

발간등록번호

11-1541000-000523-01

무선 센서네트워크를 이용한 원격 자동화 국화 생산 시스템 개발

Development of a Remote Controllable Automated

Chrysanthemum

Production System using Wireless Sensor Network

충 남 대 학 교

농림수산식품자료실



0005146

농 립 수 산 식 품 부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “무선 센서네트워크를 이용한 원격 자동화 국화 생산 시스템 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2010년 6월 일

주관연구기관명 : 충 남 대 학 교
주관연구책임자 : 정 선 옥
세부연구책임자 : 정 선 옥
연 구 원 : 공 재 응
연 구 원 : 정 부 희
연 구 원 : 배 근 수
연 구 원 : 민 중 호
연 구 원 : 강 신 우
연 구 원 : 류 명 진
연 구 원 : 류 동 기
연 구 원 : 안 샘 이
연 구 원 : 안 균 빈
연 구 원 : 이 동 훈
협동연구기관명 : 충 북 대 학 교
협동연구책임자 : 노 현 권
협동연구기관명 : 예 산 국 화 시 험 장
협동연구책임자 : 이 철 휘
연 구 원 : 박 하 승
연 구 원 : 원 미 경
연 구 원 : 인 민 식
연 구 원 : 이 영 혜
연 구 원 : 안 중 범

요 약 문

I. 제 목

무선 센서네트워크를 이용한 원격 자동화 국화 생산 시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

가. 연구목표

- (1) 최종목표는 시설 국화 생산 작업 상태 및 환경을 센서네트워크로 모니터링하고 국화 생육 최적 조건을 위한 작업 및 농자재 투입을 원격 자동 관리할 수 있는 국화 생산 시스템 개발
- (2) 이를 달성하기 위한 세부 및 단계별 목표는 다음과 같이 구분됨
 - ☞ 국화 생산 시설 환경 및 작업 상태를 모니터링 하는 무선 센서네트워크 개발
 - ☞ 국화 생산 환경 및 작업을 원격에서 제어할 수 있는 원격 관리 기술 개발
 - ☞ 국화 생산 시설 환경제어 및 작업을 수행하는 생산 원격 자동화 시스템 개발
 - ☞ 국화 생육단계별 지상부 및 지하부 최적 제어기준 설정
 - ☞ 구성요소 및 통합시스템 성능평가(국화상품성, 비용절감, 생력화 정도, 시스템 안정성 등)

나. 연구개발대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

(1) 경제적·산업적 중요성

- 원예 산업은 '80년대부터 노지에서 시설농업으로 전환되면서 시설재배 면적 급증
 - ☞ 시설면적: '90년 25,450 ha → '04년 51,237 ha
 - ☞ 시설유형: 비닐하우스 96%, 유리온실 318 ha, 경질판 온실 248 ha
- 국화는 우리나라 화훼류 중 재배 비중이 높음
 - ☞ 전체 화훼 재배면적의 10%, 생산액의 10% 점유

- ☞ 재배면적: '00년 732 ha → '06년 805 ha (10% 증가)
- ☞ 생산액: '00년 562 억 원 → '06년 915 억 원 (63% 증가)
- 우리나라 화훼류 및 국화 수출액도 매년 증가하고 있음
 - ☞ 화훼류 총 수출: '01년 31,849 천 달러 → '05년 52,142 천 달러
 - ☞ 국화 수출: '01년 7,252 천 달러 → '05년 8,503 천 달러
- 국화를 비롯한 화훼류 국내소비 및 수출 수요가 생활수준 향상 등으로 지속적으로 증가할 것으로 전망되고 있으나, 국제무역 자유화 경향으로 인한 경쟁 심화 및 고유가 등 주변 환경 변화로 어려움에 직면하고 있음
- 시설원예 기자재 등 생물생산시설시스템 분야의 시장규모는 급증할 전망이다
(미래 농업기술예측·로드맵 작성 및 효율적인 투자기술 개발, 농림부, 2004)
 - ☞ 시장규모 전망: 현재 1조 이상 → '12년 10조 이상
- 시설원예 기자재 시장규모는 급성장할 전망이지만 국내 산업 현황은 관련업체가 (사)한국농자재산업협회 집계 회원사 52개이며 주로 외국산 설비를 수입·판매하고 있으며 영세하여 자체 국산기술의 개발 및 산업화가 시급함

(2) 연구개발의 필요성

- 국화 생산 경쟁력 강화를 위하여 비용절감 및 품질향상이 요구됨
 - ☞ 비용절감: 농자재, 에너지, 인력, 비용, 시간을 최소화
 - ☞ 품질향상: 생육단계별 생산 작업 및 최적 생육환경 정밀농업형 관리
- 국화 등 시설원예 분야 향후 개발 우선과제로 정밀농업기술, 고효율·저투입 생산시스템, 고도 환경제어 기술, 친환경 시스템화 기술 등으로 선정되었음 (미래 농업기술예측·로드맵 작성 및 효율적인 투자기술 개발, 농림부, 2004)
- 네덜란드 등 외국의 경우, 저투입 친환경 국화생산을 위해 다음 기술들이 실용화
 - ☞ 생육단계별 생산을 위한 작업(수분관리 등) 및 환경 (광, 온도, 습도, CO₂ 등) 관리

- ☞ 네트워크를 통한 재배정보 시스템 및 원격제어 기술
 - ☞ 센서기반 복합 환경 제어 시스템 실용화
- 우리나라의 경우, 개별요인 조절 기술 실용화 단계이고 원격제어 등은 초기단계임
- ☞ 일사량감응 변온관리 시스템 개발
 - ☞ On/Off 방식의 단일요인 환경조절 단계
 - ☞ 무선네트워크 및 원격제어 기술 등 IT분야 주변기술은 우리나라 경쟁력이 있으므로 국화 생산 시스템에 적용성이 높음
 - ☞ 참여기업인 (주)한스시스템(www.hanssystem.co.kr)은 시설원에 관련 생산환경정보 측정센서 및 양/수분 제어 시스템을 판매하는 선도업체로 작물 생육측정, 데이터 로거 등 요소기술을 자체개발하고 있음
- 국화 생산 시설이 무선화, 통합 시스템화, 국산화 되지 못하여 품질 및 생산성이 떨어지고, 노동력이 많이 소요되며, 오작동에 의한 치명적 피해 사례가 보고되고 있으며, 신뢰성 있는 국화 생산 통합 관리 시스템에 대한 소비자 요구가 증가하고 있음
- 따라서, 아래 조건을 만족하는 자동화 국화 생산 시스템 개발이 시급히 요구됨
- ☞ 무선 센서네트워크를 이용한 국화 생육 환경 및 작업 실시간 모니터링
 - ☞ 농자재 및 에너지 저투입, 친환경 정밀농업형 시설 및 생육관리
 - ☞ 인력, 시간 등을 최소화하기 위한 생산 작업 및 환경 관리 원격 자동화

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 과제 의 연구개발 목표인 “무선 센서네트워크를 이용한 원격 자동화 국화 생산 시스템 개발”을 달성하기 위하여 다음과 같은 3개의 세부과제를 구성하였다.

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차년도	2008	<ul style="list-style-type: none"> ■원격 관리 시스템 요소 설계 	<ul style="list-style-type: none"> ○기존 상용 시스템 조사/분석 ○시스템 개념 설계 ○제어인자 선정 ○원격 모니터링 및 제어 단말기 선정 ○통신방식 및 프로토콜 결정 ○통합 관리 S/W설계 ○통합제어기 회로 설계
		<ul style="list-style-type: none"> ■지상/지하부 센서 적합성 구명 및 무선 네트워크 설계 	<ul style="list-style-type: none"> ○기존 상용 센서 조사/분석 ○적합성 검토 및 측정 인자별 센서 선정 ○네트워크 설계 및 설계인자 기초시험 ○센서별 응답특성 구명 <ul style="list-style-type: none"> - 위치별, 깊이별 ○무선 통신 방식 선정
		<ul style="list-style-type: none"> ■국화 재배 토양 환경 조건 기준 구명 	<ul style="list-style-type: none"> ○생육 단계별 양/수분 흡수 특성 ○재식밀도별 양/수분 흡수 특성 ○국화 종류별 양/수분 흡수 특성

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
2차년도	2009	<ul style="list-style-type: none"> ■ 통합 원격 관리 시스템 제작, 문제점 보완 및 평가, 실용화/ 사업화 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 작업제어 요소 제작 ○ 환경제어 요소 제작 ○ 통합제어기 제작 ○ 개별 요소 성능 시험 및 문제점 도출 ○ 원격 관리 시스템 문제점 보완 ○ 신뢰성, 현장 적응성 평가 ○ 보급형 사양 확정, 단순화, 옵션화, 사업화 준비
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 무선 센서 네트워크 제작, 문제점 보완 및 평가, 실용화/사업화 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무선 통신 모듈 제작 ○ 센서 소그룹별 네트워크 구성 ○ 통합 센서 네트워크 구성 ○ 데이터 송/수신 성능시험 ○ 무선 센서 네트워크 문제점 보완 ○ 신뢰성, 현장 적응성 평가 ○ 보급형 사양 확정, 단순화, 옵션화, 사업화 준비
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 국화 온실 기상 환경 조건 기준 구명, 통합 시스템 국화 생산 효과 검증 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 광 환경 조절 기준 설정 ○ 온도/습도 기준 설정 ○ 통합 시스템 현장 적용 ○ 국화 수량 및 품질 평가 ○ 사용자 편의성 평가 ○ 경제성 평가

IV. 연구개발결과

본 과제는 무선 센서네트워크 기술을 이용하여 국화 생산 시스템의 자동화 기술을 개발하는 것을 목표로 수행되었다.

해당 목표 달성을 위하여 무선 센서네트워크 시스템, 국화 재배 시설환경의 작업 감시요소, 환경 감시요소를 계측할 수 있는 계측 시스템을 개발하였으며 작업 제어요소, 환경 제어요소를 제어할 수 있는 제어 시스템을 개발하였다. 또한 감시요소와 제어요소 간을 자동화 통합 제어를 위하여 통합 제어기를 개발하였으며 국화 시설 재배자들의 가장 큰 요구사항인 원격 모니터링 및 관리 기능을 수행 할 수 있도록 CDMA를 활용한 무선 통신 기술을 채용하였다. 단위별 성능 테스트와 보완을 거쳐 개별 모듈의 성능을 검증하였으며 현장 통합 테스트는 전문가와 관계자들을 대상으로 시연회를 거쳐 그 성능 및 현장 적응성을 평가하였다.

결과적으로 본 연구과제에서 개발한 무선 센서네트워크를 이용한 국화 자동화 생산 통합 제어기는 연구 과제 수행 과정상 검증된 안정성, 효율성 및 산업화 가능성을 바탕으로 지속적인 현장 검증 및 보완을 통하여 국내 국화 자동 생산 시스템의 생산성 향상 및 품질 향상 기대 요구에 부합하는 시스템으로 발전할 수 있을 것이다.

국화의 시설재배 시 생육단계별로 최적 양액농도 구명을 위하여 농가가 선호하는 품종 스탠다드 신마 그리고 스프레이는 문라이트를 공시하여 시험한 연구 결과는 아래와 같이 요약할 수 있다.

1. 생육초기 문라이트는 4처리에서 초장, 경경, 엽장에서 타 처리에 비하여 우수하였다. 즉 EC를 1.2로 처리하였을 때 생육이 양호한 것으로 나타났다. 신마는 1처리인 EC 0.6에서 경경, 엽수, 엽폭이 양호한 것으로 나타났다.
2. 생육중기 문라이트는 초장은 4처리가 가장 길었고 경경과 엽수는 2처리가 가장 높았다. 신마의 경우는 초장, 경경, 엽수 모두 2처리가 가장 양호하였다.
3. 생육후기 문라이트는 경경에서 4처리가 높았지만 미미했고 엽수는 대체적으로 양액농도가 낮은 1처리와 2처리가 양호했다. 신마의 경우 생육후기 처리별 특성을 비교하면 초장, 경경, 엽수 모두 2처리에서 가장 양호하였다.
4. 수확 후 생육 및 개화 특성 조사 결과 1처리에서 초장, 화중, 절화 중, 화수가 양호하게 나타났다. 2처리에서는 경경, 엽수, 화폭, 엽면적이 높게 나타났다. 신마의 경우는 수확 후 생육 및 개화 특성 조사결과 2처리에서 초장, 경경, 화중, 절화중, 화폭에서 양호한 것으로 나타났다.

5. 시험포장 생육초기와 생육후기 토양분석 실시한 결과 EC는 소폭 증가하였고 처리간 차이는 미미했다. 유효인산 함량과 유기물 함량은 줄었고 치환성양이온 중 칼슘과 마그네슘은 증가했다.
6. 적정 재식거리 구명 시험결과 신마는 수확 후 생육 및 개화특성을 보면 재식거리 12×12cm 처리구가 엽수, 엽장, 절화중, 엽면적에서 가장 양호한 것으로 나타났다. 다음으로 6×12cm(가운데 한칸 비움)처리구가 엽폭과 화폭에서는 양호하였다.
7. 문라이트 수확 후 생육 및 개화특성 조사결과 12×12cm처리구가 초장, 경경, 엽수, 엽장, 절화중, 엽면적, 화수에서 양호하였다.
8. 신마 재식거리 처리별 상품율을 보면 12×12cm처리구가 87.5%로 높았으며 6×12cm(가운데 두 칸 비움)처리구가 83.3%를 나타냈다.
9. 문라이트 재식거리 처리별 상품율을 보면 신마와 같은 경향이었으며 12×12cm처리구가 88%, 6×12cm(가운데 두 칸 비움)처리구가 84.3%를 나타냈다.
10. 한스시스템에서 개발한 무선데이터로거 전송장치(CDMA)는 원격지에서 하우스 내 온습도, 지하부 토양 수분함량 등을 받아 볼 수 있는 시스템으로 실증되었다. 앞으로도 많은 보완을 통하여 농가가 손쉽게 사용할 수 있도록 하면 유용한 장치가 되어 농가에게 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

V. 연구 성과 및 성과활용 계획

- 경제적 효과
 - 농가지도 기업명 : 국화 체험반 교육 2회
- 논문게재·발표 등
 - 해외학술지 게재 1 건
 - 국내세미나 발표 1 건
- 인력양성효과
 - 석 사 1 명
 - 박 사 명
 - 기 타 1 명
- 매스컴 등의 PR 4 건

○ 핵심기술 또는 성과물의 내용

핵심기술 또는 성과물의 내용	수준			
	세계 유일	선진7개국	우리실정에 맞게 변경	기타
① 시설원예 센서 네트워크 기술		○		
② 시설환경 및 작업 제어 시스템		○		
③ 원격 관리 및 자동 생산 시스템		○		
④ 저투입 친환경 정밀 화훼 생산		○		

○ 연차별 연구성과

(단위 : 건수)

구분	특허출원	특허등록	신품종등록 (유전자원 등 포함)	논문		기타
				국외(SCI)	국내	
1차년도						
2차년도	2					
3차년도 (완료후)		2		3	6	
계	2	2		3	6	

○ 연구종료 후 연구결과 활용 목표

(단위 : 건수)

구분	기술이전	상품화	정책자료	교육지도	언론홍보	기타
활용건수	2	2		5	5	

SUMMARY

(영문 요약문)

Recently, there are many researches to enable future ubiquitous environments based on ubiquitous sensor networks(USNs). In USNs, various sensing devices deployed in wireless sensor networks collect meaningful data from physical environments and the data are delivered to neighbor node through radio interfaces for further processing.

Z-field network system can apply on both way short distance/long distance and the setting of the unit such as data logging interval, channel can be adjusted by remote control. The long distance radio communication uses Code Division Multiple Access (CDMA). It means that the wireless sensor unit can be used as a monitoring tool for the environment of the greenhouse within nationwide cellular phone serviceable area. So the environmental information of the greenhouse can be transmitted and saved in the computer and cellular phone located in the laboratory far from the greenhouse (distance between laboratory and greenhouse is about 98 km).

In order to record the temperature which is necessary to the chrysanthemum cultivation HA-TH100 were used and the humidity was recorded at the same time. The sensor was installed at the center of the green house. For soil temperature, the ground temperature sensor (HA-T200) laid in underground depth 10 cm. Tensiometer (HA-3021) was used in the experiment for measuring soil moisture contents. The tensiometer measure the [surface tension](#) and [interfacial tension](#) of a liquid and the data was simply converted into pressure kPa and pF value.

In this research, a remote monitoring system for protected chrysanthemum production was designed and the environmental information was monitored via CDMA technology so the farmer or producer which far away from facility could check essential environmental factor and confirm the results. Results of this research would be useful for construction and utilization of the final remote control system. However further study is needed to complete the integrated remote control system based on wireless sensor network.

This study was carried to set the optimal EC of Chrisantimum by growing stage. To do it, Moonlight(spray) and Sinma was used. In the first stage, the growth of Moonlight was better in EC 1.2 in comparison to other treatments. Sinma was so in EC 0.6. In the middle stage of growing, the development of two cultivars was good in EC 0.8. In the late growing stage, two cultivars was more sound than other treatments in EC 0.8. In the post harvest stage, the flowering development of two cultivars was progressed in EC 1.0. As result of

this study, the optimal EC of two cultivars was EC 1.0 in the middle and late stage. And I studied to find out optimal planting distance of chrysanthemum. I made four treatments for it. There are 12×12cm, 6×12cm, 6×12cm(Vacancy of one point in center), 6×12cm(Vacancy of two points in center). As a result of this experiment, growth phase of 12×12cm was superior than other treatments, and the rate of high quality was higher than others

I studied to compare an affection of electronic bulb. I used two treatments for it. there are incandescent light and fluorescent light. The result said that growth phase in fluorescent light was better than incandescent light

And CDMA data logger equipment was utilized in this study. But to supply to farmers it, Hans system have to complement continuously by farmer's using it easily.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	16
Section 1. Necessity of the project	16
Section 2. Objective and scope of the project	19
Chapter 2. Domestic and overseas states of the technical development	23
Chapter 3. Contents and results of the project	25
Section 1. Remote monitoring and control system for the chrysanthemum production system	25
Part 1. Remote monitoring and control module for the chrysanthemum production system	25
A. Review of the commercial products.	25
B. Conceptual design	45
C. Determination of control factor	47
D. Determination of remote monitoring and control device	53
E. Determination of communication method and protocol	58
F. Design of integrated management software	69
G. Design of integrated control device	76
Part 2. Manufacturing and evaluation of the integrated remote management system	81
A. Manufacturing of monitoring device	81
B. Manufacturing of integrated control device	103
C. Evaluation and troubleshooting in elemental factor	113
D. Evaluation and troubleshooting in remote management system	120
E. Evaluation of reliability and capability of integrated system	126
F. Optional optimization for commercializing	133
G. Results and discussion	135
Section 2. Development of wireless sensor network for chrysanthemum production system	136
Part 1. Development of wireless sensor network module for chrysanthemum production system	136
A. Evaluation of sensor in ground and underground	137
B. Design of wireless sensor network	146
Part 2. Manufacturing, evaluation, troubleshooting and commercializing of wireless sensor network	153

A. Manufacturing of wireless communication module	153
B. Performance test of data communication	207
C. Troubleshooting of wireless sensor network	207
D. Evaluation of reliability and capability	208
E. Optional optimization for commercializing	209
Section 3. Determination and evaluation of optimal control criterion at each growth step in chrysanthemum	210
Part 1. Introduction	210
Part 2. Review of research history	211
Part 3. Materials and method	214
A. Analysis about characteristic in growth step and nutrient density	214
B. Analysis about characteristic in seeding density on optimal nutrient composition	215
C. Application test of remote control device using wireless sensor network and experimental cultivation on artificial illumination	218
Part 4. Results and discussion	221
A. Analysis about characteristic in growth step and nutrient density	221
B. Analysis about characteristic in seeding density on optimal nutrient composition	231
C. Application test of remote control device using wireless sensor network and experimental cultivation on artificial illumination	244
Part 5. Abstract	252
Chapter 4. Achievement of results and technical contributions	254
Section 1. Achievement of result	254
Section 2. Technical contributions	255
Chapter 5. Plans for utilization of results	256
Chapter 6. Collection of overseas science and technology information during research process	264
Chapter 7. References	267

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	16
제 1 절 연구 개발 필요성	16
1. 경제적, 산업적 중요성	16
2. 연구개발의 필요성	17
제 2 절 연구개발 목표 및 내용	19
1. 연구개발의 최종목표	19
2. 연구 내용	19
 제 2 장 국내외 기술개발 현황	 23
 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	 25
제 1 절 국화 생산 작업 및 환경 원격 제어 시스템 개발	25
1. 국화 생산 작업 및 환경 원격 제어 모듈 개발	25
가. 기존 상용 시스템 조사/분석	25
나. 시스템 개념 설계	45
다. 제어인자 선정	47
라. 원격 모니터링 및 제어 단말기 선정	53
마. 통신방식 및 프로토콜 결정	58
바. 통합 관리 S/W설계	69
사. 통합제어기 회로 설계	76
2. 통합 원격 관리 시스템 제작 및 평가	81
가. 작업 및 환경 감시 요소 제작	81
나. 통합제어기 제작	103
다. 개별 요소 성능 시험 및 문제점 도출	113
라. 원격 관리 시스템 성능 시험 및 보완	120
마. 통합 시스템 신뢰성, 현장 적응성 평가	126
바. 보급형 사양 확정, 단순화, 옵션화, 사업화 준비	133
사. 종합 결론	135
제 2 절 국화 생산 환경 무선 센서네트워크 개발	136
1. 국화 생산 환경 무선 센서네트워크 모듈 개발	136
가. 지상/지하부 센서 적합성	137
나. 무선네트워크 설계	146
2. 무선 센서 네트워크 제작, 문제점 보완 및 평가, 실용화/사업화	153
가. 무선 통신 모듈 제작	153

나. 데이터 송/수신 성능시험	207
다. 무선 센서 네트워크 문제점 보완	207
라. 신뢰성, 현장 적응성 평가	208
마. 보급형 사양 확정, 단순화, 옵션화, 사업화 준비	209
제 3 절 국화 생육단계별 최적 제어기준 설정 및 통합 시스템 효과검증	210
1. 서언	210
2. 연구사	211
3. 재료 및 방법	214
가. <시험 1> 국화 생육단계별 양액농도별 생육특성 분석	214
나. <시험 2> 최적 양액농도에서 재식밀도별 생육특성 분석	215
다. <시험 3> 무선센서활용 원격제어장치 실증시험 및 전조등 시험재배 · 218	
4. 결과 및 고찰	221
가. <시험 1> 국화 생육단계별 양액농도별 생육특성 분석	221
나. <시험 2> 최적 양액농도에서 재식밀도별 생육특성 분석	231
다. <시험 3> 무선센서활용 원격제어장치 실증시험 및 전조등 시험재배 · 244	
5. 적요	252
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	254
제 1 절 연구개발 목표 달성도	254
제 2 절 대외기여도	255
제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획	256
제 1 절 연구개발 성과 요약	256
제 2 절 연구 개발 성과 및 활용계획	257
제 3 절 사업화 전략	263
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	264
1. 네덜란드 재배 온실 자동화시설 정보수집	264
2. 네덜란드 와게닝겐대학교(식물과학연구소) 방문	265
제 7 장 참고문헌	267

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구 개발 필요성

1. 경제적·산업적 중요성

- 원예산업은 '80년대부터 노지에서 시설농업으로 전환되면서 시설재배 면적 급증
 - ☞ 시설면적: '90년 25,450 ha → '04년 51,237 ha
 - ☞ 시설유형: 비닐하우스 96%, 유리온실 318 ha, 경질관 온실 248 ha
- 국화는 우리나라 화훼류 중 재배 비중이 높음
 - ☞ 전체 화훼 재배면적의 10%, 생산액의 10% 점유
 - ☞ 재배면적: '00년 732 ha → '06년 805 ha (10% 증가)
 - ☞ 생산액: '00년 562 억 원 → '06년 915 억 원 (63% 증가)
- 우리나라 화훼류 및 국화 수출액도 매년 증가하고 있음
 - ☞ 화훼류 총 수출: '01년 31,849 천 달러 → '05년 52,142 천 달러
 - ☞ 국화 수출: '01년 7,252 천 달러 → '05년 8,503 천 달러
- 국화를 비롯한 화훼류의 국내소비 및 수출 수요가 생활수준 향상 등으로 지속적으로 증가할 것으로 전망되고 있으나, 국제무역 자유화 경향으로 인한 경쟁 심화 및 고유가 등 주변환경의 변화로 어려움에 직면하고 있음
- 시설원예 기자재 등 생물생산시설시스템 분야의 시장규모는 급증할 전망이다
(미래 농업기술예측·로드맵 작성 및 효율적인 투자기술 개발, 농림부, 2004)
 - ☞ 시장규모 전망: 현재 1조이상 → '12년 10조 이상
- 시설원예 기자재 시장규모는 급성장할 전망이지만 국내 산업 현황은 관련업체가 (사)한국농자재산업협회 집계 회원사 52개이며 주로 외국산 설비를 수입·판매하고 있으며 영세하여 자체 국산기술의 개발 및 산업화가 시급함

2. 연구개발의 필요성

- 국화 생산 경쟁력 강화를 위하여 비용절감 및 품질향상이 요구됨
 - ☞ 비용절감: 농자재, 에너지, 인력, 비용, 시간을 최소화
 - ☞ 품질향상: 생육단계별 생산작업 및 최적 생육환경 정밀농업형 관리

- 국화 등 시설원예 분야 향후 개발 우선과제로 정밀농업기술, 고효율·저투입 생산시스템, 고도 환경제어 기술, 친환경 시스템화 기술 등으로 선정되었음 (미래 농업기술예측·로드맵 작성 및 효율적인 투자기술 개발, 농림부, 2004)

- 네델란드 등 외국의 경우, 저투입 친환경 국화생산을 위해 다음 기술들이 실용화
 - ☞ 생육단계별 생산을 위한 작업(수분관리 등) 및 환경 (광, 온도, 습도, CO₂ 등) 관리
 - ☞ 네트워크를 통한 재배정보 시스템 및 원격제어 기술
 - ☞ 센서기반 복합 환경 제어 시스템 실용화

- 우리나라의 경우, 개별요인 조절 기술 실용화 단계이고 원격제어 등은 초기단계임
 - ☞ 일사량감응 변온관리 시스템 개발
 - ☞ On/Off 방식의 단일요인 환경조절 단계
 - ☞ 무선네트워크 및 원격제어 기술 등 IT분야 주변기술은 우리나라 경쟁력이 있으므로 국화 생산 시스템에 적용성이 높음
 - ☞ 참여기업인 (주)한스시스템(www.hanssystem.co.kr)은 시설원예 관련 생산환경정보 측정센서 및 양/수분 제어 시스템을 판매하는 선도업체로 작물 생육측정, 데이터 로거 등 요소기술을 자체개발하고 있음

- 국화 생산 시설이 무선화, 통합 시스템화, 국산화 되지 못하여 품질 및 생산성이 떨어지고, 노동력이 많이 소요되며, 오작동에 의한 치명적 피해 사례가 보고되고 있으며, 신뢰성 있는 국화 생산 통합 관리 시스템에 대한 소비자 요구가 증가하고 있음

- 따라서, 아래 조건을 만족하는 자동화 국화 생산 시스템 개발이 시급히 요구됨
 - ☞ 무선 센서네트워크를 이용한 국화 생육 환경 및 작업 실시간 모니터

링

- ☞ 농자재 및 에너지 저투입, 친환경 정밀농업형 시설 및 생육관리
- ☞ 인력, 시간 등을 최소화하기 위한 생산 작업 및 환경 관리 원격 자동화

제 2 절 연구개발 목표 및 내용

1. 연구개발의 최종목표

- 최종목표는 시설 국화 생산 작업 상태 및 환경을 센서네트워크로 모니터링하고 국화 생육 최적 조건을 위한 작업 및 농자재 투입을 원격 자동 관리할 수 있는 국화 생산 시스템 개발
- 이를 달성하기 위한 세부 및 단계별 목표는 다음과 같이 구분됨
 - ☞ 국화 생산 시설 환경 및 작업상태를 모니터링하는 무선 센서네트워크 개발
 - ☞ 국화 생산 환경 및 작업을 원격에서 제어할 수 있는 원격 관리 기술 개발
 - ☞ 국화 생산 시설 환경제어 및 작업을 수행하는 생산 원격 자동화 시스템 개발
 - ☞ 국화 생육단계별 지상부 및 지하부 최적 제어기준 설정
 - ☞ 구성요소 및 통합시스템 성능평가(국화상품성, 비용절감, 생력화 정도, 시스템 안정성 등)

2. 연구 내용

- 본 과제의 연구개발 목표인 “무선 센서네트워크를 이용한 원격 자동화 국화 생산 시스템 개발”을 달성하기 위하여 다음과 같은 3개의 세부과제를 구성하였다.

