

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

첨단생산기술개발사업 2021년도 최종보고서

발 간 등 록 번 호

11-1543000-003537-01

일반 소득작물의 Best Farmer 영농기법 모델화 연구(참외)

2021. 06. 03.

주관연구기관 / 경상북도농업기술원 성주참외과채류연구소

농림축산식품부
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

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

2021. 06. 03.

주관연구기관명 : 경상북도농업기술원 성주참외과채류연구소 (대표자) 최홍집



주관연구책임자 : 도한우

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	318062-03	해 당 단 계 연 구 기 간	2018. 7.~ 2020. 12.	단 계 구 분	1단계/ 1단계
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	침단생산기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	일반 소득작물의 Best Farmer 영농기법 모델화 연구(참외)			
연구책임자	도한우	해당단계 참여연구원 수	총: 24명 내부: 12명 외부: 12명	해당단계 연구개발비	정부:500,000천원 민간: 0천원 계:500,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 24명 내부: 12명 외부: 12명	총 연구개발비	정부:500,000천원 민간: 0천원 계:500,000천원
연구기관명 및 소속부서명	경상북도농업기술원 성주참외과채류연구소			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명: 농어촌연구원			연구책임자: 임청룡	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

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

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	1		1		1						

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

요약

본 연구는 참외 재배기간 중 참외의 생육, 과일자료와 시설하우스의 환경데이터를 수집하여 영농기법간 차이를 분석하고, 참외 생산량에 미치는 요인과 핵심요소를 발굴하여 참외 영농기법을 매뉴얼화 하고자 수행함

참외 재배농가들은 가장 중요하게 생각하는 핵심요소로 습도와 온도이고, 참외 생산량에 가장 영향을 미치는 환경요인이 습도관리인 것으로 확인하였으며, 특히 오전습도를 적절한 수준으로 높이고, 오후습도는 낮추는 것이 바람직함

참외 생산량에 중요하게 영향을 미치는 기간은 수확 전 4-6주 사이로 참외 생산량 향상을 위해 수확 4주에서 6주 사이 주요한 변수에 대한 관리 기술 개발이 필요함

참외 스마트팜 도입에 대한 경제적 타당성이 존재하므로 지속적인 보급 확대를 통한 참외 영농 효율화가 필요함

보고서 면수

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구의 목적 <ul style="list-style-type: none"> - 참외 스마트팜을 활용한 영농기술 모델 설정 및 스마트팜 매뉴얼 작성 - 참외 스마트팜 재배환경 조사 및 영농최적화를 통해 농가 생산성 향상과 생산비 절감 ○ 연구 내용 <ul style="list-style-type: none"> - 본 연구는 참외 재배기간 중 참외의 생육, 과일자료와 시설하우스의 환경데이터를 수집하여 영농기법간 차이를 분석하고, 참외 생산량에 영향을 미치는 요인과 핵심요소를 발굴하여 참외 영농기법을 매뉴얼화 하고자 수행함 - 참외 재배농가들은 가장 중요하게 생각하는 핵심요소로 습도와 온도이고, 참외 생산량에 가장 영향을 미치는 환경요인이 습도관리인 것으로 확인하였으며, 특히 오전습도를 적절한 수준으로 높이고, 오후 습도는 낮추는 것이 바람직함 - 참외 생산량에 중요하게 영향을 미치는 기간은 수확 전 4~6주 사이로 참외 생산량 향상을 위해 수확이전 4주에서 6주 사이 주요한 변수에 대한 관리 기술 개발이 필요하다. - 참외 스마트팜 도입에 대한 경제적 타당성이 존재하므로 지속적인 보급 확대를 통한 참외 영농효율화가 필요함
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최종결과물 <ul style="list-style-type: none"> - 일반 소득작물의 Best Farmer 영농기법 모델 연구(참외) ○ 책자발간 <ul style="list-style-type: none"> - 참외 고품질 안정생산 방안 - 참외 품종 특성과 수출 전망 - 참외 신품종 소개 - 참외 스마트 관리 매뉴얼 ○ 연구논문 및 학술발표 <ul style="list-style-type: none"> - 참외 생산량에 영향을 미치는 환경요인에 대한 연구 - 경북 성주지역 참외 스마트팜 시설 현황 - 참외 스마트팜 생산성에 영향을 미치는 환경요인에 대한 연구 - 참외 고설재배 기술 소개 - 생물제제를 이용한 참외 총채벌레 방제효과 ○ 정책제안 <ul style="list-style-type: none"> - 참외 스마트 관리 매뉴얼 활용

<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 교육지도 <ul style="list-style-type: none"> - 경북농업마이스터대학 참외과정생, 성주군 참별미소농업인대학 농업인, 참외연구회 회원 등 ○ 홍보전시 <ul style="list-style-type: none"> • 참외 생산 스마트화, 수출확대 묘안 찾는다(농수축산신문 등) • 참외 스마트팜 기술 개발(매일신문 등) 				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 참외 스마트팜 개발기술의 보급확산을 촉진하기 위해 참외 스마트팜 최적 영농기술의 매뉴얼화(정책제안, 자료발간) ○ 참외 생육단계별 생육 및 환경 측정데이터 수집과 빅데이터 분석으로 스마트팜 및 일반 참외재배농가의 생산성 향상 컨설팅(기술지원) 및 참외 생육모델 개발·검증에 활용 ○ 참외 스마트팜에 최적화된 최적영농기법의 분석으로 참외 재배과정을 모델화한 후 작성된 매뉴얼을 참외 농업인에 보급하여 참외 안정 생산과 스마트팜 영농의 조기 정착 유도 				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>참외</p>	<p>스마트팜</p>	<p>선도농가</p>	<p>영농기법</p>	<p>최적화</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>korean melon</p>	<p>smart farm</p>	<p>leading farmer</p>	<p>farming practice</p>	<p>optimized</p>

< 목 차 >

1장. 연구개발과제의 개요	1
2장. 연구수행 내용 및 결과	4
1절. 참외 농가 재배실태 조사	4
2절. 참외 영농기술 정보 수집	8
3절. 참외 영농기법 간 차이 분석	31
4절. 참외 생산량 영향 요인 분석	53
5절. 참외 스마트팜 핵심요소 발굴	75
6절. 참외 선도농가 영농기법	80
7절. 참외 스마트팜 도입에 대한 경제적 타당성 분석	85
3장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	89
4장. 연구결과의 활용 계획 등	90
5장. 과제 수행 중 해외정보 수집 결과	91
붙임. 참고 문헌	96

제 1장 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

- 참외 스마트팜을 활용한 영농기술 모델 설정 및 스마트팜 매뉴얼 작성
- 참외 스마트팜 재배환경 조사 및 영농최적화를 통해 농가 생산성 향상과 생산비 절감

2. 연구개발의 필요성

- 우리나라에서 참외는 5,064ha의 면적에서 157,086톤이 생산되고 있으며, 연평균 도매가격은 38,990원/10kg으로 연간 6,100억 정도의 농가소득이 발생하는 대표적인 과채류(채소류 생산실적, 2016)에 속한다.
- 전국 참외재배면적중 경북지역은 4,400ha로 87%를 차지하고 있으며 특히 성주군 지역은 3,700ha의 면적에서 재배되고 있는데 우리나라 재배면적의 72%, 생산량은 71%를 차지하고 있는 주요한 생산지역이다.
- 참외 농가별 재배수준에 따른 소득 격차는 500만원에서 1,500만원으로 동일한 면적에서도 3배가량 차이가 있는 것으로 나타나 재배기술의 격차에 의한 소득편차가 매우 심한 실정임으로(성주참외과채류연구소, 2016), 재배기술의 보급을 통한 농가소득의 안정화가 필요한 실정이다.
- 정보통신기술(ICT)을 농업에 접목한 스마트 팜 기술을 이용하여 참외 재배 선진농가의 영농 빅데이터를 표준화한 후 모델화하면, 재배농가별 수준에 따른 소득격차를 감소시켜 농가소득 증대를 이룰 수 있으며 최근 농촌으로 유입되는 귀농·귀촌 농업인에게도 초기의 시행착오를 줄여 성공적인 귀농에 도움을 줄 수 있는 매우 경쟁력 있는 지침이 될 수 있다.
- 우리나라에 보급된 스마트팜에 대한 전수조사 결과(농림축산식품부, 2016)에 의하면 국내 스마트 팜 도입농가는 1,441농가이며, 그 중 시설원예분야가 85.7%로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 채소분야가 933호로 절대적인 비중을 차지하고 과채류가 893호로 국내 대표 과채류의 하나인 참외작목에 대한 스마트 팜 기술의 보급확산이 시급한 실정이다.

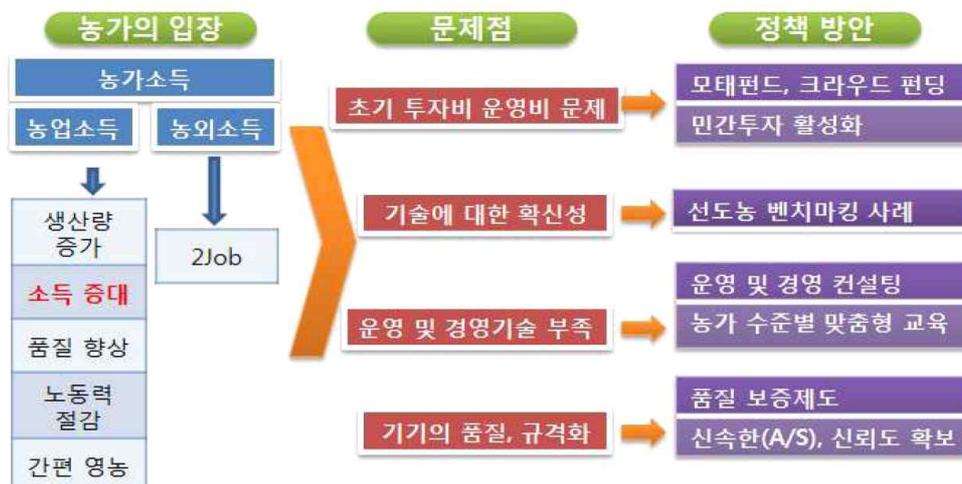


그림. 스마트 팜 연구 체계도(농촌경제연구원, 2016)

- 스마트 팜 운영실태 분석 및 발전방안 연구 보고서(농촌경제연구원, 2016)에서는 스마트 팜 연구 체계도(그림 1)에서, 대표적인 문제점으로 기술에 대한 확산성, 운영 및 경영기술 부족 등이 스마트팜 확산에 걸림돌이 되고 있다고 보고하였는데 기술에 대한 확산성은 성공사례들에 대한 벤치마킹을 추천하고 있으며 선진농가의 재배기술 모델화는 좋은 성공지침이 될 수 있고 운영 및 경영기술 부족 역시 선진농가의 영농 빅데이터를 표준화하여 모델화하면 위의 단점을 극복할 수 있는 대안이 될 수 있을 것으로 판단된다.
- 그래서 ICT를 접목한 참외 선도농가 재배기술 모델링을 통한 스마트팜 보급이 보편화 되면 농촌 노동·에너지 등 투입 요소의 최적 사용을 통해 우리 농업의 경쟁력을 한층 높이고, 미래 성장산업으로 견인이 가능할 것으로 예상되며 또한 단순한 노동력 절감 차원을 넘어서 농 작업의 시간적·공간적 구속으로부터 자유로워져 여유 시간도 늘고, 삶의 질도 개선되어 우수 신규인력의 농촌 유입 및 관련 종사자들의 증가가 예상된다.



참외 스마트팜 온실



콘트롤박스



센서노드



환경측정 센서



CCTV

참외 스마트팜 구성

3. 연구개발 범위

○ 참외 스마트팜 영농 빅데이터 수집 기반 구축 및 정보 획득

- 조사 대상 : 성주군 참외 재배농가
- 참외 스마트팜 최적영농기술의 매뉴얼화 및 시범모델 설정을 위한 조사농가의 선정
- 참외 재배현황 조사 : 재배유형, 품종, 정식일, 종료일, 병해충 방제 등
- 경영 표준진단 : 시설 및 자동화, 환경관리, 작물관리, 경영관리

○ 시설참외 영농기술 정보 수집

- 조사 대상 : 성주군 참외 재배농가
- 온실 현황 및 제어방법 조사 : 하우스 유형, 환기방법, 보온덮개 제어 등
- 참외 생육정보 수집 : 엽장, 엽폭, 과중, 과장, 당도 등
- 온실 환경 측정 빅데이터 수집 : 온실 내부의 온도, 습도, 지온, 일사량 등

○ 참외 영농기법 간 차이 분석

- 스마트팜 도입농가와 일반농가간 차이 분석
- 조사 대상 : 성주군 참외 재배농가(스마트팜 5농가, 관행 2농가)
- 분석 항목 : 참외 생육자료, 과일자료, 환경자료

○ 참외 생산량 영향 요인 분석

- 분석에 활용한 변수 : 생육자료(엽장, 엽폭, 엽록소), 환경자료(습도, 최고온도, 온도차이, 광량)
- 분석 방법 : 생산 시점 이전 4주에서 8주까지 생육자료와 환경자료를 활용하여 통계적인 영향력을 확인

○ 참외 스마트팜 핵심요소 발굴

- 조사 대상 : 성주군 참외 재배농가(스마트팜 농가, 전문가 농가, 관행 농가)
- 참외 스마트팜 핵심요소 분류
 - 생육관리 : 잎 모양, 잎 크기, 엽록소, 추비 관리
 - 환경관리 : 온도, 습도, CO2, 관수
 - 병해충관리 : 초기 병해충관리, 방제 약제 사용법, 재배적 방제, 작기 후 관리
 - 과실품질관리 : 과중, 당도, 경도, 선택

○ 참외 선도농가 영농기법

- 조사 대상 : 선도농가 1, 일반농가 5
- 분석 내용 : 온실 환경관리, 생육 및 과일 특성, 수량 등

○ 스마트팜 경제적 타당성 분석

- 조사 대상 : 성주군 참외 스마트팜 농가
- 분석 항목 : 노동력절감, 스마트팜 운영비용 및 운용효과, 경제적 타당성

제 2 장 연구수행 내용 및 결과

제 1 절 참외 농가 재배실태 조사

1. 연구수행 내용

○ 참외 재배 현황 조사

- 조사기간 : 2018. 7 ~ 12월
- 조사농가 : 스마트팜 설치농가 4개소+선도농가 2개소(명장, 농업마이스터 지정자)+관행 농가 2개소
- 조사내용 : 재배시설, 정식기, 토성 등 기본 재배 정보

○ 시설참외 농가 경영 표준진단표 종합평가

- 영농기술 토의 패널 구성은 스마트팜 농가 4개소, 참외 마이스터 및 명장 농가 2개소, 일반 관행 2개 농가를 선정하였음
- 농촌진흥청 경영 표준 진단에 의한 분석을 실시하였는데 시설참외 경영 표준진단표에 의해서 농가를 개별 방문하여 면접으로 조사를 실시하였음

2. 연구수행 결과

가. 조사대상 농가의 기본 재배 정보

구분	농장주	재배 유형	정식일	토성	퇴비시비(톤/10a)
스마트팜	배○○	축성	18. 11	사양토	5
	이○○	축성	18. 12	사양토	3
	한○○	축성	18. 12	식양토	3
	이○○	축성	18. 12	사양토	3
마이스터	손○○	축성	18. 12	사양토	3
명장	박○○	축성	18. 11	사양토	3
관행농가	손○○	축성	18. 12	식양토	3
	박○○	축성	18. 12	식양토	5

구분	농장주	재배시설 유형	설치방향	피복필름	환기방법
스마트팜	배○○	단동형	남북	PO	수동제어
	이○○	단동형	동서	PO	수동제어
	한○○	연결식 단동형	동서	PO	수동제어
	이○○	단동형	남북	PO	자동제어
마이스터	손○○	연결식 단동형	동서	PO	수동 작동
명장	박○○	연결식 단동형	동서	PO	수동 작동
관행농가	손○○	단동형	동서	PO	수동 작동
	박○○	연결식 단동형	남북	PO	수동 작동

구분	농장주	파이프길이(m)	높이(m)	폭(m)	관수방법
스마트팜	배○○	8	4	6	수동제어 점적
	이○○	8	4	6	수동제어 점적
	한○○	9	5	6	수동제어 점적
	이○○	8	4	6	수동제어 점적
마이스터	손○○	12	8	7	인력 작동 점적
명장	박○○	10	7	8	인력 작동 점적
관행농가	손○○	12	7	8	인력 작동 점적
	박○○	10	7	7	인력 작동 점적

구분	농장주	환기종류	유동팬설치	관비설비	CO ₂ 발생기
스마트팜	배○○	천창, 측창	무	설치	무
	이○○	천창, 측창	무	무설치	무
	한○○	천창, 측창	무	무설치	무
	이○○	천창, 측창	유	설치	무
마이스터	손○○	천창 위주	무	설치	무
명장	박○○	측창 위주	무	설치	무
관행농가	손○○	측창 위주	무	무설치	무
	박○○	천창, 측창	무	설치	무

구분	농장주	농가설치센서	조사용 센서 설치
스마트팜	배○○	온도, 습도	온습도, EC, 토양수분, CO ₂
	이○○	온도, 습도	온습도, EC
	한○○	온도, 습도, 토양수분	온습도, EC, 엽온, PYR, 토양수분, CO ₂
	이○○	온도, 습도, 토양수분	온습도, EC, 엽온, PYR, 토양수분, CO ₂
마이스터	손○○	온도	온습도, EC
명장	박○○	온도	온습도, EC, 엽온, PYR, 토양수분, CO ₂
관행농가	손○○	온도	온습도, EC
	박○○	온도	온습도, EC, 엽온, PYR, 토양수분, CO ₂

나. 시설참의 농가 경영 표준진단표 종합평가

세 부 요 소		평 가 점 수		
		스마트팜 농가	전문가 농가	관행 농가
시설 및 자동화 (20)	① 시설구조	2	2	2
	② 보온시설	3	3	3
	③ 환기시설	5	4	4
	④ 환경자동화	3	2	2
	⑤ 관수시설	3	2	2
	⑥ 농작업기계화	3	3	3
		3.17	2.67	2.67
환경관리 (25)	① 광관리	1	1	1
	② 지온관리	1	1	1
	③ 연작대책	3	5	3
	④ 기 비	3	4	3
	⑤ 추 비	2	3	2
	⑥ 관 수	3	4	3
		2.17	3.00	2.17
작물관리 (25)	① 품종선택	3	3	3
	② 육 묘	3	3	3
	③ 정식준비	3	3	3
	④ 수 정	3	5	3
	⑤ 병해충방제	3	3	3
	⑥ 수 확	4	5	4
		3.17	3.67	3.17
경영관리 (30)	① 생산목표 설정	2	3	2
	② 출 하 처	3	3	3
	③ 선 별	3	4	4
	④ 마케팅 전략	3	3	3
	⑤ 품질인증	2	3	2
	⑥ 협업경영	2	2	2
	⑦ 경영기록 및 분석	2	3	2
	⑧ 자금관리	2	2	2
	⑨ 농업정보활용	2	2	1
	⑩ 경영 컨설팅	2	2	1
		2.30	2.70	2.20
합	76.51	86.34	74.01	

시설참의 재배시 스마트팜농가, 마이스터 등 전문가 농가, 일반 관행농 농가의 경영 표준진단을 실시하였다.

참외재배용 시설구조와 자동화에 대한 조사결과 스마트팜농가는 전체적인 자동화 수준은

3.17(5점만점)로 전문가 농가, 관행 농가의 2.67에 비해서 높은 편이었는데 시설구조, 보온시설, 농작업기계화 등은 3가지 형태에서 차이가 없었으나 환기시설, 환경자동화, 관수시설 등이 자동화 정도가 높은 편이었다.

참외재배시 환경관리에 있어서는 전문가 농가가 3.0으로 스마트팜 농가, 관행 농가의 2.17에 비해서 높았는데 이것은 전문가 농가의 경우 재배기술이 고도화되어 있는 수준으로 스마트팜 농가와 관행농가에 비해서 전문화된 재배기술을 가지고 있는데 특히 연작대책, 기비, 관수 부분에서 기술적 우위를 나타내고 있다.

작물관리에 있어서는 전문가 농가가 3.67로 스마트팜 농가, 관행 농가의 3.17에 비해서 높았는데 환경관리와 마찬가지로 전문가 농가의 경우 고도화되어 있는 수준이며 특히 수정작업, 수확 부분에서 우위를 나타내고 있으며 다만 품종선택, 육묘, 정식준비, 병해충방제 부분에서는 차이가 없었다.

경영관리에 있어서는 전문가 농가가 2.7으로 스마트팜 농가, 관행 농가의 2.3, 2.2에 비해서 높았는데 이것은 전문가 농가의 경우 재배기술과 함께 고도화된 경영관리 기술을 보유하고 있는 것으로 파악되며 우위를 나타내는 부분은 선별, 경영기록분석, 품질인증 등으로 스마트팜 농가가 경영관리에서도 고도화된 교육이 이루어져야 함을 의미하였다.

종합적으로 전문가 농가의 경우 86.34로 가장 높았고 스마트팜 농가가 76.51, 관행 농가 74.01로 전문가 농가와 스마트팜 농가, 관행 농가간의 격차가 심하게 나타났으며 작물관리, 환경관리에서 기술적 우위를 보였는데 특히 참외의 생산성과 연관되어 있는 연작 대책, 수정작업 등에서 기술적 우위를 보였다. 스마트팜 농가와 관행농가간에 있어서는 격차가 크지 않았고 다만 자동화 수준과 환경관리가 우위를 나타내었다.

제 2 절 참외 영농기술 정보 수집

1. 연구수행내용

- 조사농가 : 스마트팜 설치농가 5개소+명장 1개소+관행농가 1개소
- 조사내용
 - 재배현황 : 영농경력, 규모 및 품종, 작기 시작 및 종료일 등
 - 생육자료 : 엽장, 엽폭, 대목직경, 과중, 당도 등
 - 환경자료 : 시설내부 온도, 습도, 지온 등
- 조사시기 : 생육자료는 매주 1회 씩 조사

2. 연구수행 결과

가. 참외 재배 기초 정보

구분	농장주	재배 유형	정식일	토성	퇴비시비(톤/10a)
스마트팜	배○○	축성	18. 11	사양토	5
	한○○	축성	18. 12	식양토	3
	이○○	축성	18. 12	사양토	3
	김○○	축성	18. 12	식양토	3
	백○○	축성	18. 12	식양토	3
관행(명장)	박○○	축성	18. 12	사양토	-
관행농가	박○○	축성	18. 11	식양토	6

나. 참외 농가별 토양화학성

농가	일자	pH	EC	OM	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	T-N	T-C	NH ₄ -N	NO ₃ -N
배○○	04.25.	7.3	1.1	16.1	601	0.47	13.8	5.14	1.18	0.14	3.64	8.69
	07.10.	6.9	2.1	26.6	798	1.48	18.4	6.88	2.66	0.19	2.8	8.97
한○○	04.25.	7.7	0.7	13.1	696	1.35	17.3	5.77	0.44	0.11	1.96	9.25
	07.10.	7.6	0.9	20.7	716	1.19	17.7	5.40	0.36	0.12	3.64	8.69
이○○	04.25.	7.2	1.9	20.6	500	0.52	22.7	5.72	0.53	0.19	4.2	8.69
	07.10.	6.9	1.7	18.6	404	0.37	19.5	5.34	0.46	0.17	4.76	11.49
김○○	04.25.	6.4	0.3	24.4	545	0.57	28.8	3.23	0.84	0.23	6.45	26.07
	07.10.	6.5	2.5	25.0	537	0.58	26.4	2.83	0.84	0.18	5.61	64.46
백○○	04.25.	7.5	1.1	11.6	555	0.37	11.4	4.91	0.79	0.13	3.64	4.76
	07.10.	7.5	2.1	16.2	791	0.64	18.2	6.97	1.23	0.19	1.4	10.93
박○○	04.25.	7.7	0.5	12.4	568	0.75	11.9	4.74	0.25	0.13	6.45	39.52
	07.10.	7.6	0.8	15.2	583	0.90	13.6	4.99	0.29	0.15	4.48	63.06

- 참여 농가의 토양화학성을 조사한 결과 대부분 작기 시작에서 작기 마감에 진행되었을 때 토양 pH산성으로 변화하였고 EC의 경우 높아지는 경향이였다. 유기물의 경우 대부분 증가하는 경향이였고 이는 토양 유기물이 단위 용적당 증가한 이유로 판단되며 인산, 칼리, 칼슘, 마그네슘 등 양이온 물질들은 대부분 증가한 경향으로 참외 생육에 비해서 토양내 양이온의 이용효율이 충분하지 못하다는 것을 유추할 수 있다. 특히 질산태 질소의 경우에도 대부분 증가하는 경향으로 스마트팜 농가와 일반 관행 농가에 구분 없이 참외의 양분이용 수지에 대한 개선이 필요한 것을 알 수 있다.

다. 조사농가 영농경력, 규모 및 품종

구분	농장주	영농경력(년)	참외재배면적	스마트팜면적	재배품종
스마트팜	한○○	8	3,400	1,400	스마트
	백○○	28	3,600	3,600	스마트
	배○○	30	8,000	4,000	마스터g
	이○○	11	4,200	3,800	스마트
	김○○	35	10,000	1,400	참사랑
관행(명장)	박○○	30	4,200	-	바른꿀
관행농가	박○○	30	1,600	-	바른꿀, 바른찬

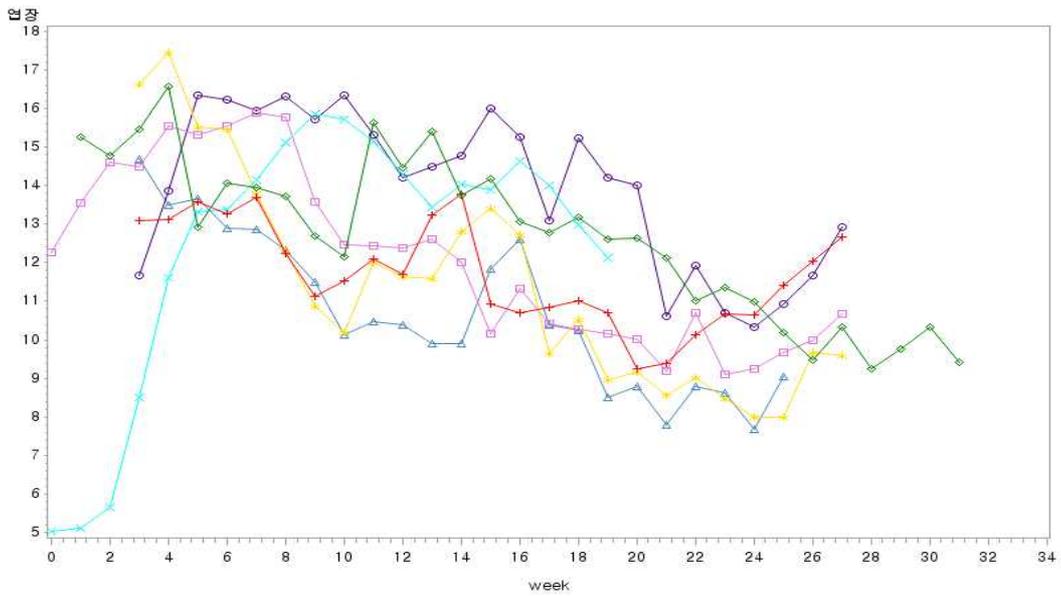
- 조사농가의 영농경력은 대부분 10년 이상으로 최하 경력이 8년부터 35년 까지 다양한 영농경력이 있었고 스마트팜농가의 경우에도 30년 정도의 영농경력인도 있어 영농경력에 관계없이 참여하고 있음을 알 수 있었다. 재배품종의 경우 경북 성주지역에서 주로 재배하고 있는 품종을 사용하고 있었다. 스마트팜농가의 참외재배면적에서 스마트팜 면적은 50%에서 100%로 다양하게 있었는데 농가측의 의견은 스마트팜 지원방안이 있을 경우 면적을 확대할 의향이 있는 것으로 조사되었다.

라. 조사농가 작기 시작 및 종료

구분	농장주	재배시작	재배종료	수확시작	수확종료
스마트팜	한○○	18.11.04.	19.08.01.	19.02.06.	19.07.05.
	백○○	18.10.04.	19.08.01.	19.02.01.	19.08.01.
	배○○	18.11.01.	19.09.02.	19.02.04.	19.09.02.
	이○○	18.10.04	19.05.03.	19.02.04.	19.05.03.
	김○○	18.10.01	19.07.04.	19.02.04.	19.07.04.
관행(명장)	박○○	18.10.03	19.07.04.	19.02.01.	19.07.04.
관행농가	박○○	18.10.04	19.07.04.	19.03.04.	19.07.03.

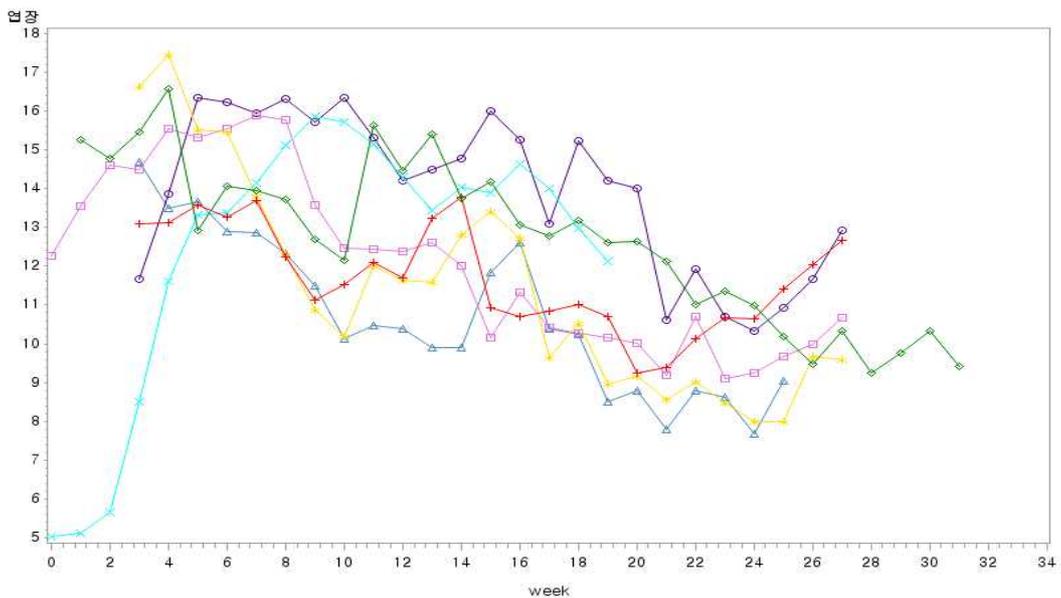
마. 참외 농가별 생육자료

(1) 주별 엽장 추이



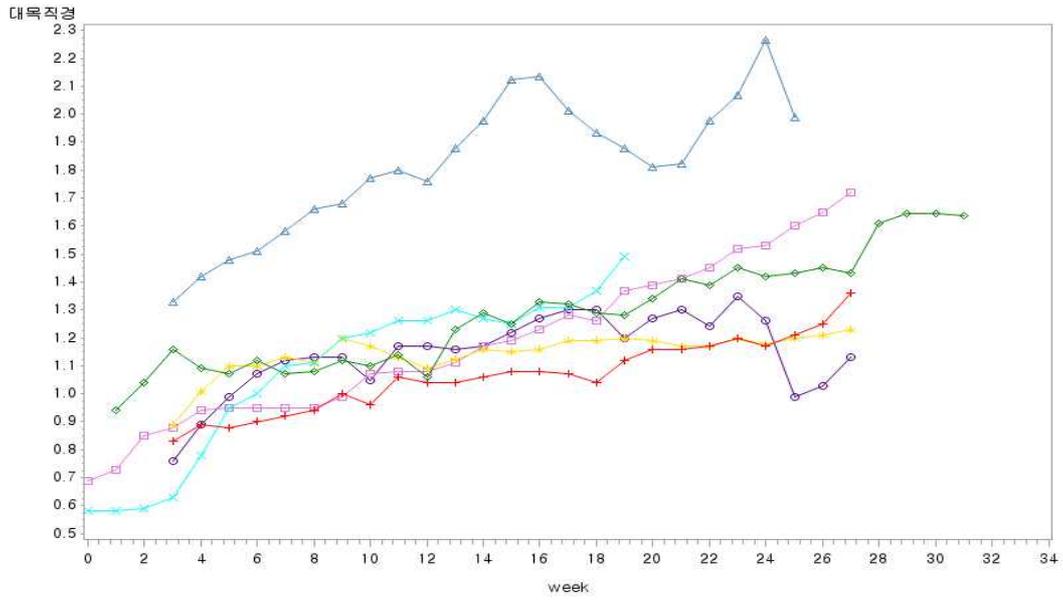
- 주별 참외 엽장에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 우하향하는 양상을 보이는 것을 알 수 있었다.

(2) 주별 엽폭 추이



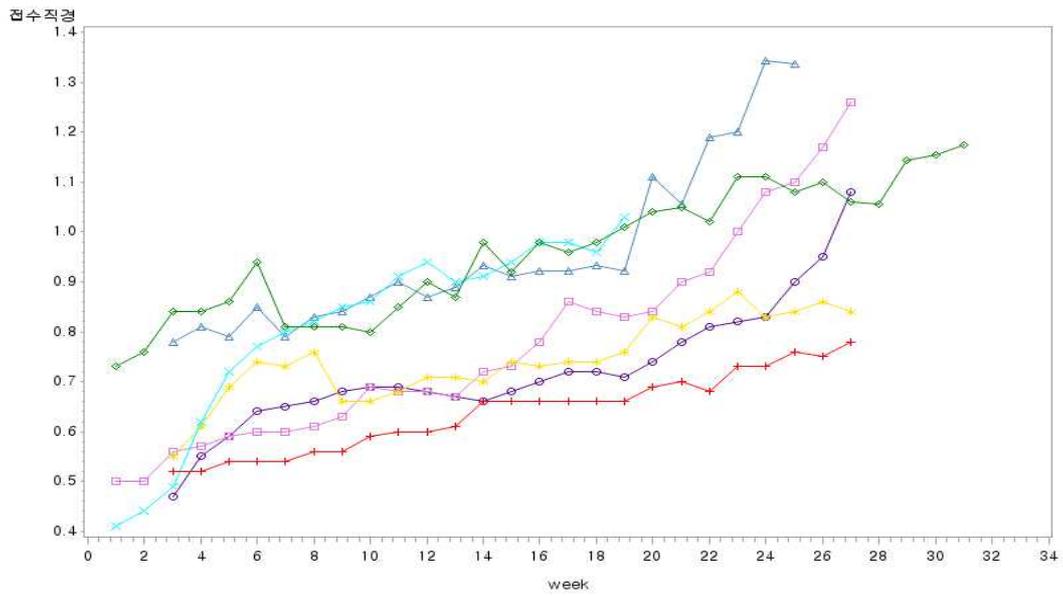
- 주별 엽폭에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 엽장과 동일하게 우하향하게 나타나는 것을 알 수 있었다.

