

어젠다코드	1 - 5 - 1		구분	완결	
기술분야코드	V2	기술유형코드	M04	작목구분코드	MI-02-MI21
과제종류	공동연구		세부사업(약어)	농림식품기술기획평가원(농기평)	
과제명	스마트온실 빅데이터 활용 컨설팅 기술 고도화 및 실증				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	이혜림		농업연구사	농촌진흥청 농업빅데이터일자리팀	
연구기간	2019(1년)		참여연구기관	전남대, 경기도원 등 9개도원, (주지앤비)	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
4) 강원 스마트온실 빅데이터 활용 컨설팅 및 성과분석			작물연구과	노희선	'19
색인용어	시설채소, 스마트팜, 빅데이터, 생산성, 컨설팅				

ABSTRACT

In this project, comprehensive on-site demonstration research was conducted in order to increase farming household income and to continuously develop and supplement farming models through on-site consulting of farming households based on the collection and analysis of large farming data of paprika and tomatoes growing smart greenhouses in Gangwon Province. We analyzed the growth, environment, and management information collected from a total of 16 farms of 10 paprika and 6 tomato plants introduced by the smart greenhouse system. Environmental data such as paprika and tomato cultivation temperature, humidity control and solar radiation, CO₂ concentration, cultural solution pH, EC, number of watering, and DIF(day-night difference in temperature) were analyzed and visualized by analyzing growth data, such as growth length, flowering group height, plant height, flowery bars, and number of fruits. Based on the correlation and regression analysis between the number and the quantity of fruits, paprika showed negative correlation and tomato showed positive correlation. Based on the data analyzed in Test 1, a total of eight farms of paprika and tomato were conducted on a quarterly basis. We has conducted consulting to meet the conditions of farming households such as environmental management methods, measures to reduce deformedness, and decision to rearrange in favor of farming household management, etc., including proper temperature, humidity, and CO₂ concentration management. After completing the data-based field consulting, a 9-point survey of satisfaction showed that they were satisfied with 7.25.

According to the result of consulting on income analysis of farming households, 67.7% in the J farming households in Pyeongchang, Paprika and 20.2% in the C farming households in Hwacheon, Tomato, had the highest income rate. As the monthly wholesale price of both paprika and tomato, the price after August was higher than the average price of the year, sale will be beneficial for farm management in this time.

1. 연구목표

최근 농업분야에서 빅데이터와 정보통신기술(ICT)이 융합된 스마트팜이 농업인의 삶의 질 향상과 농가 생산성 및 품질향상의 해결책으로 제시되고 있으며, 정부주도로 스마트팜확산사업이 빠르게 진행되고 있다(김, 2016). 현재 스마트팜 혁신벨리가 전국 4개소에 모두 선정되어 2022년 까지 보육 센터를 거친 청년들에게 창업공간을 제공하는 등 국가 혁신성장 선도사업으로 추진되고 있다. 이러한 사업을 뒷받침하기 위한 재배 기술적 보완을 위하여 토마토, 딸기 등 스마트팜 데이터를 이용한 생산성 향상 모델개발 연구가 진행되고 있으나(나, 2017), 남부지방 재배작형에 맞춰 개발되고 있어 강원도에 적용하기는 어려운 실정으로, 우리도 재배여건에 맞는 연구가 필요하다. 특히, 스마트팜 생육, 환경, 경영데이터를 기반으로 한 강원도 여름재배 작형에 맞는 생산량 향상에 대한 모델링이 필요하다. 이를 위하여 본 과제에서는 강원도내 스마트온실 재배 중인 파프리카와 토마토의 생육전주기 농업빅데이터를 수집, 분석 하고 이를 기반으로 한 농가 현장컨설팅을 통하여 농가소득을 증대하고 생육향상 모델을 개발하고, 지속적인 보완하고자 강원 시설채소 스마트온실 전주기 빅데이터 수집 및 현장 컨설팅 실증연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

〈제4세부과제: 강원 시설채소 스마트온실 전 주기 빅데이터 수집 및 현장 컨설팅〉

(시험 1) 강원지역 스마트온실 빅데이터 분석

본 연구는 파프리카, 토마토의 스마트팜 시스템 도입 16농가를 대상으로 스마트농업전문가가 매주 해당 농가의 생육(생장길이, 엽수 등 파프리카 17항목, 토마토 23항목)을 측정하였고, 환경(온도, 일사량 등)과 경영 데이터를 함께 수집하여 자료 분석 및 시각화 하였다. 또한 수량에 영향을 미치는 요인을 SAS[®] 9.4 통계패키지로 분석하였다.

(시험 2) 스마트온실 빅데이터 기반 현장 컨설팅 실증

시험 1에서 분석한 빅데이터를 기반으로 8농가(파프리카 7, 토마토 1)를 현장컨설팅을 분기별로 실시하였다(24회). 수집한 데이터를 정리하여 농가에 피드백 하였고, 이를 통해 생육단계별 정밀한 환경관리를 위한 환경 제어방법 및 개선방안을 제시하였으며, 컨설팅 만족도를 9점 척도로 조사하였다.

(시험 3) 컨설팅 대상 농가 경영성과 분석

시험 2에서 컨설팅을 실시한 8농가의 농가별 소득분석을 통하여 농가경영비와 판매실태를 조사하였으며, 데이터를 수집한 전체 16농가의 소득률과 단위면적당 조수입, 수량 및 농산물유통공사에서 제공하는 월별 도매가격을 2018~2019년 동안 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

〈제4세부과제: 강원 시설채소 스마트온실 전 주기 빅데이터 수집 및 현장 컨설팅〉

(시험 1) 강원지역 스마트온실 빅데이터 분석

가. 파프리카 농가 자료 분석 및 시각화

파프리카 빅데이터 수집 농가는 철원 6농가, 평창 4농가로 총10농가(표 1)로 모두 연동 비닐하우스며, 재배작기는 1~3월에 정식하여 11~12월까지 수확하였다.

표 1. 파프리카 스마트팜 빅데이터 조사 농가 현황

순번	시군	농가	환경제어기	시설규모(㎡)	재배기간	컨설팅
1	철원	조남현	프리바 맥시마이저	3,300	2019. 03. 22~12. 11	○
2	"	김형남	그린씨에스 마그마	7,920	2019. 03. 29~12. 02	○
3	"	한민수	프리바 맥시마이저	9,900	2019. 03. 03~12. 02	○
4	"	주중훈	프리바 맥시마이저	4,950	2019. 03. 21~12. 02	
5	"	신정훈	프리바 맥시마이저	11,880	2019. 03. 12~12. 09	
6	"	이상복	프리바 맥시마이저	4,620	2019. 04. 06~12. 09	
7	평창	지준구	홀티막스(Hortimax)	16,500	2019. 01. 24~12. 16	○
8	"	이석래	신한에이텍 GK3000	6,600	2018. 12. 26~12. 09	
9	"	이정범	프리바 커넥스트	19,140	2018. 12. 12~12. 09	○
10	"	한준섭	프리바 맥시마이저	9,900	2019. 01. 22~12. 09	○

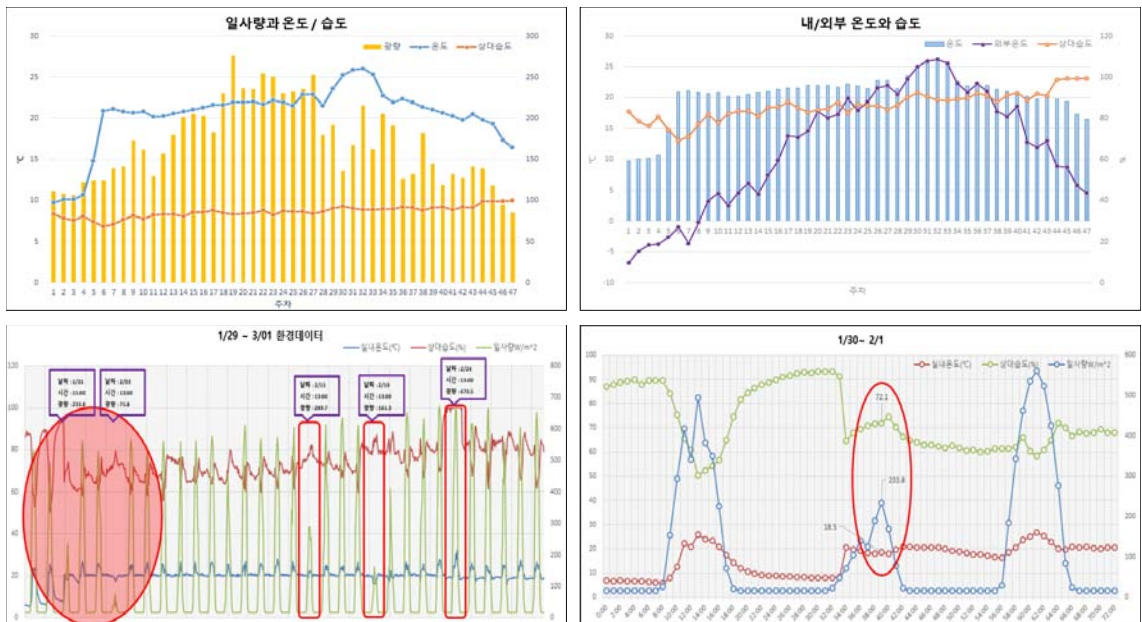


그림 1. 파프리카 J농가 환경(일사량, 온도, 상대습도) 데이터

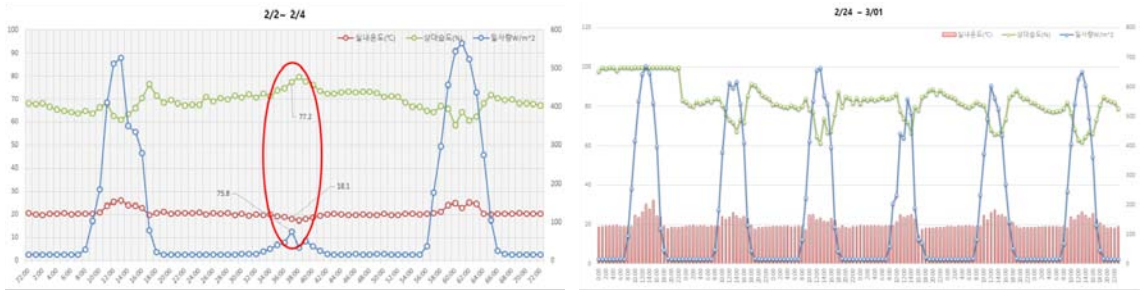


그림 1. 파프리카 J농가 환경(일사량, 온도, 상대습도) 데이터(계속)

조사한 파프리카 10농가 중 가장 수익률이 높았던 평창 J 농가의 환경데이터를 살펴보면 2019년 1월 30일~31일 흐린 날씨로 인한 일장부족 하였고, 파프리카는 보통 주간 25~30℃ 내외, 야간 18℃ 이상의 생육적온 특성을 가지고 있으나, 정식일인 1월 24일 이후 초기 온도제어가 이루어지지 않았다. 작물의 생육에 가장 큰 영향을 끼칠 수 있는 정식 후 생육초기 기간 중 실내온도가 18℃ 이하로 하강한 경우가 3일 이상 있었으며, 이때, 상대습도는 90% 이상까지 비례하여 상승한 것으로 보아 생육 초기 저온으로 인한 작물의 피해가 다소 있었던 것으로 판단되었다. 2월 3일 이후부터 2월 15일/19일 외부환경(흐림, 우천)으로 인한 일장부족을 제외하고는 전반적으로 온도, 습도 유지가 잘 되었다(그림 1).

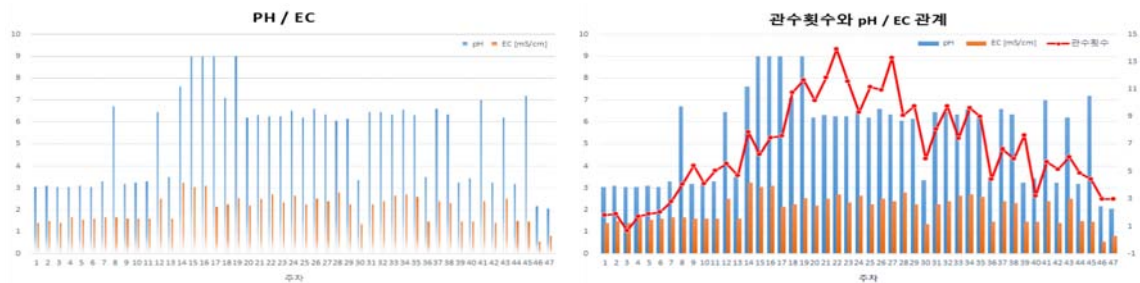


그림 2. 파프리카 J농가 양액(pH, EC,관수횟수) 데이터

급액한 양액의 pH와 EC는 큰 상반관계가 보이지 않으며, 특히 pH의 수치가 4월~5월에 다소 높은 경향을 나타내고 있는데(그림2), 이는 양액에 투입된 비료나 기타 투입재의 알칼리정도의 불균형으로 인한 현상으로 보이며, pH와EC의 변화는 관수횟수와는 연관성이 없는 것으로 판단되었다.