[국화 생산 작업 및 환경 원격 제어 시스템 개발 : 충남대학교]

■원격 관리 시스템 요소 설계(1차년도)

- 기존 상용 시스템 조사/분석
- 시스템 개념 설계
- 제어인자 선정
- 원격 모니터링 및 제어 단말기 선정
- 통신방식 및 프로토콜 결정
- 통합 관리 S/W설계
- 통합제어기 회로 설계
 - 작업: 수분, 양분 관리

- 환경: 광, 온도, 습도
- 개별작업 진행순서도 정리
- 모니터링 신호 종류, 크기, 방식 등 결정
- 제어 신호 종류, 크기, 방식 등 결정
- 구성 요소 기성품 최대한 활용
- 요소 도면, 회로도 작성
- 동력 산출

■ 통합 원격 관리 시스템 제작, 문제점 보완 및 평가, 실용화/ 사업화(2차년도)

- 작업 및 환경제어 요소 제작
- 통합제어기 제작
- 개별 요소 성능 시험 및 문제점 도출
- 원격 관리 시스템 문제점 보완
- 신뢰성, 현장 적응성 평가
- 보급형 사양 확정, 단순화, 옵션화, 사업화 준비
 - 기성품 최대한 활용
 - 원격관리에 필요한 부분만 개량 및 기능추가
 - 요인별 모듈화
 - 요소 제어 신뢰성 평가
 - 요소 제어 응답성 평가
 - 통합제어 시 상충요인
 - 장시간 사용 시 안정성
 - 오류검증 및 개선방안 도출
 - 원격 모니터링/관리 문제점 보완
 - 오작동/통신장애 평가
 - 신뢰성 확보방안 보완
 - 보급형 제원확정, 모듈화 및 옵션화, 매뉴얼 작성

[국화 생산 환경 무선 센서네트워크 개발 : 충북대학교]

■ 지상/지하부 센서 적합성 구명 및 무선 네트워크 설계(1차년도)

- 기존 상용 센서 조사/분석
- 적합성 검토 및 측정 인자별 센서 선정
- 네트워크 설계 및 설계인자 기초시험
- 센서별 응답특성 구명
 - 위치별, 깊이별
- 무선 통신 방식 선정
 - 지하: 수분, 양분
 - 지상: 온도, 습도, 광

- 가격, 설치 편리성 등 고려
- 센서 출력 형태 (아날로그, 디지털)
- 전원공급 형태
- 거리 및 장애물에 따른 응답성, 신뢰도 평가
- 네트워크 구성 요소 (센서 소그룹, 중계부, 통합 전송부)
- 무선 통신 프로토콜 설계

■ 무선 센서 네트워크 제작, 문제점 보완 및 평가, 실용화/사업화(2차년도)

- 무선 통신 모듈 제작
- 센서 소그룹별 네트워크 구성
- 통합 센서 네트워크 구성
- 데이터 송/수신 성능시험
- 무선 센서 네트워크 문제점 보완
- 신뢰성, 현장 적응성 평가
- 보급형 사양 확정, 단순화, 옵션화, 사업화 준비
 - 기성품 최대한 활용
 - 다중 센서에 부착할 수 있는 형태로 제작
 - 가격 최소화/확장성 고려
 - 사용자 편의성 고려
 - 현장 실제 배치 시 응답성, 안정성 평가 (측정주기, 센서 수, 거리별)
 - 장시간 사용 시 안정성
 - 성능저하, 부식, 오류인자 검증 및 개선방안 도출
 - 문제점 보완
 - 오작동/통신장애 평가
 - 신뢰성 확보방안 보완
 - 보급형 제원확정, 모듈화 및 옵션화, 매뉴얼 작성

[국화 생육단계별 최적 제어기준 설정 및 통합 시스템 효과검증 : 예산국화시험장]

■ 국화 재배 토양 환경 조건 기준 구명(1차년도)

- 생육 단계별 양/수분 흡수 특성
- 재식밀도별 양/수분 흡수 특성
- 국화 종류별 양/수분 흡수 특성
 - 기존자료 조사·분석
 - 국화: 스탠다드, 스프레이
 - 생육 단계별 최적 양/수분량 설정
 - 재식밀도별 최적 양/수분량 설정
 - 양/수분 공급주기, 횟수
 - 요인별 상품성, 비용 평가

■국화 온실 기상 환경 조건 기준 구명, 통합 국화 생산 효과 검증(2차년도)

- 광 환경 조절 기준 설정
- 온도/습도 기준 설정
- 통합 시스템 현장 적용
- 국화 수량 및 품질 평가
- 사용자 편이성 평가
- 경제성 평가
 - 기존자료 조사·분석
 - 국화: 스펠다드, 스프레이
 - 생육 단계별 환경 기준 설정
 - 환경 조절 주기, 공급량
 - 단일, 장일 처리 방식
 - 요인별 상품성, 비용 평가
 - 시험구, 대비구 처리
 - 반복수 2회 × 생산 2회
 - 사용자 설문(구매가능성 등)
 - 경제성 평가

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1. 세계적 수준

개념정립 단계		기업화 단계		기술 안정화 단계	○
---------	--	--------	--	-----------	---

2. 국내수준

- 단일 요인 조절 기술 실용화 단계이고 시설 환경 원격제어는 도입 초기 단계임
- 기술에 대한 개념은 정립되어 있으나, 센서 등 주요 기자재가 거의 수입 제품임
- 무선네트워크 및 원격제어 기술 등 IT 분야 주변 첨단기술은 국제 경쟁력 있음
→ 시설 국화 생산 적용 및 성공 가능성

기술부분	개념 정립	개발중	개발완성 단계	실용화	비고
시설원에 센서 네트워크 기술 (지상부, 지하부)	○				○ 개별센서 수입의존 ○ 무선 네트워크 국내 기술 우위
시설 환경 및 작업 제어 시스템				○	○ 단일 인자 제어 ○ On/Off 제어 수준 ○ 제어장치 수입의존
원격 관리 및 자동 생산 시스템	○				○ 원격 제어IT기는 국내 우위
국화 생육 환경 최적 제어 기준 설정			○		○ 센서값과 연계성 미비

3. 국내·외의 연구현황

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
농촌진흥청 농업공학연구소	컴퓨터를 이용한 양액 자동 급이 제어 시스템	식물공장 연구에 활용 중
농촌진흥청 원예연구소	냉·난방 에너지 절감 시스템	내·외 온도차에 의한 천측창 개폐방식 등 보급
일본 농업환경연구소	Wi-Fi 통신 네트워크와 웹 카메라 사용으로 작물생육 환경 데이터 관리	미국, 일본 등 관련회사에 기술이전 및 전 세계 판매
이스라엘 파이토크	식물생장 모니터링으로 관개제어를 위한 400 MHz 대역 무선 센서네트워크 및 CDMA 데이터 통신	실용화 보급으로 농가별 생산량 톤 당 \$700 소득증대
미국 Spectrum technology	800 MHz 대역의 센서 네트워크와 CDMA 데이터 통신 병해충 관련 응용프로그램	200만원대 저가형으로 보급

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 국화 생산 작업 및 환경 원격 제어 시스템 개발

1. 국화 생산 작업 및 환경 원격 제어 모듈 개발

가. 기존 상용 시스템 조사/분석

- 본 연구 수행을 위해 특허, 논문 및 각종 전문지를 통하여 조사를 실시하였음. 특허는 국내 특허를 중심으로 특허정보원DB를 통해 1998년 1월 1일부터 2007년 12월 31일까지 최근 10년간 조사를 실시하였음.
- 개별센서를 이용한 환경 모니터링 시스템은 조사되었으나, 무선 센서네트워크에 의한 환경 및 작업상태를 종합적으로 모니터링하는 시스템은 없었으며, 특히 원격 작업 제어 시스템은 극히 제한적인 것으로 조사되었음

표 1-1. 국내 특허조사표(색인어: 원격 제어 시스템)

출원번호	출원일자	발명의 명칭	출원인
1019980031352	1998-07-31	유리온실 음성경보 및 원격제어장치	주식회사 그린포닉스
1020050114639	2005-11-29	온실 제어 시스템	이용진
1020070031766	2007-03-30	유리 온실 자동화 및 제어시스템	주식회사 대영
1020070023878	2007-03-12	토양 및 환경 센서를 이용한 온실 자동제어 시스템 및 온실관리 방법	순천대학교 산학협력단
1020040086965	2004-10-29	실내환경 제어시스템 및 그 제어방법	(주)모아정보 기술
1020050116724	2005-12-02	비닐 하우스 원격 관리장치	박은석
1020050035089	2005-04-27	유비쿼터스 기반의 농장 관리 시스템 및 그 방법	에스케이 텔레콤주식회사

1020050035092	2005-04-27	유비쿼터스 기반의 농장 관리 시스템 및 그 방법	에스케이 텔레콤주식회사
1020050035090	2005-04-27	유비쿼터스 기반의 농장 관리 시스템 및 그 방법	에스케이 텔레콤주식회사
1020050035093	2005-04-27	리모콘 및 그 리모콘을 이용한 유비쿼터스 기반의 농장 관리 방법	에스케이 텔레콤주식회사

■ 국내 • 국외 특허 출원 및 등록 조사

▶ 국내 특허 출원 및 등록

- 검색사이트 : <http://www.kipris.or.kr>
- 특허조사 검색기간 : 2000.01.01 ~ 2009.12.31
- 국내 특허 출원

표 1-2. 국내 특허조사표 (색인어: 원격제어, 무선통신, 온실)

출원번호	출원일자	발명의 명칭	출원인
전체 조사			
2020040017995	2004.06.25	중고 이동통신 단말기를 활용하여 제작한 각종 원격제어 및 원격검침시스템의 구현과 그 방법	김필동
1020080092535	2008.09.22	휴대 단말기 원격제어방법 및 이를 이용한 장치	(주)삼성전자
1020080109577	2008.11.05	영상재생장치. 원격제어단말장치. 원격제어시스템 및 그방법	한국과학기술원
1020080023530	2008.03.13	RFID원격 제어 시스템 및 방법	김선욱
1020080111762	2008.11.11	센서네트워크환경설정을 위한 원격프로그래밍 방법	현대중공업
1020080079760	2008.08.14	유비쿼터스 센서 네트워크환경에서의 멀티감시장치 및 방법	(주)에스에이치아이앤씨
1020070110062	2007.10.31	무선 센서 네트워크 관리 장치 및 방법	박동환

1020040098512	2004.11.29	반도체생산공장의 원격조정시스템	우완동
1020080060318	2008.06.25	유무선 통신을 이용한 유비쿼터스 조명제어 시스템	(주)에스피컴텍
1020050114585	2005.11.29	유비쿼터스환경하의 센서 네트워크장치 및 그 제어방법	(주)엘지노텔
1020080034336	2008.04.14	풍향센서를 구비하는 조명조절용 유비쿼터스 가로등	홍익대학교 산학협력단
1020060135480	2006.12.27	유비쿼터스 홈 네트워크 시스템	(주)맥스포
1020080039774	2008.04.29	센서네트워크를 이용한 공기청정 시스템	(주)신성델타테크
1020070132203	2007.12.17	무선 센서 네트워크의 구역별 위치 인식 방법 및 장치	도윤미
1020080116592	2008.11.24	유비쿼터스 제조 환경을 위한 센서네트워크 시스템	(주)아이디정보시스템
농업관련 조사			
1020020020431	2002.04.15	유·무선통신을 이용한 원격사육방법 및 그 시스템	박대진
1020000041437	2000.07.19	인터넷을 통한 원격 양육 방법	이광래
1020080018007	2006.08.23	원격형 전원복귀 시스템	건양대학교 산학협력단
1020000053317	2000.09.08	유무선 전화망을 이용한 원격 제어 및 경보 장치	김성식
1020040025515	2004.04.13	방조제 배수갑문의 원격감시 및 제어시스템	안종율
1020010000168	2001.01.03	농업용수 및 지표수 수질 자동 측정시스템	농업기반공사
1020070103617	2007.10.15	이진부호분할다중접속 기반 실시간 영상. 센서데이터 모니터링 시스템	(주)이노텔레콤
1020010052808	2001.08.30	농업 및 수산업용 생산관리 시스템	(주)퓨어사이언스

1020050005218	2005.01.20	인터넷을 이용한 원거리 가축 사육 시스템 처리 방법	서병욱
온실관련 조사			
2020000001805	2000.01.22	시설원예용 원격 제어장치	(주)신영전자
1020070092378	2007.09.12	온실 무선 제어장치 및 그를 이용한 제어방법	(주)농정사이버
2020040006432	2004.03.10	웹 기반 원격 모니터링이 가능한 저가형 온실 제어기	이은철
1020080060191	2008.06.25	유비쿼터스 센서네트워크 기반 온실환경 자동관리 시스템	정희창
1020050099036	2005.10.20	이동통신 모뎀 및 무선 근거리 통신 모듈을 구비한 게이트웨이 장치를 활용한 온실 관리 방법	SK Telecom
3020060052088	2006.12.29	원격 온도 경보기	이영윤
2020010019881	2007.07.02	농업용 하우스 환경 원격 경보 인식 시스템	(주)효성하이테크
1020050039716	2005.05.12	하우스 감시통보 제어 시스템	(주)지맥
1020070092383	2007.09.12	온실 무선경보 감시장치 및 그를 이용한 감시방법	농촌진흥청

표 1-3. 국내 특허조사표 (색인어: 센서 네트워크)

출원번호	출원일자	발명의 명칭	출원인
전체 조사			
1020070110062	2007.10.31.	무선 센서 네트워크 관리 장치 및 방법	한국전자통신연구원 (주)엘지씨엔에스
1020080002096	2008.01.08.	유비쿼터스 센서네트워크 간 병관리시스템 및 그 방법	(주)아이웨어
1020070132203	2007.12.17.	무선 센서 네트워크의 구역별 위치 인식 방법 및 장치	한국전자통신연구원
1020070133410	2007.12.18.	센서 네트워크를 구성하기 위한 타겟 센서 노드를 시험하는장치 및 그 방법	한국전자통신연구원
1020070028536	2007.03.23.	센서 네트워크를 이용한 교통사고 표시 방법 및 시스템	전자부품연구원
1020070122888	2007.11.29.	센서 네트워크 관리 장치 및 그 방법	한국전자통신연구원
1020050110582	2005.11.18.	센서 네트워크를 이용한 사용상황 표시 시스템	이민구
1020040110906	2004.12.23.	센서 네트워크 및 케이블 방송망을 이용한 화재 경보시스템 및 방법	이민구
1020080020775	2008.03.06.	센서 네트워크형 멀티탭	(주)아이비트
1020010009016	2001.02.22.	무선 통신 단말을 이용한 원격제어 방법	(주)삼성전자
1020010046571	2001.08.01.	이동통신단말기를 이용한 원격지 컴퓨터 제어방법 및 그 시스템	(주)모빌탑
1020020003132	2002.01.18.	이동 단말기 원격제어 시스템 및 방법	(주)삼성전자
1020070110062	2007.10.31.	무선 센서 네트워크 관리 장치 및 방법	한국전자통신연구원 주식회사 엘지씨엔에스
1020080002096	2008.01.08.	유비쿼터스 센서네트워크 간 병관리시스템 및 그 방법	(주)아이웨어
1020070132203	2007.12.17.	무선 센서 네트워크의 구역별 위치 인식 방법 및 장치	한국전자통신연구원
1020070133410	2007.12.18.	센서 네트워크를 구성하기 위한 타겟 센서 노드를 시험하는장치 및 그 방법	한국전자통신연구원

1020070028536	2007.03.23.	센서 네트워크를 이용한 교통 사고 표시 방법 및 시스템	전자부품연구원
1020070122888	2007.11.29.	센서 네트워크 관리 장치 및 그 방법	한국전자통신연구원
1020050110582	2005.11.18.	센서 네트워크를 이용한 사용 상황 표시 시스템	이민구
1020040110906	2004.12.23.	센서 네트워크 및 케이블 방송망을 이용한 화재 경보시스템 및 방법	이민구
1020080020775	2008.03.06.	센서 네트워크형 멀티탭	(주)아이비트
1020010009016	2001.02.22.	무선 통신 단말을 이용한 원격제어 방법	(주)삼성전자
1020010046571	2001.08.01.	이동통신단말기를 이용한 원격지 컴퓨터 제어방법 및 그 시스템	(주)모빌탑
1020020003132	2002.01.18.	이동 단말기 원격제어 시스템 및 방법	(주)삼성전자
농업관련 조사			
1020090027822	2009.03.31.	개방형 원격제어 장치	(주)대영
1020040082351	2004.10.14.	무선통신망을 이용한 취수 제어 시스템 및 제어 방법	이종태
1020050035886	2005.04.29.	작물 생장 관측 시스템 및 그 방법.	민기철
1020050035090	2005.04.27.	유비쿼터스 기반의 농장 관리 시스템 및 그 방법	(주)에스케이텔레콤
1020080025664	2008.03.20.	유비쿼터스 센서 네트워크 기반의 식품위생 자동관리시스템 및 그 방법	(주)제일기술
1020060060210	2006.06.30.	무인 중경 제초기	경북대학교 산학협력단
1020010000168	2001.01.03.	농업용수 및 지표수 수질 자동측정시스템	농업기반공사
1020010052965	2001.08.30.	물탱크의 수위 자동 조절방법 및 그 시스템	(주)시온테크닉스
1019990017887	2006.08.07.	피엘씨 기반 농어촌 설비의 원격 감시제어 시스템 및 그방법	(주)송암시스템
온실관련 조사			

1020070031766	2007.03.30.	유리 온실 자동화 및 제어시스템	(주)대영
1020060125362	2006.12.11.	강화 수지패널 온실하우스	한용수
2020000001805	2000.01.22.	시설원예용 원격 제어장치	농촌진흥청
1020080070769	2008.07.21.	온실용 복합환경 제어기	(주)그린씨에스
1020040086965	2004.10.29.	실내환경 제어시스템 및 그 제어방법	(주)모아정보기술
1020050114639	2005.11.29.	온실 제어 시스템	이용진
1020060023164	2006.03.13.	환경인자 감지기	(주)파루

▶ 국외 특허 출원 및 등록

○ 검색사이트 : <http://patft.uspto.gov/>

○ 특허조사 검색기간 : 2000.01.01 ~ 2009.12.31

○ 국외 특허 출원

(※색인어 : remote control, wireless communication, sensor network, greenhouse, glasshouse)

표 1-4. 국외 특허조사표 (출원 기준)

출원번호	출원일자	발명의 명칭	출원인
전체 조사			
20080307459	2008.12.11.	Modular remote control and user interfaces	Migos Charles J.
20080303688	2008.12.11.	REMOTE CONTROL LIGHTING CONTROL SYSTEM	Newman, JR.
20080193260	2008.08.14.	Remote Control Device	Yokokohji
20080104388	2008.05.01.	COMPUTER SYSTEM AND CONTROL METHOD THEREOF, AND REMOTE CONTROL SYSTEM	KIM Chan-woo
20080070621	2008.03.20.	Digital cordless phone having remote control functionality	Ou Yang Kenneth Wisheng
20080054863	2008.03.06.	POWER SUPPLY SYSTEM WITH REMOTE CONTROL CIRCUIT AND POWER SUPPLY SYSTEM OPERATION METHOD	Chuang Chih-Tarng
20080037524	2008.02.14.	Remote Control Telephone Dialing System and Method	Koch Robert A.
20080137624	2008.06.12.	Method and Apparatus for Management of a Global Wireless Sensor Network	Silverstrim James E.
20080084294	2008.04.10.	WIRELESS SENSOR NETWORK AND ADAPTIVE METHOD FOR MONITORING THE SECURITY THEREOF	ZHIYING Yao
20070299956	2007.12.27.	SENSOR NETWORK	Odaka Toshiyuki

		SYSTEM. GATEWAY NODE. AND METHOD FOR RELAYING DATA OF SENSOR NETWORK SYSTEM	
20070221125	2007.09.27.	SEMICONDUCTOR PROCESSING SYSTEM WITH WIRELESS SENSOR NETWORK MONITORING SYSTEM INCORPORATED THEREWITH	Kaushal Sanjeev
20070140303	2007.06.21.	Real-time wireless sensor network protocol having linear configuration	Kim Jae-Ho
20060214014	2006.09.28.	Temperature control using a sensor network	Bash Cullen E.
농업관련 조사			
20070286269	2007.12.13.	Spectrum analyzer with remote control link	Hill Gregory S.
20060087433	2006.04.27.	Techniques to configure a remote control	Sheller Nathan J.
20020044225	2002.04.18.	Remote control for wireless control of system and displaying of compressed video on a display on the remote	Rakib. Selim Shlomo
20020031120	2002.03.14.	Remote control for wireless control of system including home gateway and headend. either or both of which have digital video recording functionality	Rakib. Selim Shlomo
20020010925	2002.01.24.	Remote control of program scheduling	Kikinis. Dan
20080063411	2008.03.13.	Photonics-based Multi-band Wireless Communication System	Lekkas Panos C.

20080063028	2008.03.13.	Photonics-based Multi-band Wireless Communication Methods	Lekkas Panos C.
20060108181	2006.05.25.	Elevator wireless communication infrastructure using piconet modules	Bacellar Luiz
20060094426	2006.05.04.	Wireless communication system and method	Donaho Ralph W
20070262863	2007.11. 15.	Sensor network system and sensor network position specifying method	Aritsuka Toshiyuki
20070185660	2007.08.09.	Method of regulating wireless sensor network energy use	Anderson Noel Wayne
20040090329	2004.05.13.	RF based positioning and intrusion detection using a wireless sensor network	Hitt. Dale K.
온실관련 조사			
20030034898	2003.02.20.	Thermostat and remote control system and method	Shamoon. Charles G.
20050222933	2005.10.06.	System and method for monitoring and control of wireless modules linked to assets	Wesby. Philip Bernard
20040004948	2004.01.08.	Hybrid wireless network for data collection and distribution	Fletcher. Richard
20050064871	2005.03.24.	Data transmission path establishing method. radio communication network system. and sensor network system	Kawasaki. Daisuke

표 1-5. 국외 특허조사표 (등록 기준)

등록번호	등록일자	발명의 명칭	출원인
전체 조사			
7.430.001	2008.09.30.	Image sensing system. communication apparatus and image sensing apparatus having remote control function. and their control method	Fujii Kenichi
D573.548	2008.07.22.	Remote control for air conditioner	Chouji Masahiko
D567.801	2008.04.29.	Remote control for electronic device	Trappler Wilma J.
7.366.506	2008.04.29.	Remote control system in mobile communication terminal and method thereof	Jung Soo-Yong
7.348.551	2008.03.25.	Remote-control light receiving unit and electronic apparatus using the same	Yoshida Hiroshi
7.332.686	2008.02.19.	Remote control electrical switch	Parnell Richard Erle
7.317.926	2008.01.08.	Synchronous transmission of data with network remote control	Cloutier Jocelyn
7.378.953	2008.05.27.	Transmission between a sensor and a controller in a wireless sensor network	Coronel Pedro E.
7.439.867	2008.10.21.	Environmental sensor network	Staples Peter Ethan
7.443.310	2008.10.28.	Remote sensor network system with redundancy	Boran Colm
7.305.467	2007.12.04.	Autonomous tracking wireless imaging sensor network including an articulating sensor and automatically organizing network nodes	Kaiser William J.
7.299.068	2007.11.20.	Wireless sensor network for monitoring one or more selected environmental	Halla Brian L.

		characteristics	
7.109.875	2006.09.19.	network system managing program. storage medium containing sensor network system managing program. sensor network system managing device. relay network managing method. relay network managing program. storage medium containing relay network managing program. and relay network managing device	Ota Shunji
농업관련 조사			
7.319.394	2008.01.15.	Techniques to configure a remote control	Sheller Nathan J.
6.705.247	2004.03.16.	Remote control and data logging	Heslin Michael Brett
5.715.042	1998.02.03.	Method for determining the precise position of a mobile vehicle moving in an open space and apparatus employing said method for the vehicle remote control	Milani Carlo

■ 국내 • 국외 논문 조사

- 출처 : 국내학회지(KISS) <http://kiss.kstudy.com/>
- 검색어 : 온실제어, 원격제어

표 1-6. 국내 논문조사표(검색어: 온실제어, 원격제어)

발행기관	발행년도	제목	저자
한국생물환경 조절학회(한국 시설원예연구회 통합)	2006	PLC와 컴퓨터를 이용 한 식물생산공장의 환 경제어	김동억(Dong Eok Kim), 장유섭(Yu Seob Chang), 김종구(Jong Goo Kim), 김현환(Hyeon Hwan Kim), 이동현(Dong Hyeon Lee), 장진택(Jin Taek Chang)
한국농업기계학회	2003	생물생산시설 및 환경 공학 ; 온실 생육환경 및 제어정보 데이터베 이스 개발	공대광(D.G.Kong), 류관희(K.H.Ryu), 진제용(J.Y.Jin)
한국농업기계학회	2002	정보처리 및 복합기술 : 웹 기반의 온실 원 격 제어 시스템의 개 발	허원석(W.S.Heo), 심주현(J.H.Shim), 이석규(S.G.Lee), 김규원(K.W.Kim), 조명환(M.W.Cho), 김희태(H.T.Kim)
한국정보처리학회	2001	소프트웨어공학 : 인 터넷 기반의 온실 환 경 제어 시스템에 관 한 연구	김대업(Dae Up Kim), 박홍복(Hung Bog Park)

○ 출처 : 국내학회지(DBPIA) <http://www.dbpia.co.kr/>

○ 검색어 : 센서 네트워크, 온실제어

표 1-7. 국내 논문조사표 (검색어: 센서 네트워크, 온실제어)

발행기관	발행년도	제목	저자
한국인터넷정보학회	2008	센서 네트워크를 활용한 유비쿼터스 온실관리시스템 구현	서종성(Jong-Seong Seo), 강민수(Min-Su Kang), 김영곤(Young-Gon Kim), 심춘보(Chun-Bo Sim), 주수종(Su-Chong Joo), 신창선(Chang-Sun Shin)

○ 검색어 : 국화, 온실제어

표 1-8. 국내 논문조사표 (검색어: 국화, 온실제어)

발행기관	발행년도	제목	저자
한국생물환경조절학회	2003	하계 국화 시설재배 시 효과적인 온실냉방 시스템 활용	남은영(Nam E.Y.), 김태영(Kim T.Y.), 조일환(Cho I.H.), 김기덕(Kim K.D.), 남윤일(Nam Y.I.)

