

어젠다코드	6 - 1 - 2		구분	완결	
기술분야코드	V2	기술유형코드	M03	작목구분코드	MI-01-MI11
과제종류	농업공동연구		과제번호	PJ015361	
과제명	빅데이터 플랫폼 활용 지역별 근권부 데이터 수집 및 컨설팅 모델 개발				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	고봉균		교수	전남대학교 통계학과	
연구기간	2020. 5. ~ 2021. 4.		참여연구기관	경기도원 등 9개 기관	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
2) 강원지역 스마트온실 근권부 DB구축 및 데이터기반 컨설팅			작물연구과	노희선	'20. 5.~'21. 4.
색인용어	파프리카, 생산성 향상, 모델링				

## ABSTRACT

This study was conducted to develop a productivity improvement model using big data collected to increase paprika production, which is the main regional crop, and to apply it to data-based customized consulting. A database was established by collecting data from a total of 11 farms in Cheorwon 4, Pyeongchang 5, and Inje 2, which are the main production areas in Paprika, such as the number of irrigation supplies, irrigation volume, medium temperature, moisture content, drainage pH, and EC. Based on this, in order to develop a productivity improvement model reflecting the cultivation characteristics of each region in Gangwon-do, it was analyzed by dividing it into major cultivation areas (Inje, Cheorwon, Pyeongchang) and growth stages. The production volume, environment, and growth of the top 20% of excellent and general farms were analyzed, and the environmental variables affecting the output were found to be related to the cumulative solar radiation, internal temperature, relative humidity, CO<sub>2</sub>, supply EC, and growth. Farm field consulting was conducted based on this productivity improvement model. On-site consulting was conducted a total of 40 times at 10 farms in Cheorwon, Pyeongchang, and Inje paprika. Based on the collected data, consulting was conducted to improve productivity through proper environment setting and control, and consulting satisfaction was found to be satisfactory in most farms, and satisfaction increased in all fields compared to 2019, and hoped to receive consulting more frequently and continuously.

### 1 연구목표

정부는 과학기술과 농업의 융합을 국정 목표로 혁신 성장 핵심 선도 과제 중 하나로 ‘스마트팜 확산 방안’을 마련하여 매년 사업을 확대하고 있으며, ‘스마트농업 실용화 기술 확대’로 세계 최고수준

차세대 한국형 스마트팜 개발 및 글로벌화를 목표로 하고 있다. 현재, 한국의 스마트팜 기술수준은 EU(100%) 대비 75.5% 수준으로 기술격차는 4.8년, 복합 환경제어 기술 등의 보급화가 늦은 편으로 나타나고 있다(이상엽, 2019). 농촌진흥청, 각도농업기술원, 농정원, 대학 등 연구기관에서 시설원에 분야의 스마트온실에서 데이터를 수집분석(이충호 등, 2016), 생산성 향상 모델 개발(정원주 등, 2008., 명동주 등, 2012), 시설 환경개선, 재배기술 컨설팅 등을 실시하고 있으며, 딥러닝을 이용한 스마트팜 내부 환경 예측 알고리즘 개발(조라훈 등, 2021), 다중회기 분석을 이용한 파프리카 생산량 예측 등 다양한 연구가 진행되고 있다(황인철 등, 2021).

이에 발맞춰 본 연구에서는 지역 주력 작목인 파프리카 생산량 증대를 위하여 수집한 빅데이터를 활용하여 생산성 향상 모델을 개발하고, 데이터 기반의 지역 맞춤형 컨설팅에 적용하고자 한다.

## 2 재료 및 방법

### <제2세부과제: 강원지역 스마트온실 근권부 DB구축 및 데이터기반 컨설팅>

#### (시험 1) 스마트온실 근권부 데이터 수집 및 DB 구축

본 연구는 강원도 시설채소 스마트팜 시스템 도입 11농가를 대상으로 실시하였다. 대상작목은 파프리카로 주산지인 철원 4농가, 평창 5농가, 인제 2농가에 근권부 센서를 설치하여 일일단위 관수공급 횟수, 관수량, 공급 EC, pH 등 데이터를 수집하여 Excell 프로그램을 이용하여 DB를 구축하였다.

#### (시험 2) 강원지역 파프리카 생산성 향상 모델 개발

강원도 여름재배 파프리카 생산성 향상 모델 개발을 위하여 2020년에 수집 조사한 13농가의 데이터를 활용하였다. 연구방법으로 작물 작기 전 기간 중 매주 1회 생육, 환경, 수량 데이터 세트 체크하여 변수 생성, 누적일사량 추출, 식부면적, 정식일, 일출몰데이터 등을 Excell, SAS, R, MATLAB 등의 분석프로그램을 활용하였다.