전체 재배기간 동안 온도변화를 살펴보면 겨울인 1~2월에는 상대습도가 60~90%를 유지하였으며, 봄철인 3~5월까지지는 40~90%로 습도차이가 컸다. 여름인 6~8월에는 60~100%로 장마기간 중이는 높은 습도를 보였다. 가을인 9~11월에는 80~100%의 상대습도를 나타냈다. 외부온도의 변화와 우천 및 흐린 날씨의 일사량 부족에도 온실에는 동일한 실내온도는 패턴을 유지하는 것으로 보아 온도제어는 잘고 있으나, 계절적으로 7~8월 고온기에는 30℃를 넘는 날들이 많았다(그림 3). 남쪽지역에 비하여 여름이 상대적으로 시원하기는 하나 파프리카 재배 적정 온도를 유지하기 힘든 상황이므로 여름 고온기를 회피하기 위한 다양한 노력들이 필요하다. 단순히 온도를 내리지 못할 경우에는 CO₂시비 등 개화와 결실을 위한 노력들이 더욱 필요하다. 4월부터 실내온도의 편차가 커진 이유는 일사량 및 실내 온도 조건에서 정상적으로 천정의 개폐는 이루어지고 있지만 환풍기나 기타 공기순환의 불균형이

원인으로 생각되었다. 이시기에는 실내 팬을 이용한 공기순환에 초점을 맞추는 것이 효율적인 온도 관리방법이라고 생각되었다. 일사량의 증가와 비례하여 온도가 소폭 상승세를 보이며, 이를 막기 위하여 온실 차광막의 개폐가 정상적으로 설정되어 가동되고 있었다.

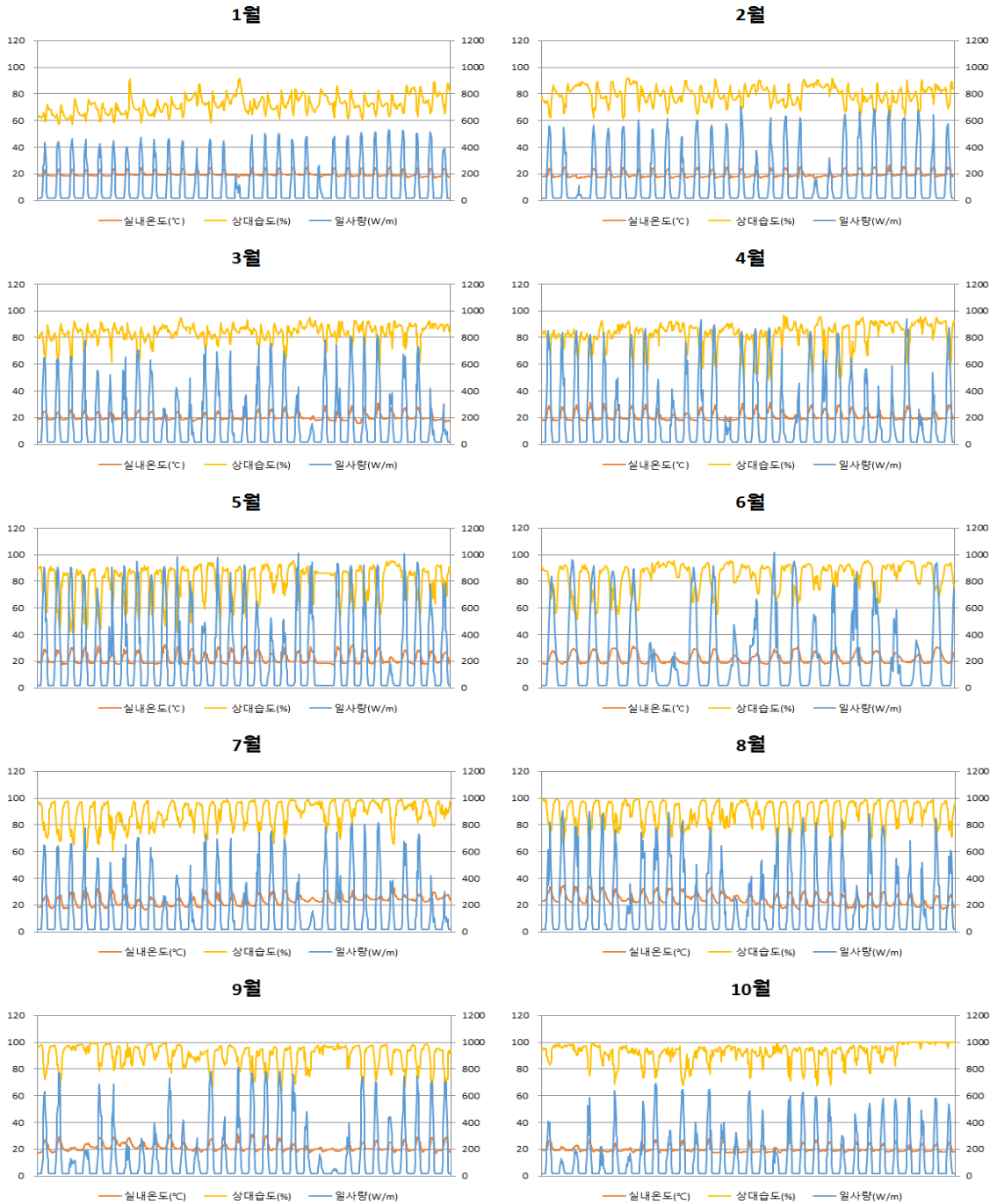


그림 3. 파프리카 J농가 월별 온도, 상대습도 및 일사량

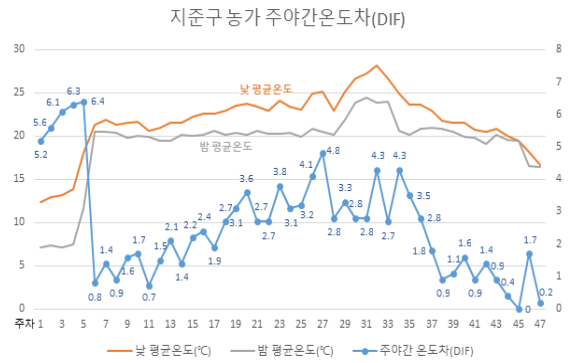
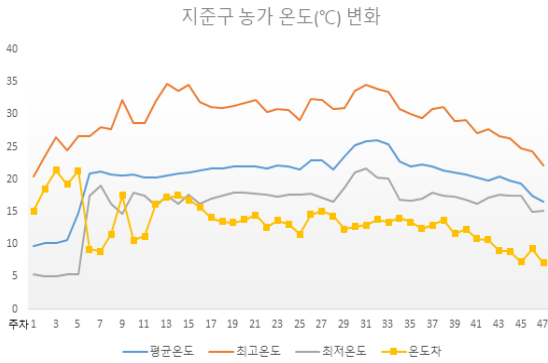


그림 4. 파프리카 J농가 온도 및 주야간 온도차

최고온도는 4월이 34.5°C로 가장 높았고, 1월과 11월이 약 22°C로 비슷한 수준을 보였다. 최저 온도는 1월이 5.1°C로 가장 낮았고, 8월이 21.6°C로 가장 높게 측정되었다. 온도차는 1월 21.4°C로 가장 큰 차이를 보였으며, 11월 7.1°C로 가장 적은 차이값을 나타내었다.

주야간 온도 편차 (DIF)는 오전 6시~오후 6시(주간) 및 오후 6시~다음날 오전 6시까지의 시간을 기준으로 하여 측정하였으며, 정식 직후 약 6.3°C, 2월 말 1.6°C 로 분석되었는데 이는 정식 후 초반에는 온도제어가 불안정 하였으나 가온/환기 등 기간이 경과함에 따라 온도제어 효과가 나타나는 것으로 판단되었다. 주야간 온도차가 대부분 양(+)의 값을 가지므로 절간장이 길어졌으며, 6~8월에 차이가 다른 기간에 비해 차이가 크게 나타나(그림 4) 절간장 신장에 영향을 주었을 것으로 예측되었다.

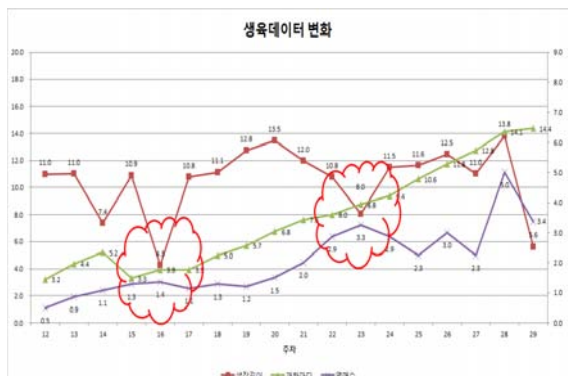


그림 5. 파프리카 J농가 생육데이터(성장길이, 화방높이, 초장, 개화마디, 열매수)

정식 후 생육조사 실시부터 초장은 꾸준한 성장세를 보이고 있으나, 16주차에 다소 주춤하였다. 1월 24일 정식 이후 성장세를 보이다 4월 26일(16주) 성장길이가 4.3cm로 감소함과 동시에 개화마디와 열매수가 소폭 증가하는 것으로 보아 영양생장으로 전환된 것으로 보였다(그림 5).



그림 6. 파프리카 J농가 성장길이와 온도, 착과 변화

4월26일 이후 다시 성장세가 시작되어 성장길이와 온도변화 추이를 보면 성장길이가 짧았던(평균 성장길이 10.58cm) 16주, 23주, 29주차의 온도는 전체 평균온도인 21.9°C 범위에서 크게 벗어나지 않은 것으로 보아 온도가 직접적인 영향을 끼친 것이 아니라고 생각되었다. 또한, 성장 초기 각 포인트별 성장길이 차이를 보면 개화마디, 착과마디 생성 및 증가에 비례하여 줄어드는 경향을 볼 수 있었는데 외부요인 보다는 생식생장에서 영양생장으로의 전환에 따른 일시적 둔감현상이라고 판단 되었다(그림 6).

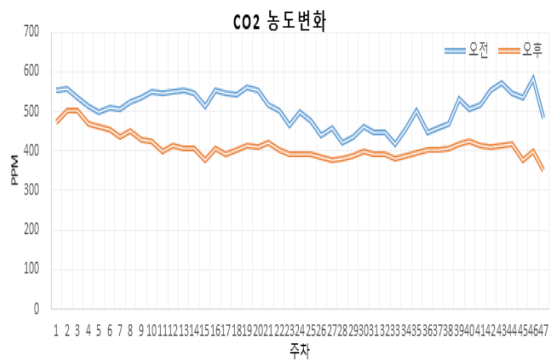


그림 7. 파프리카 J농가 초장, 개화마디, 착과마디 및 CO2농도 변화

정식 후 생육조사 실시부터 초장은 꾸준한 성장세를 보이고 있으나, 16주차에 다소 주춤하였고, 개화마디와 착과마디는 15주차(4월 초)에 감소하여, 약 2주간 느린 성장을 보이다 18주차부터 조금씩 정상생육을 보였다. 이것은 온습도 환경에 의한 낙화, 낙과 및 영양생장으로 전환되는 시점으로 판단되었다. CO₂ 농도변화는 일출 후 광합성에 의해 CO₂ 감소가 시작되어 오후가 오전에 비해 농도가 낮게 측정되었으며, 별도의 탄산시비를 하고 있지 않아, 앞으로 맑은날 부족한 CO₂ 보충하기 위한 CO₂ 시비에 대해 고려할 필요가 있다고 생각되었다(그림 7).

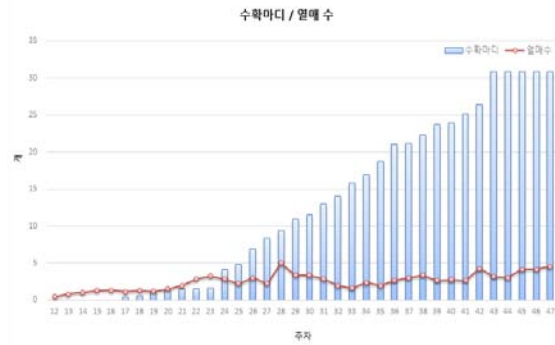
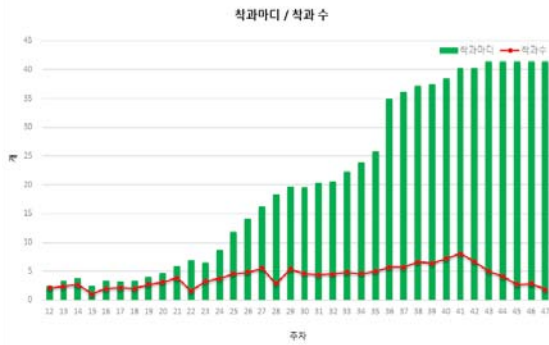


그림 8. 파프리카 J농가 착과마디, 착과수, 수확마디 및 열매수

정식 후 생육이 진행됨에 따라 정상적인 착과마디와 수확마디의 증가를 볼 수 있으며, 10월(41주)부터 착과수의 감소가 나타나는데 이는 적심으로 인한 기존 착과의 비대 및 생식생장의 중단으로 인한 영향으로 판단되었다. 열매 수는 생육 23주차부터 거의 일정한 수준의 수량을 보이므로 착과된 것들이 열매로 원활하게 이루어지고 있는 것으로 판단되었다(그림 8).