○ 출처 : Web of science <http://isiknowledge.com/>

○ 검색어 : greenhouse, automatic control

표 1-9. 국외 논문조사표 (검색어: greenhouse, automatic control)

Source	Published	Title	Author(s)
COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE	2009	Towards an adaptive model for greenhouse control	Speetjens, SL; Stigter, JD; van Straten, G
INTERNATIONAL AGROPHYSICS	2007	Embedded real-time system for climate control in a complex greenhouse	Candido, A; Cicirelli, F; Furfaro, A, et al.
HORTTECHNOLOGY	2001	Real-time monitoring of greenhouse climate control using the Internet	Ehler, N; Aaslyng, JM
KOREAN JOURNAL OF HORTICULTURAL SCIENCE & TECHNOLOGY	2009	Interaction Effects between Light Level and Plant Density on Plant Growth, Development and External Quality in Year-around Cut Chrysanthemum	Lee, JH; Heuvelink, E; Bakker, MJ

표 1-10. 국외 논문조사표 (검색어: greenhouse, remote control)

Source	Published	Title	Author(s)
ADVANCES IN SPACE RESEARCH	2009	Developing strategies for automated remote plant production systems: Environmental control and monitoring of the Arthur Clarke Mars Greenhouse in the Canadian High Arctic	Bamsey, M; Berinstain, A; Graham, T, et al.
MODERN PHYSICS LETTERS B	2008	Machine vision monitoring system of lettuce growth in a state-of-the-art greenhouse	Lee, JW
COMPUTER APPLICATIONS IN ENGINEERING EDUCATION	2005	Web-based remote control laboratory using a greenhouse scale model	Guzman, JL; Berenguel, M; Rodriguez, F, et al.
SOLAR ENERGY	2004	System design, operation and performance of roof-integrated desalination in greenhouses	Chaibi, MT; Jilar, T

○ 출처 : Web of science <http://isiknowledge.com/>

○ 검색어 : greenhouse, sensor networks

표 1-11. 국외 논문조사표 (검색어: greenhouse, sensor networks)

Source	Published	Title	Author(s)
SENSORS	2009	Simulation of Greenhouse Climate Monitoring and Control with Wireless Sensor Network and Event-Based Control	Pawlowski, A; Guzman, JL; Rodriguez, F, et al.
HORTSCIENCE	2008	Wireless sensor networks for real-time management of irrigation and nutrient applications in the greenhouse and nursery industry	Lea-Cox, JD; Ristvey, AG; Arguedas, FR, et al.
JOURNAL OF ZHEJIANG UNIVERSITY-SCIENCE A	2007	A wireless solution for greenhouse monitoring and control system based on ZigBee technology	Zhang, Q; Yang, XL; Zhou, YM, et al.

- 관련 전문지 및 인터넷을 통해 관련된 기존 상용 시스템들을 조사하였으며, 국내 시스템으로는, 희성테크, 아이온이엔지 등이 있었으며, 각 회사 및 모델별 주요 특징과 성능은 아래와 같다.

<p>① 희성테크 (http://www.hstec.co.kr/), HSTech SERIES 2540</p> <ul style="list-style-type: none"> - 크기: 500 × 550 × 205 mm - 입/출력전압: AC 220V/DC 24V - 제어: 온도, 구간별, 시간, 퍼지제어 - 주요 기능: 현재 상태를 실시간 전화로 확인 가능, 인터넷 연결된 컴퓨터로 비닐하우스가 직접 제어, 비상배터리를 설치하여 40분간 시설하우스를 제어, 확인용 CCTV를 설치하여 위치변경과 녹화 	
<p>② 아이온이엔지 (http://www.aioneng.com/), 온실제어반(LCP-1)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 크기 : 800 × 1800 × 300mm - 입력전원 : AC380/220V 3상 60Hz - 조작전원 : AC 220V 60Hz - 주요 기능 : 온실내,외 화재감시가 가능. 컴퓨터 및 PDA를 통해 제어가 가능. 	

- 국외 기존 시스템으로는, 네덜란드의 HoritiMAX사가 있었으면 특징은 다음과 같음

<p>① HortiMAX (http://www.hortimax.com/)사, Clima 500시스템</p> <ul style="list-style-type: none"> - 크기 : 400 × 600 × 215mm - 전원 : 180~250VAC 50~60Hz, RS-232 접속. - 제어가능 : 중앙 및 공기 가온, 환기, 분무, 관수, 패드와 팬, 스크린, 보광, 주기적 채광, 이산화탄소투여까지 가능 - 주요 기능 : 14블럭까지 환경을 제어, 필요한 블럭만 활성화. 세팅 값 EPROM에 저장 정전시에도 복원, 시놉타 프 로세스 패키지로 운영. 또한. 액트론IIC인 전자센서 박스를 사용하여 광범위한 측정옵션 대영GS가 수입하여 판매. 	
---	---

- 위 특허와 기존 시스템을 분석하자면 특허에서는 무선통신을 이용한 특허가 대부분이었던 반면, 정작 시판되는 제품은 무선보다는 온실내에 제어장치를 직접 운영하는 제품이나 인터넷을 통한 제어를 위주로 시판되었다.
- 기존 시스템을 이용한 원격 환경제어 연구개발
 - 국내 목원대학교 연구팀은 RISC 센서네트워크를 이용한 수질환경 분석 모니터링 시스템을 개발하고자 하였다. 그들은 향후 연구방향으로서 유비쿼터스 센서네트워크 환경망과 웹 GIS를 연동한 시스템 연구를 제안하였다.
 - 순천대학교 정보공학연구팀은 무선 센서네트워크를 이용한 농작물 재배 환경정보 모니터링 시스템을 구축하고자 하였다. 이 연구팀은 측정 인자로서 온습도, 조도, EC 토양 센서를 이용한 수분함량 등을 선정하였으며 단기적으로는 안정적 자료 수집이 가능하다고 하였으나 장기적으로는 전원의 내구성 문제를 지적한바 있다. 그러나 수집된 자료는 효율적인 농산물 생산관리로 연동될 수 있다고 판단하였다.

- 미국에서는 무선 센서네트워크를 이용하여 원격으로 great duck의 생태를 조사한 바 있다. 그림1-1은 great duck의 생태 조사의 로직을 보여주고 있다.
- 또한 원격으로 성장하는 redwood 주위의 온도와 습도 등을 측정하여 최적의 성장 조건을 찾고자 하였으며 포도밭의 서리 피해를 줄이고자 무선 모니터링 시스템을 개발하였다.

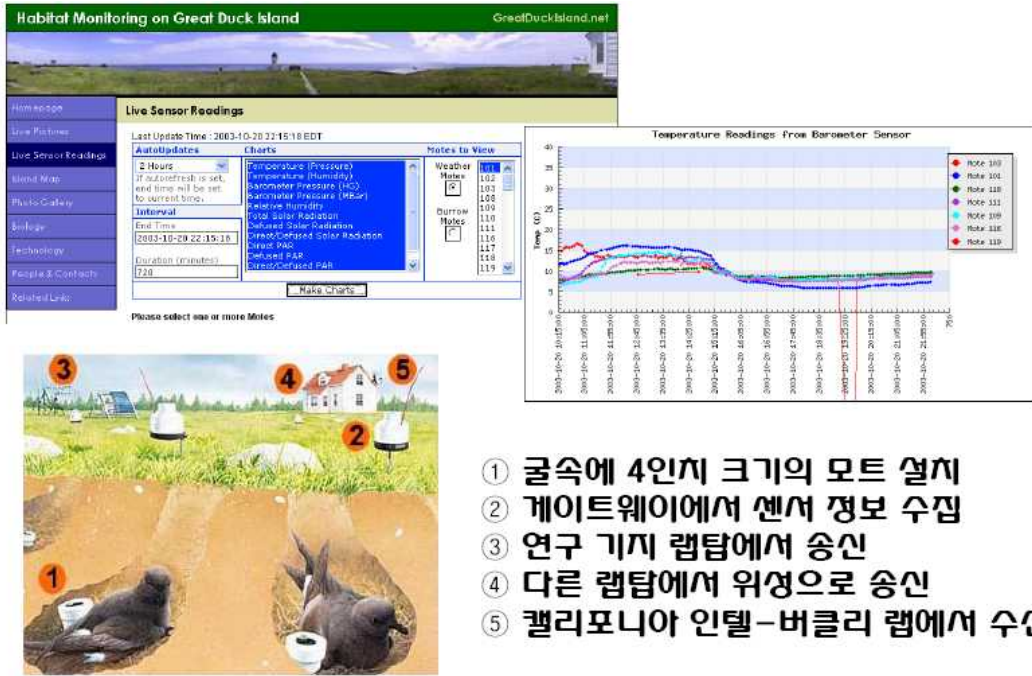


그림 1-1. Gret Duck 생태 조사 로직

나. 시스템 개념 설계

- 본 연구는 그림 1-2와 같이 온실 내의 온·습도 센서와 광센서 및 수분센서의 측정된 정보가 데이터 로거로 전송이 되면 데이터 로거에서는 휴대용 단말기로는 CDMA를 이용하여 단문 메시지를 전송하고 온실내의 PC로는 Zigbee를 이용하여 정보를 전달해 PC에 측정 정보를 저장한다. 이렇게 전송된 메시지는 사용자가 확인을 하게되면 사용자는 사용자의 PC를 이용해 온실 PC를 원격 제어한다. 온실 PC는 제어반을 통해 창, 압막, 전조등, 솔레노이드 밸브등의 온실 내 환경 제어 기기들을 제어하게 된다.
- 환경인자들의 생장과정에 따른 조건들이 설정이 되면 기본적으로 그 조건들의 기준에 따라 작동이 되게 되며 사용자는 단문 메시지의 전송 시간을 정하여 몇 시간이나 몇 십 분마다 메시지를 받을 수 있도록 할 수 있다. 그리고 그 조건들의 기준에 미달되거나 초과될 경우 경보 메시지를 전송하여 제어 할 수 있다.
- 또한 PC에 문제가 생겼을 경우를 대비하여 제어반 자체에 스위치를 설치하여 현장에서 직접 제어가 가능하도록 한다.

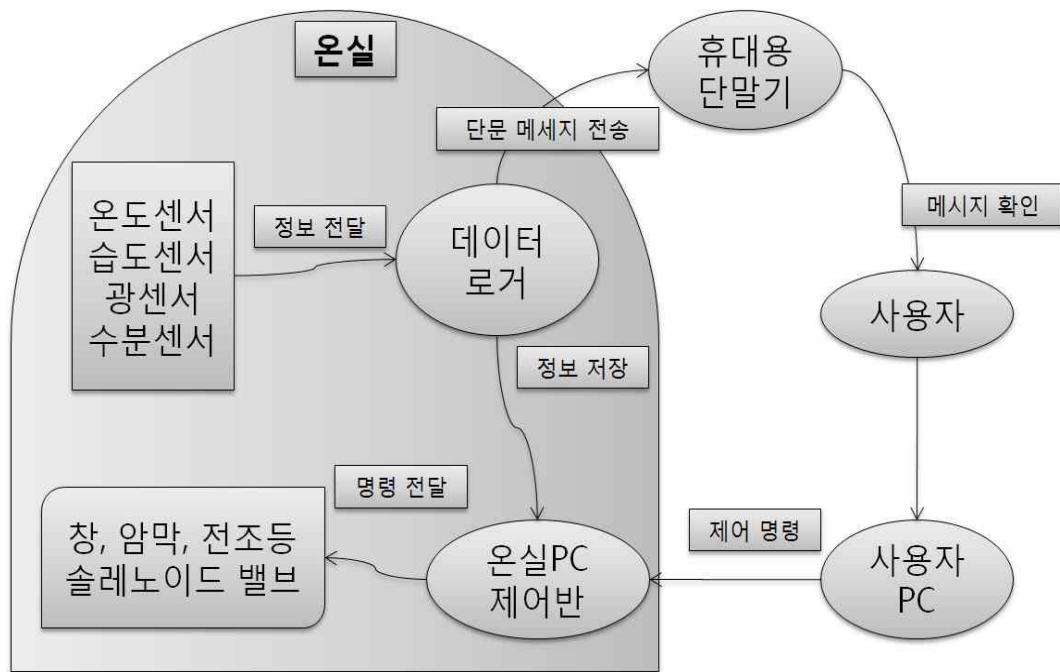


그림 1-2. 시스템 개념 설계도

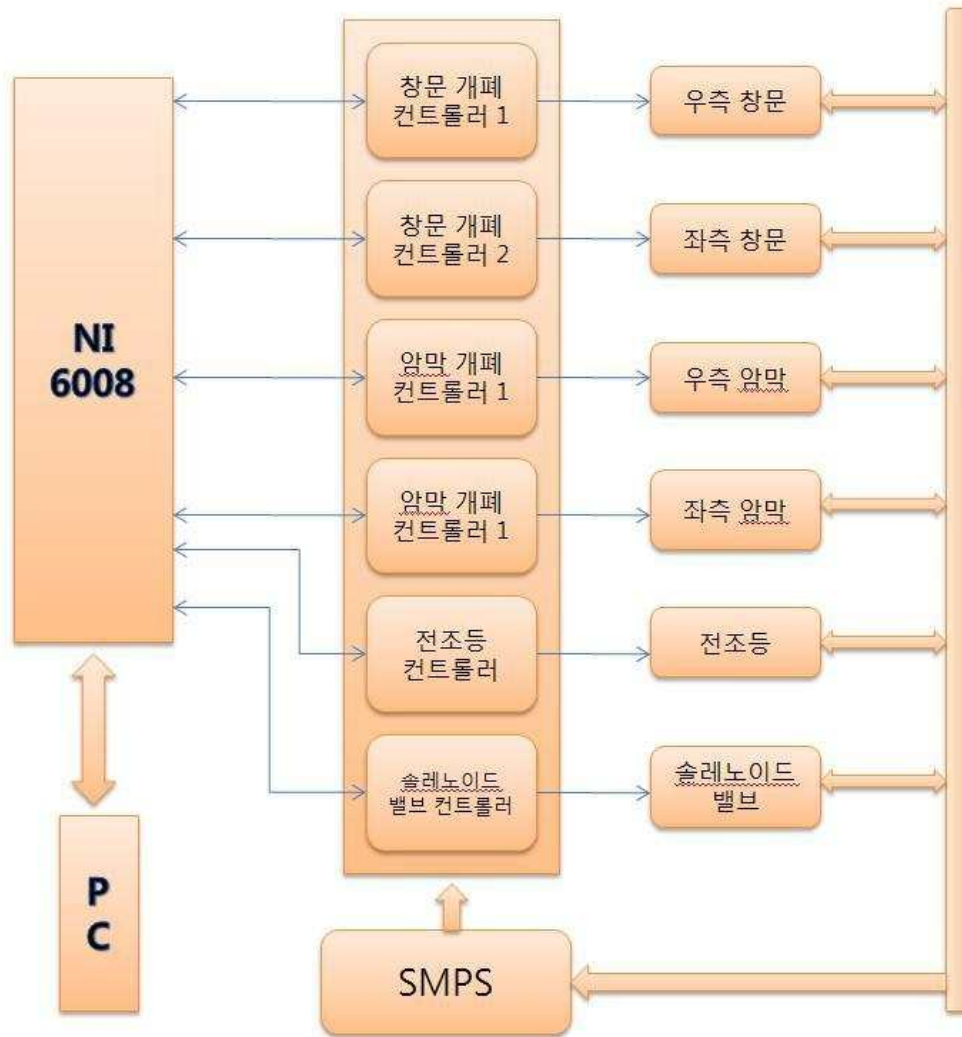


그림 1-3. 하드웨어 컨트롤러 블록 구상도

- 온실 내 제어 인자의 제어를 위하여 하드웨어 컨트롤러의 동작에 대한 구상도는 위 그림과 같다. 온실내에 관리용 PC를 두어 IN6008을 통하여 각종 명령어를 전달한다. 창문 및 암막 컨트롤러는 전조등과 솔레노이드밸브 컨트롤러와는 다르게 DC24V를 사용하여 정방향, 정지, 역방향 이렇게 3가지 명령어를 입력 하여 작동 하고 전조등은 켜/끔, 솔레노이드 밸브는 동작/정지로 명령어를 입력하여 컨트롤 할수 있다. NI6008 은 PC와의 통신을 위하여 USB를 사용한다.

다. 제어인자 선정

- 고품질의 절화를 생산하기 위해서는 광, 온도, 상대습도, 양분(pH), 수분, CO₂등 6가지 환경적 요소를 적절히 조절하여 국화가 생육하는데 필요한 요인이 과부족하지 않도록 균형을 유지하는 것이 중요하다. 우리는 여기서 5가지 제어인자를 선정하였는데 광, 온도, 습도, 수분, 양분이 그것이다.

(1) 제어인자가 국화에 미치는 영향

(가) 온도

- 온도는 주간과 야간, 광 상태, 계절에 영향을 받는다
- 주간온도는 영양생장에 관여하고 야간온도는 꽃봉오리의 개수 및 꽃눈 만들기 속도에 큰 영향을 미친다.
- 재배기간은 일평균 온도 즉, 야간온도와 주간온도의 평균에 의해서 결정되어 진다.
- 국화 생육에 적합한 온도는 야간 16℃ 이상, 주간 최대 28℃ 범위에서 유지되어야 한다.
- 밤의 온도가 14℃ 이하 및 23℃ 이상 되면 화아형성이 지연되므로 야간온도는 화아형성의 속도를 결정하는 중요한 요인이 된다.

(나) 광

- 광은 주간과 야간, 날씨에 영향을 많이 받는다.
- 보통 흐린날 광 강도는 30~40 W/m² 이며, 맑은 날은 100 W/m² 이상 이다.
- 표2처럼 새벽전조시간에는 아침에 보온막을 열 때 급격히 온도가 떨어지지 않도록 가온을 실시하고 보온막을 늦게 열 경우 보온막을 열 때까지 계속 전조를 실시한다.

표 1-12. 새벽전조시간

소등시기	조명시간
11월 01일 ~ 11월 20일	5:00 ~ 6:30
11월 21일 ~ 12월 10일	4:45 ~ 6:45
12월 11일 ~ 12월 31일	4:45 ~ 7:00
01월 01일 ~ 01월 31일	5:30 ~ 7:00

(다) 양분

1) 국화의 양분흡수량

표 1-13. 국화 양분흡수량

10당a수확량	양 분 흡 수 량(kg/a)				
	<i>N</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>K₂O</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>
5,960kg	1.63	0.42	2.79	0.70	0.28

○ 토양 pH를 적절히 유지 및 관리할 경우 무기원소에 의해 발생하는 문제점 해결이 가능

○ 적정 토양 pH의 범위 : 6~6.5

2) 주요 영양소의 결핍 및 과잉 증상

가) 질소(N)

- 결핍증상 : 줄기·잎·꽃이 작아지고 볼륨이 부족하게 되며, 옅어지고 윤기가 없어져 품질이 저하된다. 결핍 초기증상은 엷색이고 생육이 부진하며, 이 보다 더 결핍되면 꽃이 작게 되고, 스프레이는 꽃수가 적어지고, 결핍증상이 심해지면 하위엽부터 고사하게 된다.
- 과잉증상 : 잎이 매우 진한 녹색을 띠게 되며, 토양수분이 많으면 과 번무 하게 되고 줄기와 잎이 연약해진다. 스프레이 국화는 정상 측지수가 감소하고 스프레이 형태도 어지럽게 되어 품질이 매우 떨어지게 된다.

나) 인산(P)

- 결핍증상 : 생육이 매우 억제되어 줄기는 가늘고 잎도 작게 되며, 스프레이 국화는 꽃수가 감소하며, 그 외에 꽃잎이 퇴색되거나 하엽부터 고사증상이 나타나게 된다.
- 과잉증상 : 생육이 저하되고 클로르시스(황화현상)을 유발시키며 뿌리가 나빠지고 줄기와 잎도 연약하게 되며 물울림 등이 나빠져서 품질이 저하되게 된다.

다) 칼륨(K)

- 결핍증상 : 마디사이가 짧아지고 줄기 신장이 억제되며 줄기의 중간 부위 잎에서 황화현상이 나타나고 잎 가장자리에 갈색의 괴사현상 발생하게 된다. 꽃은 매우 작아지고 퇴색하며 국화는 카리의 흡수량이 많기 때문에 K 부족을 나타내는 수가 많다.

- 과잉증상 : 심하면 칼슘결핍에 의한 꽃 부패증이 발생하고 하엽에는 마그네슘 결핍에 의한 황화현상을 나타내게 된다.

라) 칼슘(Ca)

- 결핍증상 : 줄기신장이 매우 아빠지고 심하면 생장이 멈추기 까지 한다. 꽃도 작아지며 꽃잎도 감소한다.
- 과잉증상 : 초장이 낮고 줄기도 짧아진다. 과잉으로 토양의 알칼리화로 미량요소의 결핍증상이 발생하게 된다.

마) 마그네슘(Mg)

- 결핍증상 : 늙은 잎에서 먼저 나타나기 시작하여 어린잎으로 확대 되는데 엽맥사이가 황변 또는 황백화하는 것이 특징이다. 꽃도 작아지고 색도 연하게 되며 꽃수가 감소하고 기형화가 발생하게 된다.
- 과잉증상 : 약하면 잎이 암녹색으로 된다. 뿌리에 대한 영향이 커서 뿌리의 활력이 낮아지고 시들기 쉬우며 꽃 부패증을 일으키는 수도 있어서 절화수명이 매우 짧아진다.

바) 그 외에 철, 망간, 아연의 미량요소에 따라 결핍과잉증상이 나타나게 된다.

(2) 제어인자에 따른 기존 상용 제품 조사/분석

- 이렇듯 각 제어인자에 따라 국화 생산에 영향을 미치게 되는데 이런 인자들을 제어하기 위해 기존 제품들을 조사하였다.

(가) 온도

- 온실내의 온도 제어를 위해서는 창문개폐, 환풍기, 온풍기, 냉방기 등을 예로 들 수 있는데, 온풍기 및 냉방기는 자체 컨트롤러를 통해서 자동제어가 되어서 가장 많이 사용할 수 있는 창문개폐제품을 조사하였다.

1) 창문개폐모터

<p>① 청오엔지니어링 (http://www.jooyoun.co.kr/)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 제품명 : COM9102 - 사용용량 :100m × 4m × 비닐 (0.08×0.1m필름 사용) - 사용전압 : DC24V, 소비전력 전류 48W/2A - 회전속도 : 4.5rpm - 파이프경 :25, 32, 34 - 중량 : 3.0Kg - 감속비 : 1/411 토크 : 5 - 주요 특징 : 현재 예산 국화 시험장에 설치되어 있는 제품으로 타사에 비해 소음이 적으며 정확한 리미트 거리조절이 특징이다. 	
--	--

<p>② 주식회사 세운 (http://www.sewoon21c.com/)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 제품명 : SWM-102 - 사용용량 :100m × 4m - 사용전압 : DC24V, 소비전력 전류 48W/2.6A - 회전속도 : 3.7rpm - 파이프경 :19.5, 22, 25 - 주요 기능 : 3기압 방수로 감전예방과 내구성을 연장, 리미트 고장시 2중안전장치로 안전성을 보완, 최경량급 고효율이 특징. 	
---	--

<p>③ 우성하이텍 (http://www.sewoon21c.com/)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 제품명 : 사이드 스타 - 사용용량 :100m × 4m - 사용전압 : DC24V, 소비전력 전류 48W/2.8A - 최대허용전류 : 4A - 회전속도 : 3.8rpm - 중량 : 2.2Kg - 주요 기능 : 2칼라 LED램프로 안 내표시가 되고 리미트가 다이얼2 개로 열림과 닫힘으로 되어있다. 	
---	--

(나) 광


○ 광의 조절을 할 수 있는 것으로는 암막개폐와 전조등이 있다.

1) 암막개폐모터


: 암막개폐모터는 비닐개폐모터와 대부분 같으므로 설명은 생략한다.

2) 전조등

<p>회사 : 오렉스 모델명 : EU 255 EX-D 규격 : 220V / 55W 광원색 : 주광색 전광속 : 2700 lm 벨브관경/mm : 16 제품외경 /mm : 73 제품전장/mm : 240 베이스 : E26/E39</p>	
--	---

<p>회사 : 아림산업 모델명 : EFTR 55EX 규격 : 220V / 55W 광원색 : 주광색 전광속 : 3500 lm 제품전장/mm : 220 베이스 : E26/E38</p>	
--	--

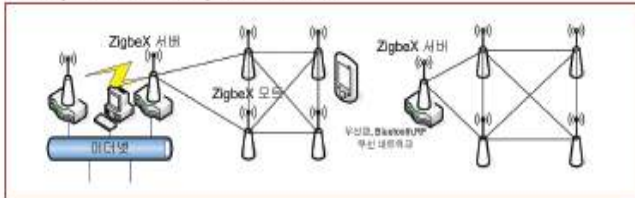
<p>회사 : OSRAM 모델명 : DULUX T/E 57W/840 IN PLUS 규격 : 220V / 57W 광원색 : 주광색 전광속 : 4300 lm 제품외경 /mm : 49,45 제품전장/mm : 195 베이스 : GX24q-5</p>	
---	---

<p>회사 : 금호전기 모델명 : FPL 55 EX-D 규격 : 220V / 55W 광원색 : 주광색 전광속 : 4200 lm 램프전류 : 0.550A 오차0.06A 밸브관경/mm : 19.8 제품외경 /mm : 37.5 제품전장/mm : 540 베이스 : 2G11</p>	
---	--

(다) 유비쿼터스 센서네트워크

한백전자 유비쿼터스 HBE-ZigbeX I

- 자율통신망 구축이 가능한 유비쿼터스 무선 센서 네트워크 시스템
- 다양한 연결성을 보장하는 강력한 서버 (옵션)
- RFID리더기 추가로 다양한 유비쿼터스 응용 프로그래밍 실습
- Nano Qplus(ETRI 개발운영체제)를 이용한 개발환경 구현
- TinyOS 1.x와 TinyOS 2.x 지원



[ZigbeX를 이용한 USN 개요도]



그림 1-4. 유비쿼터스 센서 네트워크 사례


라. 원격 모니터링 및 제어 단말기 선정

○ 국화 생산 시스템의 원격 관리 및 모니터링을 위하여 핸드폰, PDA등 손쉽게 구할 수 있는 것 이외에 몇 가지 조사를 해보았는데 현재 나오는 핸드폰이나 PDA는 무선 기능을 다 지원하고 있어서 이 두 가지를 제외한 다른 기종을 나열하였다.

