 온실 환경(내부: 온도, 배지온도, 습도, 이슬점 등)을 계측하였고, 이를 스마트시스템 자체 기록 자료와 비교하였으며 Sigma plot 10.0(Systat Software Inc., USA)로 분석하였다. 연간 연속 자료 수집을 위해 2018년 12월부터 2020년 3월까지 수집하였고, 매달 20일 전후로 농가를 방문하여 현장 수집하였다.



그림 26. 환경 센서 및 데이터로거(A, D: 데이터로거 센서, B: 광센서, C: 배지센서)

### (2) ICT 도입 및 활용 수준

스마트팜 선도농가 4개소를 대상으로 ICT 도입 및 활용 수준을 알아보려고 센서노드(온도, 습도, 풍향, 풍속, 일사, 지온, 수분, EC, pH), 영상장비(스마트기기, 컴퓨터-원격감시 및 제어/복합환경제어시스템) 활용도를 조사하였다. 10개 항목의 ICT 구성 목록 대상으로 유무 여부에 따라 각 1점씩 배정, 합산하여 최대 10점을 기준으로 하여 농가별로 ICT 도입 수준 및 활용 정도를 조사하고, 스마트관리 웹사이트를 활용해서 실시간 이용사항 등을 조사하였다.

표 29. ICT 활용 항목 조사표(유: 1점, 무: 0점)

ICT 활용 항목	유/무	ICT 활용 항목	유/무
1. 모니터링 설정	0/1	6. 단일시간 제어	0/1
2. 내부환경 정보 수집	0/1	7. 예약시간 제어	0/1
3. 식물 성장 및 시설 모니터링	0/1	8. 경보발생 및 정지 설정	0/1
4. 센서 제어	0/1	9. 환경그래프 수집 및 관찰	0/1
5. 멀티시간 제어	0/1	10. 온실 환경 통계관리	0/1
총점			00/10점



그림 27. 스마트팜 시스템 주요 구성

(A: 본체, B: 제어부, C: 외부 환경센서, D: 스마트폰 어플, E: 내부 센서)

### (3) 저장고 수질관리 수준

2019년 4월, 7월, 10월에 농가별 절화장미 저온저장고 내 오염도를 분석하기 위해 저온저장고의 보존수를 농가당 3반복으로 15mL 씩 채취 후 서울시립대 환경화학연구소로 수송하여 채취한 보존수를 1mL을  $10^1$ - $10^3$ 배로 희석하여 Nutrient Agar 배지(Difco USA)에 도말하고 희석배수 당 3반복으로 28°C에서 120시간 암조건에서 3일 배양하는 희석배양평판법을 실시하였다.

### (4) 배양액 관리 수준

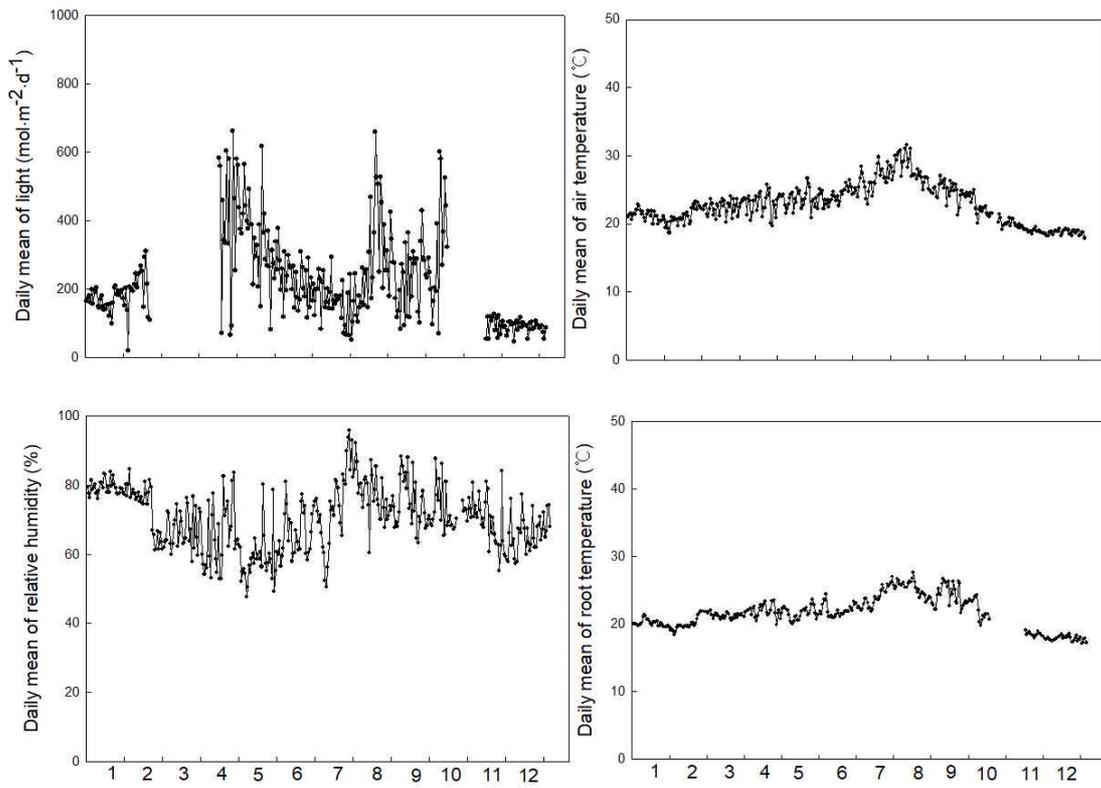
2019년 1년간 1, 4, 7, 10월 분기별로 농가의 배양액 관리 수준을 분석하고자 원수, 공급액, 배액의 무기성분 함량을 조사하였다. 농가당 3반복으로 50mL 채취하여 서울시립대 환경연구소에서 pH, EC, 다량원소(N, P, K, Ca, Mg, S)와 미량원소(B, Cu, Mn, Mo, Zn)를 분석하였다. 분석방법으로는 원소 N, P, S, Cl은 Ion Chromatography(Dionex™ Aquion™, US)를 Ca, Mg, B, Cu, Mn, Mo, Zn, Na은 Inductively Coupled Plasma(ICP-OES, Agilent, US)를 이용하였다.

## 라. 주요 결과

### (1) 온실 환경관리 수준 (광, 기온, 상대습도, 배지온도)

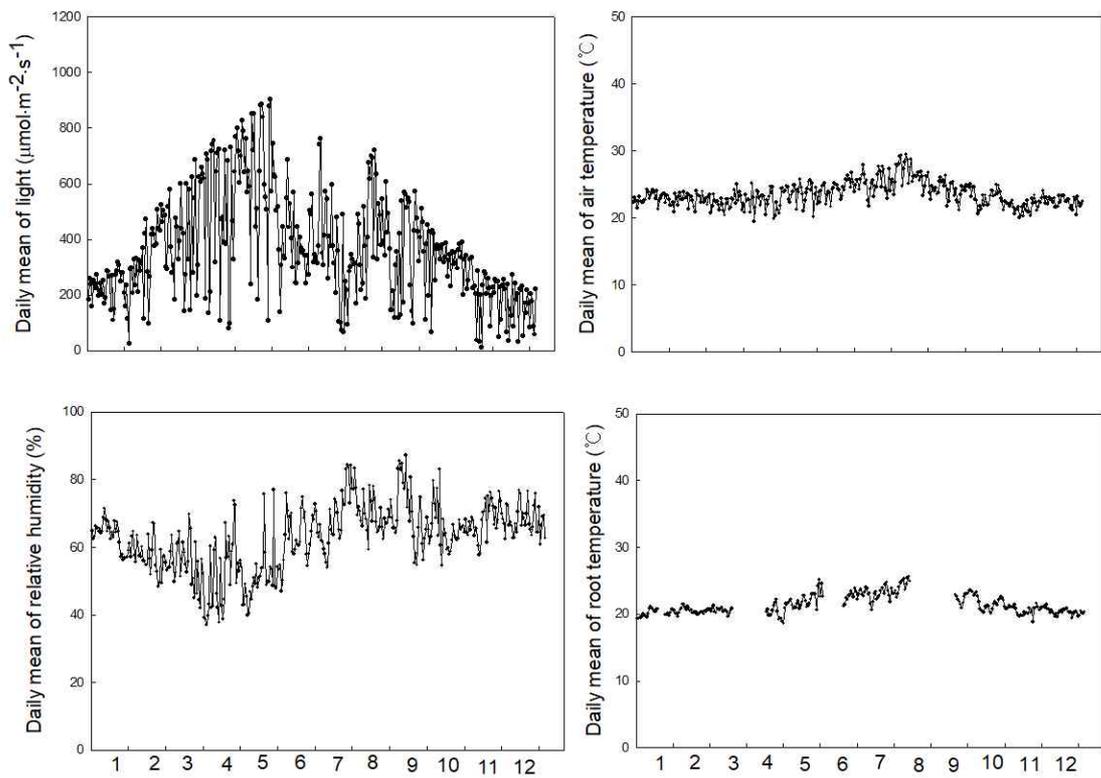
#### ○ A농가

광량은 장미생육에 필요한 일적산광량 기준(daily light integral, DLI)인  $13\text{-}30\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  이상 조건에 볼 때 2월과 7월을 제외하고는 충분하였다. 7월 광량은 온도 하강을 위한 차광처리 및 시설 개선을 위해 센서 위치 변경 등이 원인으로 판단된다. 기온, 습도, 배지온도를 살펴보면, 평균 기온은 7, 8월 제외하고는 적정하게 유지되었으나, 상대습도는 3-5월, 특히 5월에 가장 낮은 것은 광량이 가장 높은 것과 연관지어 판단해 봐야 한다. 배지온도는 적정범위(20-25°C)에서 벗어나지 않았는데, 이는 겨울철을 제외한 여름철에 원수를 냉각해주었기 때문으로 최고 배지온도가 9월에 급등하는 것은 냉각수 중단에 따른 현상으로 파악된다.



Month(2019)

그림 28. A농가의 일평균 광량, 기온, 상대습도, 지온의 연간 변화



Month(2019)

그림 29. B농가의 일평균 광량, 기온, 상대습도, 지온의 연간 변화

○ B농가

광량은 13-5월까지 증가하다가 6월부터 감소하여 11-12월에 가장 낮았다. 기온과 배지온도는 적정범위로 잘 유지되고 상대습도는 봄에 낮고 여름에 비교적 높았다. 다른 농가와 달리 상대 습도가 비교적 안정적으로 유지되었다. 6-9월 묘 이식 작업으로 결측구가 발생하였다.

○ C 농가

광량은 1-2월(겨울) 가장 낮았고 3-5월(봄)까지 증가하다가 6-12월(여름, 가을, 겨울)에 감소 되는 경향을 보였지만, 보광을 실시하여 적정 누적광량(DLI 13 - 30mol·m<sup>2</sup>·d<sup>-1</sup>이상) 범위로 유지되었다. 1-4월의 평균기온이 20°C 전후로 유지되었고, 7-8에 30°C 이상 증가하였다. 상대습도는 9-11월 매우 낮았으며, 온실 보수에 따른 영향으로 판단된다. 배지온도는 많은 결측기간이 발생하였다. 6-7월 이후 적정온도보다 4°C 정도 높게 분포하였으며 다른 농가(B농가: 29°C)보다 안정적으로 유지되었는데, 이것은 배양액 공급 시 원수를 냉각처리했기 때문으로 판단된다.

○ D 농가

기온은 1-4월까지 22°C 전후로 유지되고, 5-7월 중순까지 증가한 후 감소하였다. 배지온도는 7월(24°C), 8월(26°C)을 제외하고는 적정하게 유지되었다. 상대습도는 1-3월, 7-9월 평균 70% 이상으로 다소 높게 유지되었다. 광량이 가장 높은 5월에 상대습도는 가장 낮았다.

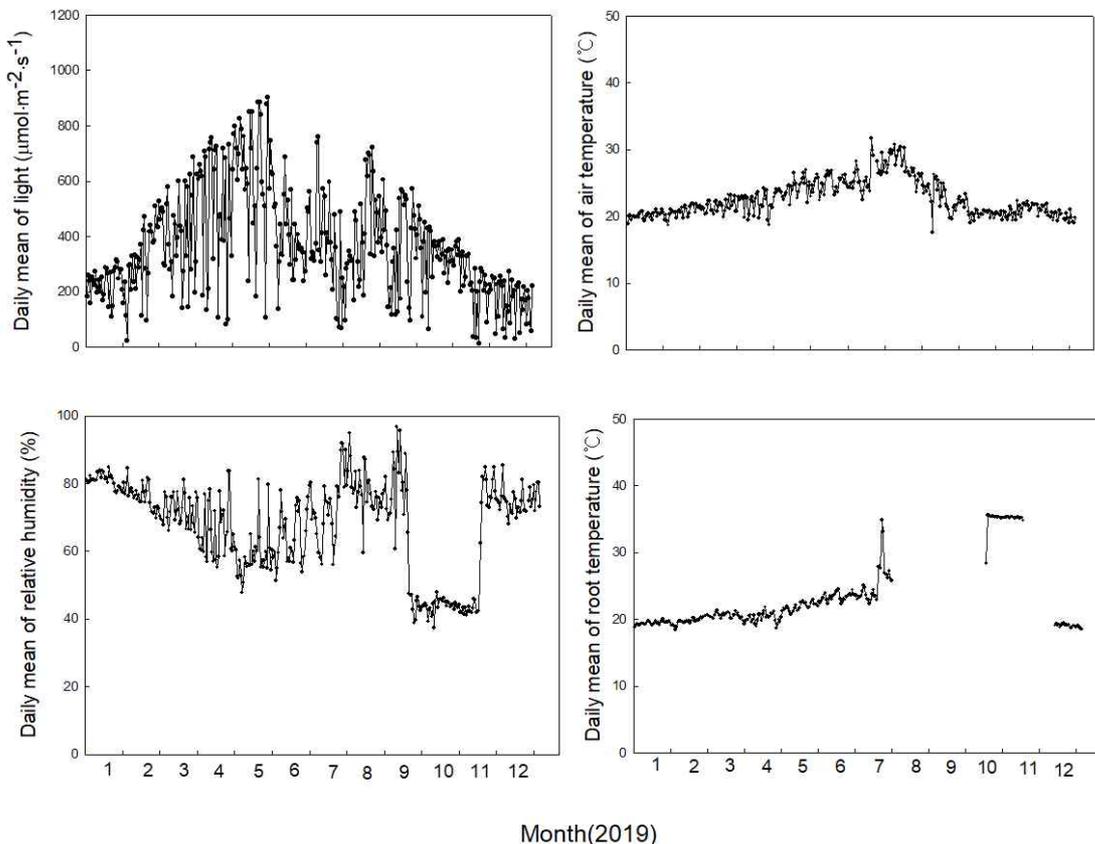
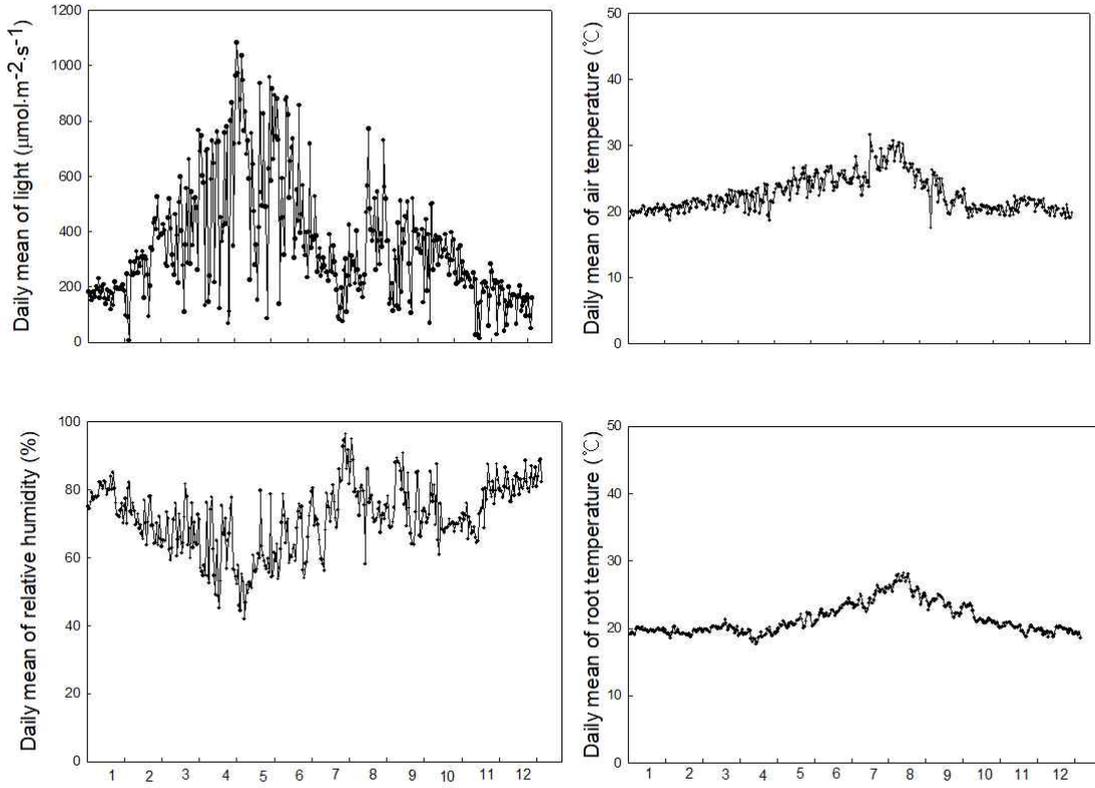
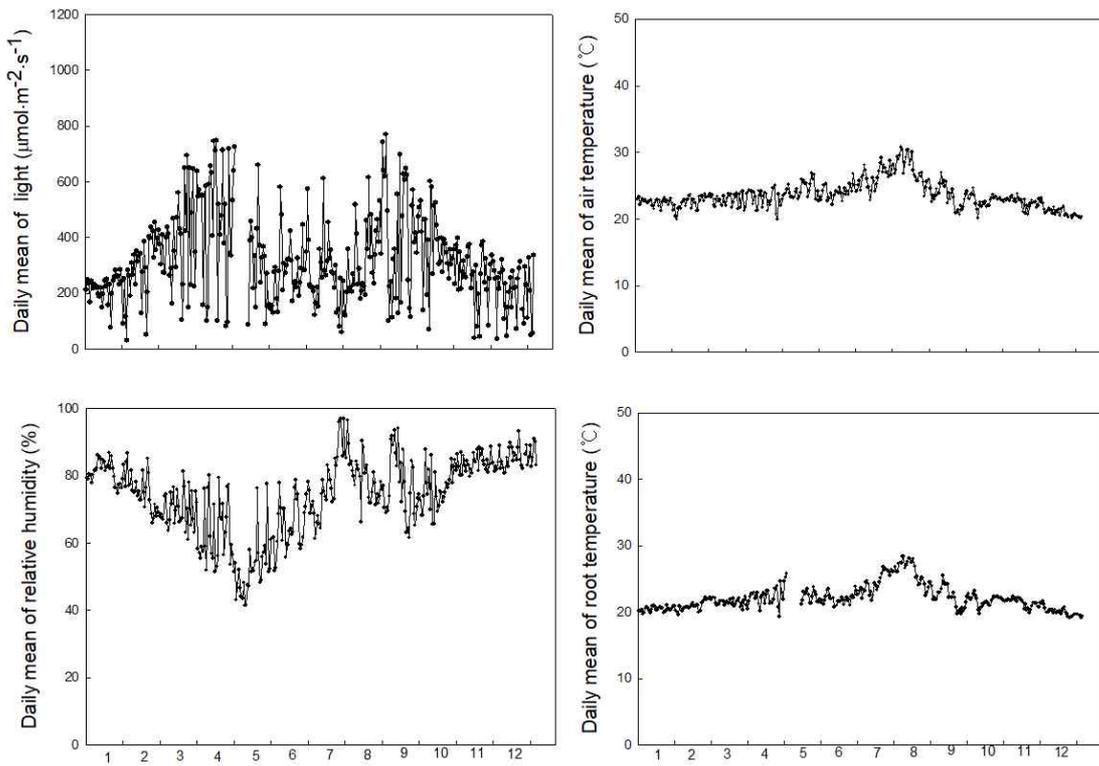


그림 30. C농가의 일평균 광량, 기온, 상대습도, 지온의 연간 변화



Month(2019)

그림 31. D농가의 일평균 광량, 기온, 상대습도, 지온의 연간 변화



Month(2019)

그림 32. 관행농가(E)의 일평균 광량, 기온, 상대습도, 지온의 연간 변화

○ E 농가(관행농가)

기온은 다른 스마트팜 농가보다 다소 높게 유지되었으며, 상대습도 역시 전반적으로 높게 유지되었다. 배지온도와 광량은 묘 교체 작업으로 센서 위치 변경에 따른 변화가 있었다. 배지온도는 7-8월까지 적정범위를 벗어났으며, 동일한 품종이 재배되는 D농가와 비교했을 때, 최고·최저간 차이가 크게 나타났다. 반면 광량은 오히려 여름철에 다른 스마트팜 농가와 비교했을 때 낮았으며 D농가 대비 6-7월에 현저히 낮았다.

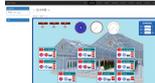
(2) ICT 도입 및 활용 수준

스마트팜 선도농가의 ICT활용도를 조사해 본 결과 날짜별(월,일 단위)로 제어를 설정하는 경우를 제외하고는 농가의 ICT시스템 활용도가 높았다. 농가별로 모니터링 정도나 식물생장 및 시설내 CCTV를 통한 관찰 정도에 차이는 있었지만 모든 농가에서 활용하고 있었다. 특히 C농가의 경우 경보 발생항목과 환경그래프 수집 및 관찰을 적극적으로 활용하고, 스마트폰을 이용한 제어활용법에 많은 관심을 가지고 있었다. C, D 농가의 경우 내부환경 정보 수집 시 CO<sub>2</sub> 를 도입하여 시설 내 재배환경제어에 이용하였다. 스마트팜 선도농가 모두 자동센서 제어 보다는 멀티시간, 단일시간 제어를 하는 환경관리 요소들이 많았다. C, D 농가의 경우 A, B 농가보다 실시간 센싱을 통한 환경제어 활용이 많았으며, 복합 환경제어에 대한 관심이 높았다. 스마트팜 시스템 도입 시 센서 활용 온실제어 관리에 대한 신뢰도를 높일 필요가 있으며, 초기에 교육을 통해 적극적으로 활용할 수 있도록 하는 것이 필요하고, 현재는 대부분 활용하지 않는 예약시간 제어도 농가 현장에서 가능할 것으로 생각된다.

표 30. 스마트팜 선도농가별 ICT 활용 수준

ICT 활용 항목	유/무 (유: 1, 무: 0)			
	A농가	B농가	C농가	D농가
1 모니터링 설정	유	유	유	유
2 내부환경 정보 수집	유	유	유	유
3 생장 & 시설내 관찰	유	유	유	유
4 센서 제어	유	유	유	유
5 멀티시간 제어	유	유	유	유
6 단일시간 제어	유	유	유	유
7 예약시간 제어	무	무	무	무
8 경보발생 & 정지 설정	유	유	유	유
9 환경그래프 수집 및 관찰	유	유	유	유
10 온실 환경 통계관리	유	유	유	유
총 합계 (00/10점)	9/10	9/10	9/10	9/10

표 31. ICT 활용항목 및 능가별 홈페이지 조사 결과

ICT 활용 항목	A	B	C	D
1 모니터링 설정	 고온, 우적, 통신	 고온, 우적, 통신	 고온, 우적, 통신	 고온, 우적, 통신
2 내부환경 정보 수집	 온도, 습도	 온도, 습도	 온도, 습도, CO <sub>2</sub>	 온도, 습도, CO <sub>2</sub>
3 생장 & 시설 내 관찰	 O	 O	 O	 O
4 센서 제어	 몽골	 천창온도	 1중몽골, 2중몽골	 1중천창, 1층측창, 보광등-1,2
5 멀티시간 제어	 천창, 커튼, 측창, 차광막, 보광등, 팬	 천창, 2중천창, 다접, 보광등, 환기팬, CO <sub>2</sub> 발생기	 몽골, 1중천창, 2중천창, 다접, 3중다접, 2중측창, 3중측창, 팬1, 팬2	 2중천창, 수평커튼(상, 하), 2중측창, 차광막, 1중천창몽골, 보광등, 팬
6 단일시간 제어	 천창(1중, 2중), 커튼(상, 하), 측창(1중, 2중), 차광막, 보광등, 팬	 천창(좌우), 2중천창, 측창다접, 보광등, 환기팬, CO <sub>2</sub> 발생기	 몽골, 1중천창, 2중천창, 다접, 2중다접, 3중측창, 3중측창, 팬1,2	 1중천창몽골, 2중천창, 수평커튼(상, 하), 1중측창, 2중측창, 차광막, 보광등, 팬

7 예약시간 제어				
	X	X	X	X
8 경보발생 & 정지 설정				
	온도	온도	온도	통신이상, 온도
9 환경그래프 수집 및 관찰				
	온도, 습도, 풍향, 풍속			
10 온실 환경 통계관리				
	온도, 습도, 풍향, 풍속			

### (3) 저장고 수질관리 수준

농가별 저장고 오염도 분석을 통해 수질관리 수준을 평가하였다. 수확 후 절화 취급 건전성을 조사하였다. 5개소 모두 지하수를 보존수로 이용하고 있었으며 수확 후 선별된 절화는 저온저장고에서 짧게는 1시간에서 길게는 약 24시간 동안 저장하는 것으로 나타났다. 저온저장고의 설정 온도는 평균 4°C에서 8°C를 유지하고 있었다. A농가의 경우, 4월에 가장 낮은 수의 세균이 검출되었으며 10월에는 많은 양의 세균이 검출되었다. 실제로 절화수명 실험 결과, 잿빛곰팡이가 많이 나타나는 등 저장고 내 청결관리에 유의하여야 할 필요가 있다고 판단된다. B농가의 경우, 저온저장고 공사로 인하여 10월에 보존수를 채취하지 못하였다. 4월과 7월에 상대적으로 낮은 수의 세균이 검출되는 등 청결관리를 하는 것으로 판단된다. C농가의 경우 7월에 가장 낮은 수의 세균이 검출되는 것으로 보아 청결한 상태를 유지했으나 10월 분석에서 많은 세균 수가 검출되어 청결관리에 미흡한 것으로 판단된다. D농가의 경우 E농가와 비교하였을 때 상대적으로 청결관리가 미흡한 것으로 판단된다. 절화 장미는 보존용액 내 박테리아가 10<sup>7</sup> CFU·mL<sup>-1</sup>일 경우 수분흡수를 억제하여 절화수명을 단축시킨다. 따라서 수확 후 저장 시 박테리아 증식을 억제시켜 절화의 품질을 향상시켜야 한다.

표 32. 희석배양평판법을 이용한 농가별 저장고 내 오염도 분석 결과

Farm	Month	Bacteria count (CFU · mL <sup>-1</sup> )			
		10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>
A	4	131	15	2.3	0
	7	TMTC <sup>z</sup>	73.7	8	0
	10	TMTC	TMTC	189.3	22.7
B	4	63	13.7	2	0
	7	214	8	1	0
	10	-	-	-	-
C	4	83.5	19.7	4.3	0
	7	0.3	0	0	0
	10	TMTC	TMTC	82.3	5.3
D	4	TMTC	TMTC	197	37
	7	TMTC	90.7	16.7	0.3
	10	TMTC	TMTC	108.7	9.7
E	4	245	47.2	9.3	2.3
	7	28	3.3	0.3	0
	10	TMTC	82.3	5	0

<sup>z</sup>TMTC=Too much too colony

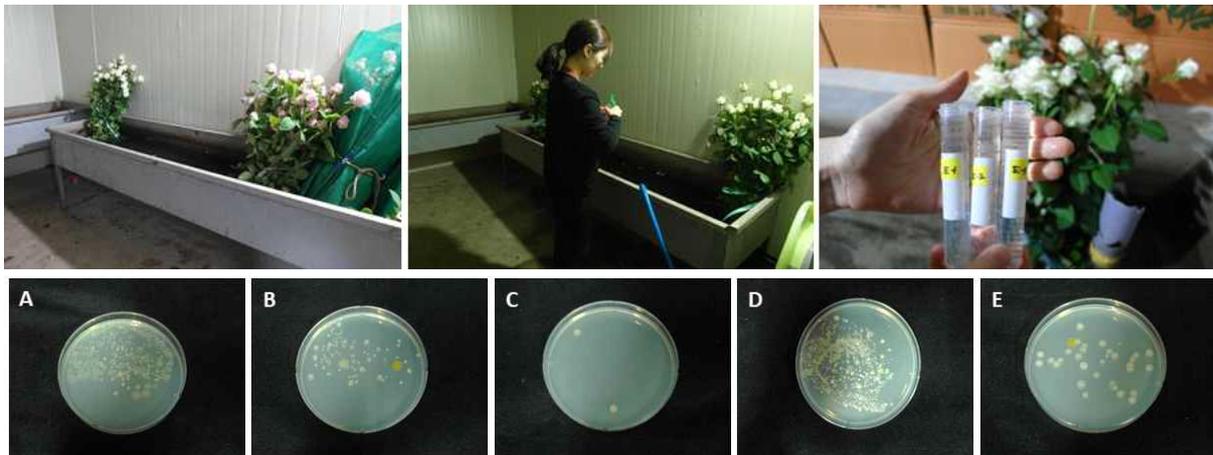


그림 33. 농가 저장고 환경 및 수질 분석과정(위), A-E 농가별 세균 검출

#### (4) 배양액 관리 수준

농가별로 1, 4, 7, 10월 분기별 배양액의 급배액을 분석하였다. 공급액 기준 적정 농도인 EC 1.5dS·m<sup>-1</sup>를 기준으로 하였을 때 1월에는 D농가는 상대적으로 다소 낮았으나 스마트팜 선도농가 모두 모두 적정하게 관리된 반면, 관행농가인 E농가는 매우 낮게 관리되고 있었으며, 농가는 이를 인지하지 못하고 있었다. 4월에는 A-E농가 모두 적정하게 관리되었으며, 1, 4월의 다량원소 중 질소(11.0me·L<sup>-1</sup>), 인(3.5me·L<sup>-1</sup>)의 경우 적정처방농도보다 높게 공급되었다. 질소와 인을 제외하고는 양분공급이 적정하게 공급되고 있었다. E농가의 경우 1월 결과를 통한 양액 처방 이후 4월에 EC를 높여 양분을 공급하였다. pH는 대부분 6.0 내외로 적정하게 유지되었으나, C, D 농가에서 다소 높게 유지되었다.

표 30. 분기별 배양액의 급액 시 pH와 EC

Month	급액	A	B	C	D	E
1	pH	5.92	6.07	6.62	6.7	6.67
	EC(dS/m)	1.46	1.64	1.41	1.24	0.61
4	pH	6.49	6.01	6.50	6.66	6.29
	EC(dS/m)	1.34	1.51	1.49	1.45	1.58
7	pH	6.8	6.0	6.3	6.7	6.2
	EC(dS/m)	0.17	1.31	1.36	0.91	2.57
10	pH	6.39	6.27	6.30	6.43	6.40
	EC(dS/m)	1.71	1.45	1.48	1.12	1.33

표 33. 농가별 양액분석 결과(1월, 4월, 7월, 10월)

Jan.	pH	EC (dS·m <sup>-1</sup> )	Micro element (ppm)											
			NO <sub>3</sub> -N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B	Mo
A-s	5.9	1.5	724.4	81.9	140.0	123.4	30.9	80.6	1.61	0.03	0.48	1.08	-	0.04
A-d	6.0	1.5	799.4	81.8	139.3	138.9	37.0	185.3	1.51	0.04	0.07	0.72	-	0.04
B-s	6.1	1.6	755.8	81.6	146.5	124.2	32.4	138.2	1.38	0.08	0.50	0.33	-	0.05
B-d	6.3	1.8	900.8	66.5	154.4	162.7	44.2	219.2	0.92	0.08	0.12	0.36	-	0.06
C-s	6.6	1.4	767.3	108.5	165.6	132.1	33.12	86.8	1.80	0.05	0.36	0.23	-	0.07
C-d	6.7	1.0	745.7	105.3	162.0	127.4	32.4	148.0	1.69	0.05	0.00	0.14	-	0.07
D-s	6.7	1.2	676.2	72.8	121.3	106.9	30.2	134.3	1.44	0.04	0.25	0.17	-	0.04
D-d	6.4	1.4	745.4	60.9	109.8	139.6	33.4	151.6	1.33	0.04	-	0.18	-	0.04
E-s	6.7	0.6	158.6	29.1	53.6	40.3	14.4	76.5	0.07	0.01	-	0.05	-	0.02
E-d	6.8	0.8	327.7	49.2	82.8	65.8	19.8	106.1	0.37	0.01	-	0.05	-	0.04
Apr.	pH	EC (dS·m <sup>-1</sup> )	Micro element (ppm)											
			NO <sub>3</sub> -N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B	Mo
A-s	6.5	1.3	585.2	81.9	160.3	108.7	34.92	134.18	0.89	0.33	0.64	0.27	0.32	0.02
A-d	6.7	1.4	580.5	72.7	170.5	113.7	36.12	171.2	0.69	-	-	0.07	0.26	0.05
B-s	6.0	1.5	666.5	54.1	142.0	134.8	28.44	103.6	1.12	0.63	0.63	0.34	0.28	0.02
B-d	5.8	1.6	816.3	63.2	168.8	152.5	40.56	159.1	0.88	0.06	0.70	0.70	0.43	0.01
C-s	6.5	1.5	823.4	86.8	174.4	155.0	35.28	70.75	1.59	0.11	0.29	0.18	0.28	0.07
C-d	6.5	1.5	665.4	83.3	173.0	134.5	34.44	74.05	1.03	0.08	0.00	0.16	0.29	0.06
D-s	6.7	1.4	728.6	64.0	141	153.8	26.62	71.49	2.09	0.02	0.15	0.11	0.18	0.15
D-d	6.4	1.5	691.9	120.4	258.7	124.9	43.08	79.26	1.01	0.03	0.01	0.17	0.24	0.01
E-s	6.3	1.6	662.6	104.1	51.8	129.3	38.4	79.19	0.88	0.05	0.51	0.30	0.30	0.51
E-d	6.4	2.3	1012.7	135.1	0.58	-	-	122.9	-	-	-	-	0.20	-

Jul.	pH	EC (d S · m <sup>-1</sup> )	Micro element (ppm)											
			NO <sub>3</sub> -N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B	Mo
A-s	6.8	0.1	167.7	1.72	6.31	17.4	6.59	55.0	0.04	-	0.04	0.05	0.08	0.01
A-d	6.4	1.1	1170	27.1	1048	68.0	30.3	365.9	1.24	0.04	0.12	0.23	0.38	0.09
B-s	6.0	1.3	460.8	33.2	88.1	74.5	46.5	103.7	1.10	0.09	0.71	0.51	0.50	0.06
B-d	6.2	1.6	639.8	37.5	118.2	86.4	37.1	135.7	1.36	0.11	0.19	0.35	0.64	0.15
C-s	6.3	1.3	604.8	38.8	124.7	74.3	30.7	114.9	2.17	0.16	0.01	0.30	0.50	0.15
C-d	6.0	1.4	618.4	40.4	132.7	76.8	32.8	118.7	2.36	0.25	0.61	0.40	0.51	0.16
D-s	6.7	0.9	438.3	26.2	82.5	58.5	24.9	87.4	0.94	0.05	0.31	0.21	0.26	0.04
D-d	6.8	1.0	454.6	25.6	91.3	60.1	28.7	100.3	0.75	0.02	0.26	0.17	0.30	0.04
E-s	6.2	2.5	1084	74.6	230.5	114.1	44.5	188.1	3.25	0.15	0.82	0.64	0.57	0.11
E-d	6.6	1.8	793.3	61.4	161.6	95.9	40.3	170.9	2.13	0.08	0.43	0.37	0.42	0.07

Oct.	pH	EC (d S · m <sup>-1</sup> )	Micro element (ppm)											
			NO <sub>3</sub> -N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B	Mo
A-s	6.3	1.7	103.9	45.8	139.2	93.2	35.2	-	2.65	0.06	0.96	0.29	0.51	0.07
A-d	6.0	1.8	112.4	51.5	160.0	103.8	40.0	-	2.85	0.12	0.26	0.41	0.66	0.09
B-s	6.2	1.4	52.3	10.9	111.7	86.4	33.23	-	1.82	0.09	0.75	0.46	0.51	0.08
B-d	5.8	1.5	132.3	23.4	100.1	84.9	35.7	-	1.55	0.23	0.28	0.79	0.55	0.04
C-s	6.3	1.4	99.79	50.1	139.6	83.7	37.0	-	2.16	0.16	0.81	0.52	0.48	0.14
C-d	5.8	1.3	100.7	41.9	112.9	77.9	33.7	-	1.90	0.17	0.67	0.45	0.39	0.10
D-s	6.4	1.1	100.1	45.6	118.6	58.5	31.7	-	1.21	0.06	0.49	0.30	0.29	0.06
D-d	6.1	1.2	113.9	45.3	125.5	81.1	35.1	-	1.76	0.08	0.12	0.22	0.24	0.06
E-s	6.4	1.3	564.0	47.2	108.6	77.4	31.1	-	1.48	0.08	0.44	0.41	0.27	0.05
E-d	6.5	1.8	139.2	39.7	133.5	101.8	42.9	-	1.30	0.03	0.16	0.25	0.23	0.06

\*s: supplement, d: drainage

#### 4. 중북부지역 장미 스마트팜 선도 농가 핵심기술 요인분석

##### 가. 세부연구목표

○ 중북부지역 장미 스마트팜 및 관행농가의 절화품질 비교 분석

##### 나. 분석대상 및 품종

- (1) 조사대상 : 권역내 스마트팜 선도농가 4개소, 관행 1개소
- (2) 공시 품종 : A농가 'Victoria', B농가 'Revival', C농가 'Charmant', D, E 농가 'Beast'

##### 다. 조사 내용 및 방법

월별 수확한 절화 품질(절화수명, 절화길이, 절화무게 등)을 조사하고, 1, 4, 7, 10월 분기별로 엽록소형광, SPAD, 기공밀도, 색소 농도 등 생리반응을 분석하고 이를 앞서 환경요소 DB와 비교분석을 실시하였다.

(1) 수확 시 절화 품질

농가별 상등품 10송이를 기준으로 절화 길이, 화폭, 꽃잎 수, 엽 수, 화색(Lab, 바깥에서 5번째 꽃잎 대상, CR-10 plus, Konical minolta, Japan), 엽수(3-7매엽), 꽃잎수(1cm 이상 크기)로 구분하여 조사하고, 건물중은 70°C(dry oven)에서 72시간 건조 후 측정하였다. 통계는 SAS package(statistical analysis system, version 9.4, SAS Institute Inc.)를 이용하여 ANOVA(analysis of variance)분석, 각 처리간의 유의성은 DMRT 5% 수준으로 하였다.

(2) 절화 수명

2019년 1월부터 12월까지 매월 5개 농가에서 오전에 채화해 온 장미 4품종을 서울시립대 환경원예학과 환경화훼연구실로 습식 운반하였다. 절화수명은 수출절화규격(60cm)에 맞추어 재절단 후 20±0.8°C, RH 42±11%, 24시간 명조건에서 관찰하였다. 단, C농가 'Charmant'의 경우 2019년 7월, 8월에 절화 길이가 60cm에 미치지 못하여 50cm로 재절단하여 사용하였다. 농가별 12송이를 수돗물(pH 7.0, EC 0.2 dS·m<sup>-1</sup>)이 든 화병에 2송이씩 넣어 이틀 간격으로 측정하였다. 절화수명은 꽃잎 탈리, 꽃잎 마름, 꽃목굽음, 잿빛곰팡이 발병을 절화수명종료 기준으로 설정하였다. 통계는 SAS package(statistical analysis system, version 9.4, SAS Institute Inc.)를 이용하여 ANOVA(analysis of variance)분석, 각 처리간의 유의성은 DMRT 5% 수준으로 하였다.

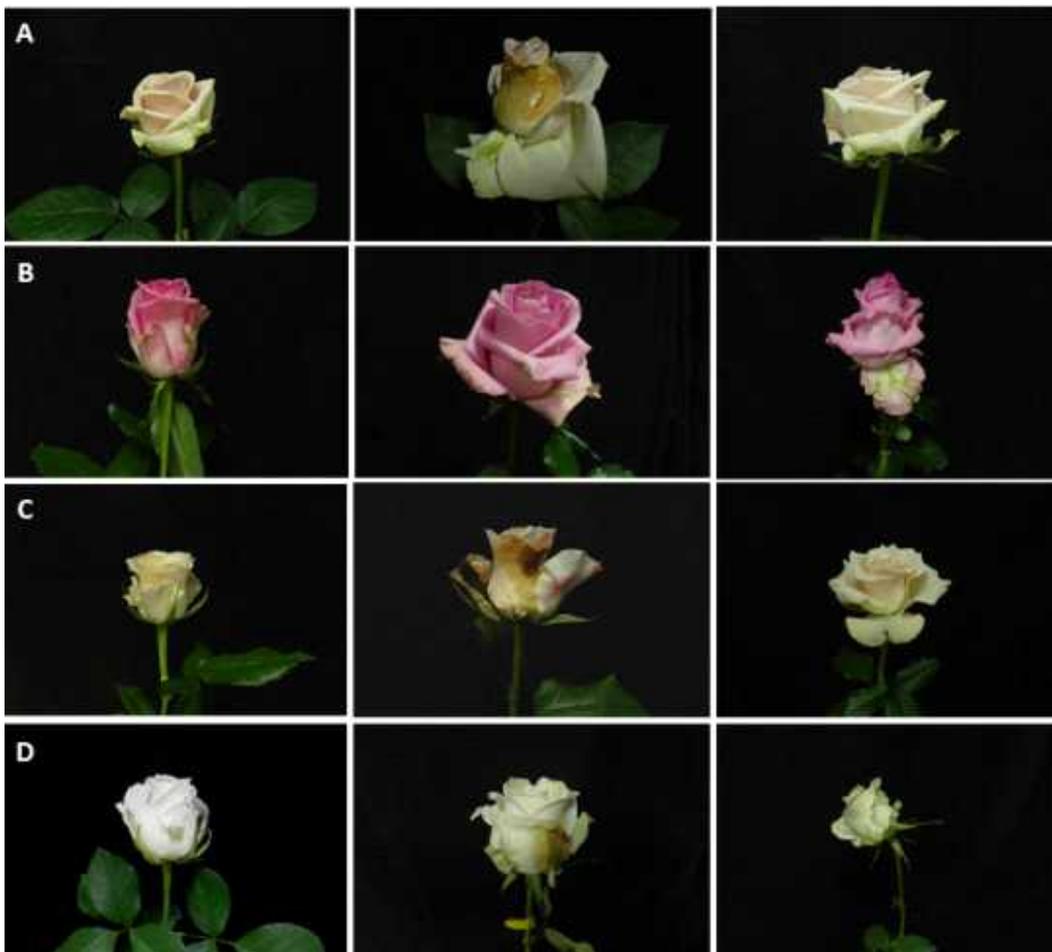


그림 34. 품종별 절화 수명 종료 원인(좌로부터 정상, 잿빛곰팡이, 마름증상)

A: 'Victoria' , B: 'Revival' , C: 'Charmant' , D: '비스트'

(3) 분기별 절화 수체 생리반응 분석(엽록소형광, SPAD, 기공, 색소)

○ 엽록소형광 : 광계 II 에 의한 엽록소 형광(chlorophyll fluorescence)은 상위 5매엽 중 가운데 잎을 Fluocam 800MF(Photon System Inc., Czech)으로 측정하여, Fv/Fm (Maximum quantum yield of photosystem II 와 NPQ(Non-photochemical quenching)값을 분석하였다.

○ Chlorophyll content (SPAD value) : 상위 5매엽 중 우측 잎을 엽록소계(SPAD-502 plus, Minolta, Japan)로 측정하였다.

○ 기공 특성 : A-E 농가 장미 품종을 대상으로 상위 5매엽 중 좌측 잎 배측면의 엽맥 사이 기공을 optical microscope(DW-THSP, DongwonESI, Korea)을 이용하여 100배로 하여 조사하였고 기공이미지를 DVD Plus 3.0(VIDBOX Inc, US)으로 추출하였다.

○ 안토시아닌 함량 : A-E 농가 장미 품종 대상으로 바깥쪽 4번째 꽃잎 중간부위를 적정량으로 세절하여 10배 양의 0.1N HCl methanol로 암소에서 24시간 추출 후 UV-VIS spectrophotometer(UV-2450, Shimadzu, Japan)를 이용하여 530nm와 653nm에서 흡광도를 측정하였고, 총 안토시아닌 함량계산식 [Total Antocyanin = A530 - 0.24 × A653]으로 계산하였다. C농가 품종 'Charmant'의 경우 복색 품종으로 기부와 가장자리 사용하여 분석하였다.

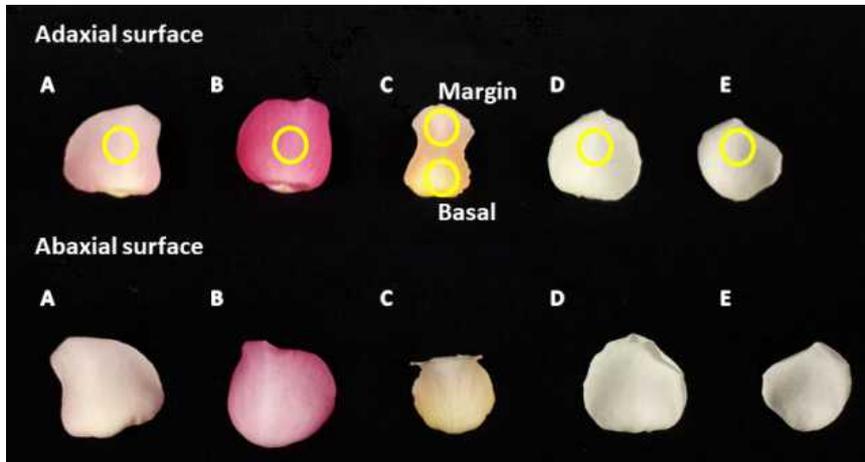


그림 35. 안토시아닌 분석재료

A: 'Victoria', B: 'Revival', C: 'Charmant', D&E: 'Beast'

(4) 간이 소득 분석

조사 농가의 온실 경영분석을 위하여 간이 소득분석표를 활용하여 매달 생산현황과 투입요소 소비량을 조사하였다. 생산현황에서는 생산량과 수취가격을 조사하여 수입(A)로 산출하였다. 투입요소 비용으로는 종묘비, 유기질비료비, 무기질비료비(고형비료, 양액, 미량원소, 기타), 농약비(제초제, 살충제, 살균제), 광열동력비(가스, 유류, 전기, 기타), 재료비(포장재, 보온재, 피복재, 배지, 블록, 친환경재, 유인자재, 기타), 소농구비, 수리비, 수리유지비, 임차료(토지, 농기계, 시설), 위탁영농비, 고용 노동비 및 기타비용을 산출하였다.

(5) 만족도 조사

스마트팜 시스템 도입 후 만족도 조사를 위한 조사표를 작성하여 스마트팜 농가를 대상으로 설문 진행하였고, A-D농가의 설문 결과를 산출하였다.

○ 간이 소득분석표

농가명 :

조사일 : 2019년 월

수익성 (1년 기준 : 년 월 ~ 년 월)

• 생산현황

구분	온실형태 <sup>1</sup>	대상면적(평)	생산량 (A) (단)	수취가격 (B) <sup>2</sup> (원/단)	조수입 (AxB)(천원)
스마트온실					
일반온실					

주) <sup>1</sup>온실형태는 유리온실, 경질판온실, 연동비닐, 단동비닐, 기타온실 임.

<sup>2</sup>수취가격 = 판매가격-유통비용(운송비, 상장수수료, 상하차비 등)

• 투입요소비용

구분	스마트온실		일반온실(대비구)		비고
	투입량	투입비	투입량	투입비	
종묘비					
유기질비료비					
무기질 비료비	소계				*요소, 복합비료 등과 석회, 붕소, 규산질, 영양제 포함
	고형비료				
	양액				
	미량원소				
농약비	제초제				
	살충제				
	살균제				
	기타				
광열동력비	소계				
	가스				
	유류				
	전기				
재료비	소계				*묘상재료 등 소모성 재료와 친환경 농약도 재료비에 포함
	포장재				
	보온재				
	피복재				
	배지				
	블록				
	친환경재				
	유인자재				
기타재료					

구분	스마트온실		일반온실		비고
	투입량	투입비	투입량	투입비	
소농구비					
수리(水利)비					
수리유지비					
임차료	소계				*농기계만 임차시 *시설 임차시 *농기계+운전자 임차시
	토지				
	농기계				
	시설				
위탁영농비					*투입량은 평균노동시간
고용노동비					*투입량은 평균노동시간
자가노동비					*교육, 정보이용료, 조세 공과금 등
기타비용					

○ 스마트팜 시스템 도입 만족도 조사표

스마트팜 시스템 도입 만족도 조사	대상농가	
	작성 자	
	작성일자	

1. 하루 평균 온실관리 시간은 어느 정도입니까?  
 ① 4시간 미만    ② 4-8시간    ③ 8-12시간    ④ 12시간 이상    ⑤ 기타
2. 온실작업의 각 비중은 어느 정도입니까?  
 ① 식물재배관리 (    %)    ② 양액조성 (    %)    ③ 수확 및 출하 (    %)  
 ④ 시설·환경관리 (    %)    ⑤ 경영관리 (    %)    ⑥ 기타 (    %)
3. 귀하께서 스마트팜 시스템을 도입한 목적은 무엇입니까?  
 ① 편리한 온실환경 관리    ② 소득향상    ③ 품질·수량 향상  
 ④ 관리비용 감소    ⑤ 외출 시 불안감 해소    ⑥ 다른 농가와의 환경비교 분석
4. 현재 스마트팜 시스템 도입에 만족하십니까?  
 ① 예    ② 아니요    ③ 그저 그렇다
- 4-1. 4번 문항의 선택 이유는 무엇입니까?

5. 스마트팜 시스템 도입으로 좋아진 점을 순서대로 적고 향상정도를 쓰시오.

항목	우선순위	향상정도(%)	항목	우선순위	향상정도(%)
외출 시 불안감 해소			품질/수량향상		
온실관리편리성			관리비용 감소		
노동시간 감소			소득향상		

6. 현재 스마트팜 시스템을 몇 % 정도 자동관리를 하십니까?  
 ① 0%    ② 10% 미만    ③ 20-40%    ④ 50-70%    ⑤ 80-100%
7. 100% 자동관리를 하지 않는 이유는 무엇입니까?  
 ① 주로 온실에 있기 때문에 불필요    ② 오작동 우려  
 ③ 작동법이 어려움    ④    ⑤ 기타
8. 현재 스마트팜 기능 중 가장 마음에 드는 것은? (2가지 선택)  
 ① 자동환경 조절기능    ② 환경자료 축적기능    ③ 무선모니터링 기능  
 ④ 무선휘경 조절기능    ⑤ 비상시 휴대폰 알람기능    ⑥ 기타
9. 스마트팜 시스템 도입을 다른 농가에 권하실 의향이 있으십니까?  
 ① 예    ② 아니요
- 9-1. 9번 문항의 선택 이유는 무엇입니까?
10. 현재 스마트팜 기능 중 추가 또는 개선되어야 할 사항은?

## 라. 주요 결과

### (1) 절화품질(절화 길이와 무게 변화)

절화 장미의 품질 조사결과, 모든 농가에서 계절별 유의적인 차이를 보였다. 절화길이는 수출 시 중요하게 적용되는 특징이다. A농가 'Victoria'의 경우 연중 월평균 절화길이 범위는 71.9- 104cm이었으며 동절기(2019년 1월-3월)에는 94.1-104cm, 하절기(2019년 7월-8월) 72.8-73.7cm로 계절 변화에 따른 유의적 차이가 나타났다. B농가 'Revival'의 경우 2019년 1월 평균 절화길이가 69.1cm이지만 이는 농가에서 미리 수출 길이에 맞춰 절단해놓았기 때문에 환경 영향에 의한 결과라고 말할 수 없다. C농가 'Charmant'의 경우 동절기에는 평균 75.0-76.0cm인 반면 하절기에는 44.5-71.7cm로 계절에 따라 약 20cm 이상의 차이가 나타났다. 특히 8월의 경우 최소 수출규격인 50cm에 미치지 못하는 평균 44.5cm로 조사되었다. D농가의 'Beast'도 같은 계절적 차이를 나타냈다. 동절기에는 평균 80.3-88.1cm인 반면 하절기에는 평균 60.4-69.9cm로 약 20cm 차이를 보였다. 절화 생체중은 온도가 높은 7-10월에 전체적으로 낮은 것을 알 수 있었다.

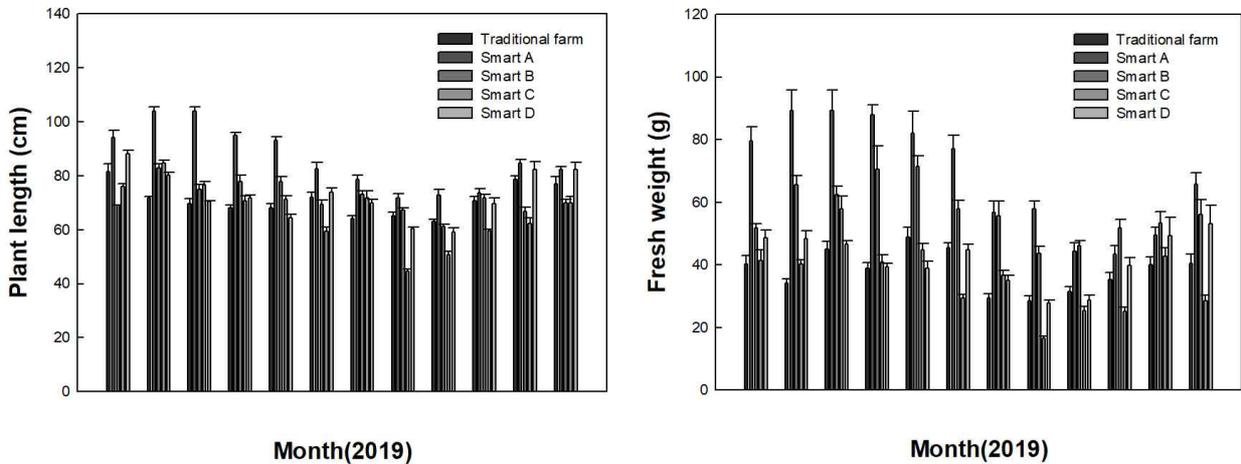


그림 36. 연중 스마트팜 선도농가와 관행농가의 월별 절화 품질(절화길이와 절화무게)

### (2) 절화수명

4품종('Victoria', 'Revival', 'Charmant', 'Beast')의 연중 절화수명은 품종 및 계절에 따라 유의적 차이가 있었다. A농가의 'Victoria'의 경우, 하절기(6월~8월)에 평균 12일 정도의 절화수명이 나타났지만 동절기(1월~3월)에는 평균 14일정도로 계절에 따라 유의적 차이가 있었다. 5월에 대부분의 개체에서 잿빛곰팡이가 발병하여 절화수명이 가장 낮게 나타났다. B농가 'Revival'의 경우 상대적으로 절화수명의 편차가 가장 적었으며 1-10월 평균 10일 이상 절화수명을 나타냈다. 또한 잿빛곰팡이가 거의 나타나지 않으며 절화수명종료 증상으로는 꽃의 중심부가 청변화하여 꽃잎이 마르는 현상을 나타냈다. C농가의 'Charmant'의 경우 복색을 띠는 절화 장미로 계절에 따라 화색이 달라지는 특징을 가진다.

하절기(6-8월)에는 절화 품질이 저하되어 절화 길이가 수출규격인 60cm 미만인 개체가 많았다. 1월부터 3월까지의 잿빛곰팡이가 나타났으나 그 이후 잿빛곰팡이가 거의 나타나지 않아 절화수명이 크게 증가하였다. D, E농가의 'Beast'의 경우, 1월부터 4월까지의 관행 농가보다 스마

트팜 농가의 절화장미의 수명이 평균 1일~3일정도 더 길었다. 그 이후 묘 교체 후 관행 농가인 E농가의 절화 장미 수명이 길어진 것을 확인하였다.

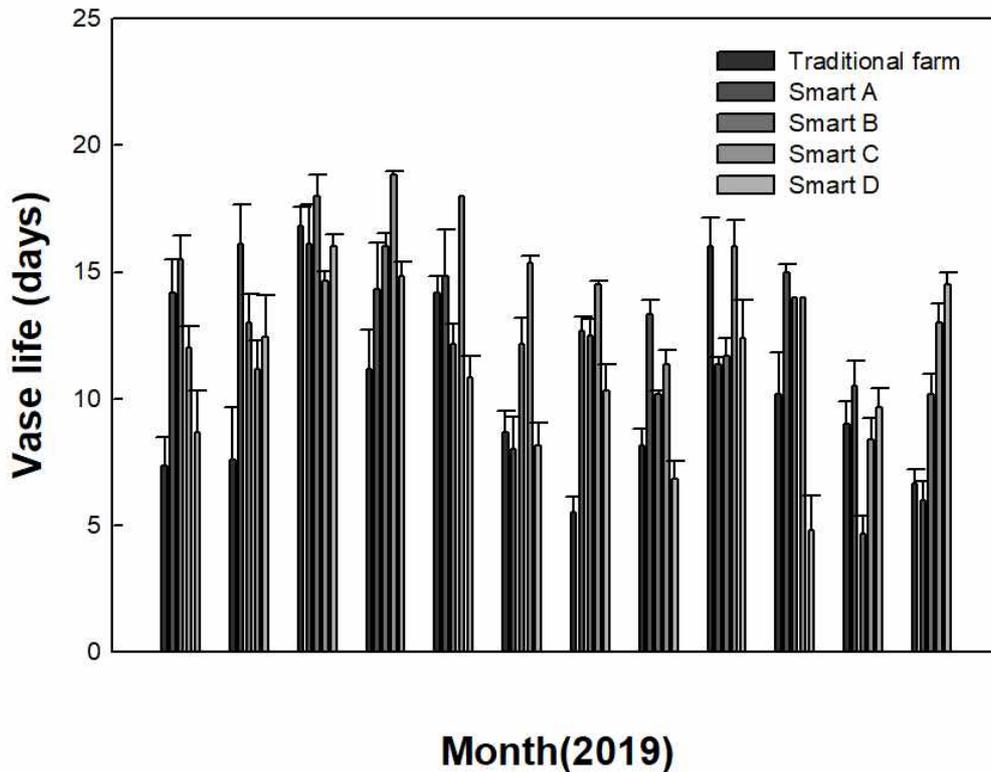


그림 37. 연중 스마트팜 선도농가와 관행농가의 월별 절화 절화수명

### (3) 엽록소형광 특성

Fv/Fm은 광화학 반응의 최대 양자수율로서 최대 광화학적 효율과 동일한 의미이다. Demming and Klaus(1988)에 따르면 건강한 식물의 최대 광화학적 효율(Fv/Fm)은 0.80-0.83을 보인다고 한다. A농가를 제외한 B, C, D, E농가의 Fv/Fm값은 0.81 이상으로 최대 광화학적 효율을 보인 것으로 보인다. 한편 비광화학적 형광소멸제수인 NPQ는 일반적으로 스트레스 지표로 사용되는데, 5농가 다소 높게 측정되었다.

표 35. 선도농가와 관행농가의 엽록소형광 분석결과

Farm	FV/FM	NPQ
A	0.78	1.61
B	0.81	2.38
C	0.80	1.64
D	0.84	2.36
E	0.82	2.43

### (4) 분기별 SPAD value

스마트팜 및 관행농가의 엽록소 함량 조사 결과, A농가의 경우 4월과 유의차가 있었고 7월, 10월에 높은 엽록소함량을 보였다. A-E농가 품종 모두 7월에 엽록소함량이 높게 나타났으며,

C농가의 'Charmant'를 제외하고는 40-55 SPAD value로 품종별 차이가 없는 것으로 조사되었다.

표 36. 분기별 선도농가와 관행농가의 절화 잎 SPAD 분석 결과 (n=9)

Farm	Month	Chlorophyll content (SPAD value)
A	1	48.88 AB
	4	46.48 B
	7	51.76 A
	10	51.00 A
Month		***
B	1	44.48 C
	4	49.52 AB
	7	51.64 A
	10	47.19 BC
Month		***
C	1	33.14 C
	4	38.10 B
	7	42.68 A
	10	42.47 A
Month		***
D	1	47.23 B
	4	42.54 C
	7	51.58 A
	10	47.72 B
Month		***
E	1	41.70 C
	4	45.70 B
	7	50.03 A
	10	45.77 B
Month		***

<sup>z</sup>mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

NS, \*, \*\*, and \*\*\* mean no significant and significant at  $p \leq 0.05$ , 0.01, or 0.001, respectively.

#### (5) 분기별 기공 특성

절화 장미의 계절별 기공 수 변화를 조사한 결과, A-E농가는 분기별로 기공수 변화를 나타냈다. A농가의 'Victoria' 1월에 가장 많은 기공수를 보였고 점차 감소하는 경향을 보였다. B농가의 'Revival'은 적었고, C농가의 품종인 'Charmant'의 A, B, D, E농가의 비해 계절에 따른 유의적인 차이를 보였다. 'Beast' 재배하는 D농가의 경우 계절의 따른 유의차를 보였지만 E농가의 경우는 유의차가 없었다. 잎의 기공개폐정도는 광합성 및 생육에 영향을 미치기 때문에 식물체내 수분유지정도와 품질지표로서 사용되어진다. 따라서 절화품질, 수명데이터와 기공 수 비교를 통한 환경과 품질간의 영향을 알아 볼 수 있을 것이라 판단된다.

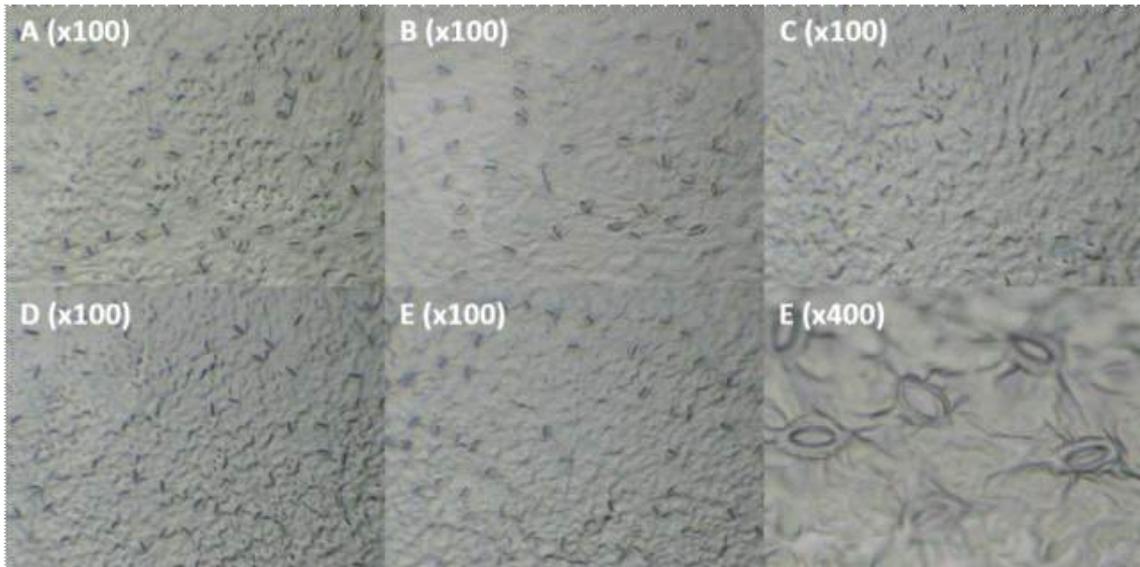


그림 38. 선도농가와 관행농가의 기공 관찰 현미경 사진  
A: 'Victoria', B: 'Revival', C: 'Charmant', D,E: 'Beast' (n=9)

표 37. 기공 분석 결과 (n=9)

Farm	Month	Stomata numbers (per 100 m <sup>2</sup> )
A	4	43 A
	7	35 B
	10	38 BC
Month		***
B	4	29 AB
	7	27 B
	10	33 A
Month		***
C	4	42 A
	7	33 B
	10	27 C
Month		***
D	4	44 A
	7	37 AB
	10	35 B
Month		***
E	4	41 A
	7	40 A
	10	40 A
Month		***

<sup>z</sup>mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

NS, \*, \*\*, and \*\*\* mean no significant and significant at  $p \leq 0.05$ , 0.01, or 0.001, respectively.

(6) 안토시아닌 함량

계절 변화에 따른 품종별 총 안토시아닌 함량변화를 분석하기 위한 실험을 진행한 결과, C 품종의 basal 부분(CB, \*중간부분 CM), D, E농가의 흰색 품종인 'Beast' 경우 총 안토시아닌 함량이 유색품종인 A, B, CM에 비해 적거나 안토시아닌이 검출되지 않았다. 특히 B농가의 'Revival'은 1월을 제외하고 높은 함량을 보였다. 총 안토시아닌 함량은 'Revival', 'Victoria', 'Charmant', 'Beast' 순으로 높게 검출되었다. A농가의 경우 4월, 8월에 함량이 급격하게 적어진 것으로 나타났고 8월의 고온이 화색에 영향을 미친것이라 생각된다. 따라서 농가의 환경데이터와 절화 4품종에 대한 품종별 비교가 환경데이터 수집과 색소분석을 통해 이루어질 수 있을 것으로 판단된다.

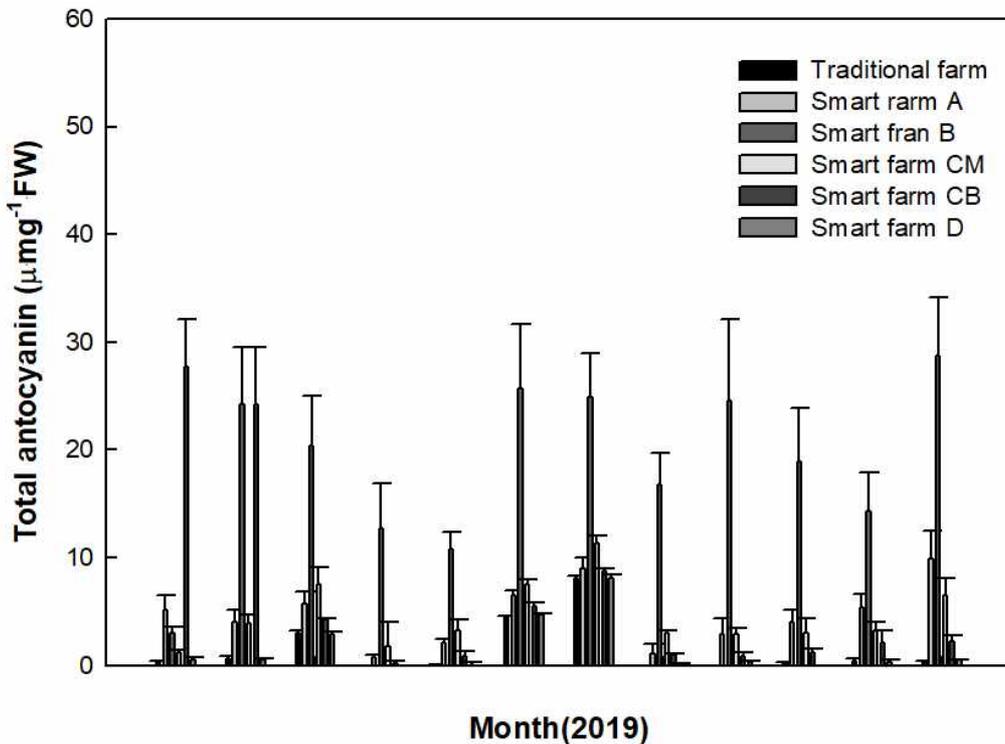


그림 39. 연중 스마트팜 선도농가와 관행농가의 월별 꽃잎 안토시아닌 함량 변화

(7) 스마트팜 선도농가의 핵심기술 발굴

○ 연간 시설환경요소 비교

관행농가와 스마트팜 농가간의 환경 특성을 분석하였다. 재배면적과 재배품종이 같은 E농가(관행농가), D농가(스마트팜)를 대상으로 하였다. 광, 기온, 상대습도, 배지온도를 일일 1시간 간격 측정치의 평균값과 누적값으로 구분하여 비교하였다. 평균값은 일 중 변이폭을 확인할 수 없는 단점을 보완하고자 총량 개념의 누적값을 함께 계산하였다. 그 결과, 관행 농가와 스마트팜 농가 모두 연간 변화는 유사한 경향을 보였으며, 일사량의 경우 스마트팜에서, 기온과 배지 온도, 상대습도의 경우 관행농가에서 다소 높게 나타났다. 하지만, 그래프 만으로는 차이를 명확히 확인할 수 없었다. 따라서 어느 농가가 스트레스 환경에 노출되는 빈도수가 높은지를 알아보하고자 하루 중 적정 범위를 벗어나는 빈도수를 환경인자별로 조사하였다.