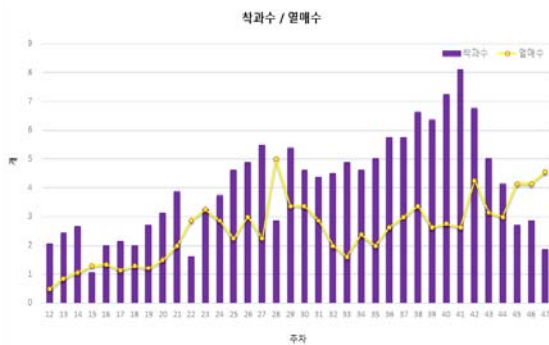


그림 9. 파프리카 J농가 과실현황(수확수, 착과수, 열매수)

착과 이후 시간 경과에 따라 열매로 진행되는 경향을 볼 수 있으며, 특히 42주차 적심이후 착과수는 감소하고 있고, 기존 착과의 숙성이 진행됨에 따라 열매 수는 증가하였다. 수확 수는 착과의 진행됨에 따라 증가하는 경향을 보이다 36주차(9월)부터 대폭 하락, 이는 병해 및 작물의 시들음 현상으로 인해 과실의 품질하락과 낙과로 인한 현상으로 보였다.

5월 작물의 생육상태 저하로 인해 초반 착과 수와 작물의 수세가 다소 불안정했으나, 6월부터 회복세를 보이며 수확 수는 증가하였으나, 발색이 완전하지 않았다. 8월 이후 수세의 회복과 함께 착과 수, 열매 수가 증가하였으며, 이는 적심시기까지 진행되었고 발색이 늦은 영향으로 수확 수 저하가 지속되고 있지만 과실의 품질은 좋아지는 경향을 보였다(그림 9).

나. 토마토 농가 자료 분석 및 시각화

토마토는 데이털 수집 농가는 총 6농가(평창 2, 화천2, 춘천2)로 재배 작기는 2월에 정식하여

6~7월까지 수확하는 작기와 4~5월에 정식하여 12월까지 수확하는 작기로 나뉘지며 온실유형은 단동 2, 연동 4농가였다(표 2).

표 2. 토마토 스마트팜 데이터 조사 농가

순번	시군	농 가	온실유형	환경제어기	시설규모 (m ²)	재배기간	건설팅
1	평창	임연재	연동	나래트랜드 반딧불이	6,930	2019. 04. 24~12. 11	
2	"	김기영	연동	프리바 맥시마이저	11,220	2019. 04. 20~12. 03	
3	화천	최창열	연동	그린씨에스 마그마	3,300	2019. 03. 20~11. 26	○
4	"	김명호	연동	자가제작	3,300	2019. 04. 22~11. 26	
5	춘천	김방수	단동	KT	13,200	2019. 02. 20~07. 05	○
6	"	이운재	단동	자가제작	5,445	2019. 02. 20~06. 28	

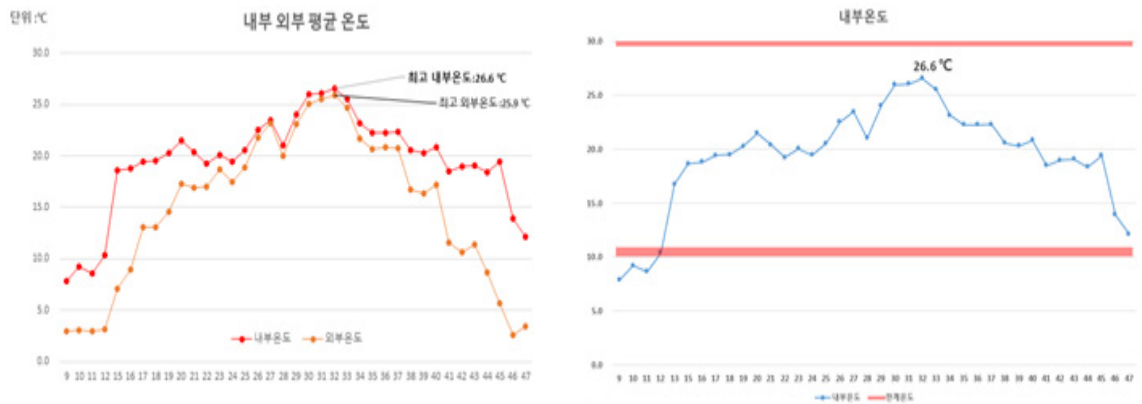


그림 10. 토마토 C농가 온도변화

토마토 온실의 평균온도는 21°C가 되도록 관리해주는 것이 좋은데 해당농가는 21주차와 25주차부터 고온기가 끝나는 37주차까지 21°C를 넘었다. 외부온도가 25.9°C로 최대값을 나타내는 32주차 때 온실온도 26.6°C로 측정되었다. 한계온도인 30°C를 넘어가지 않으므로 내부온도 관리가 전체적으로 보통정도로 관리되었다고 판단되었다. 전체적으로 내부온도가 외부온도보다 높게 관리 되었는데, 고온기의 경우에는 외부온도보다 내부온도를 낮게 관리해주는 것이 작물 생육에 유리하므로 고온기 온도관리에 주의가 필요하다. 토마토 한계온도는 10.5~30°C이며, 내부온도는 착색에 관여하는 인자로서 토마토의 적색을 나타내는 라이코펜이 20~24°C에서 가장 잘 발현되고, 30°C 이상에서는 억제되고, 10°C 이하나 35°C 이상에서는 생성되지 않으므로 생육과 착과, 착색 모두 좋은 영향을 나타내기 위하여 온실온도를 적절하게 관리해주는 것이 중요하다. C농가의 경우 1그룹 착과기인 12주차까지는 기형과 방지와 과실품질향상을 위하여 내부온도를 15°C 이하로 관리하고 있었다. 13주차부터 고온기까지도 모두 한계온도 영역에 들어가 있는 것으로 보아 내부온도의 관리가 잘 되고 있다고 판단되었다(그림 10).

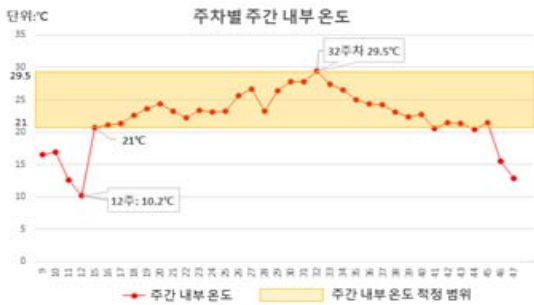
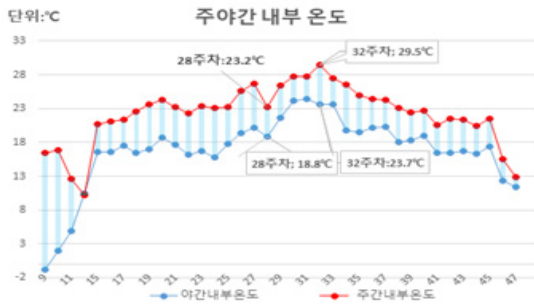


그림 11. 토마토 C농가 주자간 온도 및 내부습도

토마토 온실의 적온은 주간 21~29.5°C, 야간 15.5~21°C로 관리해주는 것이 좋은데 해당 농가는 고온기에도 주간적온은 적절하게 관리가 되었고 있었다. 야간온도도 고온기를 제외하고는 야간적온에 맞게 관리가 되고 있었다(그림 11). 토마토는 고온에서 생육이 빠르고, 꽃눈분화와 개화기가 촉진되는 대신 꽃 수가 적고, 꽃이 작아져 작은 과실이 착과되는 경향이 있으며, 저온에서는 생육이 지연되고, 초장이 짧으며, 잎은 커지고, 꽃눈분화와 개화기가 지연되거나 개화 수가 많고, 꽃이 커져 자실 수가 많아지고, 과실이 대과로 된다. 주자간 온도차가 있는 것이 착과, 비대, 착색 및 과실생산에 최적이며, 절간장 관리에도 유리하다.

적정습도는 65~80% 이지만 해당 농가를 보면 90~100%의 수치를 나타내고 있는데 이는 내부습도를 확인할 수 있는 습도계의 물 부족이라고 추측할 수 있었다. 내부습도가 적정습도 60% 이하일 경우 부족 현상 발생, 줄기와 잎의 왜소화, 생육의 일시적 중지, 낙화발생으로 수량 감소를 보일 수 있으며, 80% 이상일 경우에는 작물이 도장하여 각종 병해충이 발생될 수 있어 주의해야 한다(그림 11).

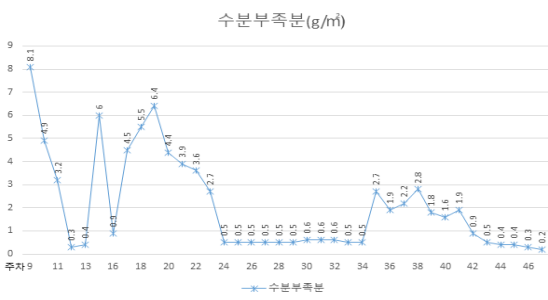


그림 12. 토마토 C농가 수분부족분, CO2 및 누적일사량

수분부족분(HD)은 공기 중 수분량과 공기가 포화상태일 때 보유할 수 있는 수분의 차이로 포화 수증기함량(SMC)에서 절대습도(AH)를 뺀 값으로 3~8g/m³ 일 때 식물생육에 적정하고 3보다 작을 때는 과습하고, 8보다 클 때는 건조한 환경이다. 농가 환경데이터를 보면 3월인 9주차에는 8.1g/m³로 다소 건조하여 흰가루병이 올 수 있는 환경으로 조금 가습을 해주면 이를 예방할 수 있다. 재배기간 중 10~11주차, 15주차, 17~22주차에서는 적정한 수치 범위에 있지만 23주차 이후 모든 기간 동안 0.2~2.7g/m³로 낮은 수치로 과습한 상태를 나타내고 있으나 이는 습구 습도계에 물이 없는 경우 자주 나타나는 오류로 습도계 관리를 잘못된 것으로 판단되었으며, 이러한 오류가 없도록 매주 생육 조사 시 매번 습도계를 체크하는 것이 필요하다(그림 12).

토마토 온실재배 시 CO₂ 한계농도는 1000ppm이며, 이 정도까지만 높여준다면 토마토의 생장과 수량이 모두 향상될 수 있는데 만약 한계농도를 벗어난 이산화탄소가 존재할 경우 독성이 발생한다. 9주차부터 31주차까지의 농도 평균은 411.9ppm으로 나타나며, 해당 농가는 온도가 낮은 초반을 제외한 나머지 주차의 농도가 완만한 그래프를 보이고, 32주차부터는 측정이 되지 않았다. 농도가 높아짐에 따라 어느 한계까지는 광합성 속도가 빨라지게 되는데 이 때 광합성에 의한 유기물 생성속도와 호흡에 의한 유기물 소모속도가 같아지는 농도를 이산화탄소 보상점이라고 한다. 작물이 계속 성장하기 위해서는 이산화탄소 보상점 이상의 농도를 필요로 하므로, CO₂ 농도를 높여줌으로써 광합성을 촉진시키고, 작물의 생육과 수량을 증대시킬 수 있다. 광이 약할 때 보상점이 높아지고 포화점은 낮아지며, 광이 강할 때는 보상점이 낮아지고 포화점은 높아진다. 특히, 토마토는 CO₂농도에 대하여 민감하게 반응하므로 CO₂농도를 주기적으로 체크해주는 것이 좋다. 25주차부터 이산화탄소 농도가 감소하는 것은 여름철에 광합성이 왕성해져 농도가 낮아진 것으로 생각되었으며, 해당농가의 일사량 그래프를 보았을 때 12주차에는 0에 가까운 수치를 보이고, 13주차에는 0을 나타내는데 이 때 일사 센서의 고장으로 보이며, 좀 더 정밀한 데이터 수집을 위해서는 환경계측장비의 주기적인 센서관리가 필요한 것으로 판단되었다. 일사량이 급격이 증가하는 24주차 전까지는 장마, 그 이후는 장마가 끝나고 본격적인 고온기가 시작되어 일사량이 증가한 것으로 판단되었다(그림 12).