(1) 제어 단말기

<p>회사 : 신화웰컴 모델명 : DCT - Series 운영체제 : Windows CE 5.0 메모리 : 128M SDRAM, 128M NAND Flash 화면 : 3.5inch 240×320 TFT LCD With Touch 위치 : SIRF Star3 GPS include Antenna 통신 : Wireless LAN (IEEE 802.11.b,g) 자동인식 : R량 Reader (13.56MHz) 확장메모리 : SDHC 배터리 : 2260mAh 크기 : 70×125×30mm GPS 및 자기 위치인식이 가능하고 음성통화와 RFID Reader 탑재로 손쉽게 관광을 할 수 있다.</p>	
--	--

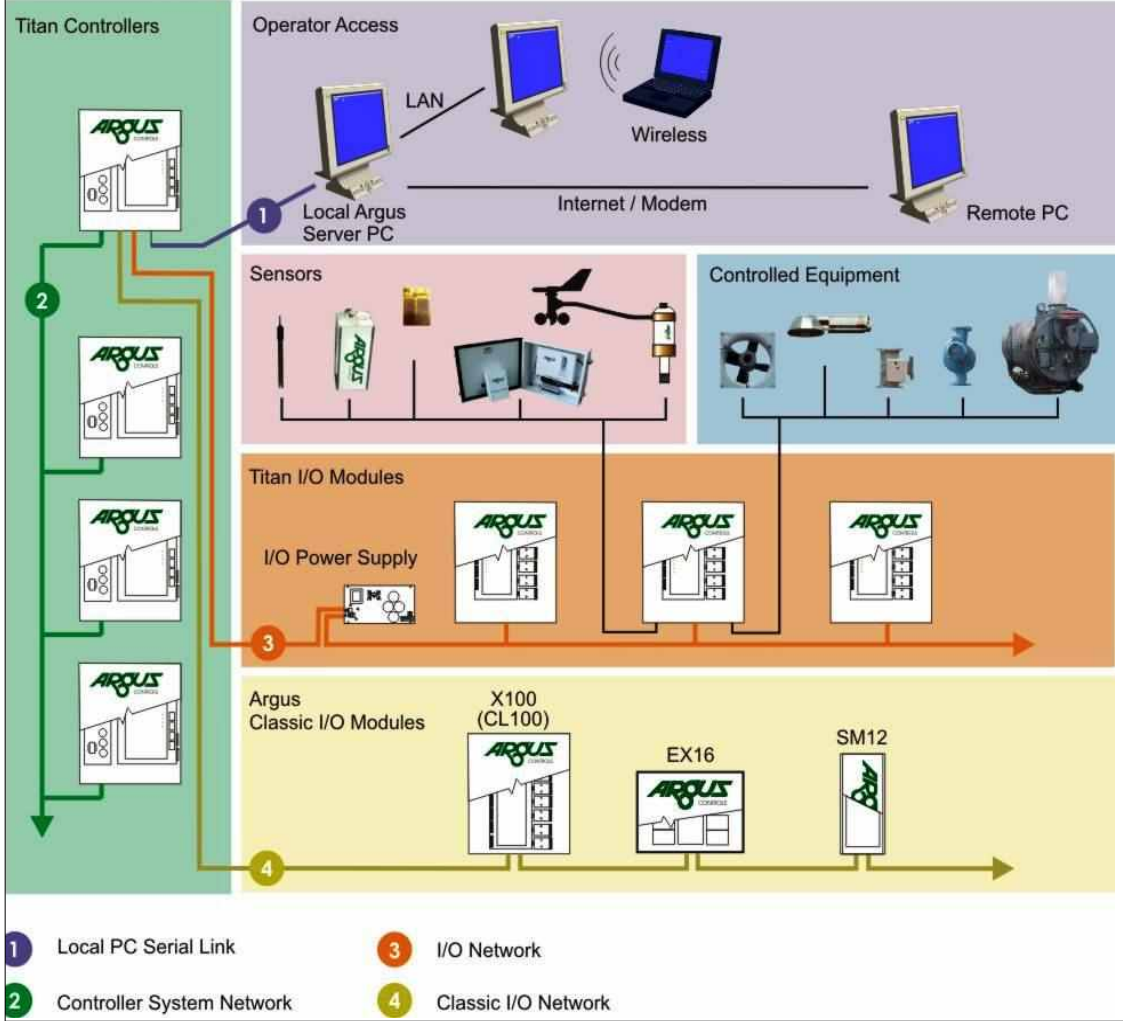
■ 원격 제어 예

<p>SKT MIV(모바일 텔레매틱스 서비스)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 차량 원격 진단 및 제어 서비스, 안전보안기능, 길안내 및 위치정보 서비스, 모바일 연동 엔터테인먼트 서비스 - 장점 : 휴대폰으로 차량정보를 제어하는 방식이라 차량개조의 필요성이 없다. - 향후 개인화 서비스, 에코드라이빙 기술, 주변차량과의 무선 네트워킹 기술도 추가 계획 	
--	--

Ar


-주요기능 : 온도, 풍속, 산도, 환기, 습도, 빛, 등을 정보시스템에서 수집 후 관계 공급하여 사용자에게 제공. 네트워크로 변수들의 제어가 가능.

The Argus Titan System




■ 단말기

<p>회사 : Samsung Anycall 모델명 : SCH-M710,715 옴니아2 운영체제 : Microsoft Windows Mobile 6.1 Professional 메모리 : SCH-M710 : 2GB Storage, 256MB RAM, 512MB ROM SCH-M715 : 8GB Storage, 256MB RAM, 512MB ROM 화면 : 3.7 Inch WVGA(480X800) 65K AMOLED 위치 : A-GPS 통신 : WCDMA HSPDA 7.2Mbps, HSUPA 5.76Mbps , Wi-Fi(802.11 b/g) 확장메모리 : Micro SDHC 16GB 배터리 : 1500mAh 크기 : 117(L) x 59.8(W) x 13.4(H)mm</p>	
---	--

<p>회사 : LG CYON 모델명 : LG-LU2300 운영체제 : Android OS 1.6(Donut) 메모리 : 3GB 화면 : 3.5Inch WVGA(480X800) 262K TFT LCD 위치 : S-GPS 통신 : CDMA Rev.A, 무선랜(802.11bg) 확장메모리 : Micro SDHC 32GB(제조사 기준) 배터리 : 1350mAh 크기 : 118.8 X 57 X 14.3mm , 157g</p>	
---	---

<p>회사 : Apple 모델명 : iPhone3GS 운영체제 : iPhone OS 메모리 : 16/32GB Storage, 256MB RAM 화면 : .5 Inch HVGA(320X480) 16M TFT LCD 위치 : A-GPS 통신 : WCDMA HSPDA 7.2Mbps, Wi-Fi(802.11 b/g) 확장메모리 : 지원안함 배터리 : 1220mAh 크기 : 115.5(L) x 62.1(W) x 12.3(H)mm, 135g</p>	
---	--

<p>회사 : MOTOROLA 모델명 : XT720 운영체제 : Android OS ver 2.0 메모리 : 256MB RAM, 384MB ROM 화면 : 3.7 Inch WVGA(480X854) 16M COLOR TFT LCD 위치 : A-GPS 통신 : WCDMA HSPDA 7.2Mbps, Wi-Fi(802.11 b/g) 확장메모리 : Micro SDHC 32GB 배터리 : 1420mAh 크기 : 116 x 60.9 x 10.9mm, 140g</p>	
<p>회사 : HTC 모델명 : Desire 운영체제 : Android Platform ver 2.1(Eclair) 메모리 : ROM 512MB, RAM 576MB 화면 : 3.7 Inch WVGA(480X800) 16M AMOLED 위치 : A-GPS 통신 : WCDMA HSPDA 7.2Mbps, HSUPA 2.0Mbps, Wi-Fi(802.11 b/g) 확장메모리 : Micro SDHC 32GB 배터리 : 1400mAh 크기 : 119 x 60 x 11.9mm , 135g</p>	
<p>회사 : Samsung Anycall 모델명 : SHW-M100S 운영체제 : Android Platform ver 2.1(Eclair) 메모리 : 384MB RAM, 1GB ROM 화면 : 3.7 Inch WVGA(480X800) 65K COLOR AMOLED Plus 위치 : A-GPS 통신 : WCDMA HSPDA 7.2Mbps 확장메모리 : Micro SDHC 32GB 배터리 : 1500mAh 크기 : 119.5 x 59.8 x 12.5mm, 128g</p>	

<p>회사 : NOKIA</p> <p>모델명 : X6</p> <p>운영체제 : Symbian OS v9.4, Series 60 rel. 5</p> <p>메모리 : 128 MB RAM, 16 GB storage</p> <p>화면 : 3.2 Inch nHD(360X640) 16M COLOR TFT LCD</p> <p>위치 : A-GPS</p> <p>통신 : WCDMA HSPDA 7.2Mbps, HSUPA 2.0Mbps, Wi-Fi(802.11 bg)</p> <p>확장메모리 : 지원 안함</p> <p>배터리 : 1320mAh</p> <p>크기 : 111 x 51 x 13.8mm, 122g</p>	
---	---

마. 통신방식 및 프로토콜 결정

○ 무선통신방식과 프로토콜을 결정하기위하여 우선 무선통신방식은 IEEE 802 표준과 OSI표준을 기반으로하는 WLAN, UWB,저속 UWB, Bluetooth, Zigbee, RFID를 조사하여 주파수 대역, 데이터 전송속도, 데이터 전송거리, 간단한 특징과 쓰이는 영역등을 나타내었다.

○ 아래 그림은 IEEE에서 규정한 IEEE 802 무선통신 표준의 구성도를 보여준다. 그림에서 TG4WPAN 그룹은 저전력용 통신방식으로 본 연구에서 고려하는 소규모 자료, 저전력 무선통신에 적합한 것으로 생각된다.

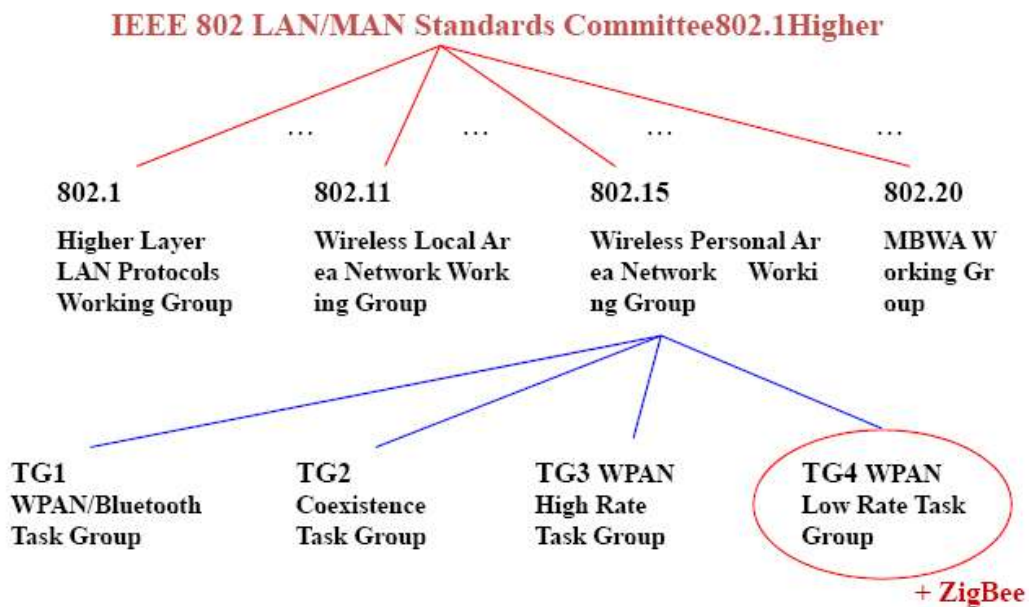


그림 1-5. IEEE 802 무선통신 표준의 구성도

(1) 무선 통신 방식

- 우선 무선통신의 기반이 되는 IEEE 802참조모델과 OSI 참조모델의 비교를 표로 나타내었다.

표 1-14. IEEE 802참조모델과 OSI 참조모델의 비교

OSI Reference Model		IEEE 802 Reference Model
Application	7	Upper Layer Protocol LLC Service Access Point(LSAP)
Presentation	6	
Session	5	
Transport	4	
Network	3	
Data Link	2	Logical Link Control Medium Access Control
Physical	1	Physical Layer Convergence Procedure
		Physical Medium Dependent
Medium (Radio)		

(가) WLAN(IEEE 802.11.a~n)

- Wi-Fi 라고도 함
- 개요 : 초고속 무선 인터넷 서비스, 홈 및 오피스 네트워크, VoIP서비스
- 주파수: IEEE802.11b: 2.4GHz,
- 전송속도: 11Mbps(1999),
- 주파수: IEEE 802.11a: 5GHz,
- 전송속도: 54Mbps(2002)
- 전송거리: 50~100m

(나) UWB(IEEE 802.15.3a)

- 개요 : 넓은 대역 스펙트럼을 활용하여 낮은 전력으로 대용량의 정보를 전송하는 기술, PC와 프린터, HDTV 동영상을 PC저장, 디지털 카메라의 영상을 프린터
- 주파수: 3.1~10.6GHz
- 전송속도: 480Mbps
- 전송거리: 10m 이내

(다) 저속 UWB(IEEE 802.15.4a)

- 개요 : 초 광대역 스펙트럼을 갖는 순간 펄스를 전송하여 물체의 정확한

위치와 거리를 추적하는 기술, 지하 매설물 및 건물배관 확인, 차량 충돌 방지, 군사기술, 1m 이내의 정확도를 갖는 위치 및 거리 정보 제공, 방해전파에 대해 경고하여 응용분야가 다양함.

- 주파수: 3.1~10.6GHz
- 전송속도: 1Kbps
- 전송거리: 30m이내

(라) Bluetooth(IEEE 802.15.1)

- 개요 : 휴대용 장치간의 양방향 근거리 통신, 무선 헤드셋, 무선 키보드 및 마우스, 이동단말기 간의 명함교환, 음성지원이 가능, 7개의 기기연결
- 주파수: 2.4GHz
- 전송속도: 64K~1Mbps
- 전송거리: 10m 이내

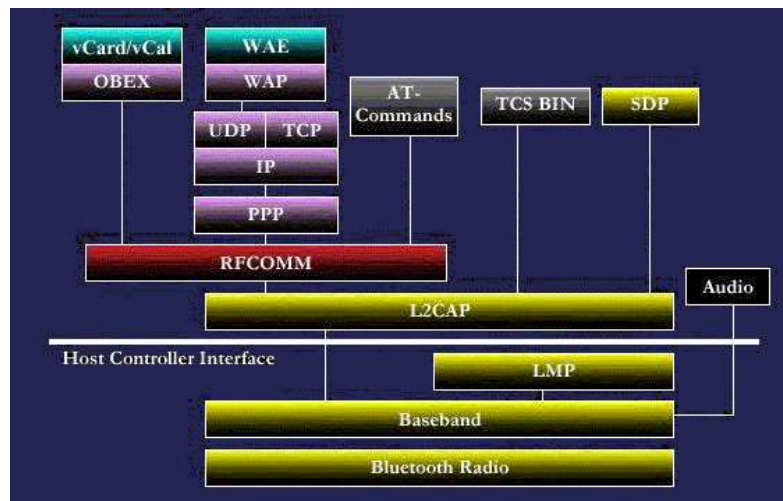


그림 1-6. Bluetooth 스택

(마) ZigBee(IEEE 802.15.4)

- 개요 : 저전력(1mW미만), 칩셋이 저렴, 다양한 네트워크 지원, 원격검침, 전등제어 등 홈 보안 시스템, 65K개의 기기연결
- 주파수: 868MHz(유럽), 915MHz(미국), 2.4GHz(ISM)
- 전송속도: 250Kbps
- 전송거리: 30m 이내

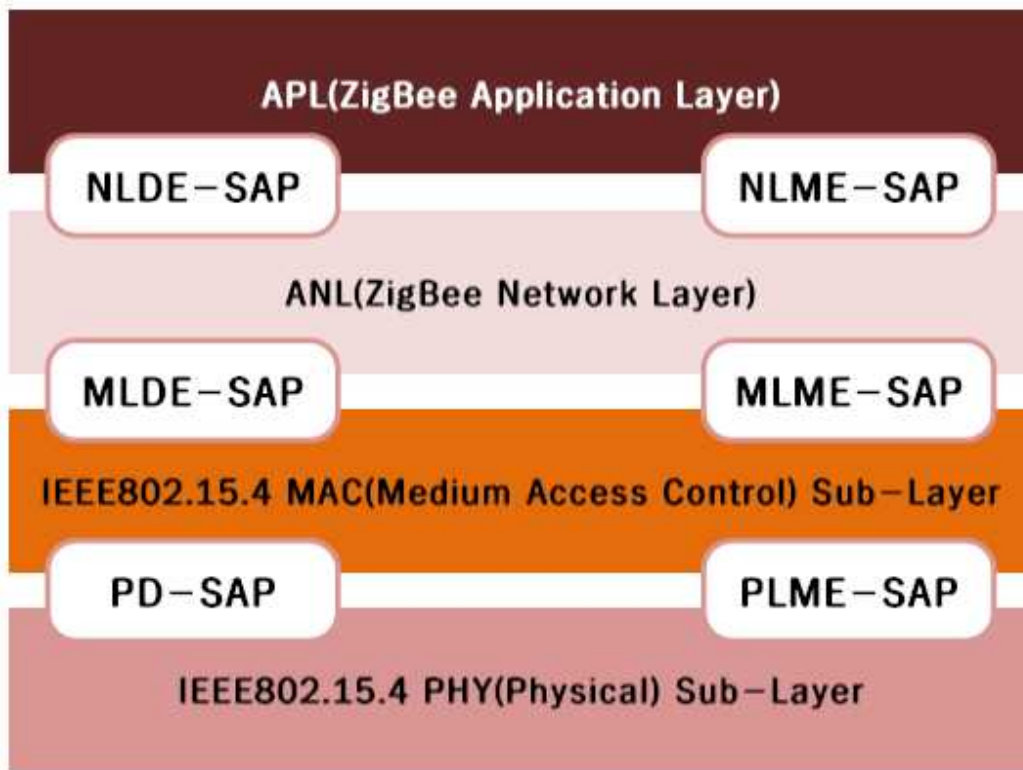


그림 1-7. ZigBee의 계층구성과 개발 책임

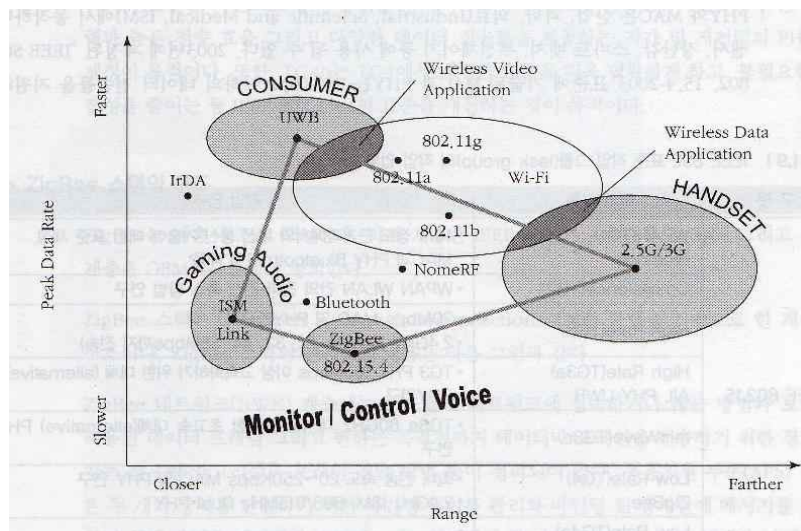


그림 1-8. Zigbee의 밴드 비교

(바) RFID(ISO)

- 개요 : 바코드를 대체할 수 있는 전자태그, 사물과 주변 상황정보를 인식하는 기술, 교통카드, 물류추적, 미술관의 작품 정보, 냉장고 물품재고
- 주파수: 135KHz, 13.56MHz/433MHz(능동)/900MHz, 2.45GHz
- 전송속도: 7Kbps(13.56MHz이하), 27~40Kbps(433MHz이상)
- 전송거리: 5m이내(능동형 100m)

표 1-15. 무선 통신 방식 비교

방식	주파수대역	전송속도	전송거리	보통 용도
WLAN	2.4G/5GHz	54M/600Mbps	50~100m	무선인터넷
UWB	3.1~10.6GHz	200M/480Mbps	10m.	HD A/V전송
저속 UWB	3.1~10.6GHz	1Mbps	50m	가전기기제어 위치인식
Bluetooth	2.4GHz	1Mbps	10m.	무선헤드셋 음성전송
ZigBee	868/915MHz 2.4GHz	20/80Kbps 250Kbps	30m 100m	가전기기제어 원격모니터링
RFID	125K/13.56MHz 400M/900MHz	30Kbps	5m 능동형100m	물류, 재고관리

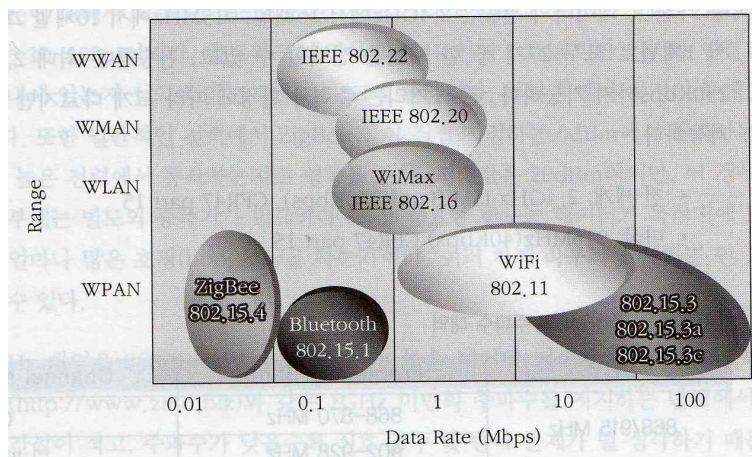


그림 1-9. IEEE 802 표준의 Range 와 Data Rate

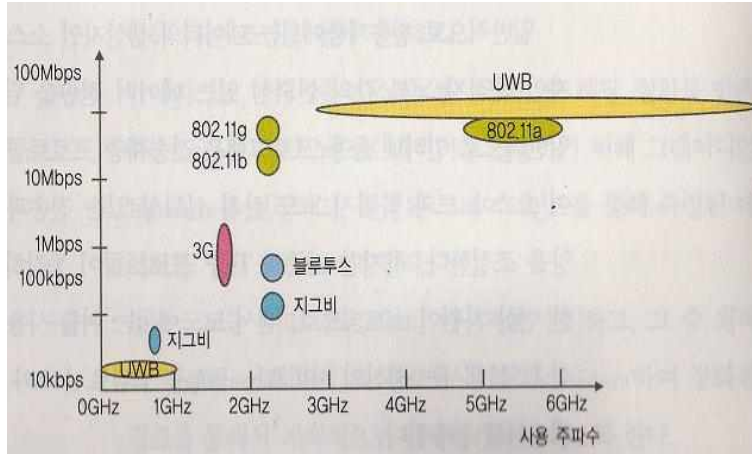


그림 1-10. 사용 주파수에 따른 전송 속도

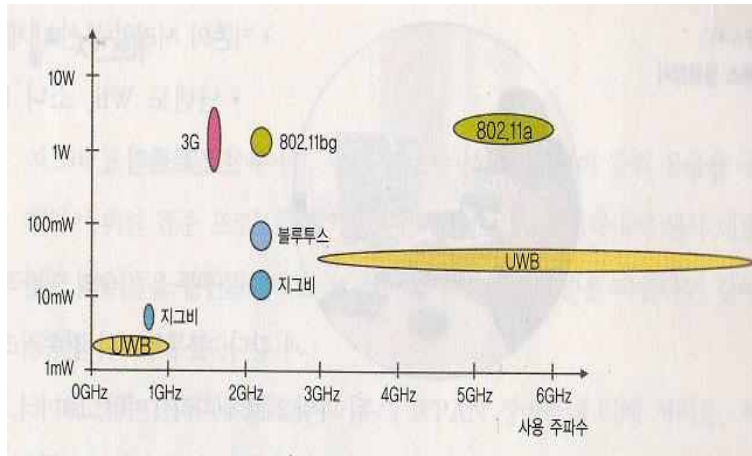


그림 1-11. 사용 주파수에 따른 전력사용량

(2) 프로토콜

- 프로토콜은 크게 라우팅 프로토콜과 MAC 프로토콜을 중심으로 라우팅 프로토콜은 평면 기반, 위치 기반, 계층 기반으로 나누어 각각의 기법을 열거하였고 MAC 프로토콜은 CSMA/CA와 TDMA 에 사용 되는 기법들을 열거하였다.

(가) 라우팅 프로토콜

1) 평면 기반 라우팅

가) directed diffusion : 가장 유명한 무선 센서 라우팅 기법으로, 수집 노드가 원하는 정보를 얻기 위해서 전체 센서 노드로 질의를 전송한 후, 그 질의에 해당하는 노드들이 반응하여 센싱 데이터를 수집 노드로 전송하는 방식이다. 주소 중심인 기존의 ad-hoc 라우팅프로토콜과 다르게 애플리케이션이 명명된 데이터를 기반으로 라우팅 경로를 결정하므로 흔히 데이터 중심적 라우팅 프로토콜이라고 한다. on-demand 방식의 라우팅 프로토콜로서 센서 네트워크의 특성을 잘 반영한 라우팅 기법이다.

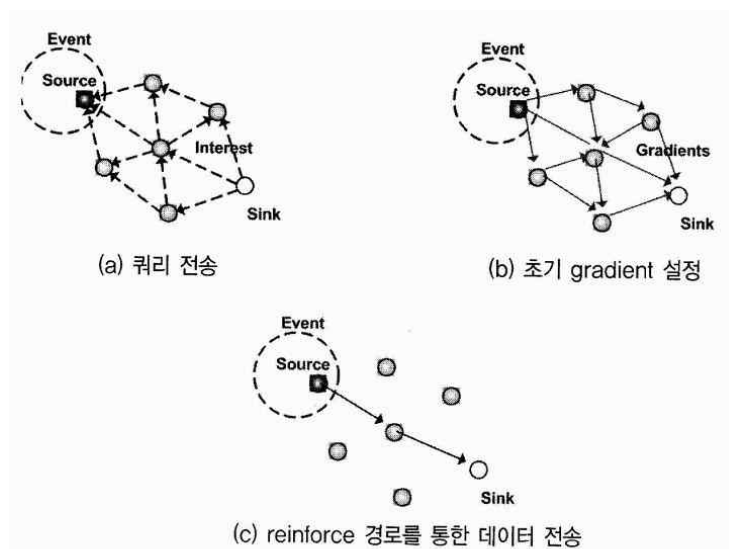


그림 1-12. directed diffusion의 동작 단계

나) GBR(Gradient Based Routing) : GBR은 directed diffusion과 비슷한 방향성 라우팅, 즉 모든 데이터의 전달 방향이 수집 노드 쪽으로 향하는 특징을 이용한 기법이다. 각 노드들은 쿼리를 받을 때마다 홉 정보를 하나씩 증가시켜 다른 노드에게 전달한다. 이 정보를 이용, 수집 노드로부터 자신까지의 홉 카운트를 알 수 있다. 만약 수집 노드로 전달될 데이터를 이웃 노드로부터 받았을 경우, 그 패킷에 담겨 있는 이웃 노드의 홉 카운트를 확인하여 자신보다 높은 홉일 경우 주변 노드로 데이터를 전달한다. 결국 모든 데이터는 가장 낮은 홉인 수집 노드로 전달되기 때문에 특별한 라우팅 설정 과정 없이 수집 노드에서 원거리에 있는 센싱 정보를 받을 수 있다. 그래서 센서 노드들이 특별한 수집 노드의 쿼리가 없어도 주기적으로 데이터를 수집 노드 쪽으로 전송하는 애플리케이션에는 적합하지 않다.

