

과제구분	특화작목개발사업	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야(Code)	수행기간	연구실	책임자
여름 착색단고추 생리장해과의 발생억제기술 및 이용증대 기술 개발		E03 VC01120504	'09~'10	강원대학교 원예학과	김일섭
1) 생리장해 경감을 위한 시설환경 모니터링 시스템 개발 및 활용		"	'09~'10	원예연구과	전신재
색인용어	착색단고추, 파프리카, 온도, 습도				

## ABSTRACT

The goal of this research was to increase yield and improve fruit quality in production of sweet pepper. The result of this study, the communication Zig-bee and CDMA mixture method were more convenience and economics than CDMA method alone. The useful sensors were temperature, humidity and light. Collected data was applied to conversion program. It was believed that this program was useful to the farmers of sweet pepper production.

### 1. 연구목표

우리도의 착색단고추는 단경기 일본 수출을 위하여 1999년에 도입되어 현재 평창, 철원 등을 중심으로 123.2ha가 재배되고 있다. 이러한 착색단고추 재배에 있어서 시설 내의 온·습도 등 환경관리는 재배의 성패를 좌우하는 중요한 요인 중의 하나이다. 그러나 우리도 대부분의 재배농가는 영세하고, 비닐온실이 대부분을 차지하고 있어 시설 내 환경을 복합환경 제어시스템 등을 이용하여 제어하기에는 어려움이 있어 야간최저 및 최고온도 제어를 중심으로 재배하고 있다. 따라서 착색단고추의 수량 및 품질을 최대한으로 높이기에는 어려움이 있다. 또한 현재 운영되고 있는 특화작목산학협력단 컨설팅은 시설 내 환경에 대한 구체적인 정보없이 농가를 방문하여 현장에서 작물 상태를 관찰하고 진단하여 기술지도를 실시함으로써 겸임연구관의 주관적인 판단이 영향을 끼칠 우려가 있어 객관화할 수 있는 시설환경의 데이터 분석 자료가 필요하다. 최근 우리나라에서 무선통신 및 인터넷 기반의 통신기술을 활용한 시설 내 환경의 모니터링 및 제어에 관한 연구 및 산업화가 활발하게 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 시설 내 환경자료를 안정적으로 확보할 수 있는 통신 방식의 선발 및 검증, 경제적 운영을 위한 최소한의 센서 및 측정항목 선발 그리고 최종적으로 측정데이터의 활용성 제고를 위한 변환 프로그램을 개발하고자 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 통신방식별 시스템 비교분석

무선통신 방식은 CDMA 방식과 Zigbee와 CDMA의 혼용방식을 이용하여 두 방법간의 장단점, 시스템의 안정성, 용이성 등에 대하여 조사하였다.

### 나. 환경측정 센서 선발 및 수신데이터의 활용성 검토

본 시험은 강원도 춘천시에 소재한 강원도농업기술원 파프리카 시험연구 온실과 강원도 평창군 진부면 소재의 수출 착색단고추 재배농가에서 수행하였다. 각 장소에 CDMA 통신방식을 이용하여 온도, 습도, 광, 이산화탄소, 근권온도 등을 측정할 수 있는 센서를 설치하여 30분 간격으로 강원도농업기술원의 PC를 이용하여 자료를 수신하였다. 아래표의 센서를 사용하여 시설 내 온도, 습도, 근권온도, 이산화탄소, 광량 등을 측정하였고, 측정 및 수신된 데이터의 정확성, 효율성 그리고 농가의 반응 등에 대하여 조사 및 분석을 수행하였다.