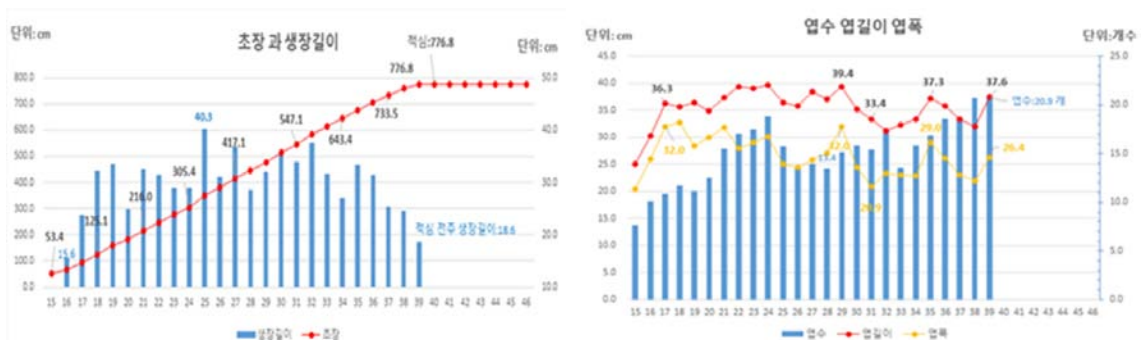


그림 13. 토마토 C농가 생육(초장, 성장길이, 엽수, 엽장, 엽폭)

첫 측정일인 15주차(4월9일)에 초장은 53.4cm였으며, 상반기 컨설팅 직전인 31주차(7월31일)에는 547.1cm가 됨 15주차부터 31주차까지의 평균 성장길이는 30.7cm였는데 매주 평균에 가까운 수치 만큼 성장하는 것을 볼 수 있었다. 31주차 이후에는 평균 성장길이 29.3cm로 꾸준히 자랐으나,

적심 전인 37주차부터는 생장길이가 감소하여 적심 전 주인 39주차에는 생장길이가 생육초기와 비슷한 수치를 보였다. 생장길이는 18.6cm였음. 26주차, 28주차, 34주차의 생장길이 그래프가 낮은 것은 이 시기 때의 작물의 생육은 생식생장이었을 것이라 추정할 수 있었다. 전체적으로 생장길이가 가장 많이 증가한 25주차에 생장길이는 40.3cm였으며, 초장도 가장 많이 급증하였다. 잎수와 엽장, 엽폭 모두 적당한 것이 좋으며, 고온기가 시작되는 29주차에 엽의 크기가 가장 큰데 그 이유는 증산작용을 활발하게 하기 위한 것이며, 31주차에 가장 작은 이유는 장마기가 시작되어 공중습도가 높기 때문에 토마토가 증산작용을 줄이기 위한 것이다. 전체적으로 엽장과 엽폭이 조화를 이루고 있다고 판단되었다(그림 13).

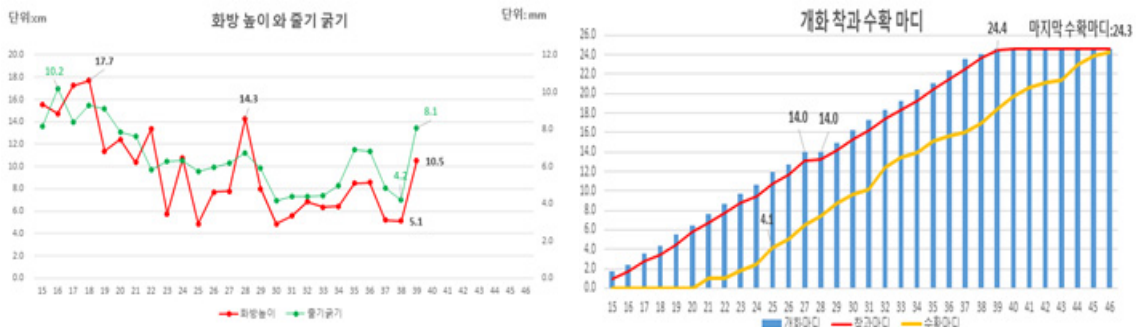


그림 14. 토마토 C농가 생육(화방높이, 줄기굵기, 개화마디, 착과마디, 수확마디)

줄기굵기는 16주차, 화방높이의 경우 18주차에 가장 높은 수치를 나타낸 것으로 보아 18주차까지 작물이 영양생장을 하고 초세가 강하였다. 이후 생식생장으로 전환하기 위한 준비를 실시하여 19주차의 화방높이가 급격히 감소하였다. 줄기굵기는 22주차에, 화방높이는 23주차에 급격한 감소를 보였는데 이는 작물이 완전한 생식생장으로 전환된 것으로 판단되었다. 24주차에 수치가 높아진 것은 3개의 개체가 개화시기가 늦어져 화방높이가 높아진 것이다. 28주차에는 화방높이가 1.5배 증가하였는데 이는 시장에서 토마토의 값이 비싼 9월 달 생산을 위하여 전략적으로 15화방을 제거하였기 때문에 화방높이가 높아졌다. 줄기굵기 또한 약간 상승한 것이며, 그 이후에는 화방을 다시 기존과 같이 관리하였기 때문에 화방높이가 2주 전과 같은 수치로 돌아왔다. 35주차와 36주차에는 위에서 설명했던 것과 같이 착과 및 수확기를 9월달의 생산량을 위해서 늦추기 위해 영양생장으로 유도한 것이다. 그 이후로는 착과를 유도하고 수확량을 늘리기 위하여 생식생장으로 유도한 것이라고 판단되었다. 39주차부터는 적심을 하여 이상의 화방을 생산하지 않았으며, 화방높이와 줄기굵기가 영양생장, 생식생장의 지표로 이용될 수 있을 정도로 잘 관리되었다. 개화마디와 착과마디는 첫 측정일 부터 꾸준히 증가하고 있었으나 27주차와 28주차에 동일한 수치를 나타내었다. 9월 생산 및 수확을 위하여 15화방을 제거하였기 때문에 이러한 수치가 나타난 것이며, 그 이후로는 다시 꾸준히 증가하고 있는 것을 볼 수 있었다. 21주차부터 수확이 시작되어 수확마디의 수치를 21주차부터 확인할 수 있는데 처음 4주간은 비슷한 수치를 보이고 있으나, 그 이후의 수확마디는 급격하게 증가하였다. 중간에 15화방을 제거해준 것과 고온기에 개화, 착과가 늦어진 것을 제외하고는 모두 꾸준한 착화, 착과, 수확이 이루어졌다(그림 14).

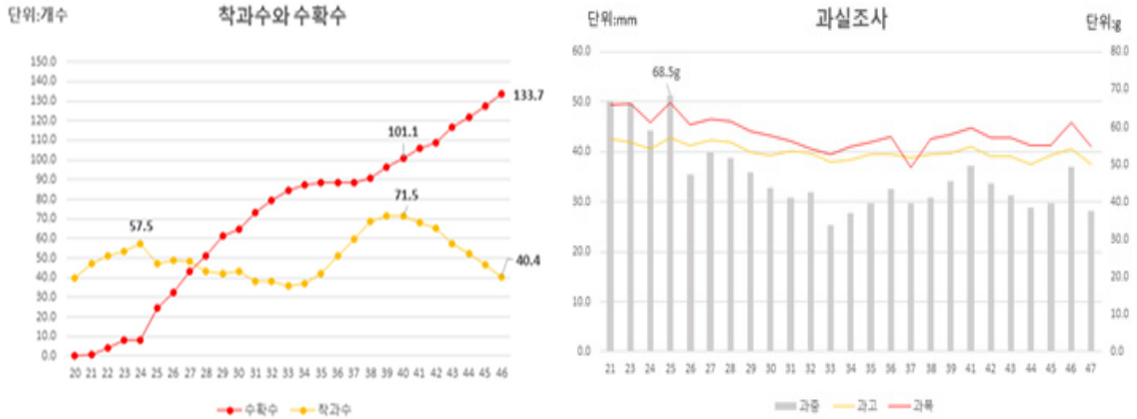


그림 15. 토마토 C농가 착과수, 수확수 및 과실특성(과중, 과고, 과폭)

수확수는 누적 수확수로 21주차에 첫 수확이 시작되었으며, 24주차 이후부터 수확수의 급격한 증가를 나타내다가 31주차부터 37주차까지는 완만한 그래프 양상을 보였다. 이 때 강우량이 증가하는 장마철로 착화, 착과, 수확 모두 정체된 시기였으며, 장마철을 제외하고 나머지 기간에는 꾸준히 증가하는 것을 알 수 있었다. 착과데이터를 수집하기 시작한 20주차에 착과수가 약 40개였으며, 수확은 21주차부터 시작되었다. 고온기 전에 착과수가 최고에 달한 것은 24주차로 57.5개였으며, 착과수는 이 때 이후로 감소하는데 이는 수확수가 급증하는 24주차 이후의 수확수 증가로 착과수가 감소하였다. 28주차에 착과수 감소는 9월~10월의 토마토 값 증가에 따른 수확량 증대를 위해 15화방을 제거했기 때문이다. 9월이 시작되는 36주차부터 착과량이 급격히 증가하게 되는 것으로 보아 경영 전략대로 작물 관리를 잘 하고 있는 것으로 생각되었다. 21주차부터 25주차까지의 과실이 가장 무게가 많이 나가며, 과고와 과폭 또한 가장 큰 수치를 나타냈다. 또한, 26주차부터는 과중이 많이 감소하며, 과고와 과폭도 감소하며 그 이후로는 큰 변동폭을 나타내지 않았으며, 37주차에 수확한 과실들은 전체적으로 과고가 과폭보다 큰 편이며, 46주차에는 과고, 과폭, 과중 모두 증가한 것을 알 수 있었다(그림 15).

다. 생육조사항목 간 상관 및 회귀분석

생육변수들과 파프리카의 수량(kg)관계 분석에서 열매수와 수량은 유의한 음의 관계를 보였다. 생산량사이의 상관관계 추정해본 결과 이전 생산량($t-1$)과 현 생산량(t) 사이에 유의한 상관관계를 찾을 수 없으며 이전 생산량은 현 생산량(t)과 음의 관계를 보였다(표 3). 주차별 생산량 그래프를 보면 생산량의 변동이 불규칙한 것을 볼 수 있어(그림 16) 이러한 특성은 생산량 사이에서의 관계를 분석하는데 어려움을 줄 수 도 있다고 생각되었다. 전체적으로 생육변수들과 생산량, 생산량 내에서 유의한 상관관계를 찾기 어려웠지만, 생육변수들 사이에서는 유의한 상관관계를 나타내고 있는 변수들이 있었으며, 초장의 경우 엽수, 엽길이, 개화마디, 착과마디, 수확마디, 열매수, 수확수와는 양의 상관관계를 나타냈고, 엽폭, 화방높이와는 음의 상관관계를 보였다(표 3).

표 3. 파프리카 생육조사항목 간 상관분석

	수량 (kg)	수량 (t-1)	초장	생장 길이	엽수	엽길이	엽폭	줄기 굵기	화방 높이	개화 마디	착과 마디	수확 마디	착과수	열매수	수확수	엽록소
수량 (kg)	상관계수값 1															
	p-값															
수량 (t-1)	상관계수값 -0.0157	1														
	p-값 0.9556															
초장	상관계수값 -0.1138	-0.0996	1													
	p-값 0.6746	0.7136														
생장 길이	상관계수값 0.1685	0.2767	-0.3262	1												
	p-값 0.5328	0.2995	0.0842													
엽수	상관계수값 -0.1115	-0.0991	0.9942	-0.3020	1											
	p-값 0.6809	0.7150	<.0001	0.1114												
엽길이	상관계수값 -0.1022	0.1052	0.7818	-0.2748	0.7903	1										
	p-값 0.7065	0.6983	<.0001	0.1491	<.0001											
엽폭	상관계수값 0.2386	0.5067	-0.6027	0.5938	-0.5799	-0.2833	1									
	p-값 0.3734	0.0452	0.0005	0.0007	0.001	0.1365										
줄기 굵기	상관계수값 0.0929	0.4390	-0.7532	0.2382	-0.7609	-0.4743	0.6823	1								
	p-값 0.7321	0.0889	<.0001	0.2135	<.0001	0.0093	<.0001									
화방 높이	상관계수값 0.1548	0.4355	-0.7146	0.4570	-0.6857	-0.3476	0.7461	0.7769	1							
	p-값 0.5671	0.0918	<.0001	0.0127	<.0001	0.0647	<.0001	<.0001								
개화 마디	상관계수값 -0.1297	-0.1164	0.9980	-0.3488	0.9933	0.7935	-0.6273	-0.7652	-0.7144	1						
	p-값 0.6321	0.6676	<.0001	0.0637	<.0001	<.0001	0.0003	<.0001	<.0001							
착과 마디	상관계수값 -0.1297	-0.1383	0.9960	-0.3780	0.9866	0.7852	-0.6444	-0.7555	-0.7294	0.9974	1					
	p-값 0.6322	0.6095	<.0001	0.0432	<.0001	<.0001	0.0002	<.0001	<.0001	<.0001						
수확 마디	상관계수값 -0.1521	-0.1796	0.9300	-0.5594	0.9078	0.7677	-0.7173	-0.6971	-0.7088	0.9414	0.9551	1				
	p-값 0.5740	0.5057	<.0001	0.0016	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001					
착과수	상관계수값 -0.1849	0.0316	0.5188	0.3500	0.5672	0.5329	0.0165	-0.4187	-0.0318	0.5175	0.4649	0.2845	1			
	p-값 0.4931	0.9076	0.0039	0.0627	0.0013	0.0029	0.9324	0.0238	0.8701	0.0040	0.0111	0.1346				
열매수	상관계수값 -0.5285	-0.2142	0.7329	0.0058	0.7325	0.4485	-0.4600	-0.6499	-0.6079	0.7148	0.7117	0.5630	0.4135	1		
	p-값 0.0353	0.4257	<.0001	0.9760	<.0001	0.0147	0.0121	0.0001	0.0005	<.0001	<.0001	0.0015	0.0258			
수확수	상관계수값 0.0030	-0.1288	0.5097	-0.0131	0.5087	0.2522	-0.3141	-0.4595	-0.4084	0.5030	0.4873	0.4177	0.3945	0.3987	1	
	p-값 0.9912	0.6346	0.0047	0.9464	0.0048	0.1869	0.0971	0.0121	0.0278	0.0054	0.0073	0.0241	0.0342	0.0322		
엽록소	상관계수값 0.0347	-0.2045	-0.0426	0.4757	-0.0227	-0.1332	0.3108	-0.1095	-0.0371	-0.0698	-0.0970	-0.3138	0.3021	0.2460	0.2221	1
	p-값 0.8984	0.4474	0.8265	0.0091	0.9069	0.4908	0.1008	0.5718	0.8486	0.7189	0.6167	0.0974	0.1112	0.1984	0.2469	