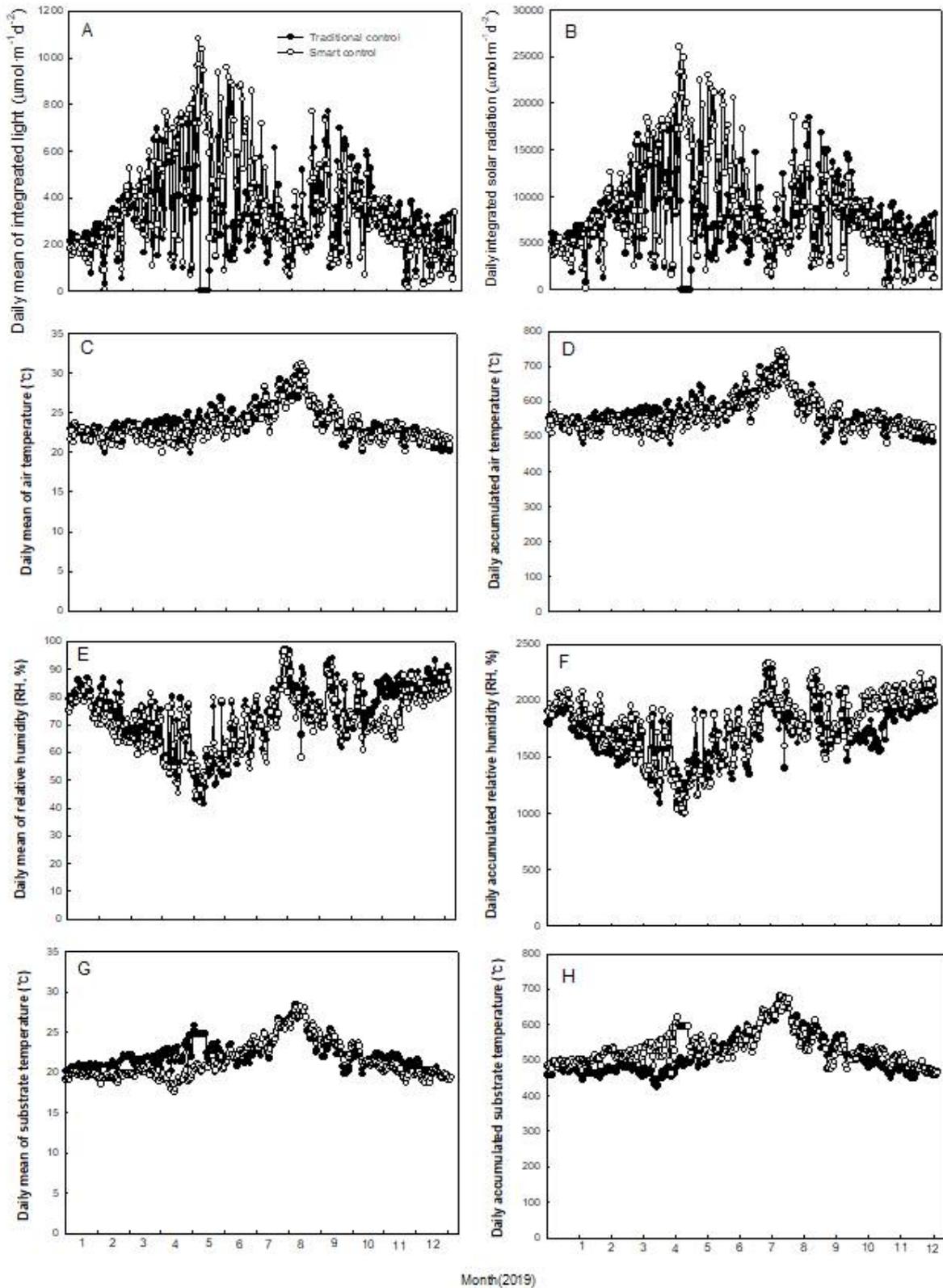


그림 39. 연중 장미 관행 농가와 스마트팜 농가의 시설 환경 비교

(A: 일 평균 광량, B: 일 누적 광량, C: 일평균 기온, D: 일 누적 기온, E: 일 평균 상대습도, F: 일 누적 상대습도, G: 일 평균 배지온도, H: 일 누적 배지온도)

○ 연간 일평균 스트레스 빈도 비교

환경인자에 대한 일평균값의 비교로는 관행농가 대비 스마트팜 농가의 환경관리 수준을 확인할 수가 없었다. 따라서 일평균 대신, 하루 중 장미 생육의 걱정범위를 벗어나는 환경인자 빈도를 조사하였다. 기온의 경우 30°C 이상의 고온 조건, 상대습도는 80% 이상 과습 조건, 배지온도는 21°C 이상 고온 조건이 하루 계측 수 24회 중 몇 번 발생하는 지 빈도수를 조사하였다. 그 결과 기온과 상대습도의 스트레스 조건 빈도는 스마트팜 선도농가에서 현저히 감소하는 것을 알 수 있었고, 상대 습도 역시 6-9월까지는 스마트팜 선도 농가에서 다소 높았으나, 10-5월까지는 관행 농가에서 현저히 높았다. 결과적으로 스마트팜 환경관리가 환경 스트레스 빈도를 줄여주었음을 알 수 있었고, 이것이 작물생육에 영향을 미치는 지 확인이 필요해졌다.

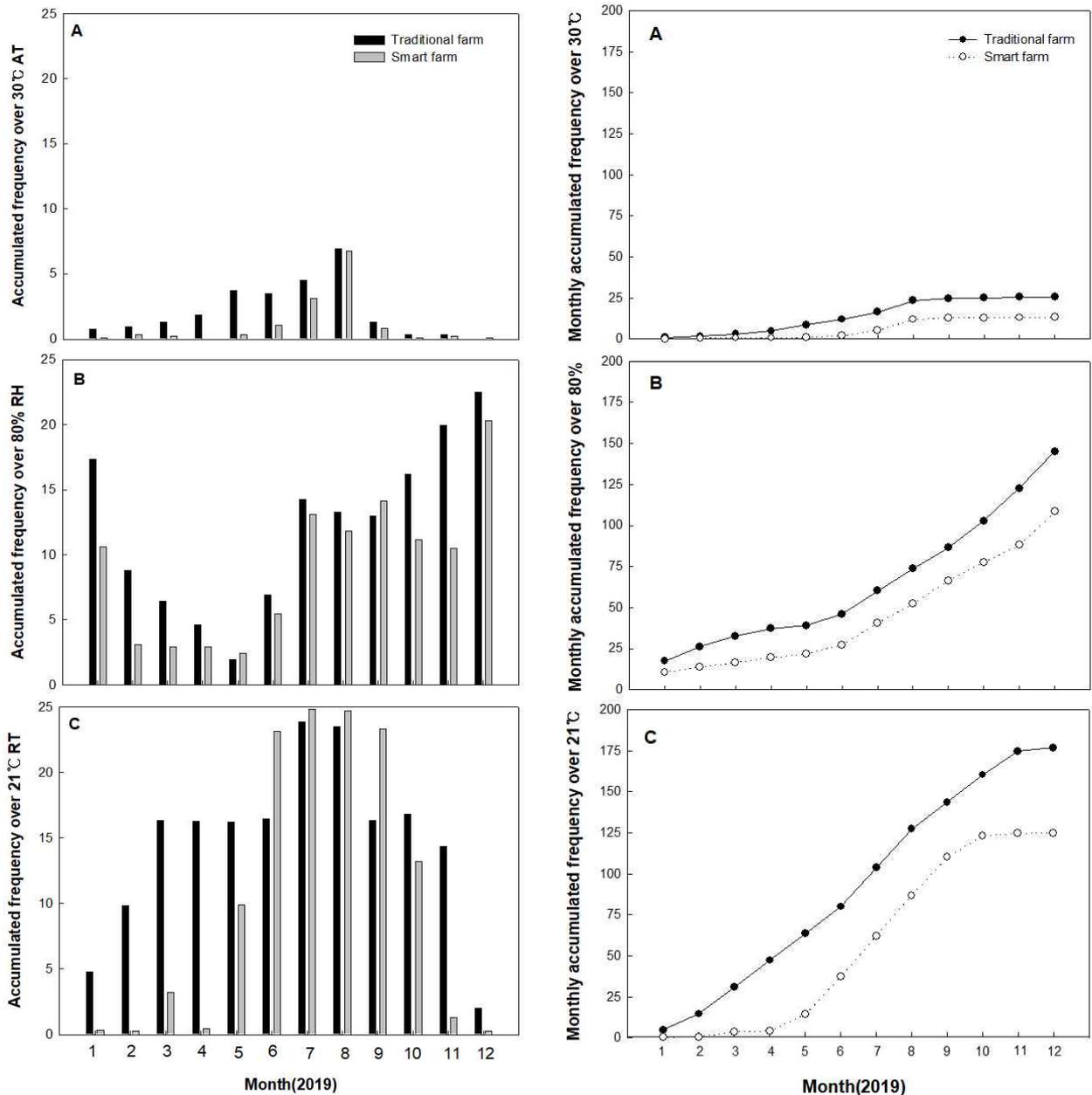


그림 40. 연중 장미 관행 농가와 스마트팜 농가의 일 평균 걱정 범위 외 빈도수 및 누적값값 (A: 기온 30°C 이상 빈도, B: 상대습도 80% 이상 빈도, C: 배지온도 21°C 이상 빈도)

○ 연간 장미 절화 품질 비교

관행농가와 스마트팜 농가간의 절화품질(절화길이, 절화무게, 단위 절화무게, 절화수명) 특성을 분석하였다. 재배면적과 재배품종이 같은 E농가(관행농가), D농가(스마트팜)를 대상으로 하였다. 절화는 매달 1회씩 수확하였으며, 상등품을 기준으로 비교하였다. 그 결과, 관행 농가와 스마트팜 농가 모두 연간 변화 경향은 유사하였다. 한편 절화길이는 스마트팜 선도농가에서 매월 우수했으며, 절화무게 역시 여름철에는 큰 차이를 보이지 않았으나 10-5월까지는 뚜렷하게 우수했다. 선도농가의 평균 절화길이는 7-8월을 제외하고는 모두 70cm를 유지하였지만, 관행 농가의 경우 3-5월, 7-9월에는 70cm를 밑돌았다. 'Beast' 품종이 절화길이가 짧은 종류임에도 불구하고 여름철 절화길이 단축에 대한 환경적, 영양적 관리가 필요해 보인다. 절화무게 역시 절화길기와 유사한 경향을 보여 스마트팜 선도농가에서 우수하였고, 절화수명도 대부분 달에서 우수하였으나, 5월, 7, 8월에는 오히려 감소하는 경향을 보였다. 전체적으로 스마트팜 선도농가에서 절화수명은 2-4월, 9월, 12월에 높았으며 평균 13일 이상 유지되는 등 매우 우수하였고, 1, 6, 8, 10, 11월에는 평균수명이 약 10일 미만으로 보다 적극적인 수확 후 관리가 필요해 보인다. 한편, 관행 농가에서는 3-5월, 9-10월 외에는 모두 10일 미만으로 전체적으로 절화수명이 불량하였다.

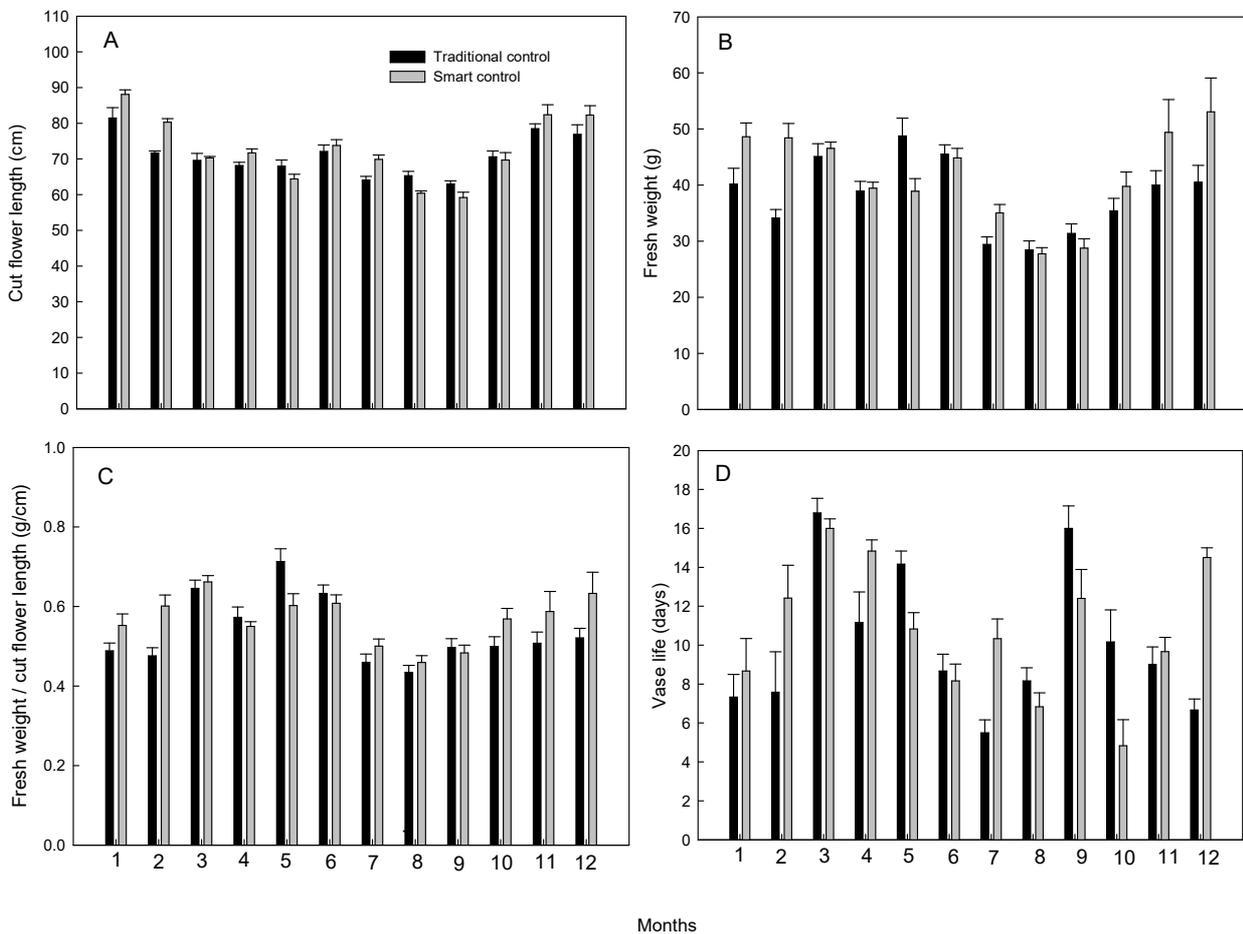


그림 41. 연중 장미 관행 농가와 스마트팜 농가의 절화 품질 비교 (A: 절화길이, B: 절화무게, C: B/A, D: 절화수명)

○ 스마트팜 선도농가의 비교우위 환경요소 분석

관행농가를 기준으로 스마트팜 농가에서 환경요소(누적광량, 누적기온, 누적상대습도, 누적배지온도, 30℃ 이상 고온 스트레스 빈도, 80% 이상 과습 스트레스 빈도, 21℃ 이상 근권 고온 스트레스 빈도), 절화품질(절화길이, 절화무게, 단위 절화무게, 절화수명)의 상대적 비교를 실시하였다. 그 결과, 절화수명은 6%, 단위절화무게 6%, 절화길이 9%, 절화무게 3%가 높았으며, 환경요소에서는 일사량이 10% 높았던 반면, 나머지 누적기온 -2%, 누적상대습도 -4%, 누적배지온도 -4%로 감소하였다. 특히 스트레스 지수인 30℃ 이상 고온 스트레스 빈도는 -48%, 80% 이상 과습 스트레스 빈도는 -25%, 21℃ 이상 근권 고온 스트레스 빈도는 -29%로 모두 현저히 감소하였다. 결과적으로 스마트팜 선도농가에서의 환경관리 수준이 식물 환경 스트레스 빈도수를 감소시키는 등 상대적으로 적정하여 관행 농가보다 절화품질을 향상시킨 것으로 판단된다.

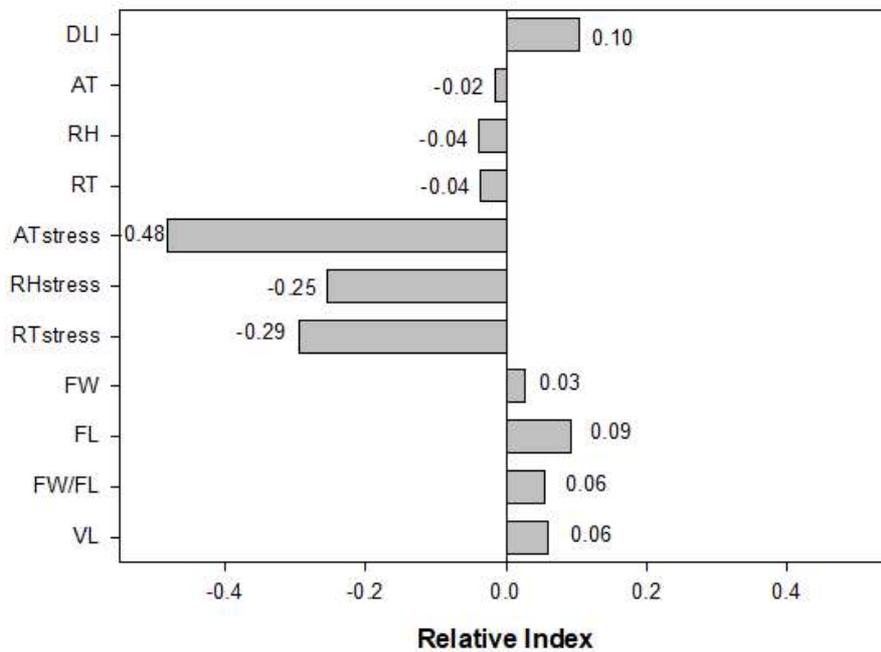


그림 42. 장미 관행 농가 대비 스마트팜 선도농가의 비교우위 요소 분석

○ 관행 농가와 스마트팜 선도농가에서 환경요소와 절화품질간 상관성

관행농가에서 부분적으로 절화무게는 광량과 정의 상관을, 누적기온, 누적상대습도, 누적배지온도와 부의 상관을 보였고, 절화길이는 누적기온( $r=-0.71^*$ ), 배지온도( $r=-0.64^*$ )와 부의 상관을 나타냈다. 하지만 전반적으로 절화수명 포함 품질요소와 환경요소간 뚜렷한 상관성을 보이지 않았는데, 이것은 변수 내 월별 변이폭이 크기 때문인 것으로 판단된다. 한편 스마트팜 선도농가에서는 관행 농가와 경향은 같으나 유의적으로 뚜렷한 상관성을 보였다. 절화수명의 경우 광량( $r=-0.42^*$ ), 누적기온( $r=-0.38^*$ ), 절화 무게와 길이는 누적 근권온도( $r=-0.41^*$ ,  $r=-0.62^{***}$ )와 유의적인 부의 상관을 보여주었다. 전반적으로 근권온도가 높았던 관행 농가에서 절화품질이 감소한 대표적인 환경인자는 근권온도로 판단된다.

표 38. 관행농가의 재배환경과 절화품질 요소간 상관관계 분석

	AT	AT <sub>d</sub>	RH	RH <sub>d</sub>	RT	RT <sub>d</sub>	FW <sub>t</sub>	FW <sub>f</sub>	FW <sub>s</sub>	FW <sub>L</sub>	FL	VL
DLI	0.02	-0.10	-0.62*	0.58	0.26	0.52	0.44	0.34	0.21	0.55	-0.08	0.21
AT		-0.27	0.02	-0.07	0.94***	0.28	-0.53	-0.42	-0.39	-0.52	-0.71*	0.43
AT <sub>d</sub>			-0.24	0.68*	-0.23	0.51	0.01	-0.07	0.20	-0.11	0.01	-0.54
RH				-0.58	-0.06	-0.58*	-0.09	-0.12	0.19	-0.28	0.36	0.16
RH <sub>d</sub>					0.14	0.70	0.21	0.18	0.25	0.10	-0.25	-0.08
RT						0.46	-0.30	-0.22	-0.16	-0.36	-0.64*	0.49
RT <sub>d</sub>							0.05	0.03	0.14	-0.04	-0.20	-0.28
FW <sub>t</sub>								0.90***	0.86***	0.73*	0.61*	0.22
FW <sub>f</sub>									0.79**	0.45	0.52	0.30
FW <sub>s</sub>										0.36	0.58	0.19
FW <sub>L</sub>											0.41	0.04
FL												-0.36

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

DLI: daily light integrated, AT: accumulated air temperature, AT<sub>d</sub>: difference between daily maximum and minimum ATs, accumulated relative humidity, RH<sub>d</sub>: difference between daily maximum and minimum RHs, RT: accumulated root temperature, RT<sub>d</sub>: difference between daily maximum and minimum RT, FW<sub>t</sub>: total fresh weight, FW<sub>f</sub>: floral bud fresh weight, FW<sub>s</sub>: stem fresh weight, FW<sub>L</sub>: leaf fresh weight, FL: cut flower length, VL: vase life

표 39. 스마트팜 농가의 재배환경과 절화품질 요소간 상관관계 분석

Items	AT	AT <sub>d</sub>	RH	RH <sub>d</sub>	RT	RT <sub>d</sub>	FW <sub>t</sub>	FW <sub>f</sub>	FW <sub>s</sub>	FW <sub>L</sub>	FL	VL
DLT	-0.18	0.77***	-0.15	0.33*	0.21	0.38*	0.31	0.30	0.30	0.27	0.08	0.42*
AT		-0.17	0.37*	0.04	0.24	-0.08	-0.14	-0.18	-0.05	-0.21	-0.13	-0.38*
AT <sub>d</sub>			-0.36*	0.36*	0.24	0.35*	0.29	0.32	0.26	0.23	0.06	0.37*
RH				0.15	-0.03	-0.06	-0.03	-0.01	-0.03	-0.04	-0.11	-0.22
RH <sub>d</sub>					0.30	0.11	-0.05	0.01	-0.05	-0.09	-0.29	0.17
RT						0.42*	-0.41*	-0.38*	-0.27	-0.53***	-0.62***	-0.19
RT <sub>d</sub>							-0.14	-0.06	-0.18	-0.12	-0.37*	-0.07
FW <sub>t</sub>								0.95***	0.94***	0.91***	0.80	0.22
FW <sub>f</sub>									0.86***	0.83***	0.66***	0.22
FW <sub>s</sub>										0.75***	0.79***	0.22
FW <sub>L</sub>											0.78***	0.18
FL												0.26

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

DLI: daily light integrated, AT: accumulated air temperature, AT<sub>d</sub>: difference between daily maximum and minimum ATs, accumulated relative humidity, RH<sub>d</sub>: difference between daily maximum and minimum RHs, RT: accumulated root temperature, RT<sub>d</sub>: difference between daily maximum and minimum RT, FW<sub>t</sub>: total fresh weight, FW<sub>f</sub>: floral bud fresh weight, FW<sub>s</sub>: stem fresh weight, FW<sub>L</sub>: leaf fresh weight, FL: cut flower length, VL: vase life

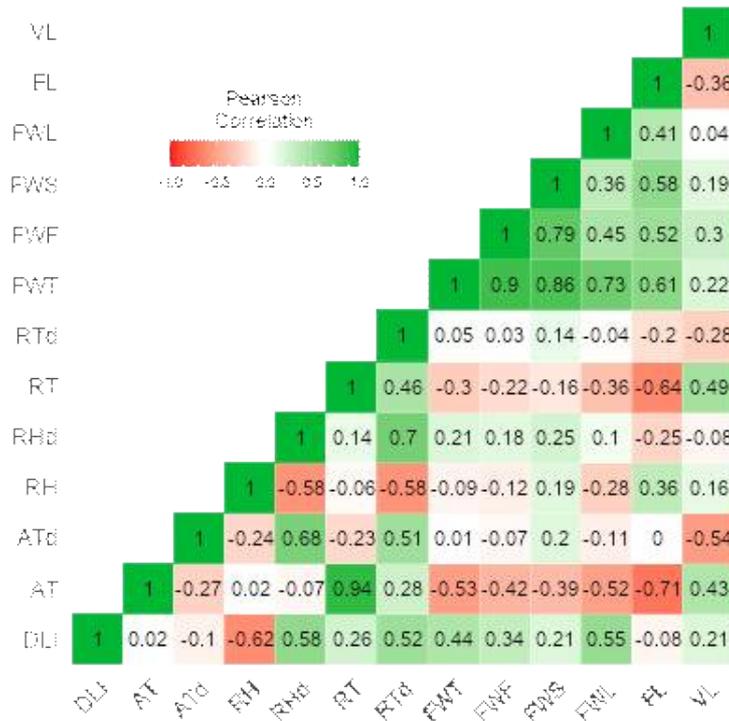


그림 43. 관행 농가의 재배환경과 절화품질 요소간 상관관계 heat map

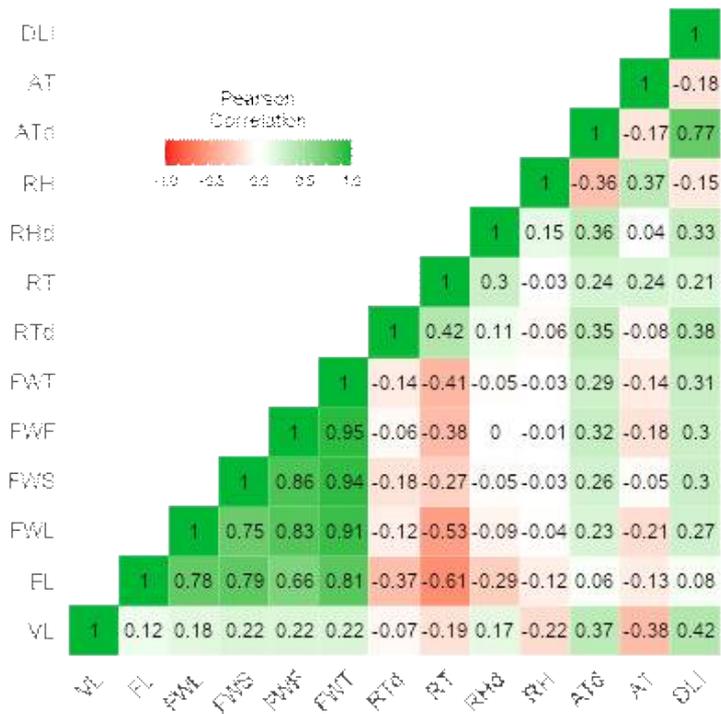


표 44. 스마트팜 농가의 재배환경과 절화품질 요소간 상관관계 heat map

#### (8) 간이 소득 분석

조사 농가의 온실 경영분석을 위하여 간이 소득분석표를 활용하여 매달 생산현황과 투입요 소비용을 조사하였다. 생산현황에서는 생산량과 수취가격을 조사하여 수입(A)로 산출하였다. 투입요소 비용으로는 종묘비, 유기질비료비, 무기질비료비(고형비료, 양액, 미량원소, 기타), 농약비(제초제, 살충제, 살균제), 광열동력비(가스, 유류, 전기, 기타), 재료비(포장재, 보온재, 피복재, 배지, 블록, 친환경재, 유인자재, 기타), 소농구비, 수리비, 수리유지비, 임차료(토지, 농기계, 시설), 위탁영농비, 고용 노동비 및 기타비용을 산출하였다. 그 결과, 스마트팜 선도농가에서 수익이 양호했으며, 관행 농가의 경우 정상적인 수익이 발생하지 않았다. 특히 수익창출이 곤란했던 것은 D농가와 E농가 'Beast'에서 5월부터 세균성 줄기마름병 발생으로 부득이하게 부분적으로 묘 교체가 이뤄졌고 이로 인해 5월과 6월에 투입 비용이 크게 증가한 결과로 보인다. 일관적인 자료를 확보할 수는 없었으나, 대체로 스마트팜 선도농가의 수익성이 향상된 것을 확인할 수 있었다.

#### (5) 만족도 조사

스마트팜 시스템 도입 만족도 조사를 실시하였다. 그 결과 스마트팜 시스템을 도입한 A-D 농가 작업시간은 12시간이상, 8-12시간, 4-8시간, 주 6-7일을 근무한다고 응답하였다. 온실작업 비중은 수확 및 출하, 식물재배관리에 높은 응답률을 보였다. 시설·환경관리의 비중은 14%로 이는 스마트팜 시스템 자동관리 이용률 50-70%, 80-100%에 응답률이 높아진 것에 따른 시설환경관리에 비중감소로 보인다. 100% 자동관리를 사용하지 않는 이유는 온실에 있는 시간이 긴 작업자의 생활패턴과 오작동 우려로 나타났다.

따라서 스마트팜 시스템 도입 시 작업자의 패턴분석과 시스템 신뢰도를 높이기 위한 충분한 사전교육이 필요 할 것이라 생각된다. 스마트팜 시스템 도입 후 관리용이, 작물 환경 분석 및 처방용이, 편리한 온실 환경 관리 이유에 따른 만족도 100%로 응답하였다. 스마트팜 시스템 중 가장 마음에 드는 항목은 환경자료 축적, 자동환경조절 기능으로 농가의 향상정도 결과와 비교해 보았을 때 외출 시 불안감 해소(74%), 온실관리편리성(63%)로 나타난 것과 유사하였다. A-D농가 모두 스마트팜 시스템을 다른 농가에 추천할 의향이 있는 것으로 나타났다.

추천 이유로는 시설관리의 편리성, 환경데이터 분석으로 인한 소득증대 기대, 편리한 온실 관리로 답하였다. 추후 스마트팜 확대와 활용향상을 위해서는 양액 센서에 의한 급·배액제어, 개별 환경제어, 스마트팜 자동제어 시스템 오작동 개선으로 답하였고 다음과 같은 사항을 참고한 시스템 개선은 스마트팜 시스템 이용증가로 이루어 질 것이라 판단된다. 스마트팜 확대 및 그 수요 증가에 따라 작물별 지속적인 환경 DB구축을 통한 인공지능 및 다양한 환경 제어기능 제공은 작업자의 편리성을 증진시키고 있기 때문에 스마트팜 시스템에 대한 도입 확산이 확대될 것으로 판단된다.

표 40. 농가별 간이 소득 비교

Farm	Month	Revenue (A)	Input cost (B)	Profit (A-B)
A	1	10,808,920	6,391,130	4,417,790
	2	15,463,500	7,166,880	8,296,620
	3	12,978,000	3,970,580	9,007,420
	4	11,974,000	2,581,820	9,392,180
	5	10,261,772	3,957,530	6,304,242
	6	2,593,129	1,673,280	919,849
	7	2,539,404	5,263,250	- 2,723,846
	8	3,537,000	4,148,280	- 611,280
	9	5,957,856	3,627,800	2,330,056
	Total		76,113,581	38,780,550
B	1	18,781,510	7,605,000	11,176,510
	2	14,125,850	5,715,000	8,410,850
	3	12,353,840	6,300,000	6,053,840
	4	12,353,840	4,600,000	7,753,840
	5	20,756,880	4,431,000	16,325,880
	6	24,707,680	2,740,000	21,967,680
	7	24,707,680	3,116,080	21,591,600
	8	16,218,840	3,805,000	12,413,840
	9	13,346,950	2,400,000	10,946,950
	Total		157,353,070	40,712,080
C	1	26,460,000	7,840,000	18,620,000
	2	32,800,000	22,380,000	10,420,000
	3	20,101,550	15,400,000	4,701,550
	4	25,300,000	12,800,000	12,500,000
	5	24,840,000	13,990,000	10,850,000
	6	22,059,000	9,760,000	12,299,000
	7	14,865,600	9,320,000	5,545,600
	8	19,430,000	10,100,000	9,330,000
	9	13,308,000	84,820,900	- 71,512,900
	Total		199,164,150	186,410,900
D	1	6,300,000	12,155,333	- 5,855,333
	2	9,933,000	11,465,333	- 1,532,333
	3	9,337,200	6,734,993	2,602,207
	4	6,450,000	5,356,823	1,093,177
	5	5,145,900	7,386,323	- 2,240,423
	6	1,690,500	3,920,743	- 2,230,243
	7	1,449,000	3,806,383	- 2,357,383
	8	1,950,000	3,693,093	- 1,743,093
	9	1,950,000	3,693,093	- 1,743,093
	Total		44,205,600	58,212,120
E	1	4,599,000	12,430,000	- 7,831,000
	2	7,590,000	12,967,000	- 5,377,000
	3	10,416,000	6,163,830	4,252,170
	4	8,600,000	5,246,480	3,353,520
	5	2,332,000	29,503,770	- 27,171,770
	6	-	5,246,480	- 5,246,480
	7	144,000	3,045,460	- 2,901,460
	8	3,850,000	3,172,920	677,080
	9	3,850,000	3,172,920	677,080
	Total		41,381,000	80,948,860

(Unit=Won)

○ 스마트팜 시스템 도입 만족도 조사 결과

<b>스마트팜 시스템 도입 만족도 조사</b>	대상농가	A, B, C, D농가
	작성 자	환경화학연구소
	작성일자	2019.06.17

1. 하루 평균 온실관리 시간은 어느 정도입니까?

- ① 4시간 미만    ② 4-8시간 (25%)    ③ 8-12시간 (25%)    ④ 12시간 이상 (50%)    ⑤ 기타

2. 온실작업의 각 비중은 어느 정도입니까?

- ① 식물재배관리 ( 33 %)    ② 양액조성 ( 8 %)    ③ 수확 및 출하 ( 39 %)  
 ④ 시설·환경관리 ( 14 %)    ⑤ 경영관리 ( 5 %)    ⑥ 기타 ( 0 %)

3. 귀하께서 스마트팜 시스템을 도입한 목적은 무엇입니까? (중복선택가능)

- ① 편리한 온실환경 관리 (2)    ② 소득향상 (1)    ③ 품질·수량 향상 (2)  
 ④ 관리비용 감소 (1)    ⑤ 외출 시 불안감 해소 (3)    ⑥ 다른 농가와의 환경비교 분석

4. 현재 스마트팜 시스템 도입에 만족하십니까?

- ① 예 (100%)    ② 아니요    ③ 그저 그렇다

4-1. 4번 문항의 선택 이유는 무엇입니까?

관리가 용이함, 작물 환경 분석 및 처방용이, 편리한 온실환경관리

5. 스마트팜 시스템 도입으로 좋아진 점을 순서대로 적고 향상정도를 쓰시오.

항목	우선순위	향상정도(%)	항목	우선순위	향상정도(%)
외출 시 불안감 해소	4	74%	품질/수량향상	2	39%
온실관리편리성	1	63%	관리비용 감소	6	9%
노동시간 감소	3	20%	소득향상	4	38%

6. 현재 스마트팜 시스템을 몇 % 정도 자동관리를 하십니까?

- ① 0%    ② 10% 미만    ③ 20-40%    ④ 50-70% (50%)    ⑤ 80-100% (50%)

7. 100% 자동관리를 하지 않는 이유는 무엇입니까?

- ① 주로 온실에 있기 때문에 불필요 (75%)    ② 오작동 우려 (25%)  
 ③ 작동법이 어려움    ④기타

8. 현재 스마트팜 기능 중 가장 마음에 드는 것은? (2가지 선택)

- ① 자동환경 조절기능 (2)    ② 환경자료 축적기능 (1)    ③ 무선모니터링 기능 (3)  
 ④ 무선환경 조절기능    ⑤ 비상시 휴대폰 알람기능 (2)    ⑥ 기타

9. 스마트팜 시스템 도입을 다른 농가에 권하실 의향이 있으십니까?

- ① 예 (100%)    ② 아니요

9-1. 9번 문항의 선택 이유는 무엇입니까?

시설관리의 편리성, 환경데이터 분석으로 인한 소득증대기대치 향상, 편리한 온실관리

10. 현재 스마트팜 기능 중 추가 또는 개선되어야 할 사항은?

양액 필수 EC, pH 센서에 의한 개별환경제어, 스마트팜 자동 제어 시스템 오작동 개선

## 5. 장미 스마트팜 최적재배법 모델 매뉴얼 개발 및 보급

### 가. 세부연구목표

- 중북부지역 장미 스마트팜 최적재배법 모델 매뉴얼 개발 및 보급 확산

### 나. 매뉴얼 개발 및 주요 내용

#### (1) 장미 시설재배현황(중·북부 지역)

- 절화장미 생산 농가 수

최근 10년간 중·북부(서울, 경기, 인천, 대전, 강원, 충북, 충남)지역 장미 스탠다드 및 스프레이 생산 농가 수는 스탠다드 장미가 94% 이상으로 스탠다드 위주로 재배되고 있다. 그러나 최근 10년간 생산농가수는 스탠다드, 스프레이 모두 지속적으로 감소하고 있다.

- 절화장미 생산 재배규모

최근 10년간 중·북부 장미 스탠다드 및 스프레이 농가당 재배 규모는 2019년 기준 각각 0.45ha, 0.41ha이다. 스탠다드 장미의 농가당 재배 규모는 0.42~0.47ha 사이를 유지되고 있으며, 스프레이 장미는 0.28~0.42ha 사이이다.

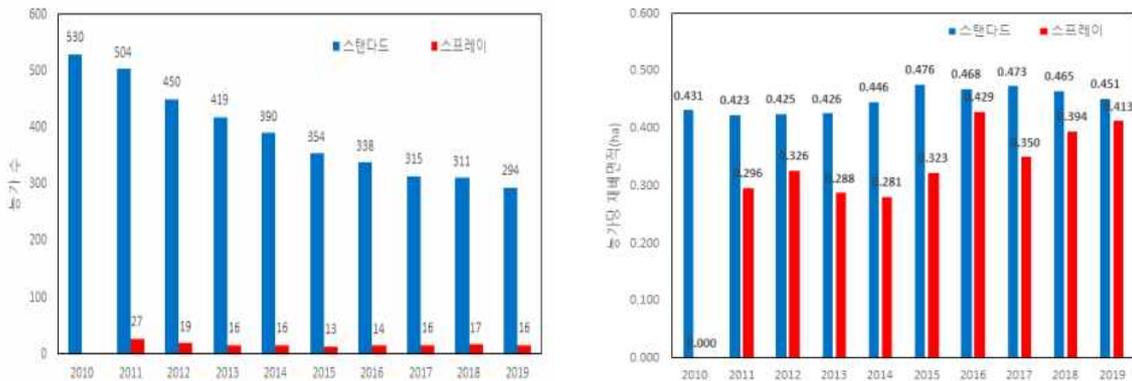


그림 45. 중·북부 지역 장미 생산 농가 수와 농가당 재배규모  
(2010년은 스탠다드 장미 농가 수만 집계 됨, 2013, 2014년은 일부 중북부 지역 집계 누락, 농림축산식품부 2000-2019)

- 농가당 절화장미 생산액

중·북부지역 장미 스탠다드 및 스프레이 최근 10년간 농가당 생산액은 2016년부터 스프레이 장미가 스탠다드 장미보다 더 높다. 2019년 농가당 장미 생산액은 스탠다드 및 스프레이 장미 각각 77,873천 원, 91,728천 원이다.



그림 46. 중·북부 지역 장미 생산 농가당 생산액  
(2010년은 스탠다드 장미 농가 수만 집계 됨, 2013, 2014년은 일부 중북부 지역 집계 누락, 농림축산식품부 2000-2019)

○ 화훼 재배시설 및 재배 유형

중북부 화훼 재배시설은 철파이프 70% > 노지 25% > 철골경질 3% > 철골유리 > 기타 1%로 철파이프가 가장 높은 것을 알 수 있었다. 화훼 재배 유형은 토경재배 47% > 고품배지 및 기타 30% > 필라이트 12% > 암면 4% > 수경 기타 3%, 담액경(DFT) 3% > 박막경(NFT) 1%, 분무경 1%로 나타나 토경재배와 고품배지 및 기타가 가장 높은 것을 알 수 있었다.

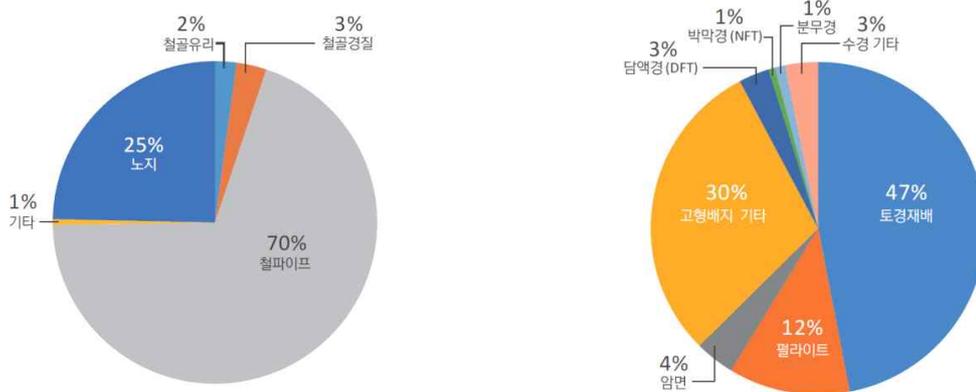


그림 47. 중·북부 지역 화훼 재배시설 및 재배유형  
(농림축산식품부, 2019)

○ 절화장미 스마트팜 영농 수준

스마트팜은 원격 감시와 원격제어를 하는 1세대 모델, 빅데이터 활용 스마트팜 생산성 향상 기술, 스마트팜 클라우드 시스템, 딥러닝 기반 생육량 정보 예측 연구, 식물생체 모니터링 마이크로센싱, 신경회로망 응용 병해충 진단분석 등의 2세대 모델, 복합에너지 관리와 스마트 농작업을 무인 자동화 모델을 이용하는 3세대 모델로 나눌 수 있다. 현재 경기 중북부지역 장미 농가를 조사한 결과 환경 자동 센싱 및 수동제어 형태의 스마트팜 0.5에서 1세대 수준이었다.

(2) 장미 1세대 스마트팜 구성 요소

현장 실증용 1세대 스마트팜 시스템 설치요소는 시설 내부와 시설외부로 나눌 수 있다. 연중 5농가의 환경 데이터 센서를 통한 데이터 셋 구성 결과, 시설 내/외부 센서 설치 수는 각각 온도 센서 2/1, 습도 센서 2/1, 광 센서 2/1, 토양 온도센서 2/0, 토양 수분센서 2/0, 토양 EC 센서 2/0, CCTV 4/2개 설치가 적합할 것이다.

표 41. 현장실증용 1세대 스마트팜 시스템 설치 요소

설치위치	온도 센서	습도 센서	광 센서	토양온도 센서	토양수분 센서	토양 EC	CCTV
시설 내부	2	2	2	2	2	2	4
시설 외부	1	1	1	-	-	-	2
합계	3	3	3	2	2	2	6

(3) 장미 스마트팜 영농기법 모델화 : 광, 온도, 습도, 배지온도 재배 적정범위 표준화

장미의 적정 광 요구량은 품종에 따라 다르지만 적정 광포화점은  $900-1,200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이다. 적정 일누적광량은  $103.68 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 이 적정하다. 광이 부족한 10월~4월은 보광이 필수이다 (농촌진흥청, 2009). 적정 야간온도는  $15-18^{\circ}\text{C}$ 이며 적정 주간온도는  $24-27^{\circ}\text{C}$  이고, 주야 온도차는  $10^{\circ}\text{C}$ 가 적정하다. 적정 상대습도 범위는  $40-80\%$ 이다. 적정 배지 온도 범위는  $18-20^{\circ}\text{C}$ 이다.

다. 매뉴얼 발간 및 정책활용, 농가 보급

매뉴얼 발간 및 농식품부 원예경영과 정책제안 공문을 발송하였고(2020.12.30.), 농식품부 및 한국화훼자조금협의회 소속 장미재배 회원 306농가 대상 매뉴얼 보급 완료하였다. 특히 개발보급 과정에서 비대면 상황으로 SNS 적극 활용하였음.

표 42. 매뉴얼 보급 농가 목록(보급 농가수 : 306개소, 부분 제시)

No.	성함	주소	No.	성함	주소
1	김○목	강원도 원주시	26	정○택	경기도 고양시
2	박○숙	경기도 고양시	27	신○범	경기도 고양시
3	이○강	경기도 파주시	28	홍○목	경기도 양주시
4	조○원	경기도 양주시	29	윤○환	경기도 파주시
5	양○규	경기도 양주시	30	오○섭	경기도 파주시
6	김○철	경기도 김포시	31	유○현	경기도 파주시
7	이○영	경기도 고양시	32	이○삼	경기도 파주시
8	김○권	경기도 광명시	33	김○자	경기도 파주시
9	허○욱	경기도 용인시	34	이○범	경기도 고양시
10	허○욱	경기도 용인시	35	왕○현	경기도 평택시
11	김○범	경기도 고양시	36	유○균	경기도 고양시
12	최○수	경기도 파주시	37	주○오	경기도 고양시
13	김○기	경기도 평택시	38	장○구	경기도 고양시
14	서○태	경기도 고양시	39	김○성	경기도 파주시

○ 절화 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼 개발 및 정책활용 사례

장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼

서울시립대학교

서울시립대학교 교과학업단

장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼

영역	농업기술개발사업	농업기술개발사업
책임자	김민준 (농업기술개발사업)	김민준 (농업기술개발사업)
주요담당자 (담당자)	김민준 (농업기술개발사업)	김민준 (농업기술개발사업)
시작연도	2021년 1월 1일	2021년 1월 1일
주요내용	1. 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼 개발 2. 스마트팜 영농기법 매뉴얼 배포 3. 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼 활용 4. 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼 활용	1. 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼 개발 2. 스마트팜 영농기법 매뉴얼 배포 3. 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼 활용 4. 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼 활용
기대효과	1. 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼 개발 2. 스마트팜 영농기법 매뉴얼 배포 3. 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼 활용 4. 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼 활용	1. 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼 개발 2. 스마트팜 영농기법 매뉴얼 배포 3. 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼 활용 4. 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼 활용
예산액	100,000,000	100,000,000
예산구분	인건비 10,000,000 재료비 90,000,000	인건비 10,000,000 재료비 90,000,000

1 장미 스마트팜 구성요소

- 환경 센서를 1대 스마트팜 시스템 설치 요소

설치 위치	온도 센서	습도 센서	광 센서	풍속 센서	풍향 센서	EC 센서	CO2 센서
실내 상부	2	2	2	2	2	2	4
실내 하부	1	1	1	-	-	-	2
합계	3	3	3	2	2	2	6

장미 스마트팜 시스템 구성요소

2 장미 스마트팜 환경 특성

- 연일 일평균 적하량(강수, 기온, 습도, 복사도) 변화 특성

장미 스마트팜 환경 특성

7 스마트팜 온실기 온실의 환경 조절 현황 설명

- 1 대목 스마트팜 설치 후 온실 내 환경조절현황 설명

스마트팜 온실기 온실의 환경 조절 현황 설명

8 스마트팜 도입의 만족도

- 스마트팜 도입에 대한 만족도 조사 결과(%)

항목	매우 만족	만족	불만족	매우 불만족
온실 관리 편의성	1	10	89	0
농작물 수확량	2	30	68	0
노동시간 감소	3	30	67	0
소득 향상	4	26	70	0
재정 시정된 경우	4	24	74	0
관리비용 감소	6	9	85	0

스마트팜 도입의 만족도

3 생체 정보 수집 방법 및 주기 표

구분	수집방법	장비	주요사항	특성	
생체 정보	신체량	계	1회/2주	중량/질량에 10cm 이하 떨어진 신초수	신체량
	발아율	계	1회/2주	중량/질량에 10cm 이하 떨어진 신초수	발아율
	신초수	계	1회/2주	중량/질량에 10cm 이하 떨어진 신초수	신초수
	중량	계	1회/2주	중량/질량에 10cm 이하 떨어진 신초수	중량
환경 정보	개화율	계	1회/2주	중량/질량에 10cm 이하 떨어진 신초수	개화율
	개화율	계	1회/2주	중량/질량에 10cm 이하 떨어진 신초수	개화율
	개화율	계	1회/2주	중량/질량에 10cm 이하 떨어진 신초수	개화율
	개화율	계	1회/2주	중량/질량에 10cm 이하 떨어진 신초수	개화율

생체 정보 수집 방법 및 주기 표

4 생체 정보 수집 방법 표

수집방법	장비	주요사항
신체량	계	1회/2주
발아율	계	1회/2주
신초수	계	1회/2주
중량	계	1회/2주
개화율	계	1회/2주

생체 정보 수집 방법 표

5 장미 스마트팜 재배관리 표준화 : 물 조건

- 물 조건은 장미 스마트팜 재배관리 표준화 : 물 조건

장미 스마트팜 재배관리 표준화 : 물 조건

6 장미 스마트팜 재배관리 표준화 : 온도 조건

- 온도 조건은 장미 스마트팜 재배관리 표준화 : 온도 조건

장미 스마트팜 재배관리 표준화 : 온도 조건

9 장미 스마트팜 재배관리 표준화 : 영양 조건

- 장미 스마트팜 재배관리 표준화 : 영양 조건

항목	단위	기준
pH		6.0
EC(μmS/cm)	mmol/L	1
NO <sub>3</sub> -N	mg/L	6.8
NO <sub>2</sub> -N	mg/L	0.4
K	mg/L	1.7
Ca	mg/L	3.5
Mg	mg/L	1.8
Fe	mg/L	1.2
Mn	mg/L	0.35
Zn	mg/L	0.25
Cu	mg/L	0.05
B	mg/L	0.25
Mo	mg/L	0.05
Na	mg/L	0.05

장미 스마트팜 재배관리 표준화 : 영양 조건

10 장미 스마트팜 재배관리 표준화 : 절화 조건

- 장미 스마트팜 재배관리 표준화 : 절화 조건

장미 스마트팜 재배관리 표준화 : 절화 조건

3 장미 스마트팜 절화 품질 향상 비교(절화수율)

- 장미 스마트팜 절화 품질 향상 비교(절화수율)

장미 스마트팜 절화 품질 향상 비교(절화수율)

4 장미 스마트팜 절화 품질 향상 비교(절화수율)

- 장미 스마트팜 절화 품질 향상 비교(절화수율)

장미 스마트팜 절화 품질 향상 비교(절화수율)

그림 48. 충북부지역 절화 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼 예시

○ SNS 활용 교육 및 홍보 확산으로 온라인 협의체 구축

경기도 중심 중·북부 지역 장미 스마트팜 영농기법 모델화 매뉴얼을 개발하여 한국화훼자조금 협의회 회원 306농가와 경기도 지역 수출화훼산학연합력단(2015-2020) 소속 회원 장미농가 대상 매뉴얼을 보급하였다. 이와 함께 기존에 운영하던 경기수출화훼산학연합력단 Band와 화훼기술공감(한태호 교수) Band 등을 적극 활용하였고, 특히 교육 및 기술 홍보, 병해충 방제 관련 안내와 정보 제공, 피드백 등을 통해 SNS 비대면 온라인 협의체를 적극적으로 활용하여 농가간 상호 교류 기회를 확대함으로써 협의체를 더욱 공고히 하는 계기가 되었다.

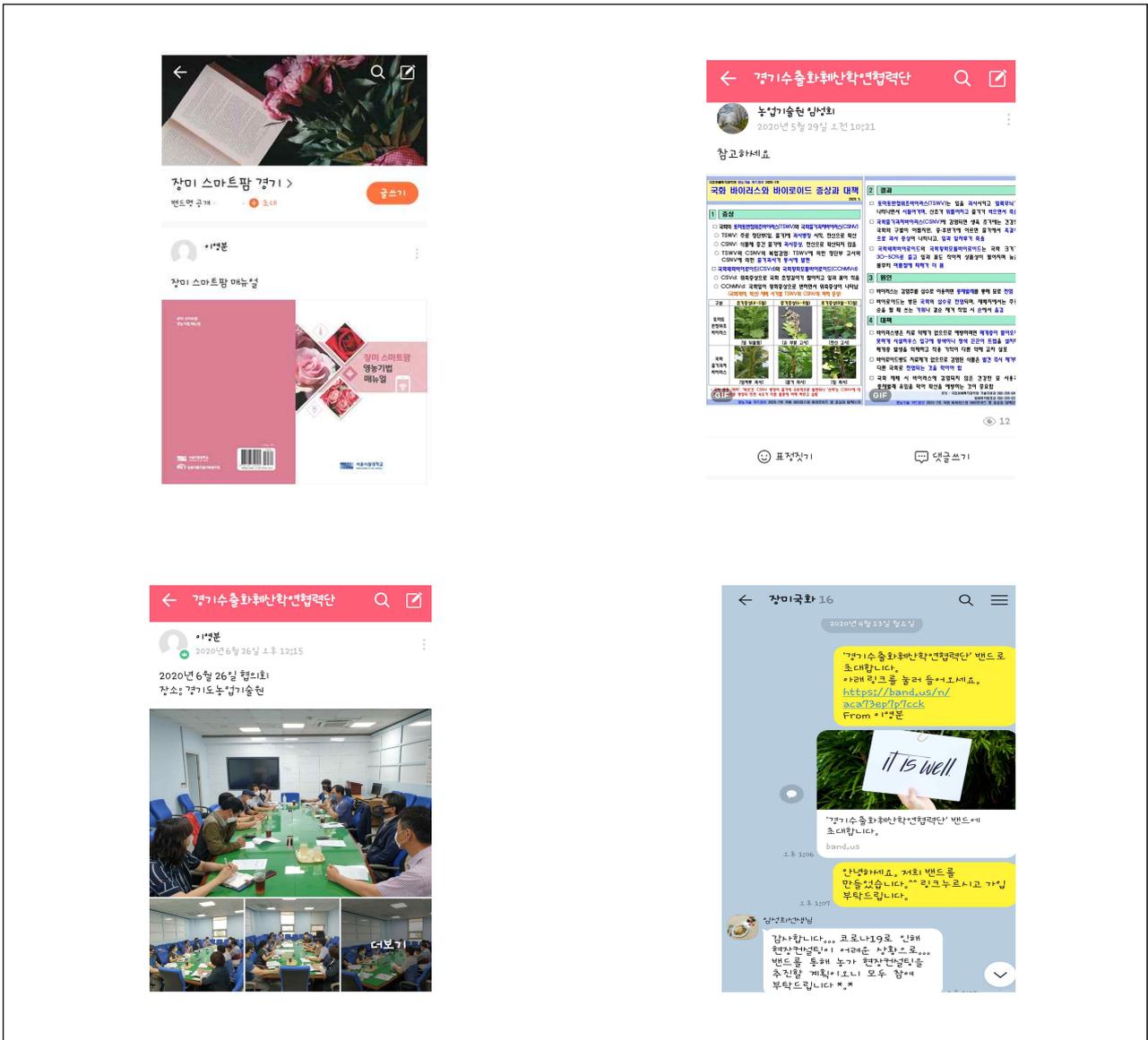


그림 49. SNS 활용 교육 및 정보 공유 확산 등 온라인 협의체 구축 활동 예시

## 제1협동과제 : 호남지역 수출형 장미의 스마트팜 영농기법 모델화 연구

### 1. 호남지역 수출형 장미 스마트팜 시설재배현황 조사

#### 가. 세부연구목표

○ 호남지역 절화 장미 스마트팜 선도농가 보유 시설 조사

#### 나. 스탠다드 장미 시설재배 조사

##### (1) 조사대상 및 방법

○ 조사대상 : 전라남도 강진군 스탠다드 절화 장미 스마트팜 / 관행농가

○ 조사품종 : 스마트팜 - 소프라노, 매직다이아몬드, 버블검, 빅토리아  
관행농가 - 헤라, 사만다, 쓰리디, 켄싱턴가든



그림 50. 전라남도 강진군 스마트팜(위) 관행농가(아래) 내부 모습



그림 51. 전라남도 강진군 스마트팜 내부 시설  
(A, B; 스크린 및 창, C; 작업장, D; 저온고, E; 양액조절장치, F; CO<sub>2</sub> 공급 장치)



그림 52. 전라남도 강진군 관행농가 내부 시설  
(A, B; 천창 및 측창, C, D; 보온 및 차광 스크린, E; 스크린 조절장치, F; 난방조절장치)



그림 53. 스탠다드 장미 스마트팜 선택 품종



그림 54. 스탠다드 장미 관행농가 선택 품종

## (2) 농가시설 및 재배현황 분석

### (가) 스탠다드 장미 스마트팜

전라남도 강진군에 위치한 스마트팜 장미 농가를 선정하였으며, 자동제어시스템이 설치되어 있으나 사용하지 않고 있다. 또한, 조사대상 농가의 대표는 남성(62), 재배경력 20년, 본인을 포함하여 참여 인력이 3명이다. 시설은 태풍으로 인해 2015년도에 재설치되었으며, 시설 유형은 연동 플라스틱 온실로서 면적이 1,150m<sup>2</sup> 되는 것으로 조사되었다. 온실의 난방시스템은 전기, 보광, 히트펌프를 사용하고 있으며, 냉방시스템은 없는 시설이었다. 또한, 차광용 스크린은 없으나 보온용 스크린은 설치되어 있었으며, 천창과 측장이 개방되는 시스템으로 조사되었다. 기타 장치로는 지상부를 제어하는 양액조절장치, 탄산시비장치, 보광장치, 방제기, CCTV 등이 있었으며, 수확 후 관리 부분에서 사용되는 장치로는 저온저장고, 결속기 및 포장기가 보유하고 있었다. 스마트팜 관리는 CCTV와 휴대전화 어플리케이션을 이용하여 실시간으로 온실을 관리하고 있는 것으로 나타났다. 재배 정보를 살펴본 결과, 총 품종은 6품종의 스탠다드 장미가 있으며, 수경 재배 방식으로 펠라이트 배지에서 재배되고 있었다. 본 스마트팜은 장미를 연중 수확하며, 건식 수송을 통해 도·소매시장으로 출하되는 방식으로 유통되고 있었다. 스마트팜 시스템 정보를 조사한 결과, 준 스마트팜 농가이므로 제어부 시스템은 없었으며, 시설 내부에 CO<sub>2</sub>, 양액(pH, EC)의 공급액과 폐액을 조절하는 센서만 있었으며, 자료 축적은 CO<sub>2</sub>만 이루어지고 있는 것으로 조사되었다.

표 43. 스탠다드 장미 스마트팜 운영 분석표

항목		A농가	
I. 농가 정보	1. 농가	최oo	
	2. 지역	전라남도 강진군	
	3. 성별/나이	남/62	
	4. 재배경력	20년	
	5. 참여 인력	3명	
	6. 기타사항	준 스마트팜	
II. 시설 정보	1. 시설유형	플라스틱	
	2. 연동유무	연동	
	3. 설치시기/면적	2015/ 1150m <sup>2</sup>	
	4. 난방 방식	전기, 보광, 히트펌프	
	5. 냉방 방식	무	
	6. 차광용 스크린	무	
	7. 보온용 스크린	유	
	8. 천창 개방성	유	
	9. 측창 개방성	유	
	10. 기타 시설/장비 목록	지상 양액조절장치 탄산시비장치 보광장치 방제기 CCTV	수확 후 관리 저온저장고 결속기 포장기
III. 재배 정보	1. 품종	6품종	
	2. 방식	수경	
	3. 배지 종류	펄라이트	
	4. 수확 및 저장	연중	
	5. 출하 방식	도·소매시장	
	6. 습식 유무	건식	
IV. 스마트팜 시스템 정보	1. 제어부	X	
	2. 센서부	·광- 무 ·온도(지상)- 무 ·온도(배지)- 무 ·습도- 무 ·CO <sub>2</sub> - 유 ·양액- pH, EC (폐액)	
	3. 자료축적	CO <sub>2</sub> - 유	
	4. 기타 제어장치	-	
V. 경영 정보	1. 출하량	2만단	
	2. 매출액	3억	
	3. 근무시간	일 8-12시간	
	4. 설치 후 농가편의성	증가	

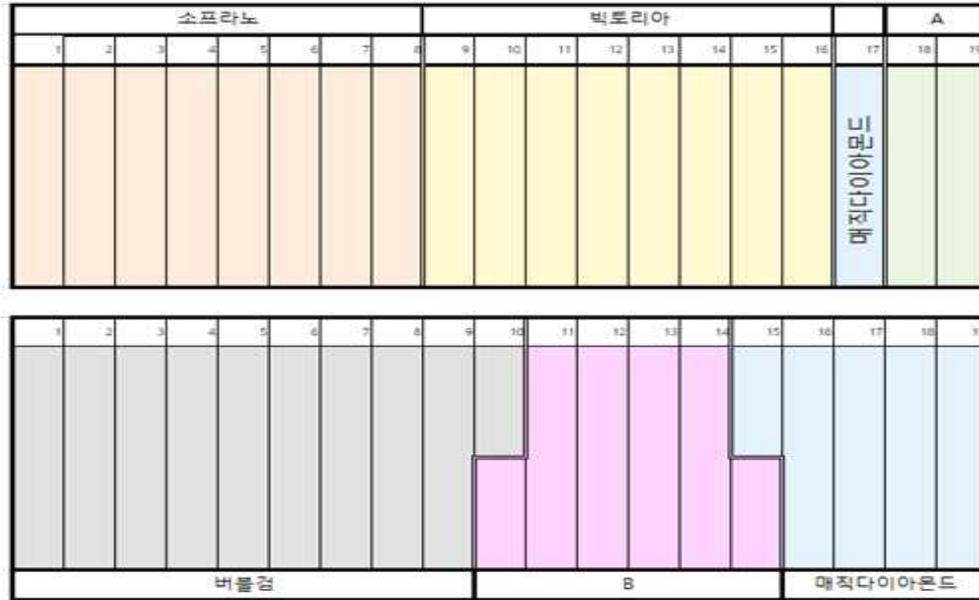


그림 55. 스탠다드 장미 스마트팜 재식 모식도

(나) 스탠다드 장미 관행농가

전라남도 강진군에 위치한 관행 장미 농가를 선정하였으며, 품종을 다르게 하여 2개의 하우스를 운영 중이었다. 조사대상 농가의 대표는 남성(55), 재배경력 10년, 본인을 포함하여 참여 인력이 3명으로 조사되었다. 시설은 2008년도에 설치되었으며, 시설 유형은 연동 플라스틱 온실로서 각 온실의 면적이 850m<sup>2</sup>으로 총 1,700m<sup>2</sup>이었다. 온실의 난방시스템은 전기, 보광시스템을 사용하고 있으며, 냉방시스템은 없었고 차광용 및 보온용 스크린이 설치되어 있으며, 천창과 측창이 개방되는 시스템이었다. 기타 장치로는 지상부를 제어하는 양액조절장치, 탄산시비장치, 보광장치, 방제기, 제습기, 카메라 등이 있었으며, 수확 후 관리 부분에서 사용되는 장치로는 저온저장고, 결속기가 있는 것으로 조사되었다.

재배 정보를 살펴본 결과, 총 품종은 8품종의 스탠다드 장미가 있으며, 수경 재배 방식으로 펠라이트 배지에서 재배되고 있었다. 장미는 연중 수확되며, 건식 수송을 통해 경매장과 도매시장으로 출하되는 방식이다. 자동 시스템의 경우, 일반 관행 농가이므로 제어부 시스템은 없었으며, 시설 내부에 습도, CO<sub>2</sub>, 양액(pH, EC)의 공급액과 폐액을 제어하는 센서만 있었으며, 자료 축적은 CO<sub>2</sub>만 이루어지고 있었다.

표 44. 관행 농가 운영 분석표

항목		B농가	
I. 농가 정보	1. 농가	방oo	
	2. 지역	전라남도 강진군	
	3. 성별/나이	남/55	
	4. 재배경력	10년	
	5. 참여 인력	3명	
	6. 기타사항	관행	
II. 시설 정보	1. 시설유형	플라스틱	
	2. 연동유무	연동	
	3. 설치시기/면적	/850m <sup>2</sup> X 2 = 1,700m <sup>2</sup> (2개 온실 운영)	
	4. 난방 방식	전기, 보광	
	5. 냉방 방식	무	
	6. 차광용 스크린	유	
	7. 보온용 스크린	유	
	8. 천창 개방성	유	
	9. 측창 개방성	유	
	10. 기타 시설/장비 목록	지상 양액조절장치 탄산시비장치 보광장치 방제기 제습기 카메라	수확 후 관리 저온저장고 결속기
III. 재배 정보	1. 품종	8품종	
	2. 방식	수경	
	3. 배지 종류	펄라이트	
	4. 수확 및 저장	연중	
	5. 출하 방식	경매장/ 도매시장	
	6. 습식 유무	건식	
IV. 스마트팜 시스템 정보	1. 제어부	X	
	2. 센서부	·광- 무 ·온도(지상)- 무 ·온도(배지)- 무 ·습도- 유 ·CO <sub>2</sub> - 유 ·양액- pH, EC (폐액)	
	3. 자료축적	CO <sub>2</sub> - 유	
	4. 기타 제어장치	양액조절장치, CO <sub>2</sub> 시비장치	
V. 경영 정보	1. 출하량	3만단	
	2. 매출액	2억 7000만원	
	3. 근무시간	일 8-12시간	
	4. 설치 후 농가편의성	-	

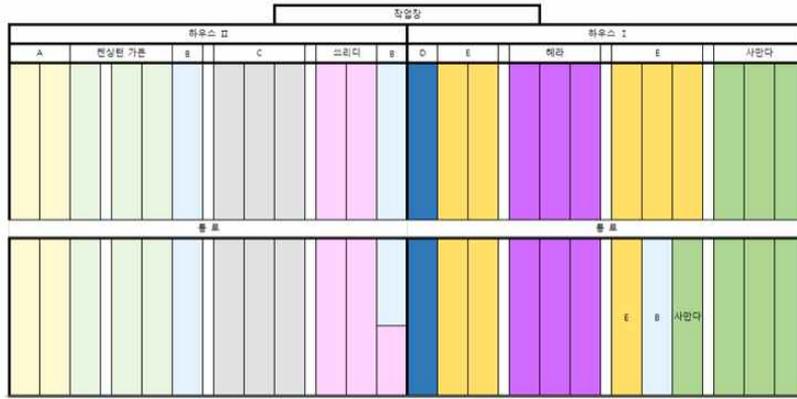


그림 56. 관행농가 재식 모식도

### 다. 스프레이 장미 시설재배 조사

#### (1) 조사대상 및 방법

○조사대상 : 전라북도 장수군 ICT 도입 스프레이 절화 장미 농가

○조사품종 : 슈퍼센세이션, 핑크요요, 플래쉬댄스, 에그타르트



그림 57. 스프레이 장미 스마트팜 내부 모습

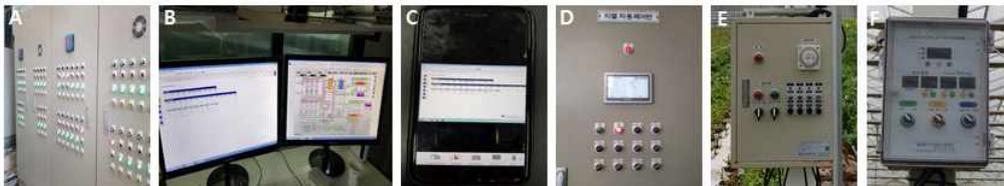


그림 58. 스프레이 장미 스마트팜 자동시설현황

(A: 제어 시스템, B: 시스템 : PRIVA, C: 어플: RemoteView, D: 지열자동제어반, E: CO2 공급 장치, F: 스크린 제어시스템)



그림 59. 스프레이 장미 스마트팜 선택 품종

(2) 농가시설 및 재배현황 분석

전라북도 장수군에 위치한 ICT 도입 스마트팜 장미 농가를 선정하였으며, 하우스 전체가 자동제어시스템으로 운영되고 있었다. 자동제어시스템은 PRIVA를 이용하고 있으며, 휴대폰을 통한 애플리케이션으로는 RemoteView로 원격조절이 가능하게 설계되어 있는 것으로 조사되었다. 조사대상 농가의 대표는 남성(33), 재배경력 10년, 본인을 포함하여 참여 인력이 13명으로 시설은 2014년에 설치되었으며, 시설 유형은 연동 유리온실로서 면적이 14,400m<sup>2</sup> 되는 것으로 조사되었다. 온실의 난방 및 냉방시스템은 히트펌프를 사용하는 것으로 나타났다. 차광용 및 보온용 스크린이 설치되어 있었으며, 천창과 측창이 개방되는 시스템으로 조사되었다. 기타 장치로는 지상부를 제어하는 양액조절장치, 탄산시비장치, 포그시스템, 유향훈증기, 공조기시스템, 나방포획기 등이 있었으며, 수확 후 관리에서 사용되는 장치로는 저온저장고와 결속기를 보유하고 있었다. 재배 정보를 살펴본 결과, 총 품종은 11품종으로 스프레이 9품종 및 스탠다드 2품종의 장미가 있었으며, 수경 재배 방식으로 암면배지에서 재배되고 있다. 장미는 연중 내내 수확하며, 건식 수송을 통해 경매장으로 출하되는 방식으로 유통되는 것으로 조사되었다. 또한, 스마트팜 시스템 정보를 조사한 결과, 난방, 냉방, 천창, 보온, 차광 및 측 스크린, 양액기, 유향훈증기, 나방포획기, 유동팬 등의 총 11개의 채널이 제어되고 있었다. 시설 내·외부의 센서부를 조사한 결과, 시설 내부에는 광, 온도(지상), 습도, CO<sub>2</sub>, 양액(pH, EC)을 조절하는 센서가 있으며 시설 외부에는 광, 온도(지상), 풍향, 풍속, 강우 센서가 있으며, 자료 추적까지 모두 이루어지고 있는 것으로 나타났다. 이 외 기타 제어장치로는 양액조절장치와 CO<sub>2</sub> 시비장치 등을 보유하고 있었다.