(3) 주별 대목직경 추이



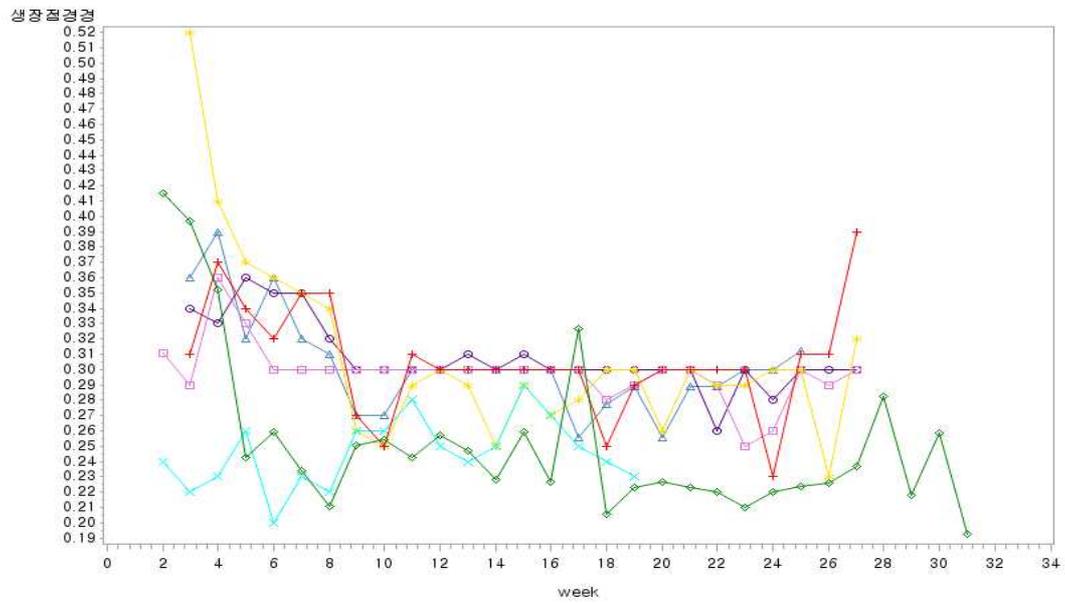
- 주별 대목직경에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 우상향의 모양을 보이는 것으로 나타났다.

(4) 주별 접수직경 추이



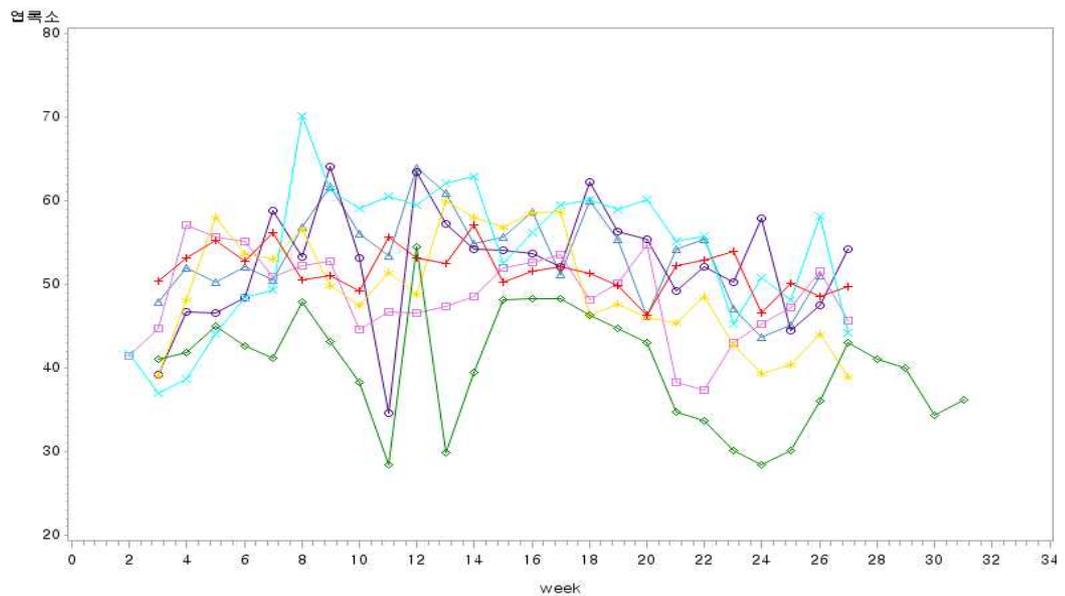
- 주별 접수직경에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 우상향의 모양을 보이는 것으로 나타났다.

(5) 주별 성장점 경계 추이



○ 주별 성장점 경계는 시간이 흐름에 따라 일정한 수준을 유지하는 것으로 나타났다.

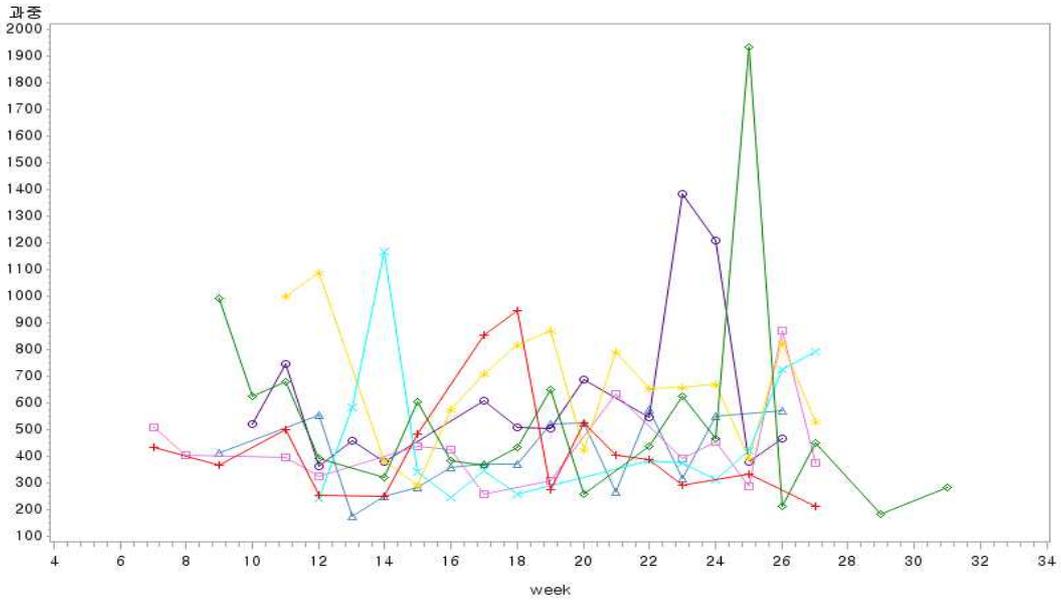
(6) 주별 엽록소 함량 추이



○ 주별 엽록소 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 먼저 증가하다가 감소하는 모양을 보이는 것으로 나타났다.

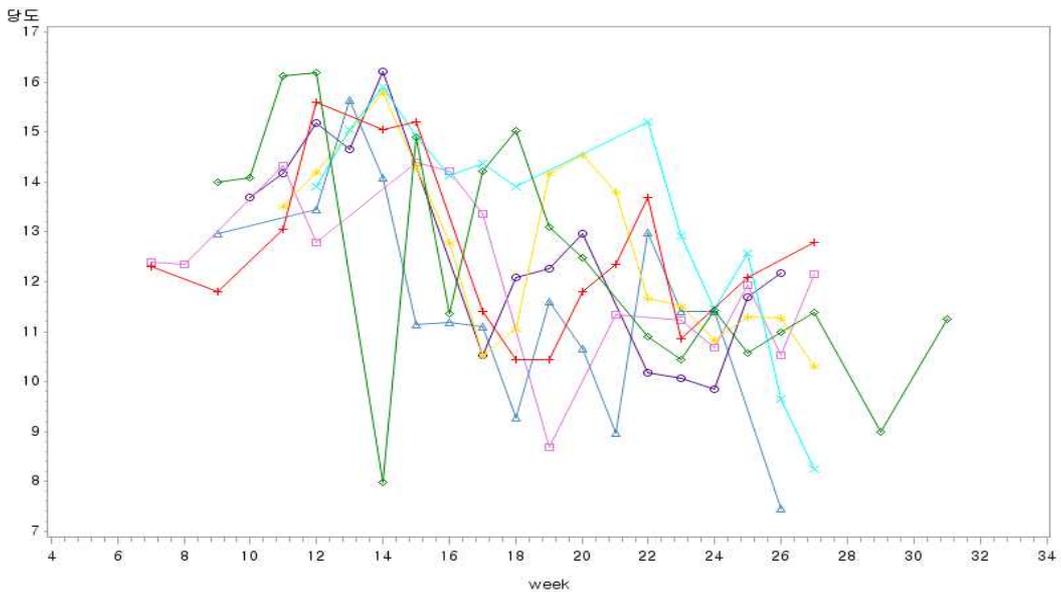
바. 참외 농가별 과일자료

(1) 참외 생산량 추이



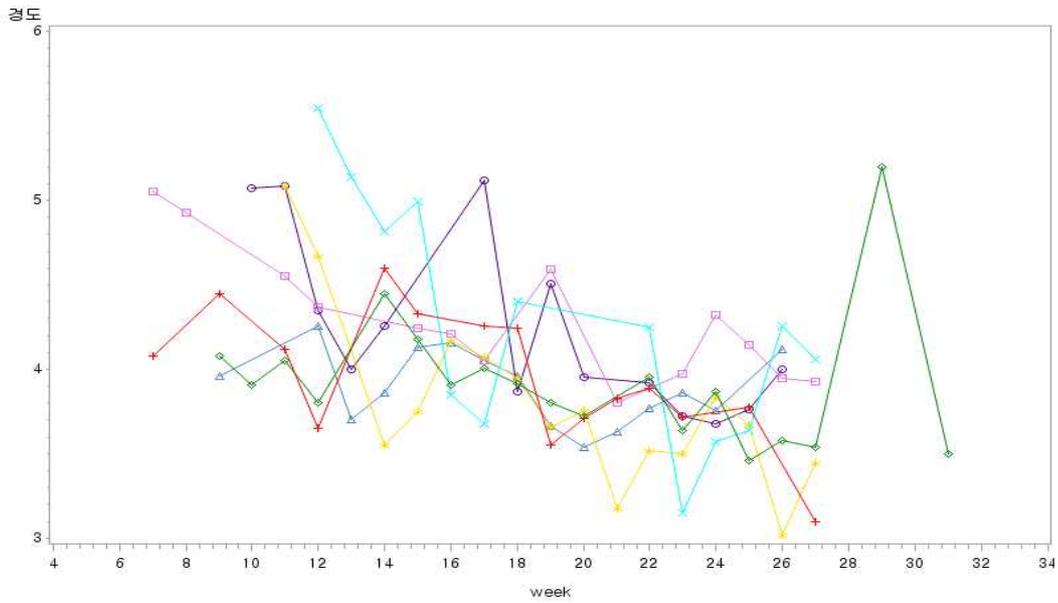
- 주별 농가별 생산량의 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 농가별 시기별 편차가 큰 것을 알 수 있었다.

(2) 참외 과일 당도 추이



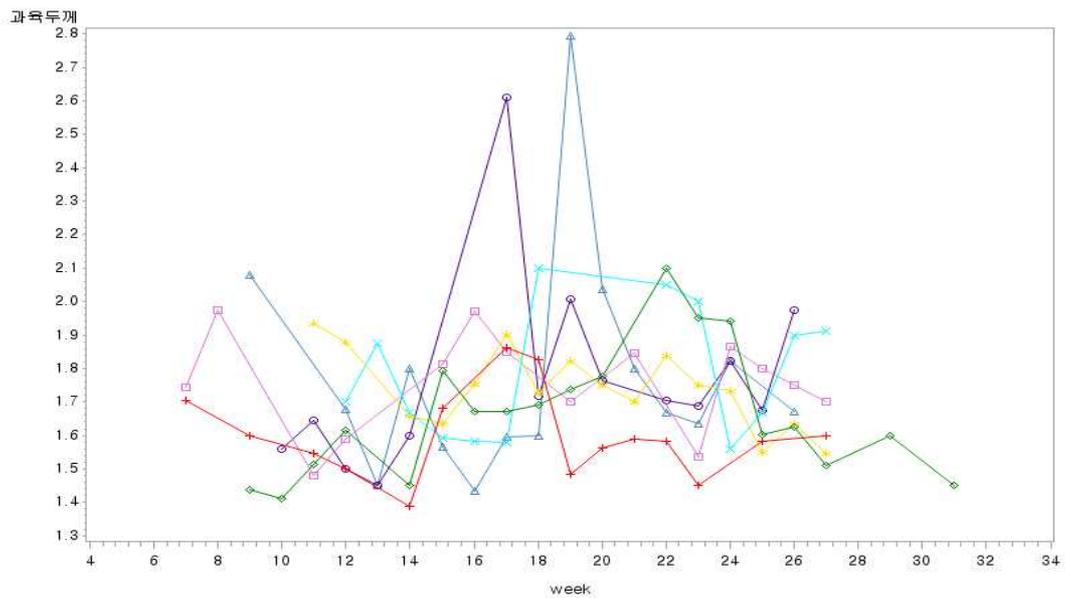
- 주별 농가별 당도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 지속적으로 감소하는 것을 알 수 있었다.

(3) 참외 과일 경도 추이



- 주별 농가별 경도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 당도와 비슷하게 지속적으로 감소하는 것을 보여주었다.

(4) 참외 과일 과육두께 추이



- 주별 농가별 과육두께 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 먼저 증가하다가 감소하는 모양을 보이는 것으로 나타났다.

사. 참외 농가별 환경자료

- 참외 과일자료 수집을 위해 내부온도, 내부습도, 지중온도, 이산화탄소 농도, 광량 등에 대한 자료수집이 센서를 통해 실시간으로 수집되었다.
- 수집한 실시간 자료를 오전(7시~12시), 오후(13시~18시), 저녁(18시~24시), 새벽(0시~6시) 4개 시간대로 구분하여 주별로 변환 후 에 대한 기초통계량은 다음과 같다.

표. 환경자료에 대한 기초통계량

구분		평균	표준편차
내부온도	오전	22.722	4.412
	오후	28.967	4.089
	저녁	19.591	3.622
	새벽	16.596	3.581
내부습도	오전	80.158	9.747
	오후	61.951	13.211
	저녁	82.403	12.156
	새벽	85.224	11.534
지중온도	오전	21.409	3.279
	오후	25.079	4.154
	저녁	22.238	2.898
	새벽	20.346	2.993
이산화탄소농도	오전	1605.570	1543.250
	오후	667.840	575.446
	저녁	1559.930	1202.780
	새벽	2125.760	1766.060
광량	오전	185.640	119.388
	오후	286.236	100.160
	저녁	18.661	52.657
	새벽	0.745	2.550
일교차	오전	20.597	8.139
	오후	18.024	7.391
	저녁	8.195	3.971
	새벽	5.972	3.288
최고온도	오전	34.247	5.756
	오후	37.095	4.786
	저녁	23.905	4.163
	새벽	19.429	3.497
최저온도	오전	13.650	4.637
	오후	19.072	5.978
	저녁	15.710	4.377
	새벽	13.456	4.468

(1) 내부온도에 대한 농가별 추이

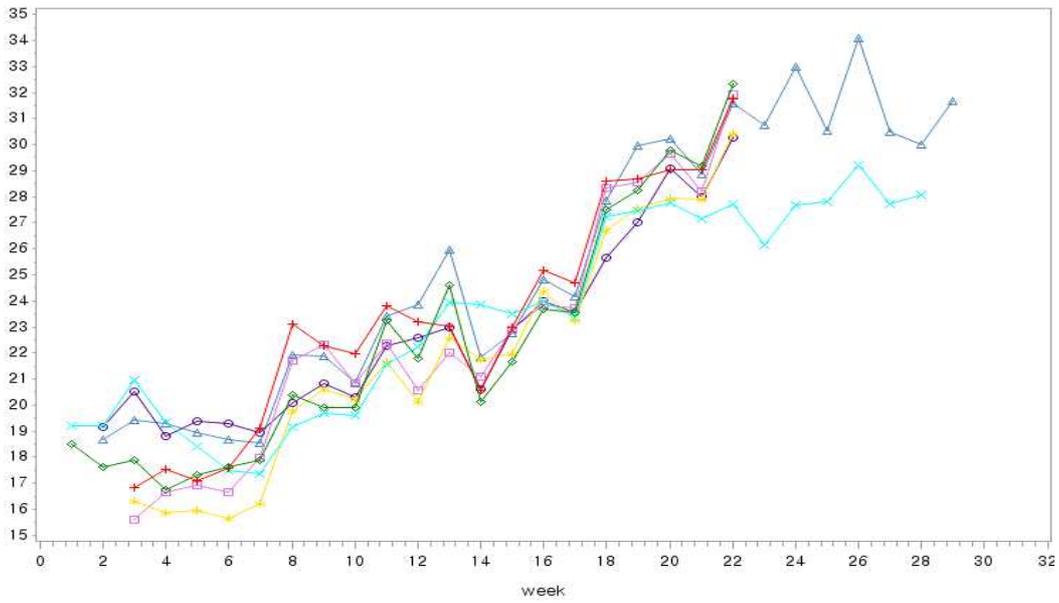


그림. 농가별 주별 오전 내부온도에 대한 추이

- 주별 농가별 오전 내부온도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 지속적으로 증가하는 것을 알 수 있었다.

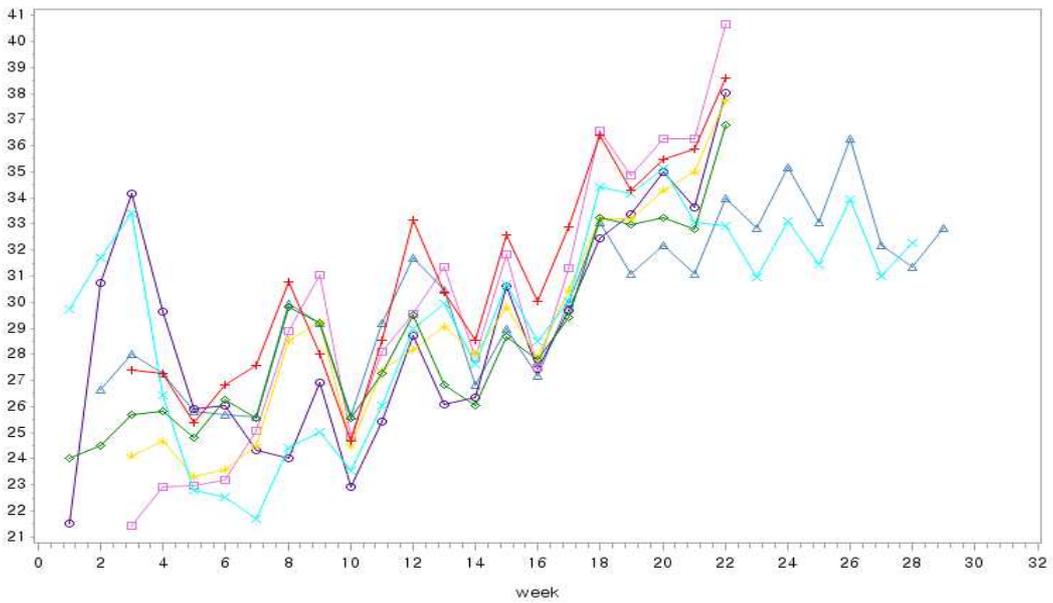


그림. 농가별 주별 오후 내부온도에 대한 추이

- 주별 농가별 오후 내부온도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 지속적으로 증가하는 것을 알 수 있다.

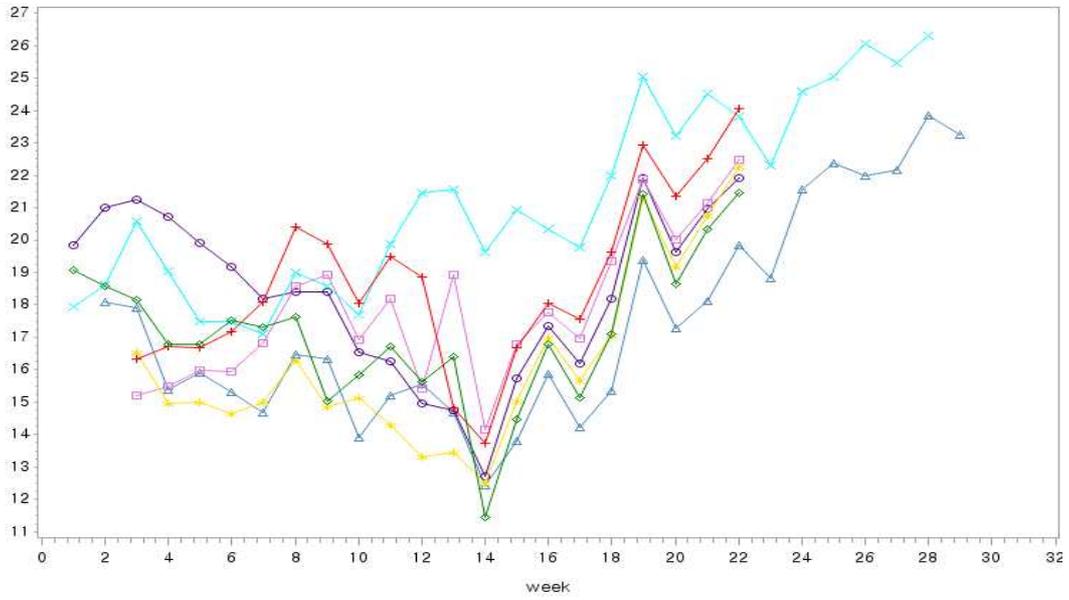


그림. 농가별 주별 저녁 내부온도에 대한 추이

- 주별 농가별 저녁 내부온도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 농가별로 차이를 보이지만, 장기적인 상승추세를 보였다.

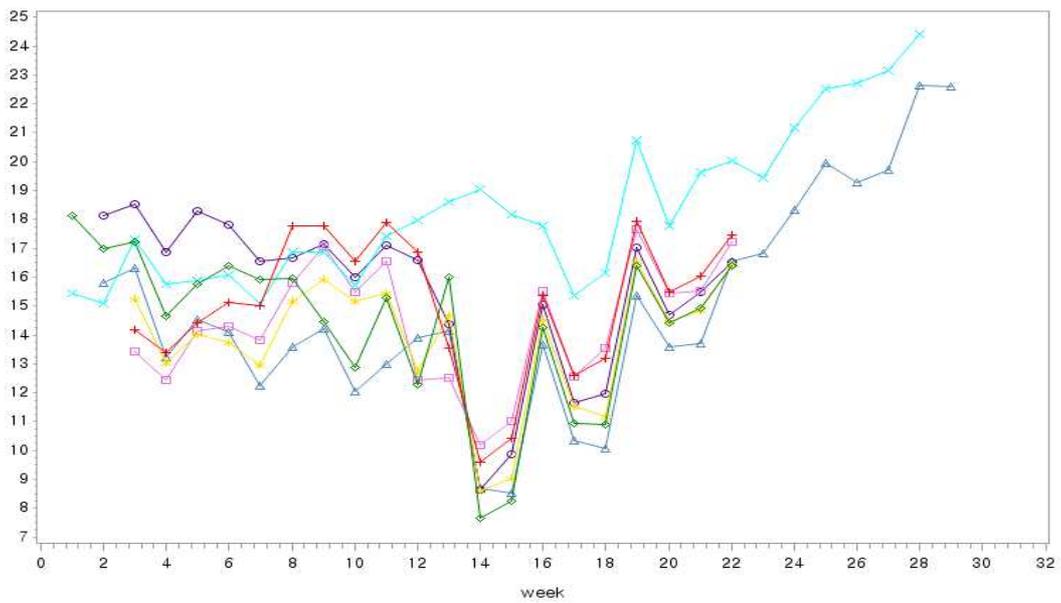


그림. 농가별 주별 새벽 내부온도에 대한 추이

- 주별 농가별 새벽 내부온도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 저녁온도와 비슷한 양상을 보였다.

(2) 내부습도에 대한 농가별 추이

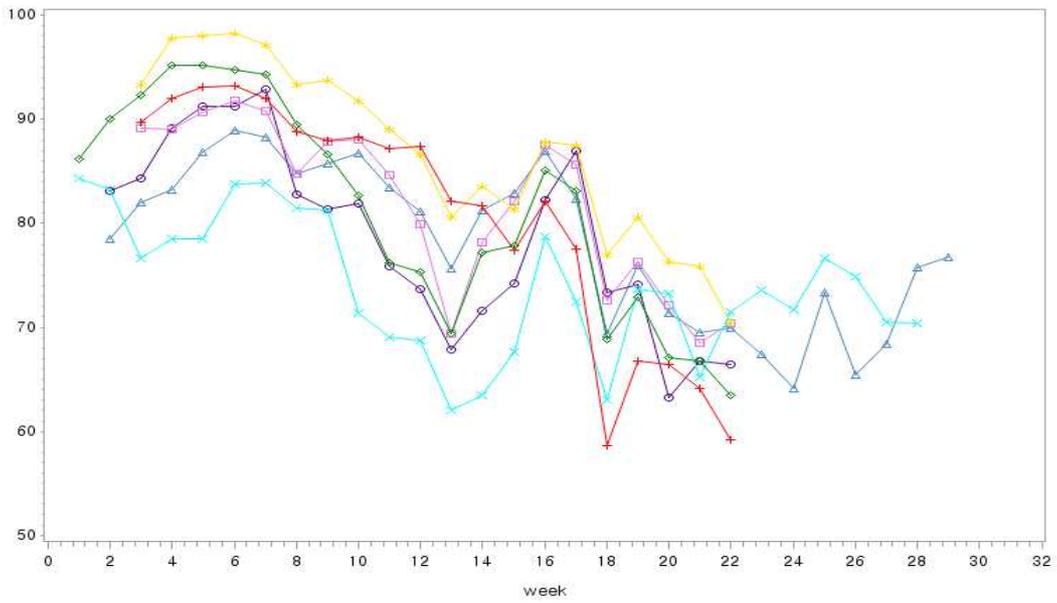


그림. 농가별 주별 오전 내부습도에 대한 추이

- 주별 농가별 오전 내부습도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 지속적으로 감소하는 것으로 나타났다.

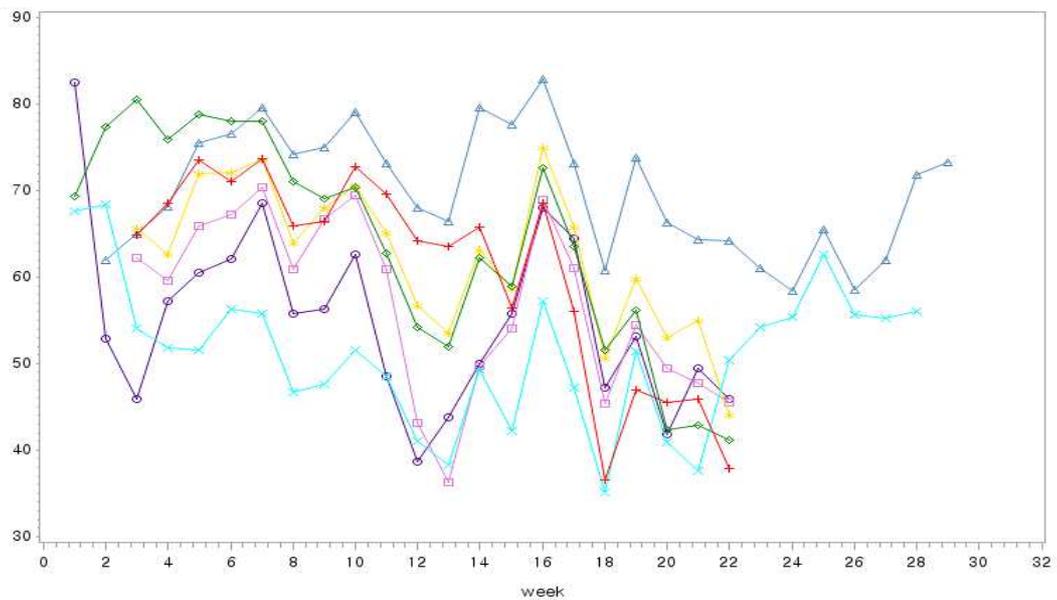


그림. 농가별 주별 오후 내부습도에 대한 추이

- 주별 농가별 오후 내부습도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 지속적으로 감소하지만 농가 간 차이가 비교적 큰 것을 알 수 있다.

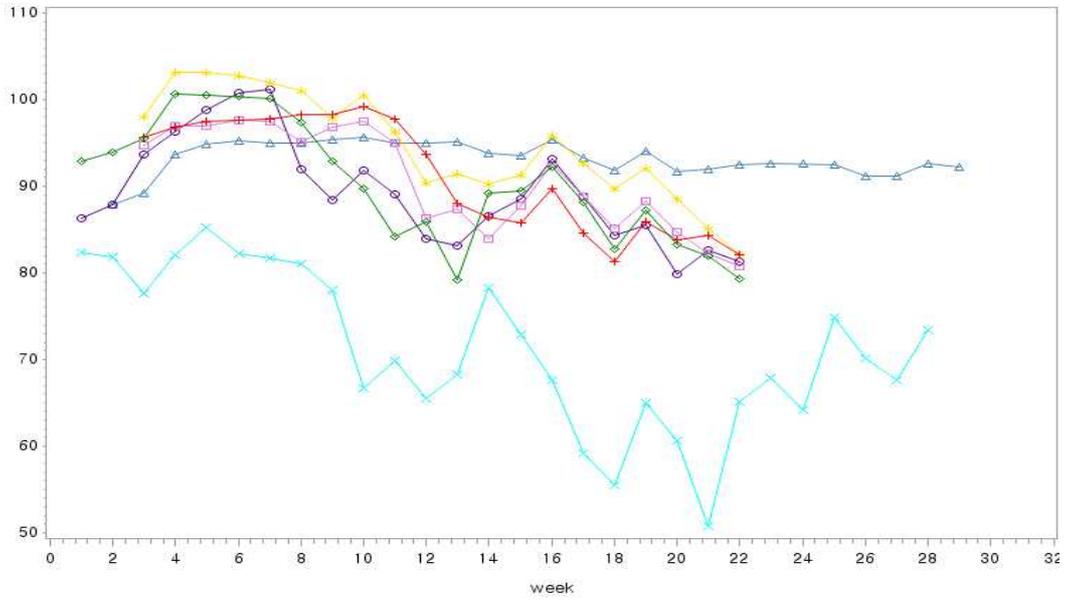


그림. 농가별 주별 저녁 내부습도에 대한 추이

- 주별 농가별 저녁 내부습도 값의 크기는 농가간 차이를 보이고 있지만 일정한 수준을 유지하는 것을 알 수 있다.

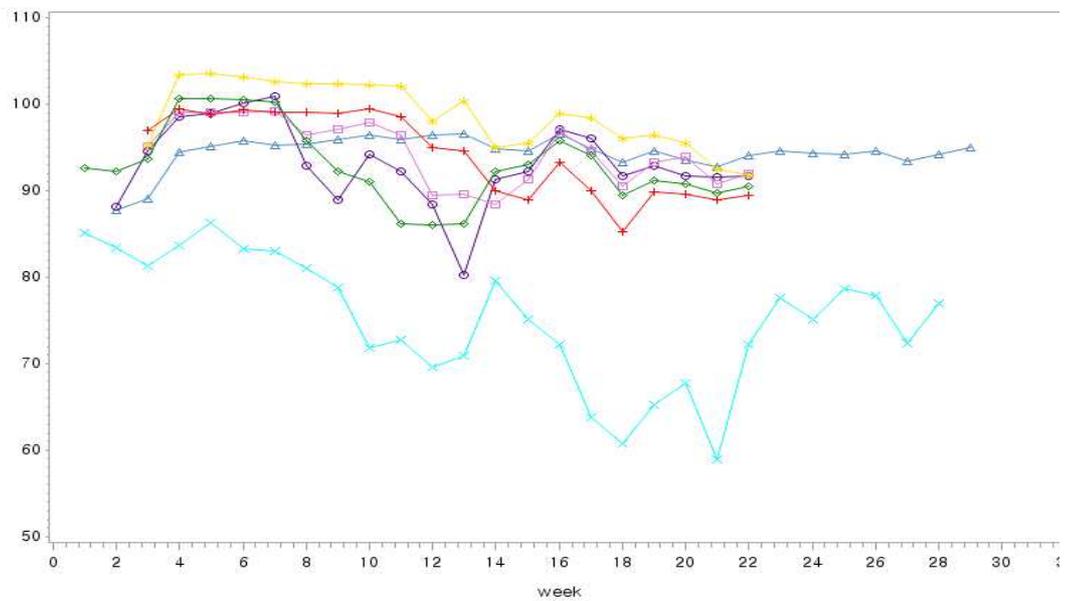


그림. 농가별 주별 새벽 내부습도에 대한 추이

- 주별 농가별 새벽 내부습도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 저녁 시간대와 비슷하게 나타났다.

(3) 지중온도에 대한 농가별 추이

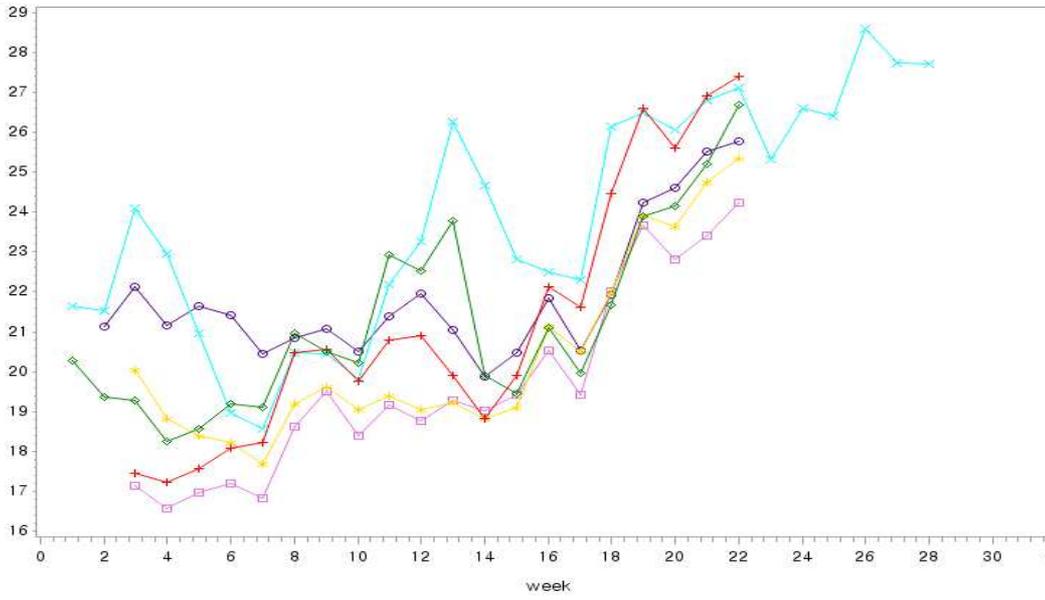


그림. 농가별 주별 오전 지중온도에 대한 추이

- 주별 농가별 오전 지중온도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다.