표 1. 센서의 종류

구 분	온·습도센서	근권온도센서	이산화탄소센서	광량센서
모델명	HA-TH100	HA-T200	HMP-40	HA-130
측정항목	RH(%), Temp.	Temp.	CO <sub>2</sub>	QUM
측정범위 및 오차	-20~80℃ 0~99% (± 3%)	-30~70℃ (± 0.3℃)	0~5,000ppm (± 5%)	0~2,000 J (± 3%)
가격(천원)	180	110	1,200	590

### 다. 프로그램 작성

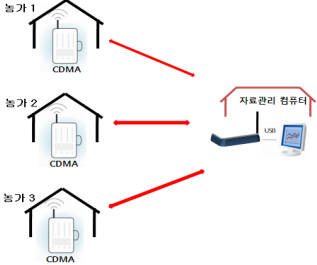
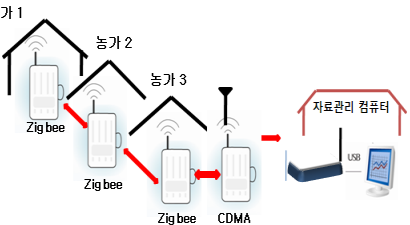
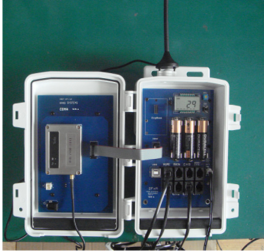

측정 및 수신된 자료의 분석을 위한 프로그램작성은 웰기반으로 구축하였다. 표시항목은 평균광량, 누적광량, 일조시수, 24시간평균온도, 최고온도, 최저온도, 주간습도, 야간습도, DIF(주야간온도차), VPD(수증기압차) 등에 대하여 자동적으로 계산되도록 하였고, 자료는 다른 농가 등과 비교할 수 있도록 구성하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 통신방식별 시스템 비교분석

경제적이고 안정적인 통신방식을 선발하기 위하여 CDMA 방식과 Zigbee와 CDMA의 혼용방식을 비교한 결과 Zigbee와 CDMA 혼용방식이 통신이 안정적으로 이루어지면서 경제적 이었다.

표 2. 통신방식별 시스템 비교

통신 방식	CDMA to CDMA (원거리 무선 데이터 통신)	Zigbee - Zigbee to CDMA (근거리-원거리 무선 데이터 통신)
모식도		
개발제품		
장단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 핸드폰의 통신방식으로 통화가 가능한 곳에서는 어디든지 사용가능하나 장비가 고가임.</li> <li>○ 자료의 송수신은 안정적이고 개별농가 설치시 권장</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 작목반단위로 설치시 설치비를 절약할 수 있는 장점이 있음.</li> <li>○ 농가간 거리가 500m 이내에서만 Zigbee 방식을 사용할 수 있고, 거리가 먼 농가간에는 CDMA 방식을 사용해야 하는 단점이 있음.</li> </ul>
경제성 <sup>z</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 구성품목                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- CDMA 23대×150만원 = 3,450만원</li> <li>- 통신요금 23대×10만원 = 230만원</li> </ul> </li> <li>○ 금액 : 3,680만원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 구성품목                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- CDMA 7대×150만원 = 1,050만원</li> <li>- Zigbee 18대×65만원 = 1,170만원</li> <li>- 통신요금 7대×10만원 = 70만원</li> </ul> </li> <li>○ 금액 : 2,290만원</li> </ul>