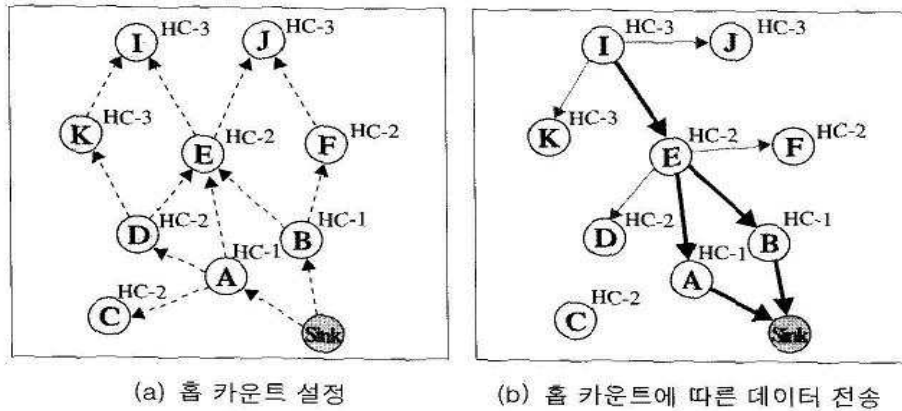
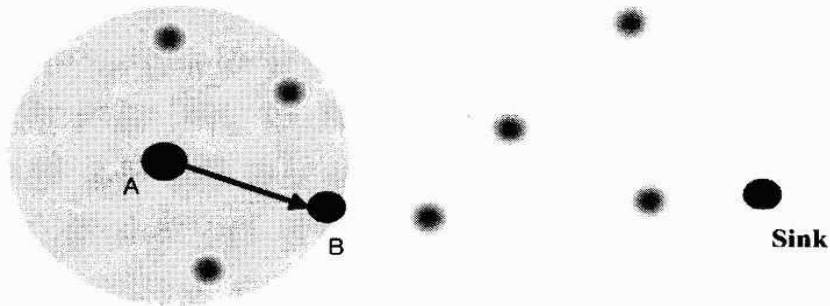


그림 1-13. gradient based routing의 동작 단계

다) energy-aware routing : 고전적인 에너지 기반의 라우팅 프로토콜들은 라우팅 경로를 선택할 때, 각 노드의 남은 에너지를 기반으로 선택한다. 하지만 energy-aware routing에서는, 처음 선택한 에너지 효율적인 라우팅 경로로 계속해서 데이터를 전송한다면 얼마간의 시간이 흐른 후에는 그 경로에 있는 노드들만이 많은 에너지를 소모하게 될 것이라고 보았다. 이를 해결하기 위해 여러 개의 하부 라우팅 경로로 분산시켜 전송하는 기법을 제안하였는데 이를 통하여 하나의 라우팅 경로만을 선택하는 기존 라우팅 방식에 비해 네트워크의 라이프 타임을 증가시킬 수 있었다.

2) 위치 기반 라우팅

가) greedy based routing : greedy based routing은 데이터 전송 시 최종 목적지에 가장 가까운 이웃 노드를 선택하여 그 노드에게 데이터를 보내는 라우팅 기법이다. 가장 간편한 라우팅 기법이지만 이웃 노드의 위치 정보와 최종 목적지의 위치 정보를 알고 있을 경우에만 사용할 수 있는 라우팅 기법이다



자신의 이웃 노드들 중에서 목적지 노드와 가장 가까운 노드를 선택한다.

그림 1-14. greedy based routing 프로토콜에서의 라우팅

나) Location hop counter : Directional Flooding은 노드의 위치 정보를 기반으로 하여 방향성 라우팅 프로토콜의 특징을 응용한 기법이다. 기존의 gradient based routing에서는 노드들의 홉 카운트를 알기 위해서 최소한 한 번 이상의 쿼리나 hop count setup 패킷을 네트워크에 플러딩 해야만 했지만 Directional Flooding은 노드 자신의 위치 정보와 수집 노드의 위치 정보와 무선 통신 거리등을 노드 스스로 계산함으로써, 특정 컨트롤 패킷이 없더라도 자동으로 greedy based routing 기법을 사용할 수 있도록 한 프로토콜이다.

3) 계층 기반 라우팅

가) clustering : LEACH는 네트워크에 존재하는 모든 노드들의 에너지 소모를 균등하게 하기 위해 분산 클러스터를 구성하여 데이터를 전달하는 라우팅 기법이다. 각 노드들을 확률적 수식에 의해 돌아가면서 헤더로 선출된다. 선출된 헤더는 자신의 클러스터에 속해 있는 노드들이 전달한 데이터를 받아 수집 노드에게 직접 전송한다. 이를 통해, 모든 노드들의 에너지소모를 균등하게 함으로써, 네트워크의 라이프 타임을 크게 늘릴 수 있게 했다.

나) PEGASIS : LEACH 기법을 보완해서 나온 것으로 LEACH와 많이 유사하다. PEGASIS에서 각 노드들은 자신의 가장 가까운 이웃 노드들만을 통신상대로 인정하여 그들과 체인을 설정하고, 그 체인 중 하나의 노드만이 수집 노드와 통신하도록 한다. LEACH의 오버헤드를 줄이고 데이터 통합을 통한 데이터 전송 숫자를 감소시킴으로써, LEACH에 비해 상당한 에너지 이득을 거둘 수 있는 기법이다.

(나) MAC 프로토콜

- 통신 에너지 소모 면에서 가장 큰 영향을 미치는 계층으로 대부분의 센서 연구들이 효율적 에너지 소모 분야에 맞추어져 있다.

1) CSMA/CA

- CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance)기법이란 각 센서 노드들이 데이터를 전송하기 위해 다른 노드들과의 경쟁을 통해서 무선 매디엄을 획득한 후 전송하는 방식을 의미한다. 가장 간편한 동시에 데이터의 처리율이 좋기 때문에, 무선 통신에서 가장 흔히 쓰이는 기법이다. 하지만 경쟁을 위한 carrier sensing 시간과 데이터 충돌의 가능성을 여전히 CSMA 기법의 약점으로 남아있다.

- 가) S-MAC 기법 : 가장 유명한 에너지 효율적인 센서 MAC 프로토콜로서, 일정한 listen/sleep 주기를 반복하는 CSMA 기반의 MAC 프로토콜이다. S-MAC은 크게 컨트롤 패킷을 전송하기 위한 시간인 'listen period'와 데이터 전송 혹은 sleep을 위한 'sleep period'로 나뉘는데 에너지 소모를 줄이기 위해 존재한다.

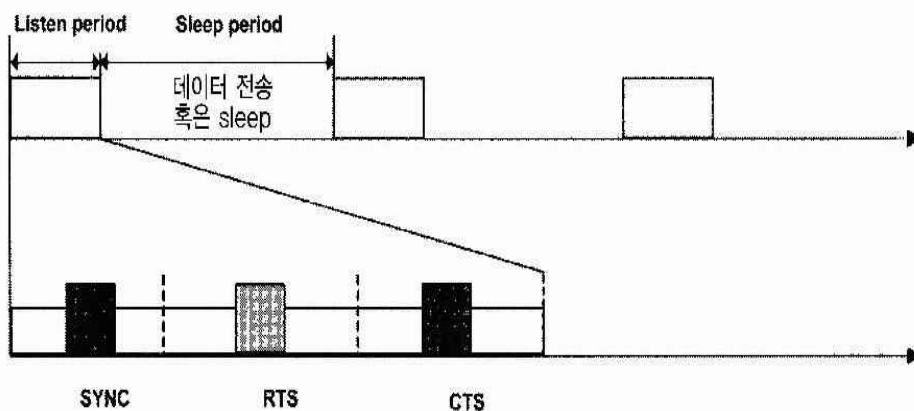


그림 1-15. S-MAC의 listen/sleep 주기 및 컨트롤 패킷

- 나) adaptive listen 기법 : 한 번 sleep할 경우 다음 listen 주기 동안 sleep 상태를 유지하기 때문에 전송 지연이란 문제가 발생한다. 효율적 에너지 소모를 가장 중요시한다 하더라도, 데이터 전송 지연 역시 무시 할 수 없는 주요 요소이기 때문에 이를 극복하기 위하여 이 adaptive listen 기법은 컨트롤 패킷의 NAV(Network Allocation Vector)를 통해 첫 데이터 전송이 끝나는 시간을 예측하고, 그 시간이 끝나면 노드들이 그들의 통신 모듈을 on시켜 다시 전송에 참여한다. NAV의 만기되는 시간을 통하여 한 주기 동안 여러 데이터가 전송 지연 없이 전달되도록 함으로써, 어느 정도 데이터 지연 문제를 해결하였다.

- 다) DSMAC 기법 : S-MAC나 listen/sleep의 주기를 갖는 프로토콜들은 duty cycle(listen과 sleep의 period비율)을 미리 정의하여 통신하는데 비해 dynamic duty cycle 기법은 데이터 트래픽을 고려해 동적으로 duty cycle을 변화시킴으로써 데이터가 지연을 줄일 수 있는 기법이다. 하지만 이방법도 2홉 위 안에서만 지연이 감소한다.
- 라) T-MAC 기법 : S-MAC의 'active state'에서 발생할 수도 있는 불필요한 에너지 낭비를 줄이기 위해서 제안되었다. 자신과 관련된 데이터 전송이 끝났을 경우에는 불필요하게 계속해서 켜있는 상태를 유지할 필요는 없다 그래서 TA라는 시간을 두어 만약 TA시간 동안 데이터의 전송이 없을 경우 바로 sleep함으로써 불필요한 에너지를 줄일 수 있게 하였다.
- 마) TEEM 기법 : S-MAC의 'listen period'에서 발생할 수 있는 불필요한 에너지 소비 문제를 해결한 프로토콜이다. 불필요한 시간인데도 전체 listen 시간 동안 깨어 있는 것은 수만 listen/sleep 주기를 반복해야 하는 MAC 프로토콜에서 심각한 에너지 낭비를 야기 시킨다. 이 문제를 해결하고 'SYCN + RTS' 라는 또 다른 기법을 사용하여 컨트롤 패킷의 수 역시 줄여서 S-MAC보다 효율적으로 MAC를 설계하였다.

2) TDMA

- CSMA와는 다르게 미리 각 노드들의 전송 시간을 스케줄링하여 정해진 시간에 데이터를 전송하는 기법이다. 스케줄링이 정해지고 난 후에는 데이터 충돌이 발생하지 않기 때문에 이러한 기법을 collision - free라고 한다.
- 가) TRAMA 기법 : TEMA를 기반으로 하는 대표적인 센서 네트워크 MAC 프로토콜로 ad-hoc 네트워크의 NAMA와 비슷한 방식을 사용하여, 각 노드 스스로 분산 선출 알고리즘(distributed election algorithm)을 통해 자신이 사용할 타임 슬롯을 선택한다. TRAMA의 시간은 random-access period와 scheduled-access period로 구별 되는데, random-access시간 동안에는 1홉 주변 노드의 정보가 담겨 있는 NP(Neighbor Protocol) 패킷을 교환하고, scheduled-access시간의 시작부분에서는 데이터를 전송하기 전에 자신의 스케줄링 정보가 담긴 SEP(Schedule Exchange Protocol)패킷을 전송하여, 각기 자신이 사용할 슬롯을 분산 선출 알고리즘에 의해 선택한다. 그 후 나머지 scheduled-access 시간 동안에는 앞서 선택한 슬롯 시간에 데이터 전송을 시도함으로써 충돌 없는 통신이 가능하도록 하였다.

바. 통합 관리 S/W설계

- 현재 창 및 암막개폐의 정회전 역회전 정지, 전조등 ON/OFF, 솔레노이드 ON/OFF에 대한 소프트웨어를 NI에서 예시로 보내주는 소스를 이용하여 작성하여 보았다.

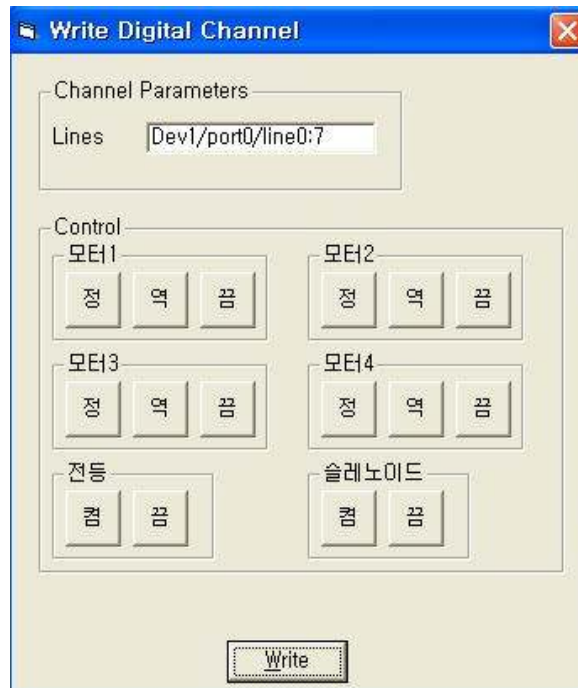


그림 1-16. 프로그램 실행 화면

표 1-16

```

/*****
'
' Visual Basic 6.0 Example program:
'   WriteDigChan.frm
'
' Example Category:
'   DO
'
' Description:
'   This example demonstrates how to write values to a digital
'   output channel.
'
' Instructions for Running:

```

```

' 1. Select the digital lines on the DAQ device to be written.
' 2. Select a value to write.
' Note: The array is sized for 8 lines, if using a different
' amount of lines, change the number of elements in the
' array to equal the number of lines chosen.
'
' Steps:
' 1. Create a task.
' 2. Create a Digital Output channel. Use one channel for all
' lines.
' 3. Call the DAQmxStartTask function to start the task.
' 4. Write the digital Boolean array data.
' 5. The StopTask module is called to stop and clear the task.
' 6. Display an error if any.
'
' I/O Connections Overview:
' Make sure your signal output terminals match the Lines I/O
' Control. In this case wire the item to receive the signal to the
' first eight digital lines on your DAQ Device.
'
'*****/

Option Explicit
Private taskHandle As Long
Private taskIsRunning As Boolean
Dim command(10) As Byte

Private Sub Command1_Click()
    command(0) = 1
    command(1) = 0
    Call startCommandButton_Click
End Sub

Private Sub Command10_Click()
    command(6) = 1
    command(7) = 0
    Call startCommandButton_Click

```

```
End Sub

Private Sub Command11_Click()
    command(6) = 1
    command(7) = 1
    Call startCommandButton_Click
End Sub

Private Sub Command12_Click()
    command(6) = 0
    command(7) = 0
    Call startCommandButton_Click
End Sub

Private Sub Command13_Click()
    command(8) = 1
    Call startCommandButton_Click
End Sub

Private Sub Command14_Click()
    command(8) = 0
    Call startCommandButton_Click
End Sub

Private Sub Command15_Click()
    command(9) = 1
    Call startCommandButton_Click
End Sub

Private Sub Command16_Click()
    command(9) = 0
    Call startCommandButton_Click
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    command(0) = 1
    command(1) = 1
```



```
    Call startCommandButton_Click
End Sub

Private Sub Command3_Click()
    command(0) = 0
    command(1) = 0
    Call startCommandButton_Click
End Sub

Private Sub Command4_Click()
    command(2) = 1
    command(3) = 0
    Call startCommandButton_Click
End Sub

Private Sub Command5_Click()
    command(2) = 1
    command(3) = 1
    Call startCommandButton_Click
End Sub

Private Sub Command6_Click()
    command(2) = 0
    command(3) = 0
    Call startCommandButton_Click
End Sub

Private Sub Command7_Click()
    command(4) = 1
    command(5) = 0
    Call startCommandButton_Click
End Sub

Private Sub Command8_Click()
    command(4) = 1
    command(5) = 1
    Call startCommandButton_Click
```

```

End Sub

Private Sub Command9_Click()
    command(4) = 0
    command(5) = 0
    Call startCommandButton_Click
End Sub

Private Sub startCommandButton_Click()
    Dim i As Integer
    Dim sampsPerChanWritten As Long
    Dim arraySizeInBytes As Long
    Dim writeArray() As Byte

    On Error GoTo ErrorHandler

    startCommandButton.Enabled = False

    If ValidateControlValues Then
        startCommandButton.Enabled = True
        Exit Sub
    End If

    arraySizeInBytes = 10
    ' Re-initialize an array that holds the digital values to be written
    ReDim writeArray(arraySizeInBytes)
    For i = 0 To arraySizeInBytes - 1
        writeArray(i) = command(i)
    Next

    ' Create the DAQmx task.
    DAQmxErrChk DAQmxCreateTask("", taskHandle)
    taskIsRunning = True

    ' Add a digital output channel to the task.
    DAQmxErrChk DAQmxCreateDOChan(taskHandle, digitalLinesTextBox.Text,

```

```

"", DAQmx_Val_ChanForAllLines)

    ' Start the task running, and write to the digital lines.
    DAQmxErrChk DAQmxStartTask(taskHandle)
    DAQmxErrChk DAQmxWriteDigitalLines(taskHandle, 1, True, 10#,
DAQmx_Val_GroupByChannel, writeArray(0), sampsPerChanWritten, ByVal 0&)

    ' Display a window indicating the number of samples per channel read.
    samplesPerChannelWrittenLabel.Caption = "Samples / Line written = " &
sampsPerChanWritten
    samplesPerChannelWrittenLabel.Visible = True

    ' All done!
    StopTask

Exit Sub

ErrorHandler:
    If taskIsRunning = True Then
        DAQmxStopTask taskHandle
        DAQmxClearTask taskHandle
        taskIsRunning = False
    End If

    startCommandButton.Enabled = True

    MsgBox "Error: " & Err.Number & " " & Err.Description, , "Error"
End Sub

Private Sub StopTask()
    DAQmxErrChk DAQmxStopTask(taskHandle)
    DAQmxErrChk DAQmxClearTask(taskHandle)
    taskIsRunning = False
    startCommandButton.Enabled = True
End Sub

Private Function ValidateControlValues()

```

```
ValidateControlValues = 0
If digitalLinesTextBox.Text = "" Then
    MsgBox "Please fill in all empty fields.", , "Error"
    ValidateControlValues = 1
End If
End Function

Private Sub Form_Load()
    taskIsRunning = False
    Dim i As Integer
    For i = 0 To 9
        command(i) = 0
    Next
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    If taskIsRunning = True Then
        StopTask
    End If
End
End Sub
```

사. 통합제어기 회로 설계

- 현재는 모터부분과 전조등, 솔레노이드밸브 부분이 분리 되어있다. 제품실험을 위해서 분리 시켜놓고 앞으로 컨트롤박스에 넣어서 통합제어기로 만들 예정이다. 회로도 는 Pspice를 이용하여 설계하였으며 사진은 현재 모습이다. 모터 같은 경우는 SSR 및 릴레이의 온오프 모습을 아래 그림에 나타내었다.

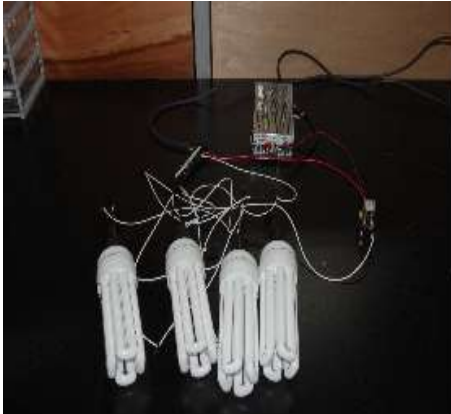


그림 1-17. 전조등 작동전과 작동후

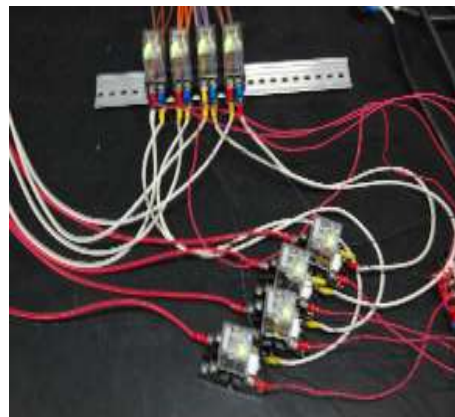
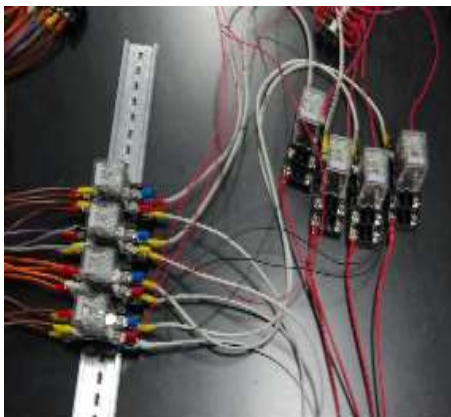


그림 1-18. 릴레이 작동전과 작동후

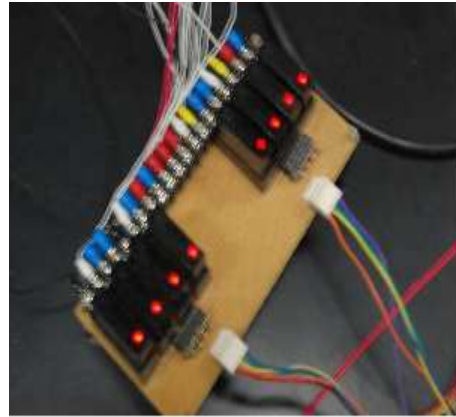
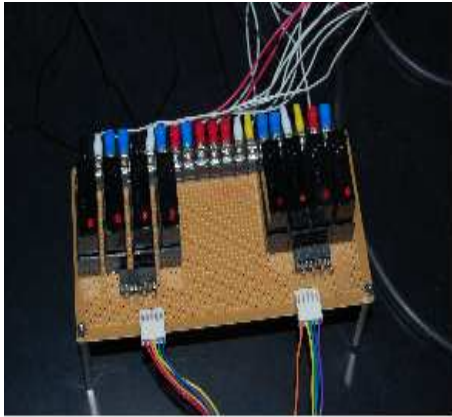