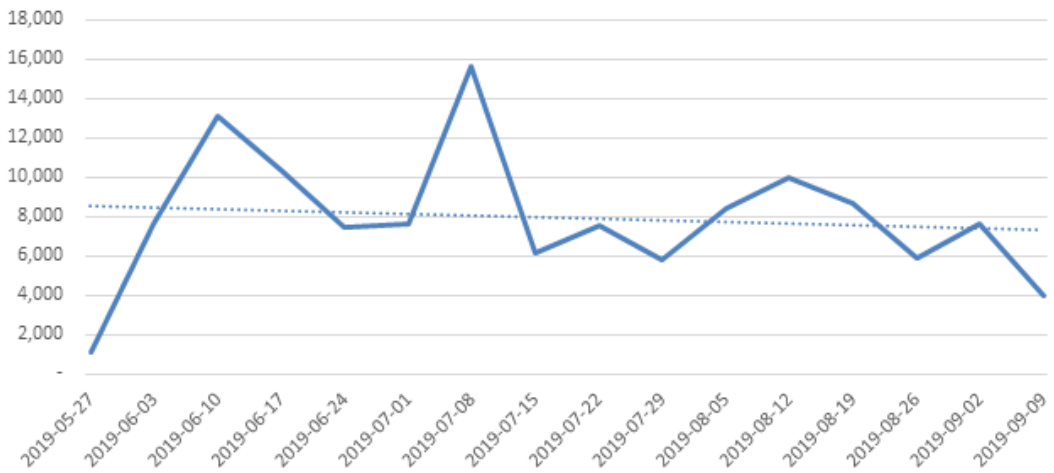


그림 16. 파프리카 수량 변화(kg)

표 4. 파프리카 생육조사항목간 단순회귀분석

변 수	추정치	표준오차	t-값	p-값
절 편	10.01	5.09	1.97	0.08
엽 수	2.11	1.18	1.79	0.10
착과수	-1.40	0.94	-1.50	0.16
열매수	-2.13	0.91	-2.33	0.04
수확수	0.18	0.23	0.77	0.46

열매수 증가는 파프리카 수량(kg) 감소에 영향을 미쳤으며, 상관관계와 단순회귀분석 결과를 직접적으로 연결 지을 수 없지만 두 분석의 추정값이 유의함을 바탕으로 하면, 열매수 증가는 파프리카 수량(kg)에 감소에 영향을 미친다고 볼 수 있음

토마토 생육조사항목 간 상관분석에서 생육변수와 수량의 상관관계는 열매수와 수량은 유의한 강한 양의 관계를 보였으며, 수량 내에서 상관관계는 이전 생산량(t-1)과 현 생산량(t) 사이에 유의한 상관관계를 찾을 수 없었지만, 파프리카와는 다르게 양의 상관관계를 나타냈다(표 5).

표 5. 토마토 생육조사항목 간 상관분석

	수량 (kg)	수량 (t-1)	초장	생장 길이	엽수	엽길이	엽폭	줄기 굵기	화방 높이	개화 마디	착과 마디	수확 마디	착과수	열매수	수확수	엽록소
수량 (kg)	상관계수값 1 p-값															
수량 (t-1)	상관계수값 0.1889 p-값 0.4678	1														
초장	상관계수값 -0.1727 p-값 0.4931	상관계수값 -0.1695 p-값 0.5014	1													
생장 길이	상관계수값 0.6348 p-값 0.0082	상관계수값 0.3867 p-값 0.1390	상관계수값 -0.0303 p-값 0.8937	1												
엽수	상관계수값 -0.5715 p-값 0.0132	상관계수값 -0.6575 p-값 0.0030	상관계수값 0.7601 p-값 <0.001	상관계수값 -0.0909 p-값 0.6874	1											
엽길이	상관계수값 -0.0294 p-값 0.9079	상관계수값 -0.0203 p-값 0.9363	상관계수값 0.0320 p-값 0.8795	상관계수값 0.3849 p-값 0.0770	상관계수값 0.3937 p-값 0.0515	1										
엽폭	상관계수값 -0.2299 p-값 0.3588	상관계수값 0.0395 p-값 0.8763	상관계수값 -0.4533 p-값 0.0229	상관계수값 0.0085 p-값 0.9701	상관계수값 -0.0945 p-값 0.6533	상관계수값 0.6852 p-값 0.0002	1									
줄기 굵기	상관계수값 0.0123 p-값 0.9614	상관계수값 -0.0225 p-값 0.9296	상관계수값 -0.6744 p-값 0.0002	상관계수값 -0.3209 p-값 0.1454	상관계수값 -0.5557 p-값 0.0039	상관계수값 0.0144 p-값 0.9456	상관계수값 0.5346 p-값 0.0059	1								
화방 높이	상관계수값 0.0025 p-값 0.9921	상관계수값 0.1032 p-값 0.6835	상관계수값 -0.7161 p-값 <0.001	상관계수값 -0.3270 p-값 0.1375	상관계수값 -0.6175 p-값 0.0010	상관계수값 0.4820 p-값 0.7729	상관계수값 0.8076 p-값 0.0147	상관계수값 0.0001 p-값 <0.001	1							
개화 마디	상관계수값 -0.2394 p-값 0.3548	상관계수값 -0.3204 p-값 0.2100	상관계수값 0.9714 p-값 <0.001	상관계수값 -0.0397 p-값 0.8645	상관계수값 0.8650 p-값 <0.001	상관계수값 0.1576 p-값 0.4621	상관계수값 -0.3832 p-값 0.0645	상관계수값 -0.6800 p-값 0.0003	상관계수값 -0.7661 p-값 <0.001	1						
착과 마디	상관계수값 -0.2017 p-값 0.4223	상관계수값 -0.2418 p-값 0.3338	상관계수값 0.9961 p-값 <0.001	상관계수값 -0.0265 p-값 0.9068	상관계수값 0.8057 p-값 <0.001	상관계수값 0.0838 p-값 0.6904	상관계수값 -0.4265 p-값 0.0335	상관계수값 -0.6806 p-값 0.0002	상관계수값 -0.7276 p-값 <0.001	상관계수값 0.9869 p-값 <0.001	1					
수확 마디	상관계수값 -0.1622 p-값 0.5203	상관계수값 -0.1618 p-값 0.5213	상관계수값 0.9800 p-값 <0.001	상관계수값 -0.1386 p-값 0.5385	상관계수값 0.6715 p-값 0.0002	상관계수값 -0.1049 p-값 0.6179	상관계수값 -0.4972 p-값 0.0115	상관계수값 -0.5864 p-값 0.0021	상관계수값 -0.6269 p-값 0.0008	상관계수값 0.9449 p-값 <0.001	상관계수값 0.9717 p-값 <0.001	1				
착과수	상관계수값 -0.0258 p-값 0.9191	상관계수값 -0.2451 p-값 0.3269	상관계수값 0.1601 p-값 0.4447	상관계수값 0.2376 p-값 0.2869	상관계수값 0.6017 p-값 0.0015	상관계수값 0.6022 p-값 0.0014	상관계수값 0.1206 p-값 0.5658	상관계수값 -0.3407 p-값 0.0956	상관계수값 -0.4129 p-값 0.0402	상관계수값 0.2525 p-값 0.1864	상관계수값 0.1845 p-값 0.3290	상관계수값 -0.0190 p-값 0.9207	1			
열매수	상관계수값 1.0000 p-값 <0.001	상관계수값 0.1828 p-값 0.4677	상관계수값 0.3305 p-값 0.1066	상관계수값 0.5248 p-값 0.0121	상관계수값 0.1926 p-값 0.3564	상관계수값 0.1971 p-값 0.3450	상관계수값 -0.2929 p-값 0.1554	상관계수값 -0.4180 p-값 0.0376	상관계수값 -0.4166 p-값 0.0383	상관계수값 0.3145 p-값 0.0966	상관계수값 0.2418 p-값 0.0885	상관계수값 0.2418 p-값 0.1980	상관계수값 0.2761 p-값 0.1398	1		
수확수	상관계수값 0.4303 p-값 0.0747	상관계수값 0.3095 p-값 0.2114	상관계수값 0.1302 p-값 0.5351	상관계수값 0.5602 p-값 0.0067	상관계수값 0.1005 p-값 0.6325	상관계수값 0.2683 p-값 0.1946	상관계수값 0.0466 p-값 0.8250	상관계수값 -0.3504 p-값 0.0860	상관계수값 -0.3468 p-값 0.0894	상관계수값 -0.1318 p-값 0.4957	상관계수값 -0.1060 p-값 0.5773	상관계수값 -0.2198 p-값 0.2431	상관계수값 0.2614 p-값 0.1629	상관계수값 0.5043 p-값 0.0045	1	
엽록소	상관계수값 -0.3714 p-값 0.1291	상관계수값 -0.4863 p-값 0.0407	상관계수값 0.0889 p-값 0.7175	상관계수값 -0.3925 p-값 0.1191	상관계수값 0.3950 p-값 0.0942	상관계수값 -0.0472 p-값 0.8478	상관계수값 -0.2002 p-값 0.4113	상관계수값 -0.0466 p-값 0.8499	상관계수값 -0.0886 p-값 0.7183	상관계수값 0.0918 p-값 0.7086	상관계수값 -0.0156 p-값 0.9481	상관계수값 -0.0804 p-값 0.7361	상관계수값 0.1650 p-값 0.4870	상관계수값 -0.3284 p-값 0.1575	상관계수값 -0.2588 p-값 0.2706	1

표 6. 토마토 생육조사항목 간 단순회귀분석

변수	추정치	표준오차	t-값	p-값
절편	11.95	27.05	0.44	0.70
초장	-33.47	9.42	-3.55	0.07
생장길이	4.82	2.13	2.27	0.15
엽수	-16.78	5.41	-3.1	0.09
엽길이	0.40	6.55	0.06	0.96
엽폭	6.87	3.39	2.02	0.18
줄기굵기	-5.56	2.87	-1.94	0.19
화방높이	1.87	1.21	1.55	0.26
개화군	3.95	2.61	1.51	0.27
착과군	40.04	12.97	3.09	0.09
수확군	-0.22	0.81	-0.27	0.81
열매수	1.22	0.66	1.84	0.21

토마토 단순회귀분석 결과, 10% 유의수준에서 초장이 토마토 생산에 부정적인 영향을 미치는 것으로 추정되었으며, 초장은 생산에 긍정적인 영향을 미치는 적정수준의 길이를 찾는 것이 중요할 것이라고 판단되어지나 단순회귀 분석결과로부터 토마토 생산에 긍정적인 영향을 미치는 적정 길이를 추정하기는 어려웠다. 착과군(수정된 열매) 변수 역시 10% 유의수준에서 토마토 생산에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 추정되었다(표 6).

(시험 2) 스마트온실 빅데이터 기반 현장 컨설팅 실증

앞선 시험 1에서 수집된 16개 농가의 스마트온실 빅데이터의 분석 결과를 토대로 컨설팅을 희망하는 8농가를 대상으로 현장 컨설팅을 분기별로 실시하였다(표 7). 2018년도와 2019년 환경, 생육 데이터 분석을 농가별로 피드백하고, 이를 기반으로 재배단계별 적정 온도, 습도, CO₂ 농도 관리 등 환경관리 방법, 기형화 감소 대책, 농가경영에 유리한 재배작형 결정 등 농가 여건에 맞는 컨설팅을 진행하였다.