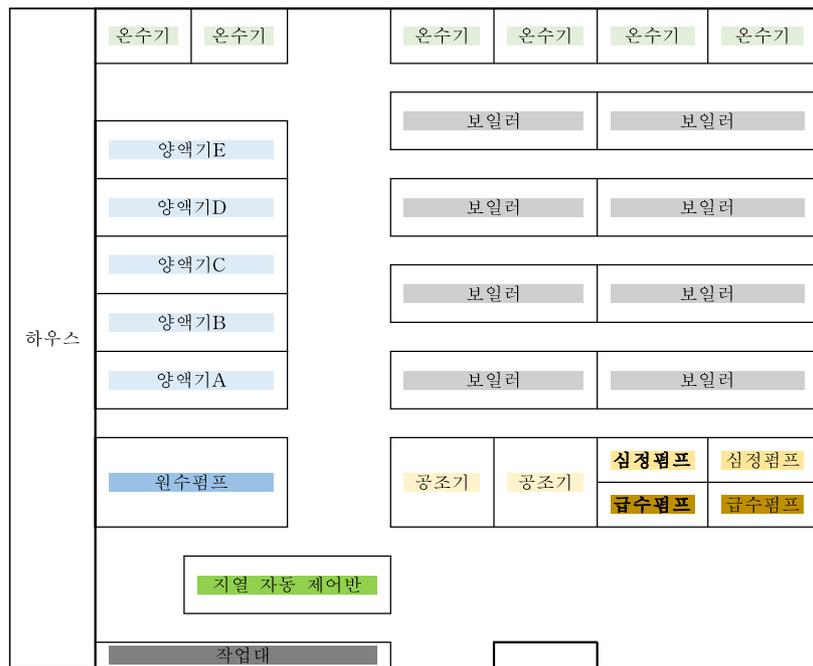


그림 60. 스프레이 장미 스마트팜 내부장치 모식도

표 45. 스프레이 장미 스마트팜 농가 운영 분석표

항목		A농가	
I. 농가 정보	1. 농가	정oo	
	2. 지역	전북 장수군	
	3. 성별/나이	남/33	
	4. 재배경력	10년	
	5. 참여 인력	13명	
	6. 기타사항	ICT 도입	
II. 시설 정보	1. 시설유형	유리	
	2. 연동유무	연동	
	3. 설치시기/면적	2014/ 14,400m <sup>2</sup>	
	4. 난방 방식	히트펌프	
	5. 냉방 방식	히트펌프	
	6. 차광용 스크린	유	
	7. 보온용 스크린	유	
	8. 천창 개방성	유	
	9. 측창 개방성	유	
	10. 기타 시설/장비 목록	지상 양액조절장치 탄산시비장치 포그시스템 유황훈증기 공조기시스템 나방포획기	수확 후 관리 저온저장고 결속기
III. 재배 정보	1. 품종	11품종	
	2. 방식	수경	
	3. 배지 종류	암면	
	4. 수확 및 저장	연중	
	5. 출하 방식	경매장	
	6. 습식 유무	습식	
IV. 스마트팜 시스템 정보	1. 제어부	11개	
	2. 센서부	시설내부 ·광- 무 ·온도(지상)- 유 ·온도(배지)- 무 ·습도- 유 ·CO <sub>2</sub> - 유 ·양액- pH, EC	시설외부 ·광- 유 ·온도(지상)- 유 ·습도- 무 ·풍향- 유 ·풍속- 유 ·강우- 유
	3. 자료축적	시설내부 ·광- 무 ·온도(지상)- 유 ·온도(배지)- 무 ·습도- 유 ·CO <sub>2</sub> - 유 ·양액- pH, EC	시설외부 ·광- 유 ·온도(지상)- 유 ·습도- 무 ·풍향- 유 ·풍속- 유 ·강우- 유
	4. 기타 제어장치	양액조절장치, CO <sub>2</sub> 시비장치	
V. 경영 정보	1. 출하량	15만단	
	2. 매출액	5억 7000만원	
	3. 근무시간	일 8-9시간	
	4. 설치 후 농가편의성	증가	

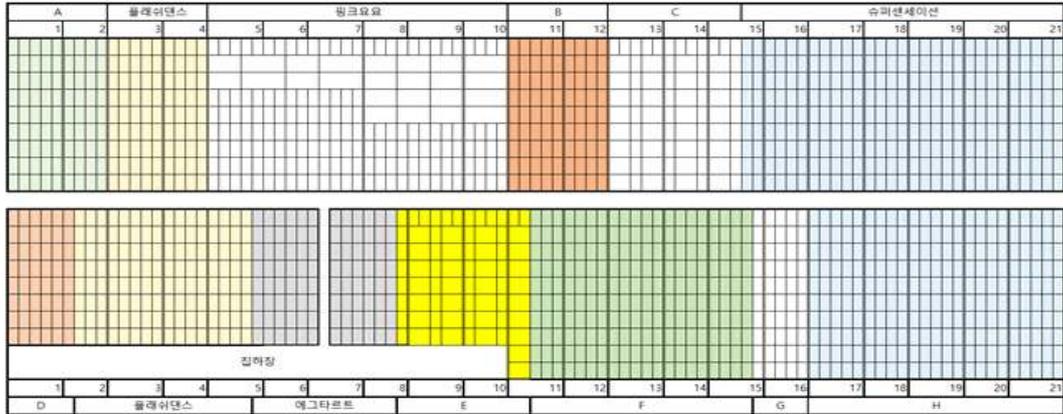


그림 61. 스프레이 장미 스마트팜 재식 모식도

## 2. 호남지역 절화 장미 스마트팜 선도농가 선정

### 가. 세부연구목표

- 호남지역 절화 장미 스마트팜 모델화 선도농가 선정

### 나. 스탠다드 및 스프레이 장미 시설재배 조사

#### (1) 선정대상 및 방법

- 선정대상 : 수출형 절화 장미 생산 농가 2개소
- 선정방법 : 스마트팜 활용도가 높고, 생력화, 비용절감 효과 인정 농가로 전문가 검토

#### (2) 농가선정 결과

호남 지역 내 스마트팜으로 재배가 비교적 잘 되고 있는 농가를 선정하기 위해 기준표를 작성하였다. 농가 조사 후, 기준표 내 80점 이상인 2개 농가를 스마트팜 선도농가로 선정하여 연구를 진행하였다. 스탠다드 장미 스마트팜은 전라남도 강진군에 위치한 농가로 50점 만점에 총 41점으로 기계 설비는 갖추어져 있으나 종합적인 활용도가 다소 낮았다. 그러나, 어플리케이션을 통해 농장 상황을 수시로 체크하고 있어 추가적으로 다양한 센서 설치 및 축적된 데이터를 통해 스마트팜 활용을 높일 수 있어서 선도농가로 선정하였다.

스프레이 장미 농가는 전라북도 장수군에 위치한 농가로 기준표에 의거하여 50점 만점에 46점으로 스마트팜의 기계적 설비 및 활용도가 높게 나타나 선정하였다. 스탠다드 장미를 비롯하여 스마트팜 시설을 비교적 잘 갖추고 있어 모델화가 가능하다는 판단 하에 선정하였다. 또한, 선정된 스탠다드 농가와 스프레이 농가는 시설 외부와 내부에 데이터로거와 광도, 온도, 습도 센서를 설치하여 데이터 축적을 통해 재배환경 유지 정도와 초기 생육 정도, 수확 후 품질에 대하여 조사를 실시하였다.



그림 62. 스탠다드 장미 스마트팜 내·외부 센서 설치 모습



그림 63. 스프레이 장미 스마트팜 내·외부 센서 설치 모습

**연구과제 협력 동의서**

농림축산식품부에서 시행하고 있는 첨단생산기술개발사업 「Best Farmer 영농기법 모델화 연구 (장미)」 과제를 수행함에 있어서 연구책임자(단국대학교 이태경 교수)와 장미재배 스마트팜 우수 선도 농가는 아래와 같이 연구 협력에 동의한다.

- 1. 장미 연구 관련 분야의 정보 제공**  
연구책임자는 장미 관련 연구 정보 및 자료들을 제공한다.
- 2. 장미 재배기술에 관한 정보 제공**  
양측은 장미 재배 및 수확 후 관리 등에 관한 정보와 자료들을 교환한다.
- 3. 장미 재배시설의 정보 제공 및 이용**  
연구책임자는 시설 환경 정보 수집에 필요하다고 판단되는 센서유형, 스마트팜 우수 선도 농가에 제공하고, 농가는 본 과제를 위해 장미재배 시설의 정보 등을 제공한다.
- 4. 장미 재배환경에 관한 정보 제공**  
농가는 장미재배 시설의 재배환경 data를 연구책임자에게 공유함으로써 농가에게 재배기술을 지원한다.

단국대학교 환경원예학과      농업회사법인 향산화형영농조합법인  
연구책임자 교수 이태경      방재훈  
2018년 11월 19일      최명식      최연희  
2018년 11월 19일

**연구과제 협력 동의서**

농림축산식품부에서 시행하고 있는 첨단생산기술개발사업 「Best Farmer 영농기법 모델화 연구 (장미)」 과제를 수행함에 있어서 연구책임자(단국대학교 이태경 교수)와 장미재배 스마트팜 우수 선도 농가는 아래와 같이 연구 협력에 동의한다.

- 1. 장미 연구 관련 분야의 정보 제공**  
연구책임자는 장미 관련 연구 정보 및 자료들을 제공한다.
- 2. 장미 재배기술에 관한 정보 제공**  
양측은 장미 재배 및 수확 후 관리 등에 관한 정보와 자료들을 교환한다.
- 3. 장미 재배시설의 정보 제공 및 이용**  
연구책임자는 시설 환경 정보 수집에 필요하다고 판단되는 센서유형, 스마트팜 우수 선도 농가에 제공하고, 농가는 본 과제를 위해 장미재배 시설의 정보 등을 제공한다.
- 4. 장미 재배환경에 관한 정보 제공**  
스마트팜 우수 선도 농가는 장미재배 시설의 재배환경 data를 연구책임자에게 무상으로 제공하여, 연구책임자는 재배환경 data 분석 결과를 공유함으로써 농가에게 재배기술을 지원한다.

단국대학교 환경원예학과      농업회사법인 장수화형영농조합법인  
연구책임자 교수 이태경      경삼용  
2018년 11월 15일      최명식      최연희  
2018년 11월 15일

그림 64. 선정된 스탠다드 장미와 스프레이 장미 스마트팜의 연구과제 협력 동의서

표 46. 장미 스마트팜 선도농가 선정을 위한 기준표

조사 항목	A농가	B농가	기 준
1. 농장주 장미재배 경력	3	5	1-3년: 1점 4-6년: 2점 7-10년: 3점 10-15년: 4점 ≥15년: 5점
2. 스마트팜 시스템 설치 여부	5	5	미설치: 0점 설치: 5점
3. 장미 재배 관련 자동운영 장치 수	5	4	1-2개: 1점 3-6개: 2점 7-9개: 3점 10-12개: 4점 ≥13개: 5점
4. 환경제어 센서 수	4	1	1-3개: 1점 4-6개: 2점 7-9개: 3점 10-12개: 4점 ≥13개: 5점
5. 환경제어 센서 추가 설치 예정 여부	5	5	미설치: 0점 설치 예정: 5점
6. 환경 데이터 활용도 (축적 데이터 항목)	4	1	1-2개: 1점 3-6개: 2점 7-9개: 3점 10-12개: 4점 ≥13개: 5점
7. 축적 데이터 항목 증대 예정 여부	5	5	유지: 0점 증대 예정: 5점
8. 양액 및 CO <sub>2</sub> 가스 공급 자동화 여부	5	5	수동: 0점 자동: 5점
9. 스마트팜 시스템 설치 후 편의성 증대율 (체감율)	5	5	0-20%: 1점 21-40%: 2점 41-60%: 3점 61-80%: 4점 81-100%: 5점
10. 스마트폰 어플 활용(원격제어) 여부	5	5	미사용: 0점 사용: 5점
합계(100점 기준)	46 (92)	41 (82)	-

### 3. 호남지역 수출형 장미 스마트팜 선도농가 영농기법 조사 분석

#### 가. 세부연구목표

○ 호남지역 절화 장미 스마트팜과 관행농가의 영농기법 분석

#### 나. 스탠다드 장미 영농기법 분석

##### (1) 조사대상 및 방법

○ 조사대상 : 전라남도 강진군 스탠다드 절화 장미 스마트팜 / 관행농가

○ 조사내용 : 농가정보(연중 시설환경관리, 양액공급관리), ICT도입수준(데이터수집방식/스마트온실 기술구성[센서노드(내·외부-온도, 습도, 풍향, 풍속, 일사, 지온, 수분, EC, pH)/제어노드(천창, 측창, 보온재, 차광재, 유동팬, 환기팬, 관수/양액공급기)/영상장비/통합제어기(스마트기기, 컴퓨터-원격감시 및 제어/복합환경제어시스템-클라우드서비스)], 영농작업(수확 후 저장 관리, 절화수확량, 생산관리이력, 생산성 DB화), 수입지출회계, 경제성 분석, 연중 구축한 DB와 절화수량, 절화품질, 생산비용, 농가 소득간 요인분석(다변량) 실시, '스마트팜 시스템 도입 만족도 조사'를 통해 ICT 도입수준, 영농작업, 절화수량, 절화품질 등 농가정보 DB화

그림 65. '스마트팜 시스템 도입 만족도 조사' 설문조사지

표 47. 스마트팜 조사 대상 예비 농가(호남지역)

농가	지역	경영유형	재배방법	면적 (m <sup>2</sup> )	스마트팜 운용연수	ICT도입장비
정○용	장수군	개인	수경	56,859	3	복합환경제어기, 센서노드, 제어노드(양액공급)
이○	강진군	개인	수경	6,942	2	복합환경제어기, 센서노드, 제어노드(양액공급)
이○	강진군	개인	수경	2,644	일반	관행

- 공시재료 : 스마트팜 - 소프라노, 매직다이아몬드, 버블검, 빅토리아  
관행농가 - 헤라, 사만다, 쓰리디, 켄싱턴가든



그림 66. 스탠다드 장미 스마트팜 및 관행농가 공시재료 품종  
(위: 스마트팜 재배 품종, 아래: 관행농가 재배 품종)

- 조사방법 : 스마트팜과 관행농가 내·외부에 데이터로거(WatchDog 1450, Spectrum Technologies Inc., Korea)를 설치하여 30분 간격으로 재배환경 조사 (외부: 온도, 습도/내부: 광량, 온도, 습도, VPD, 배지온도, EC 등)
- 품질분석 : 스마트팜 농가와 관행 농가의 재배환경에 따른 형태 및 생리적 초기 조사, 절화장, 소화수, 엽수, 화폭, 줄기 위·아래 굵기, 생체중, 엽록소함량 등
- 통계분석 : SPSS Statistics 24(SPSS Inc., USA)를 이용하여  $p \leq 0.05$  유의수준 내 Duncan 다중검정 및 Pearson's 상관관계 분석 실시



그림 67. 각 농가 내부와 외부에 설치되어 있는 데이터로거 모습  
(좌: 스마트팜, 우: 관행농가)

(2) 결과

(가) 스탠다드 장미 스마트팜의 시스템 사용 조사 현황

1차년도 스마트팜 시설을 보유하고 있는 스탠다드 장미 농가를 선도농가로 선정 후 시설 활용도 조사를 실시하였다. 그 결과, 스마트팜의 작업시간은 8-12시간, 주 6~7일을 근무한다고 응답하여 법정근로시간(주 40시간)에 비해 다소 높은 작업량인 것으로 나타났다. 온실 내 작업 비중은 식물재배 관리와 시설환경관리에 힘을 쏟는 것으로 나타났으며, 스마트팜 도입을 통해 50~70% 자동관리를 하고 있는 것으로 응답하였다. 시스템을 100% 사용하지 않는 이유는 센서부 고장 후 수리가 되지 않는 부분은 사용이 어려운 것으로 답하였다. 스마트팜 중 가장 마음에 드는 부분은 환경자료 축적 기능을 답하였으며, 그 외 무선환경 조절기능이라고 답하였다. 본 스마트팜은 시스템을 다른 농가에 추천할 의향이 있는 것으로 답하였으며, 추천 이유는 온습도, CO<sub>2</sub>농도 등 기계만이 알 수 있는 자료가 축적이 되며, 갑작스런 환경변화에 대응하여 어플을 통해 편리하게 온실 환경을 무선으로 조절이 가능하기 때문인 것으로 나타났다. 또한, 스마트팜을 통해 온실관리의 편의성 향상, 외출 시 불안감 해소 등이 좋아진 것으로 나타났다. 추후 스마트팜이 확대되고, 관리자의 개입이 필요없는 스마트팜으로 하우스가 운영 될 수 있도록 지속적으로 환경 및 품질 데이터를 수집하여 DB화 한 후, 추 후 인공지능 및 다양한 지식서비스가 추가로 제공되어 인공지능으로 완벽하게 온실을 관리 할 수 있는 스마트팜이 되어야 할 것으로 판단된다.



그림 68. 스탠다드 장미 스마트팜의 스마트제어시스템  
(좌: 스마트팜, 우: 관행농가)

표 48. 스탠다드 장미 스마트팜 농가의 만족도 조사

질문 내용		농가	
		스탠다드 장미	스마트팜
하루 평균 온실 관리 시간	4시간 미만		
	4-8시간		
	8-12시간		√
	12시간 이상		
	기타		
온실 작업의 비중	식물재배관리		60%
	양액조성관리		5%
	수확 및 출하 관리		5%
	시설환경 관리		30%
	경영관리		
스마트팜 도입 목적	편리한 온실 환경 관리		√
	소득향상		
	품질 수량 향상		
	관리비용 감소		
	외출 시 불안감 해소		
	타 농가와의 환경비교 분석		
스마트팜 도입 만족 여부	예		√
	아니오		
	그저 그렇다		
↳만족 이유		품질, 수량 향상	
스마트팜 자동관리	0%		
	10% 미만		
	20-40%		
	50-70%		√
	80-100%		
↳100% 사용하지 않는 이유	시설이 온실에 있기 때문에 불필요함		
	오작동 우려		
	작동법이 어려움		
	기타		망가진 후 시설복구 안됨(보증기간 지나서 시설을 완전 교체해야하는데 비용이 처음 설치비용과 같음, 업그레이드가 되지 않아서 사용 못함)
스마트팜 기능 중 마음에 드는 기능	자동환경 조절 기능		
	환경자료 추적 기능		√
	무선모니터링 기능		
	무선환경 조절 기능		√
	비상시 휴대폰 알람 기능		
타 농가에 권할 의향	예		√
	아니오		
↳선택 이유			온습도, CO <sub>2</sub> 농도 등 기계만이 알 수 있는 자료가 축적이 되며, 그 환경의 변화에 따라 무선 환경 조절이 가능하여 편리하기 때문
스마트팜 기능 중 추가, 개선되어야 할 사항	스마트팜 기능 중 추가, 개선되어야 할 사항		시설 설치 한 후 고장 나면 기존 시설에서 지원이 되지 않고, 처음부터 시설을 다시 설치해야 되기 때문에 비용이 많이 발생하고 업체와 단절되는 문제 개선 필요
스마트팜 도입으로 좋아진 점			순위(%)
	외출 시 불안감 해소		2(10%)
	온실관리편리성		1(90%)
	노동시간 감소		
	품질/수량 향상		
	관리비용 감소		
	소득향상		

(나) 스탠다드 장미 스마트팜과 관행농가의 재배환경 분석

농가 환경을 분석한 결과, 강진지역의 외부 기온은 계절의 영향을 받아 여름에는 약 26°C로 높고, 겨울에는 약 2°C로 낮았으며, 상대습도는 겨울에 비해 여름에 높은 것으로 나타났다. 이와 같이 농가 내부의 온도변화를 조사한 결과, 두 농가 모두 외부 기온에 비해 계절에 따른 변화가 적었으며 스마트팜의 시설 내 평균온도는 24.7°C, 최고온도 28.5°C, 최저온도 17.3°C로 관행농가보다 적정 환경을 유지하고 있는 것으로 나타났다. 관행농가의 평균온도는 약 21°C, 26.7°C, 15.4°C로 적정 온도인 25°C로 다소 낮은 것으로 나타났다. 겨울철에 두 농가의 평균온도 차이가 커 식물의 생육에 스트레스가 있을 것으로 판단되었다.

일적산광량(DLI) 분석 결과, 절화 장미는 최소 13~30  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이 적정 DLI로 관행 농가는 계절별 편차가 큰 것으로 나타났으며 겨울에는 적정 DLI에 미치지 못하고 여름에는 적정 DLI에 비해 높게 유지되었다. 상대습도는 여름에 습도가 높은 외부에 비해 두 농가 모두 습도가 낮게 유지되는 것으로 나타났으며, 두 농가 모두 외부 상대 습도에 비해 약 20% 정도 다소 낮게 측정이 되어 문제가 있는 것으로 나타났다.. 배지온도 조사 결과, 두 농가 모두 대기 온도와 비슷한 양상으로 유지되었으며 적정범위보다 약간 높으나 연중 큰 차이 없이 유지되고 있는 것으로 조사되었다. 공급양액의 pH와 EC의 적정범위는 각각 5.0과 1.2  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 이며, 스마트팜의 pH는 평균 5.4로 적정하게 유지되고 EC 또한 1.4  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 적정하게 유지되고 있는 것으로 나타났다. 배지양액의 pH와 EC의 적정범위는 공급양액과 같이 각각 5.0과 1.2  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 이며, 스마트팜의 배지양액 pH는 5.5로 관행농가에 비해 적절하게 유지되고 있었다. 그러나, 스마트팜의 EC는 1.7  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 다소 높게 유지되고 관행농가의 EC는 0.9  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 낮게 유지되는 것으로 나타났다.

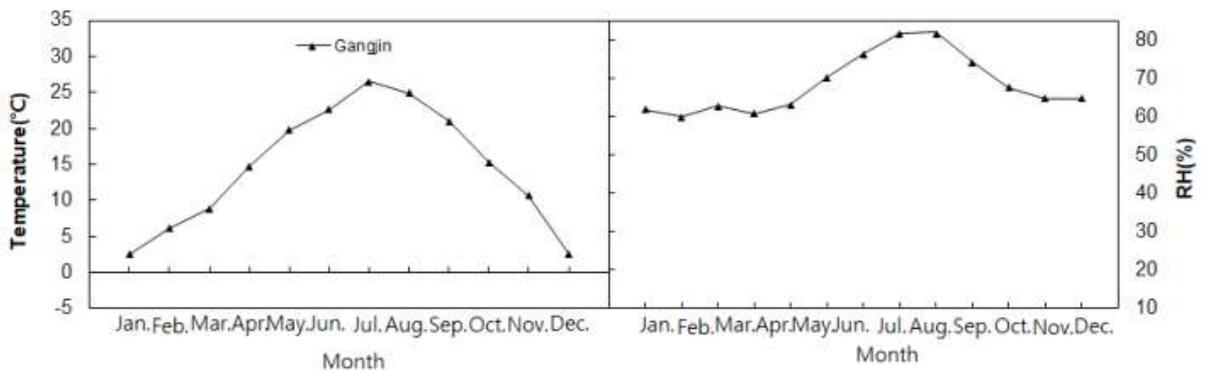


그림 69. 호남지역(강진) 외부 온도(좌) 및 습도(우)

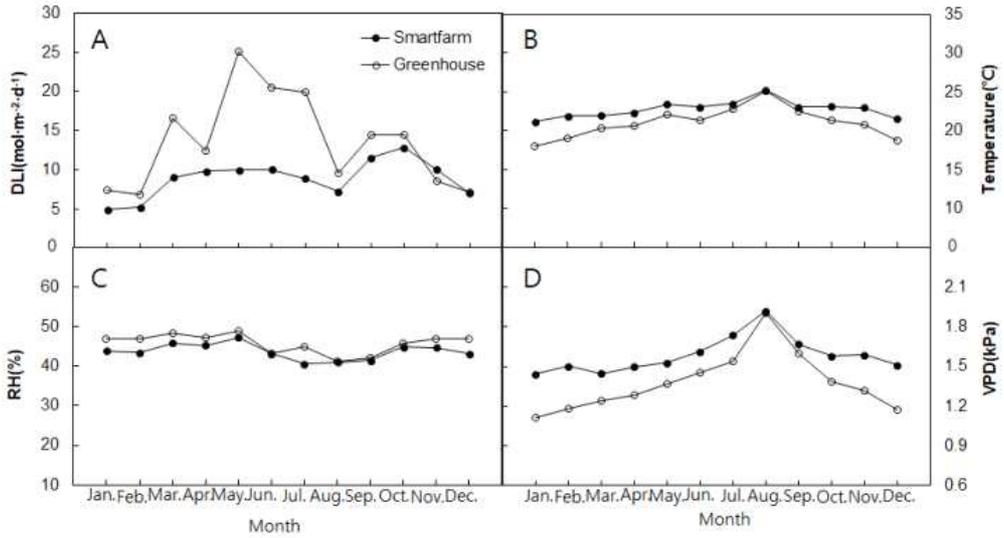


그림 70. 스탠다드 장미 스마트팜 농가와 관행농가의 내부 재배환경 (A: 월평균 일누적 광량, B: 월평균 온도, C: 월평균 습도, D: 월평균 VPD)

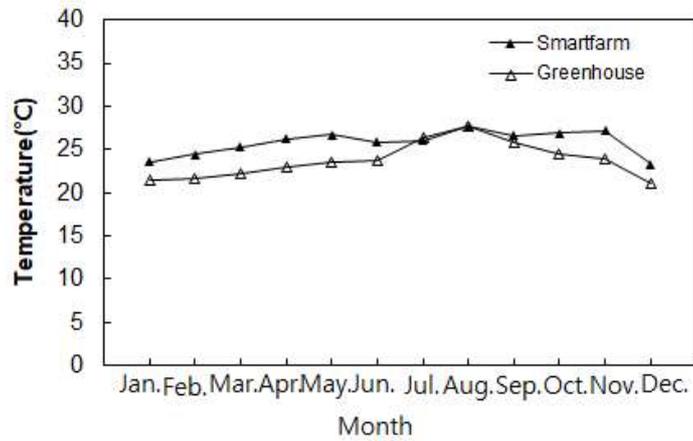


그림 71. 스탠다드 장미 스마트팜 농가와 관행농가의 배지 온도

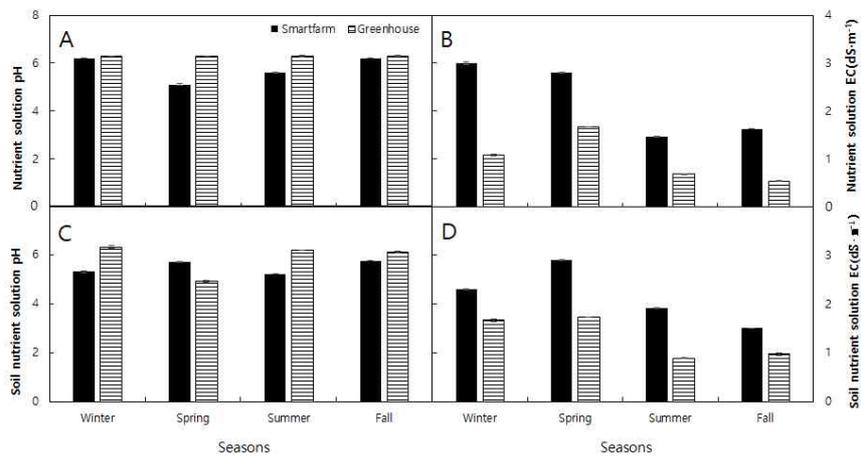


그림 72. 스탠다드 장미 스마트팜 농가와 관행농가의 양액 재배환경 (A: 공급양액 pH, B: 공급양액 EC, C: 배지양액 pH, D: 배지양액 EC)

스마트팜에서 재배된 스탠다드 절화 장미의 재배환경의 요인 간 상관관계를 분석한 결과, 온도와 VPD에서  $r=0.856^{**}$ 으로 높은 양의 상관관계를 가지는 것으로 나타났으며, 습도와 VPD에서  $r=-0.535^{**}$ 으로 높은 음의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 이는 온도가 높으면 VPD가 증가하며, VPD가 과도하게 높아지면 식물의 증산작용을 촉진 시켜 수분손실이 발생하기 때문에 수분에 민감한 작물인 절화 장미의 품질 저하에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 또한, 습도가 높으면 VPD가 감소하며, VPD가 낮으면 기공의 역할을 제대로 하지 못해 수분 스트레스가 발생하기 때문에 절화 장미 재배 시 온도를 적정하게 유지하여 VPD 또한 큰 변화 없이 유지되어야 할 것으로 판단된다. 관행농가 절화 장미 재배환경의 요인 간 상관관계를 분석한 결과, 배지온도와 습도, VPD를 제외하고 모두 0.01 유의수준 내에서 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 스마트팜 농가와 마찬가지로 온도와 VPD에서  $r=0.913^{**}$ 으로 높은 양의 상관관계를 가지는 것으로 나타났으며, 습도와 VPD에서  $r=-0.594^{**}$ 으로 다소 높은 음의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 또한, 두 농가 모두 내부 온도가 배지 온도와 양의 상관관계가 있는 것으로 나타나 이는 시설 내 온도가 배지의 온도에 영향을 미치는 것으로 판단되고 높은 온도가 작물의 생육에 영향을 주지 않도록 관리가 필요할 것으로 판단된다.

표 49. 스탠다드 장미 스마트팜 농가의 재배환경 요인 간의 상관관계 분석

	DLI	Temperature	RH	VPD	Soil temperature
DLI	1				
Temperature	0.221 <sup>**</sup>	1			
RH	0.534 <sup>**</sup>	-0.057	1		
VPD	-0.096	0.856 <sup>**</sup>	-0.535 <sup>**</sup>	1	
Soil temperature	0.037	0.454 <sup>**</sup>	0.047	0.336 <sup>**</sup>	1

<sup>NS</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup>Non significant and significant at  $p \leq 0.05$  or  $0.01$ , respectively (n=30).

표 50. 스탠다드 장미 관행 농가의 재배환경 요인 간의 상관관계 분석

	DLI	Temperature	RH	VPD	Soil temperature
DLI	1				
Temperature	0.361 <sup>**</sup>	1			
RH	0.319 <sup>**</sup>	-0.233 <sup>**</sup>	1		
VPD	0.140 <sup>**</sup>	0.913 <sup>**</sup>	-0.594 <sup>**</sup>	1	
Soil temperature	0.199 <sup>**</sup>	0.163 <sup>**</sup>	0.034	0.094	1

<sup>NS</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup>Non significant and significant at  $p \leq 0.05$  or  $0.01$ , respectively (n=30).

#### (다) 스탠다드 장미 스마트팜과 관행농가의 초기생육 조사

스마트팜과 관행농가에서 재배된 절화 장미의 품종별 생육특성을 조사한 결과, 1차년도 인터뷰 조사결과에 따라 농가별로 접치는 품종은 피해서 재배를 하고 있어 각 농가에서 재배되고 있는 다양한 품종에 대하여 계절에 따른 초기 생육을 분석하였다. 그 결과, 총장은 계절 및 품종에 따라 농가별로 차이가 있었으며, 모든 품종이 겨울에 총장이 길어졌으며, 줄기 직경은

주로 여름, 가을에 짧아지는 것으로 조사되었다. 이에 따라 생체중을 조사한 결과, 스마트팜, 관행 농가의 품종들이 '매직다이아몬드'를 제외하고 봄에 생체중이 높은 것으로 나타났다. 화폭 또한, 생체중의 결과와 같이 다른 계절보다 봄에 모든 품종이 큰 것으로 나타났으며, 여름에 '매직다이아몬드'와 '사만다'를 제외한 품종이 작은 것으로 나타났다. 다른 계절보다 봄 장미의 초기 생육 특성이 좋은 것은 계절 특성에 따라 봄철의 적정 온도가 재배환경에 영향을 주어 품질까지 이어진 것으로 판단되며, 온도는 생산성 및 품질 향상에 작용하는 주요 요인으로 현재 사용하고 있는 스마트팜 시설의 활용이나 관행 농가에 시스템을 적용하여 적정 범위를 일정하게 유지해주는 것이 필요할 것으로 판단된다. 절화 장미의 생육특성과 절화수명 간의 상관관계를 분석한 결과, 하부 줄기직경과 엽수를 제외하고 모두 양의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 특히, 총장, 엽록소함량, 화폭, 생체중은 0.01 유의수준 내에서 양의 상관관계를 가지며 이를 통해 절화 장미의 수확 후 생육특성은 절화 수명과 연결될 것으로 판단된다.

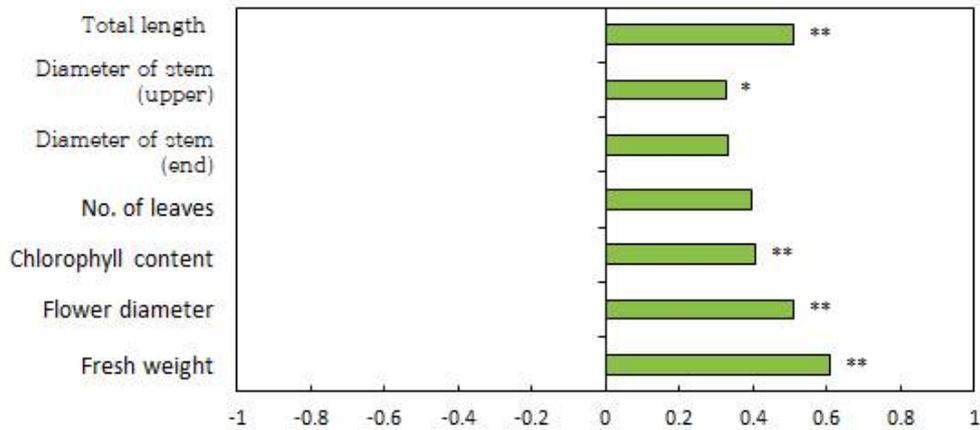


그림 73. 절화수명과 초기 생육특성간의 상관관계

(라) 결론

전남 강진에 위치한 스탠다드 절화 장미를 재배하는 스마트팜은 일직선 광량은 평균  $13.5 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 적정 범위인 최소  $13.0 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  이상으로 적절하게 유지되고 있으며 관행농가에 비해 계절에 따른 편차가 적은 것으로 나타났다. 또한, 장미 적정 재배 평균온도는  $25^\circ\text{C}$ , 최고온도는  $28^\circ\text{C}$ , 최저온도는  $17^\circ\text{C}$ 이며 이에 따라 스마트팜은 평균온도  $24.7^\circ\text{C}$ , 최고온도는  $28.5^\circ\text{C}$ , 최저온도는  $17.3^\circ\text{C}$ 로 적절하게 유지되고 있으나 관행농가의 경우 평균온도는  $21^\circ\text{C}$ , 최고온도  $26.7^\circ\text{C}$ , 최저온도  $15.4^\circ\text{C}$ 로 적정 재배온도에 다소 미치지 못하는 것으로 나타났다. 또한, 절화 장미 적정 습도는 77%이나 두 농가 모두 이보다 낮게 유지되는 것으로 나타났으며 적정 VPD인 1.8kPa에 스마트팜은 평균 1.8kPa로 적절하게 유지되고 있으나 관행농가는 1.4kPa로 적정 VPD에 다소 미치지 못하는 것으로 조사되었다. 스마트팜 양액의 pH와 EC는 적정범위를 유지하고 있으나 관행농가 양액의 pH는 적정범위보다 높았으며, EC는 낮게 유지되었다. 이에 따라, 관행농가는 품질이 고르지 못해 자주 품종을 변경하여 재배하며, 스마트팜은 다양한 품종이 일정하게 연중 생산되고 있는 것으로 나타났다. 그러나, 초기 생육 특성은 두 농가 모두 비슷하였으며 관행농가와 스마트팜 농가 모두 봄 철 장미의 초기 생육 특성이 높은 것으로 나타났다. 이는 스마트팜이 운영되고 있으나 시설 활용이 100% 이루어지지 못하기 때문에 환경

제어를 통한 품질 향상에 다소 부족한 것으로 판단된다. 재배 환경은 작물의 고품질을 생산할 수 있는 주요 요인중 하나로 현재 사용하고 있는 스마트팜 시설의 활용이나 관행농가에 시스템을 적용하여 적정 범위를 일정하게 유지해주는 것이 필요하며, 스마트팜 농가의 경우 시스템 활용에 관한 교육지도가 주기적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

표 51. 스탠다드 장미 스마트팜 농가와 관행농가 절화 장미의 계절별 초기 생육조사표

Farm	Cultivar	Seasons	Total length (cm)	Diameter of stem (mm)				Chlorophyll content (SPAD value)	Flower diameter(mm)	Fresh weight (g)
				upper		end				
Smart farm	Soprano	Winter	58.8 a <sup>y</sup>	4.2 ab	6.6 a	47.0 a	4.8 a	37.6 b		
		Spring	58.3 a	4.3 b	6.6 a	49.8 a	5.0 a	42.4 a		
		Summer	55.7 a	4.0 ab	6.9 a	44.7 a	4.1 b	33.0 b		
		Fall	49.6 b	3.8 a	5.8 b	35.4 b	3.5 c	25.8 c		
	Victoria	Winter	90.0 a	5.9 b	8.0 b	47.5 a	5.3 a	53.4 b		
		Spring	88.8 a	6.5 a	9.5 a	45.8 a	5.6 a	73.3 a		
		Summer	82.1 b	5.9 b	8.4 b	43.9 a	4.5 b	54.1 b		
		Fall	75.0 c	5.7 b	7.8 b	34.6 b	4.2 b	45.5 b		
	Bubble-gum	Winter	73.8 a	6.1 ab	9.5 ab	44.3 a	4.6 a	58.3 ab		
		Spring	66.6 b	6.3 a	9.9 a	45.7 a	4.5 a	60.6 a		
		Summer	61.1 c	5.2 c	8.9 bc	45.6 a	4.0 b	49.4 bc		
		Fall	60.1 c	5.7 b	8.5 c	35.3 b	3.8 b	47.0 c		
	Magic Diamond	Winter	67.3 a	5.4 a	6.8 ab	46.2 ab	6.5 a	46.0 b		
		Spring	66.3 a	5.4 a	6.6 b	45.4 b	6.7 a	47.2 b		
		Summer	61.8 b	4.0 b	5.6 c	44.2 b	6.5 a	48.0 b		
		Fall	65.6 a	5.3 a	7.2 a	48.4 a	6.3 a	59.0 a		
Green house	Hera	Winter	77.2 a	5.7 b	7.0 b	47.9 a	4.2 b	45.4 b		
		Spring	80.9 a	5.6 b	7.9 a	47.2 a	5.1 a	56.6 a		
		Summer	70.6 b	4.2 a	6.5 b	45.6 a	4.1 bc	36.1 c		
		Fall	66.2 c	4.5 a	6.5 b	33.6 b	3.8 c	31.6 c		
	Samanda	Winter	76.4 a	4.8 a	7.0 b	52.5 a	4.3 a	44.0 b		
		Spring	72.2 ab	5.3 b	8.3 a	50.9 a	4.2 a	51.8 a		
		Summer	65.4 c	4.8 a	7.7 ab	48.7 a	4.2 a	37.9 b		
		Fall	70.8 b	5.0 ab	7.6 ab	35.8 b	3.5 b	38.8 b		
	3D	Winter	88.4 a	5.8 a	8.3 a	51.0 a	5.4 a	80.2 b		
		Spring	89.0 a	5.4 a	9.0 a	48.8 b	5.0 a	94.4 a		
		Summer	86.3 a	6.9 a	8.0 a	45.4 b	4.2 b	63.8 c		
		Fall	84.0 a	5.6 a	6.7 b	34.3 c	4.3 b	58.0 c		
	Kensington Garden	Winter	80.2 a	5.4 b	8.4 b	52.7 b	5.7 b	56.0 b		
		Spring	75.2 b	6.0 a	9.3 a	54.5 a	6.6 a	69.5 a		
		Summer								
			Fall	84.3 c	5.1 c	6.4 c	51.8 b	5.0 c	39.0 c	

<sup>y</sup>mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

## 다. 스프레이 장미 영농기법 분석

### (1) 조사대상 및 방법

○조사대상 : 전라북도 장수군 스프레이 절화 장미 스마트팜

○조사내용 : 농가정보(연중 시설환경관리, 양액공급관리), ICT도입수준(데이터수집방식/스마트온실 기술구성[센서노드(내·외부-온도, 습도, 풍향, 풍속, 일사, 지온, 수분, EC, pH)/제어노드(천창, 측창, 보온재, 차광재, 유동팬, 환기팬, 관수/양액공급기)/영상장비/통합제어기(스마트기기, 컴퓨터원격감시 및 제어/복합환경제어시스템-클라우드서비스)]} 영농작업(수확 후 저장 관리, 절화수량, 생산관리이력, 생산성 DB화) 수입지출회계, 경제성 분석, 연중 구축한 DB와 절화수량, 절화품질, 생산비용, 농가 소득간 요인분석(다변량) 실시, '스마트팜 시스템 도입 만족도 조사'를 통해 ICT 도입수준, 영농작업, 절화수량, 절화품질 등 농가정보 DB화

○공시재료 : 핑크요요, 슈퍼센세이션, 에그타르트, 플래쉬댄스

○조사방법 : 스마트팜과 관행농가 내·외부에 데이터로거(WatchDog 1450, Spectrum Technologies Inc., Korea)를 설치하여 30분 간격으로 재배환경 조사 (외부: 온도, 습도/내부: 광량, 온도, 습도, VPD, 배지온도, EC 등)



그림 74. 장미 스마트팜 재배품종

○품질분석 : 스마트팜 농가와 관행 농가의 재배환경에 따른 형태 및 생리적 초기 조사, 절화장, 소화수, 엽수, 화폭, 줄기 위·아래 굵기, 생체중, 엽록소함량 등

○통계분석 : SPSS Statistics 24(SPSS Inc., USA)를 이용하여  $p \leq 0.05$  유의수준 내 Duncan 다중검정 및 Pearson's 상관관계 분석 실시



그림 75. 스마트팜 내부와 외부에 설치되어 있는 데이터로거 모습

## (2) 결과

### (가) 스프레이 장미 스마트팜의 시스템 사용 조사 현황

1차년 스마트팜 선도농가 선정 후 시설 활용도 조사를 실시하였다. 그 결과 스마트팜의 작업시간은 12시간 이상, 주 6~7일을 근무한다고 응답하여 법정근로시간(주 40시간)에 비해 다소 높은 작업량인 것으로 나타났다. 온실 내 작업 비중은 식물재배관리와 시설환경관리에 힘을 쏟는 것으로 나타났으며, 스마트팜 도입을 통해 50~70%자동관리를 하고 있는 것으로 응답하였다. 시스템을 100% 사용하지 않는 이유는 프로그램의 이해가 되지 않는 부분은 사용을 하지 않는 것으로 답하였다.

스마트팜 중 가장 마음에 드는 부분은 환경자료 추적 기능을 답하였으며, 그 외 자동환경 조절 기능이라고 답하였다. 환경자료는 인간이 알 수 없는 온도, 습도, CO<sub>2</sub> 농도 등 기계가 활용이 되어야 확인 가능한 자료이며, 핸드폰 어플, 컴퓨터를 사용하여 농장 내 환경을 제어할 수 있는 것이 관리자의 편의성을 향상시키는 것으로 나타났다. 스프레이 장미 스마트팜 농가는 스마트팜을 다른 농가에 추천할 의향이 있는 것으로 답하였으며, 추천 이유는 데이터 축적으로 원인을 파악하여 문제를 해결 할 수 있기 때문인 것으로 나타났다. 또한, 스마트팜을 통해 온실 관리의 편리성 향상, 품질과 수량향상, 외출 시 불안감 해소, 소득향상 등이 좋아진 것으로 나타났다.

추후 스마트팜이 확대되고, 관리자의 개입이 필요없는 스마트팜으로 하우스가 운영 될 수 있도록 지속적으로 환경 및 품질 데이터를 수집하여 DB화 한 후, 인공지능 및 다양한 지식서비스가 추가로 제공되어 인공지능으로 완벽하게 온실을 관리할 수 있는 스마트팜이 되어야 할 것으로 판단된다.



그림 76. 스프레이 장미 스마트팜 농가의 스마트제어시스템

표 52. 스프레이 장미 스마트팜 농가의 만족도 조사

질문 내용		농가
		스마트팜A
하루 평균 온실 관리 시간	4시간 미만	
	4-8시간	
	8-12시간	
	12시간 이상	√
	기타	
온실 작업의 비중	식물재배관리	50%
	양액조성관리	
	수확 및 출하 관리	
	시설환경 관리	50%
	경영관리	
스마트팜 도입 목적	편리한 온실 환경 관리	√
	소득향상	√
	품질 수량 향상	√
	관리비용 감소	
	외출 시 불안감 해소	√
	타 농가와의 환경비교 분석	
스마트팜 도입 만족 여부	예	√
	아니오	
	그저 그렇다	
↳만족 이유		데이터 축적을 통하여 예측가능하며 추후 빅 데이터를 활용하여 품질 향상 시킬 수 있음
스마트팜 자동관리	0%	
	10% 미만	
	20-40%	
	50-70%	√
	80-100%	
↳100% 사용하지 않는 이유	시설이 온실에 있기 때문에 불필요함	
	오작동 우려	
	작동법이 어려움	
	기타	현재 시설화 되어있지 않은 센서를 이용한 프로그램도 같이 사용되고 있으나, 사용법을 완벽히 이해하지 못함
스마트팜 기능 중 마음에 드는 기능	자동환경 조절 기능	√
	환경자료 축적 기능	√
	무선모니터링 기능	
	무선환경 조절 기능	
	비상시 휴대폰 알람 기능	
타 농가에 권할 의향	예	√
	아니오	
↳선택 이유		기존에는 품질 이상이 발생하였을 때 원인을 찾을 수 없었는데 스마트팜 도입으로 데이터 축적에 의해 원인파악이 가능함
스마트팜 기능 중 추가, 개선되어야 할 사항	스마트팜 기능 중 추가, 개선되어야 할 사항	표준매뉴얼 필요. 데이터 축적을 통하여 '알파고'와 같이 인공지능이 탑재된 분석 시스템으로 개선 필요
스마트팜 도입으로 좋아진 점		순위(%)
	외출 시 불안감 해소	3(80%)
	온실관리편리성	1(80%)
	노동시간 감소	
	품질/수량 향상	2(90%)
	관리비용 감소	
	소득향상	4(10%)

(나) 스프레이 장미 스마트팜 농가의 재배환경 분석

스프레이 장미 스마트팜 농가 환경을 분석한 결과 외부기온에 비해 약 18°C가 높아 평균 온도가 약 17°C를 나타냈다. 스프레이 장미 스마트팜 농가의 일적산광량(DLI) 분석 결과, 절화 장미는 최소 13~30이 적정 DLI로 겨울철(11~1월)은 최소 DLI 요구에 못 미치는 것으로 나타났다. 적산광량은 절화의 생산량과 비례하는 것으로 추후 보광시설을 더 보완하여 광도를 높일 필요가 있는 것으로 판단된다. 월별 평균 온도 조사 결과, 여름철을 제외하고 15~20°C로 유지되는 것으로 나타났으며, 상대습도는 40% 수준으로 다소 낮게 측정이 되어 문제가 있는 것으로 나타났다. 이는 농가에서는 다소 고습도로 로깅되는 데이터와는 다른 양상으로 조사되어 추가 연구가 진행되어야 하는 것으로 판단된다. 절화 장미 배지온도의 적정온도는 20°C이며, 스마트팜은 23.4°C로 연중 큰 차이 없이 다소 적정하게 유지되고 있었다. 공급양액 pH와 EC의 적정 범위는 각각 5.0과 1.2dS·m<sup>-1</sup>이며, 스마트팜의 공급양액 pH는 5.9로 약간 높게 유지되고 있었으며, EC는 1.3dS·m<sup>-1</sup>로 적절하게 유지되고 있었다. 배지양액의 적정범위는 공급양액과 같으며 스마트팜의 배지양액의 pH와 EC는 각각 5.7, 1.8dS·m<sup>-1</sup>로 다소 높게 유지되고 있는 것으로 나타났다.

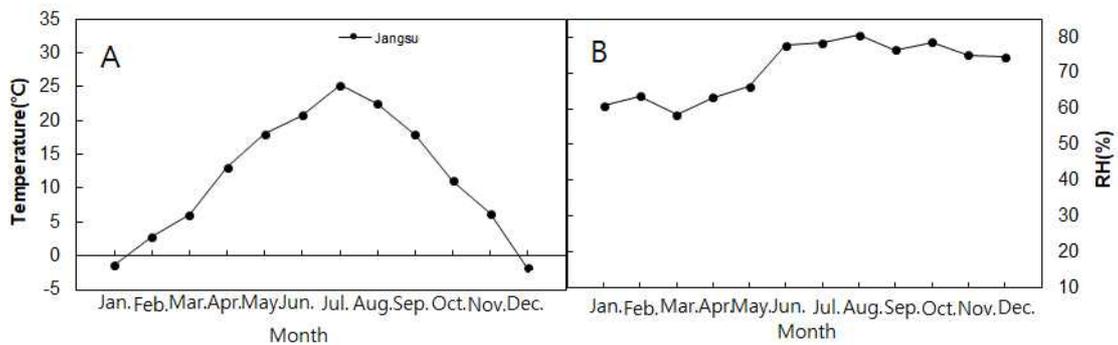


그림 74. 호남지역(장수) 외부 온도(A) 및 습도(B)

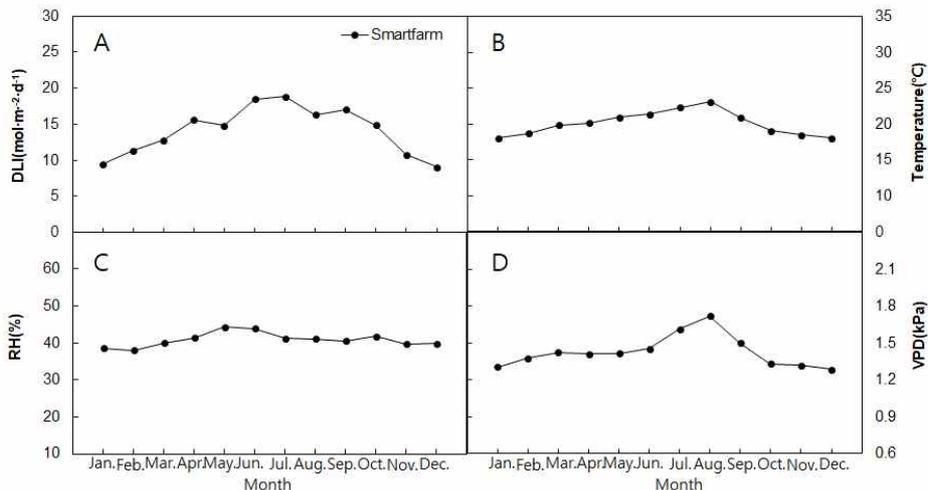


그림 75. 스프레이 장미 스마트팜 농가의 내부 재배환경

(A: 월평균 일일적 광량, B: 월평균 온도, C: 월평균 습도, D: 월평균 VPD)

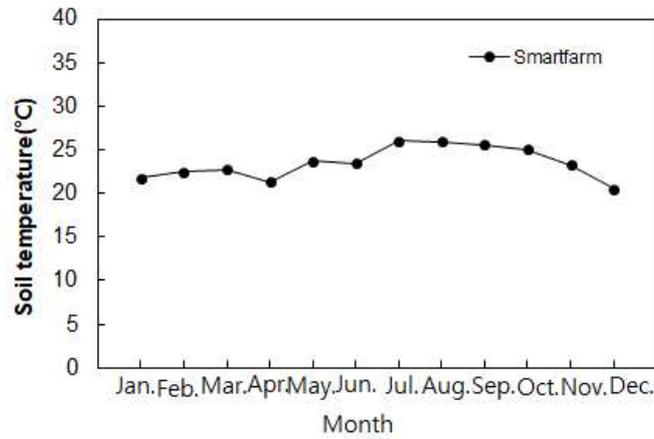


그림 76. 스프레이 장미 스마트팜 농가의 배지온도

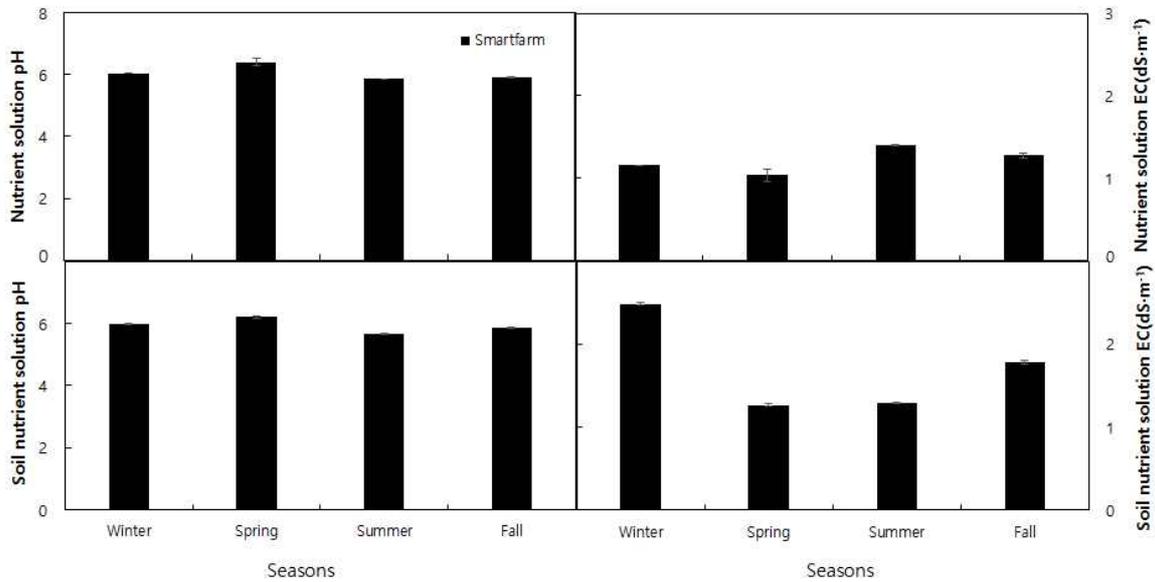


그림 77. 스탠다드 장미 스마트팜 농가의 양액재배

(A: 공급양액 pH , B: 공급양액 EC, C: 배지양액 pH, D: 배지양액 EC)

절화 장미 재배환경의 요인 간 상관관계를 분석한 결과, VPD와 RH를 제외한 나머지 요인들은 0.01 유의수준 내에서 상관관계를 가지는 것으로 조사되었다. 특히, 온도와 습도, 온도와 VPD는 각각  $r=0.682^{**}$ ,  $r=0.664^{**}$ 로 높은 양의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 이는 온도가 높으면 VPD가 증가하며, VPD가 과도하게 높아지면 식물의 증산작용을 촉진시켜 수분손실이 발생하기 때문에 수분에 민감한 작물인 절화 장미의 품질 저하에 영향을 미칠 것으로 판단된다(Lee et al., 2020). 또한, 증산작용에 의한 수분손실을 제어하기 위해 스마트팜 시설 내에서 미스트 처리를 하여 온도가 높아질 때 습도가 높아지는 것으로 판단된다. 절화 장미 재배시 온도와 습도를 적정하게 유지하여 VPD 또한 큰 변화 없이 유지되어야 할 것으로 판단된다.

표 53. 스프레이 장미 스마트팜 농가의 재배환경 요인 간의 상관관계 분석

	DLI	Temperature	RH	VPD	Soil temperature
DLI	1				
Temperature	0.531**	1			
RH	0.583**	0.682**	1		
VPD	0.450**	0.664**	0.100	1	
Soil temperature	0.340**	0.328**	0.176**	0.386**	1

NS, \*\* Non significant and significant at 0.01, respectively (n=30)

(다) 스마트팜 농가 스프레이 장미의 초기 생육 조사

스마트팜에서 재배된 스프레이 절화 장미의 품종별 생육특성을 조사한 결과, ‘핑크요요’, ‘슈퍼센세이션’, ‘에그타르트’ 품종은 겨울철 총장이 가장 길었으며, ‘플래쉬댄스’는 봄에 총장이 가장 긴 것으로 조사되었다. 줄기 위·아래 두께는 네 품종 모두 겨울에 다소 얇았으며, 이는 겨울철 최고온도가 낮고 일적산광량이 적어 영향을 받은 것으로 판단된다. 네 품종의 소화수는 각각 ‘핑크요요’ 4.0개, ‘슈퍼센세이션’ 5.0개, ‘에그타르트’ 4.2개, ‘플래쉬댄스’ 4.5개로 다른 계절보다 겨울에 소화수가 적은 것으로 나타났다. 스프레이 절화 장미의 생육특성과 절화수명 간의 상관관계를 분석한 결과, 절화수명은 총장, 줄기두께(아래), 소화수와 0.05 유의수준으로 양의 상관관계를 나타냈으며, 엽수, 엽록소 함량, 화폭, 생체중과 0.01 유의수준 내에서 양의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. 특히, 생체중과 엽수가 가장 높은 양의 상관관계를 보였으며 이는 절화 장미가 엽수가 많아 증발량이 많기 때문에 수분 요구도가 높고, 수분을 높게 유지할 수록 절화수명 연장에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

표 54. 스프레이 장미 스마트팜 농가의 계절별 초기 생육조사표

Cultivar	Seasons	Total length (cm)	Diameter of stem (mm)				No. of leaves	Chlorophyll content (SPAD value)	No. of floret (ea)	Flower diameter (mm)	Fresh weight (g)
			upper	end							
Pink Yoyo	Winter	86.7 a <sup>2</sup>	6.6 ab	4.5 a	30.0 a	44.6 ab	6.3 a	18.0 b	43.0 a		
	Spring	77.9 b	6.1 b	5.1 a	19.9 b	47.2 a	6.0 a	19.6 a	40.2 a		
	Summer	83.7 a	6.8 a	5.0 a	16.8 b	42.0 b	5.3 a	18.8 ab	34.0 b		
	Fall	84.2 a	7.1 a	4.4 a	16.3 b	46.0 a	4.0 b	18.4 ab	32.9 b		
Super Sensation	Winter	69.1 a	3.4 b	6.0 b	12.8 a	40.4 b	5.0 b	19.3 a	31.6 b		
	Spring	65.3 b	4.0 a	6.3 a	12.4 a	42.4 ab	5.8 a	16.0 ab	33.8 ab		
	Summer	61.8 c	4.3 a	6.2 a	12.6 a	42.7 ab	5.6 a	12.1 b	30.3 b		
	Fall	63.6 bc	4.2 a	6.5 a	12.9 a	43.6 a	6.0 a	14.9 ab	39.1 a		
Egg Tart	Winter	92.0 a	6.6 a	4.6 a	20.6 a	46.2 b	5.2 b	20.8 a	45.9 a		
	Spring	79.5 c	5.7 b	4.8 a	17.7 b	48.9 a	4.4 b	21.8 a	45.7 a		
	Summer	87.7 ab	4.9 c	4.2 a	18.4 b	45.8 b	6.6 a	24.3 a	45.1 a		
	Fall	83.2 c	6.1 b	4.2 a	17.6 b	48.9 a	4.2 b	24.5 a	45.2 a		
Flash Dance	Winter	73.6 b	5.9 a	4.0 b	31.1 a	42.8 a	4.8 ab	20.3 a	41.9 ab		
	Spring	84.8 a	5.1 b	4.4 ab	25.6 b	40.7 ab	5.2 ab	19.7 a	46.7 a		
	Summer	83.9 a	5.7 ab	4.8 a	33.7 a	39.0 b	5.8 a	17.0 b	41.0 ab		
	Fall	70.1 b	5.9 a	4.2 b	21.0 b	41.1 ab	4.5 b	20.3 a	38.5 b		

<sup>2</sup>mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

NS, \*, \*\*, and \*\*\* mean no significant and significant at  $p \leq 0.05$ , 0.01, or 0.001, respectively.

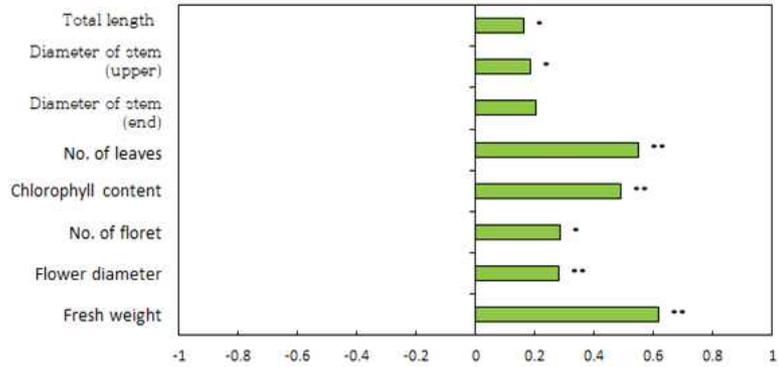


그림 78. 스마트팜 농가 스프레이 절화 장미의 절화수명과 초기 생육조사간의 상관관계 분석

(라) 결론

전북 장수에 위치한 스프레이 절화 장미를 재배하는 스마트팜 농가의 경우 겨울철 일적산광량(DLI)이  $14.3\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 최소요구광량인  $13.0\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 와 비교하여 적절하게 유지되고 있으나 겨울철에는 다소 낮게 유지되는 것으로 나타났다. 또한, 평균온도, 최고온도, 최저온도가 각각  $23^{\circ}\text{C}$ ,  $28.7^{\circ}\text{C}$ ,  $17^{\circ}\text{C}$ 로 적정 범위인  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $28^{\circ}\text{C}$ ,  $17^{\circ}\text{C}$ 과 유사하게 유지되고 있는 것으로 나타났다. 상대습도는 40% 수준으로 낮게 측정되었으나 농가 내 업체 데이터로거에 평균 80.3%로 다소 높게 측정되어 데이터로거에 문제가 있는 것으로 판단되어 추가 연구가 진행되어야 하는 것으로 판단된다. 공급, 배지 양액의 pH와 EC는 적정범위보다 약간 높게 유지되는 것으로 나타났다. 초기 생육조사 결과 일적산광량이 다른 계절에 비해 다소 적었던 겨울철에 4 품종 모두 줄기 두께가 얇고, 소화수가 적은 것으로 나타났다. 절화 장미의 재배환경 요인의 상관관계 분석 시 일적산광량은 온도, 습도, VPD와 높은 상관관계를 갖고 있는 것으로 나타났다. 특히, 절화 장미는 수분 요구도가 높은 작물 중 하나로 생체중과 높은 양의 상관관계를 갖기 때문에 수분 유지를 위해서는 환경 조절에 대한 보완이 필요하다. 따라서, 스프레이 절화 장미를 재배하는 스마트팜 농가의 경우 환경제어시스템을 활용하여 적정 환경을 유지하고 있지만 겨울철 보광을 통해 계절별 균일한 품질이 재배될 수 있어야 할 것으로 판단된다.

4. 호남지역 수출형 장미 스마트팜 선도농가 핵심기술 요인분석

가. 세부연구목표

- 호남지역 절화 장미 스마트팜의 DB화를 통한 핵심기술 분석

나. 스탠다드 장미 핵심기술 요인분석

(1) 조사대상 및 방법

- 공시재료 : 스마트팜 스탠다드 절화 장미 ‘소프라노’, ‘빅토리아’, ‘버블검’, ‘매직다이아몬드’/관

행농가(Greenhouse) 스탠다드 절화 장미 '헤라', '사만다', '3D', '켄싱턴가든'

- 조사내용 : 연중 구축한 DB와 절화수량, 절화품질, 생산비용, 농간 소득 간 요인분석으로 선도농가별 핵심기술 분석
- 품질분석 : 개화 및 노화단계, 절화수명, 화폭 및 화경, 생체중변화율·수분흡수량·수분균형, 엽록소함량, 화색(Hunter value L, a, b, ΔE)
- 통계분석 : SPSS Statistics 24(SPSS Inc., USA)를 이용하여  $p \leq 0.05$  유의수준 내 Duncan's 다중검정 및 Pearson's 상관관계 분석 실시

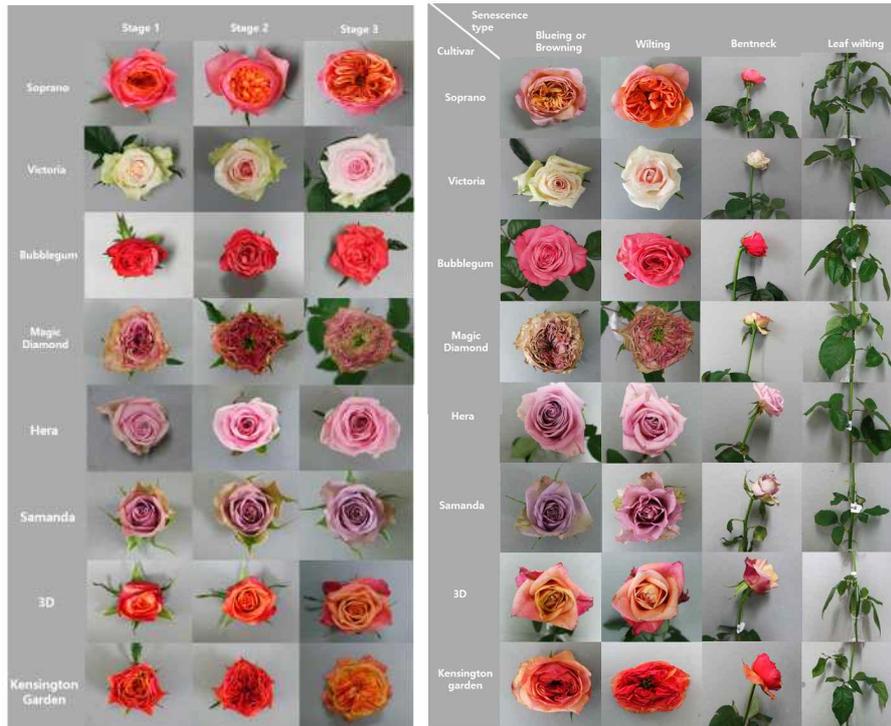


그림 79. 스마트팜 및 관행농가 스탠다드 절화 장미의 개화단계(좌)와 노화양상(우)

## (2) 조사결과

### (가) 절화수명 및 노화양상

스마트팜 및 관행농가에서 재배된 절화 장미 8품종에 따른 계절별 절화수명 및 노화양상을 조사한 결과, 대부분의 절화 장미의 수명은 약 8~10일 정도인 것으로 조사되었다. 스마트팜에서 재배된 품종의 절화수명은 계절별 차이가 크지 않았으나 품종에 따라 수명의 차이가 나는 것으로 조사되었다. 또한, 스마트팜에서 재배된 절화 장미는 꽃목굽음과 잎 위조 등 노화 발생이 다소 적었다. 관행농가는 생육불량으로 재배 품종의 변형이 잦았으며, '헤라'와 '사만다' 품종은 계절별 차이가 없었으나 '쓰리디', '켄싱턴가든' 품종은 계절별 절화수명의 차이가 크고 발생하는 노화양상이 다양한 것으로 나타났다. '사만다' 품종은 가을에 수확 후 절화수명이 가장 길었고, '쓰리디', '켄싱턴가든', '헤라' 품종은 봄에 가장 길었으며 여름에 가장 짧았다.

위의 재배환경 DB 조사 결과, 일적산광량(daily light integral, DLI)은 최소 12~15

mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> 로 유지되어야 하나 두 농가 모두 겨울철 DLI 가 다소 낮거나 변동이 크게 유지되는 것으로 조사되어 겨울철 낮은 DLI를 높여주고, 습도를 높여서 VPD 1.2 kPa 까지 유지될 수 있도록 적정재배 환경 관리가 필요한 것으로 판단된다.