그림 1-19. SSR 작동전과 작동후

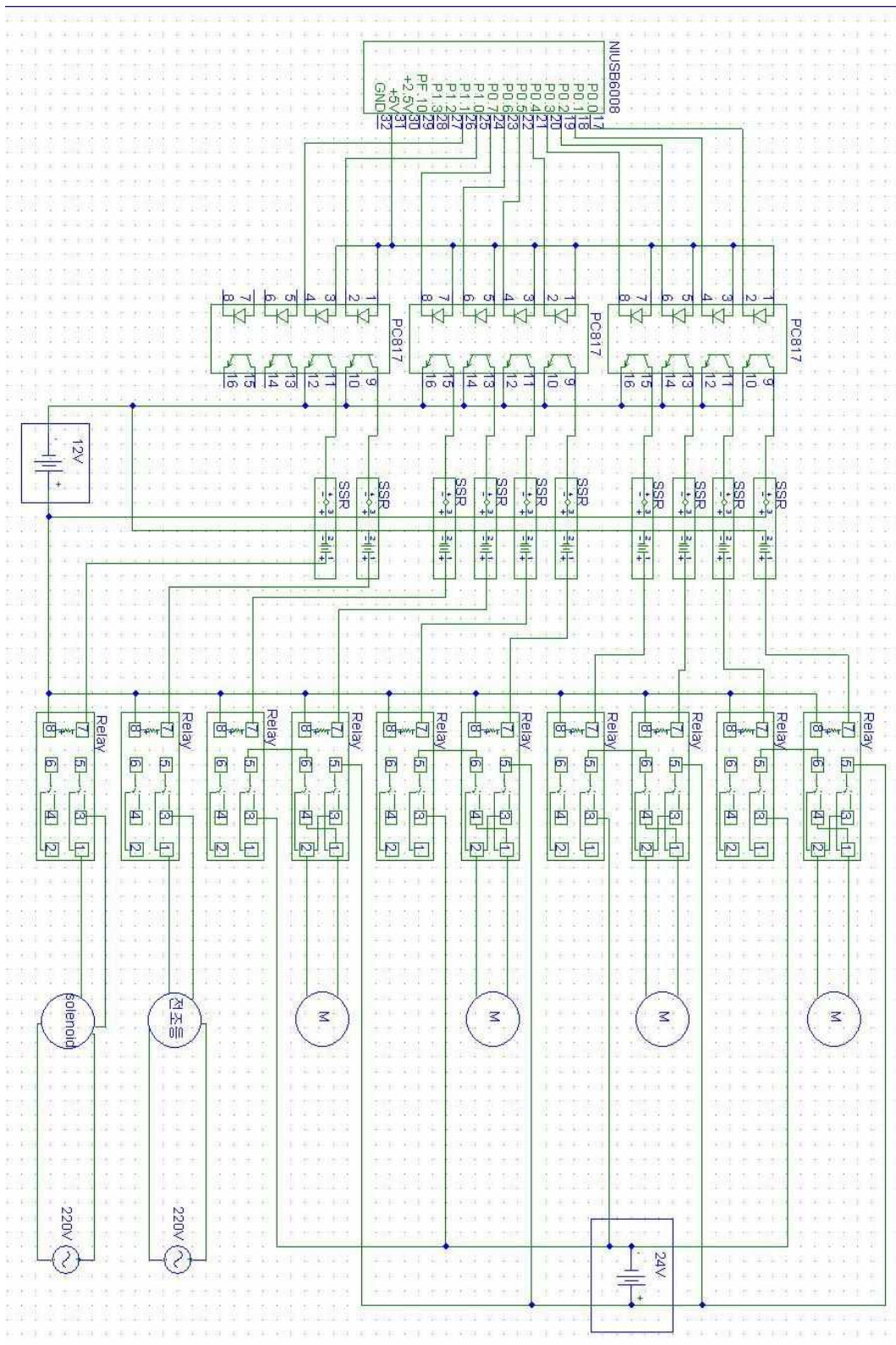


그림 1-20. 전체 제어 회로도

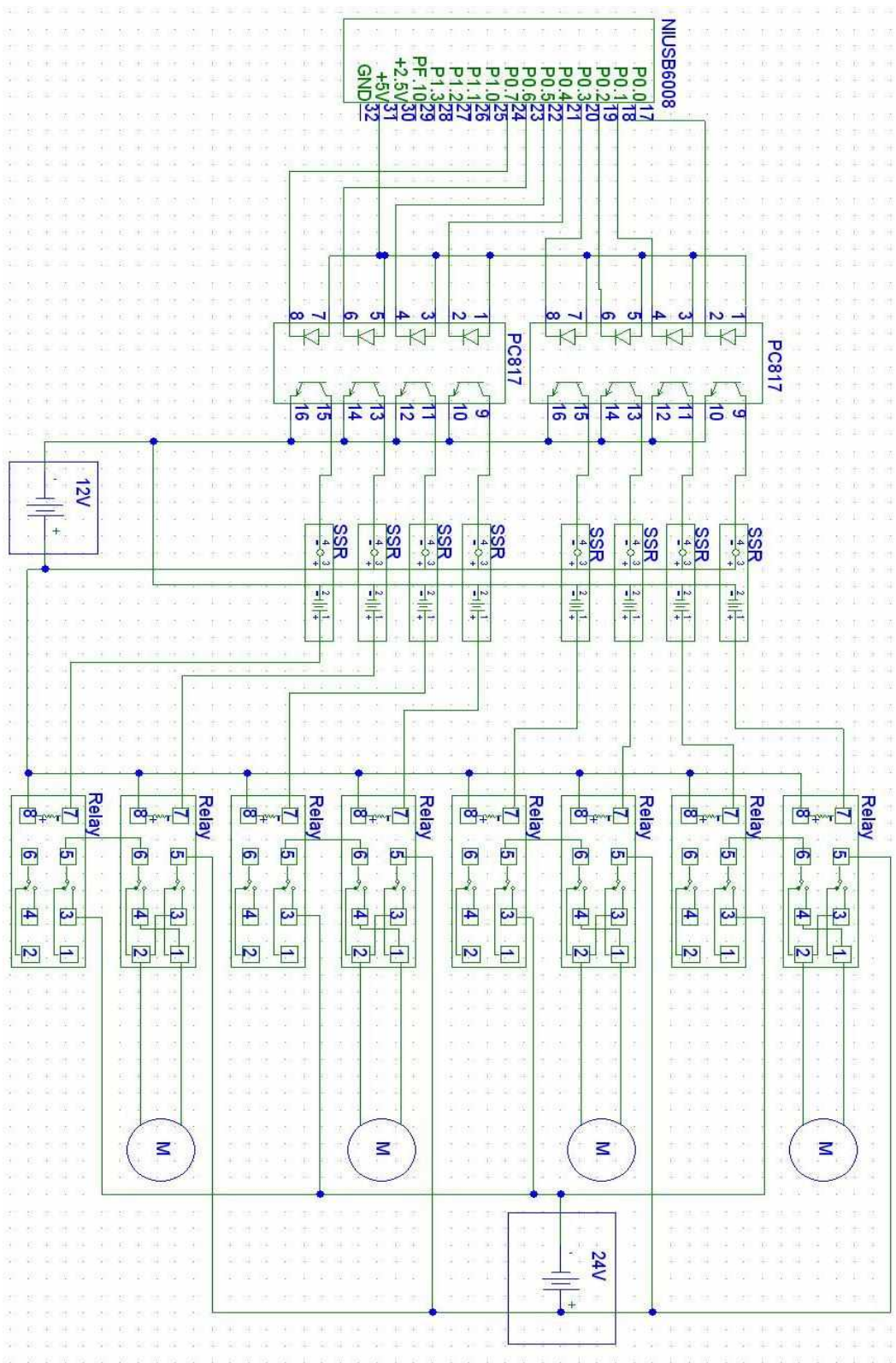


그림 1-21. 창 및 암막 개폐 모터 제어 회로도

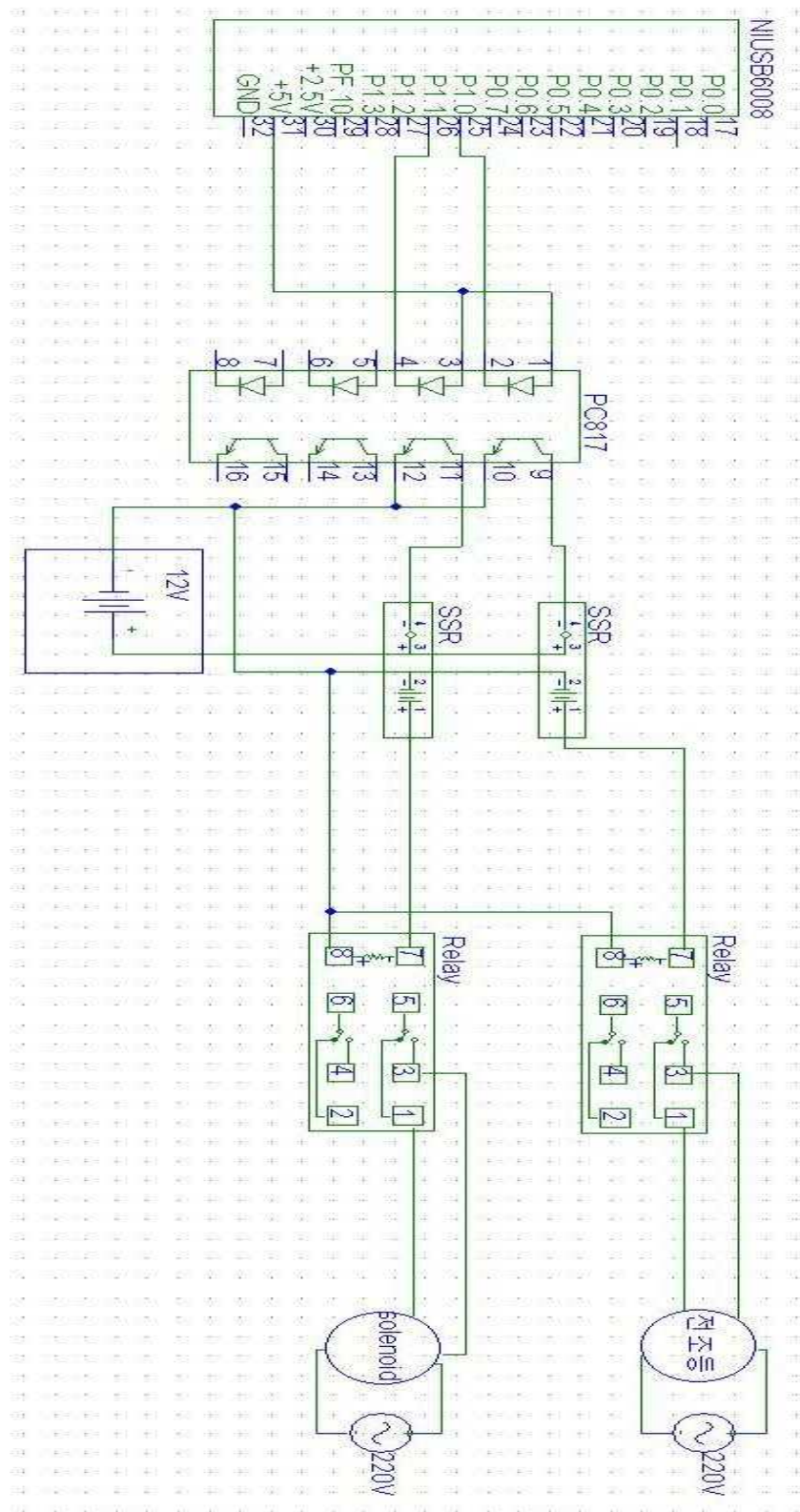


그림 1-22. 전조등 과 솔레노이드 밸브 제어 회로도

2. 통합 원격 관리 시스템 제작 및 평가

1년차 연구 과제의 결과로부터 도출된 무선 센서네트워크를 이용한 원격 자동화 국화 생산 시스템의 종합 개념도는 다음 그림과 같이 도식화 할 수 있다.

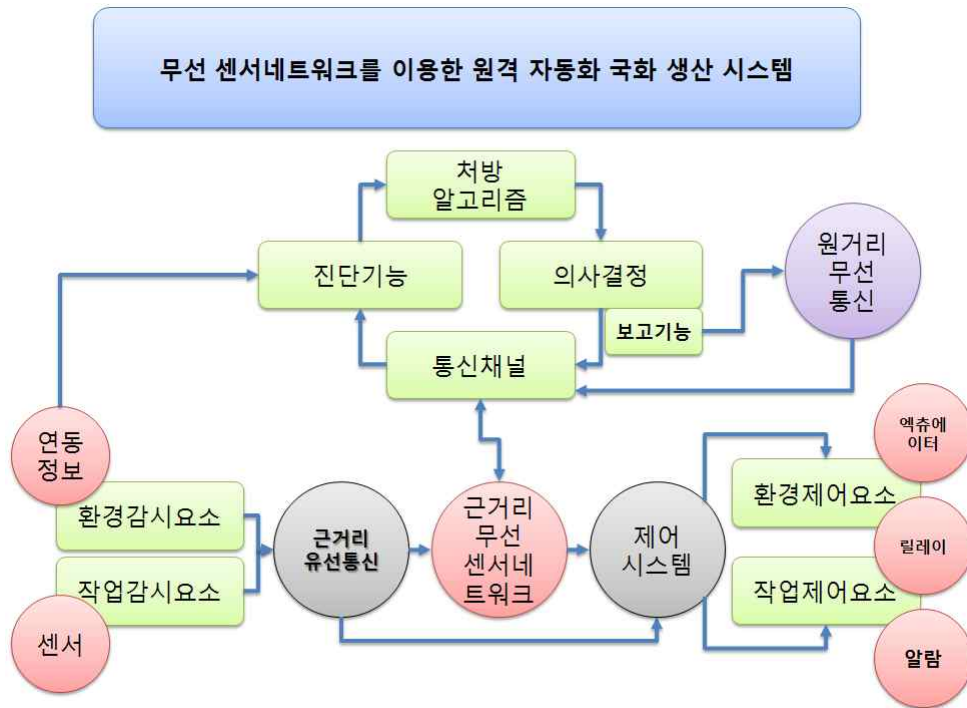


그림 1-23 무선 센서네트워크를 이용한 원격 자동화 국화 생산 시스템의 종합 개념도

본 시스템은 상기 개념도에 명시된 바와 같이 작업·환경 감시 요소 및 제어요소, 모니터링, 진단 등을 수행할 수 있는 제어기와 유·무선 복합 형태의 통신 시스템을 기반으로 하는 센서네트워크를 통해 구성된다.

가. 작업 및 환경 감시 요소 제작

(1) 작업 및 환경 감시 요소 고찰

본 과제는 무선 센서네트워크 기술을 이용하여 국화 생산 시스템의 자동화 기술을 개발하는 것을 목표로 하고 있으며 이를 위하여 국화 재배 환경에 대한 자동 제어 시스템과 무선 통신 기술을 융합한 원격 제어 시스템의 통합을 필요로 한다. 통합을 위한 시스템의 개념 설계 및, 구현, 검증의 전 단계에서 가장 기본이 되는 것은 국화의 생육과 품질에 관련이 있는 다양한 작업 요소 및 환경 요소에 대한 이해이다.

다음 표는 일반적인 국화 재배 포장에서 요구되는 온도, 습도, 광량에 대한 환경 조건을 정리한 표이다.

표 1-17. 국화재배포장에서의 환경조건

환경제어		온도(°C)	일평균온도(°C)	습도(%)	광량 (lux)
재배장	주간	22~24	19~20	70~80	5~6만
	야간	17~18		85~90	

이와 같은 조건에 대한 고찰에 있어서 작물의 보편적인 성장 환경에 대한 이해와 아울러 국화 재배 포장의 특수한 환경을 고려하여 토양 수분, 온도, 광량, 인공 조명 등의 다양한 환경 요소에 대하여 다음과 같이 고찰하였다.

○ 토양 수분에 대한 고찰

- 식물의 성장을 관찰하여야 하는 시기는 7. 7주이다
- 토양 내 40~50cm 정도를 파서 수분점검을 하여야 하며 이는 매우 중요함
- 상부 스프링클러로 관수하고자 할 때에는 차광막을 열자마자 살포하는 것이 바람직 함
- 병해충 예찰을 주기적으로 실시하여 개화 전에 철저하게 방제가 이루어져야 함



그림 1-24. 토양 40~50 cm 깊이의 수분측정

- 절화시 줄기속이 비는 증상을 방지하기 위한 시기이므로 철저한 물관리 실시하되 무리한 수분 공급은 피하여야 함
- 지상부 잎이 무성하여 환기가 불량할 때에는 흰녹병이 발생 할 수 있으며 총채벌레, 잎굴파리 방제를 철저히 해야 함

○ 관수 방법에 대한 고찰

- 8주차부터 식물의 성장단계는 거의 끝나가는 단계이며 관수는 점적관수가 좋으나 두상관수시 이른 아침에 실시
- 일부 품종의 경우 중심아의 제거가 필요하며 이는 착화된 5~6개의 꽃을 동시에 개화시키기 위함
- 중심아 제거 시기는 상단부의봉오리가 콩알만 할 때 꽃목길이 약 0.5~1cm 정도를 남기고 대각선으로 절단
- 모든 생육 및 품질은 국화생장점을 중심으로 이루어져야 하므로 온습도계는 국화의 성장점에서 30cm 위에 설치

○ 온도에 대한 고찰

- 주간온도는 영양생장에 관여하고 야간온도는 꽃봉오리의 개수 및 꽃눈 만들기 속도에 큰 영향을 미침, 또한 재배기간은 일평균 온도 즉, 야간온도와 주간온도의 평균에 의해 결정됨
- 모본장의 온도는 14 ℃ 이하에서 자란 모주에서 삼수를 채취하면 화아 형성의 지연, 2차영양생장, 로젯트현상 초래 등의 문제가 나타남

○ 광량에 대한 고찰

- 식물은 광의 도움을 받아 탄산가스와 물을 이용하여 당을 생산(탄소동화작용)

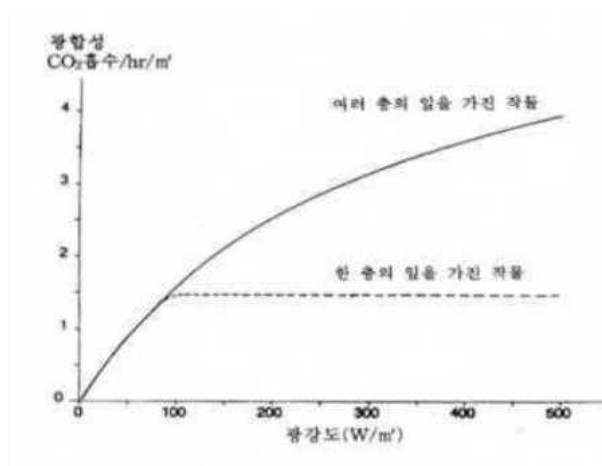


그림 1-25. 광 강도와 탄소동화작용

- <그림 1-25>는 광강도에 따른 광합성을 나타내는 것으로 광강도가 0~30W/m² 인 겨울철에 보광(적색광의 나트륨 등이 좋음)을 한다면 광합성률을 증가 시킬 수 있음

- 여름철에 광 강도가 강할때에는 차광막을 치는데 광은 작물에 해롭지 않지만 복사에의하여 하우스 안으로 들어오면 하우스 안의 온도가 높아져 작물에 해롭기 때문임 (빛에너지 → 열 에너지로 전환되는 현상)
- 보통 흐린 날 광 강도는 30~40W/m²이며, 맑은 날은 100W/m² 이상
- 여름철 햇빛을 차광하여 하우스의 온도를 낮추고자 할 때에도 빛을 산란하여 작물에 고루 미치게 하는 알루미늄 은색 차광막이 좋음
- 빛이 부족한 비 오는 날, 흐린 날, 해 뜰 때, 해 질 때에는 차광막을 걷어주어 광 부족 현상이 발생하지 않도록 해야 함
- 낮 동안은 식물이 개화하기 전에 광합성 동화산물을 생산하는데 이런 동화산물들은 밤 동안에 화아분화 형성에 이용되는 물질로 변화되거나 저장됨
- 효과적인 광관리를 위한 필요한 조건으로 낮은 광도(광보상점 이하)는 잎이 적어지고 식물체의 중량이 낮아지는 경향이 나타남
- 반면 높은 광도는 식물체를 건조하게 하고 생육이 위축되며 엽록소 붕괴(잎이 적갈색)현상이 나타나므로 주간에는 광합성을 최대로 하여 포도당(C₆H₁₂O₆)을 최대 생산할 수 있도록 해야 함
- 야간에는 주간에 만든 포도당을 이용 야간에 뿌리에서 흡수되는 비료성분을 이용하여 지속적인 세포증식에 사용됨

○ 인공 조명에 대한 고찰

- 정식한 국화는 장일조건이 요구되는 영양생장단계가 시작되어 자연광 및 전조 시설을 이용하여 하루 16시간의 광이 필요하므로 22:00~03:00까지 전등을 켜서 장일을 연장하여 주어야함
- 영양생장단계에서 국화는 식물체의 길이신장을 위하여 엽의 형성과 정아의 우세가 계속되며 가을의 경우 개화는 차광을 하지 않고도 자연조건하에서 일어날 수 있음
- 국화는 생식생장 이전에 충분한 영양생장을 해야 하는데, 이런 영양생장시기에 일장처리는 필수적이며 이를 위해 1일 최소 15~16시간의 일장이 주어져야 함
- 1일 외부 일장 시간이 12시간으로 가정할 때 인공광으로 3~5시간의 추가일장 조건이 주어져야 하며, 광량은 최소 80~100룩스 정도가 생장점 부위에 조사되어야 함
- 네덜란드에서는 만은 농가에서 일 년 내내 암막설비로 밤 동안에 엷어 어린 식물에서는 영양생장기 동안에는 암막을 여는 대신에 심야 조명을 하고 있음
- 네덜란드의 경우 대부분 시설국화 농가에서는 장일기간(전조)동안 3,000룩스 이상의 고압나트륨등을 사용함으로써 장일기간이 짧아지므로 약 5~6기작까지 가능한 생산을 하고 있다. 그리고 이런 전조장치들은 흐린 날이나 일장이 짧은

- 동절기에도 사용함으로써 많은 생산량과 함께 고품질의 국화를 생산하고 있는 것임
- 겨울에는 보온을 위하여 차광막을 보다 일찍 닫고 아침에 늦게 여는 농가는 광 부족으로 인해 생육이 지연되므로 자연광을 최대한 이용하기 위해 일찍 보온막을 여는 것이 중요함

■ 농가에서 잘못 인식하고 있는 교호조명

- 밤중에 몇 시간을 조명하는 방법에는 여러 가지 종류가 있음
- 예를 들어 23:00~03:00 밤에 몇 시간을 계속 조명할 수도 있고 반복적으로 조명할 수도 있음
- 반복적으로 조명하는 경우에 한 주기는(한번 명, 한번 암) 30분 이상을 지속하면 안되고, 이 30분 중에 적어도 6분(20%)은 조명되어야 함
- 이런 식으로5가지의 서로 다른 그룹으로 조명 할 수가 있음
- 7.5분을 조명하면 4그룹으로, 10분을 조명하면 3그룹으로 조명하면 연속 조명과 같은 효과가 있으며, 6분을 전조하면 빛의 세기가 약 90룩스이고 10분 일 때는 약 70룩스 높아야 함
- 농가에서의 백열전구 100W의 경우 광도가 가장 낮은 곳은 30룩스이므로 광세기를 높여 주었을 때 사용을 권장함
⇒ 전력이 부족하여 백열전구를 이용하고자 할 때
- 한쪽의 반은 23:00~04:00 조명하고 나머지는 19:00~23:00 그리고 04:00~06:00까지 조명하는 방법을 추천함

- 11월 1일부터 1월 31일까지의 재배할 경우 화아분화 촉진을 위하여 <표20>에 의해 이른 아침 전조를 실시하고 일출시까지 전조를 실시함
- 또한 영양생장기에 생리장애 예방을 위하여 보온막을덮은 후 밤의 길이가 5~6 시간 연속되지 않게 조절해야 함

표 1-18. 새벽전조시간

소 등 시 기	조 명 시 간
11월 1일 ~ 11월 20일	5:00 ~ 6:30
11월 21일 ~ 12월 10일	4:45 ~ 6:45
12월 11일 ~ 12월 31일	4:45 ~ 7:00
1월 1일 ~ 1월 31일	5:30 ~ 7:00

※ 아침에 보온막을 열 때 급격히 온도가 떨어지지 않도록 가운을 실시, 보온막을 늦게 열 경우 보온막을 열 때까지 계속 전조를 실시함

(2) 작업 및 환경 감시 요소 사양

국화의 생육과 품질에 관련성이 높은 다양한 작업 요소 및 환경 요소에 대한 이해를 바탕으로 제어 시스템의 설계를 수행하였다. 우선적으로 통합 원격 관리 시스템의 제작에 있어서 작업 및 환경 제어 요소에 직접적인 관계가 있는 센서 기술과 제어 기술에 대한 연구를 통하여 개별 계측 및 제어 시스템을 구성하였다.

○ 토양 수분

다음 그림은 본 연구 과제의 수행 중에 사용된 휴대용 토양 수분 센서이다. 통합 시스템의 제작에 앞서 토양 수분을 대상으로 수행한 단위 실험 및 통합 시스템에 포함된 토양 수분 계측 시스템의 비교 검증을 위하여 사용하였다.

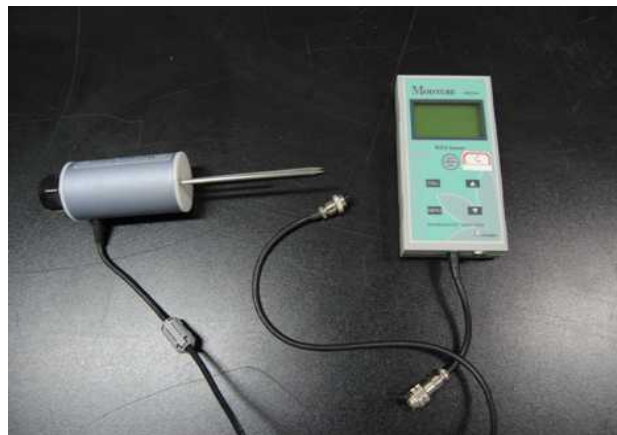


그림 1-26. 토양 수분센서 - 휴대용 토양 수분센서

주요 사양으로는 다음 표와 같이 FDR 방식의 정밀도가 높은 센서로서 휴대가 가능한 점이 가장 큰 특징이라 할 수 있다.

표 1-19. 휴대용 토양 수분센서 스펙

모델명 : WT1000N/H, 미래센서		
측정범위	Moisture	0~99.9%
	토양 EC	0~6.0dS/m
	Temperature	0~60℃
오차	Moisture	± 3%
	EC	± 0.1dS/m
	Temperature	± 0.5℃
Sensor_Type	FDR(Frequency Domain Reflectometry)	
Power Supply	DC 9~15V	
Operation Range	0~60℃	
Size	Probe length 11.5cm 38mm	
Current	25mA	

또한 토양 수분 계측의 정확성을 비교 검증하기 위하여 다음 그림과 같은 토양 수분 센서를 교차 사용하였다. Hydrosense사의 센서와 Gradan사의 센서를 이용하여 단위 실험을 수행 하였으며 건전지를 사용하여 휴대성을 높인 상용 센서라는 점이 공통점이다.

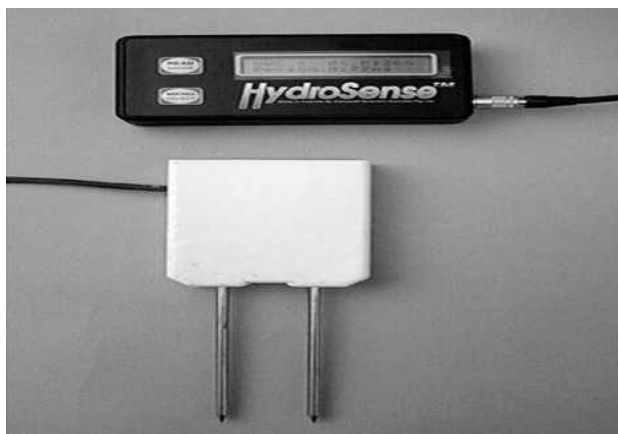


그림 1-27. 토양센서 - Hydro 토양 수분센서

표 1-20. Hydro 토양 수분센서 스펙

모델명 : CD620-HydroSense Display Unit, Spectrum Technologies, Inc	
Measurement Parameter	Volumetric Water Content(%), Water Deficit(mm)
Housing	Splash resistant
Display	16-character, two line LCD display
Keypad	Two-button membrane keypad
Power	3Vdc-2AAA alkaline batteries
Battery Life	Approximately 12 months typical usage
Dimensions	120 × 73 × 24mm(4.7" × 2.9" × 0.9")
Weight	160 grams(7 oz.) including batteries
Reading time	<50 milliseconds
모델명 : CD620-Water Content Probe	
Accuracy	±3% water content in materials with electrical conductivity < 2dSm ⁻⁴
Resolution	0.25%
Range	Dry to saturation
Output	Square wave pulse train with ±2.5 Vdc amplitude
Body Dimensions	105 × 70 × 18mm(4.1" × 2.8" × 0.7")
Rod Dimensions	5mm (0.2") diameter
	32mm (1.3") spacing
	120 or 200mm (4.7", 7.9") length
Cable	Spiral cable, 200cm (6.6ft) length
Weight	390 gram (14 oz.)



그림 1-28. 토양 수분센서 - Grodan Water Content Meter

표 1-21. Grodan Water Content Meter 스펙

모델명 : Grodan Water Content Meter - Control, gradan Inc			
파라미터	10 × 3.5 × 7.5cm ³		
측정 변수	수분함량(% v/v)		
	전기전도도(mS/cm)		
	스라브의 온도(T)		
입력	100~240VAC, 47~63Hz, 400mA		
출력	9VDC/1.5A		
측정조건	수분함량(%)	최소	25%
		최대	95%
	EC(mS/cm)	최소	0
		최대	10
측정범위	수분함량(%)	최소	0%
		최대	100%
	EC(mS/cm)	최소	0
		최대	20
정확도	수분함량(%)	최소	2.5%
		최대	5.0%
	EC(mS/cm)	최소	0.1
		최대	0.5
해상도	수분함량(%)	최소	0.1%
		최대	0.2%
	EC(mS/cm)	최소	0.01
		최대	0.02

최종적으로 통합 시스템에 채용하기 위한 센서로 채택된 토양 수분 계측 센서는 추후 산업화 및 경제성을 제고를 위하여 다음 그림과 같은 국산 제품을 사용하였다. 특히 가장 보편적인 방식은 압력으로 계측이 가능한 토양 수분 장력을 측정하는 모델로서 본 시스템의 구현 개념에 충분히 부합할 수 있는 $\pm 0.5\%$ 의 정밀도를 나타냄에도 불구하고 가장 저렴한 것이 특징이라 할 수 있다.

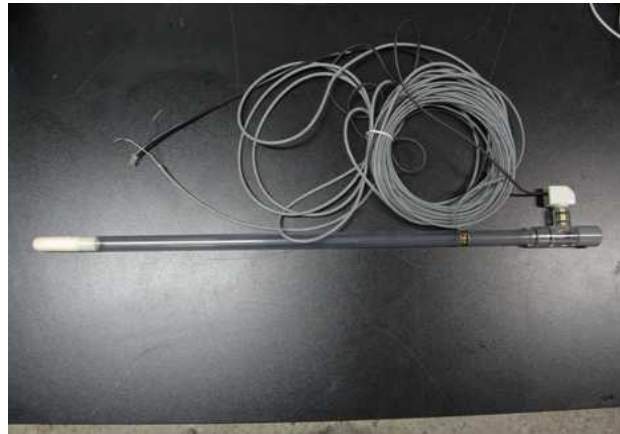


그림 1-29. 토양수분센서 - zField

표 1-22. zField 스펙

모델명 : Tensiometer, 한스시스템	
수감부	DIK3160-11/DIK3160-13
텐션컵	$\phi 18\text{mm} \times 90\text{mm}$
전체크기	$\phi 18\text{mm} \times (\text{매설깊이} + 12\text{cm})$
압력센서	DIK3022-12
정격압력범위	0~-100kPa
출력전압	1~5VDC
과워유닛	(데이터 수집기 포함)DIK3041-12
입력채널	1채널
측정범위	$\pm 50.00\text{mV} / \pm 500.0\text{mV} / \pm 5.00\text{V} / \pm 50.00\text{V}$
정밀도	$\pm 0.5\%$ reading. $\pm 5\text{dgt}$
기록간격	1 / 2 / 5 / 10 / 15 / 20 / 30 초 , 1/2/5/10/20/30/60분
기록용량	32.000 데이터
Option	Data Collecting Set

한편 무선 센서네트워크 구성 과정에서 센서의 소비 전력을 줄임으로써 무선화로 인한 오류를 최소화 할 수 있는 저소비 전력 센서를 병행하여 채용하였다.



그림 1-30. 토양 수분센서

표 1-23. 토양 수분센서 스펙

모델명 : ECH ₂ O EC-5, DECAGON DEVICES		
Accuracy	Mineral Soil	±3% VWC, All mineral soils ±1~2% VWC soil specific calibration, up to 8 dS/m
	Rockwool	±3% VWC, 0.5~8dS/m
	Potting Soil	±3% VWC, 3~14dS/m
Resolution	0.1% VWC(mineral soil) 0.25% VWC(rockwool)	
Range	0~100% VWC	
Dimensions	8.9 × 1.8 × 0.7cm	
Cable Length	5m, custom cable lengths available upon request	
Measurement Time	10ms	
Power	2.5~3.6V @ 10mA	
	Output proportional to input voltage	
	2.5V and 3V excitations supported with calibration equations	
Output	Voltage, correlated linearly(soil) or polynomially(growing media) with VWC	
Temperature	-40~50 °C	
Connetor types	3.5mm "stereo" plug or stripped and tinned lead wires	
Datalogger Compatibility	Decagon : Em50, EM50R, ProCheck, ECH ₂ O Check, Em5b	
	Campbell Scientific : CR10X, 21X, 23X, CR1000, CR3000 etc	
	Other : Any data acquisition system capable of switched 2~3.6V excitation and single ended voltage measurement at 12bit or better resolution	

○ 온도 및 습도

시설 내의 온도와 습도를 동시에 계측으로서 소비 전력을 경감시킬 수 있는 센서를 채용하였다. 습도는 상대습도 값을 계측할 수 있으며 온도는 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 의 정밀도를 보이는 특징을 가진 센서를 다음 그림과 같이 배선을 조합하여 통합 시스템에 채용하였다.