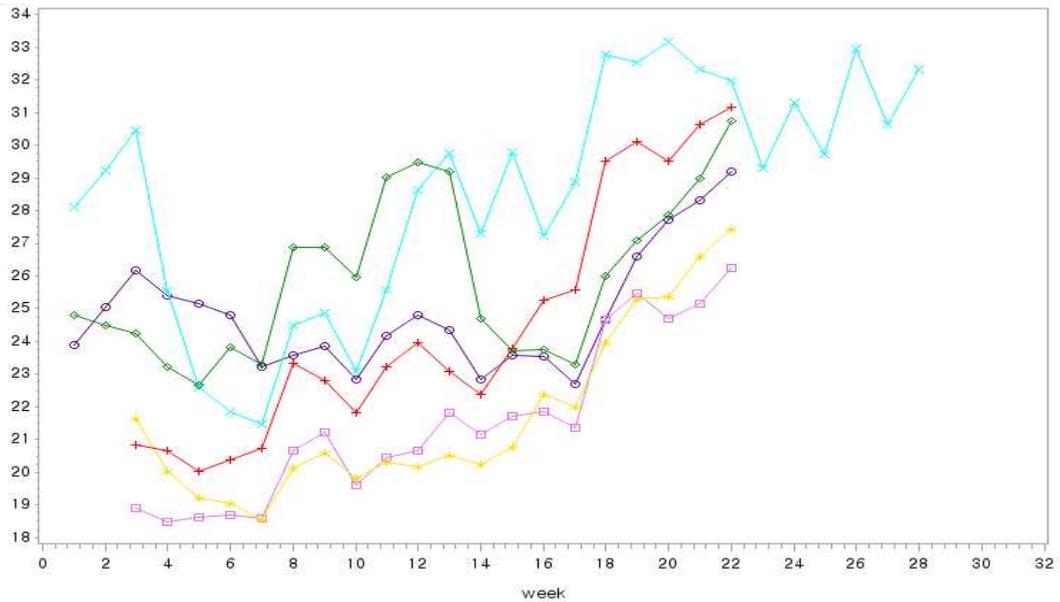


그림. 농가별 주별 오후 지중온도에 대한 추이

- 주별 농가별 오후 지중온도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 지속적으로 증가하지만 농가 간 편차가 크게 나타났다.

○

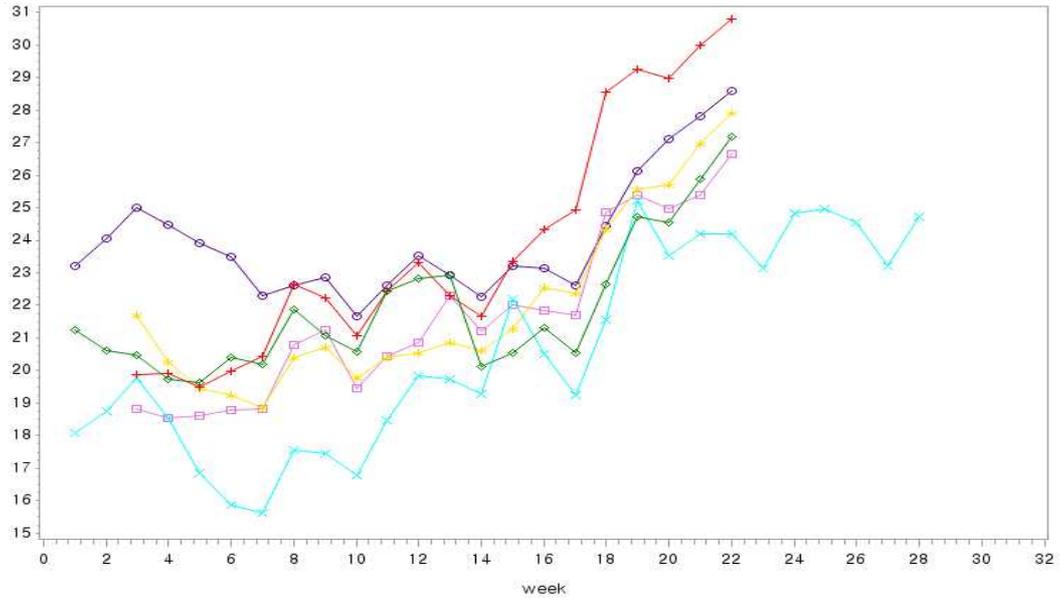


그림. 농가별 주별 저녁 지중온도에 대한 추이

- 주별 농가별 저녁 지중온도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다.

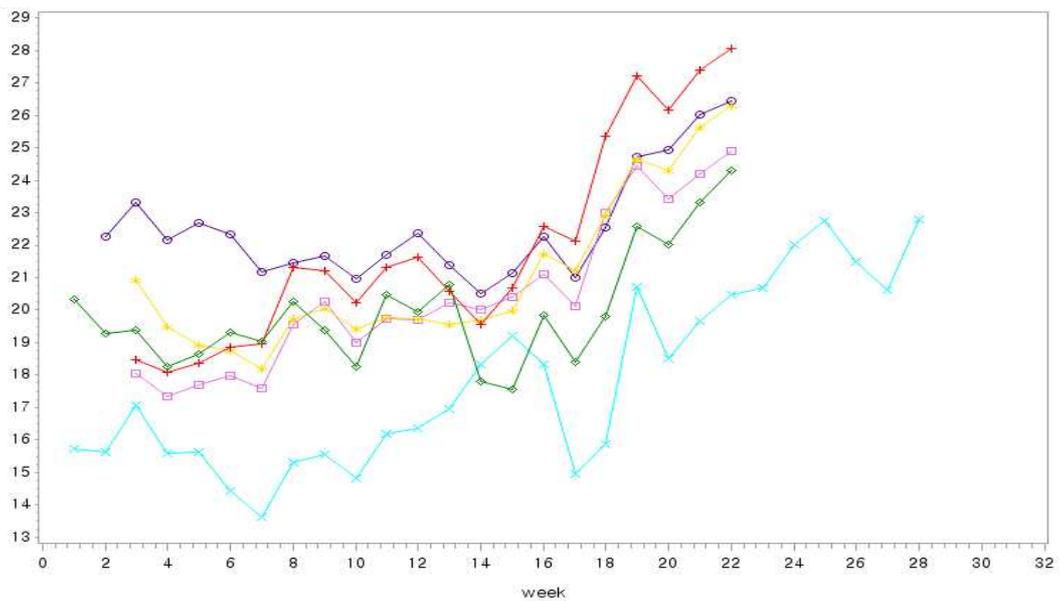


그림. 농가별 주별 새벽 지중온도에 대한 추이

- 주별 농가별 새벽 지중온도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 지속적으로 증가하지만 농가 간 편차가 컸다.

(4) 일교차에 대한 농가별 추이

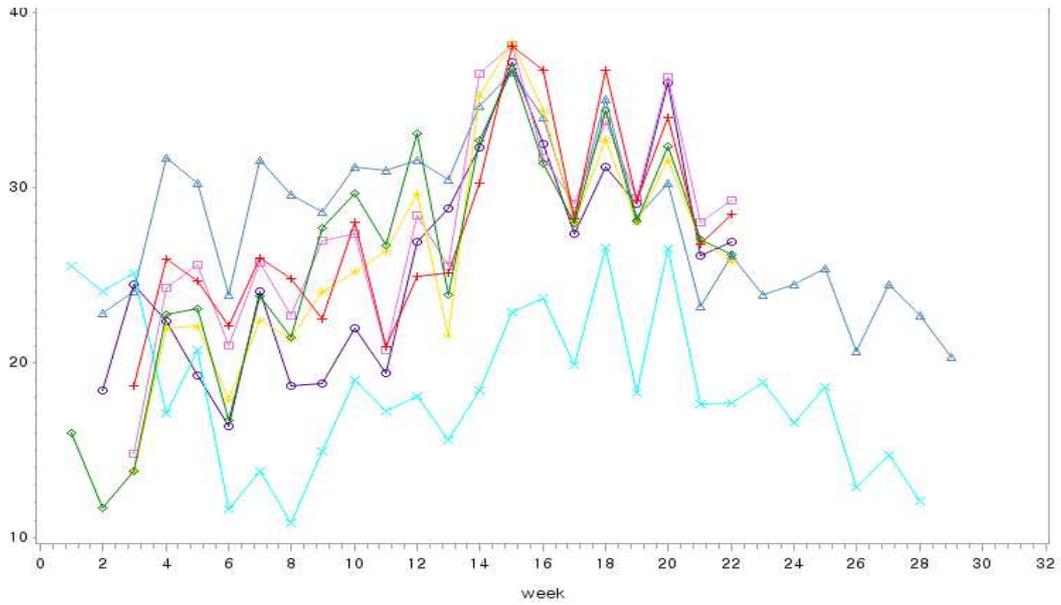


그림. 농가별 주별 오전 일교차에 대한 추이

- 주별 농가별 오전 일교차 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 먼저 증가하다가 감소하는 모양을 보였다.

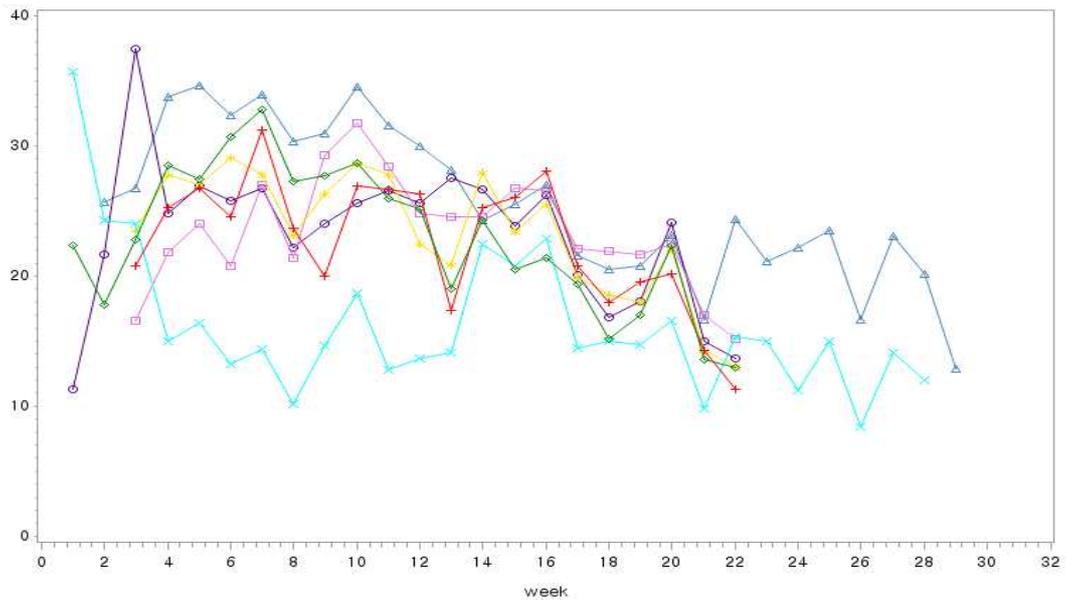


그림. 농가별 주별 오후 일교차에 대한 추이

- 주별 농가별 오후 일교차 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 감소하는 모양을 보였다.

○

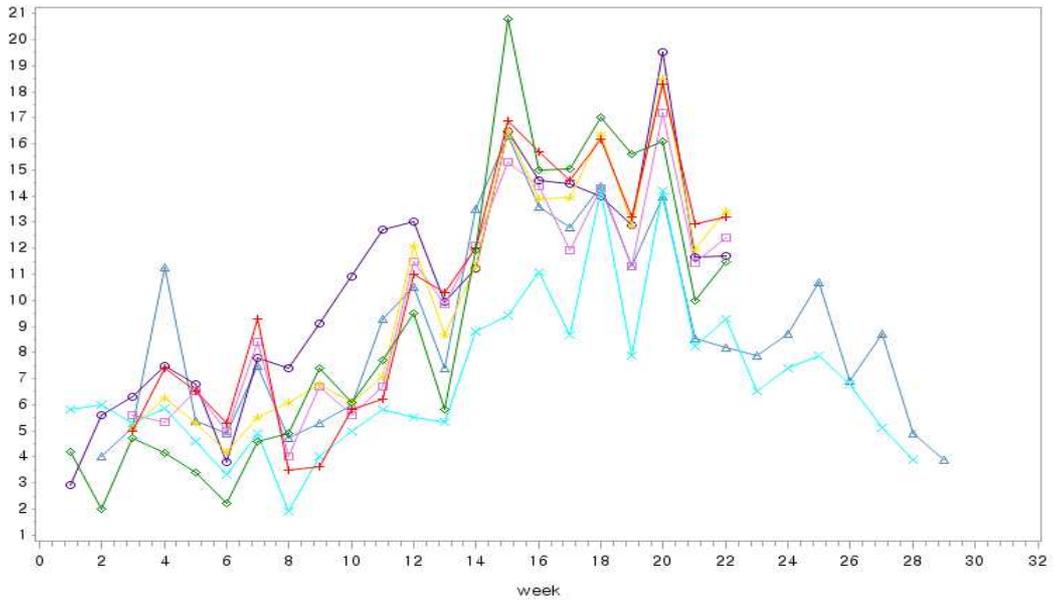


그림. 농가별 주별 저녁 일교차에 대한 추이

- 주별 농가별 저녁 일교차 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 먼저 증가하다가 감소하는 모양을 보였다.

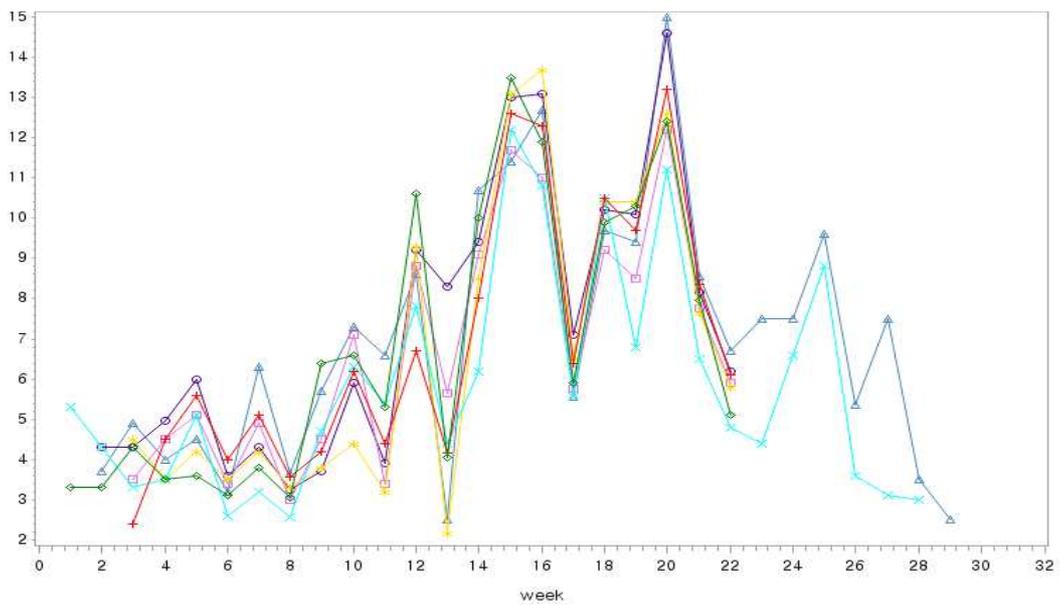


그림. 농가별 주별 새벽 일교차에 대한 추이

- 주별 농가별 새벽 일교차 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 먼저 증가하다가 감소하며, 파동폭 역시 증가하는 모양을 보였다.

(5) 최고온도에 대한 농가별 추이

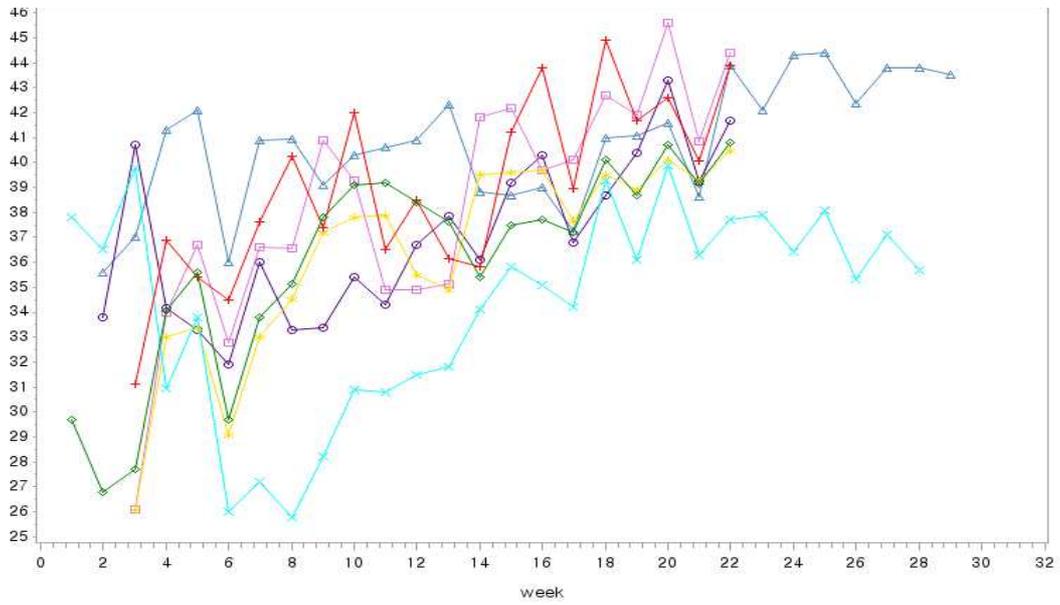


그림. 농가별 주별 오전 최고온도에 대한 추이

- 주별 농가별 오전 최고온도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 지속적으로 증가하는 모양을 보이는 것으로 나타났다.

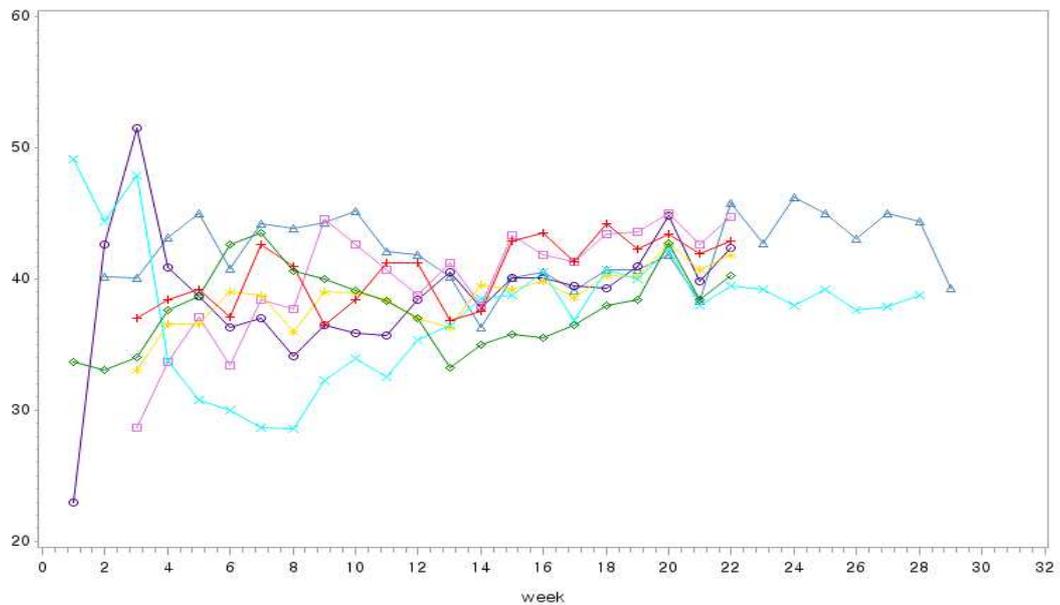


그림. 농가별 주별 오후 최고온도에 대한 추이

- 주별 농가별 오후 최고온도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 완만하게 증가하는 모양을 보이는 것으로 나타났다.

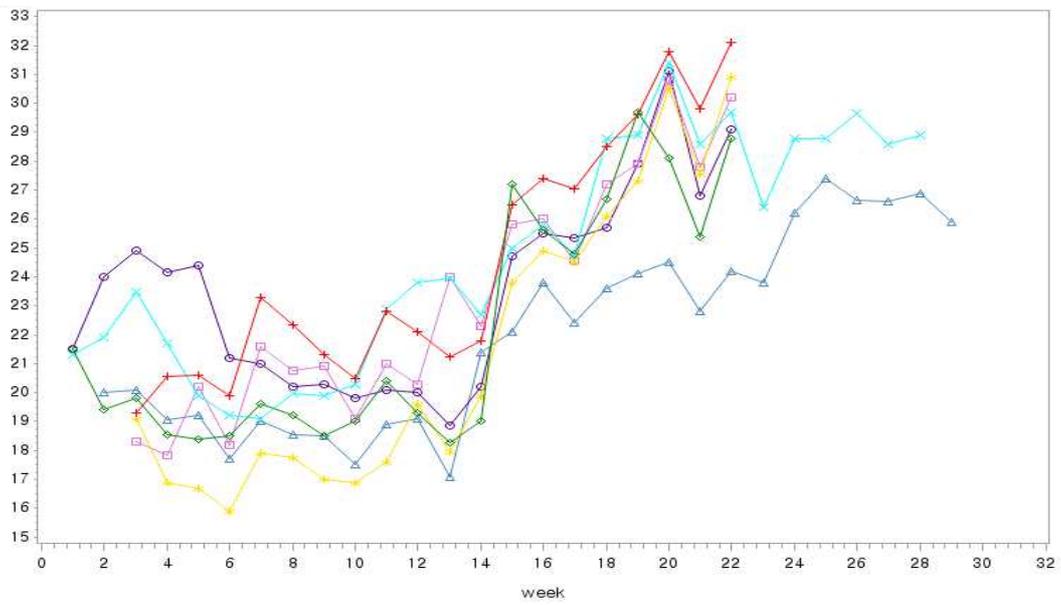


그림. 농가별 주별 저녁 최고온도에 대한 추이

- 주별 농가별 저녁 최고온도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 일정수준을 유지하다가 다시 증가하는 모양을 보이는 것으로 나타났다.

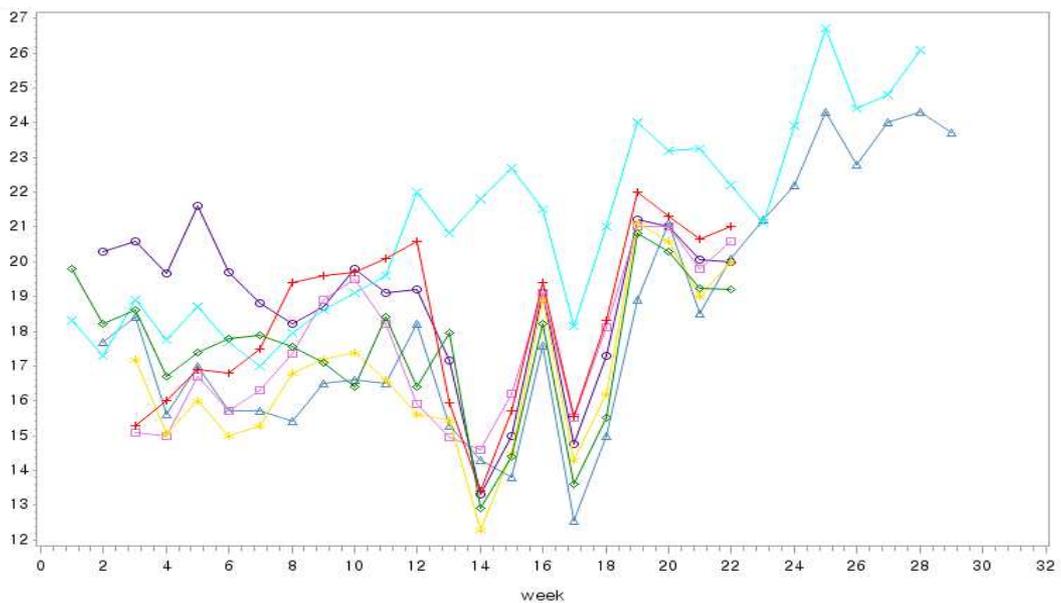


그림. 농가별 주별 새벽 최고온도에 대한 추이

- 주별 농가별 새벽 최고온도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 일정수준을 유지하다가 다시 증가하는 모양을 보이는 것으로 나타났다.

(6) 최저온도에 대한 농가별 추이

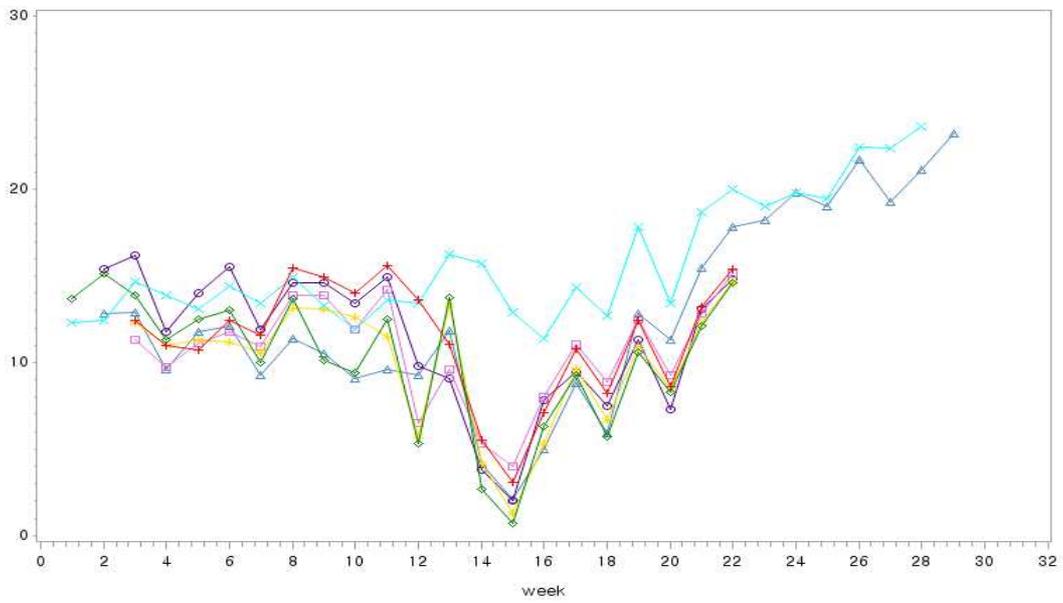


그림. 농가별 주별 오전 최저온도에 대한 추이

- 주별 농가별 오전 최저온도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 먼저 감소하다가 증가하는 모양을 보이는 것으로 나타났다.

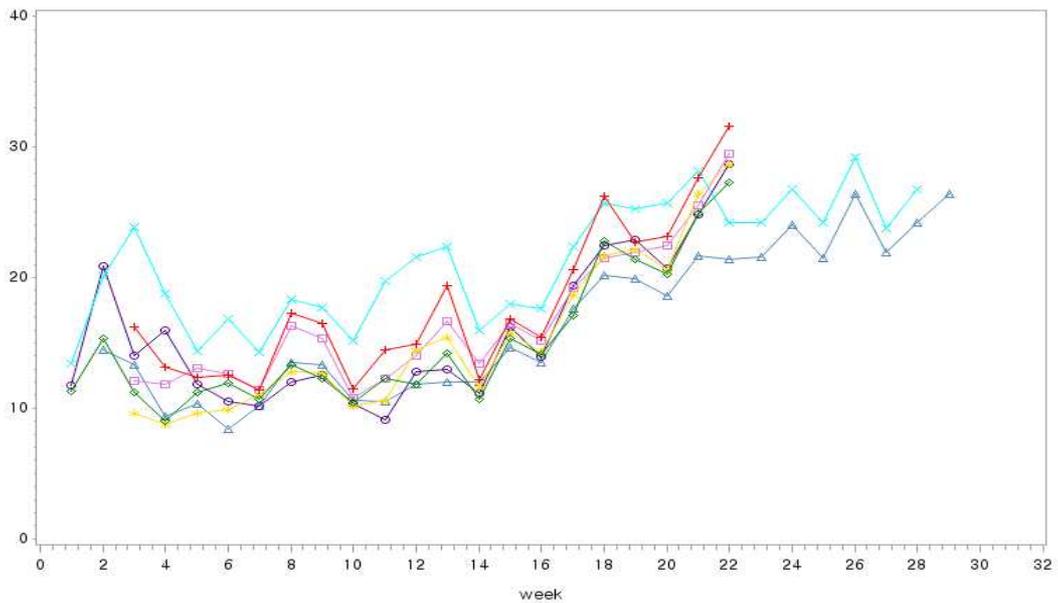


그림. 농가별 주별 오후 최저온도에 대한 추이

- 주별 농가별 오후 최저온도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 완만하게 증가하는 모양을 보이는 것으로 나타났다.

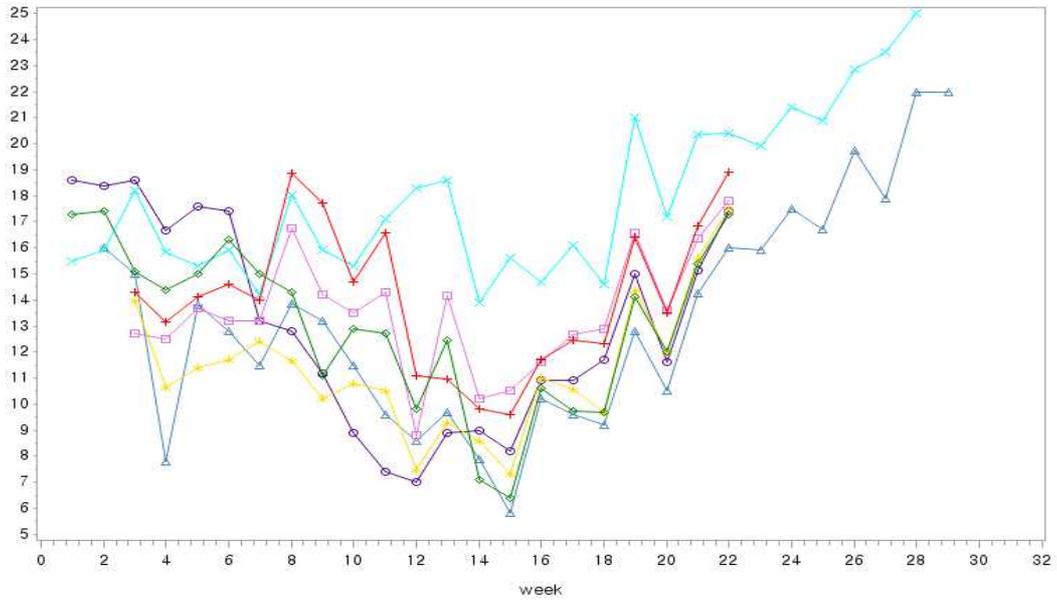


그림. 농가별 주별 저녁 최저온도에 대한 추이

- 주별 농가별 저녁 최저온도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 먼저 감소하다가 증가하는 모양을 보이는 것으로 나타났다.

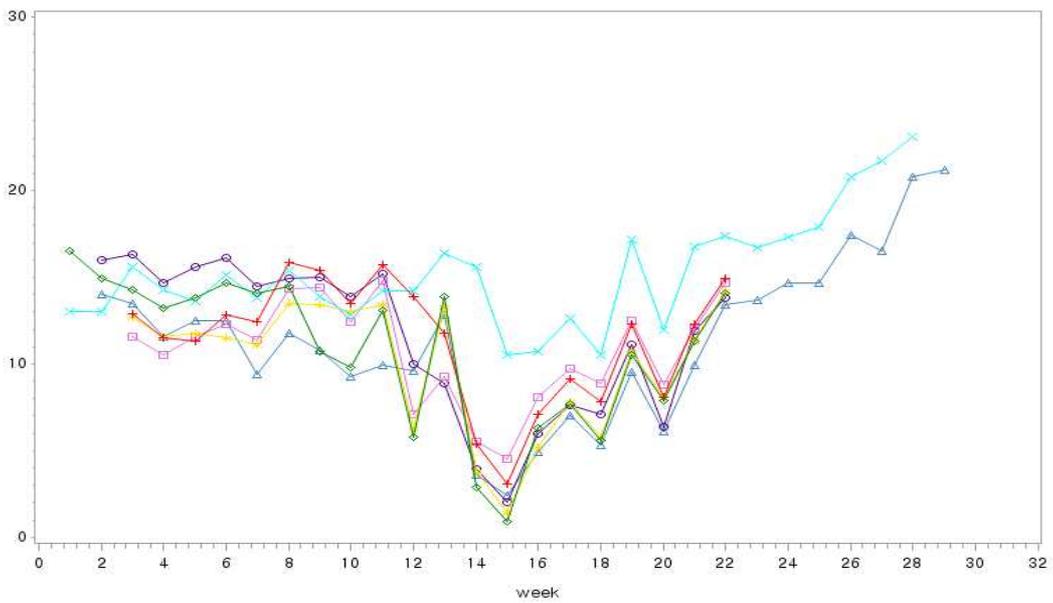


그림. 농가별 주별 새벽 최저온도에 대한 추이

- 주별 농가별 새벽 최저온도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 먼저 감소하다가 증가하는 모양을 보이는 것으로 나타났다.