z : 22개 농가기준(격오지 5농가포함), 센서제외



<그림 1> 환경측정기기 설치

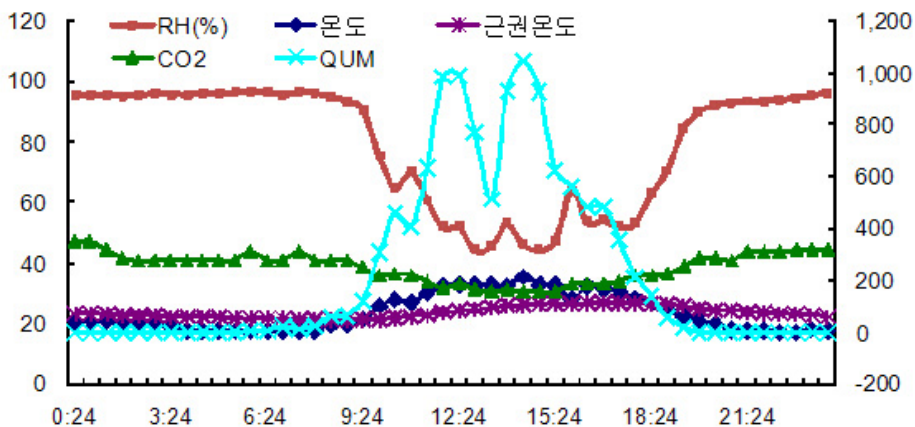
### 나. 환경측정 센서 선발 및 수신데이터의 활용성 검토

무선통신 방식을 이용하여 수신 받은 .txt 파일자료를 이용하여 데이터의 효용성 및 활용성에 대하여 검토하였다. 수신된 자료가 텍스트 파일로 되어 있어 금후 농가에서 활용하기 위해서는 이들 자료를 쉽게 분석할 수 있는 프로그램이 반드시 필요할 것으로 생각되었다.

표 3. 무선통신을 이용하여 수신 자료

ZFR					
TotalChan:005					
IntTime:0030Min					
StartTime:2009-06-27 오후 6:54:24					
EndTime:2009-07-12 오후 2:54:24					
SaveTime:2009-07-03 오후 3:06:57					
#NAME?	RH(%)	Temp	TEMP	CO <sub>2</sub>	QUM
09 06 28 00 24	94.3	16.4	22.2	317	0
09 06 28 00 54	95.3	16.1	21.6	317	0
09 06 28 01 24	95.7	15.8	21.4	309	0
09 06 28 01 54	96.2	15.6	21.3	309	0
09 06 28 02 24	96.6	15.3	20.9	309	0
09 06 28 02 54	94.3	15.1	20.7	302	0
09 06 28 03 24	94.1	14.9	20.1	333	0
09 06 28 03 54	94.6	14.8	19.8	341	0
09 06 28 04 24	94.4	15.2	19.9	309	0
09 06 28 04 54	94.4	14.7	19.5	333	0
09 06 28 05 24	94.5	14.8	19.3	341	4
09 06 28 05 54	96.7	15.4	19.3	333	18
09 06 28 06 24	93.9	16.6	19.4	341	60

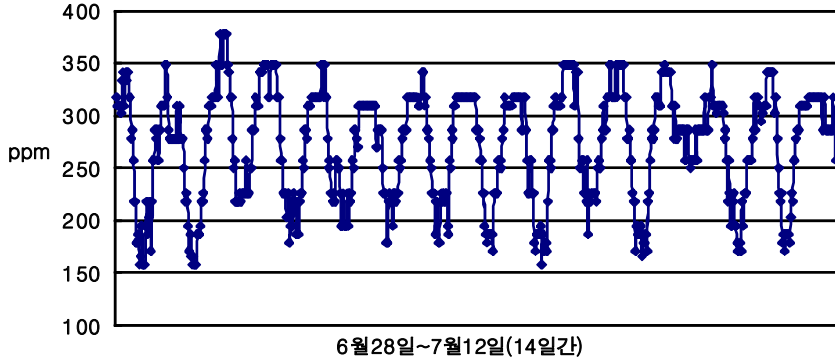
시설 내 온도와 습도 그리고 광량은 시설재배에 매우 중요한 요인인데 자료 분석결과 온도와 습도는 각 농가별로 차이가 큰 것으로 판단되었고, 광량은 지역별로 큰 차이가 있었다.