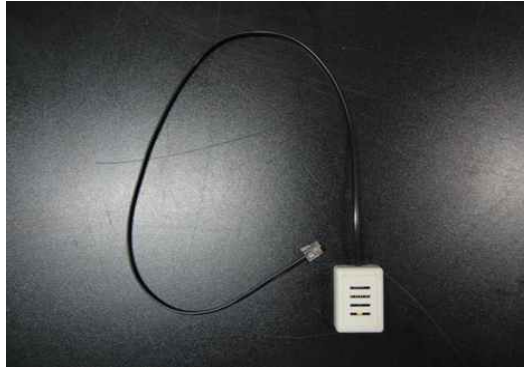


그림 1-31. 온습도센서

표 1-24. 온습도센서 스펙

모델명 : HUMI HA-TH100, 한스시스템	
사용 센서	상대습도, 온도센서
습도 측정 범위	0~100% RH
습도 정밀도	$\pm 1.8\%$ RH (20~80% RH)
습도 재현성	$\pm 0.1\%$ RH
온도 정밀도	$\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ @ 25°C
반응속도	< 8s
전력	typ. 30uw
출력	digital 2 wire interface

○ 유량

자동화된 관수 시스템을 통하여 공급이 되는 수분의 양을 정량적으로 계측하기 위하여 유량계를 사용하였다. 전자적 신호인 디지털 클럭의 개수를 파악하여 유량을 산정하는 방식으로서 단위 실험 과정에서 채용되어 관수 제어 밸브의 작동 유무를 판단하고 관수량을 측정하였다.

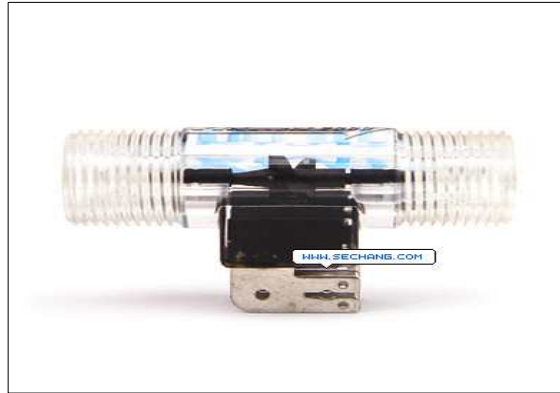


그림 1-32. 터빈 유량계

표 1-25. 터빈 유량계 스펙

모델명 : Vision-5-A6, 세창인스트루먼트(주)	
유량 검출부	
측정 유량	0.5~5 Litter/min
측정 정밀도	±3%
재현성	0.5%
최대 압력	25 bar
동작 온도	-20~100℃
출력 신호	Open collector NPN Pulse K-Factor PPL=6900 (PPL=Pulse/Liter)
배관 사이즈	6 mm
재질	Grilamid TR55(PA 12)
연결부	3/8 Male
유량 지시부	
표시	싱글 디스플레이 : 적색/녹색 7세그먼트 디스플레이(문자 높이 : 약 20mm)
표시 범위	-9999 ~ 9999
사용 온습도 범위	온·습도 범위 : 0~50℃ 35~85% RH
보존 온습도 범위	-10~70℃ 60% RH 이하
전원	100~240V±10%
소비전력	AC100V일 때 최대부하 8VA
외형 크기	48mm(H)×96mm(W)×97.5mm(D)
질량	약 450g
내전압	AC전원 전원-입력, 출력간 AC150V 1분간(AC전원) 입력, 출력간 DC500V 1분간
절연저항	AC전원 상기 단자간 DC500V 100MΩ 이상 DC 전원 상기 단자간 DC500VΩ 이상

○ 일사량

시설 내에 유입되는 자연광 및 인공 조명에 의한 조명의 밝기를 정량적으로 측정하기 위하여 다음 그림과 같은 일사량 센서를 채용하였다.



그림 1-33. 일사량 센서

표 1-26. 일사량 센서 스펙

모델명 : CM11, Kipp & Zonen	
ISO 등급	Secondary Standard
반응시간(95%)	12s
Zero offsets	
a) 열복사($200\text{W}/\text{m}^2$)에 따른 Zero Offsets	$\pm 7\text{W}/\text{m}^2$
b) 온도변화($5\text{K}/\text{hr}$)에 따른 Zero Offsets	$\pm 2\text{W}/\text{m}^2$
비안정성	$\pm 0.5\%$
비선형성	$\pm 0.6\%$
방향 에러(at $1000\text{W}/\text{m}^2$)	$\pm 10\text{W}/\text{m}^2$
민감도의 온도 의존성	$\pm 1\%$ ($-10\sim 40^\circ\text{C}$)
Tilt response(at $1000\text{W}/\text{m}^2$)	$\pm 0.2\%$
Other Specifications	
민감도	$4\sim 6\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$
임피던스	$700\sim 1500\Omega$
Level accuracy	0.1°
케이블 길이	10m
파장범위	$305\sim 2800\text{nm}$
작동온도	$-40\sim 80^\circ\text{C}$
일반 신호 출력	$0\sim 25\text{mV}$
최대 광량	$4000\text{W}/\text{m}^2$
정확도	$\pm 3\%$

(3) 작업 및 환경 제어 요소 구성도

작업 및 환경 제어 요소는 근거리 유선 통신을 기반으로하여 데이터 로거와 속도별 센서가 연결되어 있으며 인접한 무선 센서네트워크 노드와 근거리 무선통신을 수행하고 릴레이를 기반으로 하는 제어 시스템에 제어 명령을 전달하는 형태로 구성되어 있다.

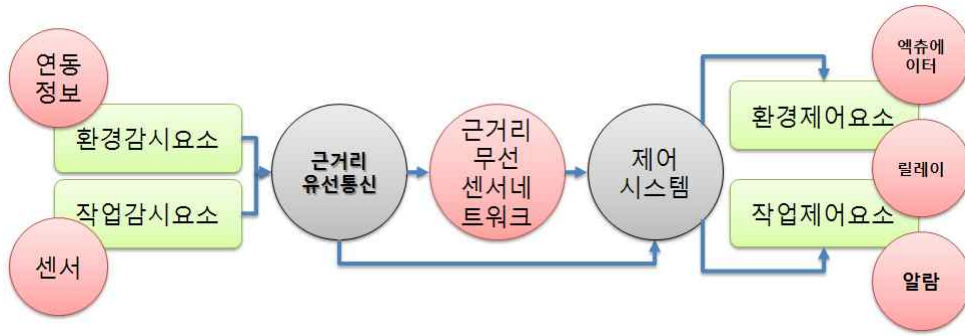


그림 1-34. 작업 및 환경 제어 요소 구성도

본 연구에서 설계한 제어 요소는 기존의 수동 작업에 의존하던 국화 재배 시설에 추가적인 비용 투입을 최소화하기 위한 방안으로서 기존의 스위치를 이용하던 방식의 제어기에 연동이 가능한 방안을 채택하였다. 즉 기존의 방식대로 작업자가 원할 경우 수동 제어가 가능함과 동시에 자동화된 제어기를 통한 제어도 가능하도록 설계되었다. 또한 긴급 상황이나 특정상황 발생 시 원격지에 있는 작업자에게 해당 내용을 전달하여 주는 경고 및 알람 기능이 통합이 되어 전체 시스템을 이루고 있다. 다음 그림은 수동 방식의 제어기를 기반으로 설계된 자동 제어시스템의 결선도를 나타내고 있다.

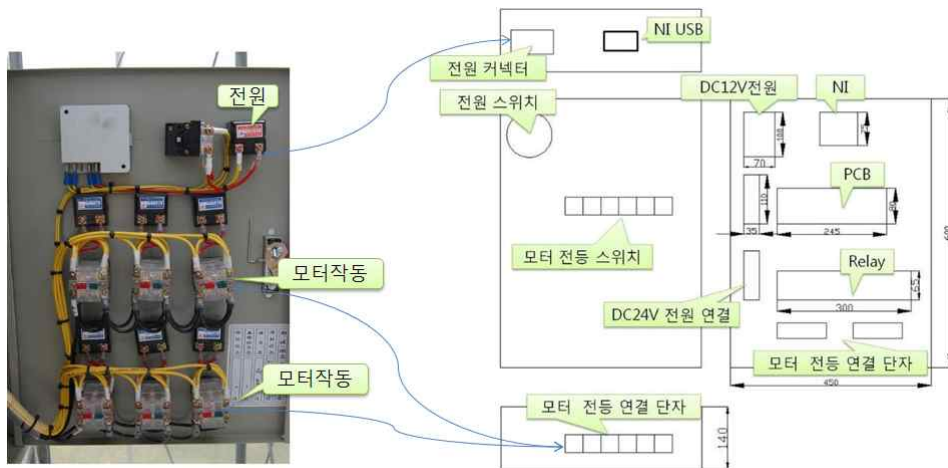


그림 1-35. 작업 및 환경 제어 요소 설계도

(4) 작업 및 환경 제어 요소 제작 재료

작업 및 환경 제어를 위한 요소에는 조명, 모터, 릴레이 등이 포함되며 다음과 같이 열거한 제작 재료를 사용하여 통합 시스템을 구축하였다.

○ 천장, 암막 개폐 모터

천장과 암막의 개폐를 위하여 사용한 모터는 작동의 경계 지점에서 자체적으로 작동을 중지하는 리미트 스위치 기능을 내장하고 있는 점이 특징이라 할 수 있다. 이러한 기능은 원격지에서 정확한 제어대상의 정보 없이 제어를 수행하는 경우 예상치 못한 결과를 미연에 방지할 수 있는 장점이 있다.



그림 1-36. 천장 개폐

표 1-27. 개폐기 스펙

모델명 : 청오자동개폐기(COM-9102), (주)청오엔지니어링	
사용 용량	100m × 4m × 비닐(0.08×0.1m 필름)
정격 전압	DC24V
정격 전류	2A
회전 수	4.5RPM
소비 전력	48W
파이프경	25, 32, 34
중량	3.0kg
규격	102mm×180mm×265mm

○ 인공조명

국화 생육환경에 가장 민감한 광량의 조절을 위하여 전력 소모량이 비교적 적은 3과장 조명을 사용하였으며, 그림과 같은 직선형 및 원형 조명을 병행하여 설치하였다.



그림 1-37 전조등

표 1-28. 전조등 스펙

모델명 : EU 255 EX-D, 오렉스	
규격	220V/55W
광원색	주광색
전광속	2700lm
밸브관경	16mm
제품외경	73mm
제품전장	240mm
베이스	E26/E39

○ 릴레이

릴레이는 제어 요소에 대하여 직접적인 전원을 공급하는 기능을 수행하거나, 공급되어 있는 전원의 단락을 결정함으로써 모터 및 밸브 등을 제어하는 가장 중요한 요소라고 할 수 있다. 특히 본 과제에서는 제어의 대상이 다양하므로 그에 부합하는 적합한 릴레이를 선정하는 과정을 수행하였으며 이로 인해 다양한 릴레이가 통합 시스템의 구성 요소로 사용이 되었다. 다음의 그림 및 표는 이러한 과정에서 선정된 릴레이의 외형 및 사양을 정리한 것이다.



그림 1-38. 대용량 릴레이



그림 1-39. 디지털 릴레이

표 1-29. 대용량 릴레이 스펙

모델명 : YSPR 25-2PA, YongSung		
접촉저항	below 25mΩ (initial value)	
절연저항	above 100MΩ (DC 500V.Meg)	
내전압	AC 2,000V/min	
수명	기계적	above 5,000,000times
	전기적	above 250,000times
동작시간	below 30ms	
복귀시간	below 30ms	
내진동	10~55Hz double amplitude 1.0mm	
사용주위온도	-5 ~ 40℃	
상대습도	45 ~ 85%	
중량	about 300g	

표 1-30. 디지털 릴레이 스펙

모델 : HP705-2PL 릴레이, KACON				
접점부	접점구성	2C(2a+2b)	4C(4a+4b)	
	접점재질	은합금		
	초기접촉저항	Max, 50mΩ		
	정격전류 (저항부하)	2C(2a+2b)	4C(4a+4b)	
		5A 24VDC	3A 24VDC	
		5A 240VAC	3A 240VAC	
	최대통전전류	5A	3A	
	최대 개폐전압	125VDC / 250VAC		
최소 스위칭 정격	100mA 5VDC			
일반사양	동작시간	20msec		
	차단시간	20msec		
	절연저항	100MΩ at 500VDC		
	수명	Mechanical : Min, 1,000,000		
		Electrical : Min, 1,000,000		
	내진동	10~55Hz 진동폭 1.5mm		
	사용주위온도	-35~55℃		
	사용주위습도	35~85% RH		
	무게	약 33g		
	단자나사 체결 토크	0.5N·m(5.10kgf·cm)		

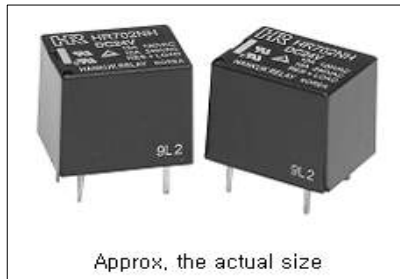


그림 1-40. HR702NH DC05V



그림 1-41. OMRON G5V-2 5VDC

표 1-31. HR702NH DC05V 사양

		Contact data	
Arrangement		1 Form A (SPST), 1 Form C (SPDT)	
Contact material		Ag alloy	
Initial contact resistance		1000mΩ max.	
Rated load, resistive		standard (NH type)	High capacity (HH type)
		10A 24VDC 10A 120VAC	15A 24VDC 15A 120VAC TV-5
Maximum switching current		10A	15A
Maximum switching capacity	with DC voltage:	240W	360W
	with AC voltage:	1,200VA	1,800VA
Maximum switching voltage		110VDC 240VAC	

표 1-32. OMRON G5V-2 5VDC 사양

RELAY, PCB, DPCO, 5VDC	
Series	G5V-2
Nom Coil Voltage DC	5V
Coil Resistance	50ohm
No. of Poles	2
Max Contact Voltage AC	125V
Max Contact Voltage DC	30V
Max Contact Current AC	500mA
Max Contact Current DC	2A
Mounting Type	PCB
Max Operating Temperature	65°C
Min Temperature Operating	-25°C
Operating Time	7ms
Release Time	3ms

특히 ① 동작속도가 빠르고, ② 소비전력이 작으며, ③ 접점의 소모나 마모가 없기 때문에 수명이 매우 길고, ④ 기계적 진동, 충격, 인화성 가스 등에 비교적 강인하며, ⑤ 외형의 소형화가 손쉬운 무접점 릴레이를 채용함으로써 용량이 큰 대형 모터를 제어하는 과정에서 발생 가능한 릴레이의 파손 및 결함을 최소화 할 수 있도록 하였다.

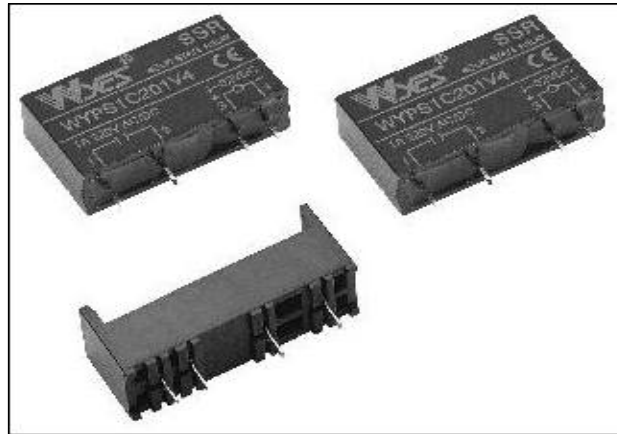


그림 1-42. SSR 무접점 릴레이

표 1-33. SSR 무접점 릴레이

모델명 : WYPS1C03Z4, (주) 운영		
항목		
출력	정격부하전압	220VACrms
	사용부하 전압범위	90~240VACrms
	피크전압(비반복)	600V
	정격부하전류	3.0AACrms(실효전류 1.5)
	주파수	25~65Hz
	써지전류정격	31.5AAC/1ns
	OFF시 누설 전류	3mA Acrms(MAX)
	접점전압강하	1.5V Acrms(MAX)
입력	최소동작전류	0.1A Acrms
	최대입력전압	32VDC
	입력전압범위	4~32VDC
	입력전류	정전류방식 10±3mA
	동작전압	3.0VDC
공통	복귀전압	1.4VDC
	내전압	2500VAC / rms / 1 min
	절연저항	DC 500V / 100MΩ
	응답속도	8.3±1ms
	제로크로스 기능	유
	동작온도범위	-20~80℃
	보존온도범위	-30~100℃

○ 솔레노이드 밸브

솔레노이드 밸브는 관수 시스템에서 사용하는 밸브의 개폐에 사용이 되며 본 제어 시스템에서는 기존에 설치가 되어 있는 솔레노이드를 유지하는 방식을 사용하였다. 기존의 솔레노이드에 전원을 인가하는 결선부에 단락을 조절할 수 있는 릴레이 추가하여 기존의 시스템과 충돌이 없이 자동 제어가 가능한 방식을 사용하였다.



그림 1-43. 솔레노이드 밸브

표 1-34. 솔레노이드 밸브

구분	표준사양	옵션 사양
사용유체	공기, 물, 맑은 오일, 불활성가스	
유체온도범위	0~60℃	EPDM, FPM
주위허용온도	50℃(MAX)	
사용압력범위	0.3~10Kgf/cm ²	
코일절연 종별	CLASS B	
코일전원접속방식	L리드선	GROMMET TYPE DIN TYPE TERMINAL BOX
몸체접속방식	PT(Rc) 3/4", 1"	
오리피스 치수	φ20mm, φ25mm	
사용전압	DC-12V, 24V	
전압보상율	± 5%(DC)	
소비전력	DC : 14W	
몸체재질	BRASS	
시트재질	NBR DIAPHRAGM	EPDM, FPM
밸브중량	1.3kg	

(5) 작업 및 환경 제어 요소 제작 결과

앞서 기술한 개별 요소들을 재료로 하여 다음 그림과 같은 작업 및 환경 제어 요소를 제작하였다.

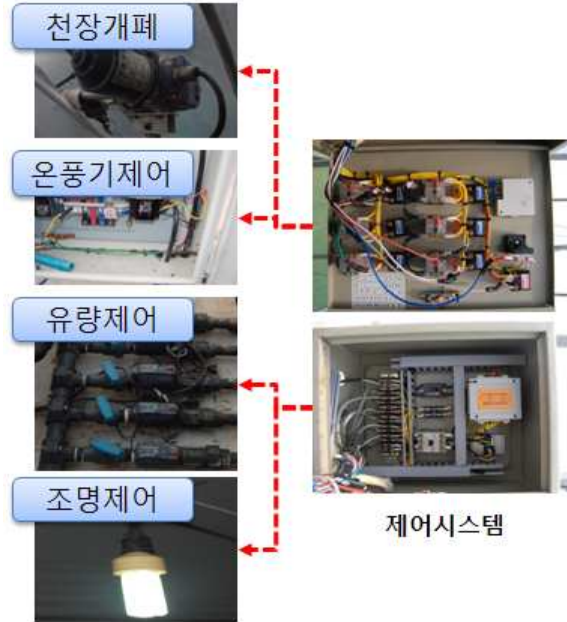


그림 1-44. 작업 및 환경 제어 요소 제작 결과

나. 통합제어기 제작

(1) 통합제어기 사양

통합 제어기의 성능 및 기능을 결정짓는 가장 중요한 요소는 중앙처리장치 (CPU)로서 본 연구에서는 MICROCHIP사의 PIC18F46J50 모델을 선정하였다. 다음 그림과 같은 MCU(Micro Controller Unit)은 환경 계측 시스템의 계측 성능, 제어 성능을 결정짓는 가장 중요한 요소로서 본 연구과제에서 필요로 하는 요구사항을 만족함과 동시에 산업화 플랫폼 양산에 있어 비용 경쟁력이 높다는 장점이 있다.

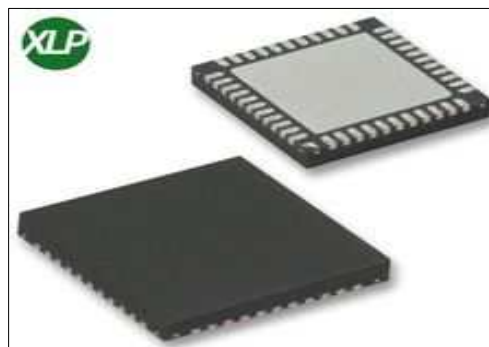


그림 1-45. 마이크로 컨트롤러 유닛

표 1-35. 마이크로 컨트롤러 유닛의 사양

Manufacturer	MICROCHIP
Order Code	1706311
Manufacturer Part No	PIC18F46J50
Description	
MCU, 8BIT, 64K FLASH, NANOWATT, 44QFN	
Base Number	18
Ram Memory Size	3776Byte
No. of Timers	5
No. of PWM Channels	8
Digital IC Case Style	QFN
Clock Frequency	48MHz
Flash Memory Size	64KB
Interface Type	EUSART, 12, SPI
Logic Funtion Number	18F46J50
Max Supply Voltage	3.6V
Min Supply Voltage	2.15V
No. of ADC Inputs	13
No. of I/O Lines	35
Series	PIC18F
Termination Type	SMD

○ 데이터 로거

상기 기술한 작업, 환경 제어 요소에 대한 모니터링 시스템의 핵심부로서 원격지에서 별도의 전원 공급없이 자체전원으로 센서에 전원을 공급하고 측정된 신호를 무선 센서네트워크 기술을 기반으로 전송할 수 있는 데이터 로거 시스템을 제작하였다. 다음 그림은 동시에 8채널의 센서 신호를 기록할 수 있으며, 자체 내장 건전지의 전력을 통하여 운용이 가능한 데이터 로거의 내부 모습이다.

본 과제에서 개발한 데이터로거는 순수 국산 기술을 바탕으로 제작이 되었으며, 특히 추후 산업화 과정에서 비용 경쟁력을 제고할 수 있도록 모듈화 되어 있다는 점이 가장 큰 특징이라 할 수 있다.



그림 1-46. 데이터 로거

표 1-36. 데이터 로거 스펙

모델명 : ZFxR, 한스시스템	
측정채널	Internal : 6채널
	External : 8채널
측정항목	토양수분(텐시오미터, 토양수분 함수율), 온/습도, 지온, 우량
	엽수분, 풍향/풍속, 일사, 광량, 이산화탄소
	식물생장관련(수액흐름/과실성장/줄기성장/엽온)등
표시	디지털 LCD 표시
메모리	64Kbyte
사용가능센서	0~5V 또는 4~20mA 출력이 가능한 센서
공급전원	1.5V AA배터리 × 3
별도품목	전원공급장치(HR8X-PWR)
	삼각지지대
	센서케이블

○ 센서네트워크

무선 센서네트워크 기술의 핵심 기술인 센서 노드를 선정하기 위하여 해외 각국에서 인증 받은 MaxStream사의 XBEE-PRO 모듈을 사용하였다. 주요 역할은 센서의 계측 정보를 저장하는 수집기와 CDMA 전송을 담당하는 원격 송신기 간의 통신을 담당하는 것이다. 또한 복수의 수집기 및 제어모듈간의 무선 연동 시스템을 센서 네트워크 기술을 기반으로 구성해주는 역할을 수행한다.

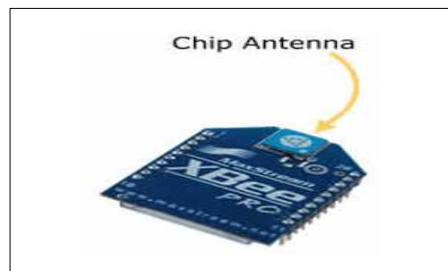


그림 1-47. 근거리 무선통신 모듈

표 1-37. 근거리 무선통신 모듈 스펙

모델명 : XBee-PRO 지그비 모듈, DIGI	
Performance	
전원 출력	10 mW~ EIRP*
실내 / 도시거리	최대 100m
야외 / RF -라인의 시야범위	최대 1.6km
RF 데이터 속도	250 Kbps
인터페이스 데이터 속도	최대 115.2 Kbps
수신기 감도	-100 dBm
네트워킹	
스펙트럼 확산 유형	DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
토폴로지 네트워킹	Peer-to-peer, point-to-point & point-to-multipoint
오류 처리	재시도 & 응답
여과 옵션	PAN ID, 채널 및 주소
채널 용량	13 Direct Sequence Channels (소프트웨어 선택가능)
주소	65,000 network addresses available for each channel
암호화	128-bit AES
전원	
공급 전압	2.8 - 3.4 V
송신 전류	270 mA (@ 3.3 V)
현재 수신	55 mA (@ 3.3 V)
인터페이스	
주파수 대역	2.4000 - 2.4835 GHz
시리얼 데이터 인터페이스	3V CMOS UART
인증	
대한민국(FCC)	OUR-XBEEPRO
캐나다(IC)	4214A-XBEEPRO
유럽(CE)	ETSI
Class 1 Division 2	승인

(2) 통합제어기 하드웨어 구성도

통합 제어기의 하드웨어는 센서를 이용한 계측부, 릴레이를 이용한 제어부, 근거리 무선 통신 및 모바일 원격 통신을 수행하는 통신부, 데이터 저장 및 제어로직을 수행하는 주제어부로 구성되며 다음 그림과 같이 도식화 할 수 있다.

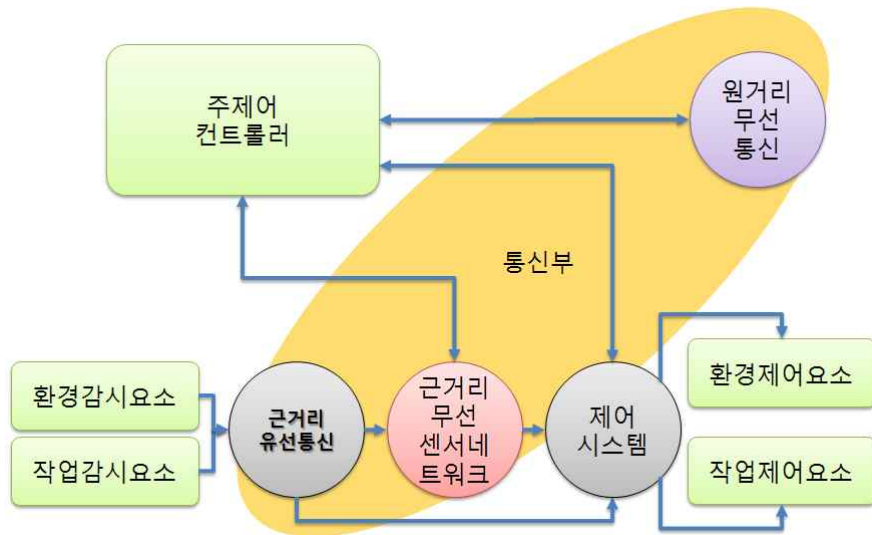


그림 1-48. 통합 제어기 하드웨어 구성도

통합 제어기 하드웨어 구성에 있어서 가장 중요한 요소는 무선 센서 네트워크 구성 부분이며 일반적인 무선 센서 네트워크 구축 이론을 바탕으로 다음 그림과 같이 센서, 제어기, 데이터 수집장치, 무선 전송 시스템으로 구성된 무선 센서 네트워크 구성이 가능하도록 하드웨어를 설계, 제작 하였다.