(7) 이산화탄소 농도에 대한 농가별 추이

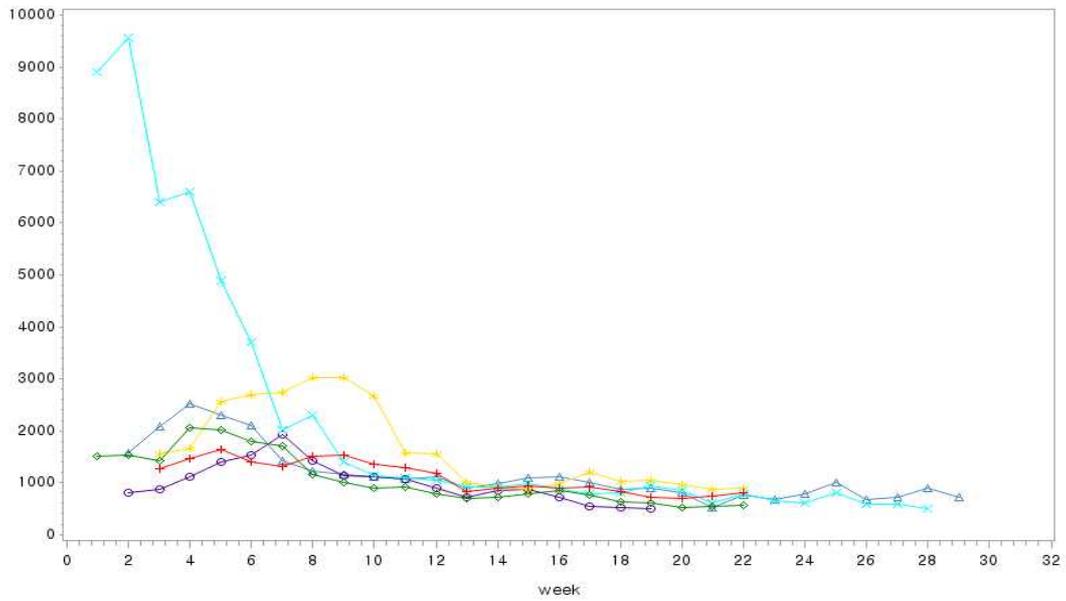


그림. 농가별 주별 오전 이산화탄소 농도에 대한 추이

- 주별 농가별 오전 이산화탄소 농도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 완만하게 감소하는 모양을 보이는 것으로 나타났다.

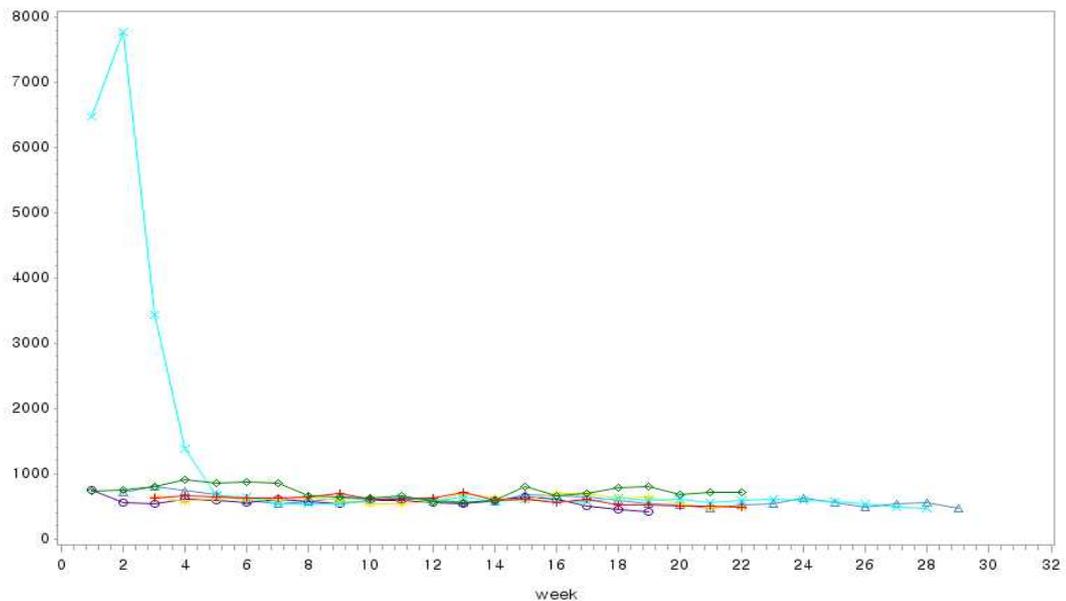


그림. 농가별 주별 오후 이산화탄소 농도에 대한 추이

- 주별 농가별 오후 이산화탄소 농도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 완만하게 감소하는 모양을 보이는 것으로 나타났다.

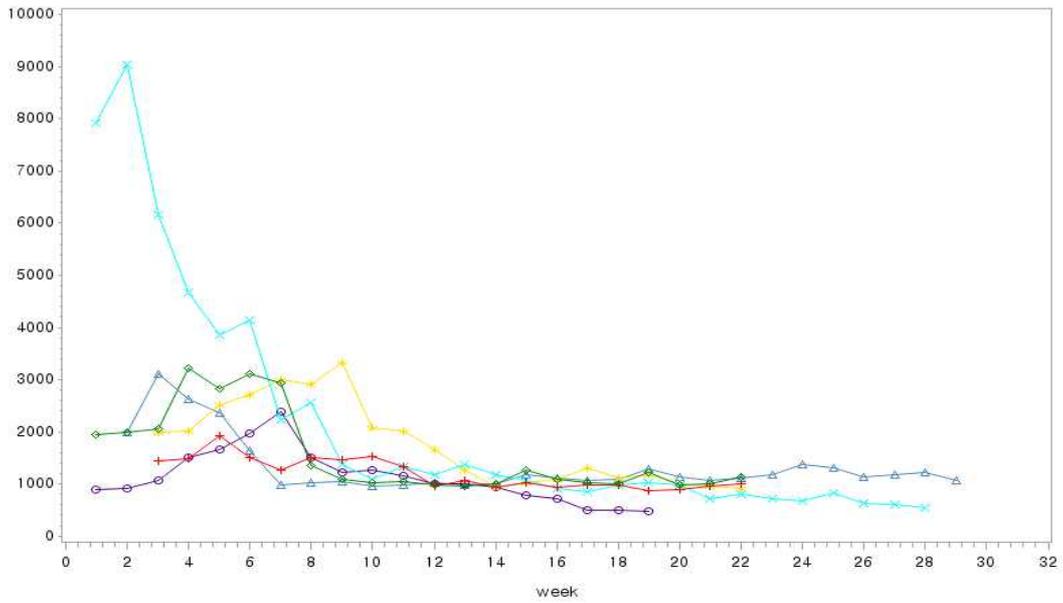


그림. 농가별 주별 저녁 이산화탄소 농도에 대한 추이

- 주별 농가별 저녁 이산화탄소 농도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 완만하게 감소하고, 농가 간 편차 역시 감소하는 모양을 보였다.

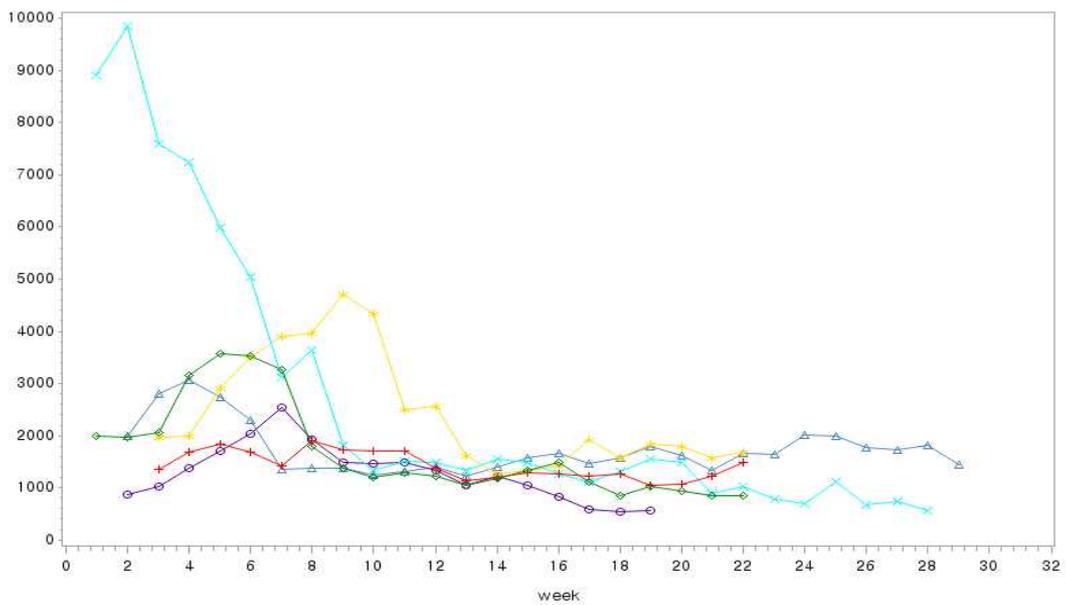


그림. 농가별 주별 새벽 이산화탄소 농도에 대한 추이

- 주별 농가별 새벽 이산화탄소 농도 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 완만하게 감소하는 모양을 보였으며, 농가 간 편차도 비교적 크게 나타났다.

(8) 일사량에 대한 농가별 추이

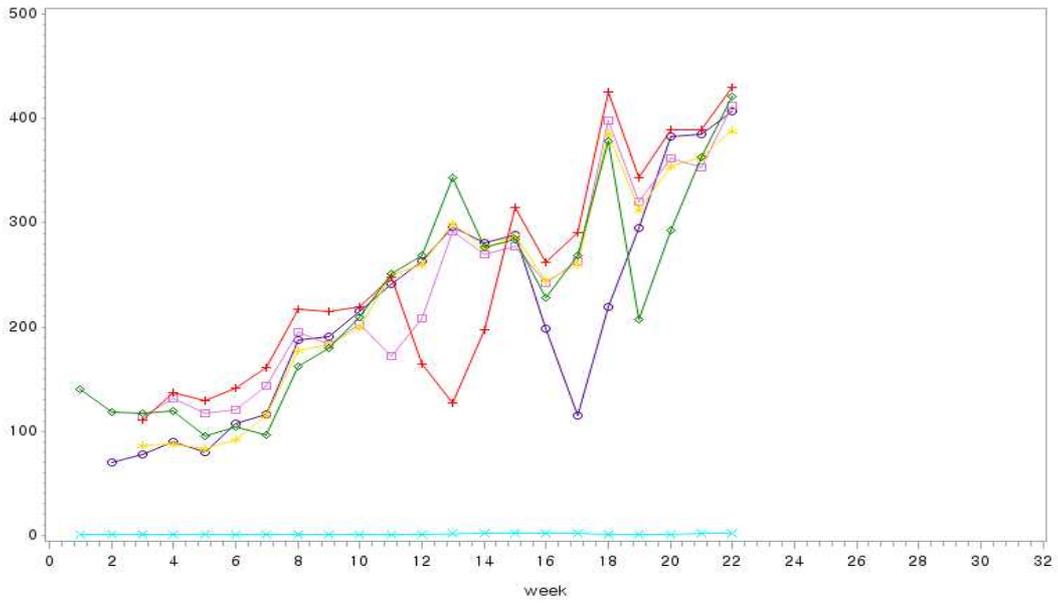


그림. 농가별 주별 오전 일사량에 대한 추이

- 주별 농가별 오전 일사량 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 빠르게 증가하는 것을 알 수 있다.

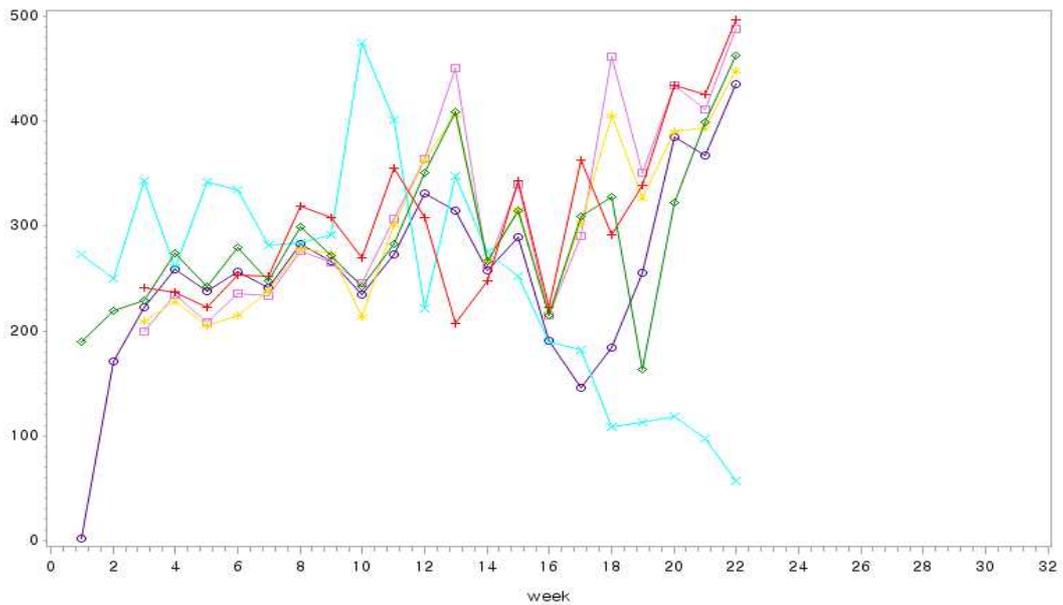


그림. 농가별 주별 오후 일사량에 대한 추이

- 주별 농가별 오후 일사량 값의 크기에 대한 추이를 살펴보면, 시간이 흐름에 따라 증가하지만 파동이 심한 것을 알 수 있다.

제 3 절 참외 영농기법 간 차이분석

1. 연구수행내용

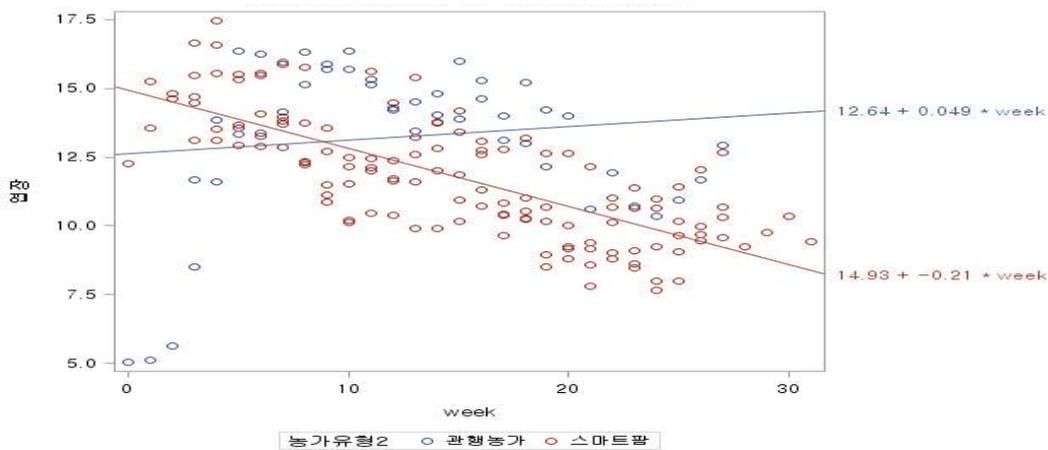
- 참외 재배농가들의 영농기법에 있어서의 차이 존재 여부를 살펴보기 위해 스마트팜농가(5농가)와 관행농가(2농가)로 구분하여 생육, 과일, 환경자료를 비교분석하였음
- 분석내용
 - 생육자료 : 엽장, 엽폭, 엽록소
 - 과일자료 : 생산량, 당도, 경도, 과육두께
 - 환경자료 : 습도, 최고온도, 일교차, 광량

2. 연구수행 결과

가. 생육자료에 대한 영농기법간 차이분석

(1) 엽장에 대한 차이분석

- 주별 엽장 크기의 추이를 살펴보면 스마트팜 농가들은 시간이 흐름에 따라 감소하지만 관행농가의 엽장크기는 일정수준을 유지하는 것으로 나타났다.



- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 엽장 크기의 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산 분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 23.55로 1% 유의수준에서 통계적인 차이를 보였다.

표. 영농기법별 엽장 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	13.631	2.263	23.55***
스마트팜	11.738	2.196	

*** : 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 엽장 크기를 박스그림을 통해 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

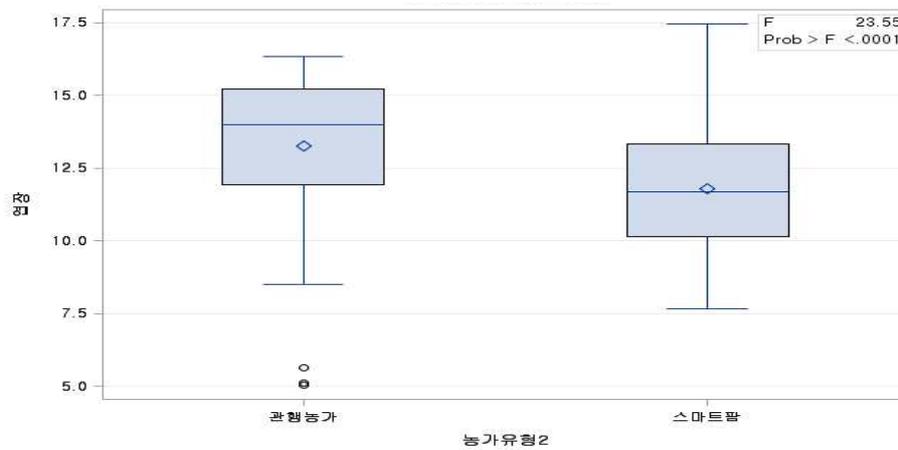
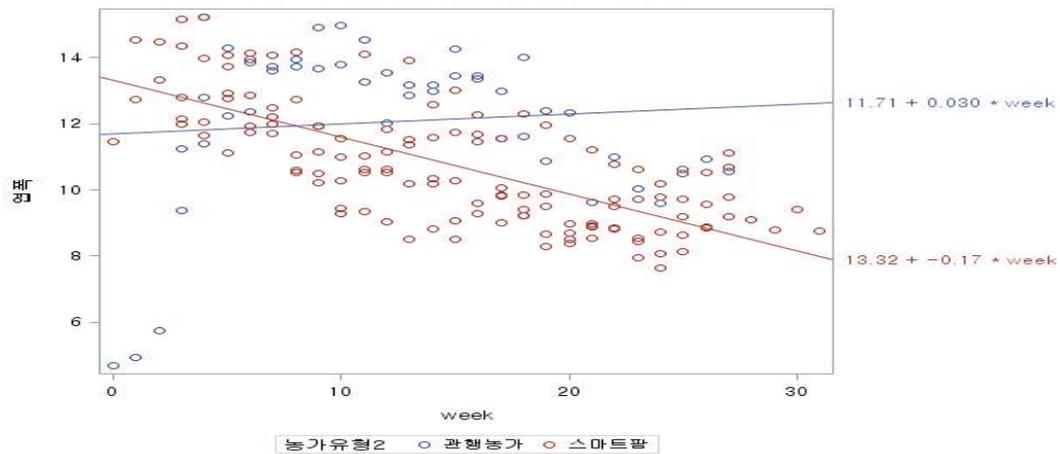


그림. 영농기법별 엽장 차이에 대한 분산분석

(2) 엽폭에 대한 차이분석

- 주별 엽폭 크기의 추이를 살펴보면 스마트팜 농가들은 시간이 흐름에 따라 감소하지만 관행농가의 엽폭 크기는 일정수준을 유지하는 것으로 나타났다.



- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 엽폭 크기의 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 28.6으로 1% 유의수준에서 통계적인 차이를 보였다.

표. 영농기법별 엽폭 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	12.417	1.821	28.6***
스마트팜	10.707	1.812	

*** : 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 엽폭 크기를 박스그림을 통해 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

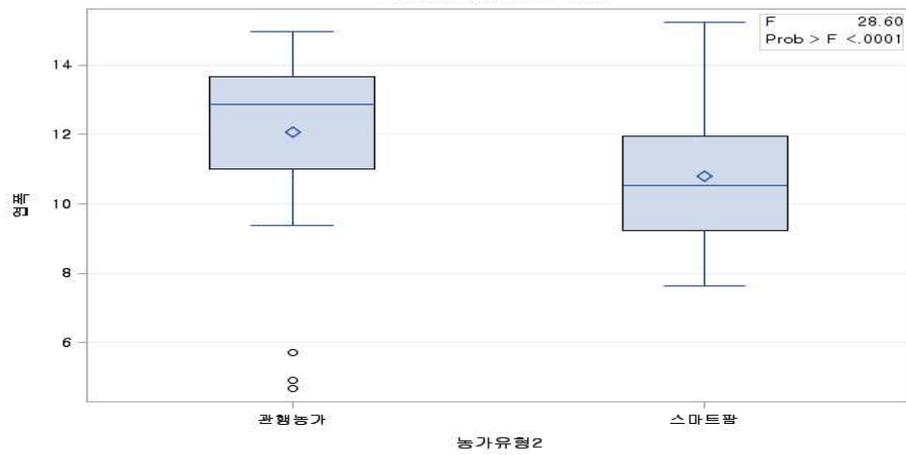
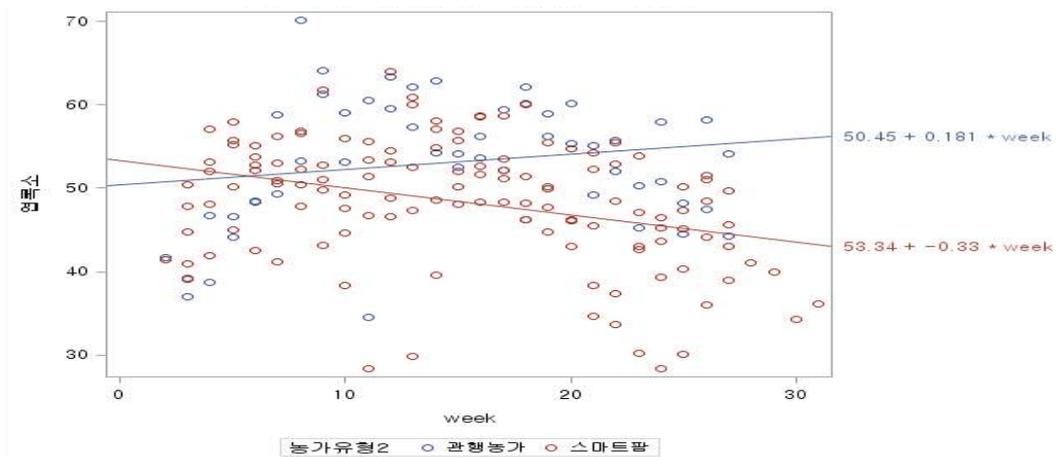


그림. 영농기법별 엽폭 차이에 대한 분산분석

(3) 엽록소에 대한 차이분석

- 주별 엽장 엽록소의 추이를 살펴보면 스마트팜 농가들은 시간이 흐름에 따라 감소하지만 관행농가의 엽록소 크기는 증가하는 것으로 나타났다.



- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 엽록소 크기의 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 13.92로 1% 유의수준에서 통계적인 차이를 보였다.

표. 영농기법별 엽록소 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	53.281	8.000	13.92***
스마트팜	48.326	7.374	

*** : 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

- 스마트팜 농가와 관행농가간 주별 엽록소 크기를 박스그림을 통해 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

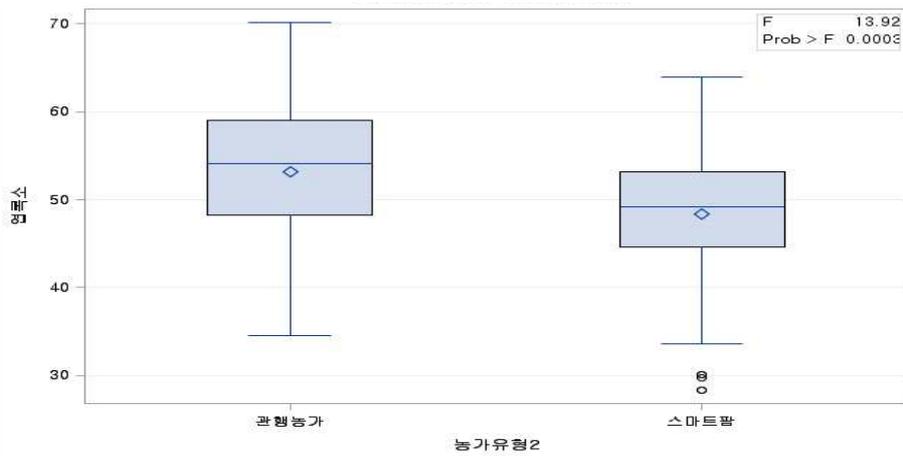
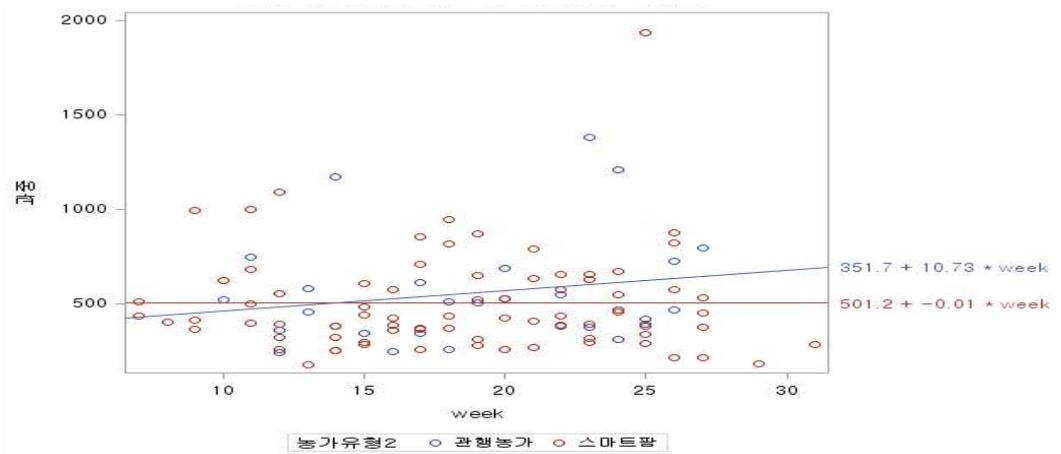


그림. 영농기법별 엽록소 차이에 대한 분산분석

나. 과일자료에 대한 영농기법 간 차이분석

(1) 생산량에 대한 차이분석

- 주별 생산량 크기 추이를 살펴보면 스마트팜 농가들은 시간이 흐름에 따라 일정 수준을 유지하지만 관행농가의 생산량은 시간이 흐름에 있어서 우상향하는 모양을 나타냈다.



- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 생산량 크기의 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 0.72로 통계적인 차이를 보이지 않고 있음.

표. 영농기법별 생산량 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	552.675	295.393	0.72
스마트팜	500.939	264.783	

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 생산량 크기를 박스그림을 통해 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있음.

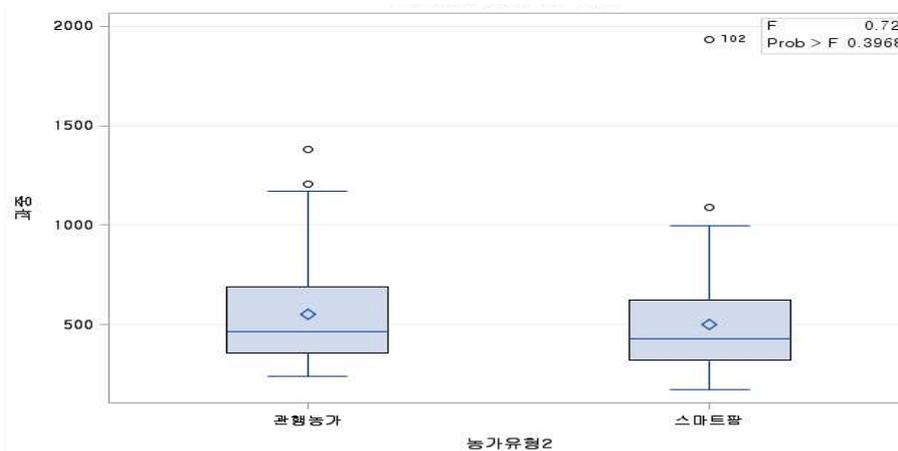
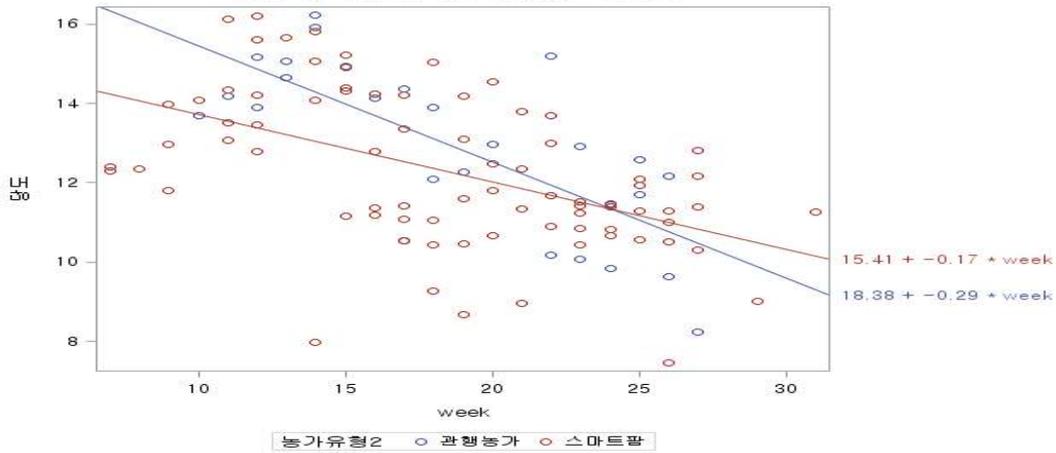


그림. 영농기법별 생산량 차이에 대한 분산분석

(2) 당도에 대한 차이분석

- 주별 당도 크기 추이를 살펴보면 스마트팜 농가들과 관행농가 모두 시간이 흐름에 따라 감소하지만 관행농가 감소폭이 더 큰 것으로 나타났다.



- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 당도 크기의 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 1.94로 통계적인 차이를 보이지 않았다.

표. 영농기법별 당도 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	12.888	2.132	1.94
스마트팜	12.274	1.921	

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 당도 크기를 박스그림을 통해 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

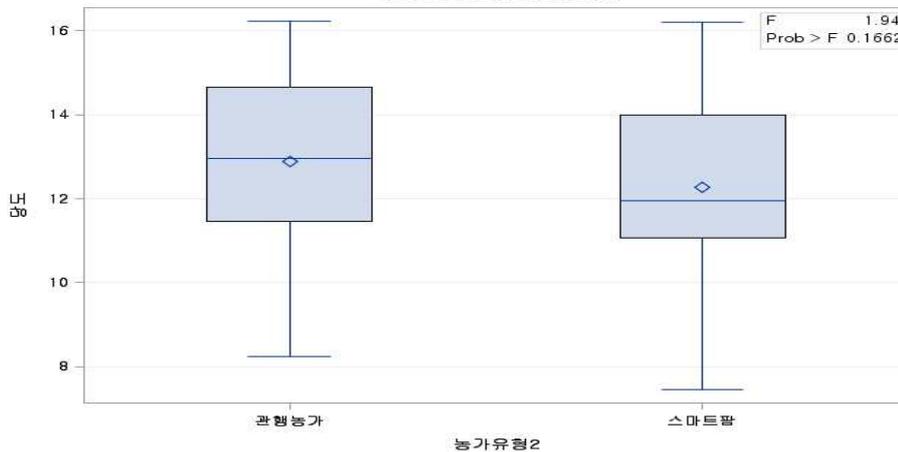
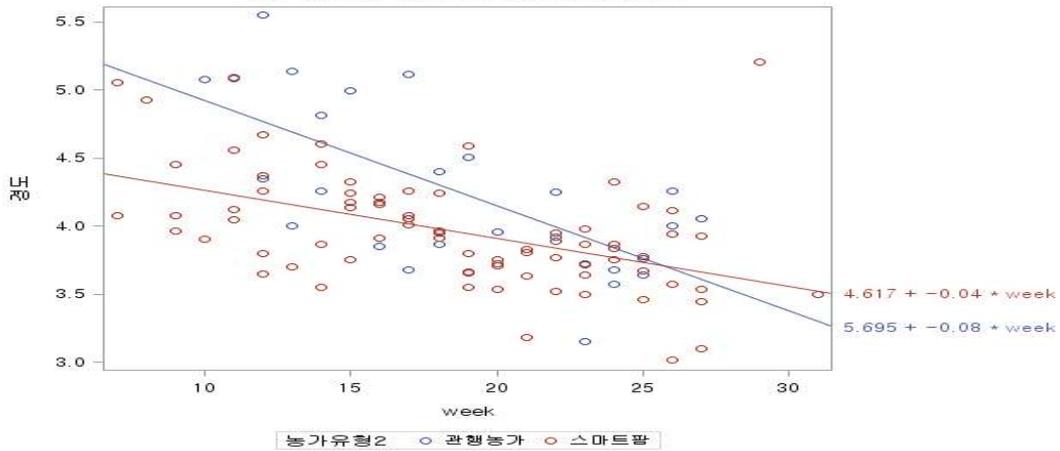


그림. 영농기법별 당도 차이에 대한 분산분석

(3) 경도에 대한 차이분석

- 주별 엽장 경도 추이를 살펴보면 스마트팜 농가와 관행농가 모두 시간이 흐름에 따라 감소하지만 관행농가의 감소 기울기가 더 큰 것으로 나타났다.



- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 경도 크기의 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 7.2로 1% 유의수준에서 통계적인 차이를 보였다.