6월29일

<그림 2> 일중 측정 자료의 변화

시설 내 이산화탄소의 농도는 맑은 날의 경우 155ppm까지 낮아졌다. 착색단고추 재배시 적정 이산화탄소의 농도는 광량이 충분할 경우 800ppm까지 높이는 것이 유리하다고 알려져 있다. 따라서 재배 중 이산화탄소의 양은 부족하여 인위적인 시비가 필요할 것으로 판단되었다. 그러나 여름재배의 특성상 시설을 개방하고 재배하기 때문에 현재 대부분의 착색단고추 여름재배농가는 인위적인 시비를 하지 않고 있다. 따라서 이산화탄소에 대해서는 인위적인 시비를 하지 않는 한 모니터링만 하는 것은 큰 의미가 없을 것으로 판단되었다.



<그림 3> 시설 내 이산화탄소의 변화

시설 내 온도와 근권온도의 경시적 변화는 시설 내 온도는 광량 등에 따라 급격히 변하는 경향이였다. 따라서 시설 내 온도의 모니터링은 반드시 필요할 것으로 판단되었다. 그러나 근권온도는 18~26도 정도로 대부분 적정근권온도 수준에서 유지되는 경향이였다. 또한 근권온도는 시설 내 온도가 밀접한 관련이 있어 근권온도를 모니터링하는 것은 최소한의 측정항목 선발에서는 중요도가 상대적으로 낮은 것으로 평가되었다.

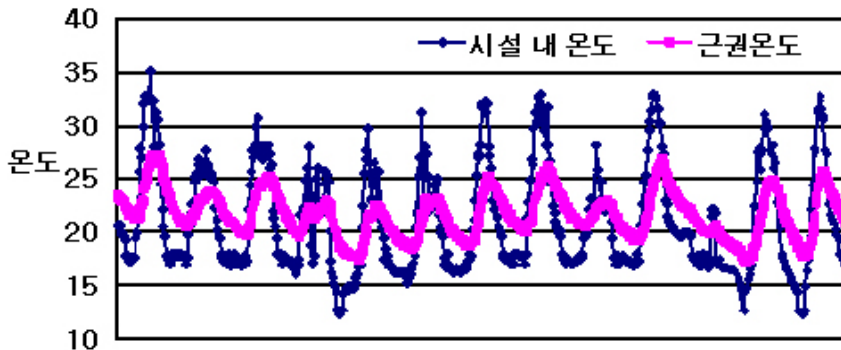


그림 4. 시설 내 온도와 근권온도(6.29~7.10)

따라서 시설 내 환경을 모니터링하기 위한 항목은 온도와 습도는 반드시 필요한 것으로 판단되었고, 광량은 단지 내 농가 간 차이는 거의 없었으나 중요한 항목인 것으로 생각되었다. 그러나 이산화탄소와 근권온도의 경우는 현재의 착색단고추 여름재배의 수준에서는 상대적으로 필요성이 낮은 것으로 판단되었다.

표 4. 부착 센서별 측정값의 특징 및 활용도

구 분	온·습도센서	근권온도센서	이산화탄소센서	광량센서
장 점	시설환경의 기본 데이터로서 활용도 높음	근권온도관리에 기초자료 제공	시설 내부 탄산가스 농도 유지에 필요한 데이터 제공	광량에 따른 급액 조절 등 활용 가능
단 점	관리방법별 농가 간 차이가 큼	시설 내 온도와 상관성이 높아 추정 가능함	센서가 고가이며 현재 고랭지 농가 탄산시비 하지 않음	단지 내 농가 간 차이가 거의 없음
활용도	높음	낮음	중간	낮음
분석결과	◦ 반드시 부착 필요함	◦ 부착 필요성 낮음.	◦ 인위적인 이산화탄소 시용을 하지 않는 한 불필요	◦ 개별 농가보다 단지 내 1~2개 설치 필요

시설 환경 자료를 이용하여 농가 컨설팅에 적용하기 위하여 수출파프리카 재배농가의 전체기간과 특정일(7.11)의 온도특성을 비교한 결과, 특정일의 주간최고 온도가 약 2.2℃ 높았고, 특히 오전 DIF가 1.9로 오전의 온도상승이 급격한 것으로 판단되었다. 그러나 이러한 자료를 확보하기 위해서는 기본 자료를 엑셀 등의 프로그램으로 계산을 해야 하므로 시간 및 노력이 과다하게 소요되어 많은 농가를 대상으로 컨설팅을 수행하기에는 어려움이 있어 이를 간편하게 계산할 수 있는 프로그램의 개발이 시급한 것으로 판단되었다.