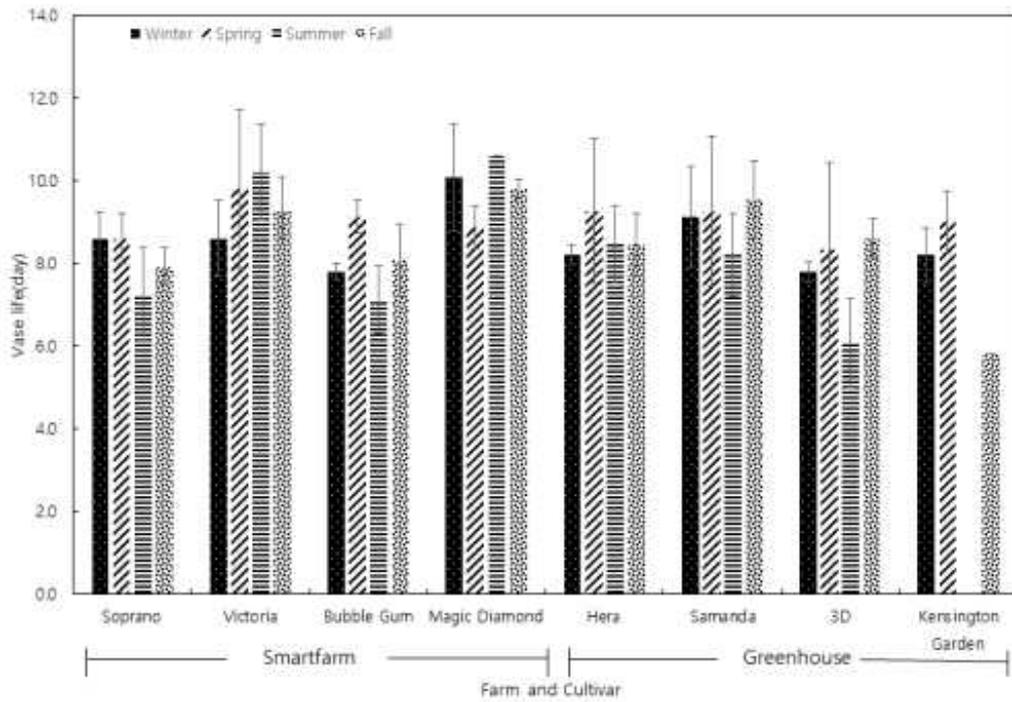


그림 80. 스마트팜 및 관행농가 스탠다드 절화 장미의 계절에 따른 절화수명

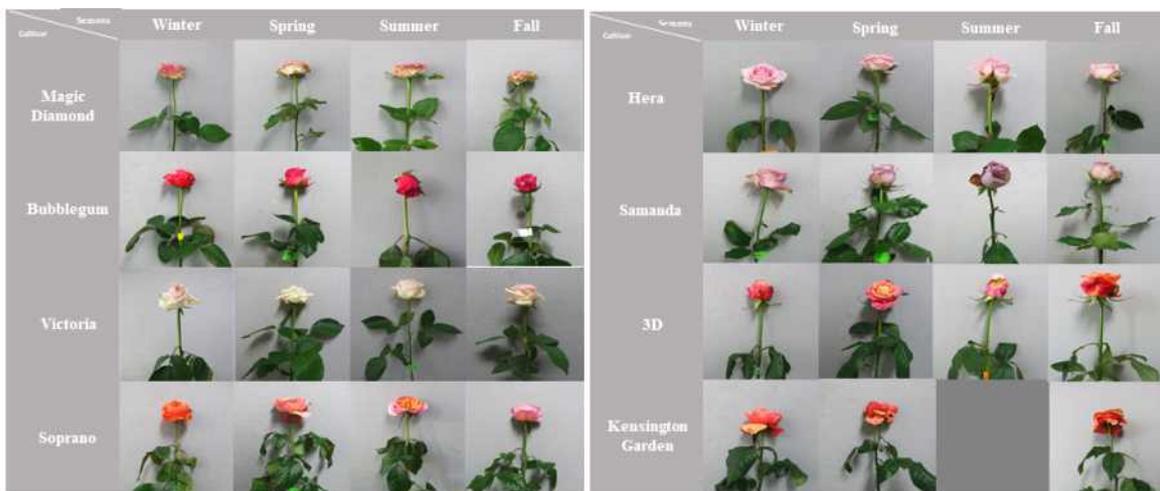


그림 81. 스마트팜(좌) 및 관행농가(우) 스탠다드 절화 장미의 계절에 따른 노화 사진

표 55. 스마트팜 및 관행농가 스탠다드 절화 장미의 계절에 따른 노화양상

Farm	Cultivar	Seasons	Senescence(%)			
			Flower		Leaf	
			Color change	Wilting	Bent-neck	Leaf-wilting
Smartfarm	Soprano	Winter	53.3	73.3	40.0	86.7
		Spring	66.7	80.0	46.7	66.7
		Summer	80.0	86.7	13.3	60.0
		Fall	86.7	86.7	20.0	33.3
	Victoria	Winter	93.3	66.7	0.0	0.0
		Spring	53.3	53.3	0.0	0.0
		Summer	46.7	20.0	6.7	0.0
		Fall	86.7	86.7	0.0	0.0
	Bubblegum	Winter	73.3	60.0	40.0	26.7
		Spring	73.3	66.7	46.7	60.0
		Summer	66.7	60.0	46.7	40.0
		Fall	73.3	73.3	26.7	53.3
	Magic Diamond	Winter	66.7	66.7	33.3	53.3
		Spring	80.0	73.3	6.7	40.0
		Summer	40.0	60.0	0.0	0.0
		Fall	80.0	60.0	0.0	0.0
Greenhouse	Hera	Winter	53.3	66.7	53.3	53.3
		Spring	46.7	40.0	13.3	26.7
		Summer	53.3	66.7	26.7	33.3
		Fall	100.0	66.7	66.7	40.0
	Samanda	Winter	46.7	73.3	53.3	66.7
		Spring	46.7	53.3	33.3	26.7
		Summer	73.3	86.7	33.3	26.7
		Fall	80.0	80.0	40.0	20.0
	3D	Winter	73.3	46.7	33.3	86.7
		Spring	73.3	73.3	60.0	73.3
		Summer	73.3	46.7	46.7	66.7
		Fall	60.0	80.0	20.0	100.0
	Kensington Garden	Winter	53.3	73.3	20.0	66.7
		Spring	100.0	100.0	80.0	100.0
		Summer	-	-	-	-
		Fall	60.0	80.0	0.0	40.0

(나) 개화율 및 개화단계와 화폭 및 화경

스마트팜 및 관행농가 절화 장미의 개화단계를 조사한 결과, 실험 첫날인 Day 1에 모든 품종의 개화가 진행되지 않아 약 1단계로 조사되었으나, 관행농가의 '사만다' 품종은 계절에 따라 다소 개화단계의 차이가 이는 것으로 나타났다. 또한, 스마트팜과 관행농가 대부분에서 절화수명 및 노화시점인 Day 7까지 절화가 만개하지 않는 것으로 나타났다. 이에 따라 개화단계가 다소 높은 시점에서 화폭과 화경 크기를 조사한 결과, 대부분의 품종이 개화단계와 유사한 경향으로 보였으며 만개하지 못하고 계절에 따라 차이가 크지 않은 것으로 조사되었다.

표 56. 스마트팜 및 관행농가 스탠다드 절화 장미의 계절에 따른 개화단계

Farm	Cultivar	Seasons	Flowering stage			
			Day 1	Day 3	Day 5	Day 7
Smartfarm	Soprano	Winter	1.1 a <sup>z</sup>	1.2 b	1.8 b	2.1 a
		Spring	1.0 a	1.8 a	2.5 a	2.5 a
		Summer	1.1 a	1.9 a	2.1 ab	2.3 a
		Fall	1.0 a	1.6 a	2.3 a	2.5 a
	Victoria	Winter	1.1 a	1.7 a	2.1 a	2.2 a
		Spring	1.1 a	2.0 a	2.5 a	2.5 a
		Summer	1.2 a	2.0 a	2.3 a	2.5 a
		Fall	1.0 a	2.0 a	2.4 a	2.5 a
	Bubblegum	Winter	1.0 b	1.2 a	1.4 a	1.7 a
		Spring	1.1 ab	1.4 a	1.5 a	1.7 a
		Summer	1.2 a	1.2 a	1.4 a	1.4 a
		Fall	1.0 b	1.5 a	1.5 a	1.7 a
	Magic Diamond	Winter	1.8 a	1.8 a	1.9 b	2.1 b
		Spring	1.4 b	1.5 b	1.5 b	1.5 c
		Summer	1.4 b	2.0 a	2.4 a	2.4 a
		Fall	1.0 c	1.0 c	1.0 c	1.0 d
Greenhouse	Hera	Winter	1.1 a	1.1 b	1.7 b	1.9 b
		Spring	1.0 a	2.0 a	2.3 a	2.8 b
		Summer	1.0 a	1.9 a	2.4 a	2.2 a
		Fall	1.0 a	2.0 a	2.0 ab	2.3 a
	Samanda	Winter	1.2 a	1.4 b	1.9 a	2.1 b
		Spring	1.0 b	2.1 a	2.3 a	2.7 a
		Summer	1.0 b	1.3 a	1.3 b	1.3 c
		Fall	1.1 ab	1.7 ab	2.1 a	2.1 b
	3D	Winter	1.3 a	1.5 a	1.9 a	2.0 a
		Spring	1.2 a	1.4 a	2.1 a	2.3 a
		Summer	1.1 a	1.7 a	1.8 a	1.9 a
		Fall	1.0 a	1.0 b	1.8 a	1.8 a
	Kensington Garden	Winter	1.2 a	1.7 a	2.7 ab	2.8 a
		Spring	1.0 b	1.8 a	3.0 a	3.0 a
		Summer	- -	- -	- -	- -
		Fall	1.0 b	2.0 a	2.6 b	2.6 a

<sup>z</sup>mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$

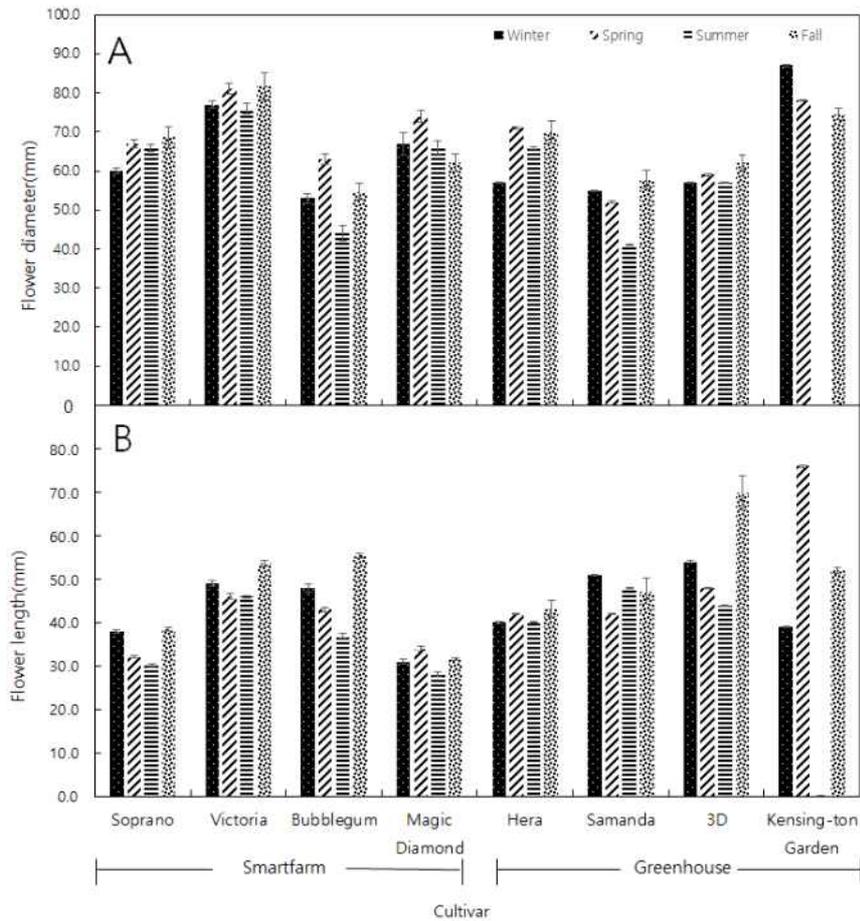


그림 82. 스마트팜 및 관행농가 스탠다드 절화 장미의 계절에 따른 만개 시점 화폭(A) 및 화경(B) 크기

(다) 엽록소 함량

스마트팜 및 관행농가 절화 장미의 엽록소 함량 조사 결과, 관행농가에서 재배되는 '사만다'를 제외한 대부분의 절화 장미는 봄과 겨울 엽록소 함량이 가장 높은 것으로 조사되었으며, 통계적으로 유의차는 작은 것으로 나타났다. 또한, 여름의 엽록소 함량이 다소 낮은 것으로 나타났다. 8품종의 절화 장미 모두 엽록소 함량이 약 45~50 SPAD value 로 품종 간의 차이는 없는 것으로 조사되었다.

표 57. 스마트팜 및 관행농가 스탠다드 절화 장미의 계절에 따른 엽록소 함량

Farm	Cultivar	Seasons	Chlorhyll content (SPAD value)							
			Day 1	Day 3	Day 5	Day 7				
Smart -farm	Soprano	Winter	51.3	a	51.0	a	51.2	ab	51.1	a
		Spring	50.7	ab	50.0	a	52.2	a	52.0	a
		Summer	46.3	c	47.4	b	48.4	b	49.2	a
		Fall	48.2	bc	49.4	ab	50.0	ab	51.0	a
	Victoria	Winter	49.7	a	49.7	ab	49.2	bc	50.4	b
		Spring	50.4	a	50.9	ab	51.7	a	43.0	a
		Summer	46.2	b	49.0	b	48.6	c	48.0	c
		Fall	50.3	a	51.5	a	51.2	ab	51.1	ab
	Bubble -gum	Winter	47.3	a	47.0	ab	47.1	b	48.3	a
		Spring	46.8	ab	46.8	ab	47.3	ab	49.1	a
		Summer	44.7	b	45.5	b	46.1	b	45.1	b
		Fall	47.7	a	48.3	a	49.4	a	49.7	a
	Magic Diamond	Winter	48.0	a	47.2	a	46.2	a	47.9	ab
		Spring	46.4	ab	46.5	a	48.0	a	46.3	b
		Summer	44.6	b	45.6	a	47.2	a	43.8	c
		Fall	47.1	a	45.6	a	47.3	a	48.6	a
Green -house	Hera	Winter	48.0	a	47.8	a	49.1	a	49.7	a
		Spring	47.2	ab	48.5	a	49.0	a	49.5	a
		Summer	45.2	bc	46.5	ab	47.4	a	45.6	b
		Fall	43.6	c	44.9	b	46.3	a	45.8	b
	Samanda	Winter	46.8	b	46.8	b	47.8	b	48.2	b
		Spring	49.5	a	51.7	a	51.4	a	52.6	a
		Summer	46.3	b	48.1	b	48.0	b	46.8	b
		Fall	46.0	b	46.6	b	47.8	b	48.6	b
3D	Winter	55.0	a	55.9	a	56.8	a	56.5	a	
	Spring	52.5	b	53.6	ab	54.2	b	53.8	b	
	Summer	47.6	c	49.0	c	51.0	c	50.2	c	
	Fall	51.6	b	51.6	b	52.0	bc	53.1	b	
Kensington Garden	Winter	55.0	a	54.5	a	54.5	a	55.7	a	
	Spring	54.4	a	51.6	b	54.9	a	52.3	b	
	Summer	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Fall	51.2	b	52.3	b	54.6	a	55.1	a	

<sup>z</sup>Day of senescence by seasons (winter, spring, summer, Fall) respectively.

<sup>y</sup>mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

(라) 첫날과 노화 시점의 화색

절화 장미의 첫날과 노화 시점의 화색을 Hunter value를 통해 조사한 결과, 절화 장미 대부분이 첫날과 비교하여 노화 시점에서 L값이 증가하는 것으로 나타났으며, 이는 봉오리에 가까웠던 꽃이 개화가 진행되면서 화색이 열리는 것으로 판단된다. 또한, 적색 품종을 재배하고 있는 관행농가의 경우 Day 1에 a값이 다른 계절에 비해 겨울에 높게 나타나 진한 적색을 띄는 것으로 나타났다.

표 58. 스마트팜 및 관행농가 스탠다드 절화 장미의 계절에 따른 첫날과 노화시점의 화색 (Hunter value)

Farm	Cultivar	Seasons	Day 1						Day Senescence <sup>z</sup>			$\Delta E^x$				
			L <sup>y</sup>	a	b	L	a	b								
Smart -farm	Soprano	Winter	58.5	b <sup>w</sup>	44.2	a	31.2	a	65.4	c	39.4	a	35.4	a	12.6	b
		Spring	60.6	b	37.4	b	26.8	ab	70.6	a	29.4	b	28.1	b	16.1	ab
		Summer	69.3	a	40.0	b	22.2	b	62.8	c	36.9	a	24.3	b	16.9	ab
		Fall	56.9	b	39.7	b	26.3	ab	68.6	ab	27.8	b	28.2	b	21.8	a
	Victoria	Winter	85.7	ab	3.1	a	19.0	a	89.8	a	6.0	a	17.2	a	10.3	a
		Spring	87.0	ab	-0.4	b	21.1	a	89.7	a	2.4	b	15.0	b	10.4	a
		Summer	91.3	a	1.7	ab	20.4	a	90.2	a	5.7	a	14.0	b	8.7	a
		Fall	82.0	b	2.4	a	17.3	a	91.6	a	6.0	a	12.8	b	14.5	a
	Bubble -gum	Winter	49.1	ab	48.1	b	24.6	a	53.8	ab	53.2	a	22.3	a	10.1	b
		Spring	46.5	b	48.6	b	22.7	a	52.9	b	51.1	ab	16.9	b	15.6	b
		Summer	51.8	a	53.0	a	24.2	a	57.7	a	46.8	c	18.1	b	15.1	b
		Fall	46.3	b	48.0	b	22.6	a	56.9	ab	49.0	bc	12.2	c	23.4	a
	Magic Diamond	Winter	50.4	a	12.5	bc	14.9	b	59.0	b	16.7	b	15.3	a	11.5	b
		Spring	54.6	a	9.7	c	17.3	a	59.5	b	16.8	b	13.4	b	12.1	b
		Summer	51.1	a	19.2	a	18.9	a	45.3	c	24.4	a	10.0	c	12.6	b
		Fall	31.1	b	13.8	b	4.1	c	72.4	a	5.3	c	14.3	ab	43.5	a
Green -house	Hera	Winter	75.8	a	20.5	a	8.2	a	77.2	a	22.2	a	5.6	a	5.7	b
		Spring	77.5	a	14.5	b	8.7	a	78.4	a	14.4	c	6.9	a	12.5	a
		Summer	78.1	a	17.8	ab	9.1	a	75.3	a	19.0	b	3.5	b	10.7	a
		Fall	67.2	b	19.4	a	5.1	b	78.2	a	20.1	ab	2.9	b	14.7	a
	Samanda	Winter	58.3	bc	2.9	a	9.1	a	63.2	a	18.3	a	4.6	b	11.2	a
		Spring	60.3	b	14.3	a	9.9	a	63.1	a	14.3	b	4.9	ab	12.9	a
		Summer	66.1	a	14.9	a	9.6	a	65.5	a	12.6	b	7.1	a	6.7	b
		Fall	54.5	c	14.5	a	5.8	b	65.2	a	17.0	a	2.0	c	13.6	a
	3D	Winter	53.1	b	37.8	a	28.4	a	64.2	b	32.1	a	32.3	a	16.0	bc
		Spring	53.0	b	37.2	a	23.9	b	64.5	b	29.7	ab	26.1	b	20.0	b
		Summer	69.4	a	31.7	b	29.7	a	72.0	a	26.4	b	19.0	c	14.4	c
		Fall	46.5	c	20.0	c	17.0	c	69.9	a	27.6	b	25.2	b	26.3	a
Kensington Garden	Winter	55.3	a	36.3	a	31.4	a	61.4	a	36.2	b	35.5	a	16.7	b	
	Spring	38.5	b	35.5	a	14.1	c	59.6	a	43.9	a	28.0	b	27.8	a	
	Summer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Fall	54.2	a	26.3	b	21.2	b	59.7	a	23.5	c	23.5	c	7.5	c	

<sup>z</sup>Day of senescence by seasons (winter, spring, summer, Fall) respectively

<sup>y</sup>L: 100 light, 0 dark, a: + red, - green, b: + yellow, - blue

<sup>x</sup> $\Delta E=[(\Delta L)^2+(\Delta a)^2+(\Delta b)^2]^{1/2}$

<sup>w</sup>mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$

(마) 생체중 변화율, 수분흡수량 및 수분균형

생체중변화율, 수분흡수량 및 수분균형을 조사한 결과, 스마트팜 농가에서 Day 3까지 수분 흡수량이 증가하였으며, 이에 따라 생체중과 수분균형이 증가하는 경향을 나타냈다. 생체중변화율은 대부분 봄에 가장 높은 경향을 나타냈으며, 수분균형 또한 Day 3에 음(-)의 값으로 떨어졌으나 겨울이 다른 계절에 비해 다소 높았다. 관행농가 또한, Day 3까지 수분흡수량이 증가

하였으며, 이에 따라 생체중과 수분균형이 증가하는 경향을 나타냈다. 여름 수분흡수량 및 수분균형이 다른 계절에 비해 낮게 조사되었으며, 절화수명 조사 결과, 다른 계절에 비해 여름철이 다소 짧은 절화수명을 나타낸 결과와 일치하였다. 위의 결과를 통해 스마트팜 농가와 관행 농가에서 수분균형이 음(-)값으로 감소하다 다시 증가하는 경향을 보이는데 이는 절화의 노화가 점차적으로 진행되어 생리활성이 감소하고, 화판의 호흡이나 잎의 광합성으로 인한 증산량도 급격하게 줄어들 것으로 판단된다.

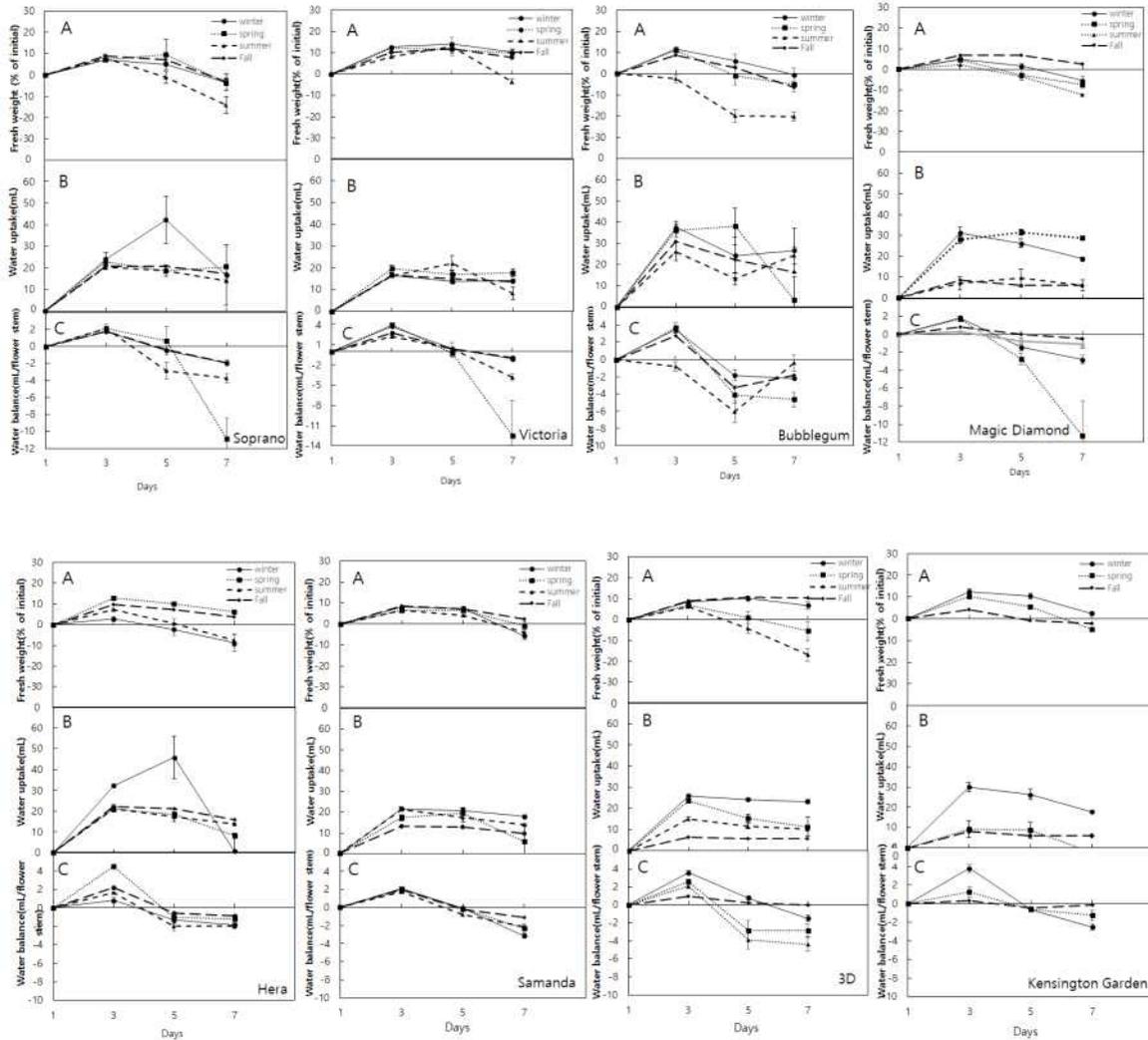


그림 83. 스마트팜 및 관행농가 스탠다드 절화 장미의 계절에 따른 생체중변화율(A), 수분흡수량(B) 및 수분균형(C)

(바) 결론

스마트팜 및 관행농가에서 재배된 스탠다드 절화 장미의 경우 절화수명은 약 8~10일 정도로 시설에 따른 수명의 차이는 크게 나타나지 않았으며, 이는 초기 생육조사 결과와 동일한 것으로 보인다. 그러나, 스마트팜에서 재배된 절화 장미의 품종은 꽃목굽음과 잎 위조 등 노화 발생이 다소 적은 것으로 나타났다. 스마트팜과 관행농가에서 재배된 스탠다드 절화 장미의 품

중 모두 계절에 따른 수명의 차이가 적었으며, 봄철에 수명이 다소 연장되는 것으로 조사되었다. 절화수명과 같이 두 농가 모두 계절에 따른 개화단계의 유의적 차이는 없었으며 절화수명 및 노화시점인 Day 7까지 만개하지 못하는 것으로 나타났다. 엽록소 함량 또한 두 농가 모두 여름철에 낮은 값이 나타났으며 색도 분석 시 다른 계절에 비해 여름에 값이 커 화색 변화의 발생이 높은 것으로 조사되었다. 수분흡수량 및 수분균형 또한 여름에 다른 계절에 비해 낮게 조사되었으며, 이는 다른 계절에 비해 여름철 절화수명이 다소 짧은 결과와 일치하였다. 따라서, 두 농가 모두 계절에 따른 약간의 차이가 있는 것으로 나타났으나 스마트팜은 관행농가에 비해 일정한 환경을 유지하고 있어 계절별 노화 발생이 적어 품질 유지가 되는 것으로 판단된다. 그러나, 관행농가와 초기 생육과 수명, 품질 요소에 있어 큰 차이가 없기 때문에 장미의 품질을 향상시켜 고품질의 장미를 연중 생산하기 위해서는 위의 재배환경 결과와 같이 스마트팜 내 시설 활용도를 높여 환경제어가 이루어져야 할 것으로 보이며, 계절에 따른 품질 차이를 줄여야 할 것으로 판단된다.

#### 다. 스프레이 장미 핵심기술 요인분석

##### (1) 조사대상 및 방법

- 공시 재료 : 스프레이 절화 장미 ‘핑크요요’, ‘슈퍼센세이션’, ‘에그타르트’, ‘플래쉬댄스’
- 조사 내용 : 연중 구축한 DB와 절화수량, 절화품질, 생산비용, 농간 소득 간 요인분석으로 선도농가별 핵심기술 분석
- 품질분석 : 개화 및 노화단계, 절화수명, 화폭 및 화경, 생체중변화율·수분흡수량·수분균형, 엽록소함량, 화색(Hunter value L, a, b, ΔE)
- 통계분석 : SPSS Statistics 24(SPSS Inc., USA)를 이용하여  $p \leq 0.05$  유의수준 내 Duncan’s 다중검정 및 Pearson’s 상관관계 분석 실시



그림 84. 스마트팜 농가 스프레이 절화 장미의 개화단계(좌)와 노화양상(우)

## (2) 조사결과

### (가) 절화수명 및 노화양상

스마트팜에서 재배된 스프레이 절화 장미 네 품종에 따른 계절별 절화수명 조사 결과, 네 품종 모두 절화 장미의 수명일이 최소 6일 이상인 것으로 조사되었다. '플래쉬댄스' 품종의 경우 겨울과 여름철 절화수명일이 가장 낮았으며, '핑크요요', '슈퍼센세이션', '에그타르트' 품종은 겨울철 수명이 가장 짧아지는 것으로 나타났으며, 봄~가을의 수명일은 평균 8일로 큰 차이가 없었다. 위의 재배환경 DB 조사 결과, 일적산광량(daily light integral, DLI)은 최소 12~15 mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> 로 유지되어야 하나 겨울철 DLI가 10이하로 낮아져 수명에 영향을 미친 것으로 판단된다. 따라서, 겨울철 낮은 DLI를 높여주고, 습도를 높여서 VPD 1.2 kPa 까지 유지하여 계절별 균일한 품질이 재배될 수 있도록 환경관리가 필요할 것으로 판단된다.

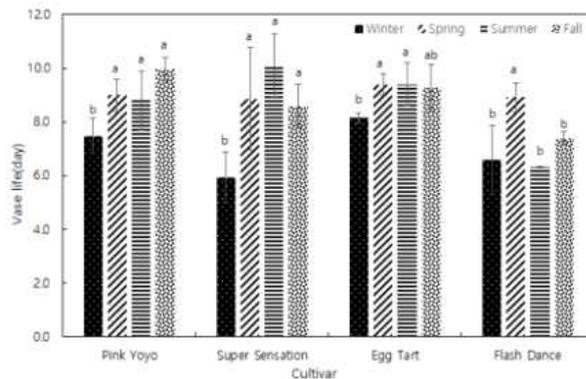


그림 85. 스마트팜 농가 스프레이 절화 장미의 계절별 절화수명

절화수명과 함께 노화양상을 조사한 결과, 절화수명과 같이 품종 및 계절마다 많이 발생하는 노화양상이 다르게 나타났고, '핑크요요' 품종은 겨울은 꽃 위조, 봄은 화색변화, 여름에는 화색변화와 위조가 다소 많이 발생하였으며, '슈퍼센세이션'과 '에그타르트'는 꽃 위조가 많이 발생하는 경향을 보였다. '플래쉬댄스'는 겨울과 봄에 잎 위조, 여름에는 화색변화가 발생한 것으로 조사되었다. 스프레이 절화 장미는 일경다화로 주로 소화경에서 품질 저하가 발생하며, 화색변화와 위조로 인한 꽃목굽음이 관상가치 저하를 초래한다.

절화 장미는 수확 전 품종 및 재배환경에 따라 수확 후 품질에 영향을 받으며, 고습도 환경에서 자란 절화 장미는 꽃목굽음 및 꽃잎 탈리 등 노화 현상을 야기시켜 절화수명을 단축시킨다(In et al. 2016). 그러나, 본 연구결과 스프레이 장미 스마트팜 농가의 습도 재배환경은 40~50%로 절화 장미 매뉴얼보다 낮은 저습도로 조사되었으며 이로 인해 꽃목굽음 보다는 화색변화나 꽃과 잎의 위조로 인한 노화로 품질저하가 발생한 것으로 판단된다.

표 59. 스마트팜 농가 스프레이 절화 장미의 계절에 따른 노화양상

Cultivar	Seasons	Senescence(%)			
		Flower		Leaf	
		Color change	Wilting	Bent-neck	Leaf-wilting
Pink Yoyo	Winter	48.9	60.0	51.1	57.8
	Spring	46.7	35.6	15.6	28.9
	Summer	68.9	68.9	31.1	42.2
	Fall	80.0	60.0	42.2	44.4
Super Sensation	Winter	48.9	80.0	68.9	73.3
	Spring	46.7	55.6	31.1	42.2
	Summer	68.9	77.8	26.7	17.8
	Fall	80.0	73.3	33.3	31.1
Egg Tart	Winter	42.2	60.0	24.4	62.2
	Spring	83.3	93.3	63.3	70.0
	Summer	66.7	73.3	40.0	40.0
	Fall	51.1	84.4	57.8	71.1
Flash Dance	Winter	60.0	46.7	28.9	91.1
	Spring	66.7	71.1	57.8	82.2
	Summer	77.8	42.2	44.4	60.0
	Fall	66.7	83.3	46.7	60.0

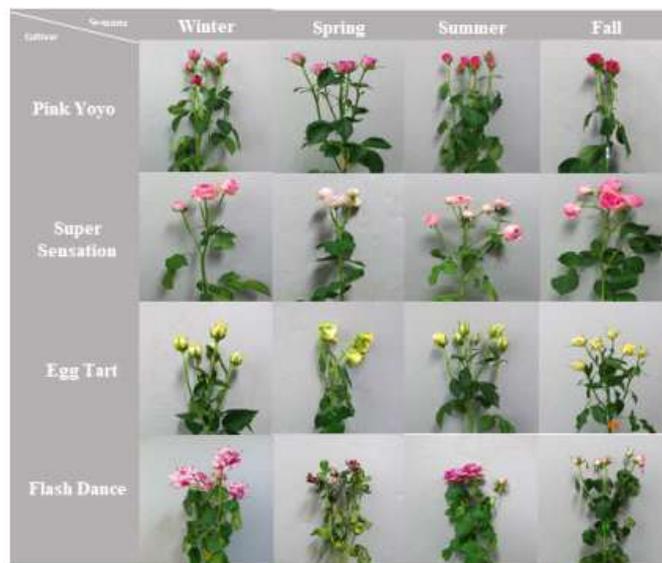


그림 86. 스마트팜 농가 스프레이 절화 장미의 계절별 노화 사진

(나) 개화율 및 개화단계와 화폭 및 화경

스마트팜 농가에서 재배된 스프레이 절화 장미의 개화단계를 조사한 결과, 실험 첫날인 Day 1에 ‘핑크요요’, ‘슈퍼센세이션’, ‘플래쉬댄스’ 품종은 봉오리 상태이나 계절에 따라 다소 개화단계의 차이가 있는 것으로 나타났다. 스프레이 절화 장미의 개화율은 70~80%로 다소 진행되었으나 절화수명 시점인 Day 7일에는 모든 품종이 만개하지 않고 품질이 저하되었으며, 계절에 따라 차이가 없거나 크지 않은 것으로 조사되었다. 이에 따라, 개화단계가 다소 높은 만개시점에서 화폭과 화경 크기를 조사한 결과, 대부분의 품종이 개화단계와 유사한 경향으로 보였으며 만개하지 못하고 계절에 따라 차이가 크지 않은 것으로 조사되었다.

표 60. 스마트팜 농가 스프레이 절화 장미의 계절에 따른 개화율 및 개화단계

Cultivar	Seasons	Rate of flowering (%)		Flowering stage			
				Day 1	Day 3	Day 5	Day 7
Pink Yoyo	Winter	84.4	a <sup>z</sup>	2.0 a	2.1 a	2.1 b	2.1 a
	Spring	86.9	a	1.7 b	2.1 a	2.5 a	2.5 a
	Summer	89.1	a	1.4 c	1.9 a	2.1 b	2.2 a
	Fall	59.5	b	1.6 bc	1.9 a	2.3 ab	2.4 a
Super Sensation	Winter	86.3	a	1.9 a	2.0 a	2.1 a	2.1 b
	Spring	88.0	a	1.9 a	2.1 a	2.2 a	2.2 a
	Summer	60.6	b	1.5 b	1.5 b	1.7 b	1.8 b
	Fall	41.0	c	1.4 b	1.6 b	1.7 b	1.8 b
Egg Tart	Winter	77.8	a	1.7 a	1.9 a	2.2 a	2.2 a
	Spring	81.3	a	1.5 a	1.8 a	2.2 a	2.2 a
	Summer	55.7	b	1.0 b	1.3 b	1.8 a	1.9 ab
	Fall	69.8	a	1.2 b	1.5 b	1.8 a	1.7 b
Flash Dance	Winter	81.7	a	1.7 a	2.1 b	2.4 b	2.4 b
	Spring	86.6	a	1.7 a	2.7 a	3.0 a	3.0 a
	Summer	74.7	a	1.1 b	2.2 b	2.1 b	2.1 b
	Fall	39.7	b	1.3 b	2.5 ab	3.0 a	2.9 a

<sup>z</sup>mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

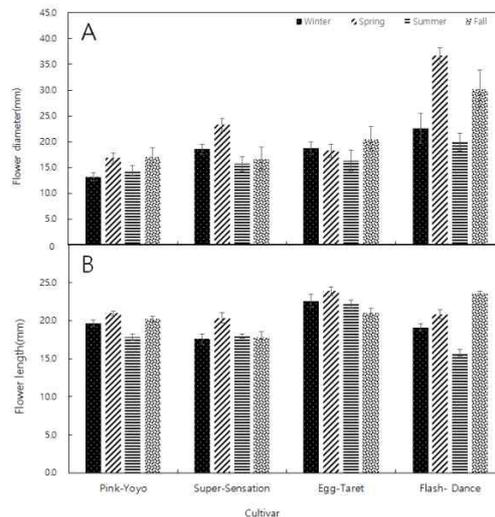


그림 87. 스마트팜 농가 스프레이 절화 장미의 계절에 따른 만개시점 화폭(A) 및 화경(B)

(다) 엽록소 함량 및 첫날과 노화 시점의 화색

스마트팜에서 재배된 스프레이 절화 장미의 엽록소 함량 조사 결과, ‘슈퍼센세이션’ 품종은 4계절 엽록소 함량의 차이가 나타나지 않았으나, 이를 제외한 나머지 품종은 계절에 따라 엽록소 함량의 차이를 보였으며 겨울철이 다소 높은 것으로 나타났다. 또한, 네 품종 모두 엽록소 함량이 약 40~50 SPAD value로 품종 간의 차이는 크지 않은 것으로 조사되었다.

표 61. 스마트팜 농가 스프레이 절화 장미의 계절에 따른 엽록소 함량

Cultivar	Seasons	Chlorhyll content (SPAD value)			
		Day 1	Day 3	Day 5	Day 7
Pink Yoyo	Winter <sup>z</sup>	49.0 a <sup>y</sup>	49.1 a	50.2 a	50.2 a
	Spring	43.8 b	47.8 ab	47.8 a	48.3 a
	Summer	46.4 b	45.9 b	48.1 a	48.2 a
	Fall	45.3 b	48.3 a	48.1 a	49.4 a
Super Sensation	Winter	45.1 a	45.0 a	50.4 a	50.4 a
	Spring	43.5 a	45.2 a	45.6 b	45.1 b
	Summer	42.0 a	45.6 a	43.8 b	43.1 b
	Fall	42.9 a	43.8 a	44.5 b	43.5 b
Egg Tart	Winter	50.2 a	50.0 a	51.2 a	51.2 a
	Spring	47.3 b	48.5 a	48.7 b	49.1 b
	Summer	45.1 c	46.1 b	46.6 c	46.4 c
	Fall	48.2 b	49.0 a	48.7 b	48.7 b
Flash Dance	Winter	45.0 a	44.0 a	47.9 a	47.9 a
	Spring	41.3 b	44.8 a	54.3 a	44.3 c
	Summer	40.7 b	43.0 a	44.4 a	43.4 c
	Fall	45.1 a	44.4 a	45.3 a	46.9 ab

<sup>z</sup>Day of senescence by seasons (winter, spring, summer, Fall) respectively.

<sup>y</sup>mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

(라) 첫날과 노화 시점의 화색

스프레이 절화 장미의 첫날과 노화시점의 화색을 Hunter value를 통해 조사한 결과, 품종 및 계절에 따른 차이는 있었으나 대체적으로 첫날과 비교 시 노화 시점에 L값이 증가하는 것으로 나타났으며, 이는 개화가 진행됨에 따라 봉오리에 가까웠던 꽃이 개화가 진행되면서 화색이 열리는 것으로 판단된다. 또한, 스프레이 장미의 경우 첫날 봉오리 상태에서 노화 시점이 될수록 화색변화가 나타났으며, 이 중 ‘에그타르트’는 노란 화색을 갖고 있는 품종으로 노화 시점의 L값이 90이상, b값이 60이상으로 절화 장미 중 가장 높게 조사되었다. ‘슈퍼센세이션’, ‘플래쉬댄스’ 품종의 경우 계절에 따라 색차 값이 균일한 것으로 나타났다.

표 62. 스마트팜 농가 스프레이 절화 장미의 계절에 따른 첫날과 노화시점의 화색(Hunter value)

Cultivar	Seasons	Day 1			Day Senescence <sup>z</sup>			$\Delta E^x$							
		L <sup>y</sup>	a	b	L	a	b								
Pink Yoyo	Winter <sup>z</sup>	39.4	b	37.1	b	8.8	a	39.2	b	56.3	a	9.3	a	20.3	ab
	Spring	48.3	a	48.6	a	4.0	b	43.9	b	50.9	a	0.3	c	12.4	b
	Summer	47.2	a	35.3	b	8.0	a	55.6	a	42.0	b	6.2	b	27.2	a
	Fall	40.7	b	44.7	a	6.6	a	40.9	b	57.0	a	7.6	ab	15.2	b
Super Sensation	Winter	67.1	b	34.5	a	8.1	c	63.6	c	39.3	a	5.0	c	12.5	a
	Spring	78.4	a	21.7	b	14.5	a	70.1	b	27.7	bc	8.6	ab	16.5	a
	Summer	80.1	a	20.7	b	14.8	a	78.2	a	23.5	c	10.5	a	10.0	a
	Fall	66.3	b	31.6	a	11.0	b	69.5	b	30.0	b	8.0	b	14.7	a
Egg Tart	Winter	83.8	b	-6.2	a	64.8	a	89.3	ab	-4.4	a	73.6	a	13.4	b
	Spring	90.4	a	-10.4	c	64.9	a	87.9	b	-4.7	a	54.5	b	22.6	a
	Summer	76.7	c	-9.6	bc	58.6	b	90.1	ab	-3.4	a	68.8	a	23.4	a
	Fall	75.9	c	-8.3	b	54.4	b	92.2	a	-7.1	b	55.7	b	22.4	a
Flash Dance	Winter	64.5	b	21.1	a	8.9	ab	74.4	a	23.7	b	5.4	a	15.7	ab
	Spring	70.3	a	21.7	a	11.2	a	66.3	b	30.0	ab	4.9	a	15.7	ab
	Summer	72.8	a	27.5	a	7.0	b	65.0	b	30.9	a	2.1	b	12.3	b
	Fall	56.1	c	21.0	a	10.7	a	60.9	b	26.1	ab	5.3	a	19.9	a

<sup>z</sup>Day of senescence by seasons (winter, spring, summer, Fall) respectively.

<sup>y</sup>L: 100 light, 0 dark, a: + red, - green, b: + yellow, - blue

<sup>x</sup> $\Delta E=[(\Delta L)^2+(\Delta a)^2+(\Delta b)^2]^{1/2}$

<sup>w</sup>mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

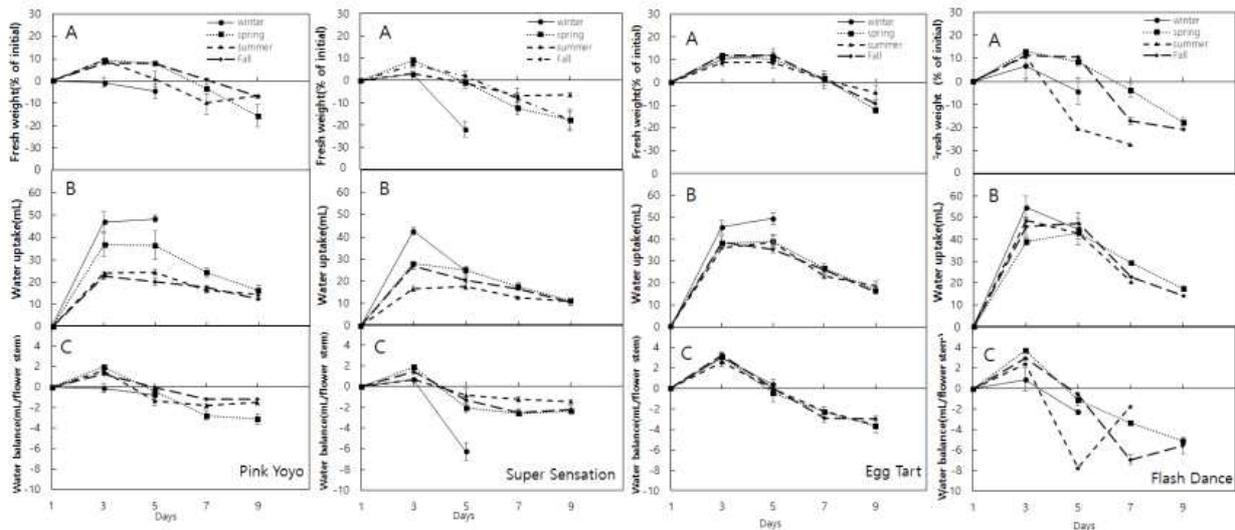


그림 88. 스마트팜 농가 스프레이 절화 장미의 계절에 따른 생체중변화율(A), 수분흡수량(B) 및 수분균형(C)

(마) 생체중변화율, 수분흡수량 및 수분균형

스마트팜 농가에서 재배된 스프레이 절화 장미의 경우 겨울에 수분흡수량이 가장 높고, 여름에 수분흡수량이 가장 낮은 경향으로 조사되었다. 그러나, 점차 수분흡수량이 증가함에 따라 생체중변화율은 다른 계절에 비해 낮은 경향을 보였으며 수분균형 또한 다른 계절보다 먼저 음(-)의 값이 나타났다. 이는 증산량이 수분흡수량보다 높아 수분 손실이 발생하여 절화수명이 다소 짧은 것으로 판단된다. 따라서, 여름철에 재배된 장미는 수분 손실로 인한 품질저하가 발생할 수 있기 때문에 재배 시 고온을 낮춰주기 위한 미스트 처리나 수확 후 적정 처리를 통해 품질이 좋게 유지되기 위한 방안이 필요할 것으로 판단된다.

(바) 결론

스마트팜에서 재배된 스프레이 절화 장미의 경우 네 품종 모두 최소 수명일은 6일이었으며, ‘플래쉬댄스’ 품종은 여름과 겨울, 이를 제외한 세 품종은 겨울철에 수명이 짧아지는 것으로 나타났다. 노화양상 또한 품종 및 계절에 따라 발생하는 양상이 다르게 나타났으며, 화색변화나 꽃과 잎의 위조 발생이 높은 것으로 나타났다. 개화율은 70~80%로, 네 품종 모두 실험 7일에 만개하지 못하고 노화가 발생한 것으로 조사되었다. 이는 위의 재배환경 DB 조사결과와 같이 일적산광량이 낮아져 수명에 영향을 미친 것으로 판단되며, 낮은 습도의 재배환경으로 품질저하가 발생한 것으로 보인다. 앞의 실험결과와 같이 보광을 통해 겨울철 낮은 DLI를 높여주고, 습도를 높여서 VPD 1.2 kPa 까지 유지하여 계절별 균일한 품질이 재배될 수 있도록 환경관리가 필요할 것으로 판단된다. 해당 농가는 스마트팜의 기계적 설비 및 활용도가 높은 농가로 보광 이외에 환경 제어가 적절하게 유지됨에 따라 품질도 다소 균일하게 유지되고 있다. 해당 스마트팜을 다른 관행 농가에 도입 시 계절에 따른 환경적 차이를 줄이고, 그에 따른 온실관리의 편리성 향상, 품질 유지 등에 효과적일 것으로 판단된다.

## 5. 호남지역 수출형 장미 스마트팜 최적재배법 모델 및 매뉴얼 개발

### 가. 세부연구목표

○ 호남지역 스탠다드, 스프레이 절화 장미 선도농가 모델화를 통한 최적 재배법 매뉴얼 제작

### 나. 핵심기술 요인분석 기반 스마트팜 최적재배법 모델 제시 및 매뉴얼 제작

#### (1) 연구방법

○ 스마트팜의 정의, 구성요소와 호남지역 장미 스마트팜 재배현황 매뉴얼 제작

○ 온실환경 및 품질 빅데이터를 이용하여 호남지역 장미 스마트팜 영농기법 표준 모델화를 위한 매뉴얼 제작

#### (2) 연구결과

3년 동안의 연구결과를 토대로 ‘호남지역 장미 스마트팜 영농기법 모델화 매뉴얼’을 개발하였다. 매뉴얼은 총 5장으로 구성되었으며 제1장은 스마트팜의 정의, 구성, 역할 및 유형, 설치 전 고려사항을 작성하였으며, 제2장은 호남지역 장미의 재배면적과 생산액, 시설재배 현황을

작성하였다. 제3장은 장미 스마트팜의 측정 빅데이터를 제시하기 위해 온실환경과 절화 장미의 품질 빅데이터를 제공하였고, 제4장과 제5장은 호남지역 스프레이, 스탠다드 장미 스마트팜의 영농기법 모델화를 제시하였다. 제작된 매뉴얼은 절화 장미 농가에 방문하여 컨설팅과 함께 배포할 예정이며, 농가에서는 영농기법 표준 모델화를 적용 시 환경 제어 시스템을 갖추고 고품질의 절화 장미를 생산할 수 있을 것으로 판단된다.

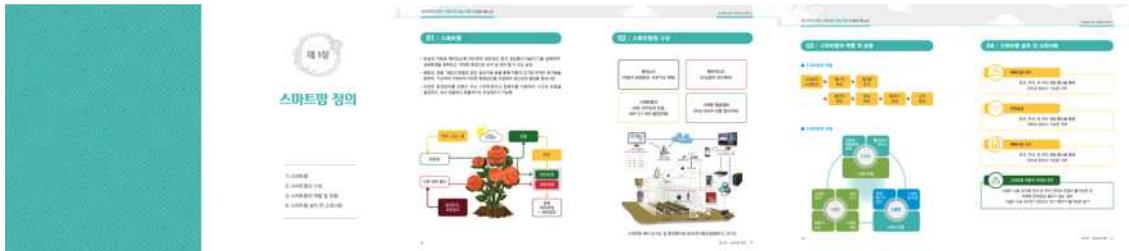


그림 89. 스마트팜의 정의(매뉴얼 내 자료)



그림 90. 호남지역 장미 스마트팜 재배현황 및 측정 빅데이터(매뉴얼 내 자료)

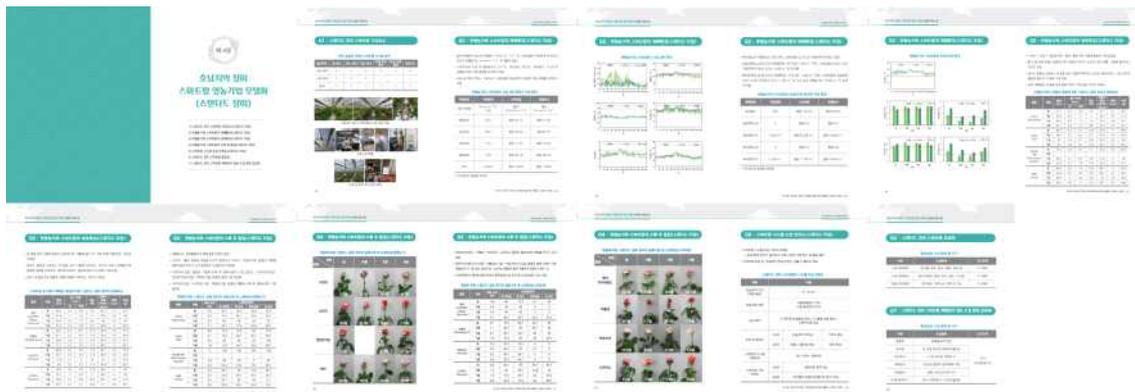


그림 91. 호남지역 스탠다드 장미 스마트팜 영농기법 모델화(매뉴얼 내 자료)



그림 92. 호남지역 스프레이 장미 스마트팜 영농기법 모델화(매뉴얼 내 자료)

## 6. 호남지역 수출형 장미 스마트팜 모델 매뉴얼 현장 보급

### 가. 세부연구목표

○ 농가 교육지도 및 '호남지역 장미 스마트팜 영농기법 모델화 매뉴얼' 보급

### 나. 장미 농가에 재배 가이드 라인 제시, 농가 배포·교육

#### (1) 연구방법

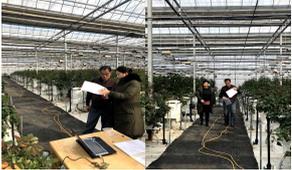
○ 호남지역 스프레이, 스탠다드 장미 스마트팜 영농기법 모델화 제시를 위해 농가 방문 통해 현장 컨설팅 진행

#### (2) 연구결과

본 연구 결과를 바탕으로 개발된 호남지역 스프레이, 스탠다드 장미 스마트팜의 최적재배법 모델을 현장방문 컨설팅 및 기술이전을 실시하였다. 2018년부터 2020년까지 총 22건의 농가 교육지도를 실시하였다.

표 63. 호남지역 수출형 장미 스마트팜 현장방문 컨설팅 및 기술이전(22건 중 일부 예시)

번호	일시	교육명	주요내용 및 증빙사진
1	2018.12.18.	현 농가와 스마트팜의 재배 환경 및 절화 특성 분석 교육	- 스마트팜과 현 농가의 재배환경 절화 품질 특성 비교 분석 교육 실시 
2	2018.12.18	현 농가의 스마트팜 수준 분석 교육	- 환경 센서, 재배환경, 절화의 품질 특성 비교 분석 자료를 활용하여 농가 교육 실시 
3	2019.01.24	스마트팜 시설의 절화 생육 환경 관리 교육	- 가을철(10,11월)과 겨울철(12,1월)의 재배환경 비교 분석 자료를 활용하여 농가 교육 실시 
4	2019.02.21	Best farmer 영농기법을 위한 스마트팜 시설 재배	- 장미 재배 관련 매뉴얼과 양액 수치 데이터 비교 설명 자료를 활용하여 양액 적정 

		환경 양액 관리 교육	<p>수치와 시설 내 양액 수치의 비교 분석 실시</p> 
5	2019.02.26	절화 장미의 겨울철 재배 환경 분석 교육	<p>- 겨울철(12~2월)동안의 재배환경과 절화 특성 분석 자료를 활용하여 겨울철의 적정 재배환경과 현 농가의 재배환경, 절화의 품질 조사 비교 관련 교육 실시</p> 
6	2019.02.26	절화 장미의 겨울철 재배 환경 분석 교육	<p>- 겨울철(12~2월)의 재배환경과 절화 특성 분석 자료를 활용하여 적정 재배환경과 현 농가의 재배환경, 절화의 품질 조사 비교 관련 교육 실시</p> 
7	2019.03.20	스마트팜 시설 내 센서부와 제어부의 관리 교육	<p>- 시설 내 설치된 업체의 센서와 학교에서 설치한 센서의 데이터 비교 실시</p> 
8	2019.04.23	재배환경에 따른 절화 장미의 품질 분석 교육	<p>- 재배환경의 변화로 인해 절화에 미치는 영향과 수명이 단축되는 원인, 분석 파악 교육</p> 
14	2020.01.22	계절별 재배환경에 따른 절화수명 및 품질 분석	<p>- 농가 내 설치되어있는 데이터로거의 재배 환경 모니터링 결과 설명, 스마트팜 농가와 관행농가의 환경조절과 품질차이 내용공유</p> 



## 제2협동과제 : 영남지역 내수형 장미의 스마트팜 영농기법 모델화 연구

### 1. 영남지역 장미 스마트팜 시설재배현황 조사

#### 가. 농가 선정

##### (1) 영남지역 장미 스마트팜 선도농가 선정

영남지역의 장미 스마트팜 농가 선정을 위하여 경남 김해시 농업기술센터로부터 장미작목반을 소개받은 후 작목반 임원의 추천 및 전화 면접을 통해 후보 농가를 정하였다. 이들 농가를 직접 방문한 후 농가 선정 기준표 작성을 토대로 스마트 농가를 선정하였다.

표 65. 장미 스마트팜 선도농가 선정 기준표 및 농가별 점수

조사 항목	OS 은실	KB 은실	RF 은실	기 준
1. 농장주 장미재배 경력	4	5	5	1-3년: 1점 4-6년: 2점 7-10년: 3점 10-15년: 4점 ≥15년: 5점
2. 스마트팜 시스템 설치 여부	5	5	0	미설치: 0점 설치: 5점
3. 장미 재배 관련 자동운영 장치 수	2	2	3	1-2개: 1점 3-6개: 2점 7-9개: 3점 10-12개: 4점 ≥13개: 5점
4. 환경제어 센서 수	2	1	0	1-3개: 1점 4-6개: 2점 7-9개: 3점 10-12개: 4점 ≥13개: 5점
5. 환경제어 센서 추가 설치 예정 여부	0	0	0	미설치: 0점 설치 예정: 5점
6. 환경 데이터 활용도 (추적 데이터 항목)	1	1	0	1-2개: 1점 3-6개: 2점 7-9개: 3점 10-12개: 4점 ≥13개: 5점
7. 추적 데이터 항목 증대 예정 여부	0	0	0	유지: 0점 증대 예정: 5점
8. 양액 및 CO <sub>2</sub> 가스 공급 자동화 여부	5	5	5	수동: 0점 자동: 5점
9. 스마트팜 시스템 설치 후 편의성 증대율 (체감율)	3	2	1	0-20%: 1점 21-40%: 2점 41-60%: 3점 61-80%: 4점 81-100%: 5점
10. 스마트폰 어플 활용(원격제어) 여부	0	5	0	미사용: 0점 사용: 5점
합계(100점 기준)	22(44)	26(56)	14(28)	-

(2) 결과

ICT 도입 수준과 영농작업 항목 관련 기준표를 만들었으며, 다수 농가 가운데 기준표 30-40 점 이상을 스마트 농가로 선정하였다. 또한 센서 및 복합 환경 제어시스템이 전혀 설치되어 있지 않은 농가를 관행농가로 선정하였다.

나. 영남지역 장미 스마트팜 도입 농가 목록화 및 재배현황 조사

스마트팜 농가 2개소와 관행 농가 1개소를 선정, 농가의 목록화 및 재배현황을 조사하였다.

(1) KB 온실의 조사 대상 및 방법

경남 김해시에 위치한 KB 온실에서 2018년 10월에 품종 조사를, 11월에 시스템 업체 자문을 진행하였다. 조사 당시 재배 중인 품종은 'Miss Holland', 'Penny Lane', 'Eye Liner', 'Monet', 'Silver Lace', 'Grace', 'Punch Bowl', 'Baby Perfume' 등 8개였다.



그림 92. 경상남도 김해시 KB 온실 시설 내부 모습



CO<sub>2</sub> 센서



온도 센서



온습도 센서



지온(배지온도) 센서



CCTV

그림 93. 경상남도 김해시 KB 온실 내부 센서 및 CCTV 시스템 설치 모습



복합 환경제어시스템



복합 환경제어 시스템 내부



창 개폐 제어 콘솔



차광막 개폐 제어 콘솔



양액 제어기



포그 냉방 시스템



원격 경보 및 제어 시스템

기타 제어 시스템

그림 94. 경상남도 김해시 KB 온실 내부 제어 시스템 설치 모습

## (2) 김해시 KB 온실의 시설 및 재배현황 분석

경상남도 김해시에 위치한 KB 스마트팜 장미 온실에는 초기 스마트 팜 모델이 설치되어 있었는데, 센서부에 고장이 많은 상태였다. 자동제어시스템은 (주)신한에이텍 제품이였으며, 농가 컴퓨터 모니터를 통해 모니터링하고 Team Viewer 어플을 사용했다. 조사 대상 농가의 대표는 2018년 당시 남성(51), 재배경력 15년이였으며, 본인을 포함하여 참여 인력이 3명이였다. 시설은 2006년에 설치되었으며, 시설 유형은 연동 플라스틱 온실로서 면적이 6,600m<sup>2</sup>, 온실의 난방 및 냉방시스템은 전기를 사용하였다. 차광용 및 보온용 스크린이 설치되어 있고, 천창과 측창이 개폐되는 시스템이였다. 기타 장치로는 지상부를 제어하는 양액공급 조절장치, 탄산가스 시비장치, 포그 냉방 시스템, 해충 포획기 등이 있었으며, 수확 후 관리에서 사용되는 장치로는 저온저장고와 절화 결속기가 있었다. 재배 정보를 살펴본 결과, 절화용 장미 8개 품종이 암면 배지를 이용한 수경재배 방식으로 재배되고 있었다. 절화는 연중 수확하며, 습식 수송을 통해 경매장으로 출하되는 방식이였다. 스마트팜 시스템 정보를 조사한 결과, 제어부 채널수는 총 16개이며, 천창, 측창, 보온, 차광막, 보광등, 환기팬이 있었다. 시설 내·외부의 센서부를 조사한 결과, 시설 내부에는 광, 온도(지상), 습도, CO<sub>2</sub>가 있었으나 온도(지상)만 작동되고 있었다. 시설 외부에는 온도(지상), 풍향, 풍속, 강우 센서가 있었으며, 온도(지상)만 작동되었다. 이외 기타 제어장치로는 양액조절장치와 CO<sub>2</sub> 시비장치 등이 설치되어 있었으며, 이것들은 작동되었다.

표 66. 경상남도 김해시 KB 온실 운영 분석표(경남 김해시)

항목		KB 온실 내역	
I. 농가 정보	1. 온실경영자	신○○	
	2. 지역	경북 김해시	
	3. 성별/나이	남/51	
	4. 재배경력	15년	
	5. 참여 인력	2명	
	6. 기타사항	ICT 도입	
II. 시설 정보	1. 시설유형	플라스틱	
	2. 연동유무	연동	
	3. 설치시기/면적	2006 / 6,600m <sup>2</sup>	
	4. 난방 방식	전기	
	5. 냉방 방식	전기	
	6. 차광용 스크린	유	
	7. 보온용 스크린	유	
	8. 천창 개방성	유	
	9. 측창 개방성	유	
	10. 기타 시설/장비 목록	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지상: 양액조절장치, CO<sub>2</sub> 시비장치, 포그시스템, 유허 환증기, 공조기시스템, 해충 포획기</li> <li>• 수확 후 관리: 저온저장고, 결속기</li> </ul>	
III. 재배 정보	1. 품종	8품종	
	2. 방식	수경	
	3. 배지 종류	암면	
	4. 수확 및 저장	연중	
	5. 출하 방식	경매장	
	6. 습식 유무	습식	
IV. 스마트팜 시스템 정보	1. 제어부	16채널: 천창(내부 2채널), 천창(외부 2채널), 측창(내부 2채널), 측창(외부 2채널), 보온커튼(내부 2채널), 보온 커튼(외부 2채널), 차광막(2채널), 보광등, 환기팬	
	2. 센서부	<u>시설 내부</u> · 광 -무 · 온도(지상) -유 · 온도(배지) -무 · 습도 -유 · CO <sub>2</sub> -유(고장) · 양액 -pH, EC	<u>시설 외부</u> · 광 -무 · 온도(지상) -유 · 습도 -무 · 풍향 -유(고장) · 풍속 -유(고장) · 강우 -유(고장)
	3. 자료추적	<u>시설 내부</u> · 광 -무 · 온도(지상) -무 · 온도(배지) -무 · 습도 -무 · CO <sub>2</sub> -무 · 양액 -pH, EC	<u>시설 외부</u> · 광 -무 · 온도(지상) -무 · 습도 -무 · 풍향 -무 · 풍속 -무 · 강우 -무
	4. 기타 제어장치	양액조절장치, CO <sub>2</sub> 시비장치	
V. 경영 정보	1. 출하량	계속 조사	
	2. 매출액	계속 조사	
	3. 근무시간	10시간(주 7일)	
	4. 설치 후 농가편의성	하루 중 노동시간 2~3시간 감소 하루 중 피로도 30% 감소	

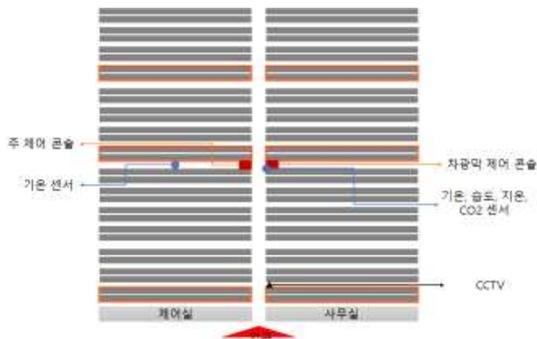


그림 95. 경상남도 김해시 KB 온실 내부장치  
모식도

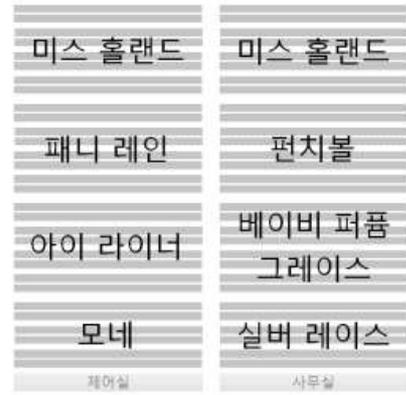


그림 96. 경상남도 김해시 KB  
온실 재식 모식도

(3) 대구광역시 달성군 OS 온실의 조사 대상 및 방법

대구시 달성군에 위치한 OS 온실에서 2018년 10월에 품종 조사를, 11월에 제어 업체 자문을 진행하였다. 조사 당시 재배 중인 품종은 'Charmant', 'Victoria', 'Timeout', 'Bubblegum', 'Miss Holland', 'Regent's Park' 등 6개였다.



그림 97. 대구광역시 달성군 OS 온실 시설 내부 모습



기온센서

습도센서

CCTV

그림 98. 대구광역시 달성군 OS 온실 내부 센서 및 CCTV 시스템 설치 모습



복합환경제어시스템



복합환경제어시스템 내부



조명콘솔



보온 환기 콘솔



CO<sub>2</sub>시비 설비



CO<sub>2</sub>제어장치

그림 99. 대구광역시 달성군 OS 온실 내부 제어 시스템 설치 모습

#### (4) 대구광역시 달성군 OS 온실의 시설 및 재배현황 분석

대구광역시 달성군 소재의 OS 스마트팜 장미 온실은 초기형 스마트팜 모델이었다. 대상 농가의 대표는 남성(57), 재배경력 21년으로 부부가 함께 영농에 종사하고 있었다. 시설은 2007년도에 설치되었으며, 시설 유형은 연동 플라스틱 온실로서 면적이 4,900m<sup>2</sup>였다. 온실의 난방 시스템으로는 전기난방장치 및 램프형 전열장치를 활용하였으며, 냉방 시스템으로는 에어컨을 사용하고 있었다. 차광용 스크린과 보온용 스크린이 개폐형으로 설치되어 있었고, 천창과 측창이 개폐되는 시스템이었다. 기타 장치로는 지상부를 제어하는 탄산시비장치, 보광장치, 방제기, CCTV, 에어컨, 제습기 등이 있었다. 수확 후 관리 부분에서 사용되는 장치로는 저온저장고, 결속기가 있었다. CCTV와 휴대전화 어플리케이션을 이용하여 실시간으로 온실을 관리하고 있었다. 재배 정보를 살펴본 결과, 6품종의 스탠다드 장미를 연중 수확하며, 건식 수송을 통해 도·소매시장으로 출하되는 방식이었다. 스마트팜 시스템 정보를 조사한 결과, 실내 센서부는 온도 센서와 상대습도센서가 있으나 상대습도 센서는 고장 상태였다. 제어부는 총 6채널로 천창(A, B), 커튼(A, B), 차광(A, B) 제어가 되며, 시설외부에는 강우센서가 설치되어 있었다. 자료의 저장(추적)은 온실 내 온도만 이루어지고 있었다.

표 67. 대구광역시 달성군 OS 온실 운영 분석표

항목		OS 온실	
I. 농가 정보	1. 농가	이00	
	2. 지역	대구광역시 달성군	
	3. 성별/나이	남/57	
	4. 재배경력	21년	
	5. 참여 인력	3명	
	6. 기타사항	초기 스마트팜	
II. 시설 정보	1. 시설유형	플라스틱	
	2. 연동유무	연동	
	3. 설치시기/면적	2007/ 4958m <sup>2</sup>	
	4. 난방 방식	전기, 보광	
	5. 냉방 방식	에어컨	
	6. 차광용 스크린	유	
	7. 보온용 스크린	유	
	8. 천창 개방성	유	
	9. 측창 개방성	유	
	10. 기타 시설/장비 목록	지상 탄산시비장치 보광장치 방제기 에어컨 제습기 CCTV	<u>수확 후 관리</u>  저온저장고 결속기
III. 재배 정보	1. 품종	6품종	
	2. 방식	토경	
	3. 배지 종류		
	4. 수확 및 저장	연중	
	5. 출하 방식	도·소매시장	
	6. 습식 유무	건식	
IV. 스마트팜 시스템 정보	1. 제어부	천창, 커튼, 차광	
	2. 센서부 (내부)	· 광 - 무 · 온도(지상)- 유 · 온도(배지)- 무 · 습도- 유(고장) · CO <sub>2</sub> - 타이머	
	3. 자료축적	온도	
	4. 기타 제어장치	없음	
V. 경영 정보	1. 출하량	계속 조사	
	2. 매출액	계속 조사	
	3. 근무시간	평균 15시간(주 7일)	
	4. 설치 후 농가편의성	하루 중 평균 노동 2시간 감소 하루 중 피로도 평균 20% 감소	

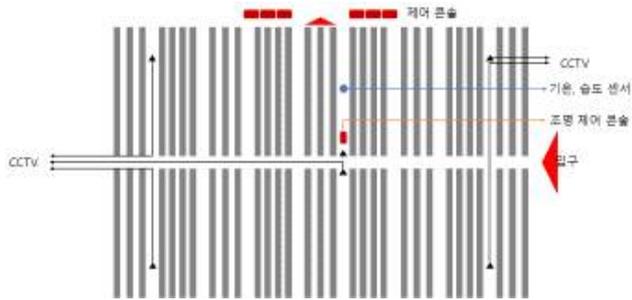


그림 100. 대구광역시 달성군 OS 온실 내부장치  
모식도



그림 101. 대구광역시 달성군 OS  
온실 재식 모식도

(5) 경상남도 김해시 RF 온실의 조사 대상 및 방법

경남 김해시에 위치한 RF 온실에서 2018년 10월에 품종조사를, 11월에 시스템 업체 자문을 진행하였다. 조사당시 재배중인 품종은 다음과 같았다; ‘Mansfield Park’, ‘Juliette’, ‘Darcey’, ‘Misty Bubble’, ‘Chocolat’, ‘Mango’. ‘Gabriela’, ‘Happy Yoyo’, ‘Storm’, ‘Opus’



그림 102. 경상남도 김해시 RF 온실 내부 모습



오존살균기



CO<sub>2</sub> 공급 장치



CO<sub>2</sub> 저장 장치



전조등(나트륨등)

그림 103. 경상남도 김해시 RF 온실 내외부 시설

(6) 경상남도 김해시 RF 온실의 시설 및 재배현황 분석

경상남도 김해시에 위치한 KB 온실 인근의 관행 장미 농가를 선정하였으며, 10개의 장미 품종 재배중이었다, 조사대상 농가의 대표는 남성(64), 재배경력 25년, 부부가 함께 경영을 하고 있으며, 6명 고용하여 운영중에 있었다. 시설은 2006년도에 설치되었으며, 시설 유형은 연동 플라스틱로 면적이 17,851m<sup>2</sup> 되는 것으로 조사되었다. 온실의 난방시스템은 전기, 보광시스템을 사용하고 있으며, 냉방은 포그증발냉각시스템을 사용했다. 차광용 및 보온용 스크린이 설치되어 있으며, 천창과 측장이 개방되는 시스템에 기타 장치로는 지상부를 제어하는 탄산시비장치, 보광장치, 오존살균기, 방제기, 제습기, 포그시스템 등이 있었으며, 수확 후 관리 부분에서 사용되는 장치로는 저온저장고, 결속기가 있었다. 재배 정보를 살펴본 결과, 총 품종은 10품종의 장미가 있으며, 수경 재배 방식으로 펄라이트 배지에서 재배되어 연중 수확하며, 건식, 습식 수송을 통해 경매장, 도소매시장, 공선장으로 출하되는 방식이었다. 자동 시스템의 경우, CO<sub>2</sub>공급기, 양액(pH, EC)의 공급액과 폐액을 제어하는 센서만 존재했다.