표. 영농기법별 경도 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	4.246	0.604	7.20***
스마트팜	3.964	0.417	

*** : 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 경도 크기를 박스그림을 통해 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

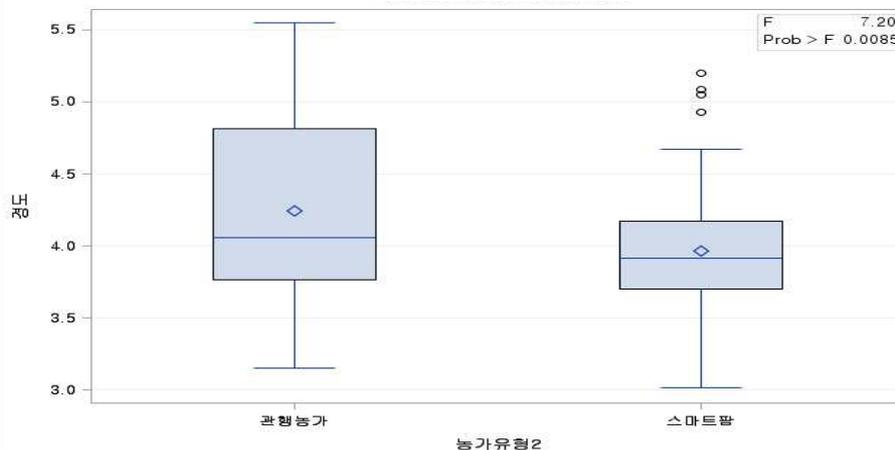
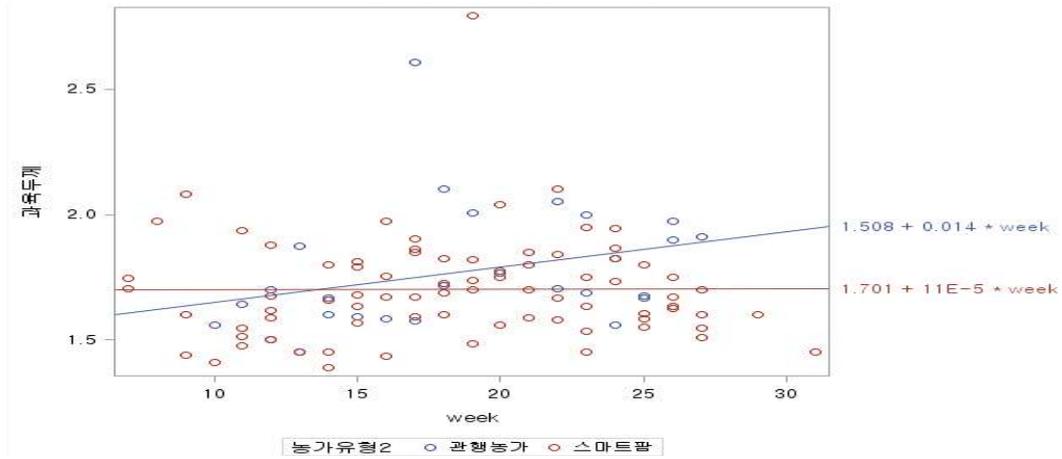


그림. 영농기법별 경도 차이에 대한 분산분석

(4) 과육두께에 대한 차이분석

- 주별 과육두께 크기의 추이를 살펴보면 스마트팜 농가들은 시간이 흐름에 따라 일정 수준을 유지하지만 관행농가의 과육두께는 증가하는 것으로 나타났다.



- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 과육두께 크기 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 2.15로 통계적인 차이를 보이지 않았다.

표. 영농기법별 과육두께 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	1.774	0.244	2.15
스마트팜	1.703	0.206	

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 과육두께 크기를 박스그림을 통해 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

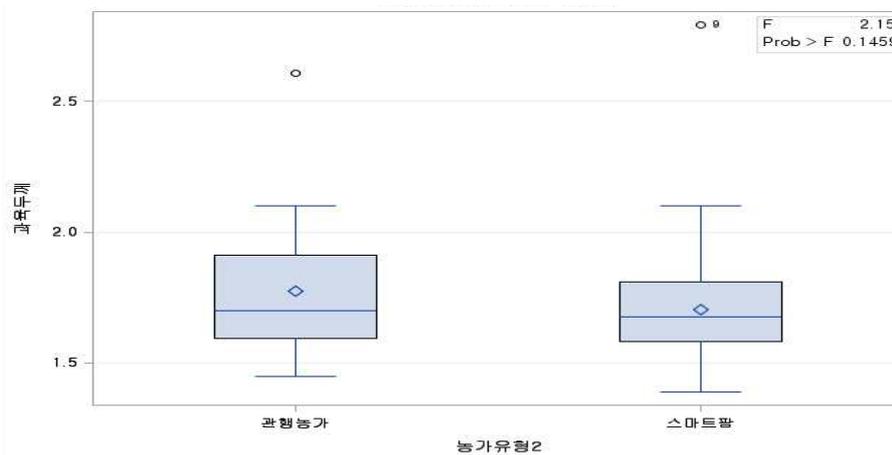


그림. 영농기법별 과육두께 차이에 대한 분산분석

다. 환경자료에 대한 영농기법간 차이분석

(1) 습도에 대한 차이분석

- 오전 습도

- 주별 오전 습도 값의 추이를 살펴보면 스마트팜 농가들과 관행농가들 모두 시간이 흐름에 따라 감소하지만 스마트팜 농가들의 감소폭이 더 빠른 것으로 나타났다.

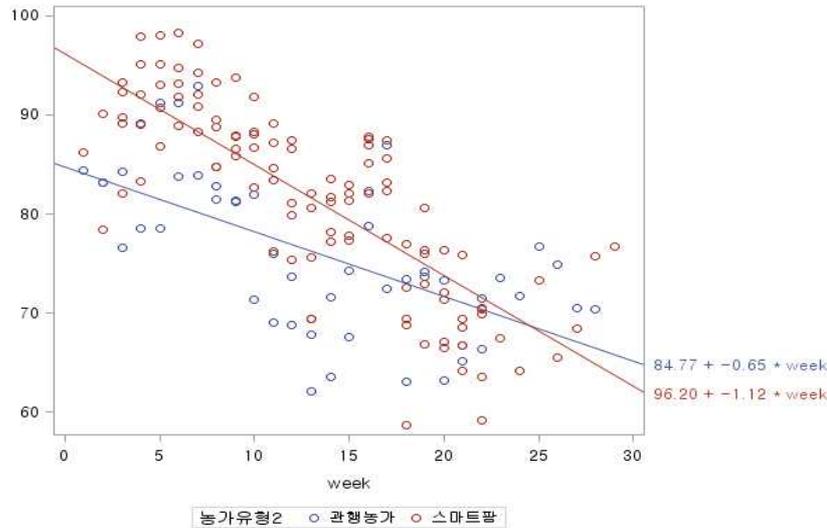


그림. 영농기법별 오전 습도 추이 비교

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 오전 습도 값의 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 12.81로 1% 유의수준에서 통계적인 차이를 보였다.

표. 영농기법별 오전 습도 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	76.435	8.374	12.81***
스마트팜	82.750	9.851	

*** : 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 오전 습도 값의 크기를 박스그림을 통해 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

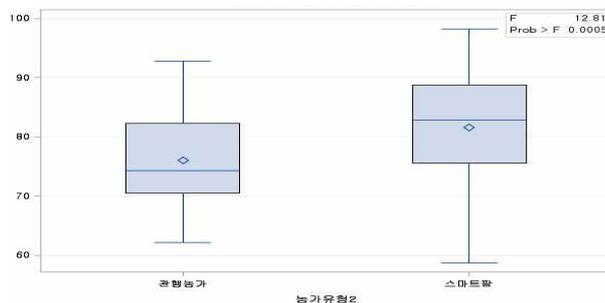


그림. 영농기법별 오전 습도 차이에 대한 분산분석

- 오후 습도

- 주별 오후 습도 값의 추이를 살펴보면 스마트팜 농가들과 관행농가들 모두 시간이 흐름에 따라 감소하지만 스마트팜농가들의 감소폭이 더 빠른 것으로 나타났다.

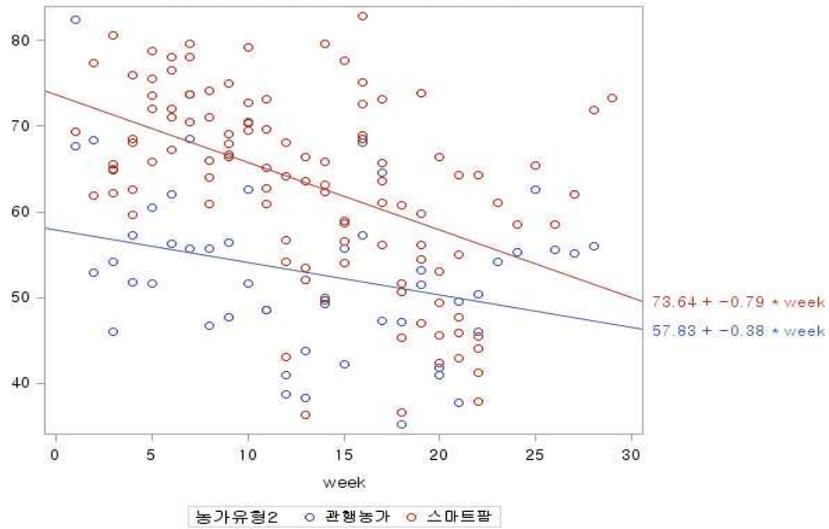


그림. 영농기법별 오후 습도 추이 비교

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 오후 습도 값의 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 23.83으로 1% 유의수준에서 통계적인 차이를 보였다.

표. 영농기법별 오후 습도 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	51.622	8.736	23.83***
스마트팜	61.116	11.070	

*** : 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 오후 습도 값의 크기를 박스그림을 통해 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

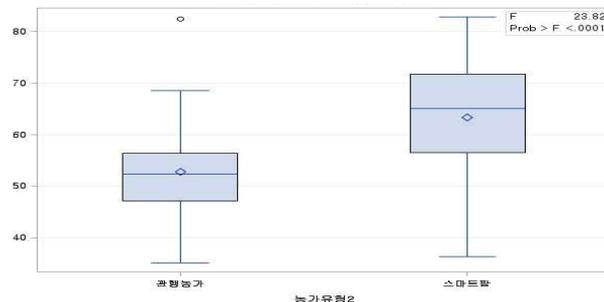


그림. 영농기법별 오후 습도 차이에 대한 분산분석

- 저녁 습도

- 주별 저녁 습도 값의 추이를 살펴보면 스마트팜 농가들과 관행농가들 모두 시간이 흐름에 따라 감소하지만 관행농가들의 감소폭이 더 빠른 것으로 나타났다.

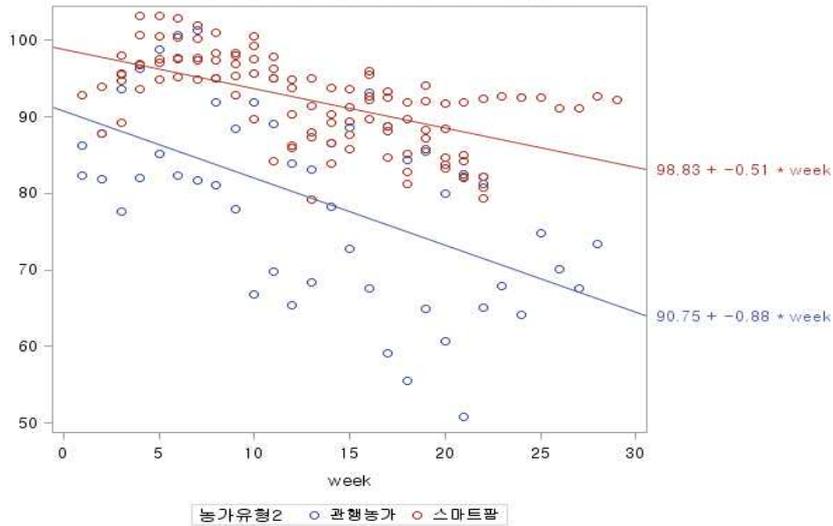


그림. 영농기법별 저녁 습도 추이 비교

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 저녁 습도 값의 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 46.26로 1% 유의수준에서 통계적인 차이를 보였다.

표. 영농기법별 저녁 습도 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	80.372	12.195	46.26***
스마트팜	91.751	6.541	

*** : 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 오후 습도 값의 크기를 박스그림을 통해 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

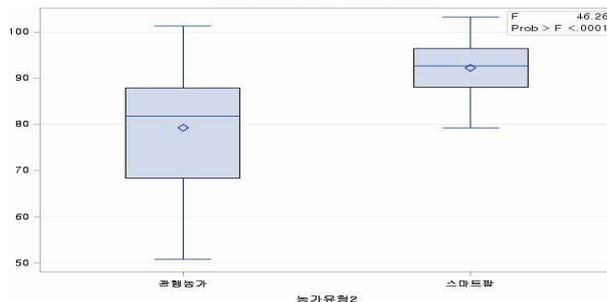


그림. 영농기법별 저녁 습도 차이에 대한 분산분석

- 새벽 습도

- 주별 새벽 습도 값의 추이를 살펴보면 스마트팜 농가들과 관행농가들 모두 시간이 흐름에 따라 감소하지만 관행농가들의 감소폭이 더 빠른 것으로 나타났다.

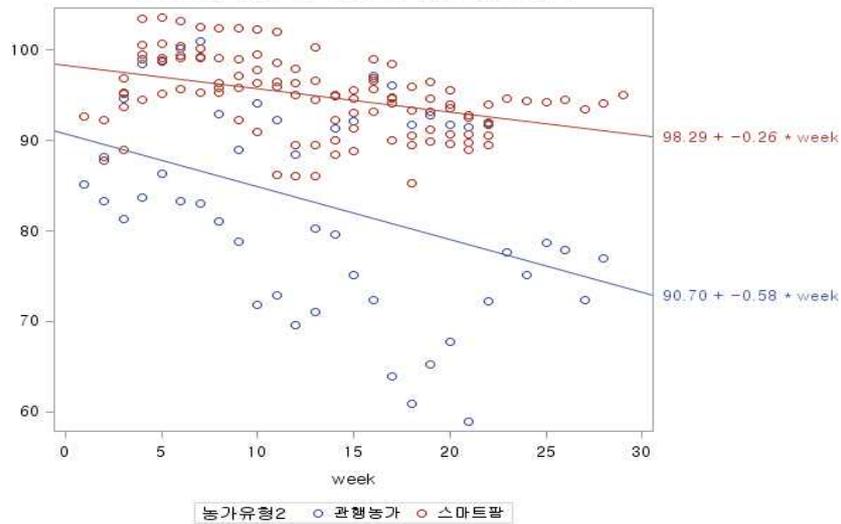


그림. 영농기법별 새벽 습도 추이 비교

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 새벽 습도 값의 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 61.56로 1% 유의수준에서 통계적인 차이를 보였다.

표. 영농기법별 새벽 습도 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	83.755	11.385	61.56***
스마트팜	95.084	4.702	

*** : 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 새벽 습도 값의 크기를 박스그림을 통해 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

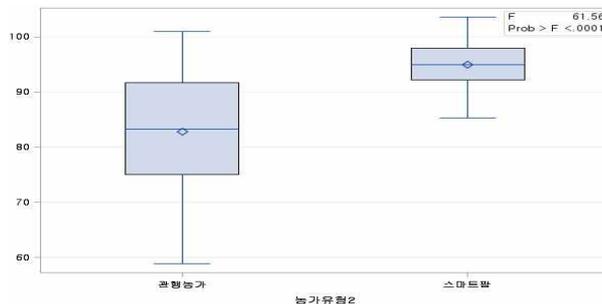


그림. 영농기법별 새벽 습도 차이에 대한 분산분석

(2) 최고온도에 대한 차이분석

- 오전 최고온도

- 주별 오전 최고온도 값의 추이를 살펴보면 스마트팜 농가들과 관행농가들 모두 시간이 흐름에 따라 증가하지만 스마트팜 농가들의 증가폭이 더 빠른 것으로 나타났다.

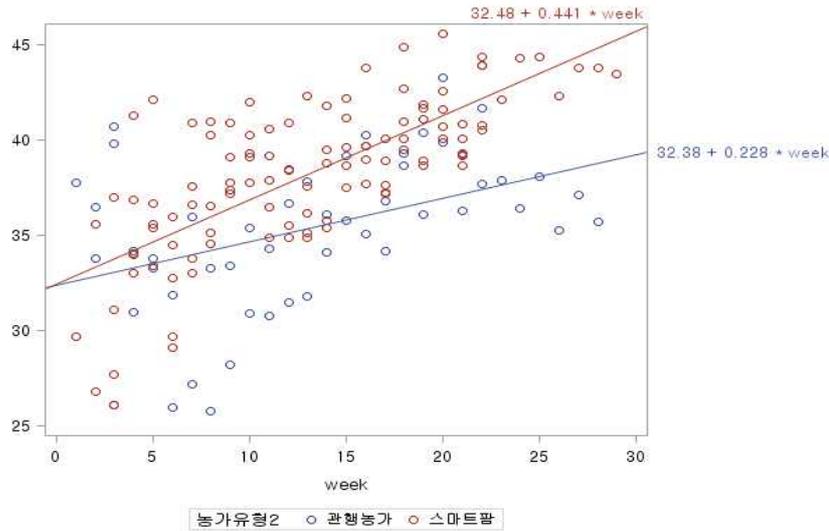


그림. 영농기법별 오전 최고온도 추이 비교

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 오전 최고온도 값의 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 7.25로 1% 유의수준에서 통계적인 차이를 보였다.

표. 영농기법별 오전 최고온도 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	35.257	4.151	7.25***
스마트팜	37.383	4.215	

*** : 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 오전 최고온도 값을 박스그림을 통해 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

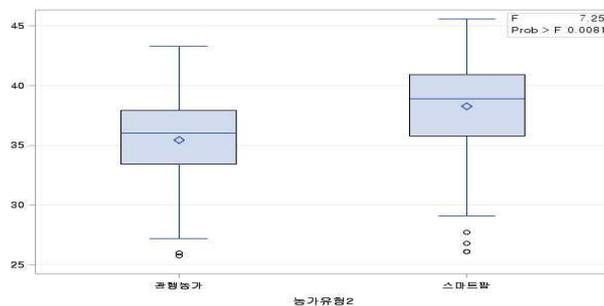


그림. 영농기법별 오전 최고온도 차이에 대한 분산분석

- 오후 최고온도

- 주별 오후 최고온도 값의 추이를 살펴보면 스마트팜 농가들과 관행농가들 모두 시간이 흐름에 따라 증가하지만 스마트팜 농가들의 증가폭이 더 빠른 것으로 나타났다.

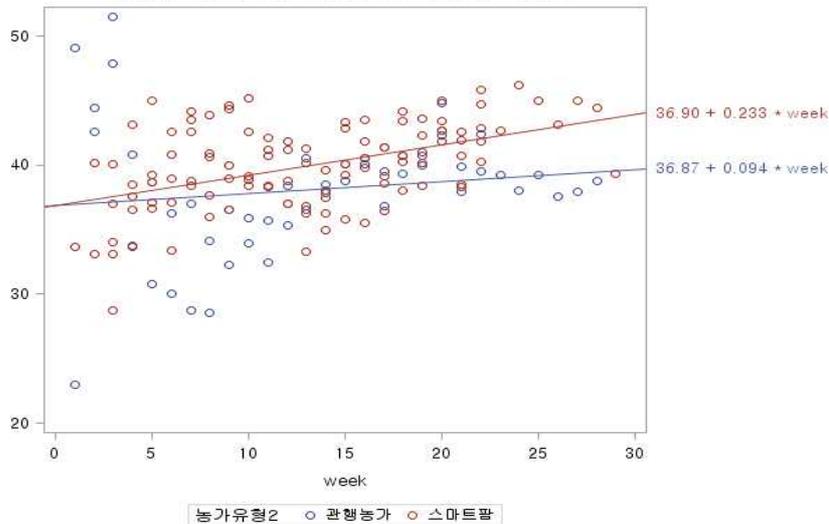


그림. 영농기법별 오후 최고온도 추이 비교

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 오후 최고온도 값의 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 1.13으로 통계적인 차이를 보이지 않았다.

표. 영농기법별 오후 최고온도 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	38.414	4.961	1.13
스마트팜	39.202	3.273	

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 오전 최고온도 크기를 박스그림을 통해 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

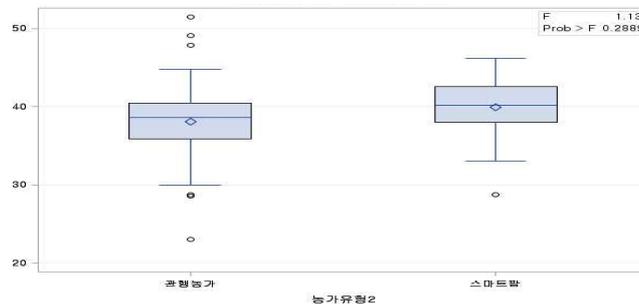


그림. 영농기법별 오후 최고온도 차이에 대한 분산분석

- 저녁 최고온도

- 주별 저녁 최고온도 값의 추이를 살펴보면 스마트팜 농가들과 관행농가들 모두 시간이 흐름에 따라 증가하지만 스마트팜 농가들의 증가폭이 더 빠른 것으로 나타났다.

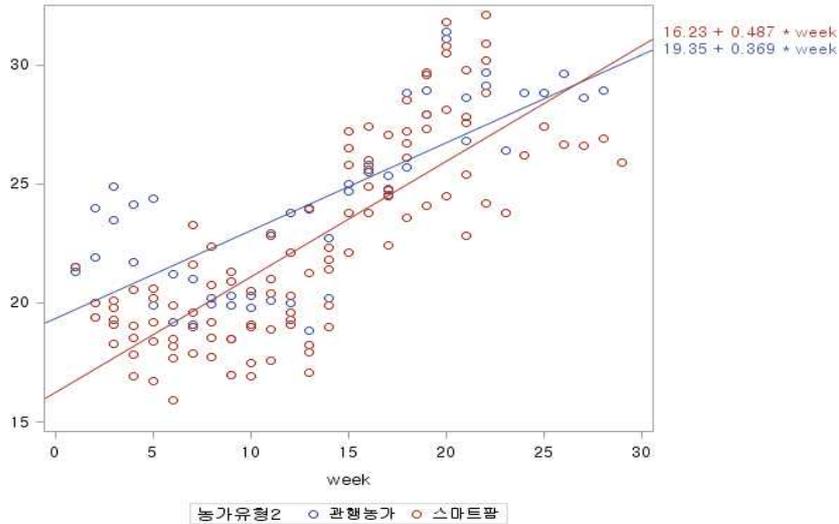


그림. 영농기법별 저녁 최고온도 추이 비교

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 오후 최고온도 값의 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 1.35로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

표. 영농기법별 저녁 최고온도 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	23.681	3.551	1.35
스마트팜	22.777	4.400	

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 저녁 최고온도 크기를 박스그림을 통해 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

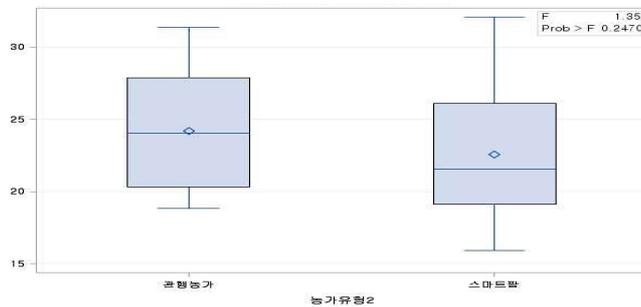


그림. 영농기법별 저녁 최고온도 차이에 대한 분산분석

- 새벽 최고온도

- 주별 새벽 최고온도 값의 추이를 살펴보면 스마트팜 농가들과 관행농가들 모두 시간이 흐름에 따라 증가하고 증가폭도 비슷한 것으로 나타났다.

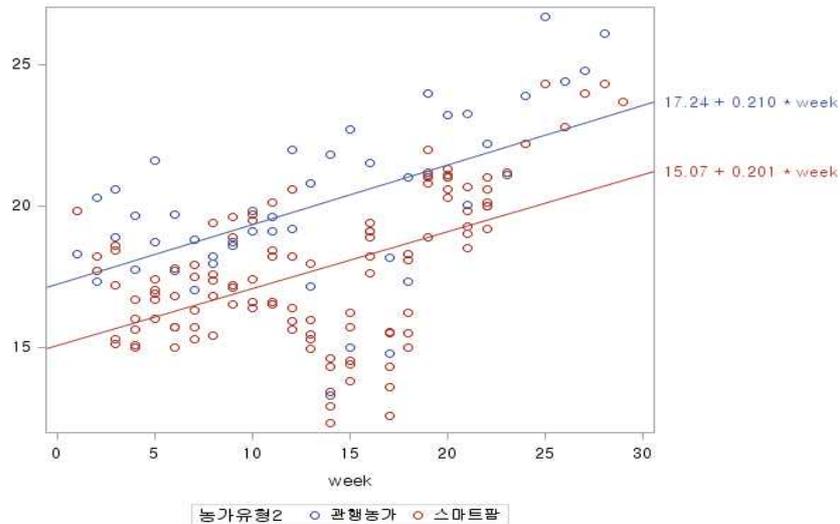


그림. 영농기법별 새벽 최고온도 추이 비교

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 새벽 최고온도 값의 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 21.26로 1% 유의수준에서 통계적인 차이를 보였다.

표. 영농기법별 새벽 최고온도 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	19.442	2.272	21.26***
스마트팜	17.482	2.250	

*** : 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 새벽 최고온도 크기를 박스그림을 통해 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

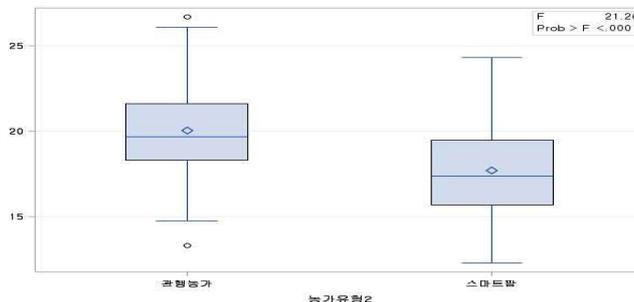


그림. 영농기법별 새벽 최고온도 차이에 대한 분산분석

(3) 일교차에 대한 차이분석

- 오전 온도차이

- 주별 오전 온도차이 값의 추이를 살펴보면 스마트팜 농가들은 증가하지만 관행농가들은 일정한 수준을 유지하는 것으로 나타났다.

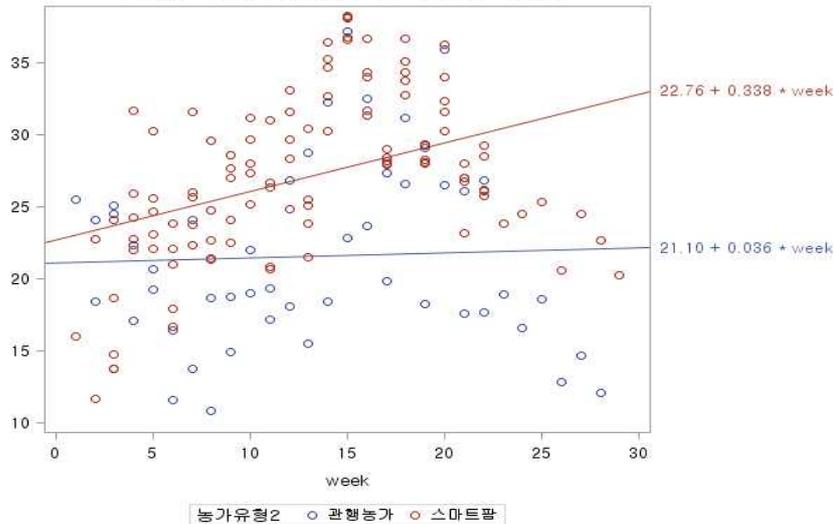


그림. 영농기법별 오전 온도차이 추이 비교

- 스마트팜 농가와 관행농가간 주별 오전 온도차이 값의 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 15.26으로 1% 유의수준에서 통계적인 차이를 보였다.

표. 영농기법별 오전 온도차이 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	22.405	6.186	15.26***
스마트팜	26.863	5.996	

*** : 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

- 스마트팜 농가와 관행농가간 주별 오전 온도차이 크기를 박스그림을 통해 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

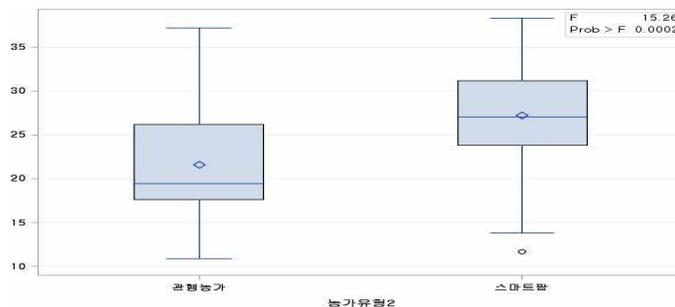


그림. 영농기법별 오전 온도차이 차이에 대한 분산분석

- 오후 온도차이

- 주별 오후 온도차이 값의 추이를 살펴보면 스마트팜 농가들과 관행농가들 모두 감소하는 것으로 나타났다.

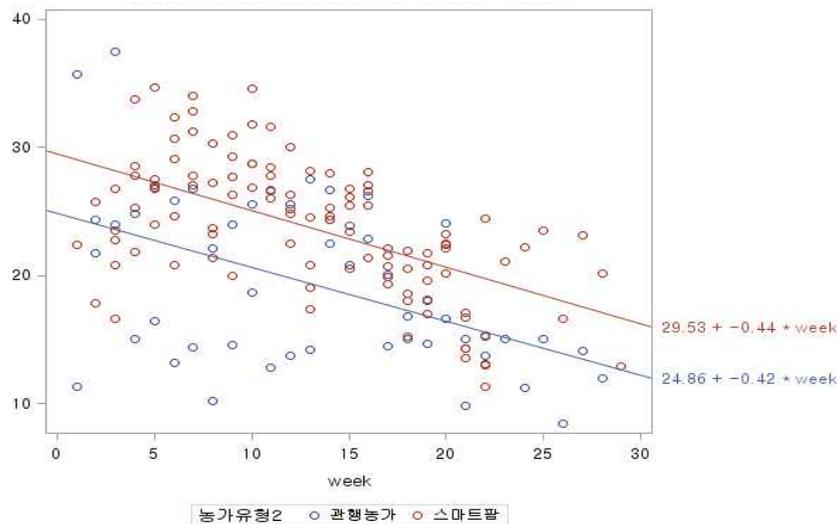


그림. 영농기법별 오후 온도차이 추이 비교

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 오후 온도차이 값의 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 6.7로 1% 유의수준에서 통계적인 차이를 보였다.

표. 영농기법별 오후 온도차이 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	20.438	6.392	6.7***
스마트팜	23.082	4.849	

*** : 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 오전 온도차이 값을 박스그림을 통해 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

○

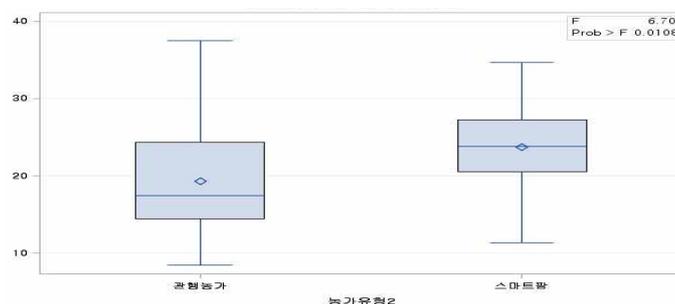


그림. 영농기법별 오후 온도차이 차이에 대한 분산분석

- 저녁 온도차이

- 주별 저녁 온도차이 값의 추이를 살펴보면 스마트팜 농가들과 관행농가들 모두 증가하며 스마트팜 농가들이 더 빠르게 증가하는 것으로 나타났다.

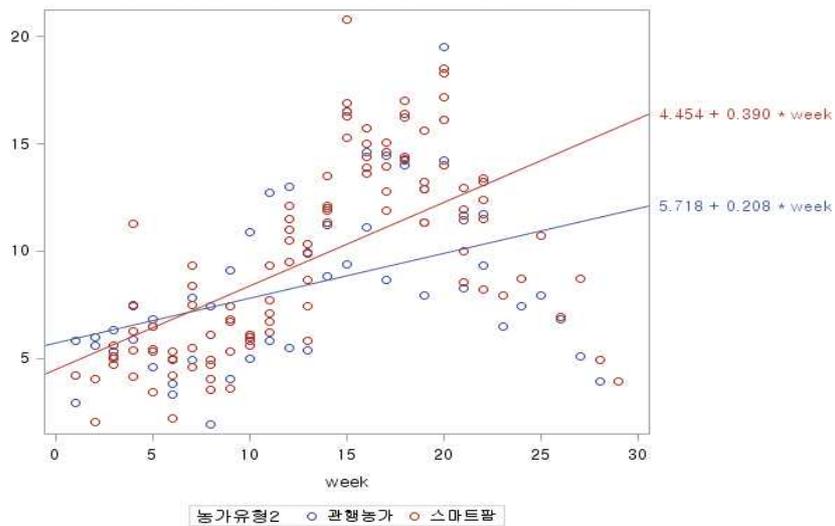


그림. 영농기법별 저녁 온도차이 추이 비교

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 저녁 온도차이 값의 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 1.19로 통계적인 차이를 보이지 않았다.

표 영농기법별 저녁 온도차이 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	8.894	4.015	1.19
스마트팜	9.806	4.653	

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 저녁 온도차이 값을 박스그림으로 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

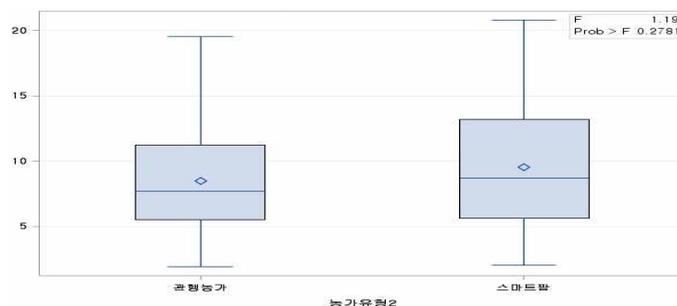


그림. 영농기법별 저녁 온도차이 차이에 대한 분산분석

- 새벽 온도차이

- 주별 새벽 온도차이 값의 추이를 살펴보면 스마트팜 농가들과 관행농가들 모두 증가하며 스마트팜 농가들이 더 빠르게 증가하는 것으로 나타났다.

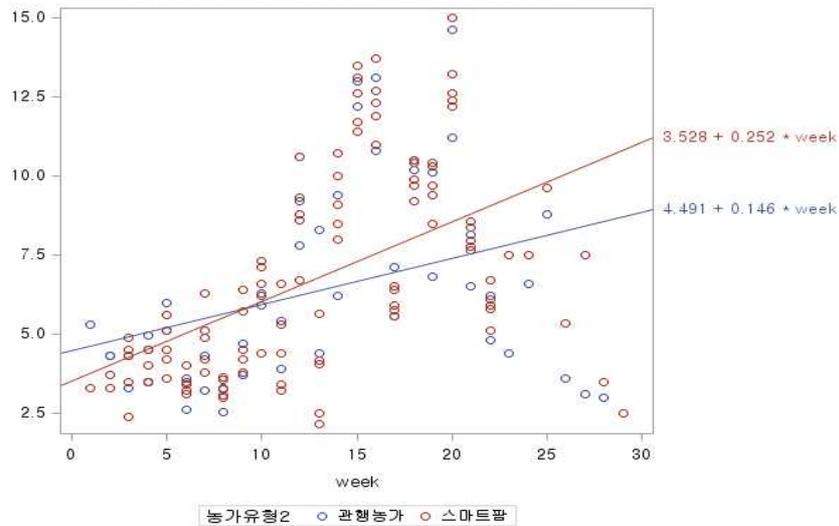


그림. 영농기법별 새벽 온도차이 추이 비교

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 새벽 온도차이 값의 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 0.03으로 통계적인 차이를 보이지 않았다.