표 5. 컨설팅을 위한 온도데이터의 활용

비 고	최고	최저	평균	일출 전 최저	주간최고	주간평균	오전DIF
전기간	30.6	15.2	21.2	15.8	30.6	23.7	1.0
7월 11일	32.8	12.2	20.8	12.3	32.8	24.1	1.9

표 6. 개발시스템의 농가설치 전후의 특성

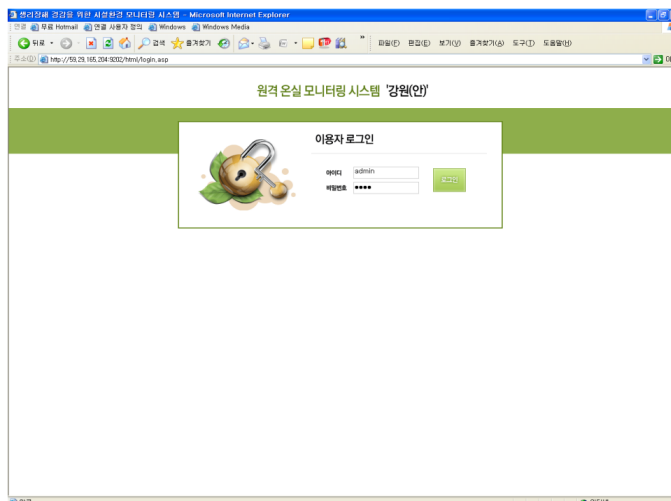
구 분	설치 전	설치 후
시설 내 환경특성 확인	○ 온도와 습도는 시설 내 최고최저 온도계를 이용하면서 온도계의 위치로 이동하면서 수시로 확인	○ 매 시간 핸드폰을 이용하여 자료를 수신함으로써 데이터의 확인이 가능하고, 외출시에 특히 유용함.
환경데이터의 기록	○ 별도의 기록을 하지 않기 때문에 특별한 상황이 발생하지 않는 한 과거의 온습도 데이터를 알 수 없음.	○ 컴퓨터에 온습도 등의 데이터가 자동으로 저장되므로 수시로 과거의 데이터의 확인이 가능함.
컨설팅에서의 활용	○ 전문 컨설턴트의 컨설팅을 받을 때 그 간의 환경 데이터가 없어 효과적인 컨설팅을 받을 수 없음.	○ 저장된 환경데이터는 전문 컨설턴트의 컨설팅시에 참고자료로 활용이 가능하나 자료가 텍스트파일로 되어 있어 쉽게 상황을 파악하기 어려움.

#### 다. 프로그램 작성

정밀한 시설 환경관리를 위하여 프로그램을 개발하였다. 개발된 프로그램은 인터넷 기반으로 제작하였다.

##### 1) 사용자 로그인

이용자의 보안 등을 위하여 이용자 ID는 크게 관리자, 중간단위의 관리자(작목반, 지역단위 등), 일반사용자의 3등급으로 나누어 구성 하였다. 관리자는 전체 자료 관리에 관한 권한을 가지며, 중간단위의 관리자는 단위 내 자료의 관리가 가능하도록 하였고, 일반사용자는 본인의 자료만 확인할 수 있다. 각각 부여된 아이디와 패스워드를 통하여 접속할 수 있도록 하였다.