생산량 상위 20%의 농가와 일반농가의 환경, 생육, 생산량을 비교할 수 있게 표와 그래프를 활용하여 가시화 하였으며, 환경, 생육, 생산량간의 관계분석(상관분석과 회귀분석)을 통하여 생산성 향상 모델을 개발하였다. 작물별 생육단계구분(생육초기, 중기, 후기)하여 단계별 모델을 개발하였으며, 개화시기별 수확 까지 소요기간 및 생산량 증대를 위한 최적 환경 설정을 제시할 수 있도록 하였다.

#### (시험 3) 생산성 향상 모델 활용기반 농가 현장 컨설팅

파프리카 현장컨설팅은 총 10농가(철원4, 평창4, 인제2)에서 실시하였다. 수집한 빅데이터 분석결과를 이용하여 분기별 1회 농가당 총 4회를 실시하였다. 대상농가의 이해도를 높이기 위하여 농가별 데이터 모니터링 및 시각화를 하였으며, 생육단계별 최적 환경관리 적용에 따른 문제점 및 개선방안 등에 대하여 현장컨설팅 하였다.

### 3 결과 및 고찰

#### 〈제2세부과제: 강원지역 스마트온실 근권부 DB구축 및 데이터기반 컨설팅〉

##### (시험 1) 스마트온실 근권부 데이터 수집 및 DB 구축

강원도내 파프리카로 주산지인 철원 4농가, 평창 5농가, 인제 2농가 총 11농가에 근권부 센서 설치 하여(표 1), 관수공급 횟수, 관수량, 배지온도, 수분함량, 배액 pH, EC를 수집하였다. 또한, 근권부 데이터 수집 농가 센서 보정 및 모니터링을 실시하였다(그림 2).

표 1. 근권부 센서 설치 농가 현황

번호	시군	농가	온실유형	시설규모 (㎡)	근권부 데이터 수집센서*	
					알앤팜	아이오크롭스
1	인제	101	연동	16,500	○	△
2	"	102	연동	8,250	○	△
3	철원	202	연동	11,880	○	△
4	"	203	연동	4,620	○	△
5	"	204	연동	3,300	○	△
6	"	206	연동	9,900	○	△
7	평창	301	연동	13,200	○	-
8	"	302	연동	6,600	○	○
9	"	303	연동	19,140	○	○
10	"	304	연동	29,700	○	○
11	"	305	연동	23,100	○	○

\* ○: 2020년 설치, △: 2021년 설치



그림 1. 근권부 배액 pH, EC 측정



그림 2. 데이터 보정을 위한 IreIS EC센서와 LAQUA 센서 측정치 비교

근권부 수집 데이터 예시로 철원 204 농가의 경우 양액의 평균 급액량, 배액량, 흡수량은 각각 6.18L, 1.69L, 4.49L이며, 변화는 그림 3.과 같았으며, 급액이 많아지면서 EC가 낮아지는 경향을 보였으며, 평균 EC는 6.23 mS/cm, 평균 급액량은 7.61L 이었다(그림 4).

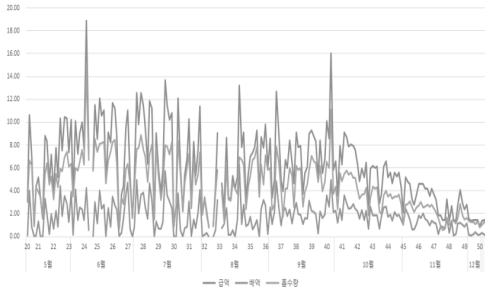


그림 3. 양액 급액량, 배액량 및 흡수량

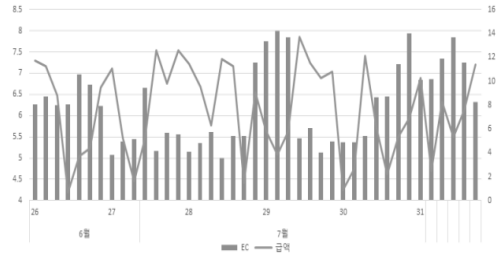


그림 4. 양액 EC 및 배액량

### (시험 2) 강원지역 파프리카 생산성 향상 모델 개발

강원도 지역별 재배특성을 반영한 모델 개발을 위하여 도내 주요 재배지역인 인제, 철원, 평창으로 나누었으며, 생육상태와 재배기간 중 기상(장마), 계절별 환경을 반영하여 적용하기 위하여 생육단계 구분하였다(표 2).