표. 영농기법별 새벽 온도차이 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	6.664	3.173	0.03
스마트팜	6.774	3.277	

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 새벽 온도차이 크기를 박스그림을 통해 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

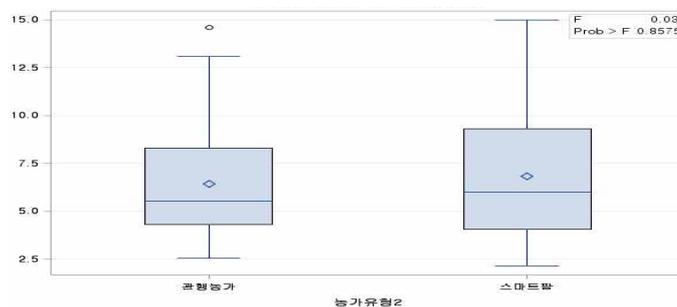


그림. 영농기법별 새벽 온도차이 차이에 대한 분산분석

(4) 광량에 대한 차이분석

- 오전 광량

- 주별 오전 광량 크기의 추이를 살펴보면 스마트팜농가와 관행농가 모두 지속적으로 증가하였으며, 스마트팜농가 증가속도가 더 빠르게 나타났다.

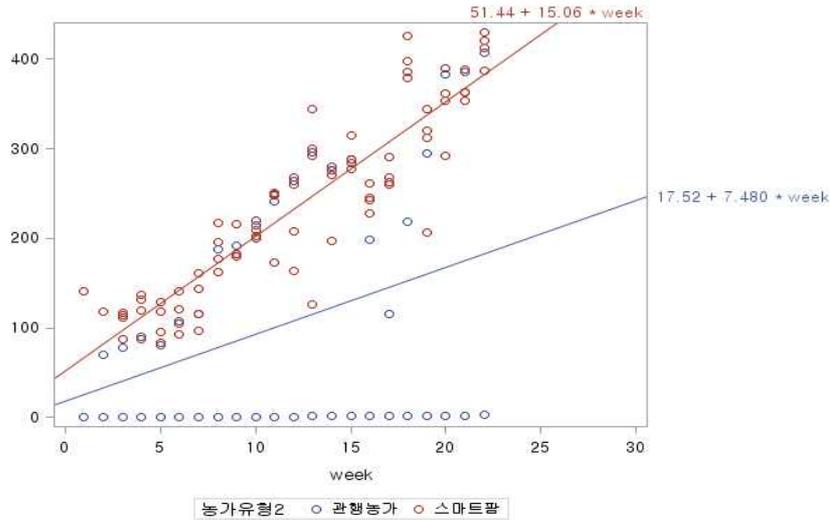


그림. 영농기법별 오전 광량 추이 비교

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 오전 광량 크기의 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 38.86으로 1% 유의수준에서 통계적인 차이를 보였다.

표. 영농기법별 오전 광량 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	105.361	130.625	38.86***
스마트팜	235.640	99.296	

*** : 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 오전 광량 크기를 박스그림을 통해 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

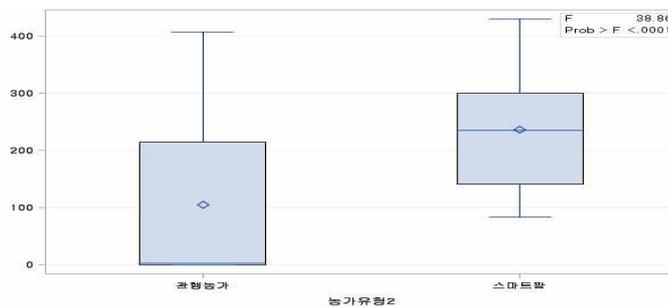


그림. 영농기법별 오전 광량 차이에 대한 분산분석

- 오후 광량

- 주별 오후 광량 크기의 추이를 살펴보면 스마트팜농가는 증가하는 반면 관행농가는 완만하게 감소하는 것으로 나타났다.

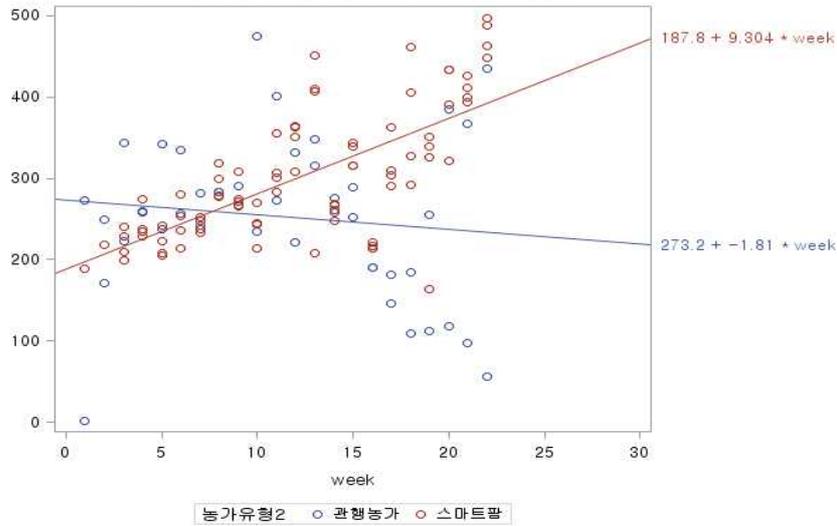


그림. 영농기법별 오후 광량 추이 비교

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 오후 광량 크기의 통계적인 차이 존재여부 확인을 위해 분산분석을 수행하였으며, 분석결과 F값이 7.59로 1% 유의수준에서 통계적인 차이를 보였다.

표. 영농기법별 오후 광량 차이에 대한 분산분석

구분	평균	표준편차	F값
관행농가	258.204	90.349	7.59***
스마트팜	301.651	80.127	

*** : 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

- 스마트팜 농가와 관행농가 간 주별 오후 광량 크기를 박스그림을 통해 시각화 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

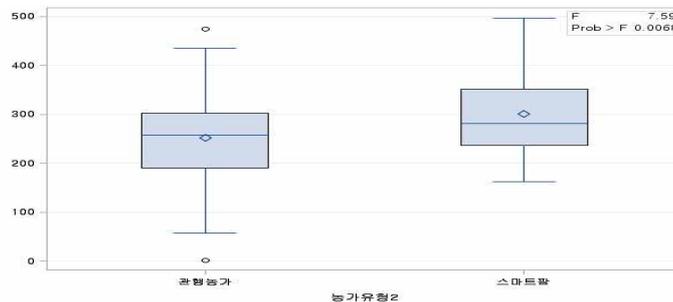


그림. 영농기법별 오후 광량 차이에 대한 분산분석

제 4 절 참외 생산량 영향 요인 분석

1. 연구수행내용

- 생산량에 미칠 수 있는 요인을 발굴하고자 생산량 조사 시점 이전 4주에서 8주까지 생육자료와 환경자료를 분석하였음
- 분석에 활용한 변수들은 생육자료 중 엽폭, 엽장 및 엽록소이며, 환경자료 중 습도, 최고온도, 온도차이 및 광량임
- 생육자료는 기간에 따라 생산량 조사시점 이전 4주-8주차 자료를 활용하였으며, 환경자료는 생산량 조사시점 이전 4주-8주차 누적합산 자료를 활용하였음

2. 연구수행 결과

가. 4주차 변수를 활용한 분석결과

(1) 분석 변수들에 대한 기초통계량

- 생산량 조사시점 이전 4주차에 대한 생육자료와 환경자료 변수들의 기초통계량은 다음과 같다.

표. 생산량과 4주전 변수들에 대한 기초통계량

변수		평균	표준편차	
과일자료	생산량	568.313	432.640	
생육자료	4주전 엽폭	12.591	2.699	
	4주전 엽장	11.481	2.402	
	4주전 엽록소	51.047	10.107	
환경자료	습도	4주 적산 오전습도	82.277	8.328
		4주 적산오후습도	62.217	11.015
		4주 적산저녁습도	88.457	9.797
		4주 적산새벽습도	90.899	8.943
	최고온도	4주 적산 오전최고온도	35.647	4.616
		4주 적산 오후최고온도	38.228	3.842
		4주 적산 저녁최고온도	22.161	3.398
		4주 적산 새벽최고온도	17.740	2.109
	온도차이	4주 적산 오전온도차이	23.834	6.348
		4주 적산 오후온도차이	21.916	5.446
		4주 적산 저녁온도차이	8.452	3.794
		4주 적산 새벽온도차이	5.958	2.389
	광량	4주 적산 오전광량	156.483	112.509
		4주 적산 오후광량	278.125	75.826

(2) 생산량에 대한 상관관계분석

- 생산량에 영향을 미치는 변수들은 4주전 엽폭, 4주전 엽장, 4주전 엽록소 및 4주 적산 오전습도가 10% 유의수준 기준으로 통계적으로 유의하게 나타났다.
- 4주전 엽폭, 4주전 엽장 및 4주 적산 오전습도는 생산량과 정(+)의 상관관계를 가지고 있었다.
- 4주전 엽중 엽록소 함량은 생산량과 음(-)의 상관관계를 가지고 있었다.

표. 생산량에 대한 4주전 변수들의 상관관계

		변수	상관관계	유의수준
생육자료		4주전 엽폭	0.070*	0.067
		4주전 엽장	0.073*	0.056
		4주전 엽록소	-0.064*	0.090
환경자료	습도	4주 적산 오전습도	0.081*	0.055
		4주 적산 오후습도	-0.003	0.935
		4주 적산 저녁습도	0.027	0.528
		4주 적산 새벽습도	0.053	0.216
	최고온도	4주 적산 오전최고온도	-0.025	0.554
		4주 적산 오후최고온도	0.017	0.691
		4주 적산 저녁최고온도	0.020	0.645
		4주 적산 새벽최고온도	0.004	0.932
	온도차이	4주 적산 오전온도차이	-0.004	0.926
		4주 적산 오후온도차이	0.002	0.972
		4주 적산 저녁온도차이	0.009	0.829
		4주 적산 새벽온도차이	0.014	0.750
	광량	4주 적산 오전광량	0.027	0.564
		4주 적산 오후광량	-0.009	0.849

* : 10% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

(3) 생산량에 영향을 미치는 요인분석

- 생산량에 영향을 미치는 요인은 하나가 아닌 여러 요인들이 복합적인 작용 하에 이루어 지므로 회귀분석을 통해 4주차 영향요인을 확인해보면, 4주 적산 오전습도, 4주 적산 오전최고온도, 4주 적산 새벽최고온도, 4주 적산 오전온도차이 및 4주 적산 새벽온도차이가 유의수준 10% 기준 하에서 통계적으로 유의하게 나타났다.

표. 4주전 변수들을 활용한 생산량에 대한 회귀분석

변수		추정계수	유의수준	표준화계수	
상수항		-1147.310*	0.094	0.000	
생육자료	4주전 엽폭	-0.142	0.995	-0.001	
	4주전 엽장	22.767	0.310	0.127	
	4주전 엽록소	2.423	0.248	0.064	
환경자료	습도	4주 적산 오전습도	23.687**	0.019	0.532
		4주 적산 오후습도	-8.595	0.106	-0.266
		4주 적산 저녁습도	-24.150	0.160	-0.547
		4주 적산 새벽습도	19.955	0.219	0.451
	최고온도	4주 적산 오전최고온도	-205.258***	0.000	-2.195
		4주 적산 오후최고온도	39.751*	0.056	0.347
		4주 적산 저녁최고온도	-30.375	0.225	-0.274
		4주 적산 새벽최고온도	193.568***	0.001	1.008
	온도차이	4주 적산 오전온도차이	183.742***	0.001	2.937
		4주 적산 오후온도차이	-20.728	0.282	-0.247
		4주 적산 저녁온도차이	1.429	0.931	0.015
		4주 적산 새벽온도차이	-106.659**	0.038	-0.689
	광량	4주 적산 오전광량	0.465	0.365	0.136
		4주 적산 오후광량	-0.654	0.150	-0.119

F=1.94**

*** : 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

** : 5% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

* : 10% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

나. 5주차 변수를 활용한 분석결과

(1) 분석 변수들에 대한 기초통계량

- 생산량 조사시점 이전 5주차에 대한 생육자료와 환경자료 변수들의 기초통계량은 다음과 같다.

표. 생산량과 5주전 변수들에 대한 기초통계량

변수		평균	표준편차	
과일자료	생산량	568.313	432.640	
생육자료	5주전 엽폭	12.721	2.711	
	5주전 엽장	11.586	2.429	
	5주전 엽록소	51.285	10.260	
환경자료	습도	5주 적산 오전습도	82.675	7.965
		5주 적산 오후습도	62.709	10.555
		5주 적산 저녁습도	88.703	9.629
		5주 적산 새벽습도	91.049	8.776
	최고온도	5주 적산 오전최고온도	35.532	4.554
		5주 적산 오후최고온도	38.195	3.746
		5주 적산 저녁최고온도	22.018	3.230
		5주 적산 새벽최고온도	17.743	1.999
	온도차이	5주 적산 오전온도차이	23.779	6.276
		5주 적산 오후온도차이	22.198	5.335
		5주 적산 저녁온도차이	8.381	3.722
		5주 적산 새벽온도차이	5.974	2.352
	광량	5주 적산 오전광량	151.253	108.344
		5주 적산 오후광량	273.387	73.384

(2) 생산량에 대한 상관관계분석

- 생산량에 영향을 미치는 변수들은 5주 적산 오전습도가 5% 유의수준 기준으로 통계적으로 유의하게 나타났다.
- 5주 적산 오전습도는 생산량과 정(+)의 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다.

표. 생산량에 대한 5주전 변수들의 상관관계

변수		상관관계	유의수준	
생육자료	5주전 엽폭	0.044	0.251	
	5주전 엽장	0.056	0.142	
	5주전 엽록소	0.012	0.747	
환경자료	습도	5주 적산 오전습도	0.086**	0.043
		5주 적산 오후습도	0.000	0.994
		5주 적산 저녁습도	0.022	0.598
		5주 적산 새벽습도	0.053	0.211
	최고온도	5주 적산 오전최고온도	-0.038	0.372
		5주 적산 오후최고온도	-0.004	0.925
		5주 적산 저녁최고온도	0.005	0.915
		5주 적산 새벽최고온도	-0.023	0.587
	온도차이	5주 적산 오전온도차이	-0.010	0.808
		5주 적산 오후온도차이	-0.005	0.909
		5주 적산 저녁온도차이	0.007	0.868
		5주 적산 새벽온도차이	-0.004	0.921
	광량	5주 적산 오전광량	0.005	0.915
		5주 적산 오후광량	-0.026	0.581

** : 5% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

(3) 생산량에 영향을 미치는 요인분석

- 생산량에 영향을 미치는 요인은 하나가 아닌 여러 요인들이 복합적인 작용 하에 이루어 지므로 회귀분석을 통해 5주차 영향요인을 확인해보면, 5주전 엽록소, 5주 적산 오전습도, 5주 적산 저녁습도, 5주 적산 새벽습도, 5주 적산 오전최고온도, 5주 적산 새벽최고온도, 5주 적산 오전온도차이 및 5주 적산 새벽온도차이가 유의수준 10% 기준 하에서 통계적으로 유의하게 나타났다.

표. 5주전 변수들을 활용한 생산량에 대한 회귀분석

변수		추정계수	유의수준	표준화계수	
상수항		-1237.879*	0.098	0.000	
생육자료	5주전 엽록	4.618	0.822	0.028	
	5주전 엽장	4.357	0.837	0.026	
	5주전 엽록소	4.867**	0.023	0.138	
환경자료	습도	5주 적산 오전습도	19.028*	0.093	0.402
		5주 적산 오후습도	-4.311	0.420	-0.128
		5주 적산 저녁습도	-51.110**	0.010	-1.207
		5주 적산 새벽습도	47.949**	0.010	1.106
	최고온도	5주 적산 오전최고온도	-271.384***	0.000	-2.888
		5주 적산 오후최고온도	17.208	0.485	0.146
		5주 적산 저녁최고온도	6.976	0.804	0.060
		5주 적산 새벽최고온도	246.146***	0.002	1.243
	온도차이	5주 적산 오전온도차이	244.705***	0.001	3.937
		5주 적산 오후온도차이	4.251	0.846	0.051
		5주 적산 저녁온도차이	1.239	0.948	0.013
		5주 적산 새벽온도차이	-183.778***	0.004	-1.170
	광량	5주 적산 오전광량	0.020	0.973	0.006
		5주 적산 오후광량	-0.446	0.341	-0.076

F=2.40***

*** : 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

** : 5% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

* : 10% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

다. 6주차 변수를 활용한 분석결과

(1) 분석 변수들에 대한 기초통계량

- 생산량 조사시점 이전 5주차에 대한 생육자료와 환경자료 변수들의 기초통계량은 다음과 같다.

표. 생산량과 6주전 변수들에 대한 기초통계량

변수		평균	표준편차	
과일자료	생산량	568.313	432.640	
생육자료	6주전 엽폭	12.823	2.722	
	6주전 엽장	11.678	2.464	
	6주전 엽록소	51.433	10.334	
환경자료	습도	6주 적산 오전습도	82.868	7.797
		6주 적산 오후습도	62.883	10.339
		6주 적산 저녁습도	88.894	9.483
		6주 적산 새벽습도	91.143	8.669
	최고온도	6주 적산 오전최고온도	35.397	4.552
		6주 적산 오후최고온도	38.127	3.692
		6주 적산 저녁최고온도	21.882	3.126
		6주 적산 새벽최고온도	17.689	1.905
	온도차이	6주 적산 오전온도차이	23.660	6.281
		6주 적산 오후온도차이	22.293	5.225
		6주 적산 저녁온도차이	8.225	3.638
		6주 적산 새벽온도차이	5.887	2.317
	광량	6주 적산 오전광량	147.899	106.488
		6주 적산 오후광량	270.656	72.579

(2) 생산량에 대한 상관관계분석

- 생산량에 영향을 미치는 변수들은 6주전 엽장, 6주 적산 오전습도가 10% 유의수준 기준으로 통계적으로 유의하게 나타났다.
- 6주전 엽장, 6주 적산 오전습도는 생산량과 정(+)의 상관관계를 가지고 있었다.

표. 생산량에 대한 6주전 변수들의 상관관계

변수		상관관계	유의수준	
생육자료	6주전 엽폭	0.053	0.163	
	6주전 엽장	0.074*	0.053	
	6주전 엽록소	0.020	0.596	
환경자료	습도	6주 적산 오전습도	0.091**	0.031
		6주 적산 오후습도	-0.007	0.873
		6주 적산 저녁습도	0.027	0.528
		6주 적산 새벽습도	0.055	0.195
	최고온도	6주 적산 오전최고온도	-0.054	0.201
		6주 적산 오후최고온도	-0.011	0.801
		6주 적산 저녁최고온도	-0.006	0.894
		6주 적산 새벽최고온도	-0.034	0.424
	온도차이	6주 적산 오전온도차이	-0.023	0.581
		6주 적산 오후온도차이	-0.005	0.902
		6주 적산 저녁온도차이	0.001	0.988
		6주 적산 새벽온도차이	-0.012	0.784
	광량	6주 적산 오전광량	-0.015	0.742
		6주 적산 오후광량	-0.060	0.189

** : 5% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

* : 10% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

(3) 생산량에 영향을 미치는 요인분석

- 생산량에 영향을 미치는 요인은 하나가 아닌 여러 요인들이 복합적인 작용 하에 이루어 지므로 회귀분석을 통해 6주차 영향요인을 확인해보면, 6주 적산 오전습도, 6주 적산 오전최고온도, 6주 적산 새벽최고온도 및 6주 적산 오전온도차이가 유의수준 10% 기준 하에서 통계적으로 유의하게 나타났다.

표. 6주전 변수들을 활용한 생산량에 대한 회귀분석

변수		추정계수	유의수준	표준화계수	
상수항		-644.434	0.385	0.000	
생육자료	6주전 엽폭	-12.355	0.562	-0.072	
	6주전 엽장	26.549	0.214	0.157	
	6주전 엽록소	2.322	0.249	0.067	
환경자료	습도	6주 적산 오전습도	21.266*	0.068	0.436
		6주 적산 오후습도	-8.951	0.105	-0.257
		6주 적산 저녁습도	-33.279	0.120	-0.820
		6주 적산 새벽습도	31.875	0.103	0.755
	최고온도	6주 적산 오전최고온도	-209.414***	0.005	-2.240
		6주 적산 오후최고온도	46.788*	0.050	0.388
		6주 적산 저녁최고온도	-24.059	0.397	-0.200
		6주 적산 새벽최고온도	162.824**	0.044	0.801
	온도차이	6주 적산 오전온도차이	173.765**	0.019	2.833
		6주 적산 오후온도차이	-14.806	0.511	-0.181
		6주 적산 저녁온도차이	8.912	0.694	0.091
		6주 적산 새벽온도차이	-107.796	0.102	-0.661
	광량	6주 적산 오전광량	-0.127	0.848	-0.035
		6주 적산 오후광량	-0.664	0.217	-0.111

F=2.73***

*** : 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

** : 5% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

* : 10% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

라. 7주차 변수를 활용한 분석결과

(1) 분석 변수들에 대한 기초통계량

- 생산량 조사시점 이전 7주차에 대한 생육자료와 환경자료 변수들의 기초통계량은 다음과 같다.

표. 생산량과 7주전 변수들에 대한 기초통계량

변수		평균	표준편차	
과일자료	생산량	568.313	432.640	
생육자료	7주전 엽폭	13.007	2.691	
	7주전 엽장	11.836	2.480	
	7주전 엽록소	51.749	10.313	
환경자료	습도	7주 적산 오전습도	83.123	7.564
		7주 적산 오후습도	63.068	10.068
		7주 적산 저녁습도	89.089	9.397
		7주 적산 새벽습도	91.259	8.615
	최고온도	7주 적산 오전최고온도	35.252	4.504
		7주 적산 오후최고온도	38.032	3.626
		7주 적산 저녁최고온도	21.720	2.975
		7주 적산 새벽최고온도	17.640	1.843
	온도차이	7주 적산 오전온도차이	23.491	6.205
		7주 적산 오후온도차이	22.375	5.169
		7주 적산 저녁온도차이	8.064	3.518
		7주 적산 새벽온도차이	5.776	2.240
	광량	7주 적산 오전광량	144.964	102.459
		7주 적산 오후광량	269.035	68.488

(2) 생산량에 대한 상관관계분석

- 생산량에 영향을 미치는 변수들은 7주 적산 오전습도가 10% 유의수준 기준으로 통계적으로 유의하게 나타났다.
- 7주 적산 오전습도는 생산량과 정(+)의 상관관계를 가지고 있었다.

표. 생산량에 대한 7주전 변수들의 상관관계

		변수	상관관계	유의수준
생육자료		7주전 엽폭	0.025	0.507
		7주전 엽장	0.025	0.512
		7주전 엽록소	-0.038	0.322
환경자료	습도	7주 적산 오전습도	0.093**	0.028
		7주 적산 오후습도	-0.014	0.737
		7주 적산 저녁습도	0.027	0.521
		7주 적산 새벽습도	0.056	0.184
	최고온도	7주 적산 오전최고온도	-0.065	0.128
		7주 적산 오후최고온도	-0.026	0.533
		7주 적산 저녁최고온도	-0.011	0.798
		7주 적산 새벽최고온도	-0.029	0.497
	온도차이	7주 적산 오전온도차이	-0.038	0.376
		7주 적산 오후온도차이	-0.015	0.727
		7주 적산 저녁온도차이	-0.001	0.984
		7주 적산 새벽온도차이	-0.024	0.566
	광량	7주 적산 오전광량	-0.015	0.744
		7주 적산 오후광량	-0.060	0.189

** : 5% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

(3) 생산량에 영향을 미치는 요인분석

- 생산량에 영향을 미치는 요인은 하나가 아닌 여러 요인들이 복합적인 작용 하에 이루어 지므로 회귀분석을 통해 7주 적산 오후최고온도 및 7주 적산 오전광량이 유의수준 10% 기준 하에서 통계적으로 유의하게 나타났다.

표. 7주전 변수들을 활용한 생산량에 대한 회귀분석

변수		추정계수	유의수준	표준화계수	
상수항		455.637	0.559	0.000	
생육자료	7주전 엽폭	-3.121	0.869	-0.018	
	7주전 엽장	-2.430	0.901	-0.014	
	7주전 엽록소	-1.571	0.449	-0.042	
환경자료	습도	7주 적산 오전습도	10.916	0.374	0.215
		7주 적산 오후습도	-9.296	0.104	-0.258
		7주 적산 저녁습도	-7.067	0.764	-0.180
		7주 적산 새벽습도	19.047	0.369	0.465
	최고온도	7주 적산 오전최고온도	-85.944	0.313	-0.941
		7주 적산 오후최고온도	50.296*	0.071	0.418
		7주 적산 저녁최고온도	-36.406	0.305	-0.297
		7주 적산 새벽최고온도	28.492	0.767	0.141
	온도차이	7주 적산 오전온도차이	61.381	0.480	1.027
		7주 적산 오후온도차이	-36.949	0.178	-0.464
		7주 적산 저녁온도차이	39.441	0.110	0.392
		7주 적산 새벽온도차이	-56.150	0.480	-0.337
	광량	7주 적산 오전광량	-1.304*	0.084	-0.359
		7주 적산 오후광량	-0.635	0.275	-0.107

F=2.47***

* : 10% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

마. 8주차 변수를 활용한 분석결과

(1) 분석 변수들에 대한 기초통계량

- 생산량 조사시점 이전 8주차에 대한 생육자료와 환경자료 변수들의 기초통계량은 다음과 같다.

표. 생산량과 8주전 변수들에 대한 기초통계량

변수		평균	표준편차	
과일자료	생산량	568.313	432.640	
생육자료	8주전 엽폭	13.126	2.680	
	8주전 엽장	11.948	2.491	
	8주전 엽록소	51.939	10.405	
환경자료	습도	8주 적산 오전습도	83.328	7.417
		8주 적산 오후습도	63.191	9.929
		8주 적산 저녁습도	89.272	9.302
		8주 적산 새벽습도	91.376	8.527
	최고온도	8주 적산 오전최고온도	35.152	4.487
		8주 적산 오후최고온도	37.975	3.578
		8주 적산 저녁최고온도	21.594	2.836
		8주 적산 새벽최고온도	17.624	1.788
	온도차이	8주 적산 오전온도차이	23.371	6.124
		8주 적산 오후온도차이	22.483	5.106
		8주 적산 저녁온도차이	7.930	3.364
		8주전 새벽온도차이	5.689	2.158
	광량	8주 적산 오전광량	142.633	99.697
		8주 적산 오후광량	267.659	64.746

(2) 생산량에 대한 상관관계분석

- 생산량에 영향을 미치는 변수들은 8주전 엽록소 및 8주 적산 오전습도가 10% 유의수준 기준으로 통계적으로 유의하게 나타났다.
- 4주전 엽록, 4주전 엽장 및 4주전 오전습도는 생산량과 정(+)의 상관관계를 가지고 있었으며, 4주전 엽록소는 생산량과 음(-)의 상관관계를 가지고 있었다.

표. 생산량에 대한 8주전 변수들의 상관관계

		변수	상관관계	유의수준
생육자료		8주전 엽록	0.008	0.839
		8주전 엽장	0.015	0.694
		8주전 엽록소	-0.066*	0.089
환경자료	습도	8주 적산 오전습도	0.092**	0.030
		8주 적산 오후습도	-0.024	0.572
		8주 적산 저녁습도	0.026	0.543
		8주 적산 새벽습도	0.056	0.183
	최고온도	8주 적산 오전최고온도	-0.063	0.138
		8주 적산 오후최고온도	-0.035	0.405
		8주 적산 저녁최고온도	-0.016	0.704
		8주 적산 새벽최고온도	-0.021	0.624
	온도차이	8주 적산 오전온도차이	-0.037	0.383
		8주 적산 오후온도차이	-0.015	0.722
		8주 적산 저녁온도차이	0.000	0.992
		8주 적산 새벽온도차이	-0.015	0.728
	광량	8주 적산 오전광량	-0.013	0.772
		8주 적산 오후광량	-0.052	0.257

** : 5% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

* : 10% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

(3) 생산량에 영향을 미치는 요인분석

- 생산량에 영향을 미치는 요인은 하나가 아닌 여러 요인들이 복합적인 작용 하에 이루어 지므로 회귀분석을 통해 8주차 영향요인을 확인해보면, 8주전 엽폭, 8주전 엽록소가 유의수준 10% 기준 하에서 통계적으로 유의하게 나타났다.

표. 8주전 변수들을 활용한 생산량에 대한 회귀분석

변수		추정계수	유의수준	표준화계수	
상수항		-214.256	0.803	0.000	
생육자료	8주전 엽폭	-38.544**	0.034	-0.226	
	8주전 엽장	17.917	0.326	0.106	
	8주전 엽록소	-5.680**	0.011	-0.155	
환경자료	습도	8주 적산 오전습도	12.239	0.392	0.232
		8주 적산 오후습도	-6.008	0.349	-0.161
		8주 적산 저녁습도	-23.705	0.333	-0.616
		8주 적산 새벽습도	37.946	0.104	0.940
	최고온도	8주 적산 오전최고온도	-38.820	0.700	-0.431
		8주 적산 오후최고온도	39.904	0.240	0.327
		8주 적산 저녁최고온도	-35.494	0.388	-0.284
		8주 적산 새벽최고온도	12.954	0.907	0.066
	온도차이	8주 적산 오전온도차이	-1.382	0.989	-0.023
		8주 적산 오후온도차이	-16.380	0.599	-0.205
		8주 적산 저녁온도차이	24.008	0.338	0.224
		8주 적산 새벽온도차이	50.895	0.585	0.287
	광량	8주 적산 오전광량	-1.370	0.123	-0.377
		8주 적산 오후광량	-0.339	0.620	-0.058

F=3.47***

*** : 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

** : 5% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

바. 4주-8주차 분석결과 요약

- 4~8주차 변수들과 생산량에 대한 상관관계 분석결과 오전 습도가 모두 양(+)의 상관관계로 가장 중요한 요인임을 알 수 있다.

표. 4~8주차 상관관계 분석 결과 요약

변수		4주차	5주차	6주차	7주차	8주차	
생육자료	엽장	+					
	엽폭	+		+			
	엽록소	-				-	
환경자료	습도	오전습도	+	+	+	+	+
		오후습도					
		저녁습도					
		새벽습도					
	최고온도	오전최고온도					
		오후최고온도					
		저녁최고온도					
		새벽최고온도					
	온도차이	오전온도차이					
		오후온도차이					
		저녁온도차이					
		새벽온도차이					
	광량	오전광량					
		오후광량					

- 4~8주차 변수들과 생산량에 대한 상관관계 분석결과 4-6주차에 유의한 변수들이 많이 집중되어 있는 것으로 나타났으므로 생산량에 중요하게 영향을 미치는 기간이 4주에서 6주 사이임을 알 수 있다.

표. 4~8주차 회귀분석 결과 요약

변수		4주차	5주차	6주차	7주차	8주차	
생육자료	엽장					-	
	엽폭						
	엽록소		+			-	
환경 자료	습도	오전습도	+	+	+		
		오후습도					
		저녁습도		-			
		새벽습도		+			
	최고온도	오전최고온도	-	-	-		
		오후최고온도	+		+	+	
		저녁최고온도					
		새벽최고온도	+	+	+		
	온도차이	오전온도차이	+	+	+		
		오후온도차이					
		저녁온도차이					
		새벽온도차이	-	-			
	광량	오전광량				-	
		오후광량					

사. 과일 속성 영향 요인 분석

- 4~6주차 변수들을 동시에 사용하여 생산량에 대한 회귀분석을 수행결과 다음과 같이 나타났다.
- 생육자료에서는 통계적으로 유의한 변수들이 존재하지 않았으며, 환경변수에 있어서는 오후습도가 10% 유의수준에서 통계적으로 유의하게 나타났다.
- 5주차에 있어서는 오후습도, 저녁습도, 오전최고온도, 새벽최고온도, 오전온도차이, 새벽온도차이 등이 10% 유의수준에서 통계적으로 유의하게 나타났다.
- 6주차에 있어서는 오후습도, 새벽최고온도, 오전온도차이, 저녁온도차이, 새벽온도차이 등이 10% 유의수준에서 통계적으로 유의하게 나타났다.

표. 4~6주차 변수들을 활용한 생산량에 대한 회귀분석

구분		추정계수	표준오차	P값	표준화계수
상수항		865.223	1206.559	0.474	0.000
생육 4주차	엽장	-8.051	22.757	0.724	-0.047
	엽폭	1.809	23.676	0.939	0.010
	엽록소	1.094	2.250	0.627	0.029
생육 5주차	엽장	-11.429	22.098	0.605	-0.070
	엽폭	-1.547	21.793	0.943	-0.009
	엽록소	1.220	2.401	0.612	0.034
생육 6주차	엽장	-12.330	22.222	0.579	-0.072
	엽폭	34.511	22.143	0.120	0.206
	엽록소	0.667	2.354	0.777	0.019
환경 4주차 적산	오전습도	44.518	62.761	0.479	0.972
	오후습도	-56.873*	33.073	0.086	-1.756
	저녁습도	146.970	89.839	0.103	3.268
	새벽습도	4.461	116.018	0.969	0.100
	오전최고온도	-12.732	161.881	0.937	-0.137
	오후최고온도	65.572	124.939	0.600	0.569
	저녁최고온도	75.721	167.182	0.651	0.672
	새벽최고온도	171.442	168.700	0.310	0.887
	오전온도차이	76.135	157.869	0.630	1.223
	오후온도차이	-12.348	91.073	0.892	-0.147
	저녁온도차이	-0.720	106.929	0.995	-0.008
	새벽온도차이	-111.131	197.655	0.574	-0.708
	오전광량	3.065	4.856	0.528	0.890
	오후광량	-0.923	2.100	0.660	-0.165
환경 5주차 적산	오전습도	-163.392	166.287	0.326	-3.393
	오후습도	159.991***	59.311	0.007	4.709
	저녁습도	-292.129**	127.059	0.022	-6.452
	새벽습도	-22.998	148.594	0.877	-0.507
	오전최고온도	-634.240**	301.042	0.036	-6.744

	오후최고온도	-306.660	189.466	0.106	-2.570
	저녁최고온도	-362.260	273.491	0.186	-3.017
	새벽최고온도	889.706***	329.084	0.007	4.291
	오전온도차이	669.809**	279.748	0.017	10.758
	오후온도차이	-14.341	132.367	0.914	-0.169
	저녁온도차이	258.201	156.357	0.100	2.718
	새벽온도차이	-723.758**	315.759	0.022	-4.584
	오전광량	-11.981	8.346	0.152	-3.276
	오후광량	0.915	3.826	0.811	0.145
환경 6주차 적산	오전습도	130.634	142.614	0.360	2.643
	오후습도	-103.262**	41.579	0.013	-2.926
	저녁습도	89.868	99.780	0.368	1.973
	새벽습도	65.398	77.299	0.398	1.429
	오전최고온도	568.520	309.380	0.067	6.154
	오후최고온도	207.279	139.042	0.137	1.740
	저녁최고온도	315.122	215.608	0.145	2.526
	새벽최고온도	-1037.273***	319.029	0.001	-4.620
	오전온도차이	-702.100**	310.714	0.024	-11.458
	오후온도차이	87.930	111.397	0.430	1.043
	저녁온도차이	-269.266**	125.147	0.032	-2.780
	새벽온도차이	852.821**	359.626	0.018	5.301
	오전광량	8.987	5.447	0.100	2.403
	오후광량	-0.738	2.955	0.803	-0.107

F=2.77***

*** : 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

** : 5% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

* : 10% 유의수준에서 통계적으로 유의함.