<그림 5> 로그인 화면

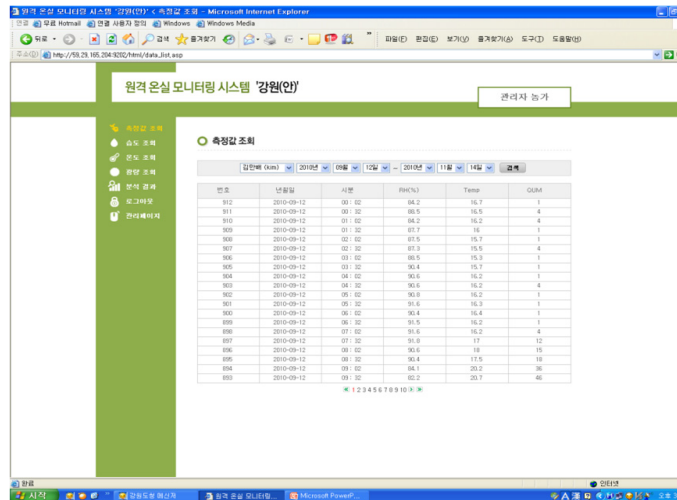
## 2) 사용자 화면

사용자의 초기 화면의 좌측상단 메뉴바는 측정값 조회, 습도조회, 온도조회, 광량조회, 분석결과, 로그아웃, 관리페이지(관리자 화면의 경우)로 구성되어 있다.



<그림 6> 계측자료 선택

측정값 조회는 농가명, 데이터 출력기간 등을 선택한 후 검색을 하면 일련번호, 날짜, 측정시간과 습도, 온도, 광의 계측데이터가 표시되도록 하였다.



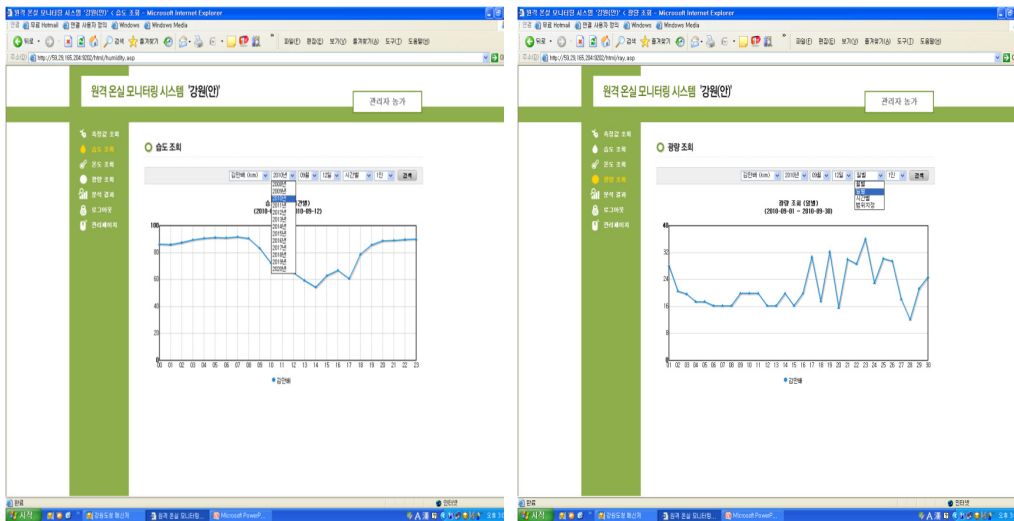
<그림 7> 계측자료 출력

온도조회는 농가명, 조회기간, 월별, 일별, 시간별 조건을 선택하여 해당 농가의 온도 데이터가 그래프로 자동으로 표시되도록 하였고, 화면에 표시되는 농가는 특정의 1농가 단독으로 표시될 수도 있고, 특정의 2인 이상으로 선택할 수 있다. 이를 통하여 같은 조건에서 농가 간 온도, 습도 및 광 조건에 대하여 비교할 수 있다.