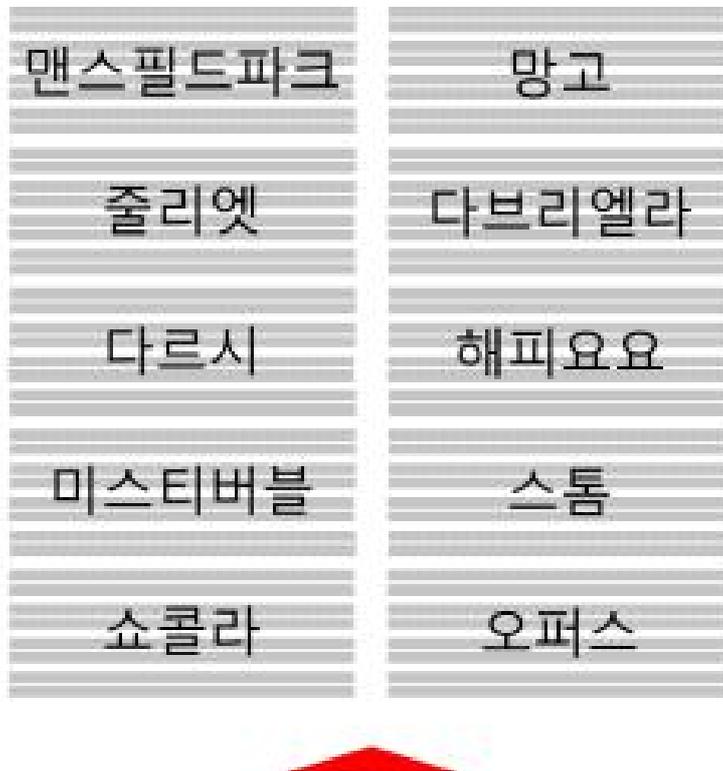


그림 104. 경상남도 김해시 RF 온실 재식 모식도

표 68. 경상남도 김해시 RF 온실 운영 분석표.

항목		RF 온실	
I. 농가 정보	1. 농가	김00	
	2. 지역	경상남도 김해시	
	3. 성별/나이	남/64	
	4. 재배경력	25년	
	5. 참여 인력	8명	
	6. 기타사항	관행	
II. 시설 정보	1. 시설유형	플라스틱	
	2. 연동유무	연동	
	3. 설치시기/면적	17,851m <sup>2</sup>	
	4. 난방 방식	전기, 보광	
	5. 냉방 방식	포그증발냉각	
	6. 차광용 스크린	유	
	7. 보온용 스크린	유	
	8. 천창 개방성	유	
	9. 측창 개방성	유	
	10. 기타 시설/장비 목록	지상 양액조절장치 탄산시비장치 보광장치 방제기 제습기 오존살균기 포그시스템 유동팬	수확 후 관리  저온저장고 결속기
III. 재배 정보	1. 품종	10품종	
	2. 방식	수경	
	3. 배지 종류	펄라이트	
	4. 수확 및 저장	연중	
	5. 출하 방식	경매장/ 도·소매시장/공선장	
	6. 습식 유무	건식, 습식	
IV. 스마트팜 시스템 정보	1. 제어부	X	
	2. 센서부 (내부)	· 광 - 무 · 온도(지상)- 무 · 온도(배지)- 무 · 습도- 무 · CO <sub>2</sub> - 유 · 양액- pH, EC (공급액/폐액)	
	3. 자료축적	무	
	4. 기타 제어장치	양액조절장치, CO <sub>2</sub> 시비장치	
V. 경영 정보	1. 출하량	추후 조사 예정	
	2. 매출액	추후 조사 예정	
	3. 근무시간	10시간(주 6일)	
	4. 설치 후 농가편의성	관행으로 설치하지 않음	

## 2. 영남지역 스프레이 장미 스마트팜 선도농가 영농기법 조사 분석

### 가. 영남지역 내수형 장미의 스마트팜 및 관행농가 영농기법 조사

#### (1) 조사방법

##### (가) 조사대상

영남지역 내 내수용 스탠다드 장미 절화농가 중 스마트팜 선도농가로 대구광역시 달성군 소재 스마트 OS 온실(OS)과 경상남도 김해시 소재 스마트 KB 온실(KB)을, 관행 농가로 경상남도 김해시에 소재한 RF 온실(RF)을 선정하였다. 스마트 온실 2개소와 관행 온실 1개소에서 재배되고 있었던 스탠다드 절화 장미 품종 중 일부를 조사 대상으로 선정하였는데, OS 온실에서 'Victoria', 'Bubblegum', 'Charmant'을, KB 온실에서 'Miss Holland', 'Grace', 'Baby Perfume'을, RF 온실에서 'Chocolate', 'Mango', 'Floyd' 품종을 대상으로 조사하였다.



그림 105. 공시 재료(절화용 스탠다드 장미 9품종).

##### (나) 조사 내용

각 농가의 ICT 도입 수준을 파악하기 위하여 데이터 수집 방식과 센서 노드, 제어 노드, 영상장비, 통합제어기 등 스마트온실 기술 구성요소들을 조사하였다. 또한 영농기법 조사를 위하여 수확 후 저장 관리방법과 절화수확량, 생산관리이력, 생산성 DB화 등 영농작업에 대한 자료와 수입 지출 회계, 경제성 분석을 실시하였고, 연중 구축한 DB와 절화수량, 절화품질, 생산비용, 농가소득간에 다변량 요인분석을 실시하였다.

(2) 조사결과

(가) 농가정보

① 연중시설환경 관리

표 69. 농가별 시설환경 관리 현황

농가	광량 관리	온도 관리	습도 관리	CO <sub>2</sub> 관리	병충해 관리
OS	차광막, 보광등	측창, 천창, 전기히터, 에어컨, 백열등	측창, 천창, 환기팬, 제습기	- CO <sub>2</sub> 시비: 11~4월, 08:00~09:30, 16:00~17:00 - 환기	흰가루병: 엽면살포(방제기)
KB	차광막, 보광등	측창, 천창, 전기히터, 포그시스템, 고압나트륨)	포그시스템, 측창, 천창, 환기팬	- CO <sub>2</sub> 시비: 11~4월, 08:00~11:00 - 농도: 800~1200ppm - 환기	흰가루병: 엽면살포(포그)
RF	차광막, 보광등	측창, 천창, 전기히터, 포그시스템 고압나트륨	포그시스템, 측창, 천창, 환기팬, 유동팬	- CO <sub>2</sub> 시비: 12~4월, 09:00~12:00 - 환기	갯빛곰팡이, 응애: 엽면살포(방제기, 오존살균기)

② 양액공급관리

표 70. 농가별 양액관리(관수량, EC, pH) 현황

농가	관수주기(관수량)	EC	pH
OS	토경재배, 점적관수	-	
KB	여름 15회/일(5ton)	급액: 1.4~1.6	급액: 6.0
	겨울 8회/일(3ton)	폐액: 2.0~2.5	폐액: 6.2
RF	여름 13 /일(5ton)	급액: 1.5	급액: 6.0
	겨울 9 /일(3ton)	폐액: 1.2	폐액: 6.0

(나) ICT 도입수준

표 71. 농가별 데이터 수집 방식 및 스마트온실 기술 조사

농가	데이터 수집방식	스마트온실 기술 구성		
		센서노드	제어노드	영상장비 복합환경시스템
OS	영농기록법, 데이터 다운방식	내부온도, 일사량, A천창, B천창, 습도, CO <sub>2</sub> , 우적	A커튼, B커튼, 차광1, 차광2 총 6채널	CCTV (주)다이시스
KB	데이터 다운 방식	내외부-온도, 습도, 풍향, 풍속, 우적, EC, 지온, pH	천창1(2채널), 천창2(2채널), 측창1(2채널), 측창2(2채널), 보온 커튼1(2채널), 보온커튼2(2채널), 차광막(2채널), 환기팬(1채널), 보광등(1채널), 총 16채널	CCTV (주)신한에이텍
RF	영농기록법	X	X	X -

(다) 영농작업

표 72. 농가별 수확 후 저장 관리 및 절화 수확량(2019년 1~9월)

농가	수확 후 저장관리	2019년도 절화수확량(출하량, t)														생산관리 이력*
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	총	평균	
OS	저온저장고 (3.5℃)	3	2	2	3	9	9	3	4	4	3	3	3	81	3	연중 주 3일 오전수확, 도소매장 유통
KB	저온저장고 (4℃) 예냉실	35	49	58	53	61	35	58	41	43	45	37	47	561	47	연중 주3일 오전 수확, 경매장, 공선장 유통
RF	저온저장고 (4℃) 예냉실	38	46	54	68	71	46	47	31	26	41	39	47	554	46	연중 매일 오전 수확, 경매장, 도소매장, 공선장
농가	수확 후 저장관리	2020년도 절화수확량(출하량, t)														생산관리 이력
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	총	평균	
OS	저온저장고 (3.5℃)	2	3	2	1	2	4	4	4	3	2	4	2	33	3	연중 주 3일 오전수확, 도소매장 유통
KB	저온저장고 (4℃) 예냉실	34	53	29	44	42	24	27	22	20	19	19	29	362	30	연중 주3일 오전 수확, 경매장, 공선장 유통
RF	저온저장고 (4℃) 예냉실	50	40	31	39	49	47	56	40	16	51	52	34	503	42	연중 매일 오전 수확, 경매장, 도소매장, 공선장

\*수확, 출하량, 저장기간, 생산성 DB화

(라) 수입지출회계

표 73. 농가별 수입 및 지출 회계(2019년 1~9월)

(단위: 천원)

농가	2019년도																											
	1월		2월		3월		4월		5월		6월		7월		8월		9월		10월		11월		12월		총		평균	
	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출
OS	18,99	1,74	15,28	1,40	14,08	1,30	79,03	34,97	20,64	1,90	13,09	1,23	10,87	1,06	15,24	1,42	22,52	2,03	18,72	1,70	18,27	1,24	28,48	2,57	52,50	4,38	20,16	4,38
KB	23,79	16,68	42,32	28,58	30,98	24,99	26,16	20,76	30,86	25,28	13,60	12,27	17,57	16,38	21,19	15,29	16,46	14,92	23,36	17,62	21,21	16,65	41,10	29,73	239,88	19,94	25,70	19,94
RF	38,94	28,37	50,61	37,23	42,77	38,12	46,67	44,85	55,65	47,92	29,77	28,24	22,82	24,82	16,14	16,60	12,23	12,98	28,38	24,30	27,27	24,11	52,85	42,72	370,16	30,88	35,30	30,88
농가	2020년도																											
	1월		2월		3월		4월		5월		6월		7월		8월		9월		10월		11월		12월		총		평균	
	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출	수입	지출
OS	17,42	1,55	14,76	1,37	12,44	1,17	6,72	630	17,89	1,61	21,19	1,97	19,23	1,75	25,42	2,31	20,35	1,81	11,22	1,03	25,79	2,37	16,69	1,50	209,15	19,18	17,46	1,59
KB	21,63	15,56	33,64	26,64	13,09	11,22	18,11	17,19	25,10	19,58	7,58	8,10	8,54	9,06	8,03	8,16	10,79	9,70	7,27	7,11	10,20	9,59	23,33	19,54	187,52	16,19	15,66	13,46
RF	38,01	35,45	28,01	25,43	18,15	18,22	21,77	22,91	40,47	36,16	26,44	29,37	31,12	33,16	21,47	23,21	24,74	23,90	32,54	33,19	43,33	39,15	32,13	26,85	358,38	34,70	29,88	28,93

(마) 연중 구축 DB, 절화수확량, 절화품질, 생산비용, 농가소득 간 요인분석

① 농가별 환경 데이터 분석

월적산광량은 자연광량의 증가에 따라 1~5월에 걸쳐 증가하다가 6~8월에는 차광에 의해 감소하고 9월부터 차광을 제거해 다시 증가하며, OS 온실은 298.69, 386.40, 524.87, 596.17, 792.64mol·m<sup>2</sup>·month<sup>-1</sup> KB 온실은 289.53, 384.06, 510.82, 553.7, 627.97mol·m<sup>2</sup>·month<sup>-1</sup>, RF 온실은 371.46, 495.70, 672.79, 685.08, 751.84mol·m<sup>2</sup>·month<sup>-1</sup>로 3농가 모두 1~5월의 평균 월적산광량이 점차 증가하는 경향을 보였다. 근권(토양) 온도는 3농가 모두 1~9월까지 증가하는 경향을 보였는데, 최고온기인 6, 7, 8월 동안 토경 방식인 OS 온실이 각 25.13℃, 24.75℃, 26.77℃로 다른 두 농가보다 3~4℃ 낮았다. 평균기온은 OS 온실에서 7, 8월 각각 23.27℃, 24.57℃로 다른 두 농가보다 약 1.5~2℃ 낮았으며 일교차 또한 OS 온실이 18.55, 18.39로 약 8℃도 낮았다. 상대습도(RH)는 3농가 모두 1~9월에 60~90% 범위에 들었는데, 그 중 5월의 RH는 세 농가가 각각 64.94%, 71.92%, 72.57%로 다른 시기에 비해 낮았다.

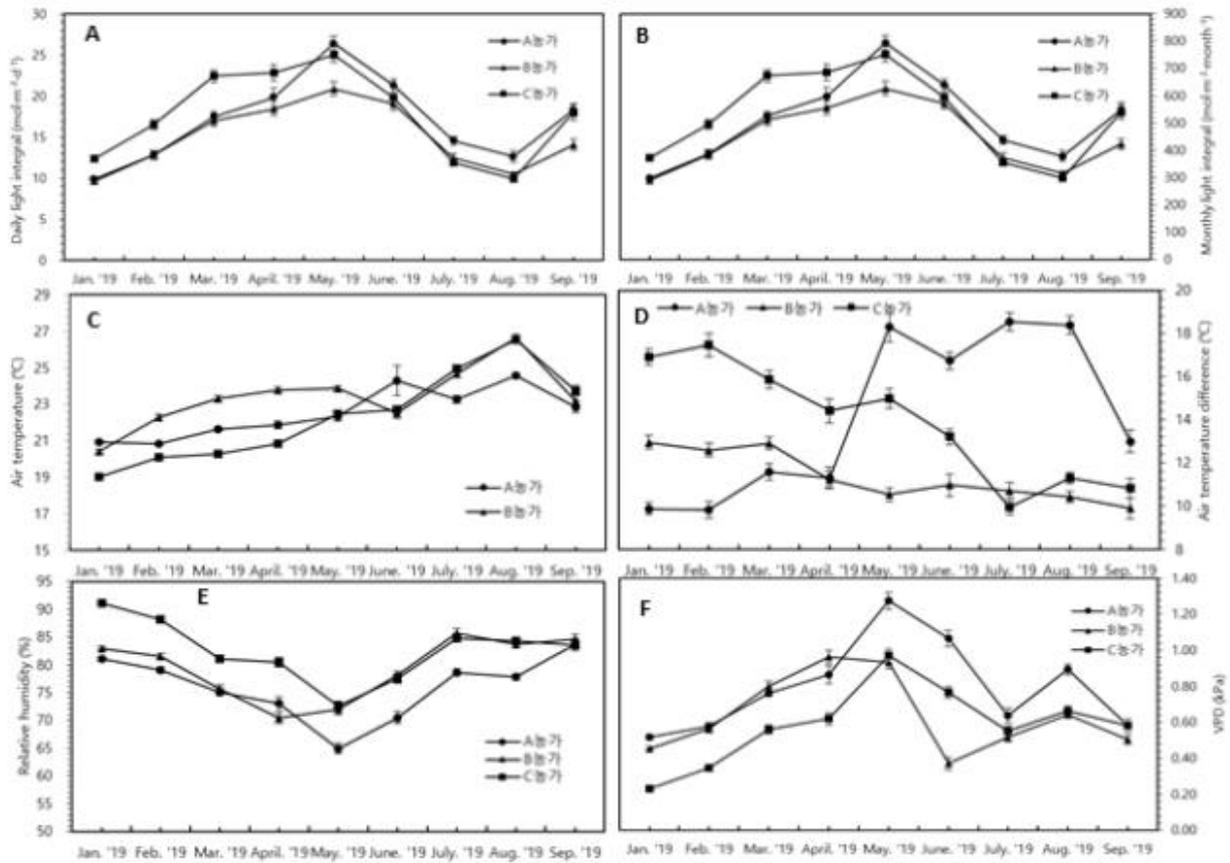


그림 106. 농가별 온실 내 환경 분석(스마트온실 2곳, 관행온실 1곳)

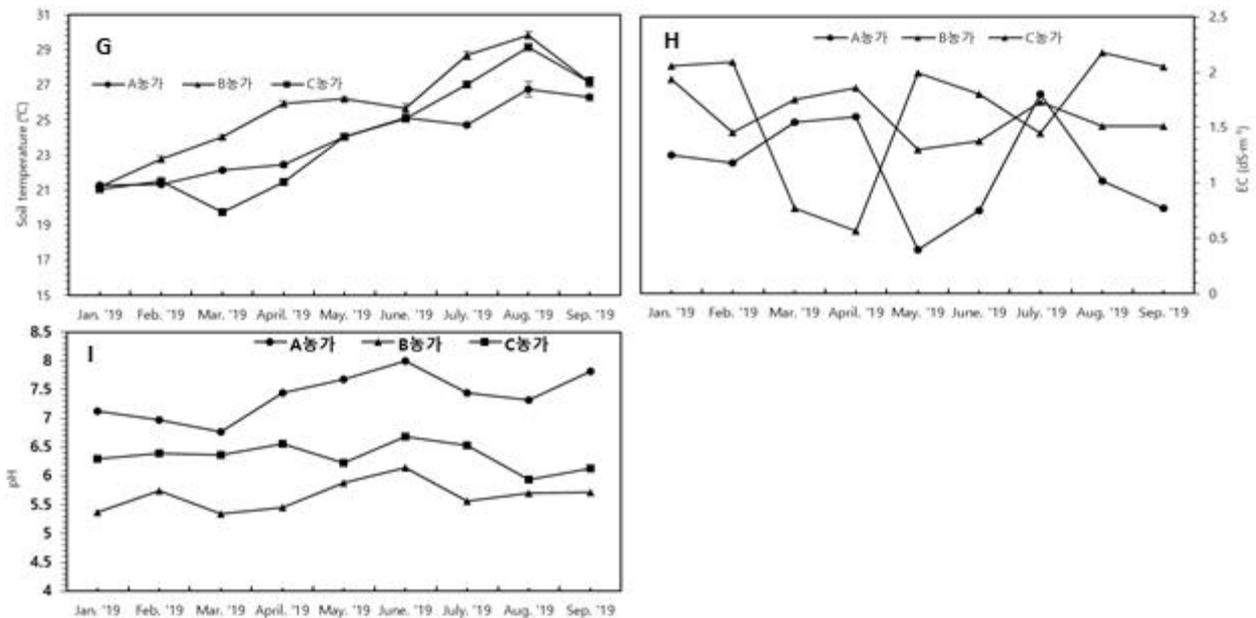


그림 107. 농가별 재배 온실 내 환경(2019년 1월~2019년 9월)

A: 일적산광량, B: 월적산광량, C: 월평균 기온, D: 월평균 기온의 일교차, E: 월평균 상대습도, F: 수증기압차(VPD), G: 토양(배지)온도, H: 월평균 EC, I: 월평균 pH

## (2) 농가별 절화장미 생육 품질 분석 및 비교

‘Victoria’, ‘Bubblegum’, ‘Charmant’ 품종을 재배하는 토경 방식의 스마트팜인 OS 온실은 절화장, 생체중이 ‘Victoria’에서 가장 높게 나타났으며, 1~3월 수치가 가장 높았다. SPAD 수치는 세 품종 모두 5월에 가장 높았고 엽수는 2월에, 특히 ‘Bubblegum’, ‘Charmant’가 특히 더 큰 수치를 보였다. 2월 중 ‘Victoria’에서 화폭이 크게 나타났으며, ‘Bubblegum’, ‘Charmant’는 엽수가 많았다. 절화수명은 품종에 따라 차이가 있었는데, ‘Victoria’와 ‘Bubblegum’ 품종의 절화수명은 2월에 가장 길었으며 ‘Charmant’ 품종은 다른 품종에 비해 수명이 상당히 길었고, 특히 5, 6월에 그 차이가 컸다. ‘Miss Holland’, ‘Grace’, ‘Baby Perfume’ 품종을 재배하는 배지경 양액재배 방식의 스마트팜인 KBA 온실에서는 ‘Grace’가 다른 두 품종에 비해 생체중, 엽개수, 꽃잎수가 컸으며, 생체중은 5월, 6월에, 꽃잎수는 6월에 컸다. ‘Miss Holland’는 다른 품종에 비해 절간장은 3, 4월에, 절화수명은 6월에 길었으며, ‘Baby Perfume’은 다른 품종에 비해 경경이 컸고, 8월 수치가 가장 낮았다. ‘Chocolat’, ‘Mango’, ‘Floyd’ 품종을 재배하는 배지경 양액재배 방식의 관행농가인 RF 온실에서는 ‘Mango’의 생체중이 가장 높았으며 ‘Floyd’는 1월엔 엽수가 가장 많았으나 8월에 생체중이 급격하게 감소하였다. 이 온실에서 재배한 장미들의 화폭, 화고는 세 품종 전부 2월에 가장 크고 8월에 가장 작았다.

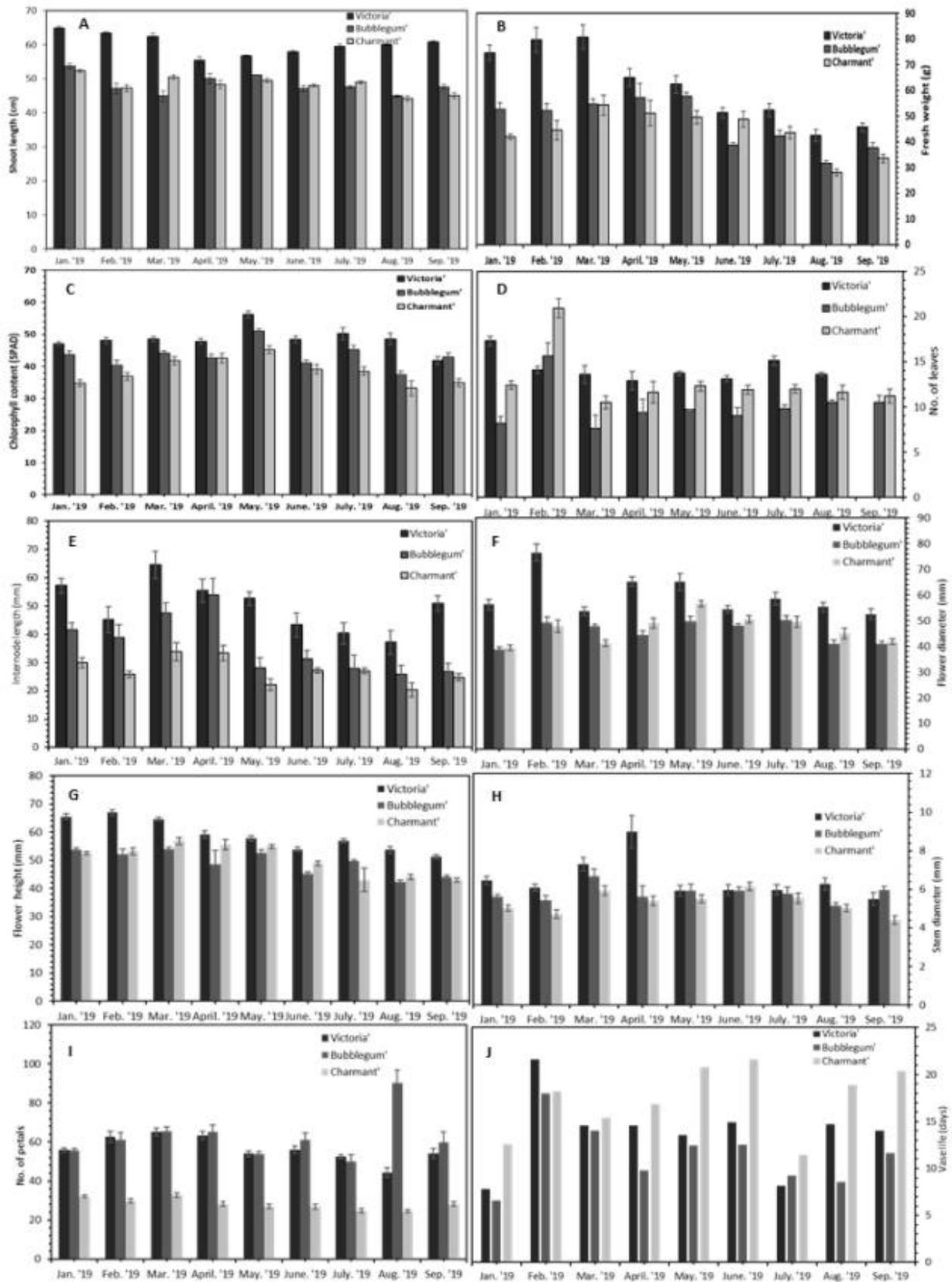


그림 108. 스마트팜 토경(OS 온실) 절화 장미 ‘Victoria’, ‘Bubblegum’, ‘Charmant’의 월별 생육 특성. A: 절화장, B: 생체중, C: 엽록소, D: 엽수, E: 절간장, F: 화경, G: 화고, H: 경경, I: 꽃잎수, J: 절화수명

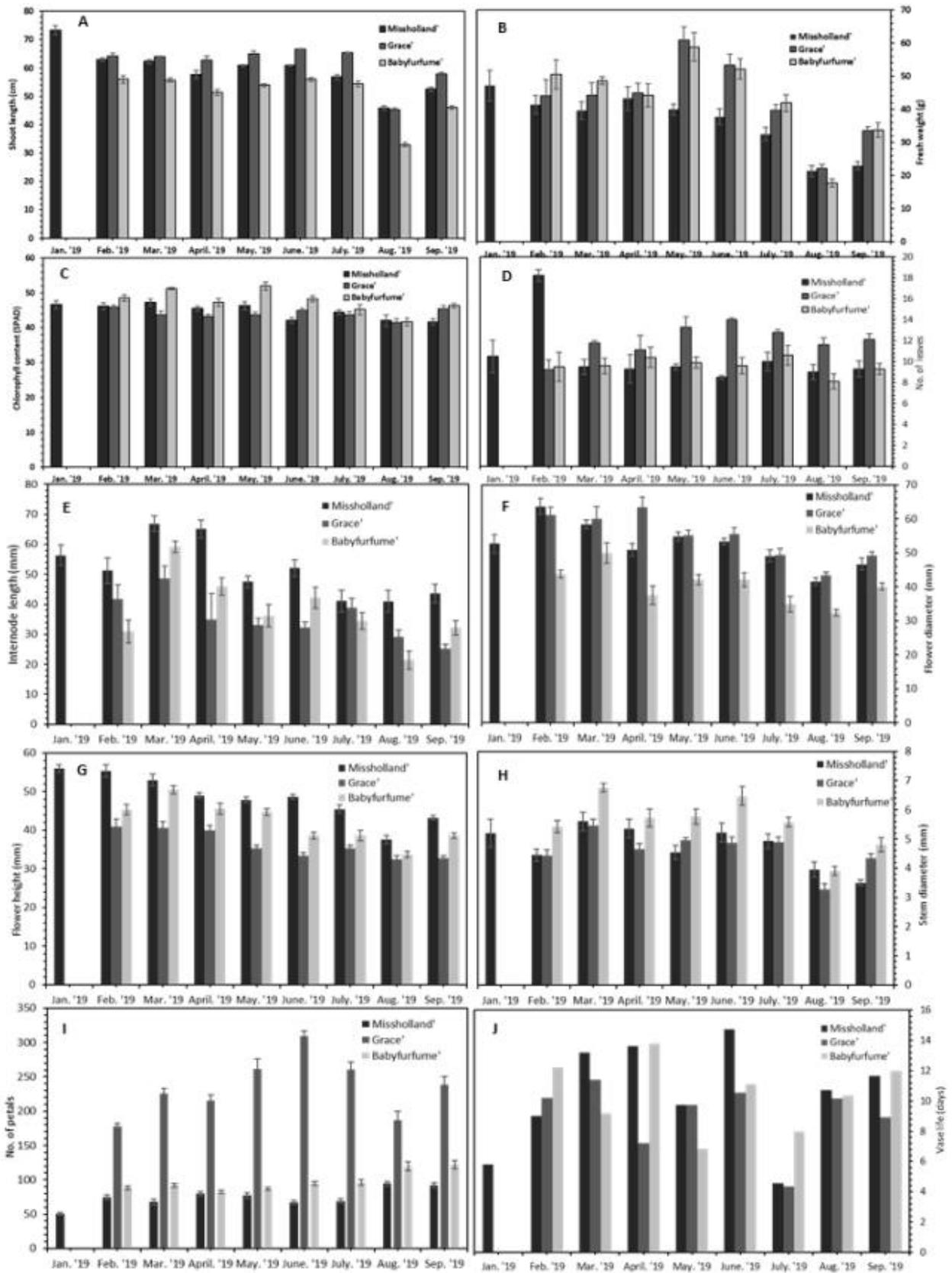


그림 109. 스마트팜 양액재배(KB 온실) 절화 장미 'Miss Holland', 'Grace', 'Baby Perfume'의 월별 생육 특성. A: 절화장, B: 생체중, C: 엽록소, D: 엽수, E: 절간장, F: 화경, G: 화고, H: 경경, I: 꽃잎수, J: 절화수명

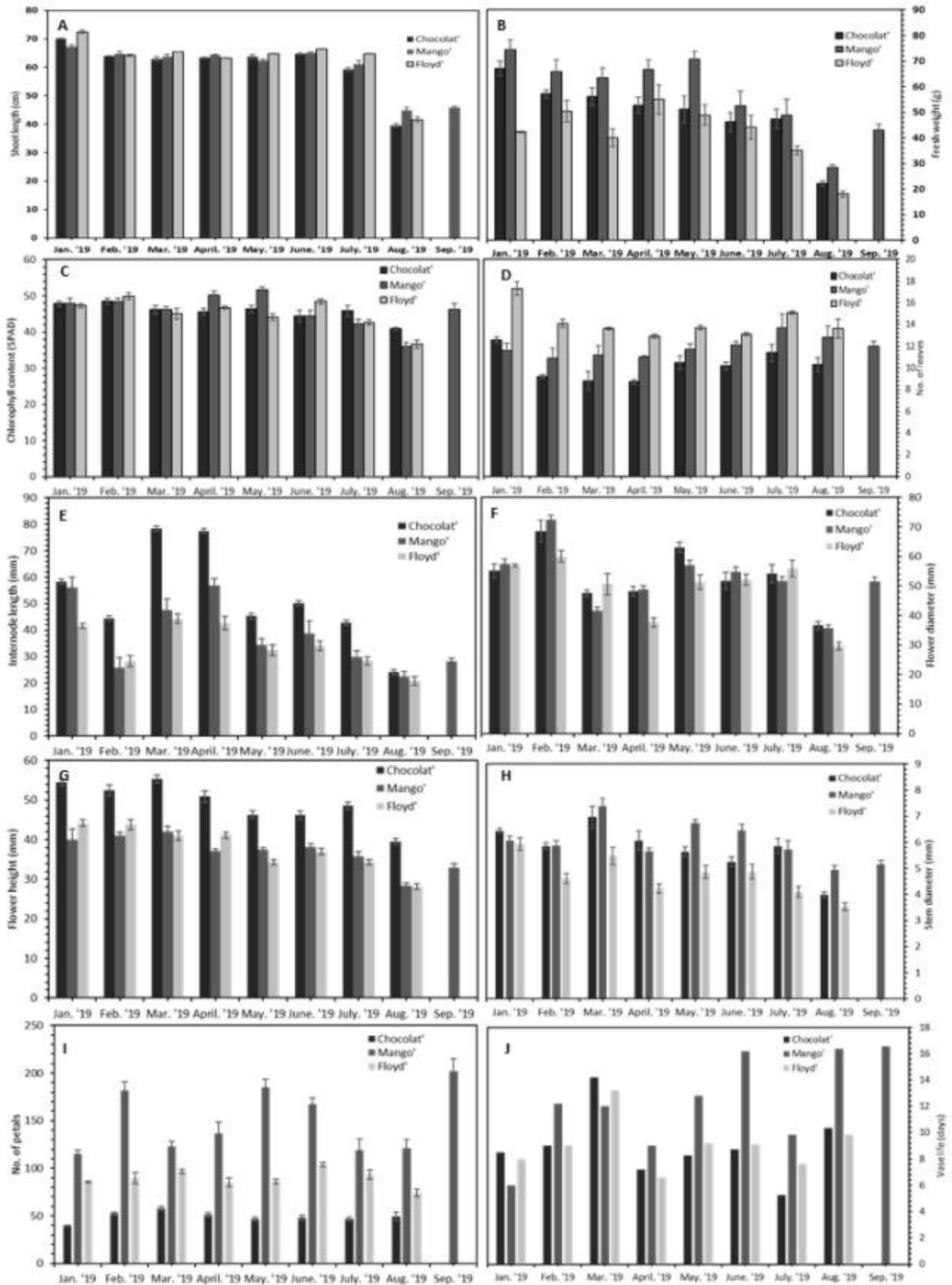


그림 110. 관행 양액재배(RF 온실) 절화 장미 'Chocolat', 'Mango', 'Floyd'의 월별 생육 특성. A: 절화장, B: 생체중, C: 엽록소, D: 엽수, E: 절간장, F: 화경, G: 화고, H: 경경, I: 꽃잎수, J: 절화수명

(3) 농가별 절화 생산량 분석 및 비교

(가) 농가별 총 절화출하량

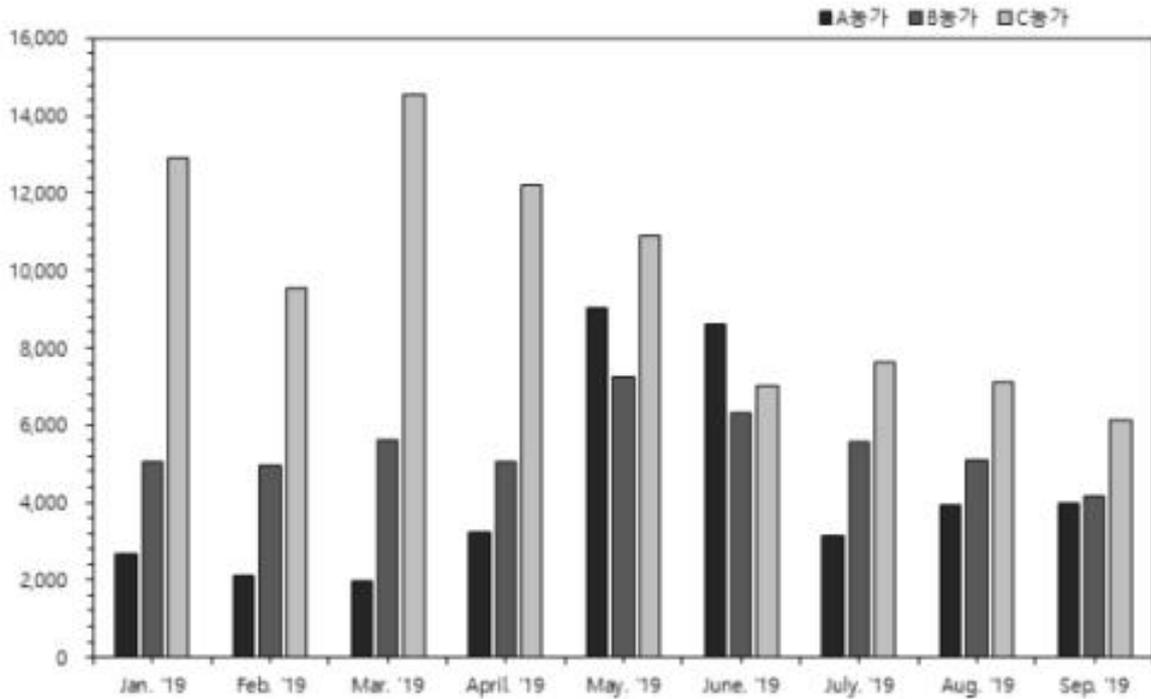


그림 111. A, B, RF 온실의 절화 전체 출하량

(나) 농가별 단위면적당(10a) 절화출하량

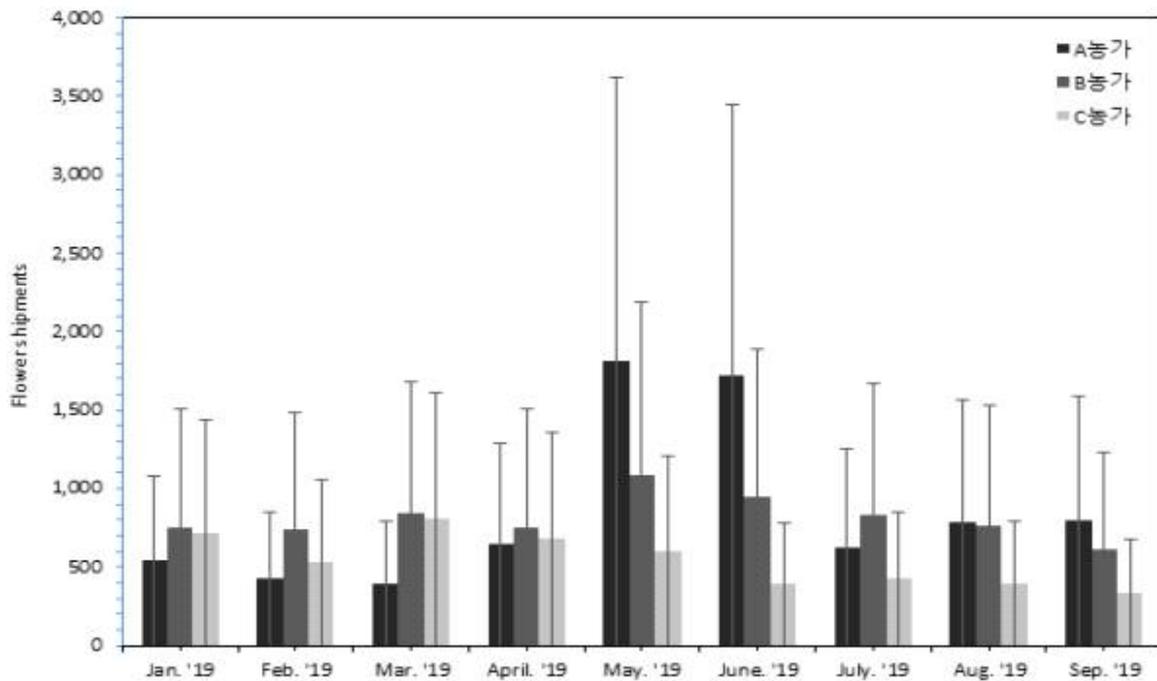


그림 112. A, B, RF 온실의 10a당 절화 출하량

#### (4) 절화장미 품종 별 절화장미 재배환경과 품질 상관성 분석

##### (가) 농가별 절화장미의 시설 재배환경과 생육 품질과의 상관관계 분석

OS 온실의 품종 중 'Victoria' 품종의 월적산광량은 절화장 간 음의 상관관계수인 -0.659, 배지 온도는 생체중과 음의 상관관계수 -0.783, 화고와 음의 상관관계수 -0.836, 꽃잎수와 음의 상관관계수 -0.553으로 나타났다. 월평균 기온은 생체중과 음의 상관관계수 -0.727, 화고와 음의 상관관계수 -0.758, 꽃잎수와 음의 상관관계수 -0.508이었다. 'Bubblegum' 품종에서는 배지온도는 화고, 절화수명과 각각 음의 상관관계수 -0.518, -0.546이었으며, 월평균 기온은 절화수명과 음의 상관관계수 -0.551이었다. 'Charmant' 품종의 월적산광량은 화경과 양의 상관관계수 0.512, 배지온도는 화고와 음의 상관관계수 -0.526, 월적산 상대습도는 화경과 음의 상관관계수 -0.574였다. KB 온실의 품종 중 'Miss Holland'에서 월적산광량은 절화수명과 양의 상관관계수 0.438, 배지온도는 절화장, 생체중, 화경, 화고와 각각 음의 상관관계수 -0.854, -0.582, -0.568, -0.832, 꽃잎수와는 양의 상관관계수 0.560로 나타났음. 월평균 상대습도는 절화수명과 음의 상관관계수 -0.484, 월평균 기온은 절화장과 생체중과 음의 상관관계수로 각각 -0.837, -0.506이었다. 'Grace' 품종은 월적산광량이 절화장, 생체중, 경경, 꽃잎수와 각각 양의 상관관계로 0.582, 0.659, 0.484, 0.466이었으며, 배지온도는 절화장, 화경, 화고와 음의 상관관계로 각각 -0.589, -0.610, -0.525였음. 월평균 상대습도는 생체중, 화경, 과 음의 상관관계수로 -0.513, -0.498, 월평균 기온은 절화장, 생체중, 화경, 경경과 각각 음의 상관관계수로 -0.724, -0.469, -0.499, -0.456이었다.

'Baby Perfume'에서는 월적산광량이 절화장, 생체중, SPAD, 경경과 각각 양의 상관관계수 0.529, 0.605, 0.555, 0.543이었음; 배지온도는 절화장, 생체중, SPAD, 절간장, 화경, 화고, 경경과 각각 상관관계수 -0.679, -0.568, -0.533, -0.610, -0.558, -0.679, -0.499로 음의 상관관계였음; 월평균 상대습도는 생체중, SPAD와 -0.467, -0.470로 음의 상관관계수, 꽃잎수와 0.547 양의 상관관계였음; 월평균 기온은 절화장, 생체중, SPAD, 절간장, 화경, 화고, 경경과 음의 상관관계로 각각 -0.753, -0.590, -0.487, -0.594, -0.482, -0.469, -0.513이었다. RF 온실의 품종 중 'Chocolat' 품종은 월적산광량과 절간장간 양의 상관관계수 0.542, 배지온도와 절간장, 생체중, 절간장, 화고, 경경이 각각 -0.750, -0.661, -0.631, -0.763, -0.635로 음의 상관관계였음; 월평균 기온과 절화장, 생체중, SPAD, 절간장, 화고, 경경은 모두 음의 상관관계로 -0.816, -0.701, -0.461, -0.556, -0.744, -0.590로 음의 상관관계수였다.

'Mango' 품종은 월적산광량과 SPAD, 경경은 각각 양의 상관관계수로 0.560, 0.462였으며, 배지 온도와 절화장, 생체중, SPAD, 절간장, 화고, 경경 간에 모두 음의 상관관계수 -0.754, -0.659, -0.543, -0.526, -0.653, -0.493이었음; 월평균 기온도 절화장, 생체중, SPAD, 절간장, 화경, 화고와 모두 음의 상관관계로 계수가 각각 -0.731, -0.671, -0.527, -0.474, -0.641이었다. 'Floyd' 품종의 월적산광량은 생체중과 0.499 양의 상관관계, 절간장과 0.660 양의 상관관계였음; 배지온도는 절화장, 생체중, SPAD, 절간장, 화고와 음의 상관관계로 각각 -0.683, -0.507, -0.601, -0.502, -0.816이었음; 월평균 상대습도는 엽수와 양의 상관관계 0.451, 월평균 기온과 절화장, 생체중, SPAD, 절간장, 화고, 경경 간 음의 상관관계로 나타났으며 각각 상관관계수는 -0.747, -0.519, -0.668, -0.455, -0.855, -0.572이었다.

표 74. 조사기간(2019년 1월~2019년 9월) 시설 내 절화장미 재배환경과 'Victoria' 품질 상관성 분석

	MT <sub>mean</sub>	RH <sub>mean</sub>	AT <sub>mean</sub>	SL	FW	SPAD	No. of L	Internode L	FD	FH	L	a	b	SD	No. of P	VL
Light <sup>integrated</sup>	.230 <sup>*</sup>	-.800 <sup>***</sup>	.208 <sup>*</sup>	-.659 <sup>***</sup>	-0.136	.314 <sup>**</sup>	-0.183	-.269 <sup>*</sup>	0.020	-.342 <sup>***</sup>	-.298 <sup>**</sup>	-0.202	0.067	-0.123	0.099	-0.127
MT <sub>mean</sub>		0.025	.906 <sup>***</sup>	-.343 <sup>***</sup>	-.783 <sup>***</sup>	-0.083	-0.143	-.239 <sup>*</sup>	-.381 <sup>***</sup>	-.836 <sup>***</sup>	0.116	-.486 <sup>***</sup>	.336 <sup>***</sup>	-.251 <sup>*</sup>	-.553 <sup>***</sup>	-.347 <sup>***</sup>
RH <sub>mean</sub>			-0.156	.593 <sup>***</sup>	-0.051	-.557 <sup>***</sup>	0.032	.318 <sup>**</sup>	-0.150	0.057	.271 <sup>**</sup>	0.046	0.121	-0.030	-0.081	0.011
AT <sub>mean</sub>				-.409 <sup>***</sup>	-.727 <sup>***</sup>	0.017	-0.039	-.327 <sup>***</sup>	-.380 <sup>***</sup>	-.758 <sup>***</sup>	0.101	-.429 <sup>***</sup>	.267 <sup>*</sup>	-0.163	-.508 <sup>***</sup>	-.320 <sup>***</sup>
SL					.408 <sup>**</sup>	-.211 <sup>*</sup>	0.123	.420 <sup>**</sup>	-0.046	.428 <sup>**</sup>	.214 <sup>*</sup>	0.156	0.001	.223 <sup>*</sup>	0.042	.266 <sup>*</sup>
FW						.287 <sup>**</sup>	0.202	0.206	.418 <sup>**</sup>	.814 <sup>**</sup>	-0.107	.327 <sup>**</sup>	-0.206	.603 <sup>**</sup>	.485 <sup>**</sup>	.366 <sup>**</sup>
SPAD							0.035	-0.029	.293 <sup>**</sup>	0.205	-.231 <sup>*</sup>	-0.046	-0.112	.314 <sup>**</sup>	-0.076	-0.023
No. of L								-0.167	-0.040	0.163	-0.196	0.144	-0.118	0.164	-0.140	0.064
Internode L									-0.045	0.200	0.068	0.190	-0.099	0.077	0.194	0.064
FD										.423 <sup>**</sup>	-0.098	0.170	-0.201	0.038	.240 <sup>*</sup>	.424 <sup>**</sup>
FH											-0.034	.286 <sup>**</sup>	-0.194	.460 <sup>**</sup>	.444 <sup>**</sup>	.335 <sup>**</sup>
L												0.191	-0.116	0.073	-0.027	-0.149
a													-.877 <sup>***</sup>	-0.001	0.175	0.070
b														0.018	-0.100	-0.019
SD															.247 <sup>*</sup>	0.117
No. of P																0.096

Light<sup>integrated</sup>: 월적산 광(mol·m<sup>-2</sup>·month<sup>-1</sup>); MT<sub>mean</sub>: 월평균 배지 온도(°C); RH<sub>mean</sub>: 월평균 상대습도(%); AT<sub>mean</sub>: 월평균 기온(°C); SL: 월평균 절화길이(cm); FW: 월평균 절화생체중(g); SPAD: 월평균 엽록소수치; No. of L: 월평균 엽수; Internode L: 월평균 절간길이; FD: 월평균 화폭(mm); FH: 월평균 화고(mm); SD: 경경(mm); No. of P: 월평균 꽃잎 수(장); VL: 절화수명(일수)

표 75. 시설 내 장미 'Bubble Gum'의 재배 환경과 절화품질의 상관성 분석(조사기간: 2019. 1월~9월)

	MT <sub>mean</sub>	RH <sub>mean</sub>	AT <sub>mean</sub>	SL	FW	SPAD	No. of L	Internode L	FD	FH	L	a	b	SD	No. of P	VL
Light <sup>integrated</sup>	.230 <sup>*</sup>	-.800 <sup>***</sup>	.208 <sup>*</sup>	0.033	0.196	.411 <sup>**</sup>	.219 <sup>*</sup>	-0.156	.312 <sup>**</sup>	-0.023	0.050	0.173	-0.175	0.179	-0.174	-0.033
MT <sub>mean</sub>		0.025	.906 <sup>***</sup>	-.291 <sup>***</sup>	-.621 <sup>***</sup>	-0.127	.564 <sup>***</sup>	-.482 <sup>***</sup>	-0.097	-.518 <sup>***</sup>	0.127	0.156	0.150	-0.064	.257 <sup>*</sup>	-.546 <sup>***</sup>
RH <sub>mean</sub>			-0.156	-0.077	-.296 <sup>***</sup>	-.345 <sup>***</sup>	-0.040	0.031	-.375 <sup>***</sup>	-0.109	-0.039	0.018	.331 <sup>**</sup>	-0.096	0.068	0.001
AT <sub>mean</sub>				-.328 <sup>***</sup>	-.609 <sup>***</sup>	-0.205	.471 <sup>**</sup>	-.398 <sup>***</sup>	-0.006	-.498 <sup>***</sup>	0.204	0.130	0.063	-0.068	.301 <sup>**</sup>	-.551 <sup>***</sup>
SL					.493 <sup>**</sup>	.274 <sup>**</sup>	0.071	0.090	-0.178	0.071	-.259 <sup>*</sup>	-.310 <sup>**</sup>	-0.009	.225 <sup>*</sup>	-0.180	-0.086
FW						.414 <sup>**</sup>	-0.180	.233 <sup>*</sup>	.273 <sup>**</sup>	.314 <sup>**</sup>	-0.017	-0.150	-0.063	.569 <sup>**</sup>	-0.176	.310 <sup>**</sup>
SPAD							0.019	-0.033	.249 <sup>*</sup>	.295 <sup>**</sup>	-0.097	-0.116	-.219 <sup>*</sup>	.234 <sup>*</sup>	-.378 <sup>***</sup>	-0.059
No. of L								-.372 <sup>***</sup>	-0.128	-.244 <sup>*</sup>	0.067	.209 <sup>*</sup>	0.142	-0.018	0.058	-.471 <sup>***</sup>
Internode L									0.033	.222 <sup>*</sup>	-0.079	0.012	-0.028	-0.043	0.054	0.130
FD										0.037	0.166	0.207	-0.173	.212 <sup>*</sup>	-0.143	.273 <sup>*</sup>
FH											-0.206	-0.150	-.231 <sup>*</sup>	0.010	-.241 <sup>*</sup>	.247 <sup>*</sup>
L												.398 <sup>**</sup>	0.010	0.155	0.168	-0.006
a													.330 <sup>**</sup>	-0.044	0.019	-0.068
b														0.180	0.086	0.121
SD															-0.011	0.167
No. of P																-0.168

Light<sup>integrated</sup>: 월적산 광(mol·m<sup>-2</sup>·month<sup>-1</sup>); MT<sub>mean</sub>: 월평균 배지 온도(°C); RH<sub>mean</sub>: 월평균 상대습도(%); AT<sub>mean</sub>: 월평균 기온(°C); SL: 월평균 절화길이(cm); FW: 월평균 절화생체중(g); SPAD: 월평균 엽록소수치; No. of L: 월평균 엽수; Internode L: 월평균 절간장; FD: 월평균 화폭(mm); FH: 월평균 화고(mm); SD: 경경(mm); No. of P: 월평균 꽃잎 수(장); VL: 절화수명(일수)

표 76. 시설 내 장미 'Charmant'의 재배 환경과 절화품질의 상관성 분석(조사기간: 2019. 1월~9월)

	MT <sub>mean</sub>	RH <sub>mean</sub>	AT <sub>mean</sub>	SL	FW	SPAD	No. of L	Internode L	FD	FH	L	a	b	SD	No. of P	VL
Light <sub>integrated</sub>	0.037	-0.842 <sup>***</sup>	0.021	0.023	0.198	0.069	-0.060	0.380 <sup>***</sup>	0.222 <sup>***</sup>	0.064	-0.178	0.179	-0.084	0.195	0.044	0.438 <sup>***</sup>
MT <sub>mean</sub>		0.177	0.911 <sup>***</sup>	-0.854 <sup>***</sup>	-0.582 <sup>***</sup>	-0.365 <sup>***</sup>	0.025	-0.403 <sup>***</sup>	-0.568 <sup>***</sup>	-0.832 <sup>***</sup>	0.182	-0.249 <sup>***</sup>	0.016	-0.269 <sup>***</sup>	0.560 <sup>***</sup>	-0.273 <sup>***</sup>
RH <sub>mean</sub>			0.030	-0.167	-0.379 <sup>***</sup>	-0.246 <sup>***</sup>	0.026	-0.393 <sup>***</sup>	-0.258 <sup>***</sup>	-0.225 <sup>***</sup>	0.188	-0.156	0.095	-0.300 <sup>***</sup>	0.034	-0.484 <sup>***</sup>
AT <sub>mean</sub>				-0.837 <sup>***</sup>	-0.506 <sup>***</sup>	-0.226 <sup>***</sup>	0.002	-0.330 <sup>***</sup>	-0.448 <sup>***</sup>	-0.742 <sup>***</sup>	0.245 <sup>***</sup>	-0.280 <sup>***</sup>	0.002	-0.212 <sup>***</sup>	0.571 <sup>***</sup>	-0.203 <sup>***</sup>
SL					0.668 <sup>***</sup>	0.405 <sup>***</sup>	0.183	0.313 <sup>***</sup>	0.494 <sup>***</sup>	0.785 <sup>***</sup>	-0.273 <sup>***</sup>	0.271 <sup>***</sup>	-0.140	0.402 <sup>***</sup>	-0.670 <sup>***</sup>	0.130
PW						0.605 <sup>***</sup>	0.238 <sup>***</sup>	0.231 <sup>***</sup>	0.504 <sup>***</sup>	0.788 <sup>***</sup>	-0.241 <sup>***</sup>	0.262 <sup>***</sup>	-0.191	0.796 <sup>***</sup>	-0.341 <sup>***</sup>	0.196
SPAD							0.090	0.160	0.285 <sup>***</sup>	0.519 <sup>***</sup>	-0.199	0.087	-0.270 <sup>***</sup>	0.519 <sup>***</sup>	-0.203 <sup>***</sup>	-0.044
No. of L								-0.365 <sup>***</sup>	0.031	0.034	-0.016	-0.085	-0.105	0.239 <sup>***</sup>	-0.040	-0.230 <sup>***</sup>
Internode L									0.347 <sup>***</sup>	0.338 <sup>***</sup>	-0.090	0.181	0.032	0.179	-0.307 <sup>***</sup>	0.219
FD										0.643 <sup>***</sup>	0.032	0.401 <sup>***</sup>	-0.124	0.306 <sup>***</sup>	-0.255 <sup>***</sup>	0.058
FH											-0.202	0.341 <sup>***</sup>	-0.115	0.536 <sup>***</sup>	-0.468 <sup>***</sup>	0.146
L												0.036	0.226 <sup>***</sup>	-0.166	0.140	-0.005
a													-0.460 <sup>***</sup>	0.180	-0.296 <sup>***</sup>	0.277 <sup>***</sup>
b														-0.204	0.146	0.053
SD															-0.276 <sup>***</sup>	0.238 <sup>***</sup>
No. of P																-0.189

Light<sub>integrated</sub>: 월적산 광(mol·m<sup>-2</sup>·month<sup>-1</sup>); MT<sub>mean</sub>: 월평균 배지 온도(°C); RH<sub>mean</sub>: 월평균 상대습도(%); AT<sub>mean</sub>: 월평균 기온(°C); SL: 월평균 절화길이(cm); FW: 월평균 절화생체중(g); SPAD: 월평균 엽록소수치; No. of L: 월평균 엽수; Internode L: 월평균 절간길이; FD: 월평균 화폭(mm); FH: 월평균 화고(mm); SD: 경경(mm); No. of P: 월평균 꽃잎 수(장); VL: 절화수명(일수)

표 77. 시설 내 장미 'Miss Holland'의 재배 환경과 절화품질의 상관성 분석(조사기간: 2019. 1월~9월)

	MT <sub>mean</sub>	RH <sub>mean</sub>	AT <sub>mean</sub>	SL	FW	SPAD	No. of L	Internode L	FD	FH	L	a	b	SD	No. of P	VL
Light <sub>integrated</sub>	0.037	-0.842 <sup>***</sup>	0.021	0.582 <sup>***</sup>	0.659 <sup>***</sup>	0.064	0.301 <sup>***</sup>	-0.082	0.404 <sup>***</sup>	0.122	-0.232 <sup>***</sup>	0.082	0.044	0.484 <sup>***</sup>	0.466 <sup>***</sup>	0.158
MT <sub>mean</sub>		0.177	0.911 <sup>***</sup>	-0.589 <sup>***</sup>	-0.421 <sup>***</sup>	-0.299 <sup>***</sup>	0.263 <sup>***</sup>	-0.388 <sup>***</sup>	-0.610 <sup>***</sup>	-0.525 <sup>***</sup>	0.343 <sup>***</sup>	-0.316 <sup>***</sup>	0.155	-0.410 <sup>***</sup>	0.084	-0.361 <sup>***</sup>
RH <sub>mean</sub>			0.030	-0.371 <sup>***</sup>	-0.513 <sup>***</sup>	0.059	-0.060	0.054	-0.498 <sup>***</sup>	-0.321 <sup>***</sup>	0.224 <sup>***</sup>	-0.381 <sup>***</sup>	0.276 <sup>***</sup>	-0.341 <sup>***</sup>	-0.110	-0.176
AT <sub>mean</sub>				-0.724 <sup>***</sup>	-0.469 <sup>***</sup>	-0.406 <sup>***</sup>	0.064	-0.264 <sup>***</sup>	-0.499 <sup>***</sup>	-0.301 <sup>***</sup>	0.361 <sup>***</sup>	0.007	-0.165	-0.456 <sup>***</sup>	-0.225 <sup>***</sup>	-0.200
SL					0.681 <sup>***</sup>	0.327 <sup>***</sup>	0.209	0.138	0.483 <sup>***</sup>	0.330 <sup>***</sup>	-0.398 <sup>***</sup>	0.018	0.160	0.687 <sup>***</sup>	0.406 <sup>***</sup>	-0.139
FW						0.445 <sup>***</sup>	0.431 <sup>***</sup>	-0.014	0.507 <sup>***</sup>	0.347 <sup>***</sup>	-0.301 <sup>***</sup>	0.008	0.168	0.679 <sup>***</sup>	0.450 <sup>***</sup>	0.017
SPAD							0.088	0.063	0.379 <sup>***</sup>	0.240 <sup>***</sup>	-0.216	-0.171	0.239 <sup>***</sup>	0.394 <sup>***</sup>	0.192	-0.023
No. of L								-0.357 <sup>***</sup>	-0.096	-0.283 <sup>***</sup>	0.118	-0.325 <sup>***</sup>	0.295 <sup>***</sup>	0.177	0.531 <sup>***</sup>	-0.062
Internode L									0.077	0.097	-0.094	0.083	-0.038	0.031	-0.159	0.034
FD										0.616 <sup>***</sup>	-0.242 <sup>***</sup>	0.308 <sup>***</sup>	-0.178	0.532 <sup>***</sup>	0.014	0.081
FH											-0.218	0.538 <sup>***</sup>	-0.468 <sup>***</sup>	0.436 <sup>***</sup>	-0.242 <sup>***</sup>	0.021
L												-0.260 <sup>***</sup>	-0.093	-0.311 <sup>***</sup>	0.024	0.140
a													-0.840 <sup>***</sup>	0.079	-0.413 <sup>***</sup>	0.098
b														0.122	0.446 <sup>***</sup>	-0.077
SD															0.367 <sup>***</sup>	-0.030
No. of P																-0.076

Light<sub>integrated</sub>: 월적산 광(mol·m<sup>-2</sup>·month<sup>-1</sup>); MT<sub>mean</sub>: 월평균 배지 온도(°C); RH<sub>mean</sub>: 월평균 상대습도(%); AT<sub>mean</sub>: 월평균 기온(°C); SL: 월평균 절화길이(cm); FW: 월평균 절화생체중(g); SPAD: 월평균 엽록소수치; No. of L: 월평균 엽수; Internode L: 월평균 절간길이; FD: 월평균 화폭(mm); FH: 월평균 화고(mm); SD: 경경(mm); No. of P: 월평균 꽃잎 수(장); VL: 절화수명(일수)

표 78. 시설 내 장미 'Grace'의 재배 환경과 절화품질의 상관성 분석(조사기간: 2019. 1월~9월)

	MT <sub>mean</sub>	RH <sub>mean</sub>	AT <sub>mean</sub>	SL	FW	SPAD	No. of L	Internode L	FD	FH	L	a	b	SD	No. of P	VL
Light <sub>integrated</sub>	0.037	-0.842 <sup>**</sup>	0.021	.582 <sup>**</sup>	.659 <sup>**</sup>	0.064	.301 <sup>**</sup>	-0.082	.404 <sup>**</sup>	0.122	-.232 <sup>*</sup>	0.082	0.044	.484 <sup>**</sup>	.466 <sup>**</sup>	0.158
MT <sub>mean</sub>		0.177	.911 <sup>**</sup>	-.589 <sup>**</sup>	-.421 <sup>**</sup>	-.299 <sup>**</sup>	.263 <sup>**</sup>	-.388 <sup>**</sup>	-.610 <sup>**</sup>	-.525 <sup>**</sup>	.343 <sup>**</sup>	-.316 <sup>**</sup>	0.155	-.410 <sup>**</sup>	0.084	-.361 <sup>**</sup>
RH <sub>mean</sub>			0.030	-.371 <sup>**</sup>	-.513 <sup>**</sup>	0.059	-0.060	0.054	-.498 <sup>**</sup>	-.321 <sup>**</sup>	.224 <sup>**</sup>	-.381 <sup>**</sup>	.276 <sup>**</sup>	-.341 <sup>**</sup>	-0.110	-0.176
AT <sub>mean</sub>				-.724 <sup>**</sup>	-.469 <sup>**</sup>	-.406 <sup>**</sup>	0.064	-.264 <sup>**</sup>	-.499 <sup>**</sup>	-.301 <sup>**</sup>	.361 <sup>**</sup>	0.007	-0.165	-.456 <sup>**</sup>	-.225 <sup>**</sup>	-0.200
SL					.681 <sup>**</sup>	.327 <sup>**</sup>	0.209	0.138	.483 <sup>**</sup>	.330 <sup>**</sup>	-.398 <sup>**</sup>	0.018	0.160	.687 <sup>**</sup>	.406 <sup>**</sup>	-0.139
FW						.445 <sup>**</sup>	.431 <sup>**</sup>	-0.014	.507 <sup>**</sup>	.347 <sup>**</sup>	-.301 <sup>**</sup>	0.008	0.168	.679 <sup>**</sup>	.450 <sup>**</sup>	0.017
SPAD							0.088	0.063	.379 <sup>**</sup>	.240 <sup>**</sup>	-0.216	-0.171	.239 <sup>**</sup>	.394 <sup>**</sup>	0.192	-0.023
No. of L								-.357 <sup>**</sup>	-0.096	-.283 <sup>**</sup>	0.118	-.325 <sup>**</sup>	.295 <sup>**</sup>	0.177	.531 <sup>**</sup>	-0.062
Internode L									0.077	0.097	-0.094	0.083	-0.038	0.031	-0.159	0.034
FD										.616 <sup>**</sup>	-.242 <sup>**</sup>	.308 <sup>**</sup>	-0.178	.532 <sup>**</sup>	0.014	0.081
FH											-.0218	.538 <sup>**</sup>	-.468 <sup>**</sup>	.436 <sup>**</sup>	-.242 <sup>**</sup>	0.021
L												-.260 <sup>**</sup>	-0.093	-.311 <sup>**</sup>	0.024	0.140
a													-.840 <sup>**</sup>	0.079	-.413 <sup>**</sup>	0.098
b														0.122	.446 <sup>**</sup>	-0.077
SD															.367 <sup>**</sup>	-0.030
No. of P																-0.076

Light<sub>integrated</sub>: 월적산 광(mol·m<sup>-2</sup>·month<sup>-1</sup>); MT<sub>mean</sub>: 월평균 배지 온도(°C); RH<sub>mean</sub>: 월평균 상대습도(%); AT<sub>mean</sub>: 월평균 기온(°C); SL: 월평균 절화길이(cm); FW: 월평균 절화생체중(g); SPAD: 월평균 엽록소수치; No. of L: 월평균 엽수; Internode L: 월평균 절간길이; FD: 월평균 화폭(mm); FH: 월평균 화고(mm); SD: 경경(mm); No. of P: 월평균 꽃잎 수(장); VL: 절화수명(일수)

표 79. 시설 내 장미 'Baby Perfume'의 재배 환경과 절화품질의 상관성 분석(조사기간: 2019. 1월~9월)

	MT <sub>mean</sub>	RH <sub>mean</sub>	AT <sub>mean</sub>	SL	FW	SPAD	No. of L	Internode L	FD	FH	L	a	b	SD	No. of P	VL
Light <sub>integrated</sub>	0.037	-0.842 <sup>**</sup>	0.021	.529 <sup>**</sup>	.605 <sup>**</sup>	.555 <sup>**</sup>	0.215	.385 <sup>**</sup>	.319 <sup>**</sup>	.443 <sup>**</sup>	-0.193	-0.185	-.232 <sup>*</sup>	.543 <sup>**</sup>	-.473 <sup>**</sup>	-0.077
MT <sub>mean</sub>		0.177	.911 <sup>**</sup>	-.679 <sup>**</sup>	-.568 <sup>**</sup>	-.533 <sup>**</sup>	-0.119	-.610 <sup>**</sup>	-.558 <sup>**</sup>	-.679 <sup>**</sup>	0.033	.252 <sup>**</sup>	0.113	-.499 <sup>**</sup>	.470 <sup>**</sup>	-0.203
RH <sub>mean</sub>			0.030	-.353 <sup>**</sup>	-.467 <sup>**</sup>	-.470 <sup>**</sup>	-0.169	-.267 <sup>**</sup>	-.257 <sup>**</sup>	-.557 <sup>**</sup>	0.086	.385 <sup>**</sup>	.428 <sup>**</sup>	-.419 <sup>**</sup>	.547 <sup>**</sup>	-0.041
AT <sub>mean</sub>				-.753 <sup>**</sup>	-.590 <sup>**</sup>	-.487 <sup>**</sup>	-0.192	-.594 <sup>**</sup>	-.482 <sup>**</sup>	-.469 <sup>**</sup>	0.197	0.029	-0.053	-.513 <sup>**</sup>	.350 <sup>**</sup>	-.234 <sup>*</sup>
SL					.799 <sup>**</sup>	.551 <sup>**</sup>	.466 <sup>**</sup>	.525 <sup>**</sup>	.427 <sup>**</sup>	.594 <sup>**</sup>	-0.207	-0.042	0.051	.710 <sup>**</sup>	-.539 <sup>**</sup>	-0.094
FW						.731 <sup>**</sup>	.466 <sup>**</sup>	.382 <sup>**</sup>	.381 <sup>**</sup>	.603 <sup>**</sup>	-0.208	-0.094	0.032	.809 <sup>**</sup>	-.498 <sup>**</sup>	-0.102
SPAD							0.136	.403 <sup>**</sup>	.395 <sup>**</sup>	.573 <sup>**</sup>	-0.055	-.240 <sup>**</sup>	-0.055	.628 <sup>**</sup>	-.347 <sup>**</sup>	-0.120
No. of L								-0.150	0.017	.263 <sup>*</sup>	-0.176	-0.049	0.008	.321 <sup>**</sup>	-.303 <sup>**</sup>	-0.100
Internode L									.518 <sup>**</sup>	.428 <sup>**</sup>	0.028	-0.015	0.153	.491 <sup>**</sup>	-.286 <sup>*</sup>	0.085
FD										.596 <sup>**</sup>	.265 <sup>**</sup>	-.272 <sup>**</sup>	-.249 <sup>**</sup>	.380 <sup>**</sup>	-.287 <sup>**</sup>	-0.019
FH											0.149	-.372 <sup>**</sup>	-.293 <sup>**</sup>	.553 <sup>**</sup>	-.535 <sup>**</sup>	0.031
L												-.380 <sup>**</sup>	-.290 <sup>**</sup>	-0.130	0.209	0.029
a													.320 <sup>**</sup>	-0.161	.245 <sup>**</sup>	-0.002
b														0.166	0.156	-0.065
SD															-.409 <sup>**</sup>	-0.096
No. of P																-0.028

Light<sub>integrated</sub>: 월적산 광(mol·m<sup>-2</sup>·month<sup>-1</sup>); MT<sub>mean</sub>: 월평균 배지 온도(°C); RH<sub>mean</sub>: 월평균 상대습도(%); AT<sub>mean</sub>: 월평균 기온(°C); SL: 월평균 절화길이(cm); FW: 월평균 절화생체중(g); SPAD: 월평균 엽록소수치; No. of L: 월평균 엽수; Internode L: 월평균 절간길이; FD: 월평균 화폭(mm); FH: 월평균 화고(mm); SD: 경경(mm); No. of P: 월평균 꽃잎 수(장); VL: 절화수명(일수)

표 80. 시설 내 장미 'Chocolat'의 재배 환경과 절화품질 상관성 분석(조사기간: 2019. 1월~9월)