아. 생산량에 영향을 미치는 요인분석

(1) 패널회귀분석

- 참외 스마트팜 생산에 있어서 환경요인이 미치는 영향을 패널자료를 활용하여 패널회귀분석을 통해 확인하고자 하며, 다음 식(5-1)과 같이 표현할 수 있음.

$$y = \alpha + x_{it}\beta + u_i + e_{it}, \quad (5-1)$$

$$i = 1, 2, \dots, n, \quad t = 1, 2, \dots, T_i$$

- 위 식에서 아래첨자 i 는 참외 스마트팜 조사 주수를 의미하고 아래첨자 t 는 조사주기인 주차를 의미하며, x_{it} 는 특정주차의 참외 스마트팜 농가 환경요인 변수들의 벡터를 의미하여, y_{it} 는 특정 주차 참외 스마트팜 특정 주에서 수확한 중량을 의미함.
- u_i 와 e_{it} 2개로 오차항으로 u_i 는 시간에 따라 변하지 않는 참외 주의 특성에 따른 오차항이고 e_{it} 는 주차와 참외 주에 따라 패널 개체에 따라 변하는 순수한 오차항임.
- 오차항 u_i 를 확률변수(random variable)가 아니라 추정해야 할 모수(parameter)로 간주할 경우 고정효과모형이 되며 다음 식(2)와 같이 나타낼 수 있음(Greene, 2008).
- 식(5-2)에서 독립변수 벡터 x_{it} 는 농가들에 따른 환경변수로 구분하고자 함.

$$y = (\alpha + u_i) + x_{it}\beta + e_{it} \quad (5-2)$$

- 고정효과 모형은 상수항이 고정되어(fixed)있다고 가정하며, 기울기 모수인 β 는 모든 참외 주에 대해 서로 동일하지만, 상수항 $(\alpha + u_i)$ 은 주에 따라 서로 다르게 됨.
- 이에 반해 u_i 를 확률변수로 가정할 경우 확률효과(random effects)모형이라 하며, 확률효과모형에서 오차항 u_i 에 대해 $u_i \sim N(0, \sigma_u^2)$, $e_{it} \sim N(0, \sigma_e^2)$ 로 가정하고 있음.
- 특정 데이터셋에 대해 고정효과모형과 확률효과모형 중 어느 모형이 보다 적합한가에 대해서 하우스만 검정(Hausman test)을 이용하여 가설검정 할 수 있으며, 하우스만 검정의 귀무가설과 대립가설은 다음 식(5-3)과 같이 쓸 수 있음(Greene, 2008).

$$H_0 : cov(x_{it}, u_i) = 0$$

$$H_1 : cov(x_{it}, u_i) \neq 0 \quad (5-3)$$

(2) 패널회귀모형 추정결과

- 생산량에 영향을 미치는 핵심요인에 대한 분석을 수행하기 위해 6월을 기준으로 5월까지를 전기 작기 중 “전기”로 하고 6월부터 “후기”로 설정하였으며, 스마트팜 도입여부에 따라서도 생산량에 차이가 존재하는 가를 분석하였다.
- 작기 전기와 후기 생산량에 영향 요인 분석결과를 살펴보면 전기와 후기 모두 하우스만검정이 귀무가설을 기각하여 고정효과모형을 사용하는 것이 적절한 것으로 나타났다.
- “전기”에 있어서 최고온도에 대한 추정계수가 양(+)으로 10% 유의수준에서 통계적으로 유의하게 나타났으며, 이것은 주별 최고온도가 높을수록 생산량이 증가하는 것을 의미한다.
- “후기”에 있어서 습도에 대한 추정계수가 음(-)으로 1% 유의수준에서 통계적으로 유의하게 나타났고, 최고온도에 대한 추정계수가 양(+)으로 5% 유의수준에서 통계적으로 유의하게 나타났는데, 이것은 주별 습도가 낮을수록 최고온도가 높을수록 생산량이 증가하는 것을 의미한다.

표. 작기 전기와 후기 생산량에 영향 요인 분석

구분		고정효과모형			확률효과모형		
		추정 계수	표준 오차	표준화 계수	추정 계수	표준 오차	표준화 계수
전기 (5월까지)	습도	-2.137	4.976	-0.052	0.842	2.174	0.021
	최고온도	24.273*	14.493	0.225	11.945	10.782	0.111
	온도차	-10.861	10.295	-0.157	-8.140	6.941	-0.118
	상수항	117.518	576.658		241.137	286.159	
	σ_u	244.476			100.213		
	σ_e	377.816			377.816		
	ρ	0.295			0.066		
	hausman test	8.03**					
후기 (6월부터)	습도	24.569***	6.046	0.366	11.858***	3.494	0.177
	최고온도	29.962**	12.081	0.211	19.636*	10.483	0.138
	온도차	4.679	10.201	0.060	-15.71***	6.019	-0.202
	상수항	-2,354***	742.404		-673.16	443.160	
	σ_u	344.352			0.000		
	σ_e	500.142			500.142		
	ρ	0.322			0.000		
	hausman test	8.24**					

*: p<0.1, **: p<0.05, ***: p<0.01

- 관행농가와 스마트팜농가 생산량에 영향 요인 분석결과를 살펴보면 관행농가와 스마트팜농가 모두 하우스만검정이 귀무가설을 기각하여 고정효과모형을 사용하는 것이 적절한 것으로 나타났다.
- “관행농가”에 있어서 온도차에 대한 추정계수가 음(-)으로 5% 유의수준에서 통계적으로 유의하게 나타났으며, 이것은 주별 온도차가 적을수록 생산량이 증가하는 것을 의미한다.
- “스마트팜농가”에 있어서 습도에 대한 추정계수가 양(+)으로 1% 유의수준에서 통계적으로 유의하게 나타났고, 최고온도에 대한 추정계수가 양(+)으로 1% 유의수준에서 통계적으로 유의하게 나타났는데, 이것은 주별 습도가 높을수록 최고온도가 높을수록 생산량이 증가하는 것을 의미한다.

표. 스마트 팜 도입여부별 생산량에 영향 요인 분석

구분		고정효과모형			확률효과모형		
		추정계수	표준오차	표준화계수	추정계수	표준오차	표준화계수
관행 농가	습도	-6.770	8.813	-0.121	2.991	5.747	0.053
	최고온도	18.936	20.772	0.100	17.826	20.374	0.094
	온도차	-38.185**	17.178	-0.488	-15.459	9.607	-0.197
	상수항	1118.804	1080.924		32.250	776.955	
	σ_u	219.956			12.867		
	σ_e	377.729			377.729		
	ρ	0.253			0.001		
	hausman test	8.650**					
스마트 팜 농가	습도	11.380***	3.243	0.218	5.397**	2.190	0.103
	최고온도	25.567***	6.975	0.221	15.714**	6.281	0.136
	온도차	-1.441	6.010	-0.020	-11.099**	4.343	-0.150
	상수항	-1158.5***	426.334		-173.362	264.598	
	σ_u	241.237			105.515		
	σ_e	452.957			452.957		
	ρ	0.221			0.051		
	hausman test	10.94**					

*: p<0.1, **: p<0.05, ***: p<0.01

제 5 절 참외 스마트팜 핵심요소 발굴

1. 분석방법 및 분석체계

가. AHP 분석방법

- 본 장에서는 참외 스마트팜 핵심요소를 발굴함에 있어서 스마트팜농가와 전문가에 대한 AHP분석을 활용하고자 함
- Thomas L. Saaty는 평가기준에 대한 우선순위를 결정하고 복잡한의사결정을 지원할 수 있는 체계적인 분석기법인 AHP(Analytic Hierarchy Process, 계층분석기법)를 개발하였음(Forman and Gass, 2001)
- AHP는 전문가의 경험과 판단에 의존해 평가기준의 측정과 우선 순위를 도출할 수 있는 다기준의사결정(Multi-Criteria Decision Making)도구임(Saaty, 2008)

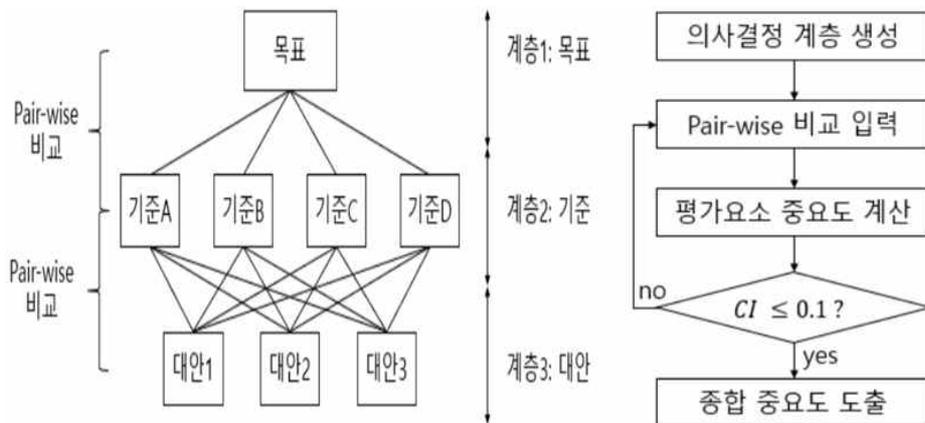


그림. AHP분석 계층 구성

- 본 연구에서는 계층화분석법으로 지표별 고유치를 분석하고, 고유치 합을 이용하여 지표별 가중치를 구하여 이것을 지표별 중요도로 활용하였음
- 계층화분석법은 의사결정의 목표, 혹은 평가기준이 다수이며 복합적인 경우, 상호 배타적인 대안들의 체계적인 평가를 지원하는 의사결정지원기법의 하나임
- 계층화분석법은 인간의 사고체계는 계층적 구조설정(hierarchical structuring)의 원리, 상대적인 우선순위의 설정(setting priorities)의 원리 및 논리적 일관성(logical consistency)의 원리 등 세 가지 논리적 원리가 지켜진다는 특징에 착안하고 있음(Satty, 2001)
- AHP의 상대적 가중치(weighting)의 추정에 있어서는 의사결정자는 한 수준에서 n개의 평가항목에 대해 ${}_nC_2$ 회의 이원비교를 수행하면 상대적 가중치를 알 수 있으며, 이를 이용하여 쌍대비교행렬 $A_{n \times n}$ 을 구성할 수 있음

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix} \quad (4-1)$$

- 이때 정방행렬 a_{ij} 는 요소 j에 대한 i의 상대적 가중치 w_i/w_j 의 추정치이며 행렬 A는 $a_{ij} = 1/a_{ji}$, 주대각선의 요소(element)의 값이 모두 1이 되는 성질을 가진 역수행렬(reciprocal matrix)임
- 이와 같은 정방행렬(square matrix)를 수학적으로 풀어서 고유벡터(eigenvector)와 고유치(eigenvalue)를 얻을 수 있는데, 이때 고유벡터는 우선순위를, 그리고 고유치는 판단의 일관성을 측정하는 수단이 됨
- 의사결정기법으로서 계층화분석법의 장점은 대안들의 우선순위를 구하는 과정에서 전이적 일관성이 얼마나 유지되고 있는지를 검증할 수 있다는 것임
- 전이적 일관성은 식 (4-2)와 같이 응답의 일관성 지수(Consistency Index: C.I.)를 경험적 자료에서 얻은 평균 무작위 지수(Random Index: R.I.)로 나눈 일관성비율(Consistency Ratio: C.R.)을 통해 파악할 수 있음

$$C.R. = C.I./R.I. \quad (4-2)$$

- 일관성 지수(C.I.)는 $C.I. = (\lambda_{\max} - n)/(n-1)$ 로 계산되며, λ_{\max} 는 이원비교행렬의 가장 큰 고유치(largest eigenvalue)를 의미하고, n은 비교되는 기준의 수를 나타냄
- 한편 무작위 지수(R.I.)는 1부터 9사이의 난수를 사용해서 구성한 비교행렬의 C.I.들의 평균값으로서 경험적 자료로부터 얻은 행렬의 차원별 평균무작위 지수를 의미함
- Satty는 일관성비율(C.R.)이 10% 이내이면 응답자가 상당히 일관성 있게 이원비교를 수행한 것으로 판단하고, 20%이내일 경우 용납할 수 있는 수준의 비일관성을 갖고 있으나, 20%이상이면 일관성이 부족한 것으로 재조사가 필요하다고 제안하였음(Satty and Kearns, 1995)

나. AHP 계층설계

- 이 연구에서는 참외 스마트팜 핵심요소 체계를 구축함에 있어서 참외 스마트팜 농가와 관련 분야 전문가들을 대상으로 브레인스토밍을 통해 대분류와 중분류 항목을 다음과 같이 최종 선정하였음
- 참외 스마트팜 핵심요소 체계 대분류로는 “생육관리”, “환경관리”, “병해충관리”, “과실품질관리”로 구성되었음
 - “생육관리” 세부항목으로 “잎 모양”, “잎 크기”, “엽록소”, “추비 관리”로 구성되었음
 - “환경관리” 세부항목으로 “온도”, “습도”, “CO2”, “관수”로 구성되었음.
 - “병해충관리” 세부항목으로 “초기 병해충관리”, “방제 약제 사용법”, “재배적 방제”, “작기 후 관리”로 구성되었음
 - “과실품질관리” 세부항목으로 “과중”, “당도”, “경도”, “색택”로 구성되었음

표. 참외 스마트팜 핵심요소 체계

대분류	중분류
생육관리	잎 모양(원형,타원형,삼각형)
	잎 크기(대중소)
	엽록소(엽색택)
	추비 관리
환경관리	온도
	습도(환기)
	CO2
	관수(토양 수분)
병해충관리	초기 병해충관리
	방제 약제 사용법(교호살포)
	재배적 방제(환경관리)
	작기 후 관리(태양열소독)
과실품질관리	과중
	당도
	경도
	색택

2. 연구수행 결과

가. 계층별 분석결과

- 참외 스마트팜 핵심요소 대분류 가중치 분석결과 “생육관리”에 대한 가중치는 0.206, “환경관리”에 대한 가중치는 0.507, “병해충관리”에 대한 가중치는 0.226, “과실품질관리”에 대한 가중치는 0.060로 분석되었다.

표. 참외 스마트팜 핵심요소 대분류 가중치 분석결과

대분류	가중치
생육관리	0.206
환경관리	0.507
병해충관리	0.226
과실품질관리	0.060

- “생육관리” 세부항목으로 “잎 모양”에 대한 가중치는 0.093, “잎 크기”에 대한 가중치는 0.481, “엽록소”에 대한 가중치는 0.134, “추비 관리”에 대한 가중치는 0.293로 분석되었다.
- “환경관리” 세부항목으로 “온도”에 대한 가중치는 0.332, “습도”에 대한 가중치는 0.118, “CO2”에 대한 가중치는 0.254, “관수”에 대한 가중치는 0.296로 분석되었다.
- “병해충관리” 세부항목으로 “초기 병해충관리”에 대한 가중치는 0.121, “방제 약

제 사용법”에 대한 가중치는 0.252, “재배적 방제”에 대한 가중치는 0.215, “작기 후 관리”에 대한 가중치는 0.412로 분석되었다.

- “과실품질관리” 세부항목으로 “과중”에 대한 가중치는 0.073, “당도”에 대한 가중치는 0.445, “경도”에 대한 가중치는 0.328, “색택”에 대한 가중치는 0.154로 분석되었다.

표. 참외 스마트팜 핵심요소 중분류 가중치 분석결과

대분류	중분류	가중치
생육관리	잎 모양(원형,타원형,삼각형)	0.093
	잎 크기(대중소)	0.481
	엽록소(엽색택)	0.134
	추비 관리	0.293
환경관리	온도	0.332
	습도(환기)	0.118
	CO2	0.254
	관수(토양 수분)	0.296
병해충관리	초기 병해충관리	0.121
	방제 약제 사용법(교호살포)	0.252
	재배적 방제(환경관리)	0.215
	작기 후 관리(태양열소독)	0.412
과실품질관리	과중	0.073
	당도	0.445
	경도	0.328
	색택	0.154

나. 최종 분석결과

- 참외 스마트팜 핵심요소 중요도 최종 분석결과를 살펴보면 습도에 대한 최종 가중치가 0.170으로 가장 중요하게 생각하는 요소로 인지하고 있고 다음으로 온도에 대한 최종 가중치가 0.145로 2순위 인 것을 알 수 있다.

표. 참외 스마트팜 핵심요소 중요도 최종 분석결과

대분류	대분류 가중치	중분류	중분류 가중치	최종 가중치
생육관리	0.206	잎모양(원형,타원형,삼각형)	0.199	0.041
		잎크기(대중소)	0.233	0.048
		엽록소(엽색택)	0.245	0.051
		추비 관리	0.323	0.067
환경관리	0.507	온도	0.287	0.145
		습도(환기)	0.335	0.170
		CO2	0.110	0.056
		관수(토양 수분)	0.269	0.136
병해충관리	0.226	초기 병해충관리	0.285	0.064
		방제 약제 사용법(교호살포)	0.068	0.015
		재배적방제(환경관리)	0.290	0.066
		작기후관리(태양열소독)	0.357	0.081
과실품질관리	0.060	과중	0.073	0.004
		당도	0.445	0.027
		경도	0.328	0.020
		색택	0.154	0.009

제 6 절 참외 선도농가 영농기법

1. 연구수행내용

- 조사한 농가 중 생산성이 높은 농가를 선도농가로 선정하고 나머지 농가와 시설 내부의 온도 등 환경을 분석하고 참외의 생육과 과일 특성을 비교하였다. 조사는 12월부터 6월 말까지 실시하였다.

2. 연구수행 결과

가. 참외 시설내부 환경

- 참외는 11월~12월에 정식하는데 가온을 하지 않고 보온터널을 설치하여 보온비닐과 보온부직포를 덮어 보온재배를 하고 있다. 정식 후부터 4월 상순까지 비닐과 보온부직포를 오전에 열어주고 오후에 덮어주는데, 보온부직포 자동개폐 장치를 이용하여 자동으로 개폐하고 있다.
- 개폐시간은 겨울철에는 일출 후 시설 외피복필름에 얼음이 녹은 후 열어주고, 해가 지면 닫아준다. 2월부터 외부기온이 상승하면 오전에 열어주는 시간은 점차 앞당기고, 오후에 닫아주는 시간은 점차 늦추어 준다.
- 일출 후 외부기온이 상승하면서 시설내부의 온도도 점차 상승하여 오후 2시경에 최고온도로 올라가고, 습도는 반대로 계속 낮아지다가 오후에 높아진다. 일몰 전후에 보온부직포를 덮어주면 터널 내부온도가 일시적으로 상승하다가 점차 내려가고, 습도는 100%가 된다.
- 참외는 보온으로만 재배하므로 12월부터 2월까지의 보온부직포 개폐를 통해 온도관리를 하고, 3월부터는 주간에는 천창과 측창 개폐로 온도 조절하고, 야간에는 보온부직포 개폐를 통해 온도를 조절해준다. 4월 중순부터는 천창과 측창 개폐로 온도를 조절해준다.
- 대부분의 일반농가들은 보온부직포를 날씨와 경험을 통해 개폐하고 있으나, 선도농가와 스마트팜 도입 농가들은 시설내부의 온도를 설정해놓고 보온부직포를 개폐한다.
- 스마트팜을 설치하지 않은 농가는 농장에서 보온부직포 개폐를 하고 있으나, 스마트팜 설치농가는 스마트폰으로 시설 내부의 온도를 확인하고 집이나 다른 장소에서 원하는 시간에 스마트폰을 통해 원격으로 개폐할 수 있고, CCTV를 통해 개폐여부를 확인할 수 있다.
- 선도농가는 12월 중순에 정식하여 활착을 촉진시키기 위하여 온도를 높게 관리하는데 12월의 참외 시설하우스 내부의 일평균 온도는 선도농가가 19.1℃로 일반농가보다 1.7℃ 정도 높았고, 지온은 선도농가가 22.4℃로 일반농가보다 2.3℃ 정도 높았다.
- 1월 중순까지는 선도농가가 일반농가보다 온도가 높았고, 1월 하순부터 2월 상순까지는 일반농가와 온도를 비슷하였다. 지온은 선도농가가 일반농가보다 2.0℃ 정도 높았다.
- 선도농가는 2월 중순부터 외부기온이 높아지면 낮 동안 환기를 통해 최고온도를 낮추어 주고, 보온부직포를 덮어주는 시간을 점차 늦추어 일반농가보다 온도가 낮았다.
- 3월부터 4월 상순까지는 선도농가가 일반농가보다 온도가 다소 낮았고, 4월 중순부터는 보온부직포를 덮지 않아 일반농가와 비슷하였다.

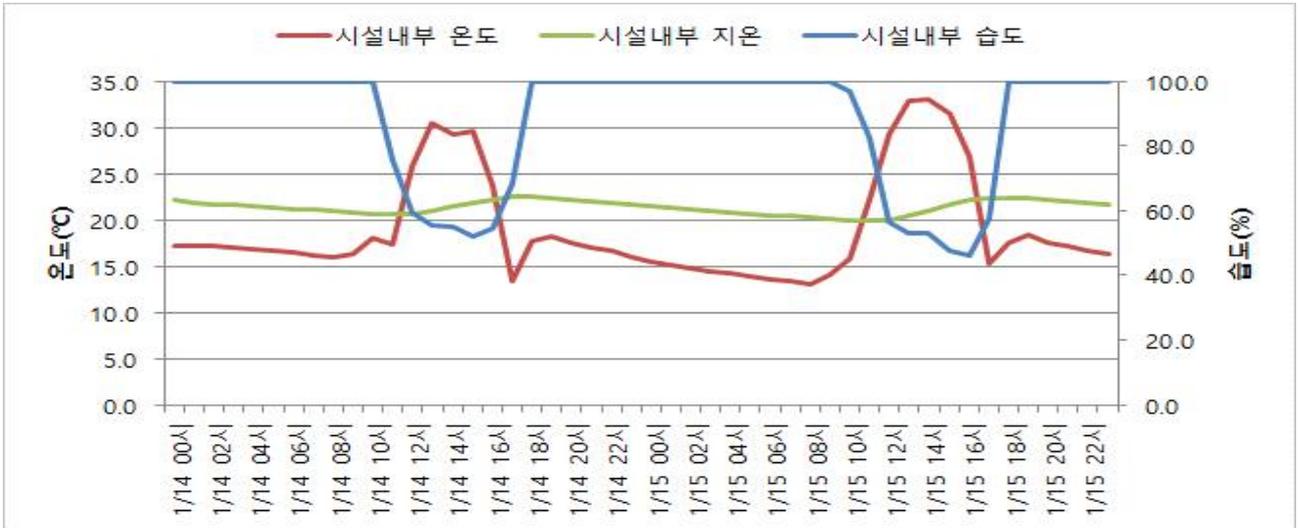


그림. 참의 시설하우스 내부 온습도 일변화

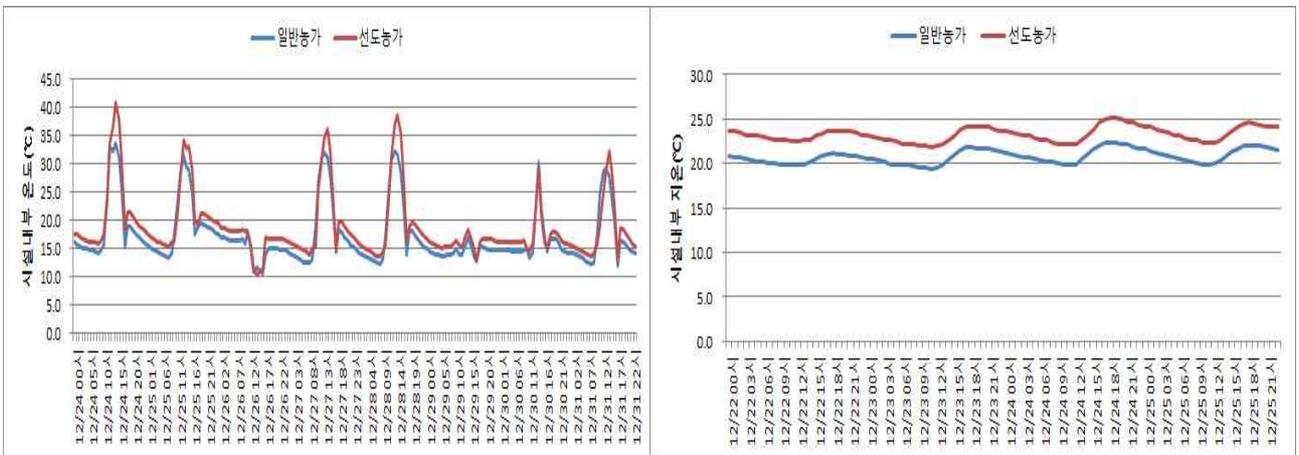


그림. 12월 시설내부 온도와 지온

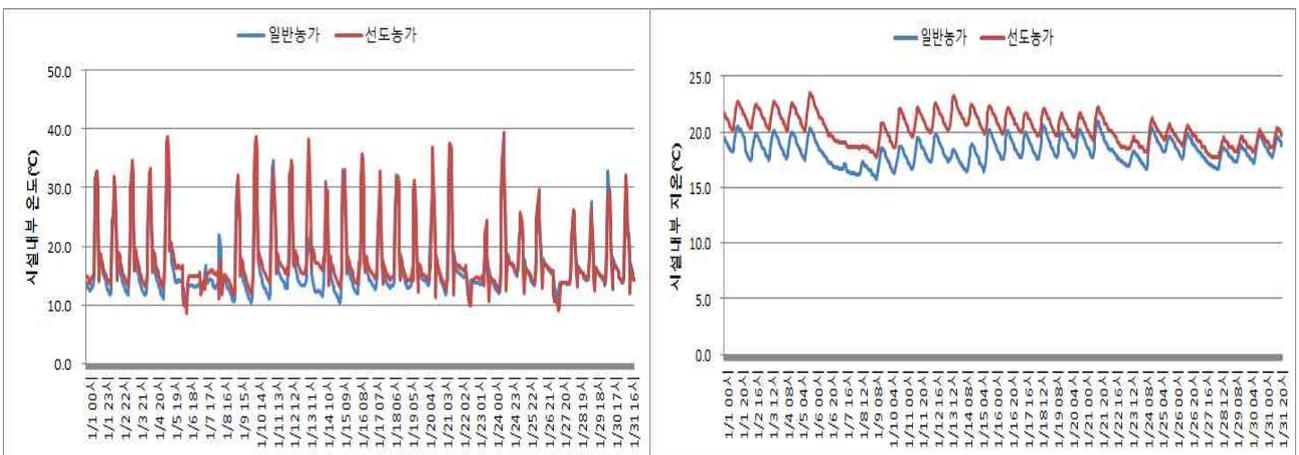


그림. 1월 시설내부 온도와 지온

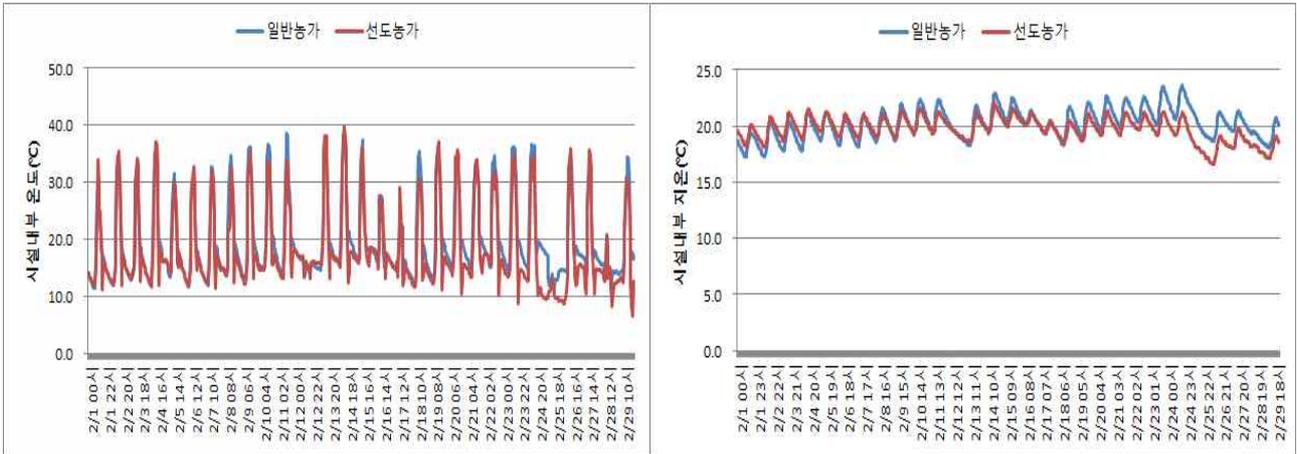


그림. 2월 시설내부 온도와 지온

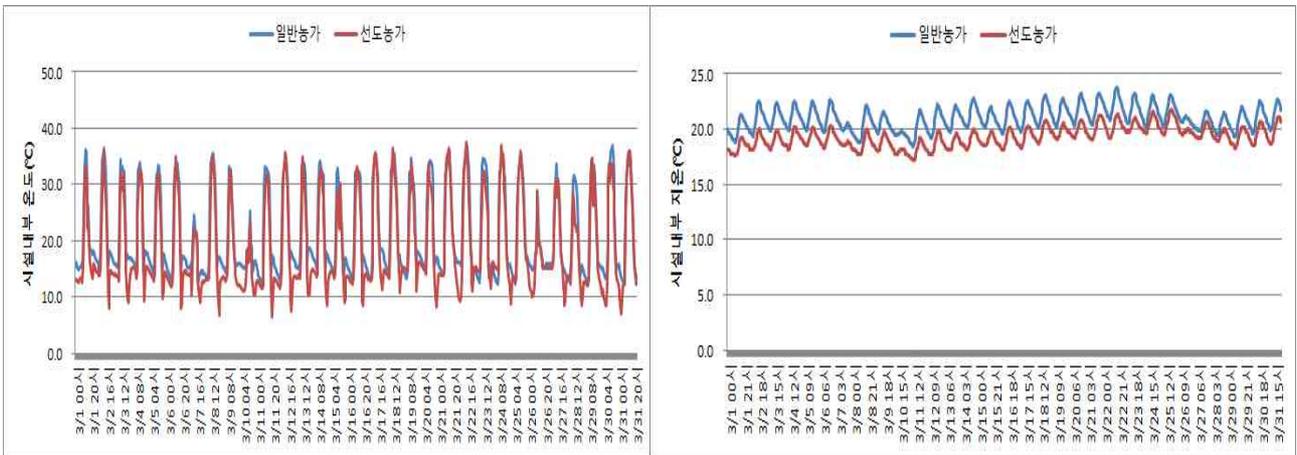


그림. 3월 시설내부 온도와 지온

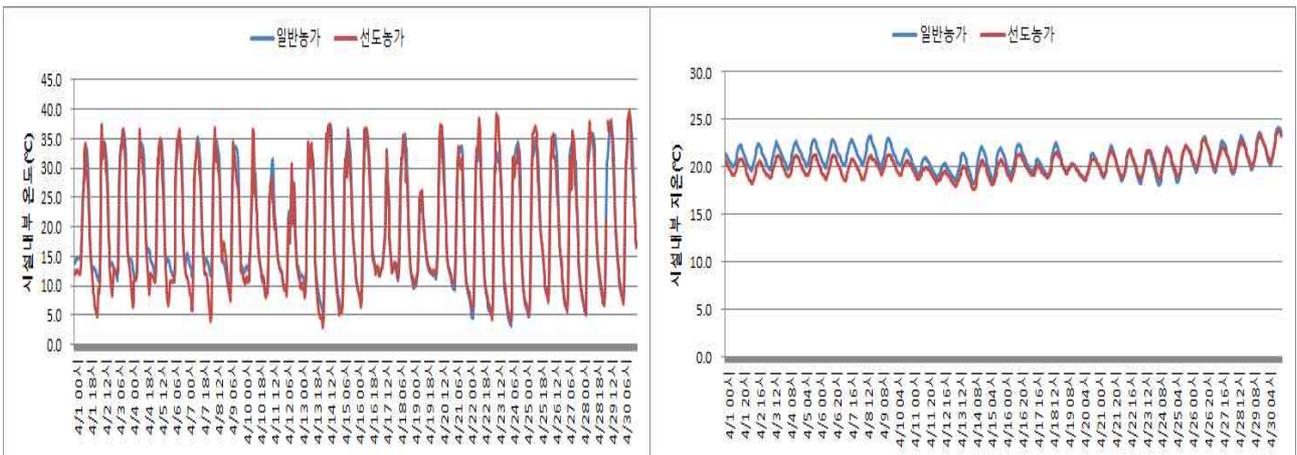


그림. 4월 시설내부 온도와 지온

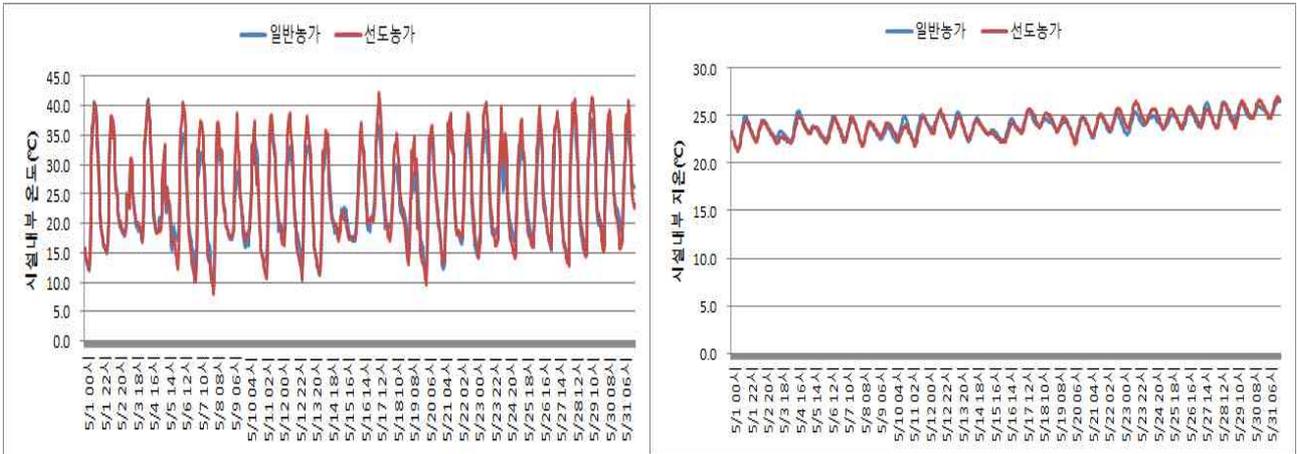


그림. 5월 시설내부 온도와 지온

나. 참외 생육 및 과일 특성

- 참외의 생육은 선도농가가 일반농가보다 엽장이 짧았고, 엽록소 함량은 다소 높았다.
- 참외 과일의 평균과중은 선도농가가 255g으로 일반농가보다 28g이 적었고, 과장은 선도농가가 90mm로 일반농가보다 10mm 정도 짧았다. 당도는 선도농가가 12.5° Brix로 일반농가보다 0.9° Brix 정도 높았고, 과육두께와 경도는 일반농가와 비슷하였다.
- 참외 10주당 수확과수는 선도농가가 198개로 일반농가보다 36% 많았고, 수확량은 선도농가가 50.6kg으로 일반농가보다 24% 많았다.
- 일반농가는 2월부터 수확하였지만 선도농가는 3월부터 수확하였다. 월별 수확량을 보면 선도농가가 3월부터 일반농가보다 수확량이 많았는데, 참외가격이 높은 5월까지 수확량이 많았다.