표 2. 정식시기에 따른 지역별 생육단계 구분 (6~7단계)

구분	인제		철원		평창		비고	
	주차	'20 해당 월	주차	'20 해당 월	주차	'20 해당 월		
생육초기 (생장기)	1 단계	3 1월 3주차	11 3월 2주차	5 1월 5주차	10 3월 1주차	20 5월 3주차	활착 및 첫 착과 (첫수확 진전) 지역별 정식이 다름	
	2 단계	11 3월 2주차	21 5월 4주차	15 4월 2주차	17 4월 4주차	25 6월 3주차		첫 수확시작
생육중기 (수확기)	3 단계	18 4월 5주차	26 6월 4주차	19 5월 2주차	24 6월 2주차	31 7월 5주차	(철원) 장마	
	4 단계	25 6월 3주차	32 8월 2주차	25 6월 3주차	31 7월 5주차	36 8월 6주차		(인제, 평창) 장마
	5 단계	32 8월 2주차	37 9월 2주차	32 8월 2주차	38 9월 3주차	40 9월 5주차		
생육말기	6 단계	39 9월 4주차	41 10월 2주차	37 9월 2주차	45 11월 1주차	53 12월 5주차	(인제, 평창) 가을수확	
	7 단계	46 11월 2주차		41 10월 2주차	52 12월 4주차	53 12월 5주차		

지역별 2020년 생산량 분석결과 강원지역 평균 수량은 43.0 kg/3.3m<sup>2</sup> 이었으며, 인제 56.8로 가장 높았으며, 평창 46.6, 철원 42.0 순 이었다. 생산량 상위 20%의 우수농가의 전체 평균 수량은 66.2 kg/3.3m<sup>2</sup>였으며, 인제 73.9로 가장 높았으며, 평창 62.5, 철원 46.5 순이었다(그림 5).

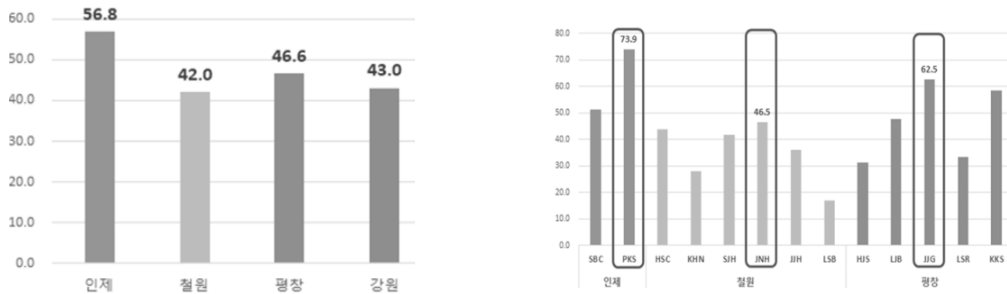


그림 5. 지역 및 농가별 생산량 (kg/3.3m<sup>2</sup>,년)

선행연구에서 생산량과 상관관계가 높았던 생장길이, 줄기굵기, 화방높이, 개화마디, 착과길이 등의 생육을 지역별 우수농가와 일반농가의 생육을 비교한 결과 인제 우수농가는 생육 1단계의 생장길이, 줄기굵기, 화방높이가 컸으며, 철원지역 우수농가는 활착단계인 3~5월 생장길이가 길었고, 평창 우수농가의 경우 활착단계인 1~3월의 생장길이, 줄기굵기, 화방높이의 수치가 특히 높았으며, 이후 생육단계에서도 일반농가에 비해 생장길이, 줄기굵기, 화방높이의 수치를 높게 유지하였다.

우수농가와 일반농가의 환경데이터 분석한 결과 온도환경은 강원도 전체의 경우 18~26℃, 주간 22.4~25.8℃, 야간 18.7~21.9℃이었으며, 장마철(6~8월)에는 22.0~22.4℃, 주간 25.1~25.8℃, 야간 19.0~23.1℃ 이었다. 내부습도는 주간 68~82% 유지하며, 생육중기(장마철)로 갈수록 높았다. 일사량과 대체적으로 잔존 CO<sub>2</sub> 는 우수농가가 높았으며, 낮시간 약 400ppm 유지하여 생산성이 향상 되었다. 주야간 온도차는 강원도 전체 평균 우수농가가 일반농가보다 크게 나타났으며, 철원지역 우수농가에도 차이가 컸으며, 인제, 평창에서 일반농가보다 적었다. 연 평균 지역 및 시간대별 온도관리는 강원도 전체 평균 우수농가의 심야와 새벽시간의 온도관리가 일반농가 대비 다소 높았다. 철원지역 우수농가의 심야, 새벽온도 관리가 특히 높았다. 지하부(근권부) 환경은 우수농가와 일반 농가의 첫 관수시간을 비교했을 때, 대부분 우수농가가 일찍 관수를 시작하였다. 인제지역은 센서 오류로 인해 결측이 많았으며, 철원지역은 우수농가가 약 30분 일찍 관수를 시작하였다(표 3).