<그림 8> 온도데이터의 출력(9월12일)

계측자료를 이용하여 습도와 광 자료를 그래프화 하여 자료를 온도자료와 같은 방법으로 비교 검토할 수 있다.



<그림 9> 계측자료의 그래프 출력(좌:습도-9월12일, 우:광량-9월)

분석결과는 최종적으로 농가 컨설팅시에 사용 것으로 평균광량, 누적광량, 일조시수, 24시간평균온도, 최고온도, 최저온도, 주간습도, 야간습도, DIF(주간야간온도차), VPD(수증기압차) 등에 대하여 분석하고자 하는 기간의 평균값이 표시되고, 해당농가의 자료를 비교분석하여 위하여 비교하고자 하는 농가 혹은 특정값과 비교하여 어느 정도의 차이가 나타나는지에 대해 표시할 수 있다. 이와같은 출력물을 이용하여 농가 방문시 재배농가의 시설환경 관리법에 대하여 컨설팅이 가능하다는 것을 확인하였다.



그림 10. 농가 컨설팅시 사용되는 출력자료

### 라. 재배농가 컨설팅 활용

자료를 이용한 농가 컨설팅 전과 후의 시설 내 온·습도 관리방법은 상당수준 개선되는 효과가 있었다. 개발된 시스템을 이용하여 컨설팅 하기 전에는 농가가 주간 최고온도와 야간 최저온도만을 가지고 온도관리를 하였으나 본 시스템을 이용하여 컨설팅을 한 결과 온도 및 습도관리가 착색단고추 재배에 적합하게 관리되었음을 확인할 수 있었다. 특히 아침온도 증가 속도는 컨설팅 전에는 2.4 °C/hr로 급격히 상승하였으나 컨설팅 후에는 1.3 °C/hr로 완만히 상승하도록 관리하여 오전 시설 내 습도를 낮추어 병발생률을 낮추고 광합성을 활발히 할 수 있는 조건이 되어 수량 및 품질이 상승하였다.

표 7. 개발 시스템 이용 컨설팅 전과 후의 온습도 특성

구분		컨설팅 전	컨설팅 후	비고
온도	24시간 평균온도	23.8 °C	24.8 °C	-1.0 °C
	최고온도	32.5 °C	28.4 °C	
	최저온도	19.5 °C	20.3 °C	
습도	주간습도	63.2%	56.5 %	6.7
	야간습도	98.5%	95.7 %	2.8
아침 온도증가 속도(°C/hr)		2.4 °C	1.3 °C	1.1 °C

결론적으로 본 과제를 통하여 1년차에 유용한 센서의 선발과 통신시스템을 확립하였고, 금년도에는 농가 컨설팅 등에 사용할 수 있는 자료의 DB 시스템과 프로그램을 개발하였다. 본 과제를 통하여 개발된 시스템과 프로그램은 농가컨설팅에 매우 유용하여 금후 사용이 확대될 것으로 사료되며, 착색단고추 재배농가 뿐만 아니라 토마토 등 일반 과채류 재배농가에도 사용할 수 있을 것으로 생각되었다.

## 4. 적 요

### 가. 통신방식별 시스템 비교분석

- CDMA방식과 Zigbee와 CDMA의 혼용방식을 검토한 결과, 작목반 단위로 설치할 경우 Zigbee와 CDMA의 혼용방식이 자료의 송수신이 안정적이고 설치비 측면에서 37.7% 절약할 수 있어 경제적으로 판단되었음.
- 자료를 수신한 결과 습도, 온도, 근권온도, 이산화탄소, 광량에 대하여 무선센서 네트워크 기술을 이용하여 30분 간격으로 데이터를 안정적으로 수신하였음.