표 7. 현장 컨설팅 주요 내역

작목	지역	농가명	차수	컨설팅 일시	컨설팅 주요내용
파프리카	철원	조남현	1차	2019.04.19	2018년 환경, 생육데이터 분석
			2차	2019.08.12	2019년 환경, 생육데이터 분석
			3차	2019.11.29	온도, 습도, CO ₂ 등 환경관리 검토
		김형남	1차	2019.04.9	환경, 생육데이터 분석, 양액조성표 공유
			2차	2019.08.12	환경, 생육데이터 분석 후 가공
			3차	2019.11.29	컨설팅 내용 농가재배 활용도

작목	지역	농가명	차수	컨설팅 일시	컨설팅 주요내용
파프리카	철원	한민수	1차	2019.05.16	시설내의 온도관리, 기형 진단.
			3차	2019.11.29	생육, 환경 그래프 분석 및 설명
			평창	지준구	1차
			2차	2019.08.09	생육문제 및 운영에 대한 교육 진행
			3차	2019.11.28	컨설팅 내용 농가재 활용도 체크
		이석래	2차	2019.08.30	방제 데이터, 수확량 과실 데이터 분석
			3차	2019.11.29	컨설팅 내용 농가재 활용도 체크
		이정범	1차	2019.04.09	농가현황 체크 및 생육,환경데이터 분석
			2차	2019.08.09	1분기와 생육,환경 비교 분석
			3차	2019.11.29	특이사항 체크 및 환경, 생육 데이터 분석
		한준섭	1차	2019.04.19	순간일사량과 EC 등의 데이터 분석
			2차	2019.08.30	작물 성장 흐름을 분석
			3차	2019.11.29	19년 작기 특이 현상 체크
토마토	화천	최창열	1차	2019.04.19	기형과를 줄이기 위한 방안
			2차	2019.08.21	품질향상을 위해 시설 관리 방안
			3차	2019.12.18	생육, 환경 그래프 분석 및 설명

파프리카 철원 J농가 컨설팅 보고서는 표 8과 같았으며 재배기간의 환경데이터와 생육데이터를 가공 분석하여 농가 쉽고, 편하게 볼 수 있도록 하였으며, 적정 재배법, 환경관리 기술에 집중하여 현장 컨설팅을 하였다(표 8).

표 8. 파프리카 철원 J농가 컨설팅 보고서

농가명	조남현		주소		
농장명			주작목	파프리카	철원군 김화읍
방문일시	2019.11.29		방문장소	농장	부작목
기본현황	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농가 주요 특징 - 3월22일 정식, 하계수확작형 - 고온시 알루미늄 50% 차광을 쳐서 온도를 관리하심 - 환경관리에 능숙하며 스마트팜 조사원에게 상당히 협조적임 				
컨설팅분야	재배/병해충	경영진단	시설운영점검	기타	
	○		○	○	
주요내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 컨설팅 보고서 전달 및 농가 피드백 ○ 환경데이터와 생육데이터 가공하여 분석 ○ 온도, 습도, CO₂의 일별 그래프를 통한 농가환경 관리 검토 ○ 환경데이터 이상치 피드백 ○ 컨설팅 내용 농가재 활용도 				
내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2019년도에 농가가 어떻게 환경관리를 했으며, 그에 따른 생육은 어느 정도였는지 데이터 가공하여 보고서 형태로 전달해 드림. ○ 고온기 일출 일몰 온도관리와 주야간을 나누는 기준에 대해 논의 ○ CO₂가 다른 농가에 비해 안 부족한 이유 ○ 개화부터 수확일까지 걸리는 소요일수와, 개화 시기에 따른 과실의 크기 ○ 생육데이터 및 환경데이터 그래프 분석은 밑에 첨부 				

농가 피드백	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2019-11-15일 이후부터 기름값의 이유로 야간 설정 온도를 낮춰 11월 15일 이후부터 야간온도가 낮아짐 ○ 2019-10-03일 갑우신호가 잡혀 창이 열리지 않아 광이 높아지면서 온도가 확 올라 창이 갑자기 확 열리면서 내부온도가 빠른 속도로 떨어진 것임 ○ 다른 농가에 비해 고온기의 내부온도가 외부온도보다 낮아 관리를 잘하셨음 → 원인분석 봄가을에는 삼중, 한여름에는 이중으로 관리하며 알루미늄 85%를 치면 광을 못받으니까 알루미늄 50%를 쳐서 온도를 내림 ○ 농가경영시 컨설팅 내용 적극 활용하고 있으며 만족도 높음 			
방문자	컨설턴트	박장순	전화번호	
	컨설턴트	박수정	전화번호	



파프리카 전경



컨설팅 사진



환경데이터 확인

컨설팅

그림 17. 파프리카 철원 J농가 현장 컨설팅 사진

토마토 화천 C농가 컨설팅 보고서는 표 9과 같았으며 3월 정식하여 11월에 마무리하여 난방비를 절감하는 재배작형을 선택하였으며, 하우스 높이를 높여 수량을 늘릴 수 있는 환경을 만드는 적극적인 노력을 하였다. 적정온도관리로 기형과 예방 및 병충해 관리를 적정하게 하도록 현장 컨설팅을 하였다(표 9).

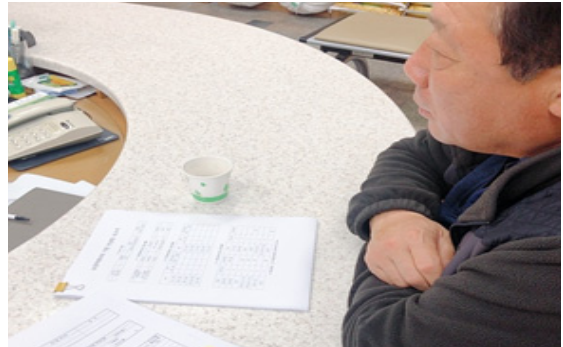
표 9. 토마토 화천 C농가 컨설팅 보고서

농가명	C농가	주소	강원도 화천군 사내면		
농장명		주작목	토마토	부작목	-
방문일시	2019-12-18	방문장소	농장	전화번호	

기본현황	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농가 주요 특징 - 수경재배를 실시하고 있으며, 2018년 3명의 상시고용과 일고를 통하여 경영하였으나 2019년 2명의 상시고용으로 시설운영 - 3월 정식하여 11월말 작기 마무리하는 1기작 재배 - 직접 문제점을 파악하고, 그에 대한 대책을 바로 마련하여 개선함 			
조사 분야	재배/병해충	경영진단	시설운영점검	기타
	○		○	생육진단
주요내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 월간 주간 별 데이터 그래프 해석 및 특이사항 확인 ○ 생육, 환경 그래프 분석 및 설명 ○ 향 후 개선 방안 및 컨설팅 내용 농가재배 활용도 			
농가 피드백	<ul style="list-style-type: none"> ○ 작년 하우스 높이가 낮아 작물의 생장이 더디고, 수량이 적다고 판단되어 하우스 높이를 3.5m → 4.9m로 높여줌 ○ 농가경영시 컨설팅 내용 적극 활용하고 있으며 만족도 높음 ○ 기형과 방지 등 품질향상을 위해 작기초 15℃ 이하로 떨어지지 않게 관리 ∴ 1그룹 착과기 이후 14℃ 내외로 낮게 관리하여 옷자람 방지 ○ 적엽작업의 경우 어떠한 농가와 비교하여도 굉장히 잘 되어 있음 ○ 자동방제기를 설치하여 방제를 실시하고 있으며, 5월달부터 7월달까지 궤양병, 잎곰팡이병, 흰가루병, 배꼽썩음과 등이 발생하였으나 방제를 철저히 함에따라 균동정 결과 음성반응을 보임 ○ 고온기에 접어들면서 화방에 잎줄기가 형성되거나 잎줄기에 부정아가 형성되는 경우가 많아짐 ○ 9월~10월까지 토마토 값이 잘 나올 때의 생산량 집중을 위해 1기작 재배로 변경 ∴ 후작기가 전작기에 비하여 더우므로 새로 정식하여 작물을 기르면 공백기가 생겨 생산량이 적어지고 품질이 낮아지므로 1기작 재배로 변경. 적시 후 관리가 잘 안되어 2라인에 궤양 병이 생겨 내년은 적시 후에도 관리에 신경을 쓰기로함. 			
방문자	컨설턴트	김은선	전화번호	
	컨설턴트	박윤상	전화번호	



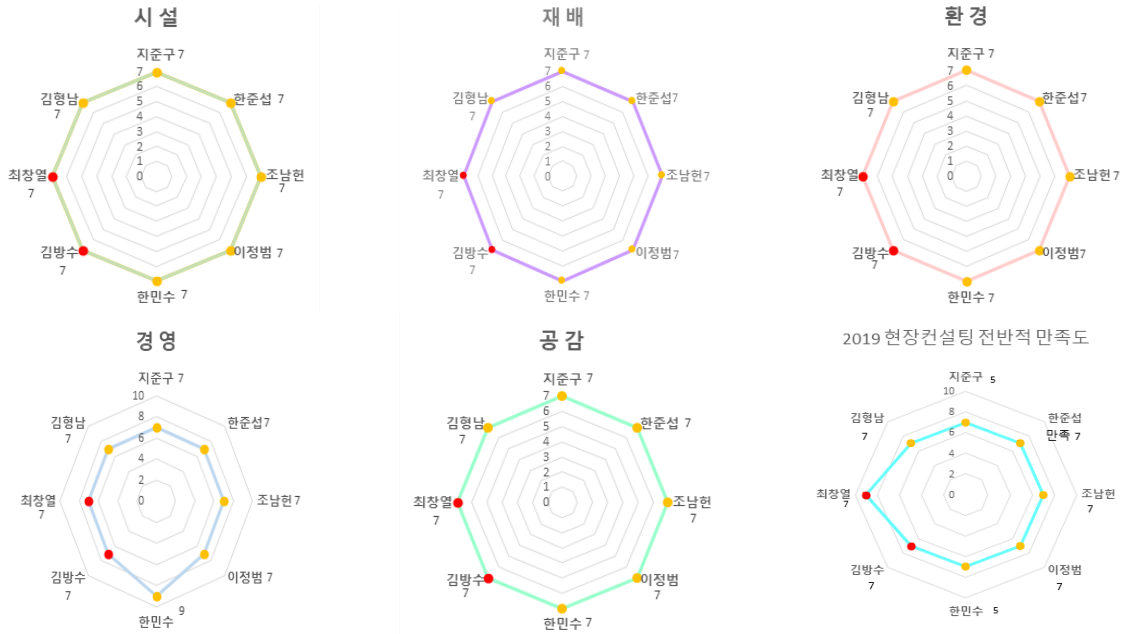
환경데이터 수집



컨설팅 내용 보고

그림 18. 토마토 화천 C농가 현장 컨설팅 사진

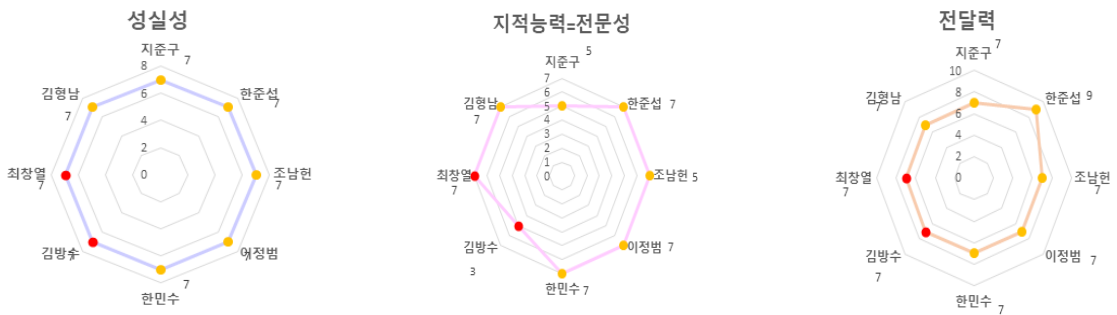
데이터 기반 현장컨설팅 완료 후 만족도를 9점 척도로 조사하였다. 컨설팅 내용적인 만족도 조사는 환경제어프로그램 설정 및 사용법 등의 시설적인 측면, 재배 및 생산동향 제공 등의 재배적인 측면, 스마트팜 기기를 활용한 환경관리 적용 등 환경적인 측면, 농가경영 결정에 도움이 되는지에 관한 경영적인 측면, 애로사항에 대한 적절한 답변 제공 등의 공감적인 측면 총 5가지 측면으로 나누어서 조사하였다. 조사결과 대부분의 농가에서 컨설팅 내용적인 만족도 점수가 7이상이므로 만족하는 것으로 나타났으며, 경영적인 측면에서 다소 높은 7.25로 나타났다(그림 19).



* 9점 척도: 9 매우 만족, 7 만족, 5 보통, 3 불만족, 1 매우 불만족

그림 19. 빅데이터 기반 현장 컨설팅 만족도 조사

컨설턴트 만족도는 컨설턴트가 자료를 성실하게 준비하는지에 대한 성실성 측면, 스마트팜과 관련하여 적절하게 컨설팅을 했는지에 대한 전문성, 컨설팅 내용을 이해하기 쉽게 전달했는지에 대한 전달력을 나누어서 평가 하였다. 성실성 7점, 전문성 6.5점, 전달력 7.25점으로 나타나 전체적으로 만족하고 있었으나 스마트농업전문가들이 직접 컨설팅을 수행하는 경우가 많아 전문성은 다소 낮게 평가되었으며 이를 해결하기 위하여 스마트농업전문가 역량강화 교육 시 보완 및 전문 컨설턴트 동행 등의 방안 강구하는 것이 필요하다고 생각되었다(그림 20). 2020년도에도 지속적인 컨설팅을 희망 하였으며, 컨설팅 빈도는 지금 분기별 1회에서 한 달에 한번 정도 더 자주 해주기를 바랐으며, 가능한 전문컨설턴트도 동행하길 원하였다. 또한, 스마트온실 관련 기계작동 및 환경제어기 작동법 인지가 미흡하니 그에 관련 등 교육을 희망하였다.