	MT <sub>mean</sub>	RH <sub>mean</sub>	AT <sub>mean</sub>	SL	FW	SPAD	No. of L	Internode L	FD	FH	L	a	b	SD	No. of P	VL
Light <sub>integrated</sub>	-.487 <sup>***</sup>	-.759 <sup>***</sup>	-.405 <sup>***</sup>	.466 <sup>***</sup>	.258 <sup>***</sup>	0.156	-.428 <sup>***</sup>	.542 <sup>***</sup>	0.200	.225 <sup>***</sup>	0.049	-.332 <sup>***</sup>	-0.019	.305 <sup>***</sup>	.235 <sup>***</sup>	0.138
MT <sub>mean</sub>		-0.097	.958 <sup>***</sup>	-.750 <sup>***</sup>	-.661 <sup>***</sup>	-.430 <sup>***</sup>	.224 <sup>***</sup>	-.631 <sup>***</sup>	-.331 <sup>***</sup>	-.763 <sup>***</sup>	0.040	.677 <sup>***</sup>	-.569 <sup>***</sup>	-.635 <sup>***</sup>	-0.135	-.304 <sup>***</sup>
RH <sub>mean</sub>			-.209 <sup>***</sup>	-0.006	0.177	0.145	.266 <sup>***</sup>	-0.153	0.052	.300 <sup>***</sup>	-0.095	-0.122	.447 <sup>***</sup>	0.096	-0.142	0.040
AT <sub>mean</sub>				-.816 <sup>***</sup>	-.701 <sup>***</sup>	-.461 <sup>***</sup>	0.094	-.556 <sup>***</sup>	-.406 <sup>***</sup>	-.744 <sup>***</sup>	0.075	.588 <sup>***</sup>	-.576 <sup>***</sup>	-.590 <sup>***</sup>	-0.017	-.253 <sup>***</sup>
SL					.746 <sup>***</sup>	.531 <sup>***</sup>	0.090	.543 <sup>***</sup>	.500 <sup>***</sup>	.660 <sup>***</sup>	-0.032	-.410 <sup>***</sup>	.266 <sup>***</sup>	.596 <sup>***</sup>	-0.096	-0.073
FW						.688 <sup>***</sup>	0.156	.454 <sup>***</sup>	.489 <sup>***</sup>	.719 <sup>***</sup>	-0.013	-.345 <sup>***</sup>	.350 <sup>***</sup>	.810 <sup>***</sup>	0.082	0.149
SPAD							0.135	.335 <sup>***</sup>	.477 <sup>***</sup>	.533 <sup>***</sup>	-0.093	-.289 <sup>***</sup>	.258 <sup>***</sup>	.564 <sup>***</sup>	-0.006	0.155
No. of L								-.302 <sup>***</sup>	-0.002	-0.041	-0.086	0.172	-0.104	-0.049	-.362 <sup>***</sup>	-.293 <sup>***</sup>
Internode L									0.207	.504 <sup>***</sup>	0.089	-.550 <sup>***</sup>	0.180	.495 <sup>***</sup>	0.107	0.168
FD										.363 <sup>***</sup>	-0.140	-0.028	.278 <sup>***</sup>	.293 <sup>***</sup>	-0.008	-0.015
FH											0.010	-.519 <sup>***</sup>	.475 <sup>***</sup>	.709 <sup>***</sup>	-0.024	0.129
L												-0.072	-0.119	0.109	0.072	0.050
a													-.422 <sup>***</sup>	-.426 <sup>***</sup>	-0.148	-.278 <sup>***</sup>
b														.299 <sup>***</sup>	0.057	.422 <sup>***</sup>
SD															0.133	.261 <sup>***</sup>
No. of P																.440 <sup>***</sup>

Light<sub>integrated</sub>: 일적산 광(mol·m<sup>-2</sup>·month<sup>-1</sup>); MT<sub>mean</sub>: 월평균 배지 온도(°C); RH<sub>mean</sub>: 월평균 상대습도(%); AT<sub>mean</sub>: 월평균 기온(°C); SL: 월평균 절화길이(cm); FW: 월평균 절화생체중(g); SPAD: 월평균 엽록소수치; No. of L: 월평균 엽수; Internode L: 월평균 절간길이; FD: 월평균 화폭(mm); FH: 월평균 화고(mm); SD: 경경(mm); No. of P: 월평균 꽃잎 수(장); VL: 절화수명(일수)

표 81. 시설 내 장미 'Mango'의 재배 환경과 절화품질의 상관성 분석(조사기간: 2019. 1월~9월)

	MT <sub>mean</sub>	RH <sub>mean</sub>	AT <sub>mean</sub>	SL	FW	SPAD	No. of L	Internode L	FD	FH	L	a	b	SD	No. of P	VL
Light <sub>integrated</sub>	-.487 <sup>***</sup>	-.759 <sup>***</sup>	-.405 <sup>***</sup>	.351 <sup>***</sup>	.389 <sup>***</sup>	.560 <sup>***</sup>	-.273 <sup>***</sup>	.274 <sup>***</sup>	0.108	.327 <sup>***</sup>	-0.207	-.231 <sup>***</sup>	-.275 <sup>***</sup>	.462 <sup>***</sup>	.345 <sup>***</sup>	-0.123
MT <sub>mean</sub>		-0.097	.958 <sup>***</sup>	-.754 <sup>***</sup>	-.659 <sup>***</sup>	-.543 <sup>***</sup>	.364 <sup>***</sup>	-.526 <sup>***</sup>	-.332 <sup>***</sup>	-.653 <sup>***</sup>	.214	0.060	.365 <sup>***</sup>	-.493 <sup>***</sup>	0.096	.310 <sup>***</sup>
RH <sub>mean</sub>			-.209 <sup>***</sup>	-0.038	-0.034	-0.201	0.017	-0.016	0.177	0.031	0.030	.222 <sup>***</sup>	0.182	-.313 <sup>***</sup>	-.284 <sup>***</sup>	-0.028
AT <sub>mean</sub>				-.731 <sup>***</sup>	-.671 <sup>***</sup>	-.576 <sup>***</sup>	.368 <sup>***</sup>	-.527 <sup>***</sup>	-.474 <sup>***</sup>	-.641 <sup>***</sup>	.225 <sup>***</sup>	0.040	.254 <sup>***</sup>	-.412 <sup>***</sup>	0.002	.243 <sup>***</sup>
SL					.694 <sup>***</sup>	.497 <sup>***</sup>	-0.075	.525 <sup>***</sup>	.461 <sup>***</sup>	.682 <sup>***</sup>	-0.012	-.238 <sup>***</sup>	-.481 <sup>***</sup>	.540 <sup>***</sup>	-0.154	-.429 <sup>***</sup>
FW						.717 <sup>***</sup>	0.016	.252 <sup>***</sup>	.475 <sup>***</sup>	.708 <sup>***</sup>	-0.035	-0.127	-.300 <sup>***</sup>	.687 <sup>***</sup>	0.166	-.238 <sup>***</sup>
SPAD							-0.158	.242 <sup>***</sup>	.472 <sup>***</sup>	.544 <sup>***</sup>	-0.149	-.248 <sup>***</sup>	-0.150	.474 <sup>***</sup>	.340 <sup>***</sup>	-0.216
No. of L								-.276 <sup>***</sup>	-0.202	0.031	.333 <sup>***</sup>	0.026	0.018	0.080	-0.014	-0.057
Internode L									-0.013	.324 <sup>***</sup>	-.338 <sup>***</sup>	-0.020	-0.083	.242 <sup>***</sup>	-.245 <sup>***</sup>	0.002
FD										.411 <sup>***</sup>	0.142	-.212 <sup>***</sup>	-.235 <sup>***</sup>	0.145	.443 <sup>***</sup>	-0.103
FH											0.036	-0.091	-.363 <sup>***</sup>	.650 <sup>***</sup>	0.058	-.324 <sup>***</sup>
L												0.066	-.273 <sup>***</sup>	0.043	-0.046	-0.078
a													.360 <sup>***</sup>	-.259 <sup>***</sup>	-0.189	-0.083
b														-.266 <sup>***</sup>	0.089	.240 <sup>***</sup>
SD															0.119	-0.133
No. of P																.280 <sup>***</sup>

Light<sub>integrated</sub>: 일적산 광(mol·m<sup>-2</sup>·month<sup>-1</sup>); MT<sub>mean</sub>: 월평균 배지 온도(°C); RH<sub>mean</sub>: 월평균 상대습도(%); A T<sub>mean</sub>: 월평균 기온(°C); SL: 월평균 절화길이(cm); FW: 월평균 절화생체중(g); SPAD: 월평균 엽록소수치; No. of L: 월평균 엽수; Internode L: 월평균 절간길이; FD: 월평균 화폭(mm); FH: 월평균 화고(mm); SD: 경경(mm); No. of P: 월평균 꽃잎 수(장); VL: 절화수명(일수)

표 82. 시설 내 장미 'Floyd'의 재배 환경과 절화품질의 상관성 분석(조사기간: 2019. 1월~9월)

	MT <sub>mean</sub>	RH <sub>mean</sub>	AT <sub>mean</sub>	SL	FW	SPAD	No. of L	Internode L	FD	FH	L	a	b	SD	No. of P	VL
Light <sub>integrated</sub>	-.487 <sup>**</sup>	-.759 <sup>**</sup>	-.405 <sup>**</sup>	.373 <sup>**</sup>	.499 <sup>**</sup>	.348 <sup>**</sup>	-.366 <sup>**</sup>	.660 <sup>**</sup>	0.057	.239 <sup>*</sup>	-.247 <sup>*</sup>	-.255 <sup>*</sup>	.336 <sup>**</sup>	0.205	.226 <sup>*</sup>	0.099
MT <sub>mean</sub>		-0.097	.958 <sup>**</sup>	-.683 <sup>**</sup>	-.507 <sup>**</sup>	-.601 <sup>**</sup>	-0.092	-.502 <sup>**</sup>	-.360 <sup>**</sup>	-.816 <sup>**</sup>	0.146	-0.212	.267 <sup>*</sup>	-.531 <sup>**</sup>	-0.180	-0.201
RH <sub>mean</sub>			-.209 <sup>**</sup>	0.038	-0.168	0.068	.451 <sup>**</sup>	-.402 <sup>**</sup>	0.180	.348 <sup>**</sup>	0.155	.489 <sup>**</sup>	-.590 <sup>**</sup>	0.092	-0.149	-0.034
AT <sub>mean</sub>				-.747 <sup>**</sup>	-.519 <sup>**</sup>	-.668 <sup>**</sup>	-0.188	-.455 <sup>**</sup>	-.436 <sup>**</sup>	-.855 <sup>**</sup>	0.102	-.260 <sup>*</sup>	.302 <sup>**</sup>	-.572 <sup>**</sup>	-0.171	-0.130
SL					.509 <sup>**</sup>	.636 <sup>**</sup>	.277 <sup>*</sup>	.523 <sup>**</sup>	.657 <sup>**</sup>	.665 <sup>**</sup>	-0.056	0.219	-.231 <sup>*</sup>	.548 <sup>**</sup>	.392 <sup>**</sup>	-0.086
FW						.711 <sup>**</sup>	0.043	.421 <sup>**</sup>	.326 <sup>**</sup>	.559 <sup>**</sup>	0.027	-0.009	0.187	.508 <sup>**</sup>	.260 <sup>*</sup>	-0.149
SPAD							0.008	.396 <sup>**</sup>	.495 <sup>**</sup>	.721 <sup>**</sup>	0.078	0.163	-0.033	.585 <sup>**</sup>	.305 <sup>**</sup>	-0.014
No. of L								-.270 <sup>*</sup>	.249 <sup>*</sup>	0.177	.234 <sup>*</sup>	0.201	-.337 <sup>**</sup>	.250 <sup>*</sup>	-0.019	-0.131
Internode L									.263 <sup>*</sup>	.328 <sup>**</sup>	-0.163	-0.126	0.133	.291 <sup>**</sup>	.382 <sup>**</sup>	0.034
FD										.469 <sup>**</sup>	-0.062	.262 <sup>*</sup>	-.332 <sup>**</sup>	.380 <sup>**</sup>	.245 <sup>*</sup>	0.005
FH											0.020	.299 <sup>**</sup>	-.430 <sup>**</sup>	.581 <sup>**</sup>	0.093	0.072
L												0.007	0.018	0.192	-0.095	-0.056
a													-.499 <sup>**</sup>	0.011	0.058	-0.079
b														-.115	0.079	-0.088
SD															0.145	.315 <sup>**</sup>
No. of P																0.002

Light<sub>integrated</sub>: 월적산 광(mol·m<sup>-2</sup>·month<sup>-1</sup>); MT<sub>mean</sub>: 월평균 배지 온도(°C); RH<sub>mean</sub>: 월평균 상대습도(%); AT<sub>mean</sub>: 월평균 기온(°C); SL: 월평균 절화길이(cm); FW: 월평균 절화생체중(g); SPAD: 월평균 엽록소수치; No. of L: 월평균 엽수; Internode L: 월평균 절간길이; FD: 월평균 화폭(mm); FH: 월평균 화고(mm); SD: 경경(mm); No. of P: 월평균 꽃잎 수(장); VL: 절화수명(일수)

### 3. 영남지역 스프레이 장미 스마트팜 선도농가 핵심기술 요인분석

#### 가. 영남지역 내수형 절화 장미의 농가별 절화특성과 절화수명 요인분석

##### (1) 연구 방법

조사 대상은 역내 스마트팜 선도농가 2개소와 관행농가 1개소로 연중 구축한 DB와 절화수량, 절화품질, 생산비용, 농간 소득 간 요인분석으로 선도농가별 핵심기술에 대해 분석을 실시하였다. 이데 대해 품질분석 및 통계분석으로 절화장미 5품종을 2월, 3월, 4월의 절화 장미의 절화수명과 생장 특성과의 관계를 분석하여 생장 특성을 통해 절화수명을 분석하였다. SPSS package(IBM SPSS Statistics Ver. 25)를 사용하여 ANOVA 분석(Analysis of Variance) 분석을 실시하였으며 품종 내 절화 특성 및 수명의 처리평균 간 유의차는 Duncan's new multiple range test로 5% 수준에서 분석하였으며 다중회귀분석 방법으로 절화수명과 절화의 생육 특성들 간의 상관성 분석을 실시하였다.

##### (2) 연구 결과

##### (가) 절화의 생장 특성과 절화수명 비교분석

각 품종별 생육 특성은 다음과 같다. 절화장은 2~4월 'Miss Holland', 'Victoria' 품종이 'Bubblegum', 'Charmant'보다 컸으며 생체중과 건물중은 'Victoria'가 2~4월 모두 다른 네 품종보다 컸음. SPAD는 'Bubblegum', 'Charmant'가 다른 세 품종보다 낮았으며 엽수는 'Charmant'가 다른 품종들보다 유의하게 많았다. 경경은 2월의 'Victoria'가 다른 품종보다 컸고, 3월의 'Miss Holland'보다 유의하게 컸다. 평균 절간장은 'Charmant' 품종이 다른 네 품종

에 비해 유의하게 짧았으며 화폭과 화고는 2월과 4월에 'Victoria'가 다른 품종에 비해 가장 컸다. 꽃잎수는 'Charmant'가 2, 3, 4월 각각 29.8, 32.8, 28.3개로 가장 적었고, 'Baby Perfume'은 88.6, 91.9, 82.2개로 다른 품종보다 많았다. 절화수명은 2, 3, 4월에 약간씩 다른 결과가 나타났는데, 'Miss Holland'의 경우 2월(9.0일)이 3월(13.2일), 4월(13.6일)보다 유의하게 짧았으며 'Baby Perfume'의 경우 3월(9.2일)이 2월(12.2일), 4월(13.8일)보다 짧았고, 'Victoria', 'Bubblegum', 'Charmant' 모두 2월 절화수명이 각각 21.6, 18, 18.2일로 3-4월의 절화수명 일수보다 길었다. 경매가격과 품질(2017년 양재동공관장 경락가격 기준, MAFRA, 2018)은 월별로는 2월의 가격이 8,455원/속으로 가장 높았다. 5품종('Miss Holland', 'Baby Perfume', 'Victoria', 'Bubblegum', 'Charmant') 모두 2월의 화폭이 가장 컸으며, 세 품종('Victoria', 'Bubblegum', 'Charmant')의 2월 절화수명이 21.6일, 18일, 18.2일로 가장 길었다. 절화 장미의 생산성 측면에서 고려한다면 절화수명, 화폭, 절화장 등이 절화 장미의 품질 및 생산량에 영향을 주는 것으로 추측할 수가 있으나 절화 장미 생장 특성이 품종 별 차이가 확연히 나는 것으로 판단할 수 있다.

표 83. 절화장미 5품종의 생육 특성과 절화수명 비교분석

Cultivar	Shoot length (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Chlorophyll (SPAD)	No. of leaves	Stem diameter (mm)	Internode length (mm)	Flower diameter (mm)	Flower height (cm)	No. of petals	Vase life (day)
'February'											
Miss Holland	63c	33.5a	5.8a	46.1b	8.3ab	4.4a	7.7c	63.6b	55.3b	74.5c	9a
Baby Perfume	56b	44.8b	7.8b	48.5b	9.5b	5.4b	6.2b	43.8a	45.3a	88.6d	12.2a
Victoria	63.4c	74.8c	13.4c	48.0b	8.2ab	6.1c	7.9c	76.5c	67.0c	62.6b	21.6c
Bubblegum	47.1a	50.9b	8.6b	40.2a	7.4a	5.4b	6.4b	49.3a	52.2b	61.2b	18b
Charmant	47.2a	40.3a	7.6ab	36.9a	10.9c	4.7a	4.5a	47.9a	53.2b	29.8a	18.2b
'March'											
Miss Holland	62.3d	40.7a	7.7a	47.3b	9.5bc	5.6a	6.6cd	58.4d	52.9ab	67.6b	13.2ab
Baby Perfume	55.7c	45.6a	7.9a	51.2c	9.6bc	6.8bc	5.9bc	49.9bc	50.4a	91.9c	9.2a
Victoria	62.4d	73.1b	13.5b	48.6b	9.1b	7.3c	6.9d	53.8cd	64.6d	65.1b	14.6b
Bubblegum	44.9a	49.6a	7.7a	44.1a	7.6a	6.7bc	6.0bc	47.8b	54.1bc	65.6b	14.0b
Charmant	50.5b	53.7a	10.2a	41.8a	10.5c	5.9ab	4.9a	41.2a	56.9c	32.8a	15.4b
'April'											
Miss Holland	57.7b	37.2a	6.5a	45.5ab	9.3a	5.4a	6.3d	50.8c	48.9ab	79.6c	13.6b
Baby Perfume	51.4a	38.4a	6.8a	47.3b	10.4a	5.7a	5.0b	37.5a	45.5a	82.2c	13.8b
Victoria	55.4b	58.6c	10.0b	47.8b	9.6a	6.2a	5.8cd	65.3d	59.2c	64.6b	14.6bc
Bubblegum	50.1a	47.9b	7.4a	42.5a	9.4a	5.6a	5.5bc	44.4b	48.6ab	65.1b	9.8a
Charmant	48.3a	38.9a	7.2a	42.6a	11.6b	5.4a	4.2a	48.9bc	55.6bc	28.3a	16.8c

(나) 절화수명과 생장특성 회귀분석

‘Miss Holland’ 품종의 절화수명과 상관계수가 높은 생장 특성인 경경, 생체중, 건물중에 대하여 계단형 회귀분석을 실시하였다. ‘Miss Holland’ 품종에서 수명에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 건물중( $R^2=0.394$ )으로서 39.4%이며, 수명 예측 회귀 방정식은  $Y = 0.882 + 1.662DW$ 이다.

표 84. 절화품종 ‘Miss Holland’의 생육 특성과 절화수명 간 다중 회귀분석

		Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t	p
		B	Std. error	Beta		
	(Vase life)	0.882	2.625		0.336	0.739
1	Dry weight	1.662	0.389	0.628	4.268	0

$R^2 = 0.394$ , Adjusted  $R^2 = 0.347$ ,  $F(p) = 18.212$  (.000)

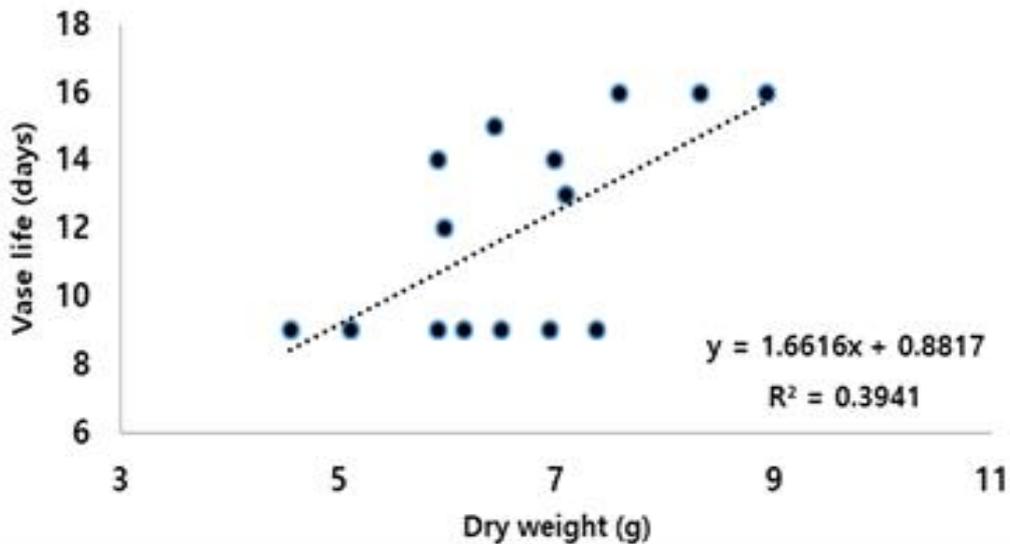


그림 113. 장미 ‘Miss Holland’의 절화수명과 건물중 간의 회귀분석

'Baby Perfume' 품종에서 절화수명과 상관관계가 높은 꽃잎수에 대하여 회귀분석을 실시하였고, 그 결과로 절화수명에 가장 영향을 미치는 요인은 꽃잎수( $R^2=0.308$ )로 30.8%였다. 수명 예측 회귀 방정식은  $Y = 28.136 - 0.187NF$ 이다.

표 85. 절화품종 'Baby Perfume'의 생육 특성과 절화수명 간 다중 회귀분석

		Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t	p
		B	Std. error	Beta		
	(Vase life)	28.136	4.672		6.023	0
1	No. of petals	-0.187	0.053	-0.555	-3.528	0.001

$R^2 = 0.308$ , Adjusted  $R^2 = 0.283$ ,  $F(p) = 12.445$  (.001)

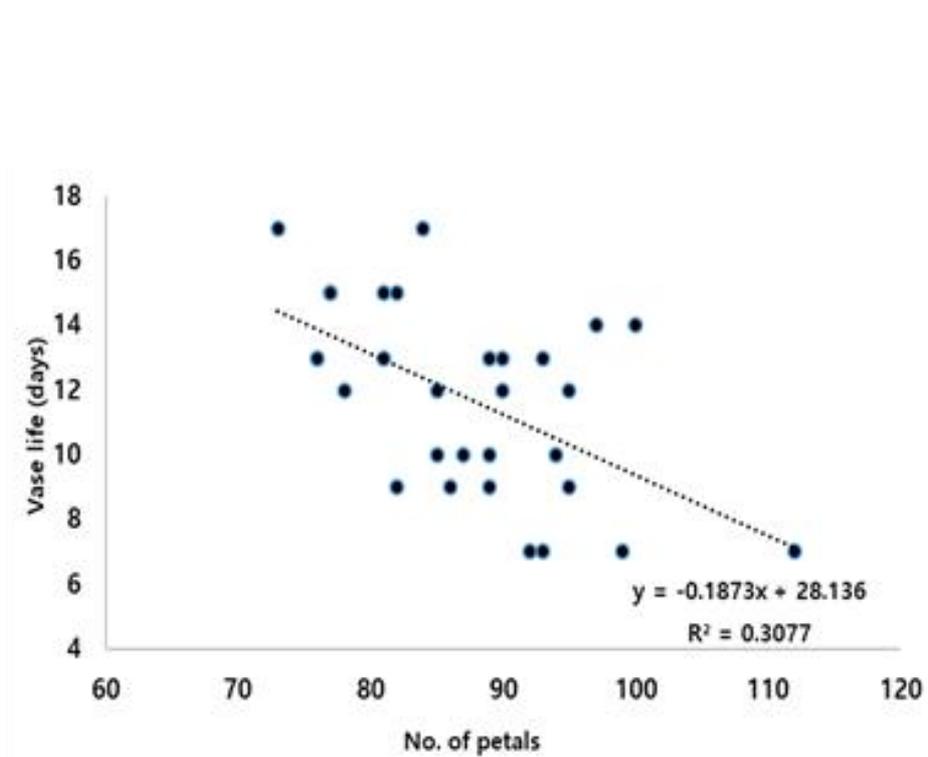


그림 114. 절화품종 'Baby Perfume'의 수명과 꽃잎수 간의 회귀분석

“Victoria’ 품종에서 절화수명과 상관계수가 높은 절화장, 화폭, 화고, 생체중에 대하여 계단형 회귀분석을 실시하였다. ‘Victoria’ 품종의 절화수명에 영향을 주는 성장 특성은 화폭(FD), 절화장(SL) 순서였다. 절화수명에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 화폭( $R^2=0.438$ )으로서 43.8%를 차지했는데, 화폭 요인에 절화장 요인을 추가로 투입했을 때 설명력( $R^2=0.599$ )이 59.9%로 16.1% 향상되었다. 수명 예측 회귀 방정식은  $Y = -21.288 + 0.223FD + 0.392SL$ 이다.

표 86. 절화품종 ‘Victoria’의 생육특성과 절화 수명 간 다중 회귀분석

		Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t	p
		B	Std. error	Beta		
1	(Vase life)	1.378	3.383		0.407	0.687
	Flower diameter	0.239	0.051	0.662	4.673	0
$R^2 = 0.438$ , Adjusted $R^2 = 0.418$ , $F(p) = 21.837 (.000)$						
2	(Vase life)	-21.288	7.484		-2.844	0.008
	Flower diameter	0.223	0.044	0.619	5.045	0
	Shoot length	0.392	0.119	0.403	3.287	0.003
$R^2 = 0.599$ , Adjusted $R^2 = 0.569$ , $F(p) = 20.145 (.000)$						

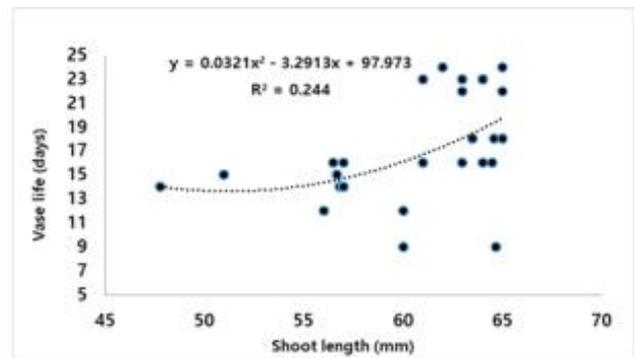
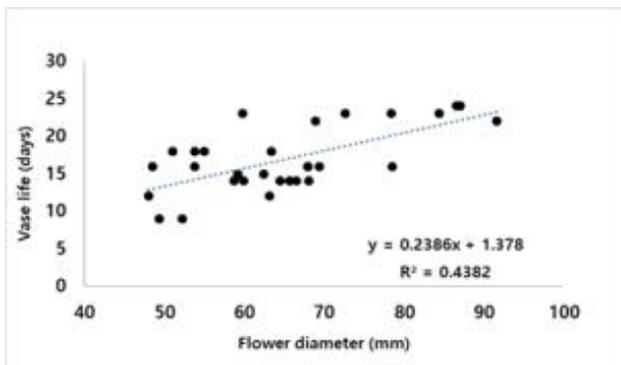


그림 115. 장미 ‘Victoria’ 절화의 화경과 절화장 간의 회귀분석

‘Bubblegum’ 품종에서 절화수명과 상관계수가 높은 엽수, 평균 절간장, 건물중에 대하여 계단형 회귀분석 실시하였고, 그 결과 절화수명에 영향을 주는 생장 특성은 건물중(DW), 엽수(NL) 순서였다. 절화수명에 가장 큰 영향을 미치는 특성은 건물중(DW, R<sup>2</sup>=0.255)으로서 25.5%를 차지했으며 건물중에 엽개수(NL) 요인을 추가로 투입했을 때 설명력(R<sup>2</sup>=0.421)이 42.1%로 16.6% 향상되었다. 수명 예측 회귀 방정식은  $Y = 9.120 + 1.584DW - 0.950NL$ 이다.

표 87. 장미 ‘Bubblegum’ 절화의 생육 특성과 절화수명 간 다중 회귀분석

		Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t	p
		B	Std. error	Beta		
1	(Vase life)	-1.086	4.883		-0.222	0.826
	Dry weight	1.897	0.612	0.505	3.097	0.004
R <sup>2</sup> = 0.255, Adjusted R <sup>2</sup> = 0.229, F(p) = 9.594 (.004)						
2	(Vase life)	9.12	5.72		1.594	0.123
	Dry weight	1.584	0.561	0.422	2.821	0.009
	No. of leaves	-0.95	0.342	-0.415	-2.778	0.01
R <sup>2</sup> = 0.421, Adjusted R <sup>2</sup> = 0.378, F(p) = 9.807 (.001)						

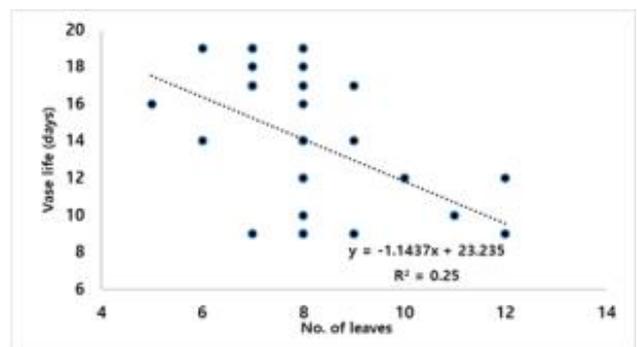
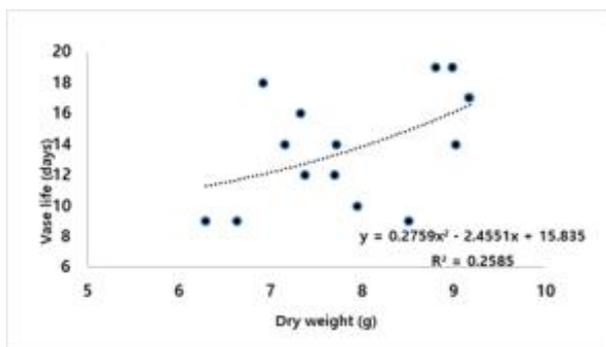


그림 116. 장미 ‘Bubble Gum’ 절화의 건물중과 엽수 간의 회귀분석

‘Charmant’ 품종에서 절화수명과 상관계수가 높은 생체중(SFW) 및 건물중(SDW)에 대하여 계단형 회귀분석을 실시하였다. ‘Charmant’ 품종의 절화수명에 영향을 주는 성장 특성은 생체중, 건물중 순서로 드러났으며 절화수명에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 생체중( $R^2=0.288$ )으로서 28.8%를 차지했다. 생체중 요인에 건물중 요인을 추가로 투입했을 때 설명력( $R^2=0.527$ )이 52.7%로 23.9% 향상되었다. 수명 예측 회귀 방정식은  $Y = 24.907 - 0.928FW + 3.956DW$ 이다.

표 88. 장미 ‘Charmant’ 절화의 생육특성과 절화수명 간 다중 회귀분석

		Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t	p
		B	Std. error	Beta		
1	(Vase life)	24.133	2.244		10.754	0
	Fresh weight	-0.166	0.049	-0.536	-3.362	0.002
	$R^2=0.288$ , Adjusted $R^2= 0.262$ , $F(p) = 11.302$ (.002)					
2	(Vase life)	24.907	1.875		13.287	0
	Fresh weight	-0.928	0.21	-3.005	-4.41	0
	Dry weight	3.956	1.071	2.516	3.693	0.001
$R^2= 0.527$ , Adjusted $R^2= 0.492$ , $F(p) = 15.022$ (.000)						

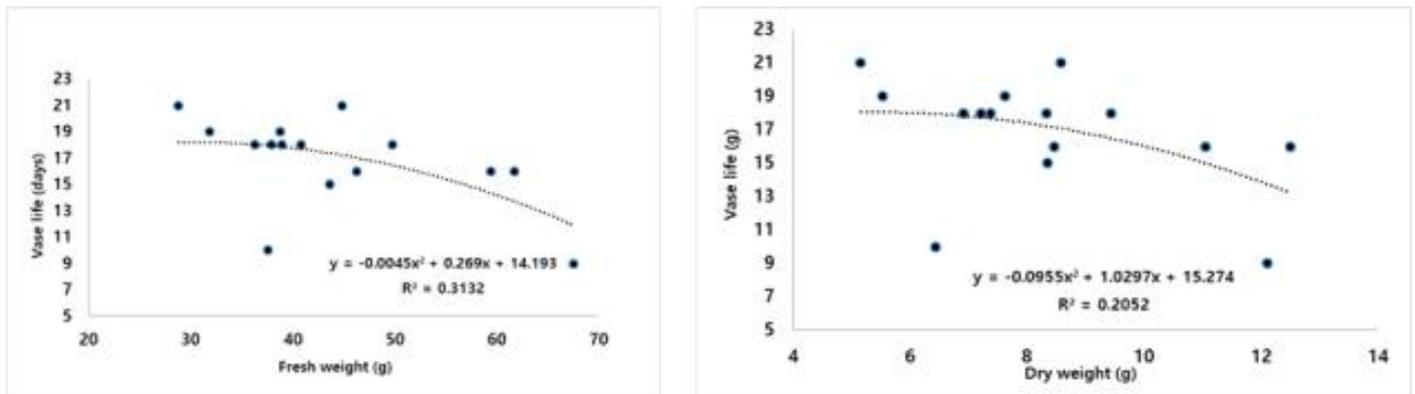


그림 117. 장미 ‘Charmant’ 절화의 생체중과 건물중 간의 회귀분석

### (3) 결론

절화장미의 품종에 따라 절화수명과 성장특성 간 상관관계가 다르게 나타난다. ‘Miss Holland’는 성장요인 중 건물중, ‘Baby Perfume’은 꽃잎수, ‘Victoria’는 성장요인 중 화폭과 초장, ‘Bubble Gum’은 건물중과 엽수, ‘Charmant’는 생체중과 건물중이 절화수명과 높은 상관관계를 보인다. 상기 분석 결과로부터 절화수명을 늘리기 위해서는 증산율을 낮추고, 생체중과 건물중을 증가시키는 것이 효과적이라 볼 수 있으며, 화폭이 더 클수록 생체중 등 수명 유지에 더 효과적이다.

## 나. 절화장미의 재배 방식에 따른 스마트 온실의 환경 특성 분석

### (1) 연구목적

장미(*Rosa hybrida*)는 우리나라에서 계절에 관계없이 가장 인기가 높은 화훼작물로 절화용, 분화용, 정원용(화목류) 등 다양한 용도로 이용되고 있다(RDA 2012). 2019년 국내 절화류 재배 면적 1,183.2ha 중 절화장미는 247ha에서 재배되어 국화에 이어 두번째로 재배면적이 넓었다(MAFRA 2020). 하지만 절화 장미를 생산하는 농가수, 면적, 판매량, 판매액은 최근 10년 이상 국내 화훼산업의 위축과 함께 감소세에 있다(MAFRA 2020; Park et al. 2013). 그 이유는 내수 시장 및 수출시장의 위축 등 여러 가지가 있지만, 난방용 연료비, 인건비 등 생산비 증가, 시설의 노후화와 환경제어장치 도입의 지연에 따른 수량과 품질의 정체 등이다(Kim et al. 2015). 2019년 우리나라 화훼재배 총 면적은 4,244ha였고, 이중 시설재배 면적은 2,024ha로 47.7%를 차지하였으며, 시설재배 면적 중 토경 면적은 57%(1,044ha), 양액재배 면적은 43%(795.3ha)로 여전히 토경의 비중이 높았다(MAFRA 2020). 양액재배 면적 중에는 고품배지경의 비중이 84.7%로 순수수경에 비해 높았고, 배지로는 펄라이트(211ha)와 암면(69ha)이 많이 사용되고 있었다(MAFRA 2020). 양액재배는 토양조건에 상관없이 재배 가능하며 영양분 공급 등 환경조절이 쉽고 상품의 외형적 품질을 높이기 쉬운(Park et al. 1990) 반면에, 토경재배에 비해 시설비가 많이 들며 상품성이 떨어질 수도 있다는 인식이 있다(Park et al. 1999). 멜론의 경우 토경재배에 비해 양액재배로 생산한 과실이 저장 중 품질이 더 떨어지기도 하는 등(Choi et al. 2001) 품질적인 면에서 차이가 발생하는 경우도 있다. 시설원예에 있어서 생산성 향상을 위해서는 난방비, 인건비 등 생산비를 낮추고 온습도, 광, 이산화탄소 농도 제어, 병해충 방제, 양수분 공급 등을 보다 더 효율적으로 수행할 수 있는 스마트팜 기술의 도입이 필요한데(RDA 2018), 2019년 기준 전체 농가 약 100만 개소 중 거의 절반에 달하는 약 48만 개 농가가 정보화 기기를 활용하고 있었다(KOSTAT 2020). 이에 따라 주요 절화류인 장미의 생산성과 품질 제고를 위하여 ICT 제어를 통해 온실 환경을 조절하는 스마트팜도 점차 늘어나고 있다. 그러나 아직 토경재배와 양액재배의 2가지 재배방식이 함께 존재하는 상황이라 스마트 기술의 도입을 위해서는 두 재배방식 간의 환경요인 차이를 정확히 파악할 필요가 있다. 현재 장미의 생육과 환경에 대한 그간의 연구 결과를 보면 품종, 계절 등에 따라 적정 환경조건은 조금씩 달라지지만, 일반적으로 생육 적정 기온은 주간 24~27 °C, 야간 15~18 °C, 일교차 약 10 °C이며, 적정 근권온도(지온)는 20~25 °C이고, 적정 상대습도는 95% 미만으로 알려져 있다(Dole and Wilkins 2005; RDA 2018; Sakai 1993). 하지만, 시설 재배 현장에서는 아직 환경제어가 완벽하지 못하여 외부 환경의 변화에 따라 적정 범위를 벗어나는 기간이 많고, 환경요소들 간의 상호영향도 복잡할 것(RDA 2018)으로 예측된다. 따라서 이 연구는 토경 및 양액재배 방식으로 장미 절화를 재배하는 1세대 스마트 온실을 대상으로 연간 환경 데이터를 수집하여 비교 분석하고, 환경요인들 간의 상관관계를 분석하여 스마트 온실 환경관리의 기초자료를 제공하고자 수행되었다.

### (2) 재료 및 방법

#### (가) 농가 선정

본 연구를 위해 대구 및 경남 지역에서 시설 면적이 비슷하고 20년 이상 장미를 재배하고 있으며 플라스틱 하우스에 1세대 스마트 팜 시스템을 도입하여 활용하고 있는 2개 농가(OS와

KB)를 선정했다. OS 온실은 대구광역시 달성군(35°51'58.8"N 128°26'37.9"E)에 위치하며 재배방식은 점적관수를 이용해 액비를 관비하는 토경재배였다. 9연동의 5,040m<sup>2</sup>(7m×80m×9동) 플라스틱 하우스로 에어컨을 이용한 냉방시설과 전기를 이용한 난방시설이 있었다. 스마트폰 어플리케이션(TeamViewer, TeamViewer GmbH, Göppingen, Germany)을 통해 측창, 천창, 보온커튼, 차광커튼의 개폐를 제어할 수 있었다. KB 온실은 경남 김해시(35°14'26.2"N 128°58'35.4"E)에 위치하며 고설식 암면배지경에 점적관수로 양액을 공급하였다. 15동 연동의 5,850m<sup>2</sup>(6m×65m×15동) 플라스틱 하우스로 팬앤드포그(fan-and-fog)의 기화 냉각을 이용한 냉방시설과 전기를 이용한 난방시설이 설치되어 있었다. 스마트폰 어플리케이션(TeamViewer, TeamViewer GmbH)을 통해 천창, 측창, 보온 커튼, 차광 커튼, 보광등, 환기팬을 제어할 수 있었다.

#### (나) 데이터 수집 및 분석

환경 특성 중 기온 및 상대습도, 지온(근권 온도) 등 3가지 환경 요인을 측정하기 위해 농가별 온실 내 3개 지점, 즉 중심부와 가장자리, 그리고 그 중간 지점에 각 1개씩 총 3개의 데이터 로거(WatchDog 1650 Micro Station, Spectrum Inc., Aurora, IL, USA)를 설치하였는데, 그 속에는 온도 및 습도를 측정할 수 있는 내장 센서가 들어 있었으며, 근권온도를 측정하기 위해 데이터 로거와 케이블로 연결되는 지중 온도센서(Spectrum SMEC 300, Spectrum Inc., Aurora, IL, USA)를 설치하였다. 2019년 1월 1일부터 2019년 12월 31일까지 5분 간격으로 데이터를 수집했다. 이를 통해 수집된 데이터에서 매일 24시간의 데이터 중 최고치와 최저치, 일중 총 데이터 평균치, 주간(일출~일몰) 및 야간(일몰~일출)의 각 평균치, 일교차(주간과 야간 평균치의 차이)를 Microsoft Excel(Microsoft, Redmond, WA, USA)을 이용해 정리하였으며, 각 항목들의 월별 평균 값을 구하여 상관분석 등 통계분석에 활용하였다. 토양 매일의 일출 및 일몰 시각은 각 지역 기상청 데이터를 기준으로 하였다. 각 온실별 기온 관련 항목과 근권부 온도 관련 항목 간의 관계를 알아보기 위해 Microsoft Excel(Microsoft)을 이용하여 회귀분석을, SPSS 25 Software(IBM-SPSS, Armonk, NY, USA)를 이용하여 상관관계 분석을 실시하였다. 분석을 통해 도출된 상관관계수  $r$ 의 크기에 따라 0 이상에서 0.1 이하는 상관관계 없음, 0.1 초과에서 0.3 이하는 약한 상관관계, 0.3 초과 0.7 이하는 뚜렷한 상관관계, 0.7 초과는 강한 상관관계로 분류하였다(Song 2015).

### (3) 결과 및 고찰

#### (가) 재배방식 간 온실 환경 비교

토경 방식의 OS 온실과 고설 암면경 방식의 KB 온실을 대상으로 기온, 상대습도, 근권온도의 월평균 값의 변화를 1년간 비교한 결과, 월별로 그 차이의 양상이 변화하였다(Figs. 2, 3, 4). 그중 지상부와 근권부의 주간 평균 온도를 비교해 보면, 지상부 온도는 OS 온실이 좀 더 높거나 비슷한 상태로 연중 유지되는 데 반해, 근권부 온도는 KB 온실이 대체적으로 높게 유지되었다. 이는 KB 온실의 양액재배 베드가 고설식으로 공중에 떠 있어 공기와 접촉면이 넓고 배지의 총 부피도 작아서 기온의 영향을 크게 받았기 때문(Albaho et al. 2008)이라 생각된다. 특히 고온기에 더 높이 올라가고, 기온의 차이가 적고 광량이 감소하는 저온기에는 격차가 좁아졌다. 지상부 온도 일교차를 보면, OS 온실에서 고온기에 일교차가 크게 상승하였는데, 이는

OS 온실에서 주간에는 차광과 환기 외에 특별한 냉방장치가 없는 반면, 야간에는 에어컨 냉방을 실시하기 때문인 것으로 볼 수 있다. 상대습도의 경우 상대습도의 최고치와 야간 평균치를 제외하면 대체적으로 KB 온실이 더 높게 유지되었는데, 이는 OS 온실은 토양이 그대로 노출되어 있고, KB 온실은 비닐 직조물로 덮여 있으나 밀도가 성긴 편이어서 토양 표면을 통한 증발량의 차이는 없을 것으로 판단되었으나, KB 온실의 경우 팬앤드포그 기화냉각을 이용한 간이냉방을 하기 때문에 상대적으로 평균 상대습도가 높았다고 볼 수 있다. 두 온실의 환경 데이터와 장미 재배 시 적정 환경조건(RDA 2018)을 비교해 보면, 적정 주간 기온은 24~27 °C인데, OS 온실의 연평균 기온은 24.9 °C로 5, 6, 9, 10, 11월 등 5개월 간 적정 범위 내에서 유지되었으며, KB 온실의 연평균 기온은 24.3 °C로 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9월의 7개월간 적정 범위를 유지하였다. 야간 기온은 15~18 °C가 권장되고 있는데(RDA 2018), OS 온실의 경우 연평균 19.1 °C로 5월과 7월의 2개월의 고온기 일부를 제외하고 적정치를 초과하였다. KB 온실 또한 연평균 20.4 °C로 11월과 12월의 2개월을 제외하면 거의 권장 범위를 초과하였다. 또한 기온의 적정 일교차는 10 °C 정도인데(RDA 2018), OS 온실은 연평균 13.4 °C로 1~4월, 10월, 12월을 제외하면 연중 절반이 적정치를 초과하였고, 특히 고온기에는 야간에 에어컨의 냉방을 실시함으로써 일교차가 18 °C까지 증가하기도 하였다. 반면, KB 온실은 연평균 11.4 °C로 4~12월까지 적정치 10 °C에 근접하였다.

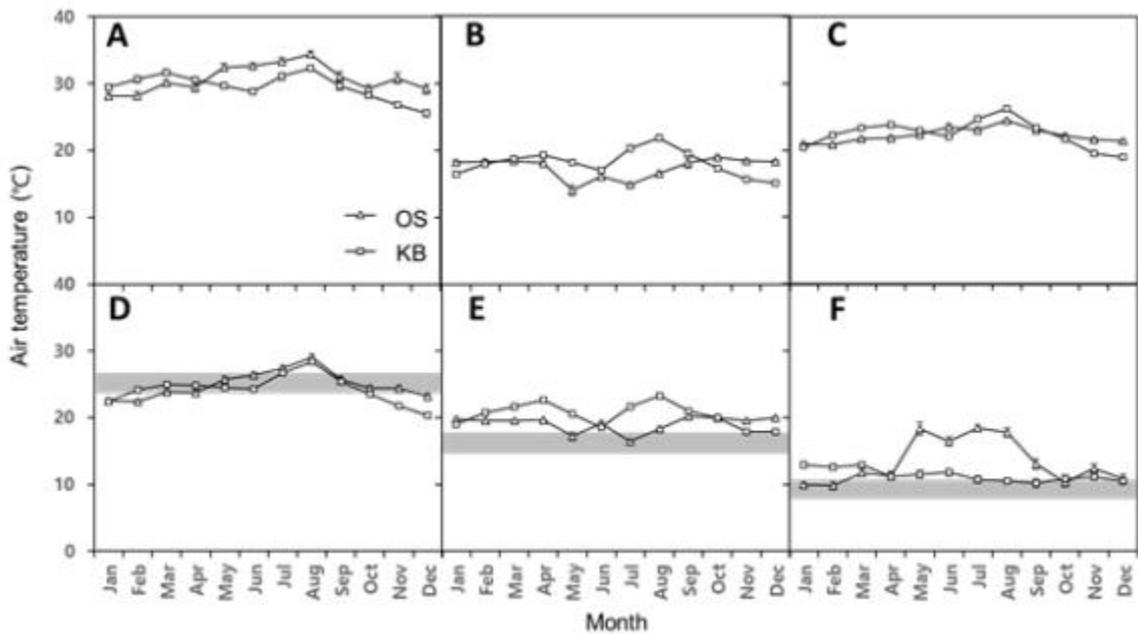


그림 118. 농가별 월평균 환경조건

A~F : 일간 최대, 일간 최소, 일간 평균, 주간 평균, 야간 평균 기온, 기온 일교차

장미 재배 시 적정 근권온도는 20~25 °C(Sakai 1993)이며, 특히 겨울철에는 25 °C 이하로 유지되는 것이 좋은데(Dole and Wilkins 2005), 토경 방식인 OS 온실은 연평균 23.8 °C로 8, 9월의 고온기 일부를 제외하면 연중 대부분이 적정 범위 내에 포함되었다. 반면 암면재배 방식인 KB 온실의 근권온도는 연평균 25.4 °C로 1, 2, 3, 11, 12월의 저온기에 주로 적정 환경 범위 내에 있었다. OS 온실에서의 근권부의 최고 및 주간 온도, 평균온도가 각각 연평균 24.5 °C,

23.9 °C, 23.8 °C로 KB 온실의 최고, 주간, 평균온도의 연평균치인 29.3 °C, 26.3 °C, 25.4 °C보다 각각 낮아 둘 다 적정치를 초과하긴 했으나 OS 온실이 좀 더 적정치에 가깝게 유지되었다.

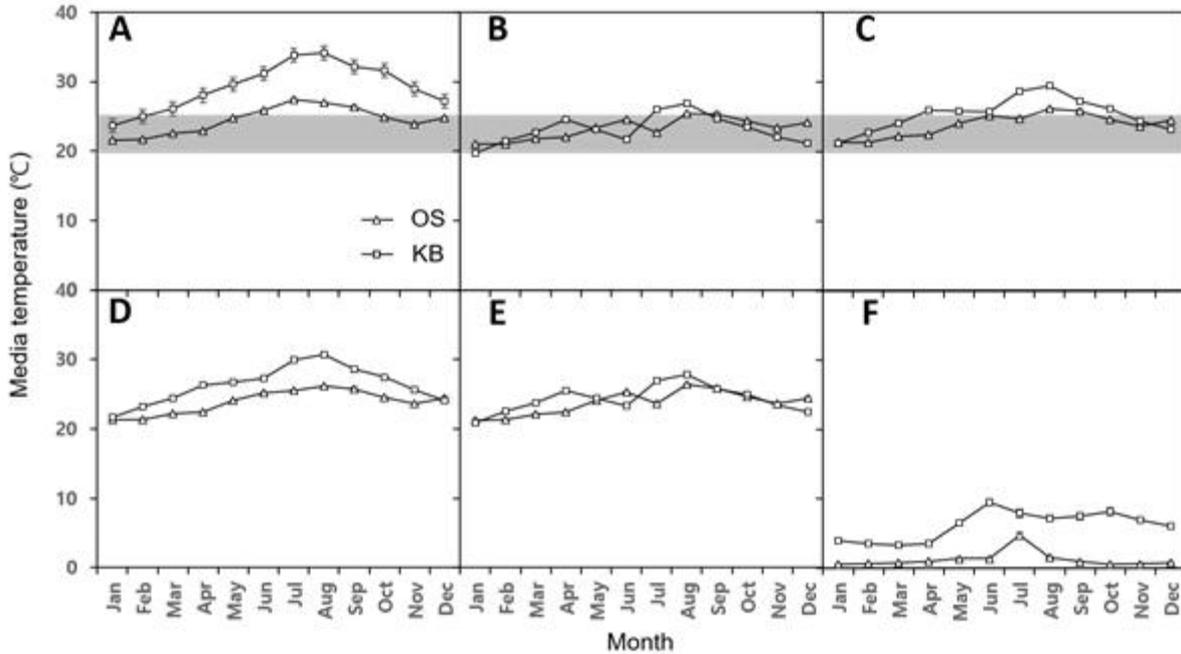


그림 119. 농가별 월평균 환경조건

A~F : 일간 최대, 일간 최소, 일간 평균, 주간 평균, 야간 평균 지온, 지온 일교차

적정 상대습도는 95% 이하를 유지하는 것이 좋은데(RDA 2018), OS 온실의 연평균 상대습도는 78.0%, 월평균 최고치는 85.2%였고, KB 온실의 연평균 상대습도는 80.1%, 월평균 최고치는 85.8%로 두 농가 모두 90% 이하를 유지하여 적정 범위에 있었다. 두 온실 모두 장미의 적정 재배 환경(Dole and Wilkins 2005; RDA 2018; Sakai 1993)에서 벗어나는 부분은 많았으나, 토경방식의 OS 온실은 안정된 지온을 나타내며 압면 배지경에 비해 온도 변화가 적었다. 토양의 특성상 최고 및 평균 지온에서 좀 더 적정 환경에 가까운 상태로 유지되며, 고온기의 야간에는 에어컨 냉방을 실시하여 야간 기온 또한 적정 환경에 가깝게 유지되었다. 반면 KB 온실은 주간 기온과 기온 일교차가 상대적으로 적정 환경에 더 가까웠다. 하지만 KB 온실에는 근권 냉난방 시스템이 설치되지 않았기 때문에 배지온도가 기온의 영향을 크게 받았으며, 권장 근권온도보다 높은 결과를 보였다. 장미에 있어서 근권부 온도는 생육 시와 출하 후 품질 모두에 영향을 미치기 때문에(Lee 2004; Lee 2001), 양액재배 도입 시에는 이러한 특성을 감안하여 근권부 온도 조절에 대한 고려가 있어야 할 것이다.

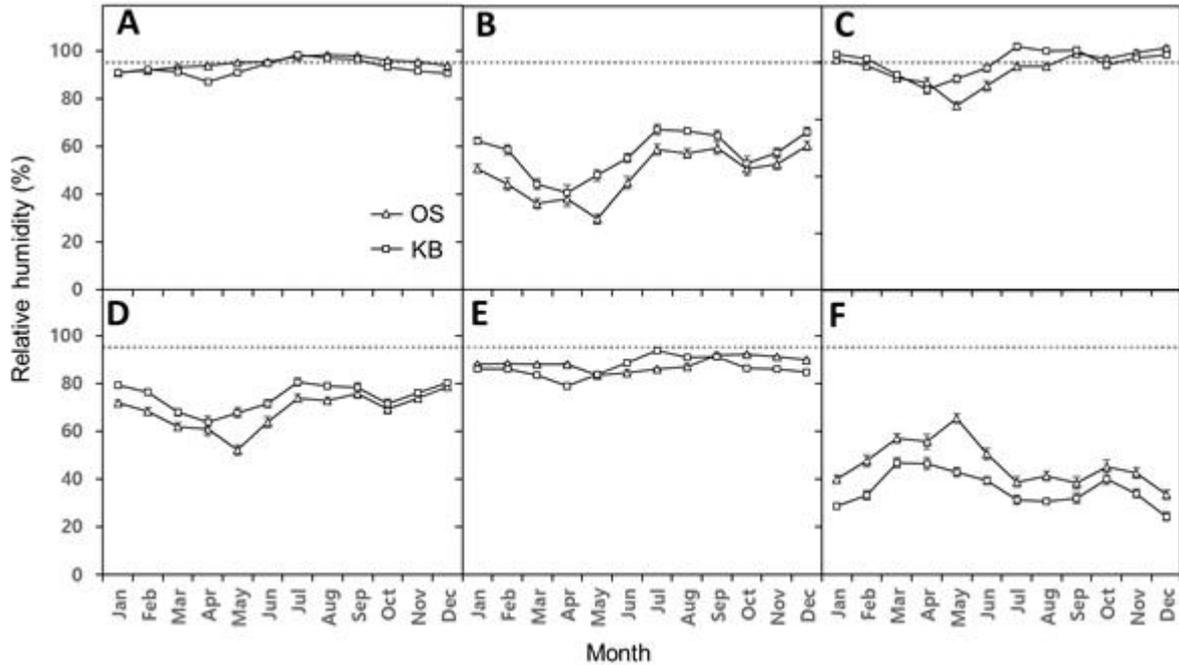


그림 120. 농가별 월평균 환경조건

A~F : 일간 최대, 일간 최소, 일간 평균, 주간 평균, 야간 평균 습도, 습도 일교차

(나) 기온과 지온 간의 상관관계

각 온실별 기온과 지온 간의 관계에 대해 회귀분석을 실시한 결과, OS 온실과 KB 온실은 상관관계 그래프에서 볼 수 있듯이 OS 온실의 평균 결정계수 0.3146, KB 온실은 평균 결정계수 0.8917로 OS 온실에서 훨씬 더 산점도가 높은 모습을 보여, OS 온실보다 KB 온실이 기온과 근권 온도 간 상관관계가 더 높다고 볼 수 있다. 토경 방식의 OS 온실에서는 Pearson의 상관계수  $r$  값이 최고온도에서  $r = 0.414$ , 최저온도에서  $r = 0.255$ , 평균온도에서  $r = 0.661$ , 주간온도에서  $r = 0.683$ , 야간온도에서  $r = 0.521$ , 일교차에서  $r = 0.170$ 으로 최고온도, 평균온도, 주간온도, 야간온도에서는 뚜렷한 상관관계를, 최저온도와 일교차에서는 약한 상관관계(Song 2015)를 보였다. 반면, 양액재배 방식의 KB 온실에서는 최고온도( $r = 0.909$ ), 최저온도( $r = 0.946$ ), 평균온도( $r = 0.973$ ), 일교차( $r = 0.844$ ), 주간온도( $r = 0.973$ ), 야간온도( $r = 0.954$ ) 등 전 영역에서 근권온도와 매우 강한 양의 직선적 상관관계(Song 2015)를 보였다. 이는 두 온실 간의 재배방식의 차이에 따른 것으로, OS 온실은 토경 방식이었으며, KB 온실은 고설식의 암면 배지경이었기 때문에 기온이 지온 또는 배지온도에 미치는 영향이 달랐을 것이다. 토양의 온도와 용기에 담긴 배지의 온도는 모두 기온의 영향을 받긴 하나(Chudinova 2006; Gheysari 2010), 그 중에서도 상술한 바와 같이 고설식 배지경에서 암면 베드는 지면에서 떨어져 공중에 떠 있고 배지의 부피도 작아 토경보다 기온의 영향을 좀 더 많이 받기 때문이라 생각된다. 암면 자체가 토양보다 완충능력이 낮은 데다가 적은 부피로 공중에 떠 있는 상태에서 한 겹의 비닐로 싸여 있었기 때문에 배지를 둘러싼 공기의 열이 배지로 바로 전달된 것으로 추론된다. 따라서 고형 배지를 사용하는 양액재배에서는 근권온도 제어 시스템을 설치할 필요가 있다. 배지경은 양수분 관리는 토경과 많이 달라, 훨씬 양액 공급이 빈번하게 이루어지며 양액을 통한 무기양분 및 수분 공급이 고도로 제어된다(Kwon 1996). 또한 절화 장미의 수량 및 품질 향상을 위해서는 급액 제어가 매우 효율적으로 이루어져야 하므로(Warren and Bilderback 2004), 배지 내 수분

과 상대습도, 기온, 근권온도와의 상관관계에 대한 연구가 좀더 진행된다면 본 연구 결과와 합쳐져 더욱 유용한 정보가 되리라 생각된다.

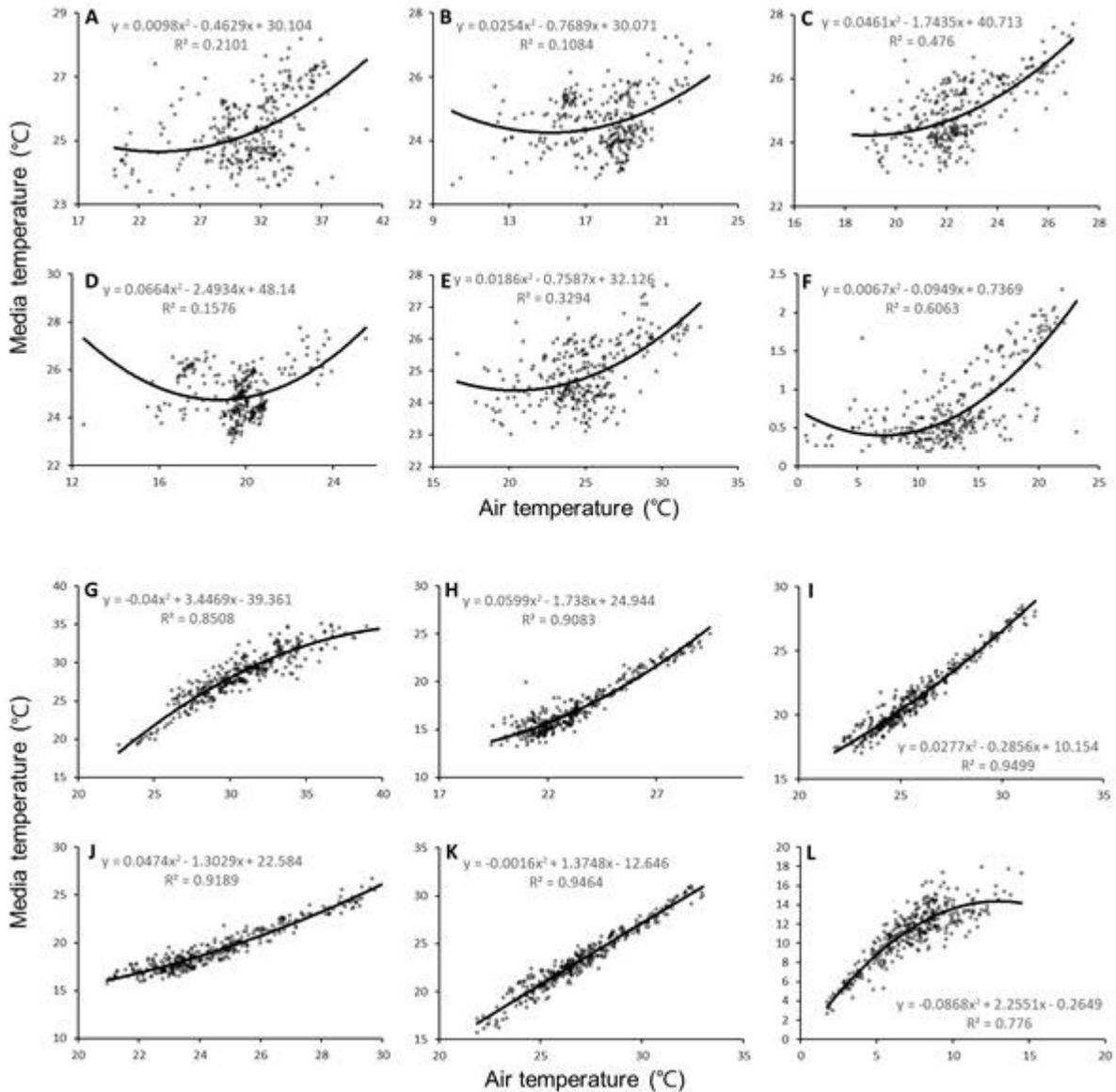


그림 121. 기온과 지온 간의 상관 관계

A~F : OS 온실의 일간 최대, 일간 최소, 일간 평균, 주간 평균, 야간 평균, G~L : KB 온실의 일간 최대, 일간 최소, 일간 평균, 주간 평균, 야간 평균 일별 상관 관계

## 다. 장미 'Miss Holland'의 온실 환경 및 절화 품질과의 상관 관계 분석을 통한 절화수명 예측

### (1) 연구목적

절화류 총 재배면적은 2018년 1,215ha 대비 2019년 1,183ha로 2.6% 감소하였다. 농가수는 2,369호에서 2,367호로 0.1% 감소하였다(MAFRA, 2020). 이 중 절화류에서 장미가 차지하는 부분은 2018년 재배면적 282ha에서 2019년 247ha로 12.4% 감소하였고, 판매량은 123백만 본에서

105백만 본으로 15% 감소하였다. 판매금액은 52,472백만 원에서 49,885백만 원으로 4.9% 감소하였다(MAFRA, 2020). 매년 절화의 면적, 판매량, 판매금액이 모두 감소하고 있는 실정이다. 농가의 재배유형에는 토경재배와 양액재배가 있으며, 양액재배에는 고품배지경과 순수수경이 있다. 주요 고품배지로는 펄라이트, 암면 등이 사용되며, 순수수경에는 담액경(DFT), 박막수경(NFT), 분무경 등이 있다. 2019년도 시도별 농가수는 경기도, 전라남도, 경상남도, 전라북도, 충청남도, 부산광역시, 경상북도 순으로 많았으며, 영남지역의 절화장미 농가수는 경북 16호, 경남 51호로 경남에 더 많았다(MAFRA, 2020). 또한 재배농가의 재배 환경은 시설과 노지로 구분할 수 있는데, 시설재배 면적은 경북 72.4ha(노지 5.9ha), 경남 202.5ha(노지 16.1ha) (MAFRA, 2020)로 시설 및 노지재배 모두 경남이 경북보다 더 넓었다. 절화는 수확 후의 에틸렌 발생을 억제하고(Meir et al., 1998; Pouri et al., 2017) 노연 지연을 억제하여야 높은 상업적 이익을 얻을 수 있다(Liao et al., 2013). 그렇기 때문에 절화보존제 및 절화수명 연장을 위한 실험이 진행되어 왔다(Liao et al., 2013). 절화수명과 환경요인들 간의 연관 관계에서 일사량, 온도, 근권온도, 상대습도(Fanourakis et al., 2011), VPD(In et al., 2016) 등이 절화수명에 영향을 준다(Kim et al., 2001). 또한 수확시기와 배지도 절화 품질에 영향을 미친다(Han et al., 2014). 스트레스를 덜 받아야 절화수명이 증가한다(Kumar et al., 2010).

최근, 수확 전 환경을 최적화하여 절화의 품질을 향상시키기 위해 스마트팜 시스템의 도입이 많아지고 있고, 이를 통해 생육 유지관리 및 환경 모니터링이 이루어지고 있다(RDA, 2018). 또한, 화폭, 꽃잎수 등 절화의 생육 특성은 월별 및 플라스틱 하우스 환경조건에서 따라 달라지며, 수확량은 환경요인이 적정 수준으로 유지되는 온실에서 다른 재배 환경조건에 비해 더 많다. 이러한 온실 환경에서의 성장 조건에 맞는 환경이 주어질 경우, 같은 재배환경이여도 품질과 수량 측면에서 더 나은 절화 생산이 가능하다 (Mohanty et al., 2011). 이러한 이유로 절화 장미에 대한 소비자들은 절화수명이 짧아 관상가치가 낮기 때문에 비싸다는 인식을 가지고 있으며 그로 인한 소비가 적다. 그래서 절화수명을 예측하여 보증하여 소비를 증가시키기 위하여 품질과 관련된 재배 과정의 환경(In et al., 2016)을 바탕으로 연구를 하였다. 최근 스마트팜 도입으로 절화의 품질을 향상시키려고 하고 있지만 아직은 더딘 실정이다. 그러한 이유로 스마트팜 농가의 절화 장미의 수명과 연관된 재배 환경 및 생육 특성 요소들을 찾기 위하여 토경 및 양액 재배로 비교 연구를 실행하였다.

## (2) 재료 및 방법

### (가) 스마트 온실 선정

영남지역에 위치한 온실 중 1세대 스마트팜 시스템을 도입한 온실들 중 동일한 품종의 절화 장미를 재배하고 있는 재배자의 동의를 받은 플라스틱하우스 2개소를 선정하였다. 대구광역시 달성군 소재 OS 온실(35°51'59.6"N 128°26'37.8"E)과 경상남도 김해시 소재 KB 온실(35°14'27.0"N 128°58'35.0"E)은 모두 온실 면적이 약 6,000m<sup>2</sup>의 연동 플라스틱 하우스였고 스탠다드 장미 '미스 홀랜드(Miss Holland)'를 재배하고 있었다. 하지만, OS 온실은 토경으로 절곡 재배를 실시한 반면, KB 온실은 고품배지로 암면을 사용한 양액재배 시스템에서 아칭재배를 하였다.



그림 122. 본 연구가 진행된 스마트팜 온실 내부. 대구 달성에 위치한 토경 농가 OS 온실(A)과 경남 김해에 위치한 양액 배직경 농가 KB 온실(B).



그림 123. 스탠다드 절화 장미 'Miss Holland'와 절화수명이 끝에 다다랐을 때 보이는 증상들

(가) 절화품질 특성 조사

절화의 품질 특성 조사를 위해 2019년 5월부터 2020년 4월까지 매월말 'Miss Holland 절화'를 온실별로 20분씩 수확하여 영남대학교 원예생명과학과 화훼환경조절학 연구실로 가져왔다. 연구실 도착 직후, 온실별로 균일한 절화 10분씩을 선별하여 절화의 품질 특성(절화장, 경경, 엽록소 함량, 잎과 꽃잎의 두께, 화폭, 화고, 화색 등) 및 생리적 특성(생리지수 및 엽록소 형광)을 조사하였다. 절화장은 줄기의 절단 부위에서부터 꽃의 최상위 부위까지의 길이로 하였고, 경경은 최상위 전개엽 바로 아래의 절간 중간 부위의 지름을 digital vernier calipers(CD-15APX, Mitutoyo Corp., Sakado, Japan)로 측정하였다. 엽록소 함량은 최상위엽을 대상으로 휴대용 chlorophyll meter(SPAD-502, Minolta Camera Co. Ltd., Japan)로 측정하였다. 잎과 꽃잎의 두께, 화고는 digital vernier calipers(CD-15APX, Mitutoyo Corp.)로 측정하였으며, 화색은 꽃잎을 대상으로 chroma meter(CR-300, Minolta, Osaka, Japan)로 측정하였다. 엽록소 형광과 생리지수는 각각 최상위엽을 대상으로 FluorPen(FP100, Photon Systems Instruments, Drasov, Czech Republic)과 PolyPen(RP400, Photon Systems Instruments)을 이용하여 측정하였다. 이 두 특성의 측정은 각 절화가 관상가치를 상실하기 2일 전을 기준으로 하여 2일 간격으로 실시하였다. 생리지수 및 엽록소형광지수는 각 개체별 절화수명(days)이 다르기 때문에 고사일 기준으로 0%, 25%, 50%, 75%, 100% 기준으로 바꾼 후 결과를 도출하였다.

#### (나) 재배기간 중 온실환경 데이터 수집 및 분석

절화 수확 기간에 맞춰 2019년 5월 1일부터 2020년 4월 30일까지 5분 간격으로 온실환경 데이터를 수집했다. 환경 특성 중 기온 및 상대습도(relative humidity, RH), 지온(근권 온도) 등 3가지 환경 요인을 측정하기 위해 농가별 온실 내 3개 지점, 즉 중심부와 가장자리, 그리고 그 중간 지점에 각 1개씩 총 3개의 데이터 로거(WatchDog 1650 Micro Station, Spectrum Inc., Aurora, IL, USA)를 설치하였는데, 그 속에는 온도 및 습도를 측정할 수 있는 내장 센서가 들어 있었으며, 근권온도를 측정하기 위해 데이터 로거와 케이블로 연결되는 지중 온도센서(Spectrum SMEC 300, Spectrum Inc., Aurora, IL, USA)를 설치하였다. 근권부의 EC와 pH는 매달 농가에서 직접 채취한 양액 및 토양을 대상으로 EC/pH meter(Orion Star A320, Thermo Fisher Scientific Inc., USA)를 사용하여 측정하였다. 광합성유효광양자속밀도(photosynthetic photon flux density, PPF)는 quantum sensor(3668I, Spectrum Technologies, Inc., USA)를 이용하여 측정하였으며, 하루 데이터를 적산하여 일적산광량(daily light integral, DLI)로 환산하였다. 또한 기온과 RH를 이용하여 수증기압차(vapor pressure deficit, VPD)를 계산하였다. 이를 통해 수집된 데이터에서 매일 24시간의 데이터 중 최고치와 최저치, 일중 총 데이터 평균치, 주간(일출~일몰) 및 야간(일몰~일출)의 각 평균치, 일교차(주간과 야간 평균치의 차이)를 Microsoft Excel(Microsoft, Redmond, WA, USA)을 이용해 정리하였으며, 각 항목들의 월별 평균 값을 구하여 통계분석에 활용하였다. 매일 각 지역 기상청의 일출 및 일몰 시각을 기준으로 주간 및 야간 시간을 구분하였다. 채화 시점을 기준으로 이전 4주의 평균값을 해당 월의 환경 데이터로 하였다.