### 나. 환경측정 센서 선발 및 수신데이터의 활용성 검토

- 파프리카 재배농가의 일중 측정치(습도, 온도, 근권온도, 이산화탄소, 광량)의 변화는 일반적인 시설재배농가의 변화와 같은 경향이었음.
- 일중 이산화탄소의 농도는 주간에 최저 160ppm까지 낮아졌으며, 광량에 의한 차이가 컸음.
- 최근 고랭지 파프리카 농가의 대부분은 이산화탄소 시비를 하고 있지 않음.  
⇒ 대기 중 농도보다 낮을 경우 환기, 강제송풍, 내부순환팬 등의 활용방안 검토 필요
- 근권의 온도는 시설 내 온도와 밀접한 관련이 있어 시설 내 온도가 높을 수록 근권온도도 상승하였음. 일중 근권온도는 오후 2시경에 가장 높았음.
- 근권온도는 시설 재배에 있어서 중요한 요인이나 고랭지 파프리카의 경우 적정 수준에 있는 것으로 판단되고, 시설 내 온도를 이용하여 추정이 가능 하므로 근권온도 센서 설치의 큰 의미를 가지지 않을 것으로 판단됨.
- 각 파프리카 재배농가의 환경측정 항목을 분석한 결과 온·습도는 각 농가 및 지역간 차이가 크고 작물생육에 직접적인 영향을 끼치므로 측정이 필요하고, 근권온도와 이산화탄소 센서는 필요성이 낮은 것으로 조사되었음.
- 광량의 경우 지역내에서의 차이가 크지 않아 각 농가별 설치보다는 단지 내 1개소에 설치하여 활용하는 것이 경제적인 것으로 판단되었음.
- 따라서 최종적으로 농가단위에서는 온·습도 센서가 필요하고 작목반 단위에서의 거점 농가에는 광센서 등이 포함되어야 할 것으로 사료되었음.
- 이상의 결과로 통신방식은 Zigbee - Zigbee to CDMA(근거리-원거리 무선 데이터 통신) 방식을 선발하였고, 각 개별농가의 환경모니터링 항목은 온도와 습도 그리고 작목반 단위에서의 거점농가는 광센서를 포함하여 설치하는 것이 경제적인 것으로 판단되었음.

### 다. 프로그램 작성 및 농가활용

- 인터넷 기반으로 일반 농가수준에서 사용할 수 있는 시설환경 모니터링 프로그램을 개발하였음.
- 개발된 프로그램을 이용하여 농가에 활용한 결과 자료를 이용한 농가 컨설팅 전과 후의 시설 내 온·습도 관리방법은 상당수준 개선되는 효과가 있었음

## 5. 인용문헌

- 원재희 등 4인. 2009. 착색단고추 고랭지 하계 수경재배용 품종 선발. 생물환경조절학회지 18(4):425-430.
- 이종남 등 5인. 2001. 고랭지 토경재배용 착색단고추 적품종 선발. 한국원예학회지 42:163-166
- 전신재. 2008. 착색단고추 여름재배시 착과증진을 위한 재배기술개선. 박사학위논문. 중앙대학교 대학원.
- Aloni, B. 등 3인. 1999. The effect of fruit load, defoliation and night temperature on the morphology of pepper flowers and on fruit shape. Annals of Botany 83:529-534.
- 이정필 등 5인. 2005. 시설환경조절과 파프리카 재배기술. 시온출판사
- Marcelis, L.F.M. 등 5인. 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. Journal of Experimental Botany 55:2261-2268.
- Papadopoulos, A.P. 등 2인. 1997. The influence of plant spacing on light interception and use in greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.): A review. Scientia Horticulturae 69:1-29.

## 6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용구분	제 목
2010(2년차)	시책건의	○ 무선 시설환경 모니터링 송수신 장비 지원
	프로그램 등록	○ 웹기반 시설환경 계측자료 변환 프로그램

## 7. 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여연도	
					'09	'10
책 임 자	원예연구과	농업연구사	전신재	'09~'10 세부과제 총괄	○	○
공동연구자	"	"	원재희	연구협의	○	○
"	"	"	서현택	조사업무 지원	○	○