* 9점 척도: 9 매우 만족, 7 만족, 5 보통, 3 불만족, 1 매우 불만족

그림 20. 컨설턴트 만족도 조사

(시험 3) 컨설팅 대상 농가 경영성과 분석

컨설팅 농가별 소득분석 결과 중 소득률이 작목별로 가장 높았던 평창 파프리카 J농가와 화천 토마토 C농가의 소득분석 내역을 보면 평창 파프리카 J농가 소득 1,052,177,714 원으로 67.7%의 소득률을 보였고(표 10), 화천 토마토 C농가는 소득 34,810,928 원으로 20.0%의 소득률을 보였다(표 11).

표 10. 평창 파프리카 J농가 소득분석

비목별		수량 (kg, 주, 개, 시간)	단가(원)	금액(원)	비고		
총수입	주산물가액	535,545 kg	2,900	1,553,080,500	상품화율 100.0%		
	부산물가액	kg		-			
	계			1,553,080,500			
생산비	경영비	중간재비	종자·종묘비		23,300,000		
			종자	- g		-	
			종묘	46,600 주		23,300,000	
			보통(무기질)비료			30,000,000	
			부산물(유기질)비료			-	
			농약비			20,000,000	
			수도광열비			80,000,000	
			기타재료비			13,000,000	
			소농구비			500,000	
			대농구상각비			62,300,000	
			영농시설상각비			86,800,000	
			수리유지비			20,000,000	
			기타비용			-	
			계			335,900,000	
	입차료	대농기구·영농시설 토지	대농기구·영농시설		-		
			토지		-		
			위탁영농비		-		
	고용노동비	20,366.0 시간	남	64,815	165,002,786	남 10,183.0 시간	
			여	64,815		여 10,183.0 시간	
	계			500,902,786			
	자가노동비	540.0 시간	남	15,967	8,622,180	남 540.0 시간	
			여	15,967		여 0.0 시간	
			유동자본용역비		8,091,464		
			고정자본용역비		38,680,000		
			토지자본용역비		9,900,000		
	계			566,196,430			
	순수익			986,884,070			
부가가치			1,217,180,500				
소득			1,052,177,714				
순수익율(%)			63.5%				
부가가치율(%)			78.4%				
소득률(%)			67.7%				

표 11. 화천 토마토 C농가 소득분석

비목별		수량 (kg, 주, 개, 시간)	단가(원)	금액(원)	비고			
총 수 입	주산물가액	51,976 kg	3,345	173,860,301	상품화율	100.0%		
	부산물가액	kg		-				
	계			173,860,301				
생 산 비	중 간 재 비	경 영 비	종자·종묘비		16,087,500			
			종자	- g		-		
			종묘	8,250 주		16,087,500		
			보통(무기질)비료			4,988,100		
			부산물(유기질)비료			-		
			농약비			623,500		
			수도광열비			11,300,000		
			기타재료비			2,718,440		
			소농구비			-		
			대농구상각비			6,900,000		
			영농시설상각비			39,433,333		
			수리유지비			-		
			기타비용			-		
	계			82,050,873				
	임차료	대농기구·영농시설			-			
		토지			-			
	위탁영농비			-				
	고용노동비	계	6,162.0 시간	남 74,000	56,998,500	남 6,162.0 시간		
				여 74,000		여 0.0 시간		
	계			139,049,373				
	자가노동비	계	480.0 시간	남 15,967	7,664,160	남 480.0 시간		
				여 15,967		여 0.0 시간		
	유동자본용역비			1,552,994				
	고정자본용역비			16,722,500				
	토지자본용역비			2,000,000				
	계			166,989,027				
	순수익			6,871,274				
부가가치			91,809,428					
소득			34,810,928					
순수익율(%)			4.0%					
부가가치율(%)			52.8%					
소득률(%)			20.0%					



그림 21. 파프리카 재배 10농가 소득률 비교

파프리카 재배 10농가들의 소득률을 비교해보면 평창 JIG 농가가 67.7%로 가장 높았으며, LSR 농가가 17.0%로 가장 낮았다. 철원의 파프리카 6농가는 소득률이 43.6~62.7%로 평창 농가에 비하여 철원농가들 내에서 큰 차이는 없었다. 소득률이 높은 평창 JIG 농가가 철원농가들에 비해 초기 가운으로 재배기간이 길고, 재배면적도 넓어, 스마트팜 농가는 규모를 어느 정도 확보해야 경제적으로 유리하다고 판단되었다. 소득률이 낮은 LSL농가는 초기에 가운을 하였으나 재배초기부터 병충해 방제에 실패하여 수량이 낮았다(그림 21).

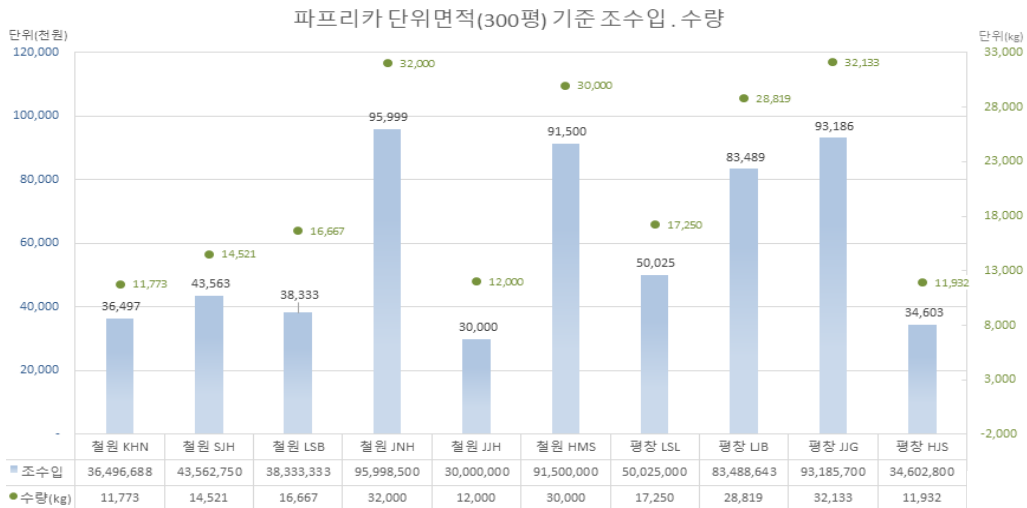


그림 22. 파프리카 재배 10농가 조수입 및 수량 비교

300평 단위면적당 조수입은 철원 JNH 농가가 95백만원으로 가장 높았으며, 평창 JIG 농가 93백만원, 철원 HMS 농가 91백만원, 평창 LJB 농가 83백만원 순이었다. 수량은 철원 JNH 농가, 평창 JIG 농가 모두 32톤으로 거의 비슷하였다(그림 22). 철원농가는 평창농가에 비해 재배기간도 짧았으나 과학적이고 집약적 관리로 많은 수량을 얻은 것으로 나타났다. 철원 JNH 농가와 HMS 농가는

지속적인 컨설팅을 통해 환경 제어 및 생육에 대한 세심한 관리를 지속적으로 하였으며, 수량증대를 위해서는 파프리카 재배기술에 대한 안정적이고 세심한 관리가 필요하다.

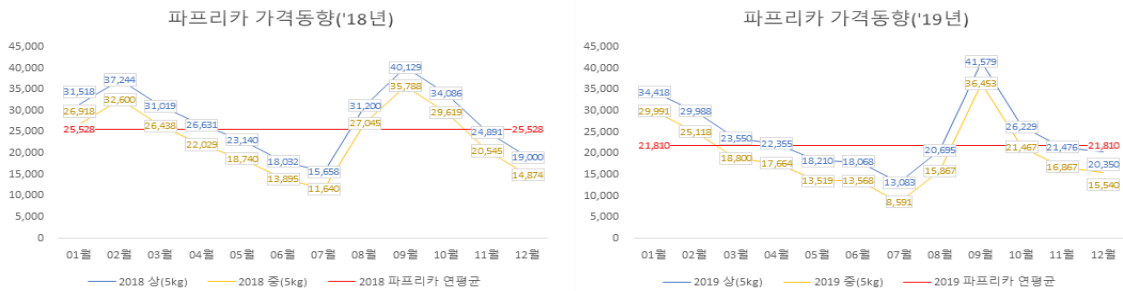


그림 23. 파프리카 월별 도매가격('18~'19, 한국농수산물유통공사)

한국농수산물유통공사의 2018과 2019년도 파프리카 도매가격은 강원도 재배기간 중 8~10월의 가격이 다른 달에 비해 우세하기 때문에 이 시기에 출하하는 것이 경영적인 측면에서 유리하다(그림 23).

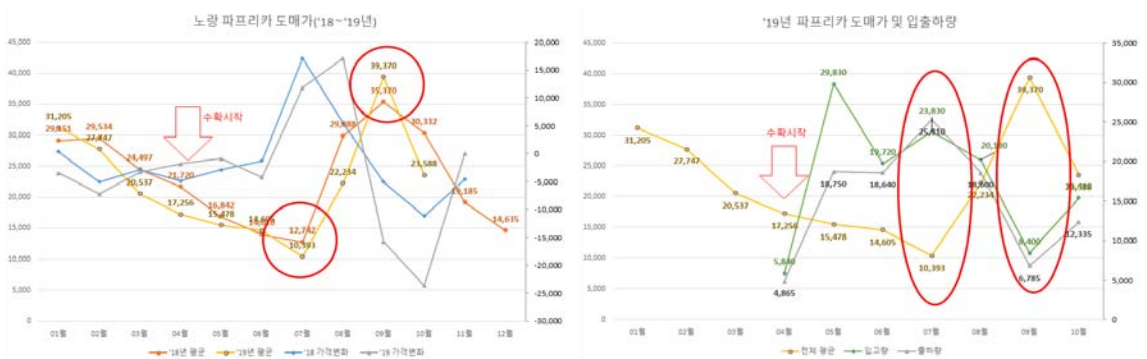


그림 24. 파프리카 도매가격 변동('18~'19) 및 입출하량('19)

'18년의 경우 4월 21,720원으로 시작하여, '19년에 비해 낮은 폭으로 가격이 하락하였으며, 7~8월 약 19,000원 가량 급격히 상승하였으며, 9월 35,370원까지 치솟았다. '19년의 경우 4월 17,256원으로 시작하여 7월 10,393원으로 최저점을 찍고 8월부터 급격히 상승하여 9월 39,370원까지 치솟았고, 10월 이후 가격이 감소하였다. '18년과 '19년 가격변화 추이를 보면 6월 이전 감소폭은 거의 비슷하였으나, '19년에는 감소폭이 크고, 7월 최저점 역시 '18년이 '19년에 비해 높았다. 여름작형 중 가장 가격이 높은 가을(9~10월)경 최고 가격은 '19년이 높았으나, '18년 가격이 8~10월까지 큰 하락폭 없이 꾸준하게 높은 가격을 형성하였다. '19년 4월 첫수확 이후 입고량이 가장 높았던 5월 15,478원으로 도매가가 형성 되었으며, 입고량이 두 번째로 높았던 7월 도매가는 10,393원으로 최저가를 기록하였다. 이후 출하량이 감소하여 39,370원으로 가격이 가장 높게 형성된 9월 입고량이 낮았다. 5월 입고량이 29,830kg인 것에 비해 출하량은 18,750kg으로 입고량에 비해 출하량이 약 11,000kg 가량 적었다. 출하량은 가격변화그래프에 대해 비례하는 추이를 보이는 그래프가 그려지는 것이 좋으나, 반비례 추이를 보이는 것으로 보아 가격변화에 대한 생산량 대응이 어려웠던 것으로 판단되었다(그림 24).