#### (다) 수확 후 절화의 특성 조사

연구실로 가지고 온 직후 절화 중 각 온실별로 균일한 절화 10본씩을 골라 바로 상위엽 4매씩을 남기고 절화의 길이를 45cm로 맞추어 사선으로 절단하였다. 수돗물 350g이 담긴 실린더에 절화를 1본씩 침지한 후 실린더 속의 물이 공기 중으로 자연 증발되는 것을 막기 위하여 실린더 입구에는 Parafilm으로 감싸주었다. 절화수명을 측정한 실험실은 온도 22-25°C, RH 50-60%로 유지하였으며, 백색 LED( $50 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPF)로 24시간 조사하였다. 2일 간격으로 흡수량, 생체중, 생리지수를 측정하였다. 흡수량은 이틀 전 대비 감소된 물의 정도를, 생체중은 이틀 전 대비 감소된 무게, 생리지수는 2일 간격 %로 정리하였다. 절화수명 종료시점은 잿빛 곰팡이병, 위조, 갈변, 꽃목굽음이 나타날 때로 정하였다.

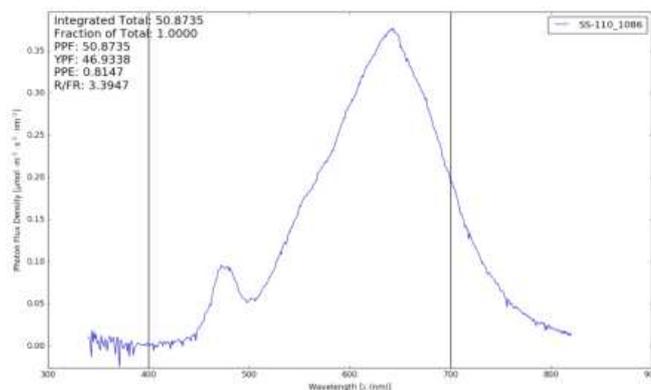


그림 124. 분광분석을 통해 시각화된 실험에 사용된 광원의 파장 특성

(라) 통계분석

통계분석용 프로그램인 SPSS를 사용하여 상관분석 및 요인분석을 실시하였다. 그 후, 요인별 관계를 확인한 후, 다중공선성 검사를 한 환경요인(온도, RH, VPD, 근권온도)을 생육 요소와 회귀분석을 했다. 처리 평균 간 유의성 검정은 Duncan's multiple range test를 이용하여 5% 수준으로 했다.

(3) 결과 및 고찰

(가) 월별 절화 품질 특성

절화장과 경경, 꽃잎수는 OS 온실에서 상대적으로 완만한 경향을 보였다. 절화장 및 경경이 일정하지 않은 것은 토경재배이면서 절곡재배를 하기 때문에 신초의 균일성이 떨어지고 양분 공급이 일정하지 않기 때문이라 생각된다. Lee et al.(2011)에도 따르면 들나물의 경우에도 양액 재배 시 토경재배보다 균일한 수확량이 나온다. 절화장은 양분과 비례하며(Kim et al., 2003), 특히 미량원소는 토양에서 자연적으로 공급되는 염분 및 토양 pH 등의 증가로 모든 장미가 공급되지 못하여 품질이 다르게 나타난다(Ahmad et al., 2010). 생체중은 1월과 8월을 제외한 나머지 달은 OS 온실이 다소 높게 나타났다. 그 이유는 O농가의 경우 여름에 온도를 낮추기 위해 에어컨을 이용하여 생육 적온과 유사한 온도를 유지하기 때문으로 보인다. 화고는 10월, 12월을 제외한 나머지 달은 OS 온실이 다소 높게 나타났다.

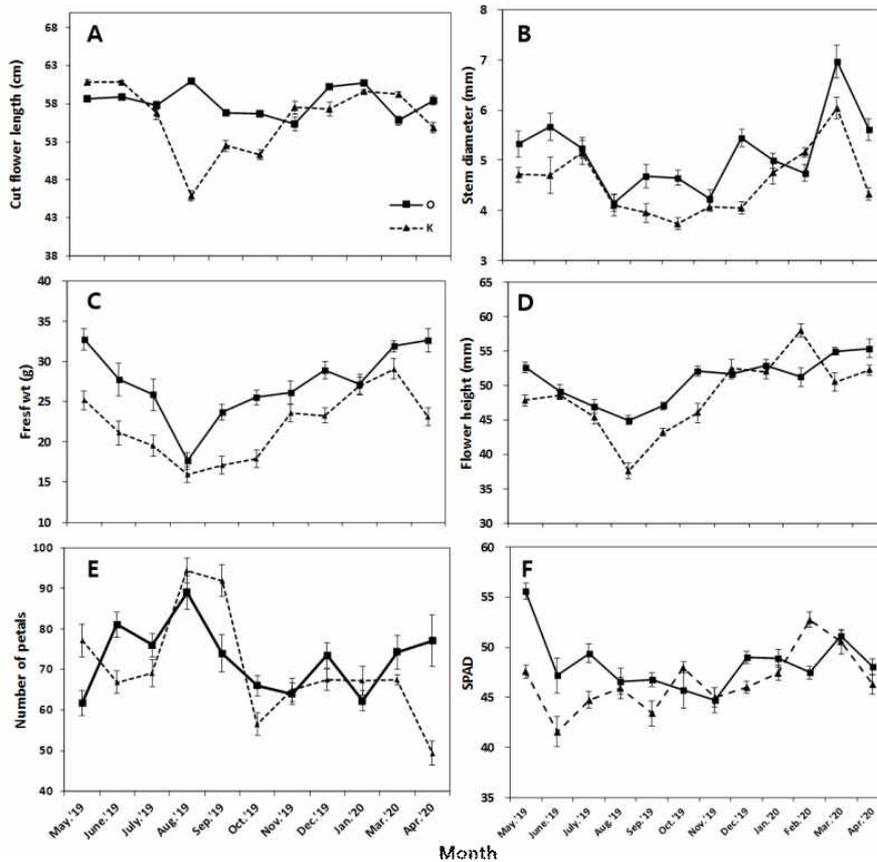


그림 125. 절화장미 'Miss Holland'의 서로 다른 재배 방식의 온실에서의 연간 성장 및 형태적 특성 변화  
A: 절화장, B: 경경, C: 절화의 생체중, D: 화고, E: 꽃잎 수, F: 엽록소 함량(SPAD)

화고는 미량원소에 따라 달라진다는 보고(Ahmad et al., 2010)가 있다. 이 연구에서 토양 또는 배지 내 미량원소 분석이 없어 정확히 파악할 수는 없었으나 미량원소 등 양분의 영향이 있었을 것으로 판단된다. 엽록소 함량(SPAD값)은 5~7월에 OS 온실의 값이 높으나 8월부터 유의차가 없었다. 엽록소 함량은 미량원소에 따라 달라지며(Ahmad et al., 2010) 광도의 영향을 받는다(Fanourakis et al., 2019). 즉, 토양 속 양분의 영향과 연중 광도의 변화가 엽록소 함량에 영향을 미친 것으로 보인다.

(나) 절화수명 및 흡수량

절화수명은 상대적으로 OS 온실이 길게 나타났고 흡수량도 그에 비례하여 증가하였다. Elibox and Umaharan(2010)도 절화수명과 흡수량의 경우 강한 정비례의 상관관계를 갖는다고 하였다. 또한, 절화수명은 수송할 때의 손상에 의해서 줄어든다는 보고가 있다(Pouri et al., 2017). 여름의 절화수명이 가장 짧았으며, 특히 7월은 OS 온실 8일, KB 온실 5일로 나타났으며 평균 절화수명은 11일, 8일로 나타났다. 절화수명이 짧은 만큼 흡수량 또한 적게 나타났다. Pompodakis et al.(2005)에 따르면 여름철에 비해 겨울철의 장미 절화수명이 길게 나타난다는 보고가 있으나, 결과가 다르게 나타나는 이유는 품종 및 환경적인 차이로 생각된다. 온도가 높아지는 여름에는 O농가는 에어컨으로 냉방을 하며 K농가는 미스트 분사법으로 냉수를 이용한 온도를 내린다. 또한, 겨울에는 O농가는 히터로 보온을 하며 K농가는 전기로 난방을 한다. 이렇게 농가의 온도 관리법에 따라 절화수명에 영향을 끼칠 것으로 생각된다. 봄과 가을의 경우 실험 4일에서 6일차에는 흡수량이 KB 온실이 더 높게 나타났다. 생체중은 계절별로 절화수명 실험 4일차까지는 증가하나 6일차 이후 감소하는 결과(Cho et al., 2001)와 비슷한 경향을 나타냈다. 절화별 생체중은 OS 온실이 KB 온실보다 무겁게 나타나며 여름과 가을은 두 농가가 상대적으로 다른 계절에 비해 낮게 나타났다.

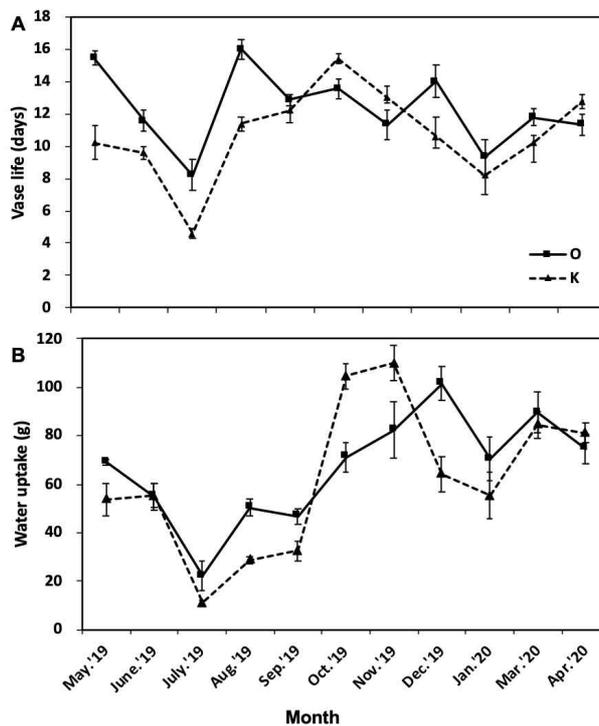


그림 126. 절화장미 '미스 홀랜드'의 연간 절화수명(A) 및 흡수량(B)

O: OS 온실, K: KB 온실

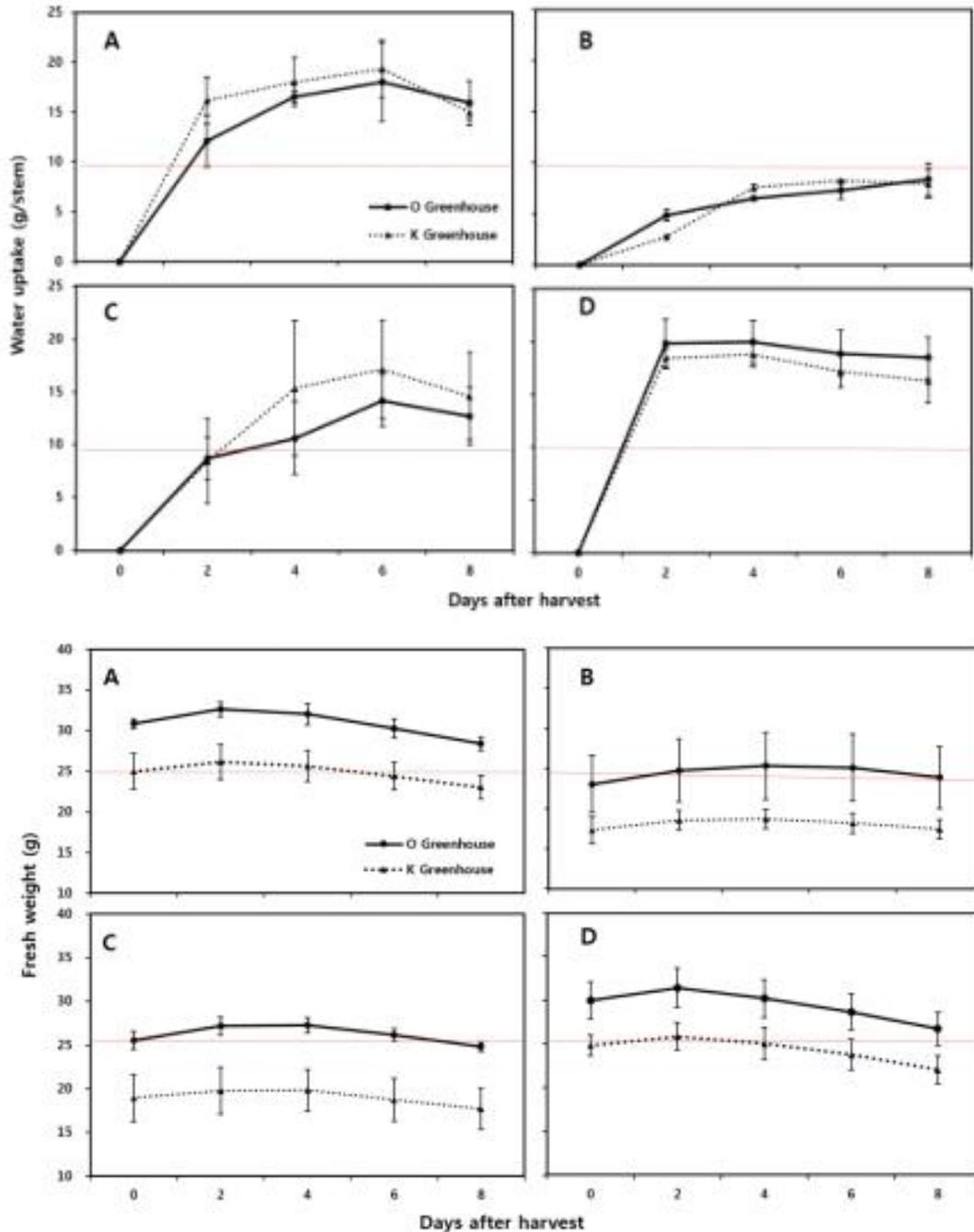


그림 127. 절화장미 '미스 홀랜드'의 계절별 수분흡수율(상) 생체중(하)  
(A: 봄, B: 여름, C: 가을, D: 겨울)

(다) 재배환경 특성

① 기온 및 근권온도

최고기온은 OS 온실이 높게 나타났고 최저기온은 10월부터 높게 나타났다. 일교차는 KB 온실이 비교적 차이가 나지 않았다. 주간 및 야간 온도와 절화수명과의 관계는 생육적온이 주온 24~27°C, 야온 15~18°C 이다(RDA, 2018). 생육 적온 범위에 있던 5~8월에 OS 온실에 수확된 절화의 수명이 KB 온실보다 길게 나타났다. 그러나 9월 이후 두 농가의 절화수명 차이가 유의

하게 나타났으며 상대적으로 OS 온실의 주온 및 야온이 높게 나타났. 평균 근권온도는 OS 온실이 연중 변화가 적은 완만한 경향을 보였다.

② 상대습도(RH)

평균 RH는 5~8월까지 KB 온실이 높게 나타나나 나머지 달은 비슷한 경향을 보였다. 최고 RH는 상대적으로 OS 온실이 상대적으로 높게 나타났. 주, 야간의 RH 차이는 OS 온실이 더 크게 나타났으며, 상대적으로 OS 온실의 주, 야간 기온이 높게 나타났. RH가 낮은 환경에서 자란 장미가 상대적으로 절화수명이 길게 나타났다는 보고(Sato et al., 2006)가 있는데, 이 연구에서도 평균 RH가 높았던 5~8월의 KB 온실은 OS 온실에 비해 절화수명이 짧았다.

③ 수증기압차(VPD)

온도, RH 및 VPD간에 상호 관계가 존재한다(In et al., 2007). 평균 온도와 습도가 상대적으로 OS 온실이 높게 나타났기 때문에, 평균 VPD의 경우도 OS 온실이 높게 나타났.

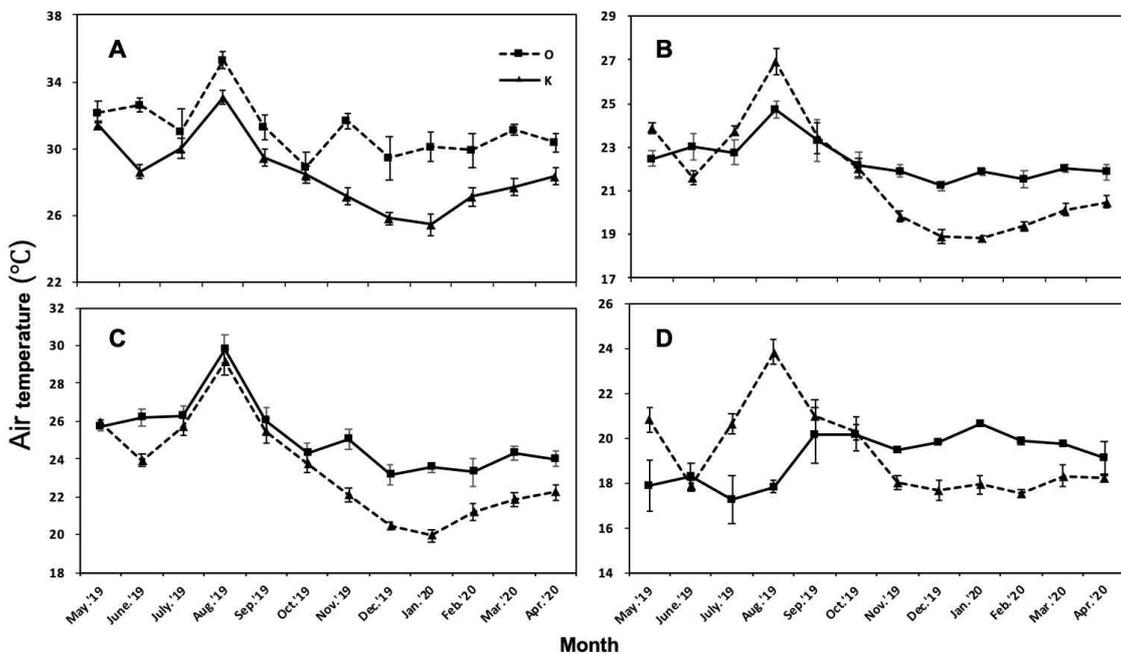


그림 128. Annual changes in monthly average value of max (A), daily average (B) and daytime (C) and night time (D) air temperature in O and K greenhouses

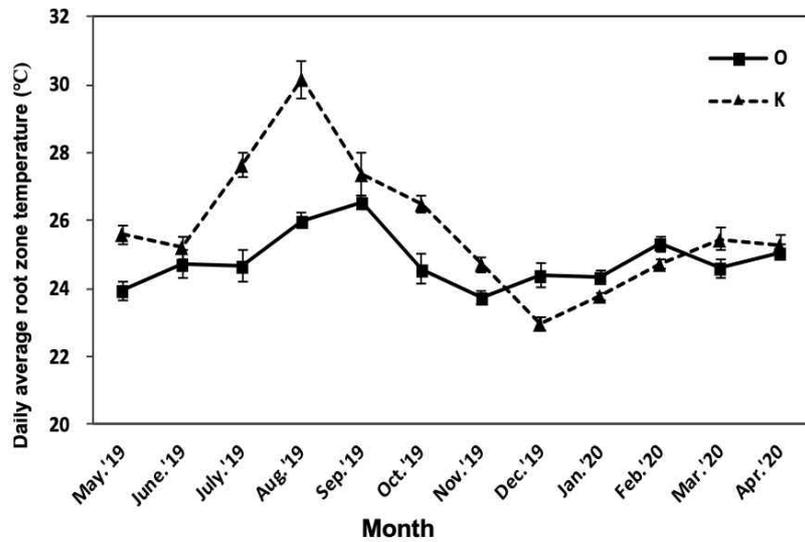


그림 129. Annual changes in monthly average values of daily average root zone temperature in O and K greenhouses

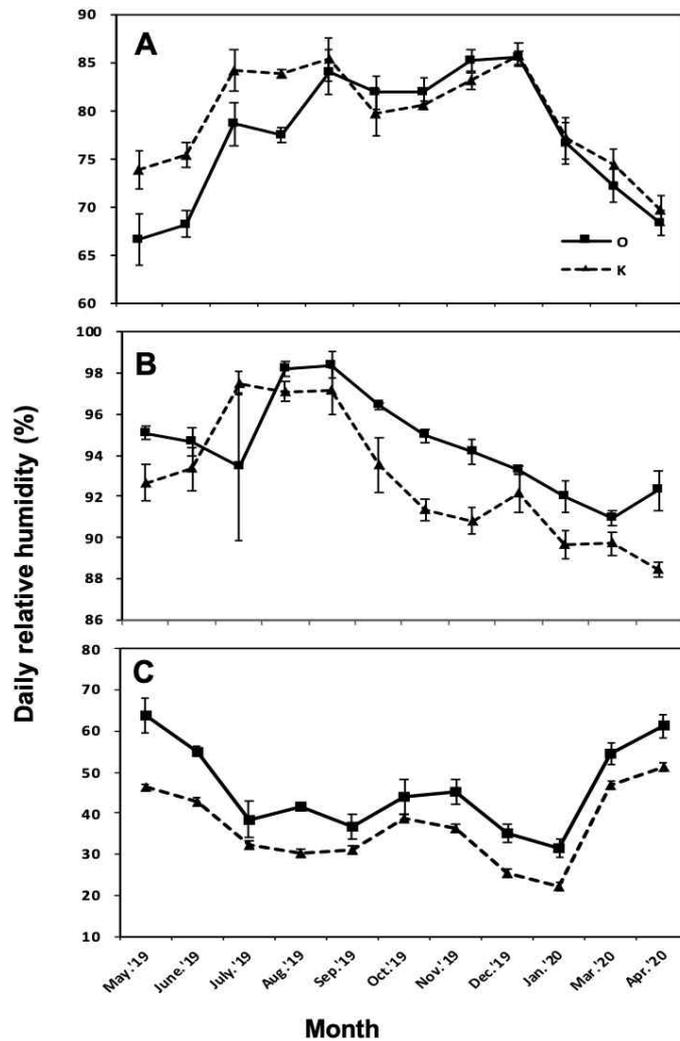


그림 130. Annual changes in monthly average value of the average daily (A) and maximum (B) relative humidity (RH), and daily RH difference in O and K greenhouses

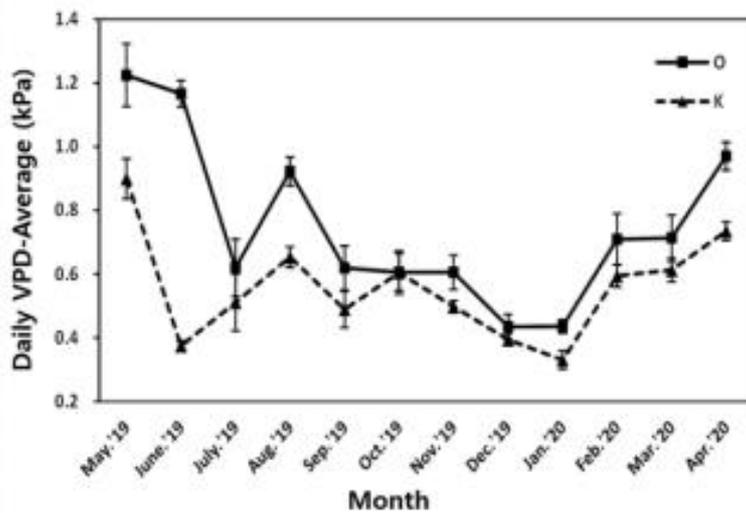


그림 131. Annual changes in monthly average value of average daily vapor pressure deficit (VPD) in O and K greenhouses.

(라) 생리 지수 및 엽록소 형광 반응

PolyPen으로 측정된 생리지수 중 PRI 값이 높아질수록 스트레스를 받았다는 의미이다. 두 농가의 절화수명은 PRI값이 높을수록 낮아진다. OS 온실의 경우 KB 온실에 비해 완만한 선을 보였다. 절화수명 실험 개시일 측정값을 기준으로 절화수명과 비교하였을 때 14일까지는 PRI 값이 맞으나 그 이상의 일수가 되면 반비례하는 경향을 보였다. FluorPen으로 측정된 엽록소 형광값 중 Fm/Fo 값은 스트레스가 높을 때 낮아진다. Roh et al.(2018)은 절화 국화의 경우 습식수송할 때가 건식수송할 때보다 Fv/Fm값이 높았다고 보고하였다. Fv/Fm이 높다는 것은 스트레스가 상대적으로 덜 받았으며 절화수명과 관련이 있으며 스트레스를 적게 받을수록 절화수명이 길게 나타난다. Fm은 최대 형광값을 나타내며, Fo값은 처음 형광값을 나타낸다. 토경인 OS 온실의 경우 절화수명과 비례하나 양액재배 방식의 KB 온실은 절화수명과 무관하였다. 이러한 이유는 재배방식에 따른 차이라고 생각된다.

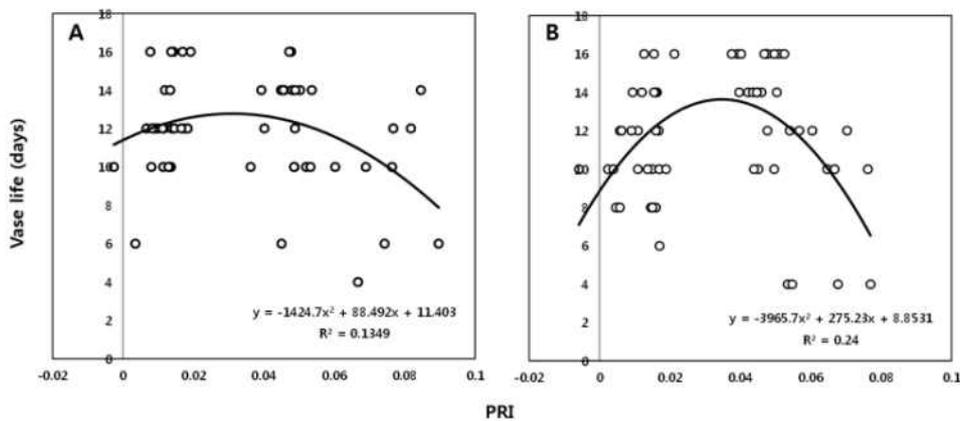


그림 132. 절화장미 '미스 홀랜드'의 온실간 월별 절화수명과 광화학반사지수(PRI)의 변화

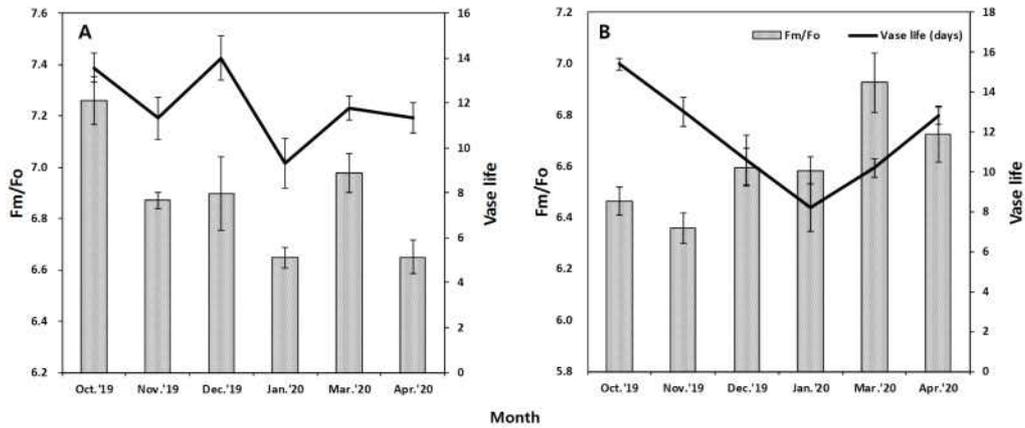


그림 133. 절화장미 '미스 홀랜드'의 온실간 월별 절화수명과 엽록소 형광값의 변화

(마) 절화수명과 생육 및 환경 요소 주성분 분석

OS 온실의 경우 7요인으로 나눌 수 있었으며, 절화수명(0.871)은 6요인에 있었다. OS 온실의 1요인은 근권온도 최고, 온도 평균, 온도 최고, 온도 일교차, 화폭, 화고, 꽃잎수이며, 2요인은 pH, EC, 잎 두께, 3요인은 꽃잎 두께, 습도 일교차, DLI, VPD 야간, L, 4요인은 b, a, 5요인은 SPAD, 경경, 생체중, 6요인은 절화수명, 습도 최고, 근권온도 최저, 7요인은 절화장이었다. KB 온실의 경우 6요인으로 나눌 수 있으며, 절화수명(0.002)은 1요인에 있다. 1요인은 생체중, 절화수명, 절화장, 꽃잎수, 화폭, 화고, 2요인 L, 3요인 a, b, 4요인 SPAD, 잎 두께, 꽃잎 두께, 경경, 5요인 DLI, 기온 일교차, 주간, 습도 일교차, VPD(최고, 야간), 근권온도 최고, 6요인 근권온도 최저였다. OS 온실의 1요인에는 환경요소, KB 온실의 1요인에는 생육요소가 많았다.

표 89. OS 온실의 생육 및 환경요소의 상관관계도표

절화수명	초장	꽃잎수	화폭	화고	L	a	b	SPAD	잎두께	꽃잎두께	경경	DLI	기온최고	기온평균	기온일교차	토양온도최고	토양온도최저	습도최고	습도일교차	VPD야간평균	Ec	pH	
절화	-0.173	-0.188	-0.217	0.141	.491*	-0.095	.236*	-0.196	.458*	.391*	0.068	.699*	-.355*	-.543*	-0.185	-.321*	-.319*	-.595*	.463*	.220*	.345*	-.223	
절화수명		0.153	0.034	0.083	0.004	-0.100	0.082	-.285*	0.073	0.022	-0.134	-0.125	0.079	.273*	.264*	0.168	0.052	.333*	.413*	0.173	0.158	-0.170	.240*
초장			0.141		-0.104	-0.034	0.006	0.141	0.138	-.430**	-0.162	-0.082	-0.172	.196*	0.188	.225*	0.042	.253*	0.105	-.215*	.296*	-.300*	.282*
꽃잎수				-0.126	-.214	-0.003	0.100	-.209*	-0.080	-0.150	-0.068	0.075	.353*	.385*	.333*	.471*	0.145	0.117	0.010	.253*	0.117	0.177	0.100
화폭					0.080	0.021	0.054	-0.004	-0.070	0.011	-0.147	-0.061	-.238*	-.257*	-0.194	-.483**	.214*	0.073	-0.005	0.082	-.286*	-.286*	0.177
화고					.224*	-0.151	0.149	.447**	.211*	.318*	0.152	-.471**	-.644**	-.446**	-.407**	-.545**	-.366**	0.032	.459*	-.455*	-.455*	-.455*	-.455*
L						0.080	0.148	-0.083	0.089	0.182	-0.031	-.383**	-0.148	-0.083	-.311*	0.095	0.064	-0.036	-.296**	-.366**	0.190	-.311*	-.311*
a							-.806**	0.008	0.118	0.124	.391*	.287*	0.099	-0.042	0.082	0.099	-0.005	-.246*	.275*	.343**	.252*	-.123	-.123
b								-0.014	-0.129	-0.099	-.369**	-.314**	-0.093	-0.100	-0.104	-.243*	-0.039	0.025	-.299**	-.204*	-.244*	-0.011	-0.011
SPAD									0.078	-0.191	.346**	.289*	0.008	-0.118	0.149	-0.083	-.267**	-.251*	.276**	.211*	0.073	0.057	0.057
잎두께										.244	.418*	0.078	-.242*	-.412**	-.303*	-0.115	-.311*	-.476**	.275*	-0.031	.532*	-.479*	-.479*
꽃잎두께											0.128	-0.134	-.344**	-.198*	-.456**	-0.079	0.067	-0.115	-0.049	-.246*	.294*	-.363*	-.363*
경경												.381**	-0.152	-.284**	-0.012	0.137	-.403**	-.589**	.384*	.282*	.532**	-0.177	-0.177
DLI													.224*	0.130	.470*	0.115	-0.122	-0.182	.891**	.689**	.285*	0.049	0.049
기온평균														.840**	.893**	.479*	0.131	.402**	.204*	.536**	-.203*	0.174	0.174
기온일교차															.742**	.695**	.351**	.699**	-0.040	.386**	-.276**	.356**	.356**
토양온도최고																.425**	-0.088	.241*	.343**	.456**	-.227*	.355**	.355**
토양온도최저																	0.132	.206*	-0.089	0.055	.295*	0.097	0.097
습도최고																		.674**	-0.188	0.049	-.280*	.200*	.200*
습도일교차																			-.317**	-0.172	-.676**	.577**	.577**
VPD야간평균																				.883**	.435**	-.245*	-.245*
Ec																					0.106	0.084	0.084
pH																						-.751**	-.751**

\*FW: fresh weight, VL: vase life, Cut flower L: cut flower length, N of petals: number of petals, L thickness: leaf thickness, P thickness: petal thickness, SD: stem diameter

표 90. KB 온실의 생육 및 환경요소의 상관관계도표

	절화수명	초장	꽃잎수	꽃폭	꽃고	L	a	b	SPAD	잎두께	꽃잎두께	경경	DLI	기온일교차	기온주간평균	습도일교차	VPD최고	VPD야간평균	토양온도최고	토양온도최저	EC	pH
절화	-190 <sup>**</sup>	.507 <sup>**</sup>	-.280 <sup>**</sup>	0.139	.514 <sup>**</sup>	-0.001	-0.125	0.152	.357 <sup>**</sup>	.325 <sup>**</sup>	0.175	.679 <sup>**</sup>	0.114	-.350 <sup>**</sup>	-.325 <sup>**</sup>	0.183	.296 <sup>**</sup>	-.590 <sup>**</sup>	-.455 <sup>**</sup>	-.342 <sup>**</sup>	.419 <sup>**</sup>	
절화수명		-.253 <sup>**</sup>	-0.115	-0.177	0.016	0.168	0.150	-.190 <sup>**</sup>	-0.006	-0.063	0.040	-.415 <sup>**</sup>	-0.051	0.068	-0.030	.223 <sup>**</sup>	.255 <sup>**</sup>	.389 <sup>**</sup>	0.069	0.036	.203 <sup>**</sup>	-0.173
초장			-.250 <sup>**</sup>	.400 <sup>**</sup>	.616 <sup>**</sup>	-0.144	-0.030	.212 <sup>**</sup>	-0.009	.189 <sup>**</sup>	0.186	.351 <sup>**</sup>	.335 <sup>**</sup>	.445 <sup>**</sup>	-.520 <sup>**</sup>	.200 <sup>**</sup>	-0.119	-0.035	-.684 <sup>**</sup>	-.688 <sup>**</sup>	-.368 <sup>**</sup>	.458 <sup>**</sup>
꽃잎수				-.044	-.470 <sup>**</sup>	-0.005	0.087	-0.048	-0.158	-0.175	-0.033	-0.085	-0.120	-.352 <sup>**</sup>	.544 <sup>**</sup>	-.328 <sup>**</sup>	-0.113	-.348 <sup>**</sup>	.321 <sup>**</sup>	.529 <sup>**</sup>	-0.165	-0.091
꽃폭					.430 <sup>**</sup>	0.035	-0.179	.301 <sup>**</sup>	-0.115	-.292 <sup>**</sup>	-0.007	-0.118	-.229 <sup>**</sup>	-0.165	-.364 <sup>**</sup>	-.438 <sup>**</sup>	-.502 <sup>**</sup>	-0.175	-.561 <sup>**</sup>	-.459 <sup>**</sup>	-0.441 <sup>**</sup>	.318 <sup>**</sup>
꽃고						0.082	-0.131	.293 <sup>**</sup>	0.061	0.114	0.021	0.117	-0.088	.211 <sup>**</sup>	-.802 <sup>**</sup>	-0.004	-0.133	0.170	-.716 <sup>**</sup>	-.727 <sup>**</sup>	-.337 <sup>**</sup>	.482 <sup>**</sup>
L							0.167	0.016	0.151	-0.042	-0.059	-0.085	-.338 <sup>**</sup>	-.230 <sup>**</sup>	-.210 <sup>**</sup>	-0.124	0.001	.194 <sup>**</sup>	-0.056	-0.014	0.082	0.027
a								-.847 <sup>**</sup>	-.280 <sup>**</sup>	0.186	0.009	-0.161	.201 <sup>**</sup>	.225 <sup>**</sup>	0.091	.278 <sup>**</sup>	0.068	-0.014	0.150	-0.042	.192 <sup>**</sup>	0.019
b									0.165	-.205 <sup>**</sup>	-0.073	0.112	-.215 <sup>**</sup>	-.202 <sup>**</sup>	-.273 <sup>**</sup>	-.335 <sup>**</sup>	-.265 <sup>**</sup>	-0.066	-.315 <sup>**</sup>	-.202 <sup>**</sup>	-.324 <sup>**</sup>	.268 <sup>**</sup>
SPAD										0.174	0.127	.450 <sup>**</sup>	-0.052	0.065	-0.162	0.113	.339 <sup>**</sup>	.429 <sup>**</sup>	-0.186	0.054	-0.085	0.008
잎두께											.292 <sup>**</sup>	.390 <sup>**</sup>	.308 <sup>**</sup>	.436 <sup>**</sup>	-0.133	.484 <sup>**</sup>	.384 <sup>**</sup>	.241 <sup>**</sup>	-0.009	-0.054	-0.041	-0.004
꽃잎두께												0.108	.254 <sup>**</sup>	.268 <sup>**</sup>	0.048	.255 <sup>**</sup>	.215 <sup>**</sup>	0.145	-0.023	0.030	-0.175	-0.179
경경													.251 <sup>**</sup>	.242 <sup>**</sup>	-0.109	.217 <sup>**</sup>	0.114	-0.038	-0.117	-0.064	-.201 <sup>**</sup>	0.140
DLI														.849 <sup>**</sup>	.299 <sup>**</sup>	.838 <sup>**</sup>	.503 <sup>**</sup>	0.181	0.049	-0.044	0.012	-0.128
기온일교차															-0.075	.889 <sup>**</sup>	.540 <sup>**</sup>	.481 <sup>**</sup>	-.253 <sup>**</sup>	-.331 <sup>**</sup>	0.020	0.155
기온주간평균																0.082	.234 <sup>**</sup>	-0.165	.771 <sup>**</sup>	.857 <sup>**</sup>	.201 <sup>**</sup>	-.804 <sup>**</sup>
습도일교차																	.722 <sup>**</sup>	.457 <sup>**</sup>	0.058	-0.083	.246 <sup>**</sup>	-.207 <sup>**</sup>
VPD최고																		.772 <sup>**</sup>	0.062	.344 <sup>**</sup>	.287 <sup>**</sup>	-.344 <sup>**</sup>
VPD야간평균																			-.361 <sup>**</sup>	-0.001	0.105	0.081
토양온도최고																				.766 <sup>**</sup>	.361 <sup>**</sup>	-.896 <sup>**</sup>
토양온도최저																						-.863 <sup>**</sup>
EC																						0.166
pH																						-.365 <sup>**</sup>

\*FW: fresh weight, VL: vase life, Cut flower L: cut flower length, N of petals: number of petals, L thickness: leaf thickness, P thickness: petal thickness, SD: stem diameter

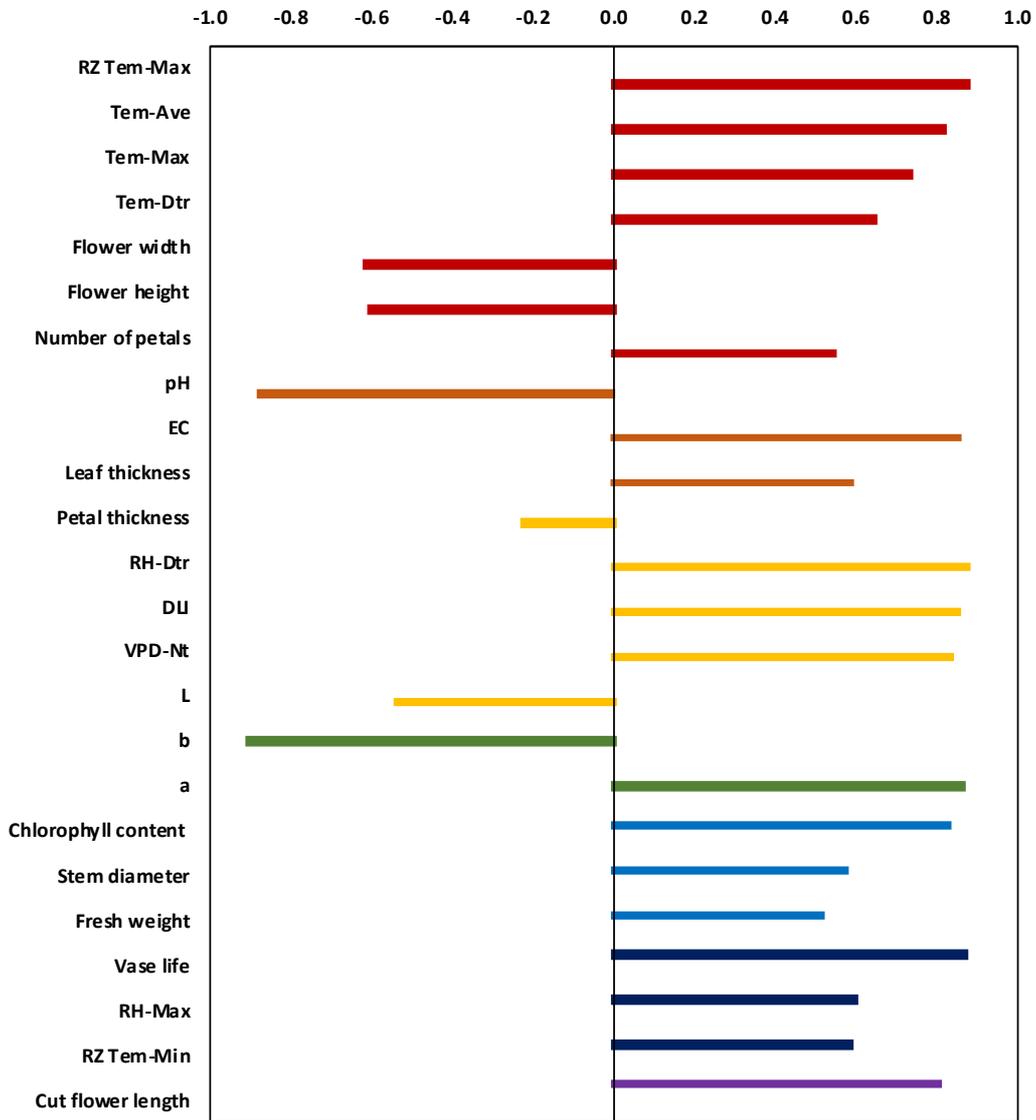


그림 134. OS 온실의 환경요인 및 절화수명의 주성분 분석  
RZ: 근권부, TEM: 온도, Nt: 야간, RH: 상대 습도(relative humidity)

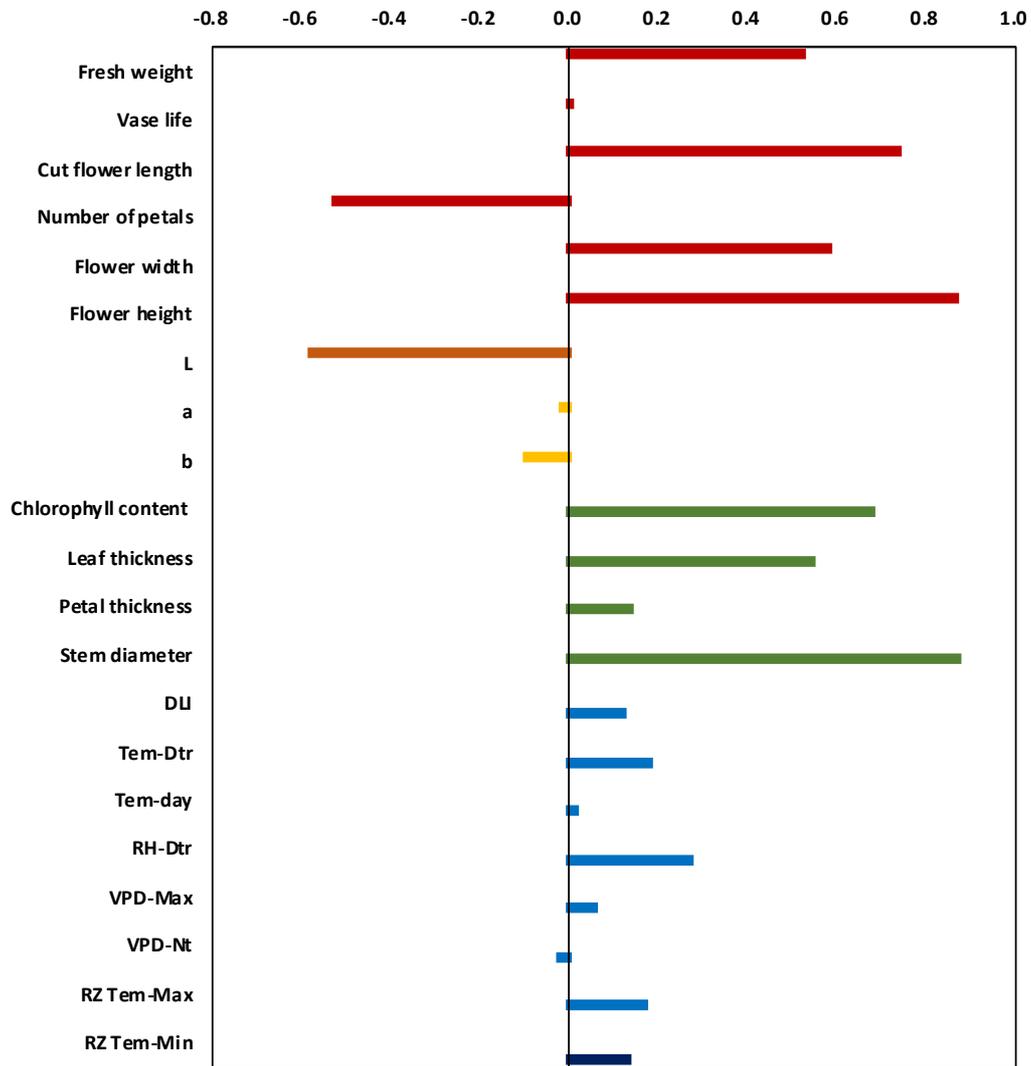


그림 135. KB 은실의 환경요인 및 절화수명의 주성분 분석  
 RZ: 근권부, TEM: 온도, Nt: 야간, RH: 상대 습도(relative humidity)

표 91. OS 온실의 R<sup>2</sup> 예측값

Model	R	R <sup>2</sup>	Revised R <sup>2</sup>	Standard error of estimate	R <sup>2</sup> variance	F variance	Significance probability F variance	Durbin-Watson
1	0.413 <sup>a</sup>	0.17	0.162	2.865	0.170	19.906	0.000	
2	0.522 <sup>b</sup>	0.273	0.258	2.696	0.102	13.514	0.000	
3	0.597 <sup>c</sup>	0.357	0.336	2.549	0.084	12.389	0.001	
4	0.645 <sup>d</sup>	0.417	0.392	2.440	0.060	9.682	0.002	
5	0.688 <sup>e</sup>	0.473	0.445	2.331	0.057	10.000	0.002	
6	0.705 <sup>f</sup>	0.497	0.464	2.290	0.024	4.350	0.040	
7	0.722 <sup>g</sup>	0.521	0.484	2.248	0.024	4.484	0.037	
8	0.738 <sup>h</sup>	0.544	0.503	2.205	0.023	4.598	0.035	2.117

표 92. KB 온실의 R<sup>2</sup> 예측값

Model	R	R <sup>2</sup>	Revised R <sup>2</sup>	Standard error of estimate	R <sup>2</sup> variance	F variance	Significance probability F variance	Durbin-Watson
1	0.415 <sup>a</sup>	0.172	0.165	3.206	0.172	22.481	0.000	
2	0.558 <sup>b</sup>	0.312	0.299	2.936	0.140	21.709	0.000	
3	0.584 <sup>c</sup>	0.341	0.322	2.887	0.029	4.667	0.033	
4	0.638 <sup>d</sup>	0.407	0.385	2.751	0.067	11.787	0.001	
5	0.665 <sup>e</sup>	0.442	0.415	2.683	0.034	6.396	0.013	
6	0.686 <sup>f</sup>	0.470	0.439	2.627	0.028	5.487	0.021	
7	0.724 <sup>g</sup>	0.524	0.492	2.501	0.054	11.633	0.001	
8	0.724 <sup>h</sup>	0.524	0.496	2.489	0.000	0.062	0.804	
9	0.717 <sup>i</sup>	0.514	0.49	2.504	-0.010	2.249	0.137	2.044

(바) 절화수명 예측

① 다중공선성과 회귀분석

VPD는 포화 수증기압과 대기의 수증기압 간의 차이를 나타내는 것으로 식물 앞에서의 증산 속도를 예측하는 데 이용된다. 포화수증기압(saturation vapor pressure, SVP)은  $SVP = 610.7 \cdot 10^{7.5T / (237.3 + T)}$ 로 구하고, SVP에서 상대습도 값에 따른 수증기압을 빼면 된다. 따라서  $VPD = SVP \cdot (1 - RH / 100)$ 로 계산한다. 그렇기 때문에 상대습도와 온도, VPD의 다중공선성을 확인하였다. KB 온실은 온도, 습도, VPD의 6개 값들(최고, 최저, 평균, 일교차, 주간, 야간)을 가지고 다중공선성 검정을 한 결과, 온도(일교차, 주간), 습도(일교차), VPD(최고, 야간)이 나왔으며, OS 온실은 기온(최고, 평균, 일교차), 습도(최고, 일교차), VPD(야간)이 나왔다.

② 예측된 절화수명과 실측된 절화수명의 비교

OS 온실에서 수확된 장미 절화의 생체중, 초장, 꽃잎수, 화폭, 화고, 화색(Hunter's value; L, a, b), SPAD, 잎 두께, 꽃잎 두께, 경경, DLI, 기온(최고, 평균, 일교차), RH(최고, 일교차), VPD(야간), 토양온도(최고, 최저), EC, pH로 회귀분석을 실시하였다. 그리고 회귀분석을 통한 모형 요약으로 요인을 알아낸 후 실측된 절화수명과 예측수명을 구하였다. 그 결과, RH(최고, 일교차), DLI, pH, Hunter b, EC, 초장, 잎 두께가 나왔으며 예측수명과 실측된 절화수명을 비교하였다. 절화수명(Y)의 예측 모델식은 아래와 같다.

$$Y = 0.848X_1 + 0.366X_2 - 0.591X_3 + 2.224X_4 - 0.171X_5 + 0.47X_6 + 0.321X_7 + 9.836X_8 - 110.219$$

( $X_1$ -  $X_8$ : RH-Max, RH-Dr, DLI, pH, b, EC, cut flower length, leaf thickness;  $R^2 = 0.544$ )

KB 온실에서 수확된 절화에 대해서도 같은 환경 및 절화 생육특성으로 회귀분석을 실시하였고, 이를 통한 모형 요약으로 요인을 알아낸 후 예측 수명을 구하였다. 그 결과, 경경, VPD 야간, 근권온도(최고, 최저), 기온(일교차), RH(일교차), VPD(최고)가 나왔으며 예측수명과 실측된 절화수명을 비교하였다. 절화수명(Y)의 예측 모델식은 아래와 같다.

$$Y = -1.291X_1 + 52.026X_2 - 0.094X_3 + 0.448X_4 - 3.84X_5 + 0.624X_6 - 8.528X_7 + 28.45$$

( $X_1$ - $X_7$ : stem diameter, VPD-Nt, RZ tem-Max, RZ tem-Min, Tem-Dtr, RH-Dtr, VPD-Max;  $R^2 = 0.5243$ )

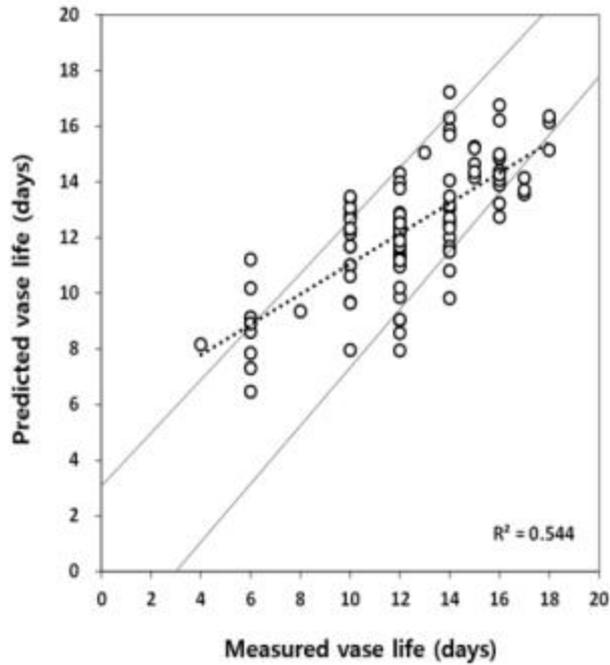


그림 136. 온실에서 수확된 절화장미 '미스 홀랜드'의 실측된 절화수명 및 예측 모델식  
 $Y=0.848X_1+0.366X_2-0.591X_3+2.224X_4-0.171X_5+0.47X_6+0.321X_7+9.836X_8-110.219$   
 ( $X_1$ -  $X_8$ : RH-Max, RH-Dtr, DLI, pH, b, EC, cut flower length, leaf thickness;  
 $R^2=0.544$ )

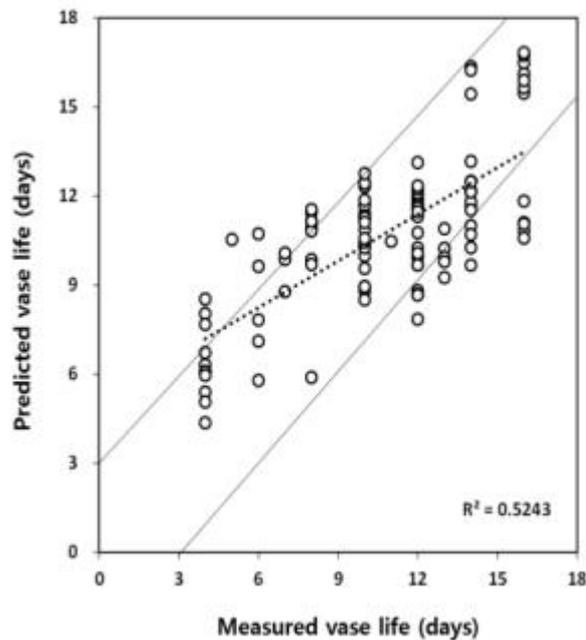


그림 137. 온실에서 수확된 절화장미 '미스 홀랜드'의 실측된 절화수명 및 예측 모델식  
 $Y=-1.291X_1+52.026X_2-0.094X_3+0.448X_4-3.84X_5+0.624X_6-8.528X_7+28.45$   
 ( $X_1$ - $X_7$ : stem diameter, VPD-Night, RZ tem-Max, RZ tem-Min, Tem-Dtr, RH-Dtr,  
 VPD-Max;  $R^2=0.5243$ )

(4) 결 론

OS 온실의 근권 온도가 완만하게 나타난다. 토경재배로 연중 근권 온도 변화가 적은 것으로 생각된다. KB 온실은 배지가 위에 노출되어 있어 사방에서의 열 변화를 따라가며 기온의 영향을 크게 받게 된다(Min et al., 2020). 그렇기 때문에 온도의 영향과 더불어 OS 온실의 기온이 완만하게 나타난다. 그러나 습도는 OS 온실이 최고습도가 높게 측정되었다. 토경재배로 토양 표면에서 온도에 따른 증발이 많기 때문이라 생각이 된다. 상대습도가 높을 때 절화수명이 낮게 나타난다는 보고들(Mortensen and Gislerød, 1999; Fanourakis et al., 2012)과는 다르게 나타났다. 이러한 이유는 농가의 환경뿐만 아니라 품종에 따른 차이로 생각된다. 엽록소 형광값은 같은 품종이어도 다른 결과값을 얻었다. 다른 토양처리를 한 실험에서 동일한 품종으로 하여도 결과값이 다르게 나타났다(Rafique et al., 2019). 토경재배의 경우 RH, EC 및 pH가 중요하다. 그렇기 때문에 토양의 경우 온도 변화가 적은 만큼 공중 습도관리를 철저히 하여야 한다. 양액 재배의 경우, 근권온도가 중요함으로 급액 및 온도 관리를 철저히 하여야 한다. 재배법에 따라 온도 및 습도의 중요성이 다르며 그에 따른 관리를 하여야 한다.

4. 내수형 스탠다드 장미 스마트팜 최적재배법 모델 및 매뉴얼 개발

가. 영남지역 장미 스마트팜 영농기법 모델화 매뉴얼(농가 배포 매뉴얼 내용)

(1) 스마트팜의 정의

(가) 스마트팜의 정의

- ① 정보통신 기술(ICT)을 농업생산 현장에 접목하여 원격으로 작물/가축/어류의 생육 환경을 실시간 계측하고 관리자의 목적에 부합하도록 편리하고 효율적으로 관리할 수 있는 농장
- ② PC 또는 모바일을 통해 온실의 온도, 습도, 이산화탄소 등을 모니터링하고 창문 및 커튼 개폐, 영양분 공급 등을 원격 자동으로 제어하여 작물의 최적 생육환경을 유지 관리할 수 있는 농장

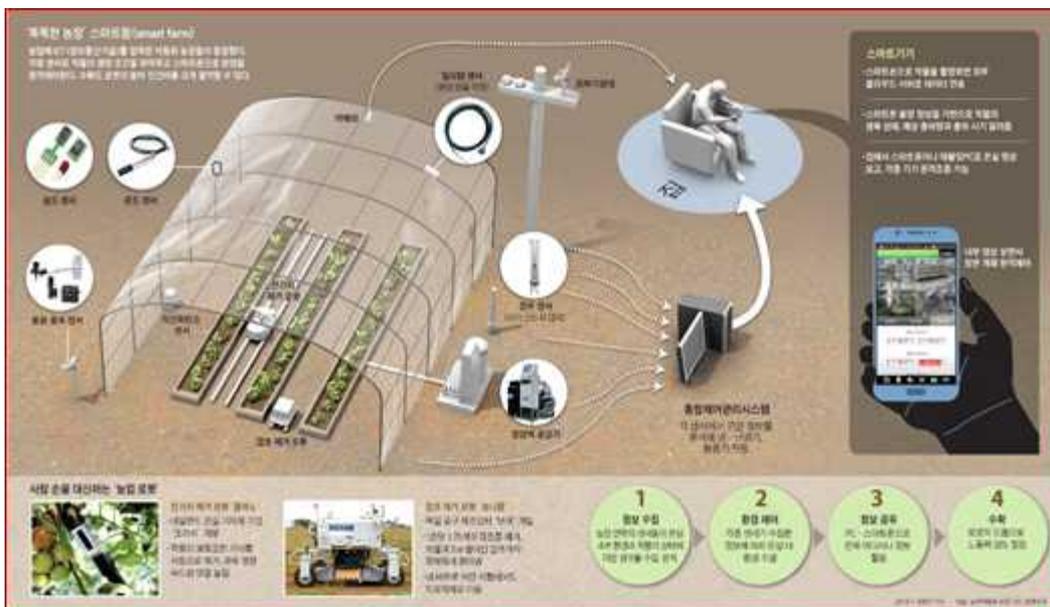


그림 138. 스마트팜의 구조도

(나) 스마트팜의 세대별 특성

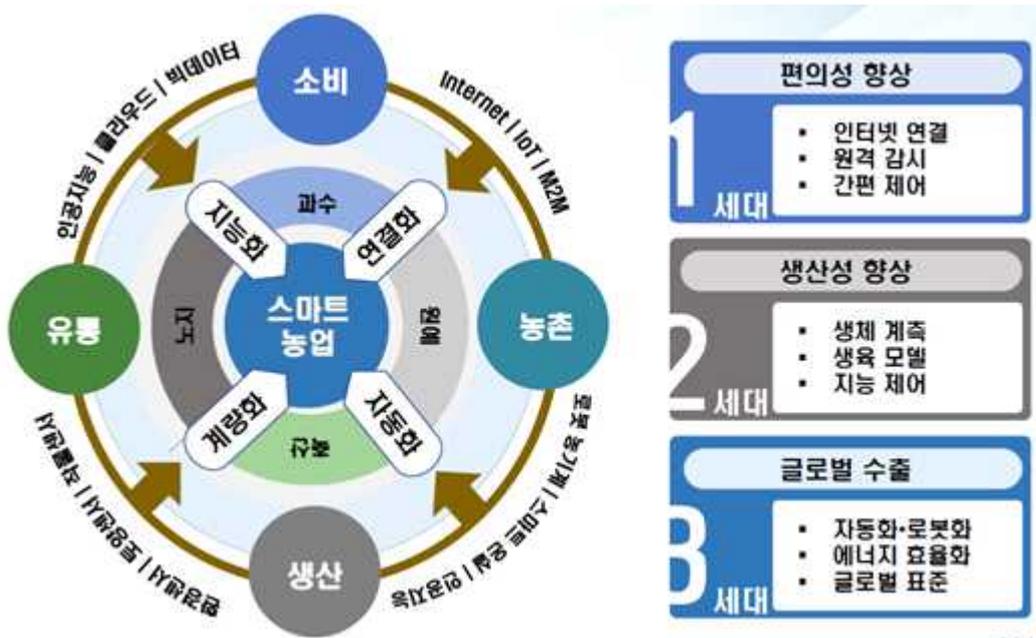


그림 139. 스마트팜의 구조 및 세대별 특성

- ① 1세대 스마트팜 : 원격감시와 원격제어를 통한 원격제어 중심 편의성 향상
- ② 2세대 스마트팜 : 빅데이터와 인공지능을 활용한 지능형 환경제어
- ③ 3세대 스마트팜 : 자동화와 로봇화를 통해 무인화/글로벌 표준화를 통해 해외수출

(2) 장미 시설재배 현황(영남 지역)  
 (가) 절화장미 생산농가 수 및 재배면적

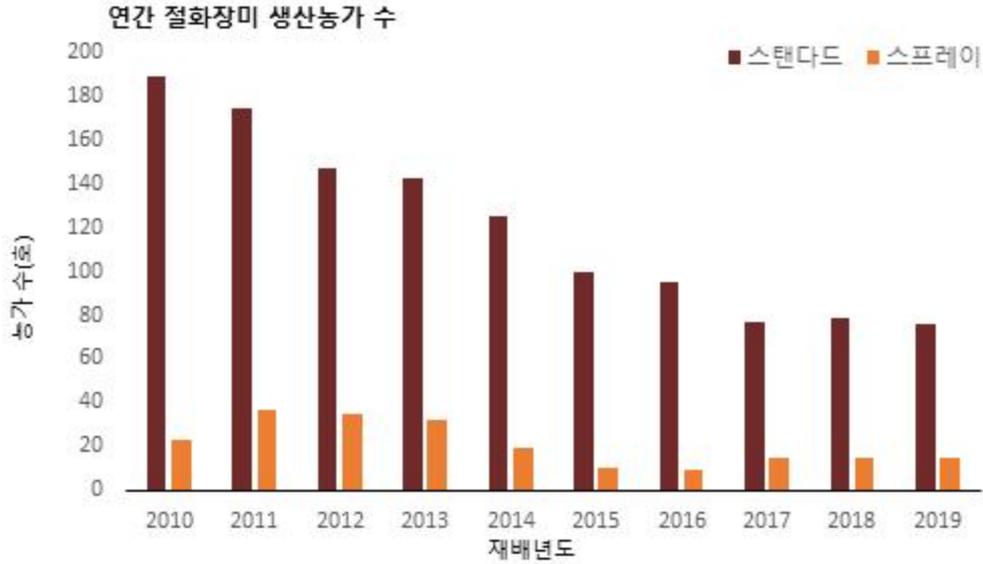


그림 140. 재배년도별 절화장미 생산농가 수



그림 141. 재배년도별 절화장미 재배면적

최근 10년간 영남지역의 절화장미는 스탠다드가 대부분이며 점차 재배면적 및 농가수가 줄어들고 있음

(나) 절화장미 판매액 및 판매량

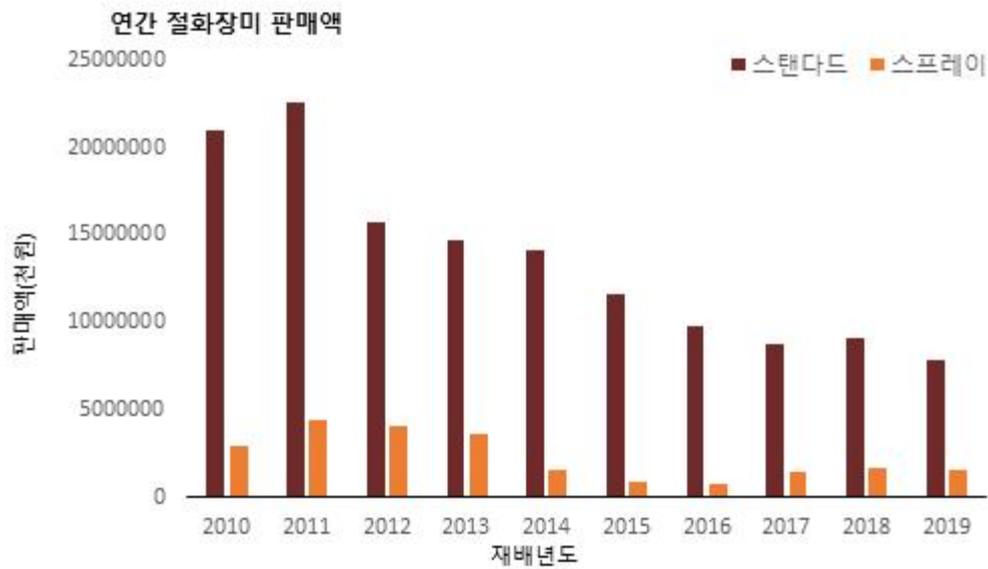


그림 142. 재배년도별 절화장미 판매액

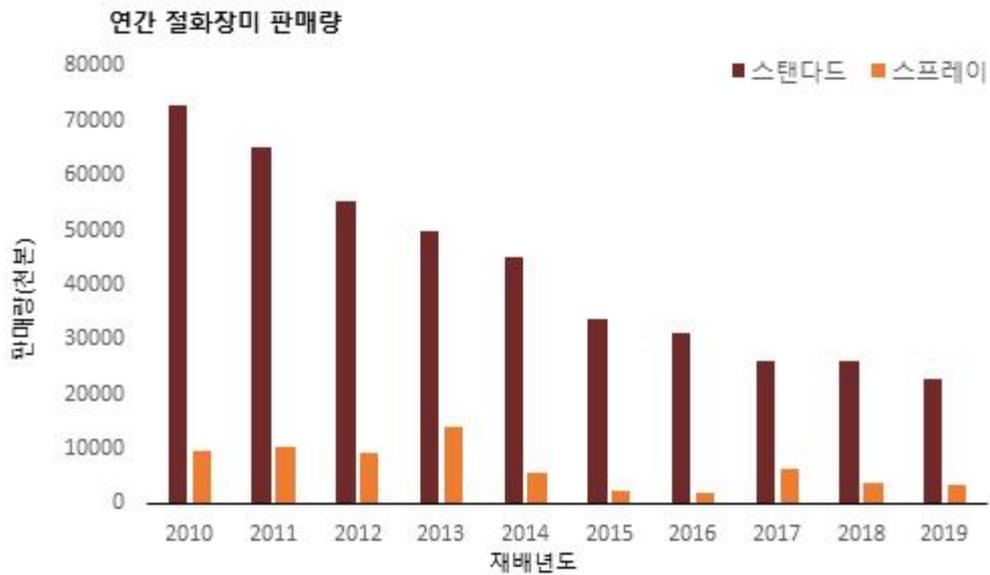


그림 143. 재배년도별 절화장미 판매량

최근 10년간 영남지역 절화장미의 생산액 및 판매량은 스탠다드 장미가 대부분을 차지함

(다) 절화장미 농가당 재배면적 및 판매액



그림 144. 재배년도별 농가당 절화장미 재배면적



그림 145. 재배년도별 농가당 절화장미 판매액

최근 10년간 영남지역 스프레이 절화장미의 생산은 2013년 이후 크게 줄어들었으나, 조금씩 규모가 다시 커지고 있음

(라) 장미 재배시설 현황

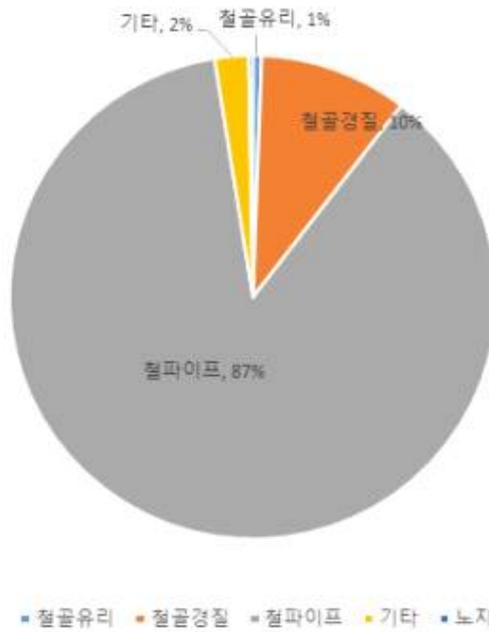


그림 146. 2019년 화훼 재배시설 현황

2019년 화훼 재배시설은 철파이프 87%>철골경질 10%>기타 2%>철골유리 1%>노지 0%

(마) 화훼 재배유형 현황

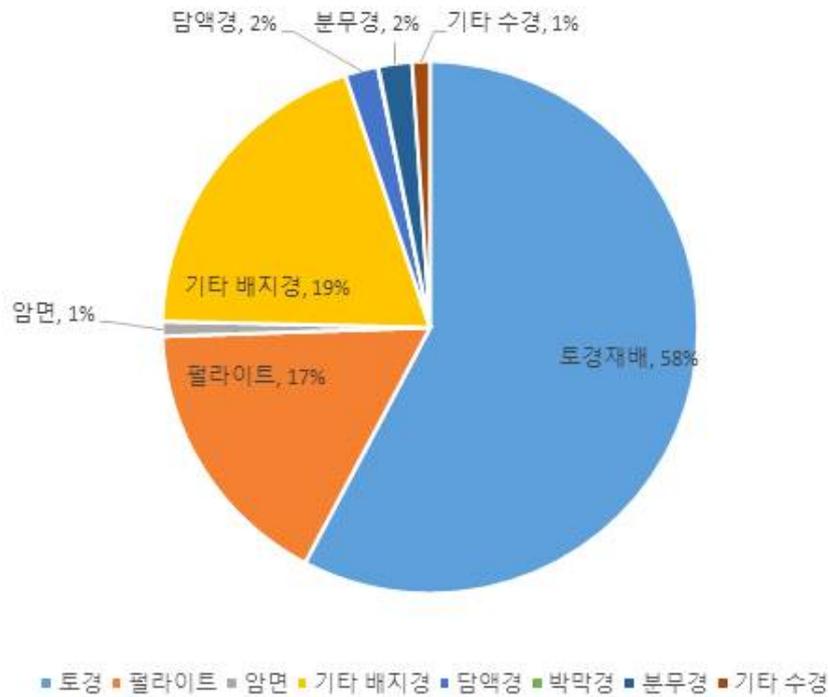


그림 147. 2019년 화훼 재배유형 현황

토경재배 58%>기타 고형배지경 19%>펄라이트 17%>담액경(DFD) 2%>분무경 2%>암면 1%>기타 양액경 1%>박막경 0%로 나타남

(바) 현 장미 스마트팜 시설



그림 148. 온실 내부에 설치된 환경 센서 및 CCTV

현재 영남 지역 장미 스마트팜 농가는 원격 감시 및 제어가 가능한 1세대 스마트팜 수준임

(3) 장미 1세대 스마트팜 실증

(가) 장미 스마트팜 구성요소

표 93. 현장 실증용 1세대 스마트팜 환경 센서 설치 목록

설치 위치	온도 센서	습도 센서	광 센서	토양 온도 센서	토양 수분 센서	토양 EC
시설 내부	3	3	3	3	3	3
시설 외부	1	1	1	-	-	-
합 계	4	4	4	3	3	3