표 3. 강원 파프리카 재배 우수농가와 일반농가의 첫 관수 시간 비교

구 분		5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월
강원	우수 (n=3)	08:33	08:02	08:27	09:07	08:45	08:56	09:32
	일반 (n=8)	08:55	08:30	08:34	09:17	09:07	09:20	09:57
인제	우수 (n=1)	-	-	-	-	09:25	09:09	09:53
	일반 (n=1)	08:36	-	08:26	09:21	09:17	09:18	09:37
철원	우수 (n=1)	08:42	08:31	08:47	08:57	08:46	09:17	09:58
	일반 (n=3)	09:17	09:09	08:47	09:40	09:23	09:37	10:34
평창	우수 (n=1)	08:15	07:34	08:07	09:17	08:15	08:26	08:35
	일반 (n=4)	08:45	08:08	08:27	08:57	08:53	09:05	09:34

6월 우수농가와 일반농가의 급액량이 가장 큰 폭으로 차이가 났으며, 전체적으로 우수농가의 급액량이 높은 것으로 나타났다(표 4). 지역별로 우수농가의 여름철 고온기 관수방법이 다른데 평창지역은 더 짧은 기간 우수농가에서 급액량을 늘린 것으로 나타났다.

표 4. 강원 파프리카 재배 우수농가와 일반농가 평균 급액량 (단위: ml/plant · day)

구 분		6월	7월	8월	9월	10월	11월
강원	우수 (n=3)	1,156	1,014	716	874	799	439
	일반 (n=8)	901	914	635	758	664	314
인제	우수 (n=1)	-	-	-	898	893	479
	일반 (n=1)	-	1,363	984	996	805	480
철원	우수 (n=1)	1,303	1,311	890	1,182	992	510
	일반 (n=3)	1,078	1,073	681	951	825	297
평창	우수 (n=1)	1,009	718	542	548	545	330
	일반 (n=4)	788	681	486	539	481	294

전체적으로 강원도에서는 6-7월 여름철 일반농가의 배액량이 많다가 8월 줄어들었다가 9월에 증가 후 다시 감소하는 경향이었으며, 전체적으로 우수농가의 배액량이 많은 것으로 나타났다(표 5). 급액량 대비 흡수량의 비율은 강원지역 전체적으로 8월에 비슷한 수준을 제외하고는 우수 농가에서 흡수량이 많았다.

표 5. 강원 파프리카 재배 우수농가와 일반농가의 평균 배액량 (단위: ml/plant · day)

구 분		6월	7월	8월	9월	10월	11월
강원	우수 (n=3)	299	253	171	224	224	117
	일반 (n=8)	240	269	147	230	211	97
인제	우수 (n=1)	-	-	-	228	199	57
	일반 (n=1)	-	472	272	246	132	102
철원	우수 (n=1)	323	340	193	352	333	182
	일반 (n=3)	353	321	138	324	313	91
평창	우수 (n=1)	275	166	149	92	130	109
	일반 (n=4)	169	179	116	151	144	101

파프리카 환경-생육-생산량 관계성 분석을 위하여 (생산량-환경), (생산량-생육) 상관관계를 분석하였으며, 주차별 생산량에 영향을 미치는 환경 및 생육변수 각기 달랐다. 파프리카 생산성 향상 모델 개발을 위해 생산량에 영향을 미치는 환경 변수 도출을 위하여 상관분석, 회귀분석을 한 결과 환경은 누적일사량, 내부 온도, 상대습도, 잔존 CO<sub>2</sub>, 공급 EC, 생육은 생장길이, 줄기굵기, 화방높이, 착과수가 높은 연관이 있는 것으로 나타났다. 농가에서 활용하기 위하여 파프리카 지역 및 생육단계별 최적 환경관리 매뉴얼 작성하였다. 생육초기는 안정적 생장으로 착과를 잘 유도하고, 생육중기는 안정적 수확 및 착과를 통한 생산량 확보가 매우 중요하다. 자연환경 중 인위적으로 조절이 어려운 일사량을 기준으로 수량이 높은 상위 20% 데이터 핵심 환경변수 조합값을 찾아내고, 생육변화를 반영한 단기 환경설정값을 인제, 철원, 평창지역으로 나누어 제시하였다(표 6 ~ 표 8).

표 6. 인제 생육단계별 최적 환경관리 매뉴얼

구 분	생육초기			생육중기			생육말기
	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계	6단계	7단계
최대생산량(kg/3.3㎡)	-	3.3	19.8	18.7	10.7	10.1	-
평균생산량(kg/3.3㎡)	-	1.7	17.9	16.5	12.1	8.7	-
적정 생육	생장길이(cm)	12.1	7.7	7.3	9.8	4.8	3.2
	줄기굵기(mm)	6.6	4.4	4.7	4.8	4.1	3.7
	화방높이(cm)	9.7	4.7	4.7	4.8	2.9	1.6
최적 환경 설정	누적일사량(J/cm²)	3,436	4,594	5,213	5,350	4,235	3,362
	일평균온도(℃)	20.2	21.1	22.1	22.7	23.5	22.8
	주간온도(℃)	22.8	23.3	24.2	24.8	25.1	24.5
	야간온도(℃)	19.5	19.3	19.2	19.7	21.3	20.7
	주간상대습도(%)	74.7	74.0	72.4	75.6	82.6	82.1
주간잔존CO₂(ppm)	540	538	457	424	416	463	534