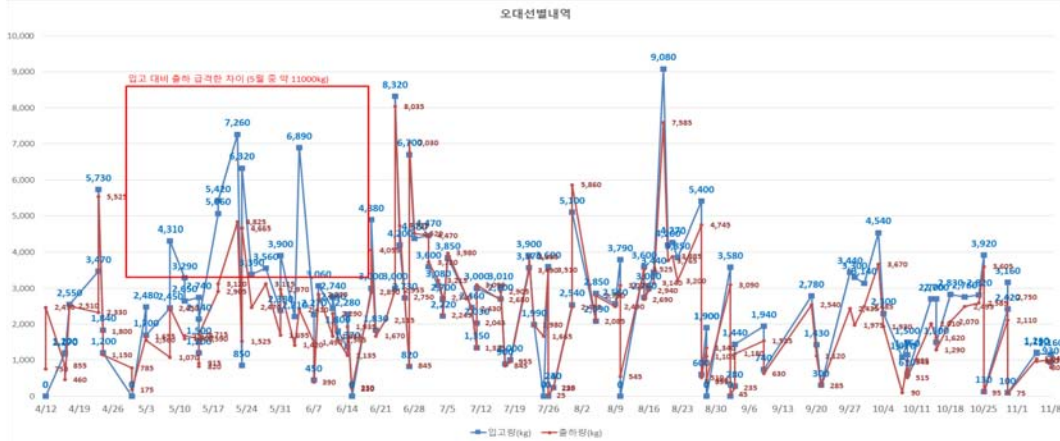


그림 25. 파프리카(평창 오대) 공동선별장 일자별 입고량 및 도매가격('19)

장마철을 경과하는 여름작형의 경우 4월 첫 수확 이후 가격이 중요하데, 대부분 가격이 낮은 4~5월 수확을 많이 한 후 장마철이 지나 가격이 가장 높은 9월에 수확을 많이 하는 것이 보편적이나, 9월에 입고량이 저조한 원인은 일조가 적은 장마기와 여름철 고온으로 착과유지와 과실비대가 어려웠기 때문이다(그림 25). 6월말~7월초 개화 및 착과된 과실들이 7월 10일~30일 까지 장마기로 인한 저광 및 낮은 CO₂로 인하여 광합성량이 다소 부족하여 양분 합성이 잘 되지 않았을 것으로 예상되었다. CO₂의 경우 인위적인 공급이 없어 4월~9월까지 낮 시간 동안 약 150ppm 까지 떨어져 대기 중 CO₂ 농도인 350ppm 정도로 자연적 공급은 적정치인 400~500ppm 유지하기에 부족하였다. 정상적인 광합성 활동에 영향을 끼칠 것이라고 판단되었으며, 특히 원활한 환기가 어려운 장마철이나 4~5월 건조기에는 공급을 하게 되면 생산량 증대에 긍정적인 효과가 예측되었다. 8월 높은 초저녁온도로 인하여 과실비대가 늦춰진 것으로 판단되었으며, 5월 이후 강광기에 습도부족분(HD)인 5월부터 7월, 9월 낮 시간(10:00~17:00)동안 대부분 10g/m³이 넘는 수치가 측정되어 건조한 것으로 나타나 관수 조절 혹은 대기 중 습도를 보충하는 것이 필요하다고 판단되었다.



그림 26. 토마토 재배 6농가 소득률 비교

토마토 재배 6농가들의 소득률을 비교해보면 평창 KKY 농가가 64.8%로 가장 높았으며, 반대로 춘천 LYJ 농가가 12.6%로 가장 낮았다. 평창 농가 소득률은 37.2~64.8%로 비교적 안정적이었으며, 춘천 농가 소득률은 12.6~40.4%로 크게 차이가 났고, 화천 농가 소득률은 15.3~18.3%로 낮은 편이었다. 강원도내 토마토 재배는 대부분 무가운 하우스에서 이루어지며 재배작기가 3개월 정도로 짧아 소득률이 낮았다. 평창 토마토 농가는 여름재배를 통한 수출을 하고 있어 비교적 재배관리가 잘 되고 있었으며, 소득률이 높았다(그림 26).

300평 단위면적당 조수입은 화천 CCY 농가가 52백만원으로 가장 높았으며, 화천 KMH 농가 39백만원, 평창 KKY 농가 29백만원 순이었다. 수량은 평창 KKY 농가 17톤, 화천 KMH 농가 17톤, 화천 CCY 농가 15톤 순이었으며, 소득률이 낮았던 화천농가가 조수입 및 수량이 높게 나타나(그림 27) 이에 대한 상세한 원인 분석과 소득증대를 위한 대책이 필요하다. 수량이 많았던 농가가 조수입에서 역전되는 경우는 가격이 좋은 시기에 출하량을 집중시키는 전략과 안정적인 가격을 받을 수 있는 유통체계 확보가 필요하다.

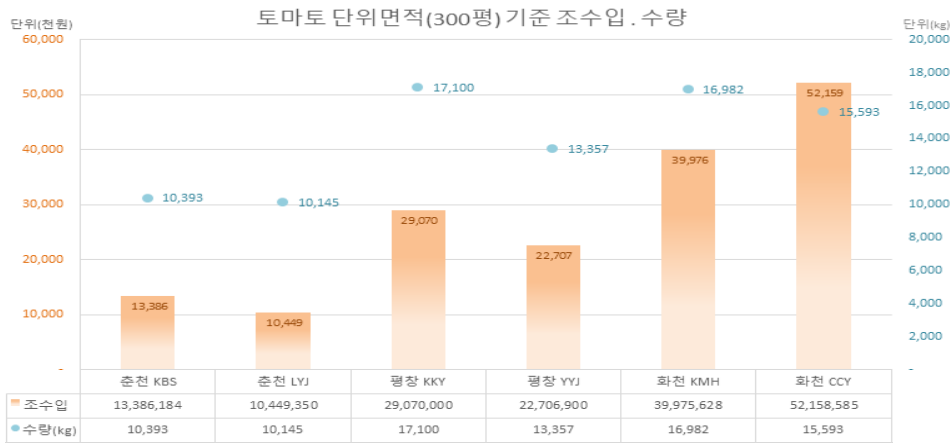


그림 27. 토마토 재배 6농가 조수입 및 수량 비교

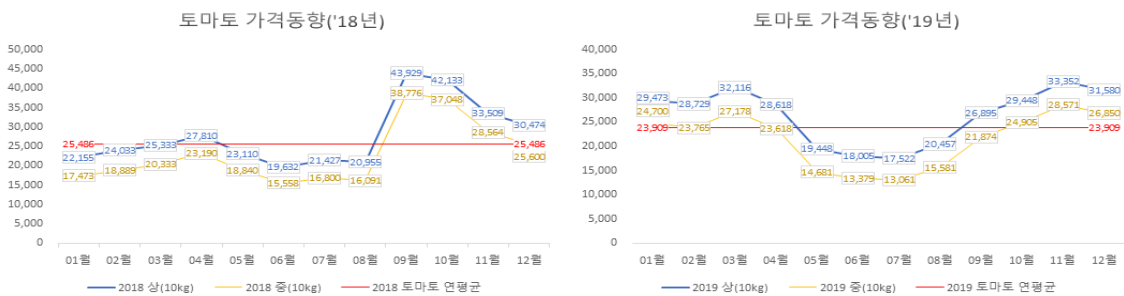


그림 28. 토마토 월별 도매가격('18~'19, 한국농수산물유통공사)

농산물유통공사 2018과 2019년도 토마토 도매가는 8월 이후 평균 이상 가격을 유지하였으며(그림 28), 이 시기에 출하하는 것이 농가경영상 좋은 수익을 낼 수 있다.

4. 적 요

〈제4세부과제: 강원 시설채소 스마트온실 전 주기 빅데이터 수집 및 현장 컨설팅〉

(시험 1) 강원지역 스마트온실 빅데이터 분석

- 가. 스마트온실 시스템이 도입된 파프리카 10농가, 토마토 6농가 총 16농가를 대상으로 수집한 생육, 환경, 경영정보를 분석하였음
- 나. 파프리카와 토마토 재배적정 온도, 습도 환경제어와 일사량, CO₂ 농도, 양액 pH, EC, 관수 횟수, 주야간온도차이(DIF) 등 환경데이터와 생장길이, 화방높이, 초장, 개화마디, 열매수 등 생육데이터를 함께 분석하여 시각화하였음
- 다. 생육조사 항목 간 상관관계 회귀분석을 통해 열매수와 수량과의 관계를 유추한 결과 파프리카는 음의 상관관계, 토마토는 양의 상관관계를 보였음

(시험 2) 스마트온실 빅데이터 기반 현장 컨설팅 실증

- 가. 시험 1에서 분석한 데이터를 기반으로 파프리카 7농가, 토마토 1농가 총 8농가를 대상으로 현장 컨설팅을 분기별로 실시하였음
- 나. 재배단계별 적정 온도, 습도, CO₂ 농도 관리 등 환경관리 방법, 기형화 감소 대책, 농가경영에 유리한 재배작형 결정 등 농가 여건에 맞는 컨설팅을 진행하였음
- 다. 데이터 기반 현장컨설팅 완료 후 만족도를 9점 척도로 조사한 결과 7.25로 만족하는 것으로 나타났음

(시험 3) 컨설팅 대상 농가 경영성과 분석

- 가. 컨설팅 농가 소득분석 결과 작목별로 가장 소득률이 높았던 농가는 파프리카 평창 J농가 67.7%와 토마토는 화천 C농가 20.2% 였음.
- 나. 2018~2019년 월별 도매가격은 파프리카와 토마토 모두 8월 이후에 연중평균가격보다 높게 형성되므로 이때 출하하는 것이 농가 경영에 유리함

5. 인용문헌

- 고현석, 우수곤, 소남호, 박지인, 김근아, 김상진. 2017. 농산물소득조사 분석방법. 농촌진흥청.
- 김연중, 서대석, 박지연, 박영구. 2016. 스마트팜 운영실태 분석 및 발전방향 연구.
- 나명환, 박유하, 조완현. 2017. 스마트팜 데이터를 이용한 토마토 최적인자에 관한 연구. 한국데이터정보과학회지. 28(6). pp.1427-1435.
- 송용석, 윤남규, 이해림, 이강모, 손창환, 오상석, 헤르만 에클름. 2016. 스마트팜 현장확산을 위한 스마트팜 지도전문가 양성교육(채소분야). 농촌진흥청, (주)그린코프, 경상남도농업기술원, 네덜란드GH.

- 이정필, 이학운, 이운행, 원성재, 민경준, 최종길. 2018. 토마토 스마트팜. 농촌진흥청, 나루컨설팅, 부여군농업기술센터, 충남농업기술원, 네타팜 코리아.
- 이혜림, 김아영, 조용빈, 황정환, 심근섭, 박경섭, 윤남규, 김덕현, 김희곤. 2016. 스마트팜 적정관리를 위한 빅데이터 활용법(토마토) 농촌진흥청.
- 위태석, 조성주, 이홍진. 2016. 농업경영관리 길잡이-파프리카 경영관리. 농촌진흥청.
- 조용빈, 이혜림, 박수진, 박수향. 2017. 스마트팜 적정관리를 위한 빅데이터 활용법(파프리카) 농촌진흥청.
- 채용우, 유흥규, 김성섭, 윤진우, 이병서. 2016. 농업과학기술 경제성 분석기준자료집. 농촌진흥청.
- 한길수, 차지은, 손창환, 김희곤, 조명환, 박경섭, 이혜림, 조영열, 김현환. 2017. 시설원에 스마트팜. 농촌진흥청, 국립농업과학원, 국립원예특작과학원, 경남농업기술원, 전남농업기술원, 제주대학교.
- 하두중, 최철구, 이동철, 강미영. 2016. 농업경영관리 길잡이-토마토 경영관리. 농촌진흥청.

6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2019(1년)	영농활용	스마트온실 재배 파프리카 생육조사 표준화를 위한 동영상 교재 활용(중앙)
	컨설팅	파프리카, 토마토 스마트팜 데이터기반 컨설팅(8농가 24회)
	DB구축	강원 스마트팜 농업빅데이터 DB구축
	홍보성과	스마트농업전문가 교육, 빅데이터 수집 및 가공(브릿지경제, 3.14) 등 10건
	자료발간	강원도스마트팜 농업경영체 지원 및 소비자연계 ICT 통합시스템 매뉴얼
	세미나개최	스마트농업전문가 역량강화 세미나(5.30)
	세미나개최	스마트팜 전문 컨설턴트 초청 세미나(11.06)
	업무협약	빅데이터 기반 과학영농을 위한 스마트팜 연구·보급 활성화 업무협약(11.25, 강원대학교 스마트농축산 IoT플랫폼 연구센터)

성과지표명		연도	1년차(2019)		계	
			목표	실적	목표	실적
영농 활용	기술					
	정보	1	1	1	1	
농가기술지도·컨설팅			24	1	24	
DB구축			1	1	1	
홍보			10	0	10	
자료발간			1	0	1	
세미나 개최			2	0	2	
업무협약			1	0	1	
계			3	39	3	39

7. 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도
					'19
과제책임자	농촌진흥청	농업연구사	이혜림	과제 총괄	○
4세부책임자	작물연구과	농업연구사	노희선	세부주관 수행	○
공동연구자	작물연구과	농업연구관	안용진	시험연구 자문	○
	"	"	정정수	시험연구 자문	○
	"	"	김용복	시험연구 자문	○
	"	농업연구사	신동호	평가분석 지원	○
	"	"	서영호	평가분석 지원	○
	"	전문경력인사	강진구	시험연구 자문	○
	원예연구과	농업연구사	이원경	평가분석 지원	○
	기술보급과	농촌지도사	이수인	평가분석 지원	○
	작물연구과	공무직	안옥희	현장조사 지원	○
	"	"	김희진	평가분석 지원	○
	"	"	손연희	평가분석 지원	○
	"	"	박은정	현장조사 지원	○
	"	"	박정호	현장조사 지원	○
	"	"	서인선	현장조사 지원	○
	"	"	고경선	현장조사 지원	○