그림 149. 1세대 장미 스마트팜 시설 내/외 환경센서

(나) 장미 스마트팜 환경비교

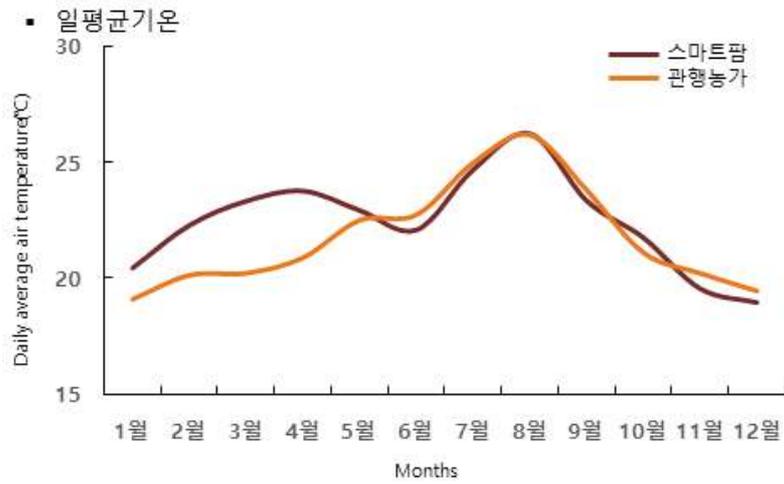


그림 150. 농가별 연중 일평균기온 비교

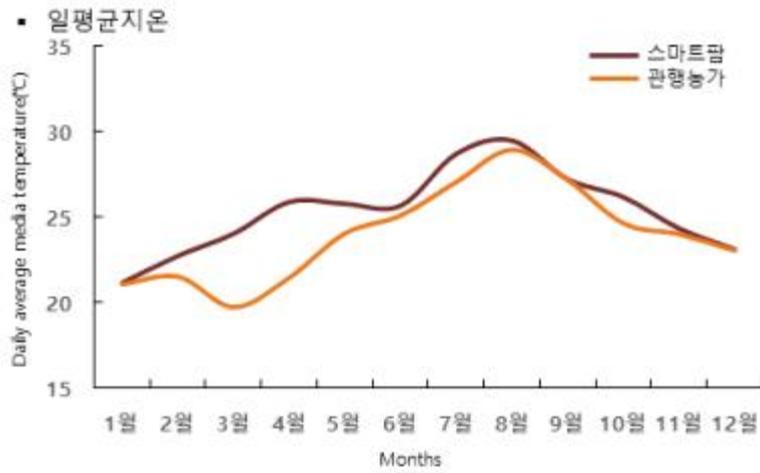


그림 151. 농가별 연중 일평균지온 비교

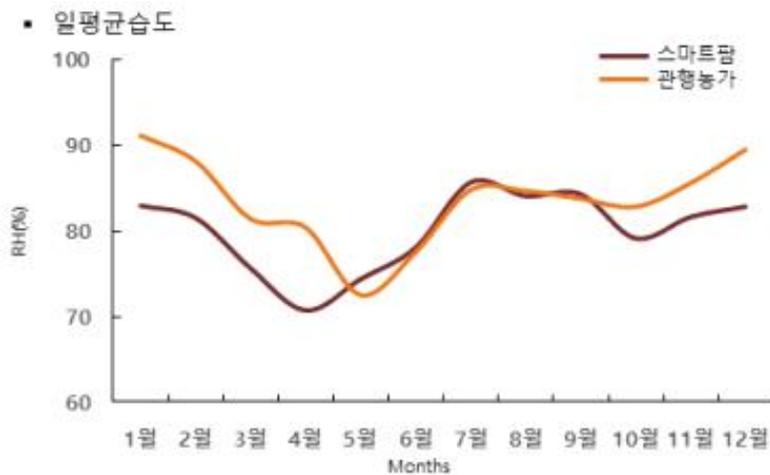


그림 152. 농가별 연중 일평균습도 비교



그림 153. 농가별 연중 일평균VPD 비교

1~4월에 스마트팜이 관행농가에 비해 낮게 유지되며, 따라서 VPD는 더 높아짐

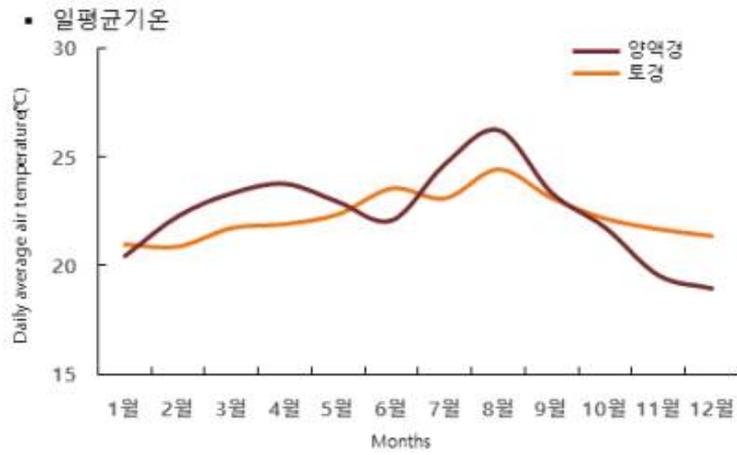


그림 154. 재배방식별 연중 일평균기온 비교



그림 155. 재배방식별 연중 일평균지온 비교

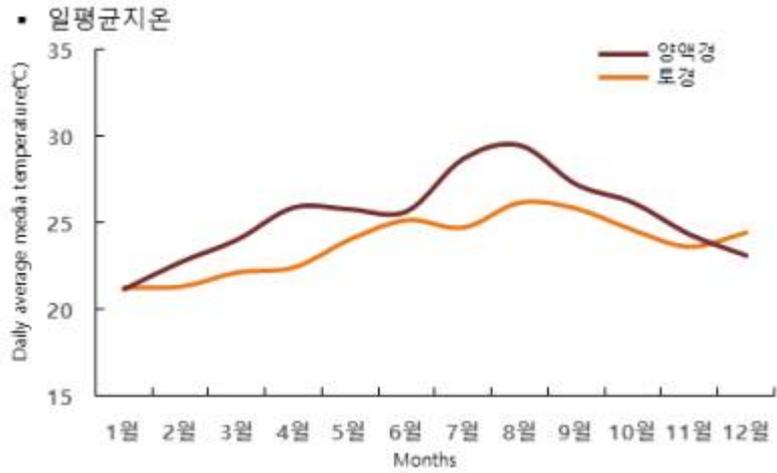


그림 156. 재배방식별 연중 일평균지온 비교

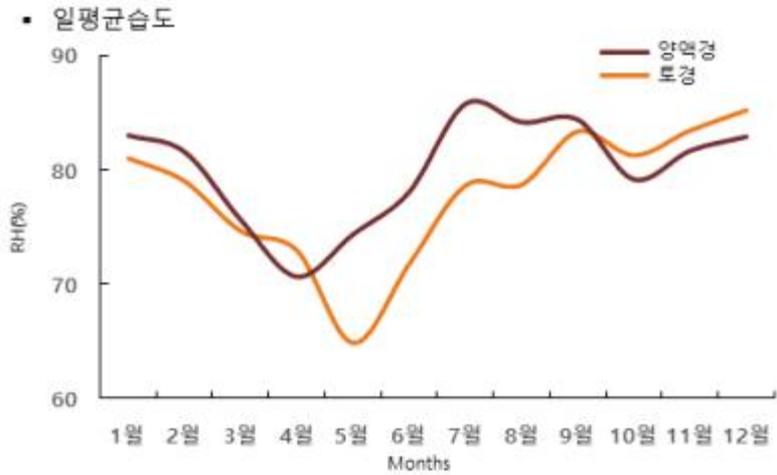


그림 157. 재배방식별 연중 일평균습도 비교

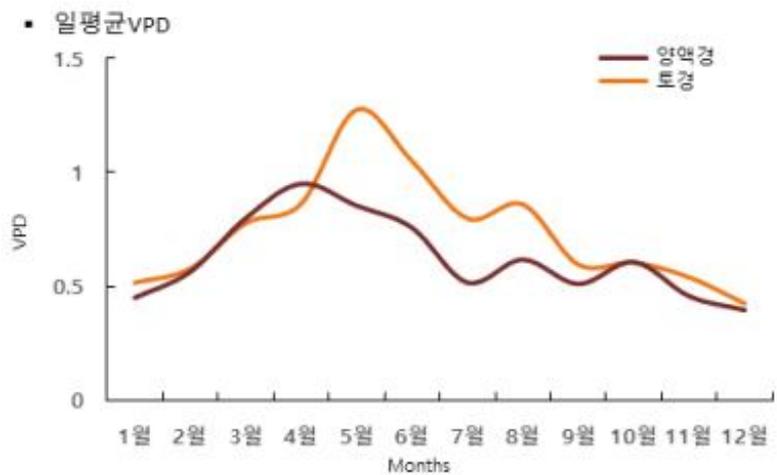


그림 158. 재배방식별 연중 일평균VPD 비교

5~8월의 더운 시기에 양액경이 토경에 비해 더 습도가 높아지며, 따라서 VPD는 더 낮아짐

(4) 장미 스마트팜 영농기법 모델화

(가) 환경 정보 표준화

표 94. 환경정보 수집 항목 및 주기

구분	수집항목	조사간격	비고
외부환경	일사량, 온도, 습도 등	10분	
내부환경	일사량, 일장, 온도, 습도 등	10분	환경센서 이용 자동수집
토양환경	지온, 수분함량, EC, pH 등	10분	

(나) 생육 정보 수집 표준화

○ 생육 정보 수집 항목 및 주기

- 생육특성(신초 발아수/발아소요일수, 신초길이 등), 개화특성(소요일수, 꽃 크기, 화색 등), 절화특성(절화장, 수명 등)

표 95. 장미 스마트팜 빅데이터 구축을 위한 생육정보 입력 양식 및 자료 수집 예시

농가명	조사일 (년월일)	개체번호	신초수 (개)	신초발아수 (일)	신초장 (cm)	개화기 (일)	개화소요일수 (일)	화색 (Lab)	꽃잎크기 HxL (mm)	꽃잎수 (매)	절화길이 (cm)	절화무게 (g)	절화수명 (일)
○○○	2020-00-00	1	3	7	80	10.1	38	3L8a 9b	45x 35	56	75	12	8

(다) 생육 정보 수집 및 주기 표준화

표 96. 생육 정보 수집 항목

구분	수집항목	단위	조사주기	측정방법
생육특성	신초발아수	개	1회/주기	수확/절곡 후 1cm 이상 발아한 신초수
	발아소요일수	일	1회/주기	수확/절곡 후 신초 발아까지 일수
	신초장	cm	1회/주	주당 발아신초의 평균 길이
	엽수	개	1회/주	신초에서 전개된 잎의 수
개화특성	개화시	월/일	1회/주기	첫 꽃이 개화한 날
	개화기	월/일	1회/주기	40% 정도 개화한 날
	개화소요일수	일	1회/주기	수확/절곡 후 개화기까지의 일수
	화색	-	1회/주기	개화한 꽃의 색(칼라차트 활용)
	개화수	개	1회/주기	개화 시 단계에서 절화가능 신초수

	꽃의 크기	cm	1회/주기	개화한 꽃의 평균 폭과 길이
	꽃자루 길이	cm	1회/주기	최상위 엽에서부터 총포 아래까지의 길이
	꽃잎수	개	1회/주기	개화한 꽃의 평균 꽃잎수
질화특성	질화장	cm	수확시	채화한 질화의 길이
	질화중	g	수확시	채화한 질화의 무게
	질화수명	일	수확시	채화 후 위조될 때까지의 일수

(라) 농가 재배관리 정보 수집 항목 표준화

표 97. 농가 재배관리 정보 수집 항목

수집항목	조사방법	조사주기
품종명	재배품종의 명칭	수시 (사유발생시)
정식일	본포에 정식한 날짜(년/월/일)	
재식주수	m <sup>2</sup> 당 정식한 개체 수	
재배방식	토경/토경관비/양액재배로 구분하여 표기	
보광방식	광원, 보광 강도와 시간	
수확/절곡 주기	연간 수확/절곡 시기(년/월/일)	

(마) 장미 스마트팜 환경 안정성 평가

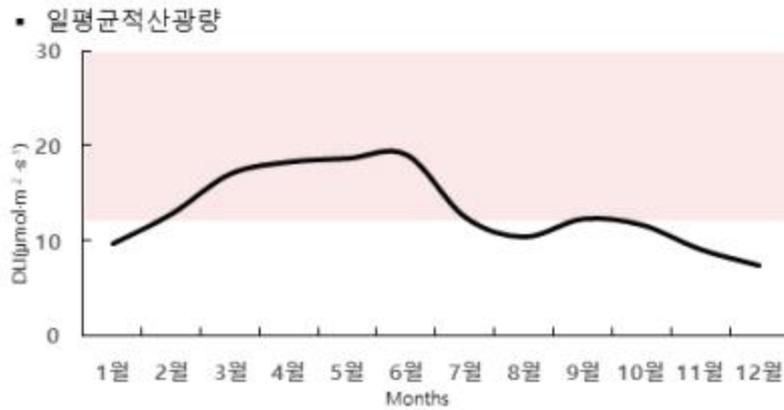


그림 159. 장미 스마트팜의 일평균적산광량 적정환경 비교

- 적정 일평균적산광량 : 13~30 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>
- 일평균적산광량은 겨울에 적정치에 미달하므로 보광이 필요

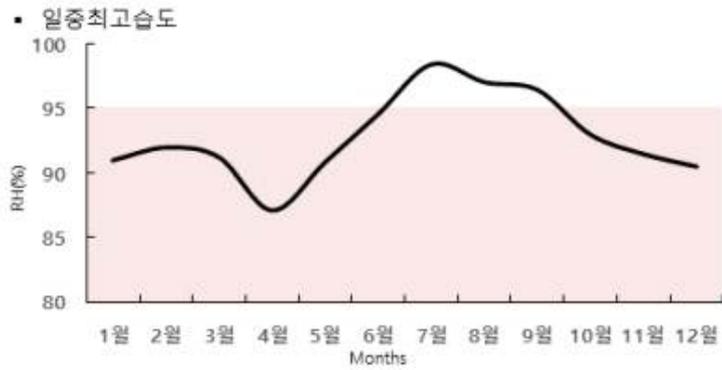


그림 160. 장미 스마트팜의 일중최고습도 적정환경 비교

- 적정 일중최고습도 : 95% 이하
- 일중최고습도는 여름 장마철을 제외하면 적정치를 유지

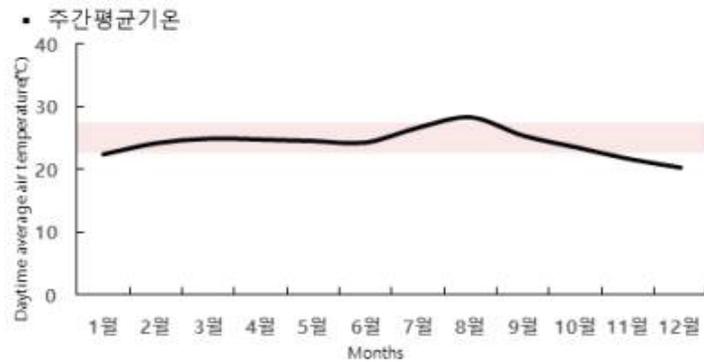


그림 161. 장미 스마트팜의 주간평균기온 적정환경 비교

- 적정 주간평균기온 : 24~27°C
- 주간평균기온은 겨울 일부를 제외하면 적정치에 해당함

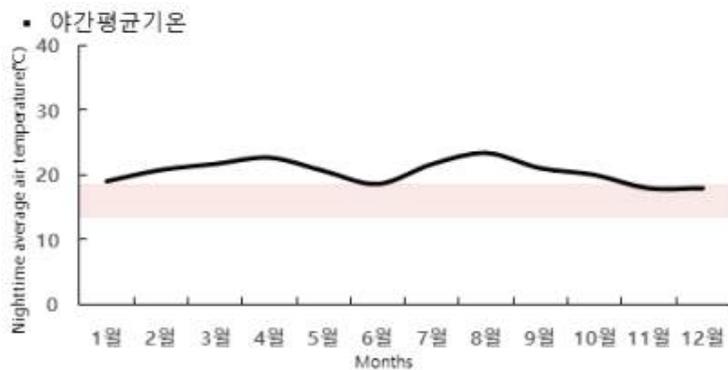


그림 162. 장미 스마트팜의 야간평균기온 적정환경 비교

- 적정 야간평균기온 : 15~18 °C
- 야간평균기온은 적정치에 근사하나 초과하기 때문에 냉방이 필요



그림 163. 장미 스마트팜의 주야간 온도 일교차 적정환경 비교

- 적정 주야간 온도 일교차 : 10°C 내외
- 주야간 온도 일교차는 겨울 일부를 제외하면 적정치를 유지

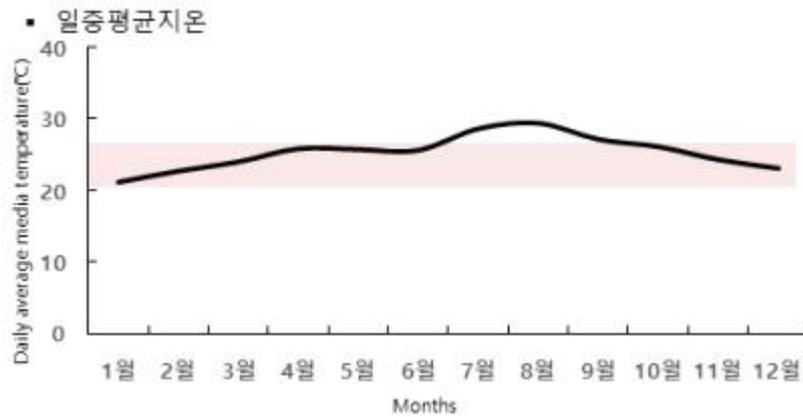


그림 164. 장미 스마트팜의 일중평균지온 적정환경 비교

- 적정 일중평균지온 : 20~25°C
- 일중평균지온은 여름 일부를 제외하면 적정치를 유지

(5) 기대효과

- 스마트팜 기술 경쟁력 향상, ICT 산업의 동반 성장 가능으로 민간 시대 확대 : 센서, 부품 생산업체 활성화
- 데이터 기반 빅데이터 분석 및 복합환경조절제어 스마트팜 확대로 국내 장미 생산기반 유지 및 수입 절화와의 품질 경쟁 우위 선점
- 이외 기타 화훼작물의 ICT 융복합 스마트팜 확산 기여 : 절화 →분화, 실내 생산
- 장미 화훼 스마트팜 조기 도입 및 전환 가속도 : 관행 → 1세대 → 2세대 스마트팜 등
- ICT융복합 정밀 복합환경 제어 방식의 스마트팜 확대에 따른 재배 위험요소 감소와 생산 편의성 향상으로 농업 참여 인구 증가, 특히 청년일자리 창출 기회 제공
- 스마트팜 조기 확산은 개방화, 고령화 등 국내 화훼 농업의 구조적 문제 →투자위축 →농업 성장, 소득, 수출 정체 → 화훼산업의 성장 모멘텀 약화 문제를 ICT 기술로 해결 가능

5. 내수형 스탠다드 장미 스마트팜 모델 매뉴얼 현장 보급

가. 영남지역 장미 스마트팜 영농기법 모델화 매뉴얼 보급 현황

이번에 발간된 매뉴얼을 영남지역의 장미 농가 45개와 농업기술원, 농업기술센터 등에 배부하였다. 경북 성주군의 장미 농가에서 스마트팜에 대한 문의를 해와 상담을 실시하였고, 본 과제의 연구 시설에 스마트팜 시스템을 설치했던 업체와의 상담을 주선하였다.

표 98. 매뉴얼 보급 농가 목록

No.	성함	주소	No.	성함	주소
1	강○규	경남 김해시 ○○면	26	서○재	경북 고령군 ○○면
2	신○근	경남 김해시 ○○면	27	전○권	경북 고령군 ○○면
3	백○현	경남 김해시 ○○면	28	이○기	경북 고령군 ○○면
4	신○화	경남 김해시 ○○면	29	신○만	경북 고령군 ○○면
5	이○복	경남 김해시 ○○면	30	문○우	경북 고령군 ○○면
6	안○윤	경남 김해시 ○○면	31	표○운	경북 고령군 ○○면
7	권○환	경남 김해시 ○○면	32	이○권	경북 고령군 ○○면
8	장○창	경남 김해시 ○○면	33	김○태	경북 영천시 ○○면
9	김○호	경남 김해시 ○○면	34	송○호	경북 영천시 ○○면
10	조○준	경남 김해시 ○○면	35	김○도	경북 영천시 ○○면
11	김○호	경남 김해시 ○○면	36	양○준	경북 경산시 ○○동
12	주○연	경남 김해시 ○○면	37	김○석	경북 경산시 ○○동
13	김○수	경남 김해시 ○○면	38	원○해	경북 경산시 ○○읍
14	주○택	경남 김해시 ○○면	39	원○택	경북 경산시 ○○읍
15	김○종	경남 김해시 ○○면	40	김○욱	경북 경산시 ○○읍
16	장○미	경남 김해시 ○○면	41	홍○학	경북 상주시 ○○면
17	조○일	경남 김해시 ○○면	42	김○근	경북 김천시 ○○읍
18	김○철	경남 김해시 ○○면	43	김○명	경북 김천시 ○○면
19	천○자	경남 김해시 ○○면	44	박○술	경북 김천시 ○○면
20	민○식	경남 김해시 ○○면	45	나○택	경북 성주군 ○○면
21	이○준	대구시 달성군 ○○읍 ○○리	46	안○춘	창원화훼연구소(경남농기원)
22	이○희	경북 경산시 ○○동	47	김○태	구미화훼연구소(경북농기원)
23	김○수	경북 고령군 ○○면	48	김○태	김해시농업기술센터
24	이○해	경북 고령군 ○○면	49	오○화	고령군농업기술센터
25	전○두	경북 고령군 ○○면	50	이○주	경산시농업기술센터

나. SNS 'BAND'를 이용하여 영남지역의 장미농가들과 정보 제공 및 피드백을 통해 협의체를 구축하였다.



그림 165. BAND'를 이용한 영남지역 장미 스마트팜 농가와의 협의체 구축

## 제4장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

### 제1절 정성적 성과목표 달성도

구분	당초 목표	가중치 (%)	개발 내용	달성도 (%)
1차년도 (2018)	· 장미 스마트팜 권역별 선도농가 선정	10	· 선도농가 선정 세부기준 전문가 검토 및 사전 농가 동의 확보 · 8개소(중북부 4, 호남 2, 영남 2)	100
2차년도 (2019)	· 생산관리 영농기법 기술적 분석	20	· 통합형 표준분석표 제시 · 전문가 사전·사후 검토 여부	100
	· 선도농가 스마트팜 핵심기술 도출	20	· 표준분석표 DB 요인분석 실시 유무 · 스마트팜 최적재배기술 전문가 분석	100
3차년도 (2020)	· 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼 개발	20	· 영농기법 모델화 매뉴얼 작성 유무	100
	· 매뉴얼 검증 및 보완	10	· 농가 대상 매뉴얼 검증 및 보완 유무	100
	· 매뉴얼 현장조기 보급 체계 구축	20	· SNS 구축 혹은 활용 유무 · 장미농가 100개소 매뉴얼 보급	100

### 제2절 정량적 성과목표 달성도

성과지표명	성과목표							가중치 (%)	실적	달성도 (%)
	1차년도	2차년도	3차년도	종료 1차년도	종료 2차년도	종료 3차년도	최종 목표			
논문(비SCI)		3	3				6		7	116
논문(SCI)			3				3		4	130
학술발표		6	6	1	1		14	20	18	128
교육지도	10	20	30	5	5	5	75	30	112	149
인력양성		1	1				2	10	2	100
기술이전			1				1	5	1	100
정책활용			1				1	15	1	100
기타(매뉴얼보급)			100				100	20	387	387

### 제3절 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책 : 해당 없음

## 제5장 연구결과의 활용 계획

1. 절화 장미 스마트팜 영농기법 모델화 및 매뉴얼 개발로 현장화로 과학영농 점진적 확대
  - 전국 권역화 : 중북부지역, 호남지역, 영남지역
  - 절화유형 요소 : 스탠다드(중북부, 영남), 플로리반다(전국), 스프레이(호남)
  - 출하시장 요소 : 내수용(중북부, 영남), 수출용(중북부, 호남)
2. 절화 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼의 장미농가 현장 조기 보급 가능
  - 지역 선도농가 구축 : 8개소(중북부지역 4, 호남지역 2, 영남지역 2)
  - 매뉴얼 보급방식 : SNS 밴드 '화훼기술공감' 활용, 농가 현장 방문 및 컨설팅 활용
  - 매뉴얼 보급 농가수 : 387개소 보급으로 전국 장미 전체농가(523개소) 대비 74%
3. 절화 장미 스마트팜에 적합한 ICT 장비 민간 정보제공 및 내구성 센서 개발 확산
  - 플라스틱하우스 환경(고온, 다습 등)에서 장기간 내구성 높은 센서와 시스템 개발 추진
  - 스마트팜 도입 장애요인 중 잦은 고장(16%)에 대한 문제점 조기 해결 가능
4. 관행 절화 장미 농가의 스마트팜 조기 도입 기회 제공
  - 타 작목 스마트팜 도입 소득증대 효과 : 토마토 13.2%, 딸기 21.5%, 참외 15.3%
  - 절화 장미 스마트팜 도입 효과 : 생산성 15~20%, 소득 증대 10% 이상 예상
5. 연구결과는 정책활용, 기술보급, 학술발표와 논문 게재에 활용 가능

## 제6장. 연구개발성과의 보안등급

보안 등급 분류	보안	일반
결정 사유	「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의 4에 해당하지 않음	

## 제7장. 국가과학기술지식정보서비스에 등록된 연구시설·장비 현황

해당 없음



3. 논문 : 11건

No	논문명	학술지명	주저자명	호	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)	게재일
1	Applying the Shoot Growth Model to Cut Roses Grown at High Temperature	Flower Research Journal	Hyung Bin Park	27(1)	한국화훼학회	비SCI	2019.03
2	수출 절화장미의 잿빛곰팡이병 억제를 위한 이산화염소의 꽃목침지처리 효과	Flower Research Journal	이영분	27(1)	한국화훼학회	비SCI	2019.03
3	장미 스마트팜과 관행농가의 재배환경 및 절화품질 비교	Flower Research Journal	최소영	27(2)	한국화훼학회	비SCI	2019.06
4	A trend analysis of floral products and services using big data of social networking services	Journal of People, Plants, and Environment	Sin Young Park	22(5)	(사)인간 식물환경학회	비SCI	2019.10
5	ClO <sub>2</sub> dipping treatment inhibits gray mold of cut rose flowers during storage	The Horticulture Journal	Young Boon Lee	89(4)	일본원예학회	SCI	2019.10
6	Heat stress to the developing floral buds decreases the synthesis of flowering pigments and scent compounds in the rose petals	Acta Horticulturae	Je Yeon Yeon	1291	ISHS	SCI (SCOPUS)	2020.10
7	Development of a Cut Rose Longevity Prediction Model Using Thermography and Machine Learning	Horticultural Science and Technology	Je Yeon Yeon	38(5)	한국원예학회	SCI	2020.10
8	여름철 장미 수출 환경에서 황금 추출물의 절화보존제 대체 효과	Flower Research Journal	이영분	28(3)	한국화훼학회	비SCI	2020.09
9	절화장미의 재배 방식에 따른 스마트 온실의 환경 특성 분석	Flower Research Journal	민상윤	28(4)	한국화훼학회	비SCI	2020.12
10	호남지역 스프레이 절화 장미 스마트팜의 계절에 따른 절화품질 비교	Flower Research Journal	김현경	28(4)	한국화훼학회	비SCI	2020.12
11	Effects of Supplemental Lighting with High-Pressure Sodium or Plasma Lamps on Quality and Yield of Cut Roses	Horticultural Science and Technology	이민정	39(1)	한국원예학회	SCI	2021.02



#### 4. 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼 제작 및 보급 : 3건 387 농가 보급



중북부지역 장미 스마트팜 매뉴얼 제작



호남지역 장미 스마트팜 영농기법 모델화 매뉴얼 제작



영남지역 장미 스마트팜 영농기법 모델화 매뉴얼 제작

5. 교육지도 목록(112건)

번호	일시	컨설팅명	실행기관	장소
1	2018.10.18	수출용 절화장미 재배환경 및 수확 후 관리 실태에 따른 절화수명 포텐셜 감소	단국대	최○식 농가 (전남 강진군)
2	2018.11.01	농가 수익성 향상을 위한 장미 재배방법 및 품종 트렌드 교육	영남대	신○화 농가 (경남 김해시)
3	2018.11.12	장미 스마트팜 시설 내 재배환경 측정 센서 위치 확인 및 양액 관리 중요성	서울시립대	이○덕 농가 (경기도 고양시)
4	2018.11.12	장미 스마트팜 시설 내 재배환경에 따른 품질 차이	서울시립대	이○순 농가 (경기도 고양시)
5	2018.11.12	장미 스마트팜 시설 내 재배환경 관리 중요성	서울시립대	이○세 농가 (경기도 고양시)
6	2018.10.16	Best farmer 영농기법을 위한 스마트팜 시설 재배환경 관리 교육	단국대	정○용 농가 (전북 장수군)
7	2018.09.28	장미 스마트팜 시설 내 재배환경 정밀 센싱 및 제어의 필요성	서울시립대	임○완 농가 (경기도 고양시)
8	2018.11.12	장미 스마트팜 시설 내 환경 센서 위치 확인 및 이용 효율	서울시립대	임○완 농가 (경기도 고양시)
9	2018.11.16	장미농가 복합환경 제어를 위한 센서 작동 여부 점검 및 교육	영남대	이○준 농가 (대구시 달성군)
10	2018.11.12	장미 스마트팜 시설 내 환기 및 보광의 효과 및 필요성	서울시립대	김○란 농가 (경기도 고양시)
11	2018.10.30	수출용 절화장미 재배환경 및 수확 후 관리 실태에 따른 절화수명 포텐셜 감소	단국대	방○철 농가 (전남 강진군)
12	2018.11.16	장미농가 복합환경 제어를 위한 센서 작동 여부 점검 및 교육	영남대	신○화 농가 (경남 김해시)
13	2018.11.16	장미농가 복합환경 제어를 위한 센서 작동 여부 점검 및 교육	영남대	이○준 농가 (대구시 달성군)
14	2019.01.23	장미 스마트팜 시설 내 재배환경 측정 데이터를 이용한 환경 조절 요령	서울시립대	이○덕 농가 (경기도 고양시)
15	2019.01.24	스마트팜 시설의 절화 생육 환경 관리 교육	단국대	정○용 농가 (전북 장수군)
16	2019.02.20	장미 스마트팜 시설 내 보광효과 및 필요성	서울시립대	이○세 농가 (경기도 고양시)
17	2019.02.20	장미 스마트팜 시설 내부 환기 효과 및 필요성	서울시립대	임○완 농가 (경기도 고양시)
18	2019.02.20	장미 스마트팜 시설 내 재배환경 관리 중요성	서울시립대	이○덕 농가 (경기도 고양시)
19	2019.02.21	Best Farmer 영농기법을 위한 스마트팜 시설 재배환경 양액 관리	단국대	정○용 농가 (전북 장수군)
20	2019.02.26	절화 장미의 겨울철 재배 환경 분석 교육	단국대	최○식 농가 (전남 강진군)
21	2019.02.26	절화 장미의 겨울철 재배 환경 분석 교육	단국대	방○철 농가 (전남 강진군)
22	2019.03.18	장미 시설 내 양분관리와 생리장해의 연관성	서울시립대	임○완 농가 (경기도 파주시)
23	2019.03.18	장미 스마트팜 수확 후 저장고 내 청결유지 및 관리 방법	서울시립대	이○세 농가 (경기도 고양시)
24	2019.03.18	장미 스마트팜 수확 후 저장고 내 청결유지 및 관리 방법	서울시립대	이○순 농가 (경기도 고양시)

25	2019.03.18	장미 스마트팜 온실 내 양액 관리 요령	서울시립대	이○덕 농가 (경기도 고양시)
26	2019.03.18	장미 스마트팜 온실 내 재배환경 청결 관리의 중요성	서울시립대	임○완 농가 (경기도 고양시)
27	2019.03.20	스마트팜 시설 내 센서부와 제어부의 관리 교육	단국대	정○용 농가 (전북 장수군)
28	2019.04.15	장미 스마트팜 온실 내 환경관리 방법 교육	서울시립대	이○덕 농가 (경기도 고양시)
29	2019.04.15	장미 시설 내 양분관리 및 생리장해로 인한 품질저하 원인분석	서울시립대	임○완 농가 (경기도 파주시)
30	2019.04.15	장미 스마트팜 시설 내 재배환경과 품질의 연관성	서울시립대	임○완 농가 (경기도 고양시)
31	2019.04.15	장미 스마트팜 양액공급 장치 및 환경 센서활용 방법	서울시립대	이○순 농가 (경기도 고양시)
32	2019.04.15	장미 스마트팜 시설 내 청결관리의 중요성	서울시립대	이○세 농가 (경기도 고양시)
33	2019.04.23	재배환경에 따른 절화 장미의 품질 분석 교육	단국대	최○식 농가 (전남 강진군)
34	2019.04.23	재배환경에 따른 절화 장미의 품질 분석 교육	단국대	방○철 농가 (전남 강진군)
35	2019.04.30	스마트팜 관행농가의 비교 분석 교육	단국대	정○용 농가 (전북 장수군)
36	2019.05.13	장미 스마트팜 재배 시 양액 공급과 품질의 연관성	서울시립대	이○덕 농가 (경기도 고양시)
37	2019.05.13	장미 스마트팜 재배 시 적정 양액 농도 및 관리 방법	서울시립대	이○세 농가 (경기도 고양시)
38	2019.05.13	장미 스마트팜 저장고 내 환경 관리의 중요성	서울시립대	임○완 농가 (경기도 고양시)
39	2019.05.13	장미 시설 내 재배 환경 및 온도 관리의 중요성	서울시립대	임○완 농가 (경기도 파주시)
40	2019.05.13	장미 스마트팜 재배환경 관리와 센서 관리의 필요성	서울시립대	이○순 농가 (경기도 고양시)
41	2019.05.31	스마트팜의 봄철 재배 환경 관리 교육	단국대	정○용 농가 (전북 장수군)
42	2019.06.17	장미 스마트팜 시설 내 여름철 환경 관리 방법 교육	서울시립대	임○완 농가 (경기도 고양시)
43	2019.06.17	장미 스마트팜 시설 내 여름철 환경관리의 중요성	서울시립대	이○덕 농가 (경기도 고양시)
44	2019.06.17	절화 장미 봄철 재배 환경 관리 교육	단국대	최○식 농가 (전남 강진군)
45	2019.06.17	장미농가 복합환경 제어를 위한 센서 작동 여부 점검 및 교육	영남대	김○수 농가 (경남 김해시)
46	2019.06.17	장미 스마트팜 시설 내 여름철 환경관리의 중요성	서울시립대	이○세 농가 (경기도 고양시)
47	2019.06.17	장미 스마트팜 시설 내 여름철 환경관리의 중요성	서울시립대	이○순 농가 (경기도 고양시)
48	2019.06.17	절화 장미 봄철 재배 환경 관리 교육	단국대	방○철 농가 (전남 강진군)
49	2019.06.17	장미 시설 내 재배 환경 및 차광을 통한 온도관리 방법	서울시립대	임○완 농가 (경기도 파주시)
50	2019.06.18	토양 재배 스마트 장미 농가 환경 데이터 활용법	영남대	이○준 농가 (대구시 달성군)

51	2019.07.02	절화 장미 선호 트렌드 교육 및 수명 연장을 위한 채화 후 처리 방법	영남대	대동농협 장미 선별 및 공선장
52	2019.07.04	장미 스마트팜 재배환경에 따른 초기 생육변화 값 분석 교육	단국대	정○용 농가 (전북 장수군)
53	2019.07.11	스마트온실환경 관리 교육	영남대	신○화 농가 (경남 김해시)
54	2019.07.12	토양 스마트 장미 농가 온실 관리 교육 및 센서 작동 및 점검 교육	영남대	이○준 농가 (대구시 달성군)
55	2019.07.15	장미 시설 내 여름철 차광의 중요성	서울시립대	임○완 농가 (경기도 파주시)
56	2019.07.15	장미 스마트팜 시설 내 여름철 환경 관리 방법 교육	서울시립대	임○완 농가 (경기도 고양시)
57	2019.07.15	장미 스마트팜 시설 내 여름철 양·수분 공급환경 개선	서울시립대	이○덕 농가 (경기도 고양시)
58	2019.07.15	장미 스마트팜 시설 내 여름철 양·수분 공급환경 개선	서울시립대	이○세 농가 (경기도 고양시)
59	2019.07.15	장미 스마트팜 시설 내 여름철 환경관리의 중요성	서울시립대	이○순 농가 (경기도 고양시)
60	2019.07.26	장미 스마트팜 내 품종 특성에 따른 절화 개화 양상	단국대	정○용 농가 (전북 장수군)
61	2019.08.05	절화 장미 품종 선호도 자문, 재배 방법에 생육 상태 자문 및 교육	영남대	김○수 농가 (경남 김해시)
62	2019.08.12	여름철 장미 스마트팜 재배 시 환경 관리 방법	서울시립대	이○덕 농가 (경기도 고양시)
63	2019.08.12	장미 스마트팜 시설 내 적산광량이 생육에 미치는 영향	서울시립대	이○세 농가 (경기도 고양시)
64	2019.08.12	여름철 절화 장미 품질 유지를 위한 재배 방법	서울시립대	이○순 농가 (경기도 고양시)
65	2019.08.12	장미 스마트팜 시설 내 여름철 습도 관리 교육	서울시립대	임○완 농가 (경기도 고양시)
66	2019.08.12	여름철 시설 내 청결 관리를 통한 병해충 예방	서울시립대	임○완 농가 (경기도 파주시)
67	2019.08.22	장미 스마트팜 재배환경에 따른 초기 생육변화 값 분석 교육	단국대	방○철 농가 (전남 강진군)
68	2019.08.22	장미 스마트팜 재배환경에 따른 초기 생육변화 값 분석 교육	단국대	최○식 농가 (전남 강진군)
69	2019.08.26	환경 데이터에 따른 절화 장미 수명 및 형태적 특징 분석	단국대	정○용 농가 (전북 장수군)
70	2019.09.16	시설 내 습도 관리의 중요성	서울시립대	이○순 농가 (경기도 고양시)
71	2019.09.16	시설 내 배지온도 관리의 중요성	서울시립대	이○세 농가 (경기도 고양시)
72	2019.09.16	시설 내 병해충 예방을 위한 온실 관리	서울시립대	이○덕 농가 (경기도 고양시)
73	2019.09.16	시설 내 공기 순환 및 온도 관리의 중요성	서울시립대	임○완 농가 (경기도 파주시)
74	2019.09.16	수확 후 절화품질 및 온도 관리의 중요성	서울시립대	임○완 농가 (경기도 고양시)
75	2019.09.25	수출용 스프레이 타입 절화장미의 수출국 선호도 분석	단국대	정○용 농가 (전북 장수군)
76	2019.09.30	환경 데이터에 따른 절화 장미 수명 및 형태적 특징 분석	단국대	최○식 농가 (전남 강진군)

77	2019.09.30	환경 데이터에 따른 절화 장미 수명 및 형태적 특징 분석	단국대	방○철 농가 (전남 강진군)
78	2019.10.14	장미 스마트팜 시설 내 양분 관리를 통한 절화품질 향상	서울시립대	이○순 농가 (경기도 고양시)
79	2019.10.14	장미 스마트팜 시설 내 양분 관리를 통한 절화품질 향상	서울시립대	이○세 농가 (경기도 고양시)
80	2019.10.14	장미 시설 내 청결관리 및 배액 관리의 중요성	서울시립대	임○완 농가 (경기도 파주시)
81	2019.10.14	수확 후 절화품질 및 온도 관리의 중요성	서울시립대	이○덕 농가 (경기도 고양시)
82	2019.10.14	장미 스마트팜 시설 내 청결관리의 중요성	서울시립대	임○완 농가 (경기도 고양시)
83	2020.01.22	계절별 재배환경에 따른 절화수명 및 품질 분석	단국대	방○철 농가 (전남 강진군)
84	2020.01.22	계절별 스마트팜 환경 변화 및 장미의 외적특성과 절화수명 분석	단국대	최○식 농가 (전남 강진군)
85	2020.03.16	장미 스마트팜 시설 현황 분석	영남대	이○준 농가 (대구시 달성군)
86	2020.03.18	장미 스마트팜 시설현황 분석	영남대	신○화 농가 (경남 김해시)
87	2020.03.19	장미 절화재배 온실 시설 현황 및 환경 분석	영남대	김○수 농가 (경남 김해시)
88	2020.04.17	스프레이 절화 장미 스마트팜의 계절별 환경 변화와 절화수명 분석	단국대	정○용 농가 (전북 장수군)
89	2020.04.23	여름철 품질 향상을 위한 최적 재배환경	단국대	최○식 농가 (전남 강진군)
90	2020.05.08	장미 스마트팜 온실에 따른 품종 선택 및 소비경향분석	서울시립대	박○원 농가 (경기도 고양시)
91	2020.05.27	절화 장미 시설 재배 내 환경 제어	단국대	최○식 농가 (전남 강진군)
92	2020.06.02	여름철 품질 향상을 위한 최적 재배환경	단국대	정○용 농가 (전북 장수군)
93	2020.06.29	장미 스마트팜 환경 분석 및 토양환경 교육	영남대	김○수 농가 (경남 김해시)
94	2020.06.29	장미 스마트팜 환경 분석 및 토양환경 교육	영남대	신○화 농가 (경남 김해시)
95	2020.07.01	장미 스마트팜 환경 분석 및 광환경 교육	영남대	이○준 농가 (대구시 달성군)
96	2020.07.01	장미 스마트팜 시설 재배 시 장미 근두암중 다발생 억제	서울시립대	김○영 농가 (경기도 파주시)
97	2020.09.28	장미 스마트팜 환경 분석 및 토양환경 교육	영남대	이○희 (경북 경상시)
98	2020.10.06	장미 스마트팜 온실 환경 및 뿌리혹병균 등 병해 관리 방법	서울시립대	김○영 농가 (경기도 파주시)
99	2020.10.06	장미 스마트팜 온실 환경 및 세균성 시들음병 관리 방법	서울시립대	김○영 농가 (경기도 파주시)
100	2020.10.06	장미 스마트팜 고온에 따른 건조에 따른 응애 발생 억제 방법	서울시립대	김○영 농가 (경기도 파주시)
101	2020.10.14	스탠다드 절화 장미 스마트팜의 재배환경과 품질	단국대	최○식 농가 (전남 강진군)
102	2020.10.14	스탠다드 절화 장미 스마트팜의 재배환경과 품질	단국대	방○철 농가 (전남 강진군)

103	2020.10.20	장미 스마트팜 시설관리 교육	영남대	이○희 농가 (경북 경산시)
104	2020.10.21	장미 스마트팜 자가 삼목묘 관리 방법	서울시립대	송○영 농가 (경기도 파주시)
105	2020.10.21	장미 스마트팜 자가 삼목묘 관리 방법	서울시립대	임○완 농가 (경기도 파주시)
106	2020.10.21	장미 스마트팜 자가 삼목묘 관리 방법	서울시립대	김○철 농가 (경기도 파주시)
107	2020.10.28	장미 스마트팜 가을철 시설 환경 및 병해 관리 방법	서울시립대	박○원 농가 (경기도 고양시)
108	2020.10.28	장미 스마트팜 가을철 시설 환경 및 병충해 관리 방법	서울시립대	오○범 농가 (경기도 고양시)
109	2020.10.28	장미 스마트팜 양수분 관리 방법	서울시립대	김○현 농가 (경기도 고양시)
110	2020.10.28	장미 스마트팜 양수분 관리 방법	서울시립대	정○길 농가 (경기도 고양시)
111	2020.11.03	장미 스마트팜 병충해 관리 교육	영남대	이○희 농가 (경북 경산시)
112	2020.11.17	스프레이 절화 장미 스마트팜의 재배환경과 품질	단국대	정○용 농가 (전북 장수군)

## 제9장. 참고문헌

- 경기도농업기술원 (2020) 장미 스마트팜 생육정보 수집 매뉴얼.
- 농림축산식품부 (2010-2019) 화훼재배현황.
- 농촌진흥청 (2001) 장미재배.
- 농촌진흥청. (2009) 농업기술길잡이 120 장미.
- 농촌진흥청. (2018) 스마트 온실 환경관리 가이드라인. 농촌진흥청.
- 농촌진흥청. (2018) 스마트팜 적정 관리를 위한 빅데이터 활용법. 농촌진흥청.
- 농촌진흥청 (2020) 스마트팜기본교육.
- 오욱 (2019) 화훼스마트팜 현황과 전망. 대구꽃박람회 심포지엄 발표자료.
- Ahmad I, Khan MA, Qasim M, Ahmad R, Randhawa MA (2010) Growth, yield and quality of *Rosa hybrida* L. as influenced by various micronutrients. *Pak J Agric Sci* 47:5-12
- Albaho M, Thomas B, Christopher A (2008) Evaluation of hydroponic techniques on growth and productivity of greenhouse grown bell pepper and strawberry. *Int J Veget Sci* 14:23-40
- Cheong DC, Lee JJ, Choi CH, Song YJ, Kim HJ, Jeong JS (2015) Growth and cut-flower productivity of spray rose as affected by shading method during high temperature period. *Korean J Hortic Sci Technol* 33:227-232
- Cho MS, Hwang SJ, Jeong BR (2001) Effect of cultivation method, harvest season and preservative solution on the quality and vase life of cut rose 'Rote Rose'. *Korean J Hortic Sci Technol* 19:71-77
- Choi HK, Park SM, Jeong CS (2001) Comparison of quality changes in soil and hydroponic cultured muskmelon fruits. *J Kor Soc Hortic Sci* 42:264-270
- Chudinova SM, Frauenfeld OW, Barry RG, Zhang T, Sorokovikov VA (2006) Relationship between air and soil temperature trends and periodicities in the permafrost regions of Russia. *J Geophys Res* 111:F02008
- Dole JM and Wilkins HF (2005) Floriculture: Principles and species. 2nd Ed. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA, p.808-827.
- Elibox W, Umaharan P (2010) Cultivar differences in the deterioration of vase-life in cut flowers of *Anthurium andraeanum* is determined by mechanisms that regulate water uptake. *Sci Hortic* 124:102-108
- Fanourakis D, Carvalho SM, Almeida DP, van Kooten O, van Doorn WG, Heuvelink E (2012) Postharvest water relations in cut rose cultivars with contrasting sensitivity to high relative air humidity during growth. *Postharvest Biol Technol* 64:64-73
- Fanourakis D, Hyldgaard B, Giday H, Aulik I, Bouranis D, Körner O, Ottosen CO (2019) Stomatal anatomy and closing ability is affected by supplementary light intensity in rose (*Rosa hybrida* L.). *Hortic Sci* 46(2):81-89
- Gheysari M, Garcia A, Hoogenboom G (2010) Relationship between air and media temperature in frequently irrigated containerized nursery plants. *Can Biosyst Eng* 52:19-34
- Han JJ, Lee SB, Park YG, Jeong BR (2014) Flower yield and quality of two rose cultivars

grown in phenolic foam LC slab and phenolic foam RC slab in comparison to perlite and rockwool slab. *Hortic Environ Biotechnol* 55:70-78

In BC, Motomura S, Inamoto K, Doi M, Mori G (2007) Multivariate analysis of relations between preharvest environmental factors, postharvest morphological and physiological factors, and vase life of cut 'Asami Red' roses. *J Jpn Soc Hortic Sci* 76:66-72

In BC, Seo JY, Lim JH (2016) Preharvest environmental conditions affect the vase life of winter-cut roses grown under different commercial greenhouses. *Hortic Environ Biotechnol* 57:27-37

Kim GT, Kim WK, Jeong JY (2015) Productive efficiency of the rose farming business: A comparison of DEA and SFA. *J Korea Acad-Ind Coop Soc* 16:8719-8727

Kim HL, Lim JH, Sohn BK, Kim YJ (2003) Chemical properties of cut-flower rose-growing soils in plastic film houses. *Korean J Soil Sci Fert* 36(3):113-118

Kim WS, Kim HJ, No MY, Jo SJ (2001) Estimating nutrient solution absorption in cut roses (*Rosa hybrida*) according to environmental factors. *Prot Hortic Plant Fact* 14:5-9

KOSTAT (Statistics Korea) (2020) Census of agriculture, forestry and fisheries. KOSTAT, Daejeon, Korea.

Kumar N, Pal M, Singh A, SaiRam RK, Srivastava GC (2010) Exogenous proline alleviates oxidative stress and increase vase life in rose (*Rosa hybrida* L. 'Grand Gala'). *Sci Hortic* 127:79-85

Kwon JS (1996) Nutriculture - Systems for nutri-solution supply and their characteristics. *Prot Hortic Plant Fact* 9:93-100

Lee HJ, Lee YB, Bae JH (2004) Effect of root zone temperature on the growth and quality of single-stemmed rose in cutted rose production factory. *J Bio-Environ Control* 13: 266-270

Lee JH, Yoon JW, Oh SI, Lee AK (2020) Relationship between cultivation environment and postharvest quality of cut rose 'Lovely Lydia'. *Korean J Hort Sci Technol* 38:263-270

Lee MY, Hwang SJ, Jeong BR (2001) Growth and yield of hydroponic rose 'Little Marble' as affected by root zone temperature and heating method in winter season. *J Bio-Environ Control* 10:61-68

Lee SY, Kim HJ, Bae JH (2011) Growth, vitamin C, and mineral contents of *Sedum sarmentosum* in soil and hydroponic cultivation. *Korean J Hort Sci Technol* 29:195-200

Liao WB, Zhang ML, Yu JH (2013) Role of nitric oxide in delaying senescence of cut rose flowers and its interaction with ethylene. *Sci Hortic* 155:30-38

Meir S, Droby S, Davidson H, Alsevia S, Cohen L, Horev B, Philosoph-Hadas S (1998) Suppression of Botrytis rot in cut rose flowers by postharvest application of methyl jasmonate. *Postharvest Biol Technol* 13:235-243

Min SY, Jeon JB, Lee MJ, Oh W (2020) Analysis of environments in smart greenhouses as influenced by cultivation method of cut roses. *Flower Res J* 28:340-346

Ministry for Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (2020) Annual report of floriculture cultivation statistics 2019. MAFRA, Sejong, Korea

- Mohanty CR, Mohanty A, Das AB, Kar DS (2011) Comparative performance of some rose varieties under open and protected environment. *Asian J Hortic* 6(2):288-293
- Mortensen LM, Gislerød HR (1999) Influence of air humidity and lighting period on growth, vase life and water relations of 14 rose cultivars. *Sci Hortic* 82:289-298
- Park KH, Huh SY, Lee DS (2013) Strategic development of floricultural industry for s<sub>3</sub>-consumption and export industrialization. Research Report (R 704-1) of Korea Rural Economic Institute, Seoul, Korea
- Park KW, Lee YB, Choi NH, Jeong JC (1990) Effects of culture media and nutrient solutions on the yield and quality of cucumber and tomato. *Korean J Environ Agric* 9:143-151
- Park SW, Lee JW, Kim KY, Kim YC, Hong SJ (1999) Effect of cultivation season and method on growth and quality of tomato. *Korean J Hortic Sci Technol* 17:115-177
- Pompodakis NE, Terry LA, Joyce DC, Lydakakis DE, Papadimitriou MD (2005) Effect of seasonal variation and storage temperature on leaf chlorophyll fluorescence and vase life of cut roses. *Postharvest Biol Technol* 36:1-8
- Pouri HA, Nejad AR, Shahbazi F (2017) Effects of simulated in-transit vibration on the vase life and post-harvest characteristics of cut rose flowers. *Hortic Environ Biotechnol* 58:38-47
- Rafique M, Ortas I, Ahmed IA, Rizwan M, Afridi MS, Sultan T, Chaudhary HJ (2019) Potential impact of biochar types and microbial inoculants on growth of onion plant in differently textured and phosphorus limited soils. *J Environ Manag* 247:672-680
- Roh YS, Kim IK, Yoo YK (2018) Improved quality and vase life of cut flowers of the standard chrysanthemum cultivar 'Baekma' using wet shipping solutions with NaOCl and ClO<sub>2</sub>. *Hortic Sci Technol* 36:863-875
- Rural Development Administration (RDA) (2018) A manual of environmental management for smart greenhouses. RDA, Jeonju, Korea
- Rural Development Administration (RDA) (2012) The deadly charm of roses - Queen of May, from birth to industry. *RDA Interrobang* 64:1-20
- Sakai K (1993) An environmental condition and control required in rose cultivation. p. 315-319. In: Farm, Mountain & Sea village Culture Association (ed.) *Outlines of agricultural technologies: Floriculture vol. 7: Carnation and rose*. Dotpong Press, Tokyo, Japan
- Sato K, Ito K, Inamoto K, Doi M, Mori G (2006) Influences of preharvest relative humidity on yield, vase life and transpiration of cut roses. *Environ Control Biol* 44:257-263
- Song JJ (2015) Statistical analysis method of SPSS/AMOS for thesis writing. 21st Century, Paju, Korea
- Warren SL, Bilderback TE (2004) Irrigation timing: Effect on plant growth, photosynthesis, water-use efficiency and substrate temperature. *Acta Hortic* 644:29-37
- Yeon JY, Kim WS (2017) Effect of the greenhouse environment on cut flower quality and vase life of cut roses during the winter season. *Flower Res J* 25:142-148

[별첨 1]

## 연구개발보고서 초록

과 제 명	일반 소득작물의 Best Farmer 영농기법 모델화 연구 (장미)				
	Modeling of Smart Farming Technique in Best Rose Farmers				
주 관 연구 기관	서울시립대학교		주 관 연 구	(소속) 서울시립대학교	
참 여 기 업	-		책 임 자	(성명) 김 완 순	
총 연구개발비  (500,000 천원)	계	500,000	총 연 구 기 간	2018. 07. 31. ~ 2020. 12. 31. (2년 5월)	
	정부출연 연구개발비	500,000	총 참 여 연 구 원 수	총 인 원	17명
	기업부담금	-		내부인원	17명
	연구기관부담금	-		외부인원	-

- 연구개발 목표 및 성과
1. 연구개발 목표 : 장미 스마트팜 영농기법 모델화 및 매뉴얼 보급 확산
    - ICT 융복합 장미 스마트팜 선도농가 선정(1년차)
    - 장미 스마트팜 선도농가 영농활용 과학적·기술적 검증 및 분석(2년차)
    - 장미 스마트팜 영농기법 모델화 매뉴얼 작성 및 현장 조기 보급(3년차)
  2. 성과 목표 및 달성(목표→달성) : 초과 달성
    - 정책활용 1건→1건, 기술이전 1건→1건
    - SCI 3건→4건(SCOPUS 1건), 비SCI 6건→7건, 학술발표 12건→18건, 인력양성 2건→2건
    - 교육지도 60건→112건, 스마트팜 매뉴얼 개발(3건→3건) 및 보급 100개소→387개소
- 연구내용 및 결과
- 중·북부, 호남, 영남 지역 권역별 선도 농가 8개소 선정
  - 연중 8개소 스마트팜 농가 환경데이터에 따른 절화 품질 요인 분석
  - 중·북부, 호남, 영남 지역 권역별 영농기법 모델화 매뉴얼 작성 및 보급
- 연구성과 활용실적 및 계획
1. 절화 장미 스마트팜 영농기법 모델화 및 매뉴얼 개발로 현장화로 과학영농 점진적 확대
    - 전국 권역화 : 중북부지역, 호남지역, 영남지역
    - 절화유형 요소 : 스탠다드, 스프레이, 출하시장 요소 : 내수용, 수출용
  2. 절화 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼의 장미농가 현장 조기 보급 가능
    - 지역 선도농가 구축 : 8개소(중북부지역 4, 호남지역 2, 영남지역 2)
    - 매뉴얼 보급방식 : SNS 밴드 '화훼기술공감' 활용, 농가 현장 방문 및 컨설팅 활용
    - 매뉴얼 보급 농가수 : 387개소 보급으로 전국 장미 전체농가(523개소) 대비 74%
  3. 절화 장미 스마트팜에 적합한 ICT 장비 민간 정보제공 및 내구성 센서 개발 확산
    - 플라스틱하우스 환경(고온, 다습 등)에서 장기간 내구성 높은 센서와 시스템 개발 추진
    - 스마트팜 도입 장애요인 중 잦은 고장(16%)에 대한 문제점 조기 해결 가능
  4. 관행 절화 장미 농가의 스마트팜 조기 도입 기회 제공
    - 타 작목 스마트팜 도입 소득증대 효과 : 토마토 13.2%, 딸기 21.5%, 참외 15.3%
    - 절화 장미 스마트팜 도입 효과 : 생산성 15~20%, 소득 증대 10% 이상 예상
  5. 연구결과는 정책활용, 기술보급, 학술발표와 논문 게재에 활용 가능

[별첨 2]

## 자체평가의견서

### 1. 과제현황

		과제번호		318063-03	
사업구분	첨단생산기술개발사업				
연구분야	원예작물과학		과제구분	단위	
사업명	첨단생산기술개발사업			주관	
총괄과제	-		총괄책임자	-	
과제명	일반 소득작물의 Best Farmer 영농기법 모델화 연구 (장미)		과제유형	개발	
연구기관	서울시립대학교 산학협력단		연구책임자	김완순	
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부(천원)	민간	계(천원)
	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
	계		500,000		500,000
참여기업	-				
상대국	-	상대국연구기관	-		

2. 평가일 : 2020. 02. 05

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
서울시립대학교	교수	김완순

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.

<b>확약</b>	
-----------	--

# 1. 연구개발실적

## 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수)

- 전국 권역별 스마트팜 선도농가 8개소 발굴(중북부 4, 호남 2, 영남 2)
- 장미 스마트팜 핵심기술 도출 및 매뉴얼화 : 환경요소, 영농요소, 시설관리요소 정량화
- 권역별 매뉴얼 3종 개발 보급 : 당초 100개소 → 387개소, 전국 장미농가(523개소)의 74%

## 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수)

1. 절화 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼의 장미농가 현장 조기 보급 가능
  - 권역별 선도농가 구축(8개소) 및 매뉴얼 387 농가 보급(전국 장미 농가의 74%)
2. 절화 장미 스마트팜에 적합한 ICT 장비 민간 정보제공 및 내구성 센서 개발 확산
  - 플라스틱하우스 고온, 다습의 장기간 내구성 센서와 시스템 개발, 잦은 고장(16%) 대응
3. 관행 절화 장미 농가의 스마트팜 조기 도입 기회 제공
  - 절화 장미 스마트팜 도입 효과 : 편의성 30%, 생산성 10%, 소득 증대 5-10% 기대

## 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수)

- 권역별 스마트팜 영농기법 매뉴얼화로 작목 특이적 ICT 장비 및 센서 개발 확산 기여
- 플라스틱하우스 환경(고온, 다습 등)에서 내구성 높은 센서와 연중생산 시스템 개발
- 스마트팜 선도 농가 사례를 통해 관행 절화 장미 농가의 스마트팜 조기 전환 확대 기여
- 구축된 SNS 밴드 등 비대면 온라인 협의체를 통한 농가간 정보 및 지식 공유 가능

## 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수)

- 2년 6개월간 3개 기관에서 각각 권역별 장미 스마트팜 영농기법 핵심기술 도출, 매뉴얼화
- 개발된 매뉴얼을 전체 장미 농가(523개소)의 74% 해당 387개소 기술보급, 교육지도 112건

## 5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수)

- 정책활용 1건→1건, 기술이전 1건→1건
- SCI 3건→4건(SCOPUS 1건), 비SCI 6건→7건, 학술발표 12건→18건, 인력양성 2건→2건
- 교육지도 60건→112건, 스마트팜 매뉴얼 개발(3건→3건) 및 보급 100개소→387개소

## II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
· 장미 스마트팜 권역별 선도농가 선정	10	100	· 선도농가 선정 세부기준 전문가 검토 및 사전 농가 동의 확보 · 8개소(중북부 4, 호남 2, 영남 2)
· 생산관리 전과정 과학적·기술적 분석	20	100	· 통합형 표준분석표 제시 · 전문가 사전·사후 검토 여부
· 선도농가 스마트팜 핵심기술 도출	20	100	· 표준분석표 DB 요인분석 · 스마트팜 최적재배기술 전문가 분석
· 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼 개발	20	100	· 영농기법 모델화 매뉴얼 작성 개발
· 매뉴얼 검증 및 보완	10	100	· 농가 대상 매뉴얼 검증 및 보완
· 매뉴얼 현장조기 보급 체계 구축	20	100	· SNS 구축 혹은 활용 유무 · 장미 농가 387개소 매뉴얼 보급
합계	100점	100%	

## III. 종합의견

### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

<p>1. 연구목표 달성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전국 권역별 스마트팜 선도농가 8개소 발굴(중북부 4, 호남 2, 영남 2)</li> <li>- 장미 스마트팜 핵심기술 도출 및 매뉴얼화 : 환경요소, 영농요소, 시설관리요소 정량화</li> <li>- 권역별 매뉴얼 3종 개발 보급 : 당초 100개소 → 387개소, 전국 장미농가(523개소)의 74%</li> </ul> <p>2. 연구 성과 초과 달성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정책활용 1건→1건, 기술이전 1건→1건</li> <li>- SCI 3건→4건(SCOPUS 1건), 비SCI 6건→7건, 학술발표 12건→18건, 인력양성 2건→2건</li> <li>- 교육지도 60건→112건, 스마트팜 매뉴얼 개발(3건→3건) 및 보급 100개소→387개소</li> </ul> <p>3. 절화 장미 스마트팜 영농기법 매뉴얼의 장미농가 현장 조기 보급 가능</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 권역별 선도농가 구축(8개소) 및 매뉴얼 387 농가 보급(전국 장미 농가의 74%)</li> <li>- 절화 장미 스마트팜에 적합한 ICT 장비 민간 정보제공 및 내구성 센서 개발 확산</li> </ul>
---

## 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 2년 6개월간 3개 기관에서 각각 권역별 장미 스마트팜 영농기법 핵심기술 도출, 매뉴얼화
- 개발된 매뉴얼을 전체 장미 농가(523개소)의 74% 해당 387개소 기술보급, 교육지도 112건
- 단기간 많은 성과를 도출하였으나, 화훼생산 기반 확충을 위한 후속 연계과제 추진 필요

## 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 권역별 스마트팜 영농기법 매뉴얼화로 작목 특이적 ICT 장비 및 센서 개발 확산 기여
- 플라스틱하우스 환경(고온, 다습 등)에서 내구성 높은 센서와 연중생산 시스템 개발 지원
- 스마트팜 선도 농가 사례를 통해 관행 절화 장미 농가의 스마트팜 조기 전환 확대 기여
- 구축된 SNS 밴드 등 비대면 온라인 협의체를 통한 농가간 정보 및 지식 공유 가능
- 개발된 연구성과 정책활용, 논문게재 학술발표에 활용 계획

## IV. 보안성 검토 : 해당 없음

[별첨 3]

## 연구성과 활용계획서

### 1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input checked="" type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	농림수산식품	
연구과제명	일반 소득작물의 Best Farmer 영농기법 모델화 연구(장미)			
주관연구기관	서울시립대학교	주관연구책임자	김완순	
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	500,000,000원	-	-	500,000,000원
연구개발기간	2018. 07. 31 - 2020. 12. 31 (30개월)			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input checked="" type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input checked="" type="checkbox"/> 정책자료 <input checked="" type="checkbox"/> 기타(영농기법 활용) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유: _____ )			

### 2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 중·북부, 호남, 영남지역 절화 장미 스마트팜 선도 농가 8개소 선정	중·북부지역 4개소, 호남지역 2개소, 영남지역 2개소 선정 완료
② 중·북부, 호남, 영남지역 절화 장미 스마트팜 영농기법 분석 및 검증	농가정보(연중 시설환경관리, 양액공급관리), ICT 도입수준{데이터수집방식/스마트온실기술구성(센서노드, 제어노드기)/통합제어기(스마트기기, 컴퓨터-원격감시 및 제어/복합환경제어시스템-클라우드서비스)}, 영농작업(수확 후 저장 관리, 절화수확량, 생산관리이력, 생산성 DB화), 수입지출회계, 연중 구축한 DB와 절화수량, 절화품질, 생산비용, 농가 소득분석 완료
③ 중·북부, 호남, 영남지역 영농기법 모델화 매뉴얼 작성 및 현장 조기 보급	중·북부, 호남, 영남지역 영농기법 모델화 매뉴얼 각 1부 작성, 중북부 지역 306개소, 호남지역 35개소, 영남지역 45개소 등 당초 100개소에서 387개소 대상 매뉴얼 보급, 기술교육 112회 실시

### 3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인 증	학술성과			교육 지 도	인 력 양 성	정책 활 용-홍 보		기 타 (매 뉴얼 보 급 )
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논 문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SC I	비 SC I						
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건		
가중치				5									20	30	10	15		20	
최종목표				1							3	6	12	60	2	1		100	
연구기간내 달성실적				1							4	7	18	112	2	1		387	
달성율(%)				100							133	116	150	186	100	100		387	

### 4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	ICT 융복합 스마트팜 장미농가 대상 생산성 및 비용절감 우수 선도농가 선정
②	장미 스마트팜 선도농가 대상 전주기 영농활동의 과학적·기술적 검증 및 분석
③	장미 스마트팜 영농기법 표준 모델화 매뉴얼 개발 및 SNS 활용 현장 조기 확산

### 5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복 제	외국기술 소 화·흡 수	외국기술 개 선·개 량	특 허 출 원	산업체이전 (상품화)	현장에로 해 결	정책 자 료	기 타
①의 기술								v		
②의 기술		v					v	v	v	
③의 기술		v						v	v	

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	비용절감 우수 선도농가 선정으로 인한 관행농가 스마트팜 적용 속도 가속화
②의 기술	과학적·기술적 검증 및 분석을 통한 데이터 분석법 제시로 인한 빅데이터활용 가능
③의 기술	SNS 구축, 현장 조기 확산 등 홍보 효과 기대

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책활용	홍보전시	
												SCI	비SCI						
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명				
가중치				5										20	30	10	15		20
최종목표				1								3	6	12	60	2	1		100
연구기간내 달성실적				1								4	7	18	112	2	1		387
연구종료후 성과창출 계획														2	15				

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함) : 해당 없음

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.