표 7. 철원 생육단계별 최적 환경관리 매뉴얼

구 분	생육초기		생육중기			생육말기	
	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계	6단계	
최대생산량(kg/3.3㎡)	-	10.2	12.3	7.7	4.3	12.1	
평균생산량(kg/3.3㎡)	-	7.3	12.4	7.2	3.4	9.7	
적정 생육	생장길이(cm)	12.2	8.9	10.6	15.6	9.7	-
	줄기굵기(mm)	7.0	5.4	5.3	5.2	4.8	-
	화방높이(cm)	6.7	5.3	4.4	5.3	4.5	-
최적 환경 설정	누적일사량(J/cm²)	2,048	1,906	1,934	1,622	1,184	1,339
	일평균온도(℃)	21.8	23.1	24.4	25.3	25.1	24.0
	주간온도(℃)	24.2	25.3	26.6	26.8	26.4	25.2
	야간온도(℃)	20.2	22.6	25.1	25.0	25.3	24.9
	주간 상대습도(%)	71.0	86.7	88.4	88.5	88.3	88.6
주간 잔존 CO₂(ppm)	429	518	524	491	459	464	

표 8. 평창 생육단계별 최적 환경관리 매뉴얼

구 분	생육초기		생육중기			생육말기	
	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계	6단계	
최대생산량(kg/3.3㎡)	-	0.8	9.2	17.7	16.3	4.1	
평균생산량(kg/3.3㎡)	0.2	0.4	10.8	20.8	12.8	3.4	
적정 생육	생장길이(cm)	-	12.1	7.7	7.3	9.8	4.8
	줄기굵기(mm)	-	6.6	4.4	4.7	4.8	4.1
	화방높이(cm)	-	9.7	4.7	4.7	4.8	2.9
최적 환경 설정	누적일사량(J/cm²)	1,626	2,111	2,426	2,487	2,004	1,553
	일평균온도(℃)	22.5	22.5	24.0	25.0	25.4	25.0
	주간온도(℃)	24.9	25.6	27.1	28.4	28.0	27.5
	야간온도(℃)	21.7	19.9	19.8	20.4	21.8	21.7
	주간상대습도(%)	79.5	83.5	84.7	87.2	89.2	89.6
주간잔존CO₂(ppm)	1,251	1,251	461	415	402	430	

### (시험 3) 생산성 향상 모델 활용기반 농가 현장 컨설팅

파프리카 현장컨설팅은 철원, 평창, 인제 10농가에서 총 40회 실시하였다. 2020년 2분기 농가현장 컨설팅 주요내용은 장마로 일조량이 적어 생육 부진에 대한 대책 마련 및 습도관리에 주력하였으며, 총채벌레 방제 및 배꼽썩음병 예방을 위한 환경관리 컨설팅을 하였다(표 9).

표 9. 2020년 2분기 농가 현장컨설팅 추진 주요내역

지역	농가명	주요내용
인제	101	흐린날이 많아 일조량 적어 생육부진 예상
	102	약한 생식생장형, 초세약함, 환기 부족 등
철원	201	총채벌레 방제, 5화방 낙화 유도 후 다시 착과유도 중
	204	생식생장기 전환시 EC 높여 생장유도
	205	습도관리에 주력함, 매주 주간보고 요청
	206	적엽시 줄기를 길게하여 바이러스 유입방지
평창	302	배꼽썩음과 발생, 고온생리장해 예방을 위해 차광실시
	303	3~4번화 수확을 위해 5번화 낙화 시킴
	304	CO <sub>2</sub> 시비 봄 1회 실시, 온도급등 관리 필요
	305	높은 습도, 흰가루병발생으로 다른 농가 비해 생장 더딤

2020년 3분기 농가현장 컨설팅 주요내용은 장마기간 동안 환경관리한 데이터를 분석하여 제공하였으며, 장마 이후 적정 환경관리에 대해 중점적으로 컨설팅 하였다(표 10).

표 10. 2020년 3분기 농가 현장컨설팅 추진 주요내역

지역	농가명	주요내용
인제	101	저광도에도 온습도, 급배액 관리 적절
	102	8-9월 긴장마로 고습(90%), 조조가온 유지필요
철원	201	바이러스 발생, 방제철저. 장마기간 유동팬 설치 필요
	204	장마기간 동안 수확량 크게 떨어짐. 고온관리 어려움
	205	장마기간 환기창, 유통팬 사용으로 습도 낮춤
	206	산광필름 교체로 광합성 효율 올림
평창	302	고온장해가 지속되어 생육저조, 온습도 관리 철저필요
	303	장마로 잿빛곰팡이 발생, 방제실시, 5화방 이후 착과유도
	304	온습도 조절시 가온 시도필요, 지열활용 가능
	305	높은 습도, 흰가루병 발생으로 다른 농가 비해 생장 더딤

2020년 4분기 농가현장 컨설팅 주요내용은 일년동안 수집된 데이터를 종합적으로 농가에게 피드백 하는 방법으로 컨설팅을 실시하여 어느 생육단계에서 적절한 환경관리가 이루어지지 않았는지 중점적으로 점검하였다(표 11).