표. 참외 생육

구 분	엽 장 (cm)	엽 폭 (cm)	접수직경 (mm)	엽록소함량
일반농가	11.1	11.0	8.3	48.6
선도농가	9.9	10.6	8.7	50.5

표. 참외 과일특성

구 분	과 중 (g)	과 장 (mm)	과 폭 (mm)	과육두께 (mm)	당 도 (° Brix)	경 도
일반농가	283.0	99.9	72.9	15.4	11.4	2.4
선도농가	255.5	90.1	73.5	15.0	12.5	2.3

표. 참외 수량

구 분	수확과수 (개/10주)	수확량 (kg/10주)
일반농가	145	40.8
선도농가	198(136%)	50.6(124%)

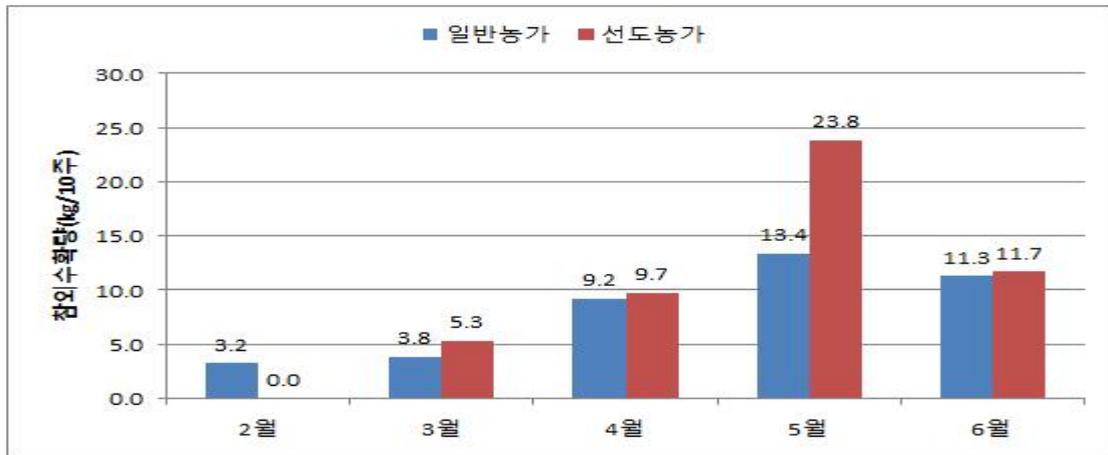


그림. 월별 참외 수확량

제 7 절 참의 스마트팜 도입에 대한 경제적 타당성 분석

1. 연구수행내용

- 스마트팜 도입의 경제적 효과 분석을 위해 성주지역 스마트팜 농가 5호에 대해 조사하였음
- 경제적분석 분석방법
 - 공공투자사업이나 사회간접자본 투입에 따른 경제적 효과를 평가하기 위한 다양한 분석방법이 사용되지만, 일반적으로 비용-편익분석(Cost Benefit Analysis)이 가장 널리 활용되고 있음
 - 이러한 비용-편익분석에서 타당성을 평가하기 위한 대표적인 기준으로는 순현재가치, 편익/비용비율 및 내부수익률이 있음
- 순현재가치(NPV, Net Present Value)
 - 투자로 인하여 발생할 현재와 미래의 모든 현금흐름을 측정하고, 이를 적절한 할인율(Discount Rate)로 할인하여 현재가치를 구하여 투자의 경제성을 평가하는 기법임

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+r)^t}$$

CF : 시점의 영업현금흐름

I : 시점의 투자액

r : 할인율

n : 투자안의 내용연수

- 투자의 경제적 타당성 평가기준: 순현재가치(NPV) > 0인 경우

- 내부수익률(IRR, Internal Rate of Return)
 - 순현재가치(NPV)를 0으로 만드는 할인율을 의미하며, 투자의 내용연수 동안의 연평균 투자수익률의 의미를 가짐

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+IRR)^t} = 0$$

- 투자의 경제적 타당성 평가기준: 내부수익률(IRR) > 할인율인 경우임

- 편익/비용 비율(B/C Ratio)
 - 투자로 인하여 발생하는 편익흐름의 현재가치를 비용흐름의 현재가치로 나눈 비율임

$$B/C \text{ ratio} = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+r)^t}$$

- 투자의 경제적 타당성 평가기준: B/C ratio > 1인 경우임

표. 조사농가 기본현황

이름	주소	설치연도	재배면적	비고
한○○	성주군 대가면	2014	3,400	스마트팜
백○○	성주군 성주읍	2017	3,600	스마트팜
배○○	성주군 벽진면	2015	8,000	스마트팜
이○○	성주군 성주읍	2016	4,200	스마트팜
김○○	성주군 금수면	2016	10,000	스마트팜

2. 연구수행 결과

가. 편익 산정

- 참외 스마트팜 도입에 대한 효과 조사에 있어서 노동력 절감효과를 가장 크게 느끼는 것으로 나타났다.
- 참외 스마트팜 도입농가들의 평균 노동력 절감 시간 1.557시간/일과 참외 작기 및 고용 노력비 100,000원/8시간을 기준으로 한 시간당 노동비를 활용하여 한 작기에서 발생하는 노동력 절감효과를 산출하였다.

표. 체감 노동력 절감 효과

농장주	체감 노동력 절감효과
한○○	2시간/매주
백○○	2시간/일
배○○	1시간/일
이○○	3시간/일
김○○	1.5시간/일
평균	1.557시간/일

- 참외 스마트팜 도입으로 절감되는 노동력은 가구당 평균 2,335,714원인 것으로 추정되었음

표. 노동력 절감 효과

구분	수치
평균절감/1일	1.557시간
1달	30일
작업기간	4개월
시간당 노동비	1.25만원/시간
절감노동력	2,335,714원

나. 비용 산정

- 스마트팜 도입으로 인해 발생하는 초기투자금 이외 비용을 전기요금과 통신비용 기준으로 산정하였으며, 전기비용은 평균 24,000원/월, 통신비용은 40,000원/월로 나타났다.

표. 스마트팜 운영 비용

이름	전기요금(원/월)	통신요금(원/월)
한○○	10,000	40,000
백○○	10,000	40,000
배○○	50,000	40,000
이○○	30,000	40,000
김○○	20,000	40,000
평균	24,000	40,000

- 참외 스마트팜 도입을 위해서는 초기설치비 2,000만원 이외 1기작 유지비용 256,000원으로 산출되었다.

표. 스마트팜 운영비용

구분		수치
초기설치비		2,000만원
운영비용	전기요금	24,000원/월
	통신요금	40,000원/월
	작업기간	4개월
	계	256,000원

표. 스마트팜 운영효과

(단위 : 원)

연차	연도	설치비	유지비	효과	순효과
0	2018	20,000,000			-20,000,000
1	2019		256,000	2,335,714	2,079,714
2	2020		256,000	2,335,714	2,079,714
3	2021		256,000	2,335,714	2,079,714
4	2022		256,000	2,335,714	2,079,714
5	2023		256,000	2,335,714	2,079,714
6	2024		256,000	2,335,714	2,079,714
7	2025		256,000	2,335,714	2,079,714
8	2026		256,000	2,335,714	2,079,714
9	2027		256,000	2,335,714	2,079,714
10	2028		256,000	2,335,714	2,079,714
11	2029		256,000	2,335,714	2,079,714
12	2030		256,000	2,335,714	2,079,714
13	2031		256,000	2,335,714	2,079,714
14	2032		256,000	2,335,714	2,079,714
15	2033		256,000	2,335,714	2,079,714
16	2034		256,000	2,335,714	2,079,714
17	2035		256,000	2,335,714	2,079,714
18	2036		256,000	2,335,714	2,079,714
19	2037		256,000	2,335,714	2,079,714
20	2038		256,000	2,335,714	2,079,714

- 참외 스마트팜 연도별 운영효과와 할인율 5%를 적용하여 순현재가치를 구하면 순현재가치가 25,917,837원으로 0보다 크게 나타나 경제적 타당성이 존재하는 것을 알 수 있었다.
- 또한 B/C 비율이 1.23로 경제적 타당성 판단기준인 1보다 크게 나타났으며, IRR이 8.28%로 할인율인 5%보다 훨씬 크게 나타나 경제적 타당성이 있음을 다시 한 번 확인하였다.

표. 참외스마트팜 경제적 타당성분석

구분	수치
할인율	5%
운영기간	20년
순현재가치	25,917,837원
초기설치비	21,000,000원
현재가치	4,917,836원
B/C ratio	1.23
IRR	8.28%

제 3 장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3-1. 목표

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특 허 출원	특 허 등록	품 종 등록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		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													20	30		20	30		
최종목표												1	5	9		1	3		
1 차 년 도	목 표													2			1		
	실 적													3				1	
2 차 년 도	목 표												2	3			1		
	실 적												1	1			1	1	
3 차 년 도	목 표											1	3	4		1	1		
	실 적											1	3	6		1	1	2	

3-2. 목표 달성여부

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

제 4 장 연구결과의 활용 계획 등

4-1. 연구개발 결과의 활용방안

- 원예작물 스마트팜 개발기술의 보급확산을 촉진하기 위해 참외 스마트팜 최적영농기술의 매뉴얼화(정책제안, 자료발간)
- 참외 생육단계별 생육 및 환경 측정데이터 수집과 빅데이터 분석으로 스마트팜 및 일반 참외재배농가의 생산성 향상 컨설팅(기술지원) 및 참외 생육모델 개발·검증에 활용
- 참외 스마트팜 농가의 환경 및 생육 데이터 수집·활용, 경영효과 등의 참외 스마트팜 활용효과 매뉴얼 작성(자료발간)
- 참외 스마트팜 농가의 병해충 발생 현황, 참외 재배시 스마트팜 기술 적용효과(학술성과)

4-2. 기대성과 및 파급효과

<기대성과>

- 참외 스마트팜에 최적화된 최적영농기법의 분석으로 전체 스마트팜 재배과정을 모델화한 후 작성된 매뉴얼의 관계 농업인에 보급하여 스마트팜 영농의 안정화

<파급효과>

[기술적 측면]

- 스마트팜 매뉴얼의 전문가 집단 및 관계영농인의 공감대 형성으로 농업인 교육 및 영농교재화로 참외 재배농가에 최적 영농기법을 확산
- 기존 스마트 팜 기술의 개선과 생육관리 방안 제시로 스마트팜 사업의 지속성 및 신뢰성 제고

[경제적·산업적 측면]

- 도출된 참외 스마트팜 기술의 보급으로 스마트팜 영농사업의 안정적인 농가보급과 조기 정착을 유도
- 최적 영농기법 도출로 농가 소득 향상과 FTA 대비 국제경쟁력 향상 유도

[사회적 측면 등]

- 참외 스마트팜 기술의 정착으로 신규 농업인의 증가에 의한 지역 활성화

제 5 장 과제수행중 해외정보 수집 결과

1. 네덜란드 일반현황

- 인구 : 17백만, 네덜란드인 78.9%
- 면적 : 41,526km²(우리나라 면적의 1/3 면적)
경지면적 11,000km²(우리나라 15,000km²)
- 기후 : 서안해양성 기후(west coast oceanic climate)로 연평균 기온 10℃로 선선한 날씨
- 농업
 - 미국에 이어 세계 2위의 농축산물 수출국으로 토마토, 고추, 파프리카, 오이의 단위면적당 생산성은 세계 최고
 - 화훼(세계 화훼 수요의 60%를 공급), 낙농, 축산 분야에서 최첨단 기술 보유
 - 와게닝겐대학 : 농업기술지도 기능과 농업연구소의 교육/지도/연구 병합체제를 구축
 - 대규모의 Agriport가 발달하여 기업화된 농업 경영으로 시설원예의 산업적 생산의 토대 마련되어 있음
 - 해외기업인수 및 해외시장의 조합원 흡수에 적극적으로 많은 노동력을 외국인에 의존하는 것과 높은 임금은 단점

2. 방문기관 및 추진내용

□ Delphy Improvement Center

- 운영현황 : 1960년대 초에는 정부지원기관으로 설립되어 운영하였으나, 2003년 민간기관으로 전환되었으며, 시설원예 작물의 생산성 및 품질 향상을 위한 세계적인 식물재배 교육 훈련을 위한 사설기업체로 작물별 관수 관리, 영양분 관리, 환경제어 컴퓨터 운영, 식물 생리 등에 대해서 교육을 실시하는 중임. 시설 온실 컨설팅 전문회사로 유료계약에 의한 컨설팅을 실시 및 지도
- 컨설팅 분야 및 시스템 : 보광시설 운영기술(딸기, 파프리카, 토마토), 온실 및 노지작물 재배기술, 국화 등 절화류, 구근식물, 버섯, 유기농, 포트 재배 작물까지 다양, 온실 환경 데이터와 작물 생육데이터를 모니터링하고 현장 방문하여 컨설팅 서비스하는 시스템
- 연구현황 : 와게닝겐 대학교와 협력을 통한 생육정보 수집 및 적용하며, 방울토마토 LED 보광에 따른 생산성 실험 진행하는데 와게닝겐 대학과 협업을 통해 생육데이터 검증 및 활용으로 농업인 교육 및 기술 보급에 성과가 높음



Delphy Improvement Center 본사 전경



LED 보광 시설

- 데이터분석 센터는 별도 위치(Agro Business Park 65 6708 PV Wageningen)(농가별 작물별 환경 및 생육 빅데이터분석 담당)

□ PRIVA

- 현황 : 1959년 설립되어 센서 등의 하드웨어와 AI를 기반으로 한 소프트웨어를 결합하여, 스마트팜에 적용되는 실내 환경제어 솔루션을 제공하는 세계 최고 수준의 온실 복합환경 제어 시스템 생산회사
- 내용 : 환경조사용 스마트팜 센서 현황, 이용기술, 시설원예 연구방향 조사, 양액재배 시설 설치 및 운영시 스마트팜 환경센서 이용 기술
- Priva Compass Irrigation Edition : 콘트롤 본체 및 스마트폰 앱(모니터링 및 제어가능)으로 구성, 수분센서와 물펌프간의 연동으로 10까지의 관수 프로그램 제공, pH/EC 제어가 능(부속탱크 부착), 시설재배시 생육단계별로 물관리가 가능
- 연구동향 : 최근 주요 연구 분야는 농업용수사용의 스마트화(EC, pH 제어 및 재순환), 노동효율화, 지속가능한 에너지 사용 등이며, 세계 각지의 파일럿 온실의 데이터를 수집 분석하여 온실경영 최적화는 오랜 역사를 가지면서도 가장 중요한 연구 분야임
- 특이점 : 본사내 사무실을 “캠퍼스”로 통칭, 건물은 탄소중립형 건축물로 “Aquifer Thermal Energy Storage” 인증된 건축물로 냉난방을 실시, PRIVA사의 목표점은 농업용수사용의 스마트화, 노동효율화, 지속가능한 에너지의 사용
- 직원은 Priva Academy프로그램으로 원예과학, 건물자동화, 실내재배분야 등을 학습
- 네덜란드 본사에서는 파일럿 온실수준에서의 센서 적용가능성, 정확도, 프로그램 개발에 집중



PRIVA 양액 시스템



전세계 지사별 온실 환경,
생육 모니터링



PRIVA 본사 내부
(냉난방에너지 절감형 빌딩)

□ Cogas Climate Control(Heikamperweg 20, 5725 AZ Heusden Gem Asten, NL)

- 현황 : PRIVA사 협력업체로 온실 환경제어 관련 하드웨어 및 소프트웨어 통합 제공 업체
- 내용 : 아시아 지역 온실하우스 컨설팅 시장에 관심도가 높으나, 시장 확대에 대해서는 의문성을 가짐, 특히 한국 시장은 농업인들이 자신의 경험에 의존을 많이 하며 기술을 잘 받아드리지 않는다고 표현, 국내에 대리점이 진출하여 김제에 토마토 온실은 구축, 한국에 매월 방문하여 국내에서 재접촉 요청
- 시설원예자재 및 컨설팅 종합제공업체로 네덜란드와 유럽지역의 농자재를 전세계로 공급하며 사후 관리까지 진행하는 업체임



아시아 담당자 면담



자재 창고 견학



Cogas Climate Control
본사 전경

□ World Horti Center

(Heikamperweg 20, 5725 AZ Heusden Gem Asten, NL)

- 현황 : 유리온실 관련 시설의 설비와 시공 그리고 환경제어 등을 다루는 수십 개의 업체들이 상시적으로 제품을 전시하여 시설자재 홍보와 더불어 이를 이용한 시설온실 교육과 실증시험용 온실까지 갖추어 전시와 교육을 동시에 실시하는 원예기술 교육 기관에 해당됨
- 내용 : 최신 스마트팜 시설하우스 견학, 스마트팜 차세대 혁신 기술 관람 및 자재 개발 현황 조사
- 방문자의 경우 1인당 300유로의 방문비를 지불하여야 내부시설 견학가능하며 주요 내부 시설은 100여개의 원예관련 기업(Priva, Koppert 등)에서 제공하는 원예관련 기술을 전시하고 있음
- 전시업체 : 천적관리, 양액관리 시스템, 유리 자재, 보온 스크린, 온실 자동 개폐, LED 보광, 대기 환경 관리 등
- 특이점
 - 3개의 직업학교(한국의 마이스터고등학교와 유사, Senior secondary vocational education)가 World Horti Center에서 이론과정과 실습과정(원예재배, 식품가공 등) 과정을 진행
 - 본관 지붕은 수평스크린으로 단열과 차광시설로 구성되어 건물자체가 시설온실로 건축되어 있음



World Horti Center
내부 캠퍼스와 원예전시장



건물내부 단열스크린 설치



World Horti Center본관

□ Bezoek Agriport

- Agriport 현황 : 네덜란드 북부의 간척지에 위치한 약 1,000ha의 첨단 온실로 이루어진 단지, 스마트팜 온실 유통업체 등이 집적화되어 관련 산업 간 유기적인 협력체계가 잘 구축되어 있는 것이 특징이며, 온실의 규모화를 통해 생산성을 극대화한 기업형 농산물 생산 실현
- 내용
 - 열병합발전소(천연가스는 인근 지역에서 생산, 이산화탄소와 열은 자체 시설온실 공급용으로 사용, 전력은 전력회사에 판매)
 - 일반 난방히터(천연가스를 연료로 사용하며 열병합발전소와는 잉여전력의 판매단가에 따라서 선택적으로 운용)
 - 지열공급시스템은 지하에 지열파이프를 6개소(투입용 3개, 회수용 3개)굴착하여 지열난방으로 인근의 온실 Agriport와 공동으로 사용



Agriport 양액재순환 탱크



파프리카 정식 준비 포장



이동식 무인방제기

- 방문한 Bezoek Agriport는 47ha의 대규모 기업농으로 파프리카와 토마토를 하루 평균 30ton, 연간 6,000ton 생산하는 규모로 수확작업을 제외한 작업은 대부분 자동화(RF ID tag를 이용하여 농장근로자의 작업내용, 작업량을 모니터링하며 특히 재배포장의 재식된 열에 따라서 수확량, 용수사용량 등을 모니터링하여 정밀제어 농업을 실현하고 있음)
- 토마토는 코코피트를 배지로 사용하지만 파프리카는 코코피트 뿐 아니라 배지로 암면도 사용하며, 특히 암면배지는 수거업체에서 회수 후 재생처리 한 다음 재순환하여 사용해야 하며 폐양액의 경우에도 농업환경규제로 인하여 배출량이 별도로 설정되어 살균 소독 후 재사용해야 함
- 파프리카는 1년 1기작(12월 정식, 11월 말까지 수확) 재배 방식으로 규격화된 종묘사용으로 재배농장, 육묘장 간의 역할 분담이 명확히 구분되어 운영중(육묘장에서의 병해충 감염방지를 위해서 재배농장과는 격리조치)
- 재배 종료 후 시설재배지 내부는 살균세척액으로 내부를 소독한 후 다음 작기를 준비

3. 종합결론

- 네덜란드는 전세계 시설원예 산업의 선진국으로 이미 알려진 상태이나 농업환경은 기상, 기후, 토양조건 등이 국가별로 상이한 조건임
- 네덜란드는 유상 컨설팅 시스템이 정착된 상황으로 Delphy Improvement center를 비롯한

각 컨설팅사는 농업연구기관(대학교)과 공동으로 실험실 스케일부터 챔버 스케일, 다시 온실 단위 스케일로 확대하면서 얻어진 빅데이터의 분석으로 현장 온실에서의 현황 문제 진단, 해결점 제시, 사후 피드백 시스템으로 순환하는 체계로 구성되어 있음

- 국내의 경우 네덜란드 시설자체의 도입으로 국내 실정에 적합하지 않은 문제점이 있을 것으로 생각되며 네덜란드 시설의 목적성, 운영원리, 작업환경, 국가별 정책상 차이점 등을 고려하지 않을 것으로 도입목적이 충분히 발휘되지 않을 것으로 생각됨(하드웨어상의 벤치마킹은 시간, 경제적 지원으로 가능하나 소프트웨어적인 벤치마킹은 시행착오와 장기적 지원이 확보되어야 할 것으로 생각됨)
- 농업생산 측면에서 장기적 관점에서의 에너지 절감, 환경오염 방지를 위해서는 탄소중립적 경작체계(재배작기 및 작물의 선택), 비료 및 물이용 수지에 관한 연구가 있어야 하며 농업부문의 환경부하와 온난화에 대한 긍정적 측면과 부정적 측면이 동시에 구명되어야 할 것으로 생각됨
- 동절기 보광처리시 LED종류별 광과장에 따른 작물 생육 단계에 대한 연구진행이 필요

4. 연수 후 느낀 점

- 기업형 농장의 대규모 생산 체계, 환경센서와 양액관리 시스템 그리고 재배 작업 중 필요한 노동력 측정 및 농기계들의 자동화 수준이 인상적이었음
- 국내의 경우 네덜란드의 대규모 농장규모에는 못 미치나 들녘단위 별로 국지기상 상황, 토성별 양수분 측정치 자료의 공유시 대규모 농장과 유사한 빅데이터 수집과 환경개선이 가능할 것으로 생각됨
- 참외의 경우 주산지의 기능은 있지만 개별 농가의 규모화는 아직 발전 중에 있으므로 성주지역은 들녘단위로 인근 농가에 규격이 유사한 하우스들끼리는 환경 센서 및 스마트팜을 공동 설치하여 고속통신망을 공유할 경우 소규모에 따른 설치비를 절감하고 작물 재배와 생육 데이터 또한 공유함으로써 재배기술을 올릴 수 있는 정책적인 방안이 필요함
- 참외 작목의 지역별 재배환경, 재배시기에 따른 환경정보와 생육정보를 축적하여 좀더 표준화된 관리 매뉴얼을 보급시킬 필요가 있음
- 참외 스마트팜이 효율적으로 운영되기 위해서는 기존에 설치된 환경제어시설을 활용하고 측정치의 모니터링과 측정치 분석을 실시할 수 있는 농장주의 환경관리에 대한 이해와 역량강화가 먼저 선행되어야 하며 차후 시범사업 등을 실시할 경우 교육을 우선 실시한 다음 시설설치가 되어야 할 것으로 판단됨

5. 금후계획

- 참외 토성별 수분공급에 따른 증발산량 산출 및 시간대별/생육온도별 물공급량 설정
- 참외 재배후 외피복재 세척에 따른 비산 병원체 제거
- 딸기 보광용 LED 종류별 식물체 반응(엽장 등 기본생육반응, 개화 등 결실반응)에 대한 연구

붙임. 참고문헌

- 김길자, 김다미, 안호섭, 최진경, 김선곤. 2019. 큰노타리(새송이)버섯 스마트팜 재배를 통한 생육환경 분석 및 자실체 품질 특성. 한국버섯학회지 17:211-217
- 김주만, 정원호. 2018. ICT 기술 고도화를 통한 스마트농업 확산. The J. of the institute of internet, broadcasting and communication 18(117-122)
- 나명환, 박유하, 조완현. 2017. 스마트팜 데이터를 이용한 토마토 최적인자에 관한 연구. 한국데이터정보과학회지 28(1427-1435)
- 노용승. 2020. 국화 ‘백마’ 관행농가와 스마트팜의 시설, 환경, 절화생육 및 경영성과 비교 분석. 화훼연구 28(294-304)
- 이기영, 정진형, 김수환, 임창목, 이상식. 2018. 작물 근권부 생장 환경 Data 수집 시스템 설계에 관한 연구. 한국정보전자통신기술학회논문지 11(764-771)
- 이지은, 강소라, 옥유진, 전명희, 나명환. 2019. 시설오이의 생육에 영향을 미치는 최적 환경요인에 관한 연구. J. of the Korean data analysis society 21(2913-2920)
- 이충호, 김형섭, 정용준, 양승환. 2017. 전북지역 스마트 온실의 센서 활용에 대한 연구. 한국농업기계학회 2017년도 춘계공동학술대회 2017(134-134)
- 장대진, 방대욱. 2015. 사용자 편의성 증진을 위한 단동형 농작물관리시스템에 관한 연구. 한국정보처리학회 2015년도 추계학술발표대회 2015(583-585)
- 정진형, 임창목, 조재현, 김주희, 김수환, 이기영, 이상식. 2019. Smart 농업을 위한 근권환경부 모니터링 시스템 연구. 한국정보전자통신기술학회논문지 12(290-298)

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 일반 소득작물의 Best Farmer 영농기법 모델화 연구(참외)				
	(영문) Smart Farm Modelling of Farming Practice in korean melon				
주 관 연구 기관	경상북도농업기술원 성주참외과채류연구소		주 관 연 구 책 임 자	(소속)경상북도농업기술원 성주참외과 채류연구소	
참 여 기 업			(성명) 도 한 우		
총 연구개발비 (500,000천원)	계	500,000천원	총 연 구 기 간	2018. 7.~2020. 12.(2년 5월)	
	정부출연 연구개발비	500,000천원	총 참 연 구 원 수	총 인 원	24
	기업부담금			내부인원	12
	연구기관부담금			외부인원	12

○ 연구개발 목표 및 성과

- 참외 스마트팜 영농 빅데이터 수집 기반 구축 및 정보 획득
- 참외 스마트팜 재배환경 및 영농기법 조사를 통한 영농기술 모델 설정 및 스마트팜 매뉴얼 작성

○ 연구내용 및 결과

- 본 연구는 참외 재배기간 중 참외의 생육, 과일자료와 시설하우스의 환경데이터를 수집하여 영농기법간 차이를 분석하고, 참외 생산량에 영향을 미치는 요인과 핵심요소를 발굴하여 참외 영농기법을 매뉴얼화 하고자 수행함
- 참외 재배농가들은 가장 중요하게 생각하는 핵심요소로 습도와 온도이고, 참외 생산량에 가장 영향을 미치는 환경요인이 습도관리인 것으로 확인하였으며, 특히 오전습도를 적절한 수준으로 높이고, 오후 습도는 낮추는 것이 바람직함
- 참외 생산량에 중요하게 영향을 미치는 기간은 수확 전 4~6주 사이로 참외 생산량 향상을 위해 수확이전 4주에서 6주 사이 주요한 변수에 대한 관리 기술 개발이 필요하다.
- 참외 스마트팜 도입에 대한 경제적 타당성이 존재하므로 지속적인 보급 확대를 통한 참외 영농효율화가 필요함

○ 연구성과 활용실적 및 계획

- 원예작물 스마트팜 개발기술의 보급확산을 촉진하기 위해 참외 스마트팜 활용효과 매뉴얼화 및 시범모델 설정
- 참외 생육단계별 생육 및 환경 측정데이터 수집과 빅데이터 분석으로 스마트팜 및 일반 참외재배농가의 생산성 향상 컨설팅(기술지원) 및 참외 생육모델 개발·검증에 활용
- 참외 스마트팜 농가의 시설, 재배기술, 경영효과 등의 매뉴얼 작성(자료발간)
- 참외 스마트팜 농가의 병해충 발생 현황, 참외 재배시 스마트팜 기술 적용효과(학술성과)

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호	318062-03		
사업구분	농식품기술개발사업				
연구분야				과제구분	주관
사업명	첨단생산기술개발사업				
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	일반 소득작물의 Best Farmer 영농기법 모델화 연구(참외)			과제유형	(응용)
연구기관	경상북도농업기술원 성주참외과채류연구소			연구책임자	도한우
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2018.7 - 2018.12	100,000		100,000
	2차연도	2019.1-2019.12	200,000		200,000
	3차연도	2020.1-2020.12	200,000		200,000
	계		500,000		500,000
참여기업					
상대국		상대국연구기관			

2. 평가일 :

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
경상북도농업기술원 성주참외과채류연구소	농업연구사	도한우

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.

확약	
-----------	--

I. 연구개발실적

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, **우수**, 보통, 미흡, 불량)

- 참외 작목은 타작목과는 특이하게 구분되는 작기특성과 재배방식으로 인해서 타작목 스마트팜 기술의 적용이 어려운 실정이나 이번 연구를 통해서 스마트팜 농가와 관행농가간의 재배환경, 과실 품질, 경제성 등이 파악되어 앞으로 참외 스마트팜 확산에 큰 기여를 할 것으로 판단됨

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, **우수**, 보통, 미흡, 불량)

- 참외 스마트팜 매뉴얼의 보급과 참외 연구회 세미나 등을 통한 대농업인 교육으로 참외 스마트팜 시설 확대와 시설관리의 생력화를 기대할 수 있고, 참외 안정생산에 기여함

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, **우수**, 보통, 미흡, 불량)

- 참외 스마트팜 매뉴얼과 경제성 분석결과를 지역 참외재배농업인에게 세미나, 연찬회 등을 통해서 보급할 경우 지역 농업인의 스마트팜에 대한 이해도 향상과 농업기술의 상향평준화를 가져올 수 있을 것으로 평가됨

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, **보통**, 미흡, 불량)

- 코로나19로 인하여 참외 선도농가와 일반농가의 참외 재배관리 방법에 대한 조사를 위한 출장이나 전문가 협의회가 제한적이어 과제 수행에 다소 어려움이 있었음
- 참외농가 현장에서 생육, 과일, 환경데이터를 조사, 분석하였는데, 병해충 발생이나 시비 관리 방법 등 재배관리 전반에 관한 데이터를 확보하여 참외 생산성 영향 요인을 분석하여야 종합적으로 관리 모델을 설정할 수 있을 것으로 사료됨

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, **우수**, 보통, 미흡, 불량)

- 성과목표는 대부분 달성하였으며, 코로나 19로 인해서 농가 보급확산을 위한 스마트팜 활용에 대한 농업인 교육 등 연구개발성과 도출에 다소 차질이 있었음

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
참외 스마트팜 실시농가의 영농기술 빅데이터 수집 기반 구축	40	100	참외 스마트팜 농가의 생육, 과일, 환경데이터를 수집하고 일반농가와 비교 분석함
경제성분석으로 스마트팜 기술의 기저 확대	30	100	스마트팜 도입에 따른 경제적 분석 결과 노동력 절감효과로 경제적 타당성이 있는 것으로 분석됨
참외 스마트팜 영농기술의 평가 및 모델화	30	100	참외 핵심요소, 생산성 영향요인을 분석하고 스마트팜 현황과 활용방법에 대한 내용을 농가에 보급할 매뉴얼로 제작함
합계	100점	100	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 참외 스마트팜 농가의 생육, 과일, 환경데이터를 수집·분석하여 참외 핵심요소와 생산성 영향 요인을 발굴하여 참외 시설하우스 환경관리 방법을 매뉴얼로 제작하였고, 매뉴얼은 참외 농가를 대상으로 교육에 사용하고 농가에 배포하여 참외 안정생산에 활용됨
- 스마트팜 도입농가들은 노동력 절감과 환경관리에 편리함을 만족하고 있으며, 경제적 분석 결과 타당성이 존재하므로 참외 스마트팜은 지속적으로 증가할 것으로 예상되어 스마트팜 보급 확대를 위해 적극적인 지원이 필요함

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 참외는 단동형 비닐하우스에서 터널을 설치하여 비닐과 보온부직포로 가온하지 않고 보온으로만 재배하고 있어 온습도관리가 어렵고, 포복재배로 11월~12월에 정식하여 2월부터 7~8월까지 참외를 수확하는 연장재배를 하고 있어 농가마다 관리방법이 다르고 수량이나 품질에서 농가간에 차이가 많음

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 참외 재배농가의 재배관리 및 생산성 향상을 위하여 교육 및 컨설팅 등으로 도출된 영농기법을 기술지원하고, 참외 스마트팜 최적 관리모델을 설정하는데 활용하고자 함

IV. 보안성 검토

o 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

--

2. 연구기관 자체의 검토결과

--