표 11. 2020년 4분기 농가 현장컨설팅 추진 주요내역

지역	농가명	주요내용
인제	101	유류비 절감 방안 요구, LAI에 따른 엽 관리 방법에 대한 노동자 교육 예정
	102	온실내 환경변화가 급격한 편임. 커튼 및 난방 등 탄력적 환경관리 요구
철원	201	TSWV발생으로 9월 적심, 10월에 개체 약 50% 제거 적절한 시기 트랩 설치로 예방 요구
	204	장마간 저광으로 인한 엽면적 확보 필요(함수율 증가, 양액 농도 상향)
	205	결로 발생 및 24hr저온으로 인해 더딘 착색 및 수확량 확보 저하
	206	TYLCV바이러스 확산 방지를 위한 가루이 제거 및 광량에 따른 엽관리 요구
평창	302	생장상 균형은 좋으나 급격한 환경변화로 낙과율, 병 증가. 탄력적 환경관리 요구
	303	겨울철 급격한 온도편차 발생 특히 야간 난방온도 상승 요구됨.
	304	8월 낙과량 증가, 10월 고온피해 발생, 고온다습 시 섬세한 세력관리 및 생장 조절 요구
	305	장마철 고습, 장마 후 낮은 습도, 저광기 세력약화로 병 발생 및 생산량 감소

2021년 1분기 농가현장 컨설팅 주요내용은 2020년 생육, 환경, 경영분석 데이터를 기반으로 2021년 경영전략수립하였으며, 생산량 부분에서 도움이 되는 CO<sub>2</sub> 시비에 대하여 비용 등 경제성을 타진하여 적정 시비량을 도출 하도록 하였다(표 12).

표 12. 2021년 1분기 농가 현장컨설팅 추진 주요내역

지역	농가명	주요내용
인제	101	평당 6~70kg 목표, LAI 및 광에 따른 CO <sub>2</sub> 시비 예정(비용 문제)
	102	관수문제로 인한 작기초 세력약화, 그룹화가 아닌 마디마다 열매를 맺는 것이 목표
철원	202	엽관리로 장마철 습관리, 균 및 바이러스 예방을 위한 1슬라브 2큐브 재배
	203	수해피해로 인해 그로잉 베드 설치 및 구조 변경, 장마기 습도관리를 통한 생산량 증대 목표
	204	적습유지 위해 난방비 증가로 타 방안 모색 및 장마철 착과율 심도있게 관리 예정
	206	신설 장비를 통한 생산량 증대전략, 여름철 환기를 위한 유동팬 추가 구입 예정
평창	301	생육 중기 하엽제거, 작기 초 생식생장을 통한 생산량 확보, 호겐도른 시스템 문제 확인 예정
	303	작기 초 병 발생으로 방제 및 관수관리에 초점. 온실 내 온도 편차관리에 집중
	304	생장 조절을 위한 배액 EC 관리에 초점, 급액 및 배액량 비례한 것을 확인. 습도계 관리철저
	305	흰가루 방제 및 일조에 따른 관리 및 프리바 내 EC센서 불신으로 센서마련 예정



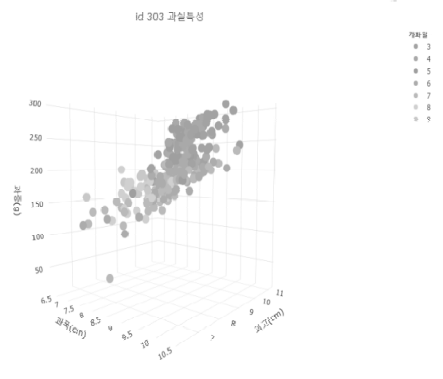
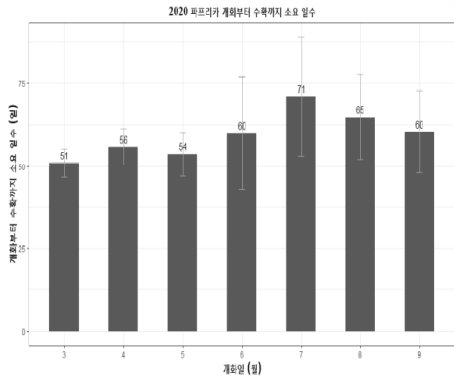
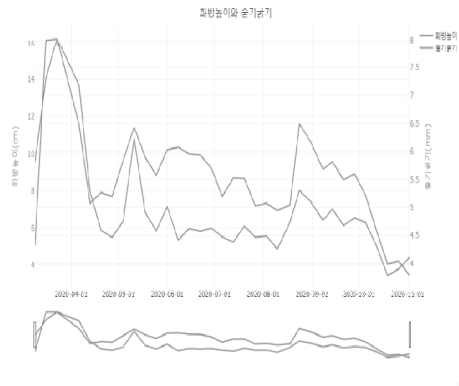
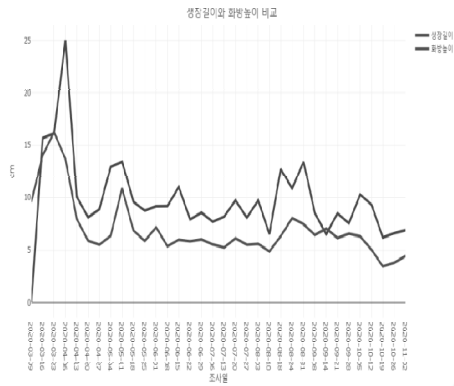


그림 8. 생육 데이터 모니터링 및 시각화 예시

현장컨설팅 참여농가의 컨설팅 내용 만족도는 대부분의 농가에서 7이상으로 만족하는 것으로 나타났다(표 13).

표 13. 농가별 항목 설문 만족도

농가 번호	(시설) 환경제어프로그램 설정 및 사용법	(재배) 재배 및 생산동향 제공	(환경) 기기 활용 환경제어	(경영) 농가경영 결정 도움	(공감) 적절한 답변 제공	총 합 만족도
101	5	5	7	7	5	7
102	9	9	9	9	9	9
201	7	7	7	7	7	7
204	9	9	9	7	9	9
205	7	7	7	9	7	7
206	7	7	7	7	7	7
302	7	7	7	7	7	7
303	7	7	7	7	7	7
304	9	7	7	7	7	7
305	7	9	9	9	9	9
평균	7.4	7.4	7.6	7.6	7.4	7.6

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

컨설턴트 만족도는 성실성에 비해 전문성과 전달력은 상대적으로 낮았다(그림 9).



그림 9. 컨설턴트 만족도 분포표

2019년과 2020년 현장컨설팅 만족도를 비교해본 결과 모든 분야에서 만족도는 상승하였고, 전문성, 성실성 분야에서 크게 상승하여 좋은 반응을 보였으며, 분기별보다 자주 지속적으로 컨설팅을 받기를 희망하였다(그림 10).



그림 10. '19-'20 현장컨설팅 만족도 비교 분포표

## 4 적 요

### 〈제2세부과제: 강원지역 스마트온실 근권부 DB구축 및 데이터기반 컨설팅〉

#### (시험 1) 스마트온실 근권부 데이터 수집 및 DB 구축

가. 파프리카로 주산지인 철원 4농가, 평창 5농가, 인제 2농가 총 11농가에서 관수공급 횟수, 관수량, 배지온도, 수분함량, 배액 pH, EC 등 근권부 데이터를 수집하였다.

나. 근권부 수집 데이터 예시로 철원 204 농가의 경우 급액이 많아지면서 EC가 낮아지는 경향을 보였으며, 평균 EC는 6.23 mS/cm, 평균 급액량은 7.61L 이었다.

### (시험 2) 강원지역 파프리카 생산성 향상 모델 개발

- 가. 강원도 지역별 재배특성을 반영한 모델 개발을 위하여 주요 재배지역인 인제, 철원, 평창에서 생육단계를 구분하여 분석하였다.
- 나. 2020년 강원지역 평균 수량은 43.0 kg/3.3m<sup>2</sup> 이었으며, 인제 56.8로 가장 높았으며, 평창 46.6, 철원 42.0 순 이었다. 생산량 상위 20%의 우수농가의 전체 평균 수량은 66.2 kg/3.3m<sup>2</sup>였으며, 인제 73.9로 가장 높았으며, 평창 62.5, 철원 46.5 순 이었다.
- 다. 생산량과 상관관계가 높았던 생장길이, 줄기굵기, 화방높이, 개화마디, 착과길이의 경우 우수농가는 일반농가에 비해 생장길이, 줄기굵기, 화방높이가 높았다.
- 라. 우수농가의 환경은 일사량, 잔존 CO<sub>2</sub>, 심야 및 새벽온도가 상대적으로 높았으며, 낮시간 약 400ppm 유지하여 생산성이 향상 되었다.
- 마. 6월 우수농가와 일반농가의 급액량이 가장 큰 폭으로 차이가 났으며, 전체적으로 우수농가의 급액량이 높은 것으로 나타났다.
- 바. 파프리카 생산성 향상 모델 개발을 위해 생산량에 영향을 미치는 변수를 분석결과 환경은 누적 일사량, 내부온도, 상대습도, 잔존 CO<sub>2</sub>, 공급 EC, 생육은 생장길이, 줄기굵기, 화방높이, 착과수가 높은 연관이 있는 것으로 나타났다. 일사량 기준 수량이 높은 상위 20% 데이터 핵심 환경변수 조합값을 찾아내어, 생육변화를 반영한 단기 환경설정을 제시하였으며, 농가 활용을 위해 지역 및 생육단계별 최적 환경관리 매뉴얼 작성하였다.

### (시험 3) 생산성 향상 모델 활용기반 농가 현장 컨설팅

- 가. 현장컨설팅은 철원, 평창, 인제 파프리카 10농가에서 총 40회 실시하였다. 수집데이터를 기반으로 적정 환경 설정 및 제어를 통하여 생산성 향상 할 수 있도록 컨설팅 하였다.
- 나. 컨설팅 보고서 작성시 스마트온실 환경제어에 중요한 온도, 습도, CO<sub>2</sub> 농도를 한 그래프로 시각화하여 적정 환경 제어가 되는지 한눈에 쉽게 볼 수 있도록 하였다.
- 다. 월별 개화부터 수확까지 소요일수를 산정하여 출하시기를 예측하였으며, 월별 수확과실의 과고, 과폭, 과중을 3차원 그래프를 작성하여 농가의 이해도를 높였다.
- 라. 현장컨설팅 만족도는 대부분의 농가에서 7이상으로 만족하는 것으로 나타났으며 '19년과 비교하였을 때 모든 분야에서 만족도는 상승하였고, 분기보다 자주, 더 지속적으로 컨설팅을 받기를 희망하였다.

## 5 인용문헌

- 명동주, 배종향, 강종구, 이정현. 2012. 광량과 파프리카 품종에 따른 수량과의 상호관계. 생명환경조절학회. 21(3). pp. 243-246.
- 이상엽, 박성규. 2019. 스마트팜 다부처 패키지 혁신기술개발 예비타당성조사 보고서. 한국과학기술기획평가원(KISTEP).
- 이충호, 양승환, 이재환, 채탁병, 김준희. 2016. 스마트온실 농가 사용환경에 대한 분석. 한국농업기계학회/한국정밀농업학회. 추계공동학술대회. p. 186.
- 정원주, 이정현, 김호철, 배종향. 2009. 유리온실과 플라스틱온실 재배환경하에서의 파프리카의 생장, 건물분배율 및 수량. 생명환경조절학회. 18(3). pp. 258-265.
- 조라훈, 남민기, 전영광, 김석준, 박승영, 김대현. 2021. 딥러닝을 이용한 스마트팜 내부 온·습도 예측 알고리즘 개발 및 검증. (사)한국농업기계학회. 추계공동학술학회. p. 123.
- 황인철, 노희선, 양동일, 김만배. 2021. 다중회귀분석을 이용한 파프리카 생산량 예측. 한국통신학회. Vol. 46. No. 11. pp. 1-5.

## 6 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2020~2021 (1년)	학술발표	강원 스마트팜 데이터 기반 컨설팅 현황
	영농정보	강원 파프리카 생산성 향상 모델 개발(중앙)
	홍보	파프리카 여름작형 생산성 향상 모델 현장 발표회 등 8건
	교육	국제 인공지능 스마트팜 경진대회 우수사례 등 29건
	DB구축	강원도 스마트팜 근권데이터 DB구축 11건
	컨설팅	파프리카 스마트팜 현장 컨설팅 40회
	특허출원	생산성 향상 모델 및 생산량 예측 2건

성과지표명		연도	1년차(2020~2021)		계	
			목표	실적	목표	실적
특허	출원		0	2	0	2
	등록					
학술 발표	국제					
	국내		1	1	1	1
영농 활용	기술					
	정보		1	1	1	1
홍보			1	8	1	8
교육			0	29	0	29
DB구축			1	11	1	11
현장컨설팅			1	40	1	40
계			5	90	5	90

## 7 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도	
					'20	'21
과제책임자	전남대학교	교수	고봉균	과제 총괄	○	○
2세부책임자	작물연구과	농업연구사	노희선	세부주관 수행	○	○
공동연구자	작물연구과	농업연구관	안용진	시험평가	○	○
	작물연구과	농업연구사	김기성	조사지원	○	○
	작물연구과	농업연구사	신동호	조사지원	○	○
	작물연구과	농업연구관	정정수	시험평가	○	○
	작물연구과	전문경력인사	강진구	시험평가	○	○
	작물연구과	농촌지도관	최종태	시험평가	○	○
	작물연구과	공무직	안옥희	조사지원	○	○
	작물연구과	공무직	김희진	조사지원	○	○
	작물연구과	공무직	손연희	조사지원	○	○
	작물연구과	공무직	박은정	조사지원	○	○
	작물연구과	공무직	박정호	조사지원	○	○
	작물연구과	공무직	서인선	조사지원	○	○
	작물연구과	공무직	고경선	조사지원	○	○
	작물연구과	연구원	박장순	자료분석	○	○
	작물연구과	연구원	백지훈	자료분석	○	○