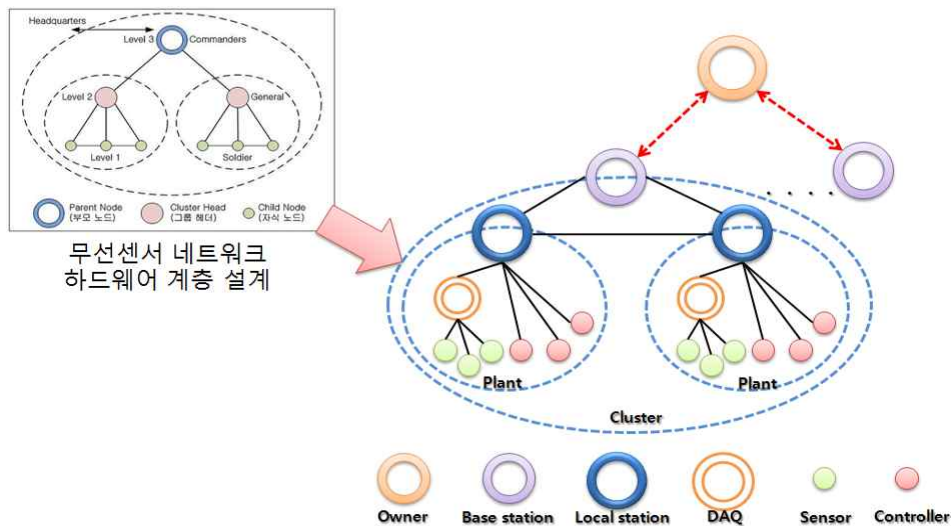


그림 1-49. 무선 센서 네트워크 구성 개념도

(3) 통합제어기 프로토콜

통합 제어기에서는 센서 입력에서부터 무선 센서네트워크 간 통신, 원격 모바일 기기와 통신 및 릴레이 신호 제어들을 수행할 수 있는 통합 프로토콜이 필수적이며 본 연구에서는 다음과 같은 요소별 프로토콜 정리를 통하여 간이 데이터 전송 프로토콜을 개발하였다.

표 1-38. 통신 요소별 프로토콜 정리

통신 요소	Hardware	Software
센서 ↔ 수집기	Analog (전압 0~5) 유선 통신	
수집기 ↔ Local station	ZigBee IEEE 802.15.4	문자열 패킷 통신 (ID, 채널, 데이터, 리턴값)
Local station ↔ Base station	ZigBee IEEE 802.15.4	문자열 패킷 통신 (ID, 채널, 데이터, 리턴값)
Base station ↔ Mobile device	CDMA	SMS (Simple messaging system) 통신 (CDMA)
Local station ↔ 제어 디바이스	LEVEL 1 : TTL Level LEVEL 2 : Current supplied On/Off relay	

○ 프로토콜 구조

모바일 모니터링 및 제어를 위하여 단문 메시징 시스템(SMS)에서 호환 가능한 가변 길이 데이터 전송 프로토콜을 다음과 같이 설계하였다.

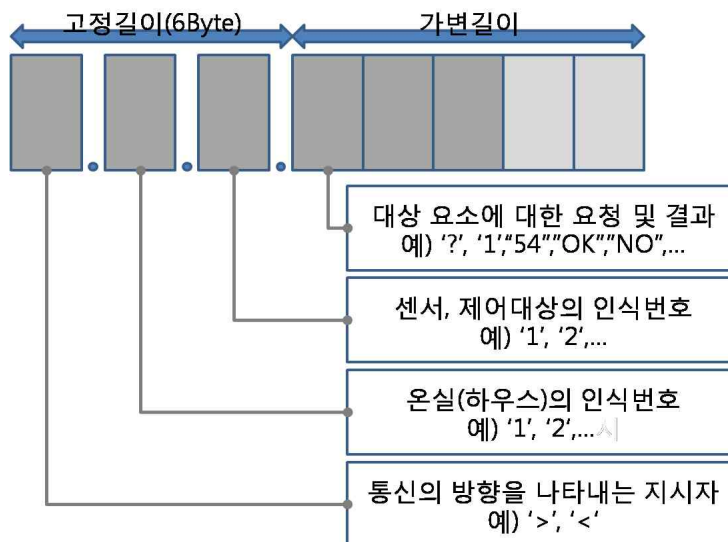


그림 1-50. 프로토콜 구성

기본 패킷은 통신의 방향을 나타내는 지시자를 1바이트, 온실 또는 시설의 고유번호를 지시하는 정보를 1바이트, 센서 또는 제어대상의 고유번호를 지시하는 1바이트와 각 지시자를 구별하는 ‘.’ 문자 3개로 구성되어 6바이트의 고정길이를 시작한다. 이어서 계측 대상의 경우 계측 정보를 정량적으로 나타내고, 제어 대상의 경우 제어의 형태를 지정하는 값을 가변 길이 문자열에 포함할 수 있도록 구성된다. 간단한 예시를 살펴보면 다음과 같다.

- 프로토콜 사용 예시 1 : 1번 하우스의 3번 센서의 값을 쿼리

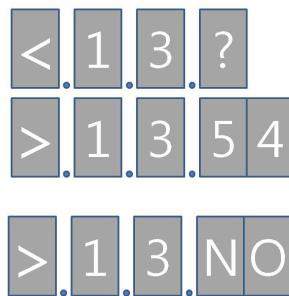


그림 1-51. 프로토콜 예제 1

- 프로토콜 사용 예시 2 : 2번 하우스의 1번 릴레이를 OFF 하여 작동 성공 확인

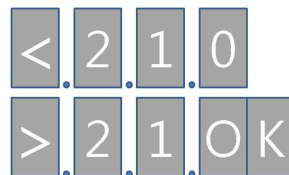


그림 1-52. 프로토콜 예제 2

- 프로토콜 사용 예시 3 : 2번 하우스의 3번 제어기를 ON 하였으나 작동이 실패

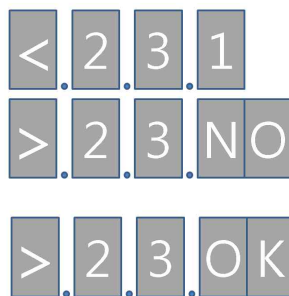


그림 1-53. 프로토콜 예제 3

(4) 통합제어기 제어로직

통합 제어기의 기본적인 제어 로직은 환경 변수에 대한 이해를 바탕으로 한 결정값을 기준으로 제어 대상에 대한 제어 형태를 비례적으로 제어하는 방식이다. 특히 이러한 결정값이 주변환경, 작업조건, 국화의 품종에 따라 매우 상이하므로 본 과제에서는 제어 기준이 되는 결정값을 정의해 줄 수 있는 '사용자 조건 입력형'으로 개발하였다. 기본적인 제어로직은 다음 플로우 차트와 같으며 실내 실험 및 실외 검증 실험을 통하여 제어로직의 개선 방향을 도출하였다.

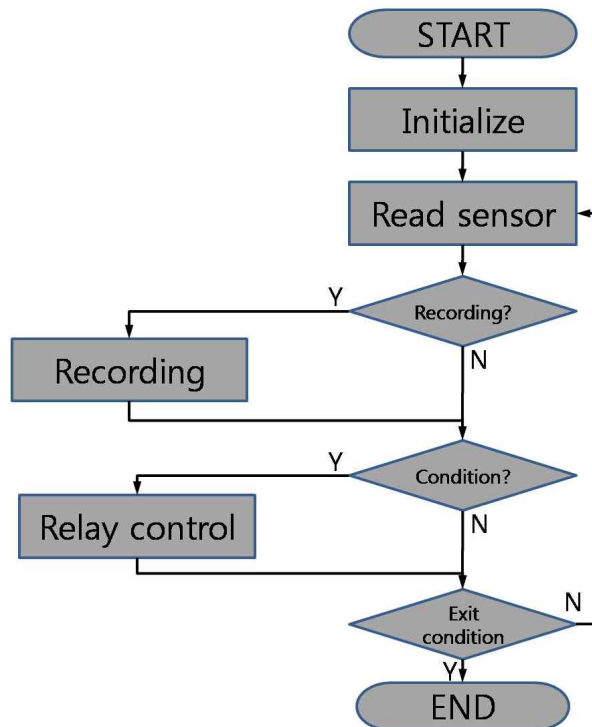


그림 1-54. 통합 제어기 소프트웨어 플로우 차트

(5) 통합제어기 제작 결과

다음 그림은 통합 제어기 제작의 최종 결과를 요소별로 도식화 한 그림이다. 작업, 환경 감시 요소 및 제어 요소와 데이터 수집 장치, 릴레이를 기반으로 한 제어 시스템과 무선 센서 네트워크를 구성할 수 있는 근거리 무선통신 모듈 및 원격 작업자에게 필요한 정보를 전송하고 제어 요청을 수행할 수 있는 원거리 무선 통신 모듈 등이 반영되어 있다.

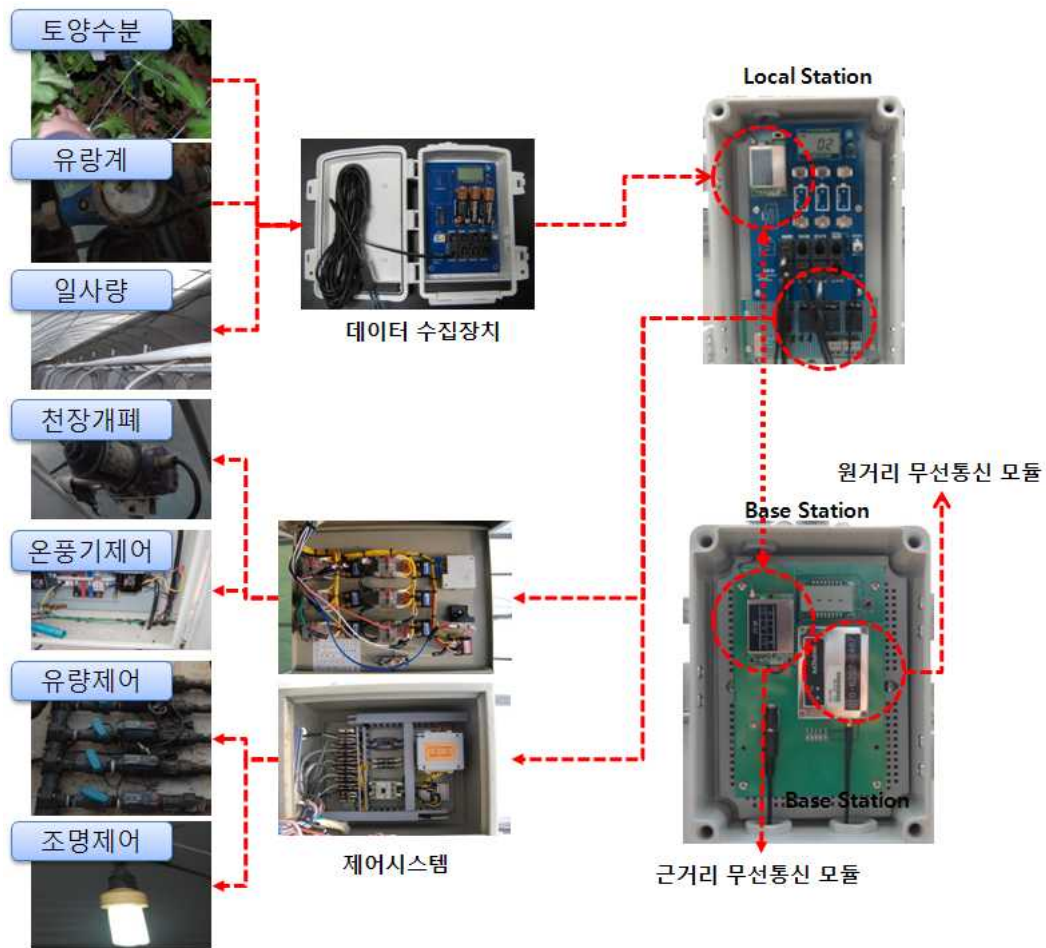


그림 1-55. 통합 제어기 제작 결과

○ 통합 제어기 사용자 설정 프로그램 제작

통합 제어기에 포함되어 있는 다양한 기능들을 원활히 설정하고 조절할 수 있는 PC기반 사용자 설정 프로그램 개발하였으며 주요 화면은 다음과 같다.

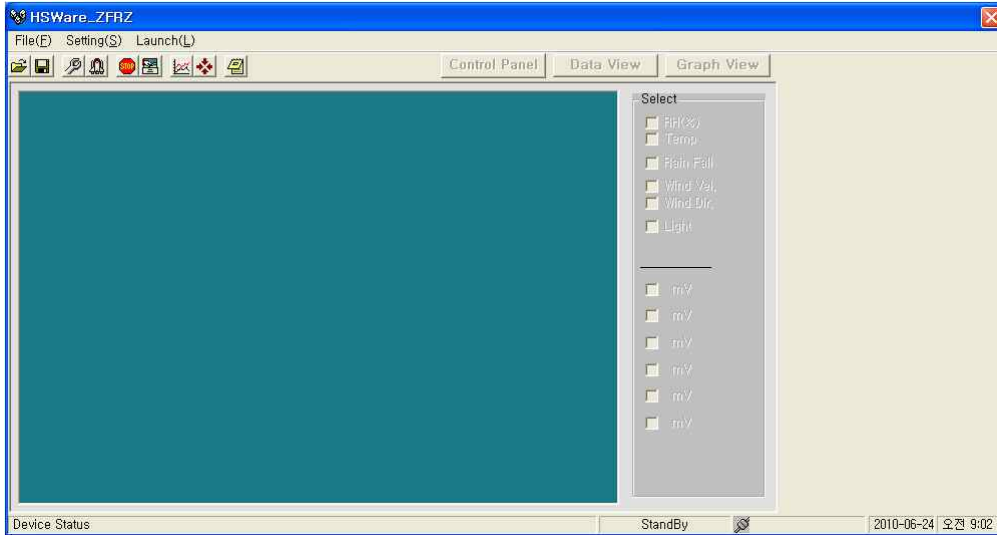


그림 1-56. 소프트웨어 Main

원격지에서 CDMA 통신을 이용하여 시설에 설치되어 있는 통합 제어기에 접속할 수 있으며 다음 그림과 같이 전화번호 입력 후 접속 명령을 통하여 전화를 걸듯이 장비에 연결할 수 있다.

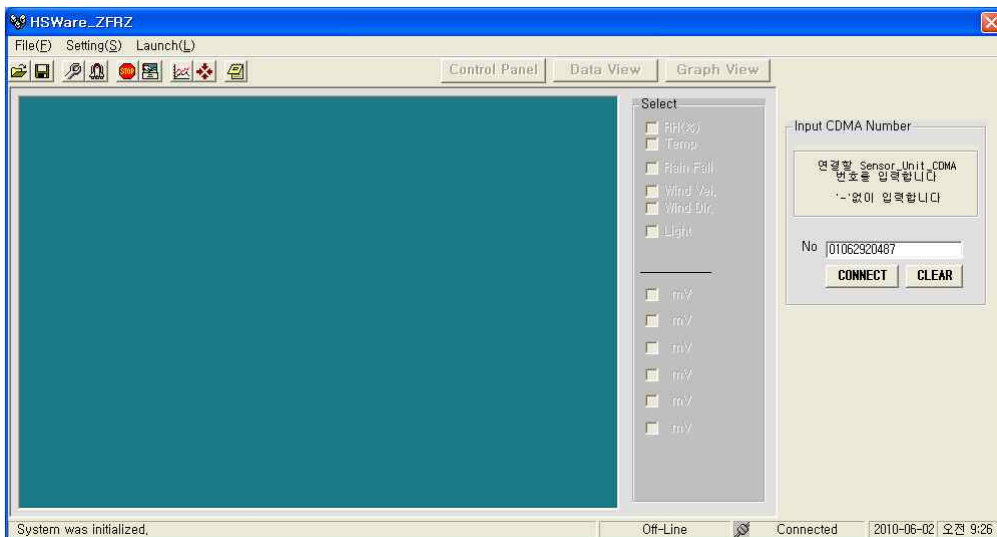


그림 1-57. 소프트웨어 CDMA Connect

다음 그림과 같이 통합 장비의 작업, 환경 감시 요소에 대한 데이터 저장 기능을 활성화/비활성화 할 수 있으며 데이터 저장 기록을 확인 할 수 있다. 국화 재배 시설과의 거리와 무관하게 어느 지역에서든 일반 모바일 기기가 통신이 가능한 곳이라면 통합 장비의 제어 및 저장 데이터의 취득이 가능함을 보이고 있다.



그림 1-58. Start the Recording Data



그림 1-59. Stop the Recording Data

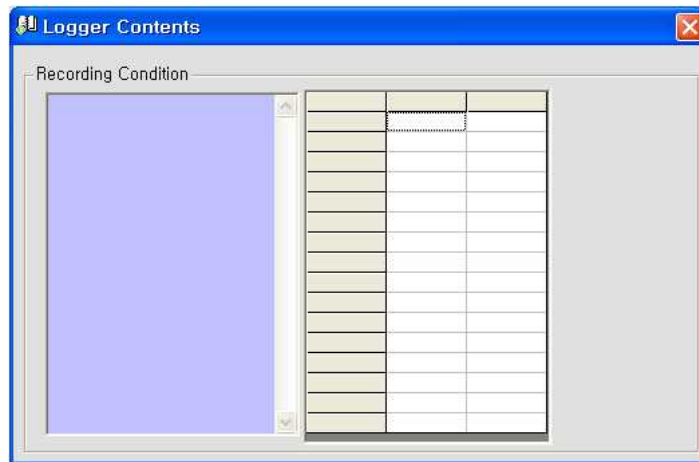


그림 1-60. Logger Contents

다. 개별 요소 성능 시험 및 문제점 도출

(1) 개별 요소 현장 설치

구축된 통합 시스템을 현장에 설치하고 단위별 기초 시험을 수행하였다. 다음 그림은 데이터 수집을 위한 센서류와 연결되는 센서네트워크 구성 요소 중 데이터 수집기에 해당하는 부분과 무선 원격 데이터 및 제어 신호 전달을 위한 라우터가 현장에 설치되어 있는 화면이다.



그림 1-61. z필드

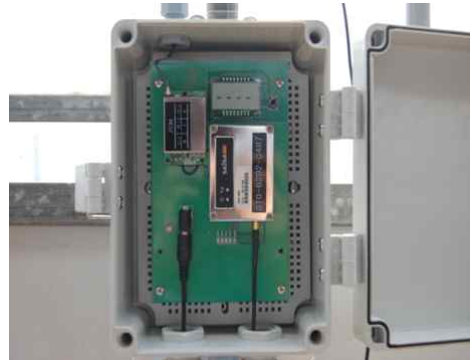


그림 1-62. 라우터

다음 그림은 토양 수분 센서, 토양 온도 센서 및 조도 센서의 설치 모습을 나타내는 화면이다.



그림 1-63. 토양수분



그림 1-64. 조도센서 설치

다음 그림은 온습도 센서의 설치 모습과 관수 장치의 모습이며, 관수 장치의 경우 개별 밸브에 설치되어 있는 솔레노이드에 인가되는 전원의 결선부에 릴레이 출력 도선을 연장하였다.



그림 1-65. 온습도 설치



그림 1-66. 관수장치

다음의 그림은 인공 조명을 위한 형광등과 암막 및 측장 개폐를 조절하는 모터의 모습이며 공급 전원이 AC 220V로서 릴레이의 단락 단자를 경유하여 디지털 신호에 의한 제어가 가능하도록 전원 공급부를 개량하였다.



그림 1-67. 형광등



그림 1-68. 암막개폐 모터

스위칭 회로로 구성된 제어기 내부의 회로를 살펴보면 다음과 그림과 같다. 토글 스위치 방식으로 On/Off 제어를 수동으로 조작할 수 있게 마련된 제어기를 활용하기 위하여 통합 제어 시스템에서 출력으로 준비된 릴레이 단락 단자를 스위치 단락 부에 병렬로 연결하였다.



그림 1-69. 제어기 내부1



그림 1-70. 제어기 내부2

(2) 개별 요소 현장 성능 시험

통합 제어기를 비롯하여 환경 변수 취득을 위한 감시 요소와 작업 환경 조절을 위한 제어 요소들의 현장 성능시험을 수행하였다. 현장 성능 시험에서는 PC 기반 노트북을 이용하여 원격 감시 기능 및 원격 제어 기능을 테스트하였다. 다음 그림과 같이 원격 관리자 프로그램을 통한 성능 시험에서 모든 기능들이 정상적으로 작동하였으며 그 결과는 표와 같이 정리하였다.



그림 1-71. 원격제어



그림 1-72. 원격제어 화면

다음 그래프는 하루 24시간 동안 측정된 시설 내부의 습도를 나타낸 것으로 정오를 전후로 하여 가장 습도가 낮았고 야간 시간 동안에 가장 높은 값을 보임을 확인할 수 있었다. 한편 24시간 중 명확히 오류라고 판단되는 계측값이 8회 정도 확인이 되었으며 통합 시스템 보완 및 개선이 필요한 요소라고 판단하였다.



그림 1-73. 24시간 습도 그래프

다음 그래프는 하루 24시간 동안 측정된 시설 내부의 온도를 나타낸 것으로 오후를 전후로 가장 높은 값을 보이고 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 경향은 시각적으로 습도의 변화 양상과 정반대의 형태를 보이는 것이라 간주할 수 있었다. 한편 습도 계측에 오류를 보이는 지점에서 온도값이 0 값을 보이는 현상을 발견할 수 있었다. 이러한 고찰을 통하여 습도 및 온도 계측에서 보이는 오류는 해당 환경 변수 및 센서의 오류에서 기인하는 것이 아니라 주제어부에 포함된 신호 변환 부분 또는 메모리 저장 부분에서 발생하는 것이라 짐작할 수 있었다.



그림 1-74. 24시간 온도 그래프

시설 좌우에 설치된 외막 개폐 모터의 작동 시험에서 총 10회의 실험을 통하여 모두 정상적으로 작동을 하였으며 소요 시간은 평균 1분 30초로 나타났다. 다음 그래프와 같이 외막을 열 때 10초 정도 더 소요됨을 확인할 수 있었으며 이는 외막을 감아 올리는 동작이 더 많은 동력을 필요로 하기 때문이라고 쉽게 분석이 가능한 부분이었다.



그림 1-75. 외막을 닫았을 때



그림 1-76. 외막을 열었을 때

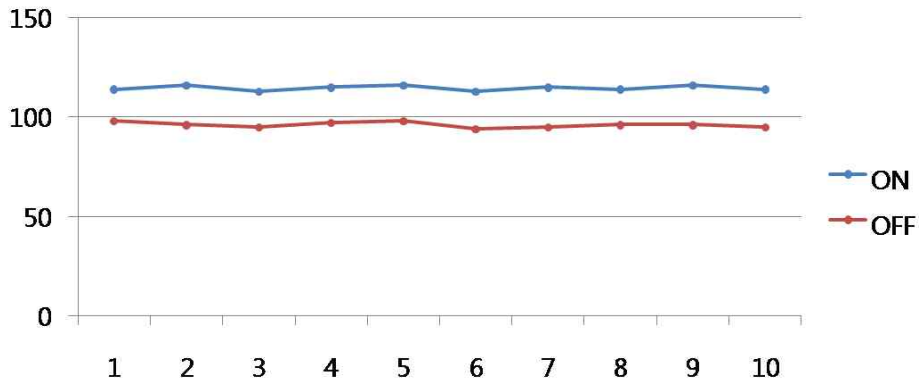


그림 1-77. 외막 측장 개폐시 모터 작동시간 그래프

시설의 암막 개폐 작동 실험에서 총 10회의 실험을 통하여 모두 정상적으로 작동하였으며 소요시간은 평균 1분 20초로 나타났다. 외막의 경우와 마찬가지로 암막을 열 때 소요시간이 15초 정도 더 길게 소요되었다.



그림 1-78. 암막을 닫았을 때(반쪽) 그림 1-79. 암막을 열었을 때(반쪽)

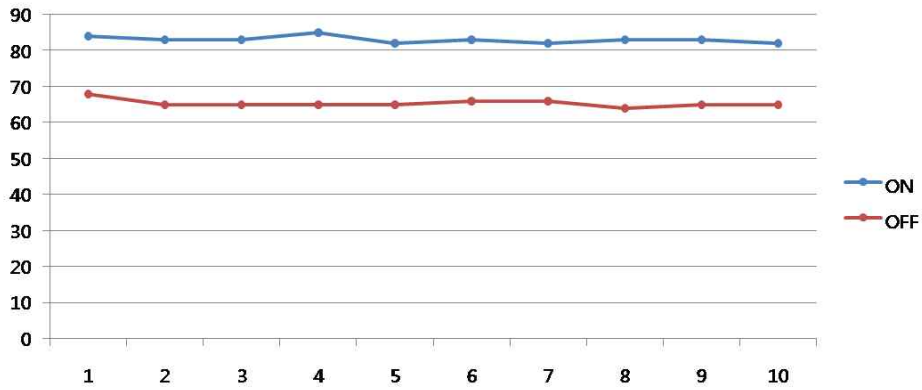


그림 1-80. 암막 측창 개폐시 모터 작동시간 그래프

또한 좌우에 설치되어 있는 암막의 동시 제어를 수행하여 보았으며 모든 실험에 있어서 균일한 소요 시간을 보이며 안정적으로 작동함을 확인할 수 있었다.



그림 1-81. 암막을 닫았을 때

그림 1-82. 암막을 열었을 때

(3) 개별 요소 성능 평가 및 보완

앞서 기술한 바와 같이 환경 감시 요소들 중 습도 및 온도 값이 특정 지점에서 오류를 보이는 현상을 분석하기 위하여 최초 데이터의 살펴본 결과 0값 또는 ADC 변환 후 값이 65535를 보임을 확인하였다. 특히 65535값은 16진수로 0xFF에 해당하는 값으로서 일반적으로 마이크로컨트롤러에 의한 ADC변환 과정에서 전기적으로 미세한 오류가 발생할 때 일어나는 현상이라고 판단할 수 있었다. 24시간 동안 계측 중에 발생한 8번의 노이즈에 특정한 규칙이 있는지 확인하기 위하여 반복 실험을 수행한 결과 노이즈가 발생하는 지점이 변함을 확인하였다.

결론적으로 통합 제어기의 전기적인 디지털 노이즈로 간주할 수 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 계측값의 범위를 벗어나는 값을 제거하기 위하여 최대/최소값 제거 방법을 사용하였다. 아울러 정상적인 데이터를 제거하지 않기 위하여 Moving average 방법을 병행하여 문제점을 보완할 수 있었다.

이러한 방법을 통하여 보정한 습도 및 온도 그래프를 도시하면 다음 그래프와 같다.



그림 1-83. 24시간 습도 그래프(노이즈 제거 후)

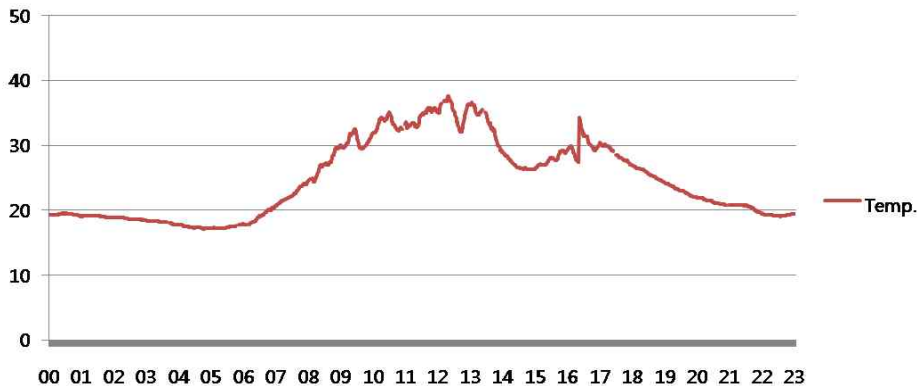


그림 1-84. 24시간 온도 그래프(노이즈 제거 후)

라. 원격 관리 시스템 성능 시험 및 보완

(1) 원격 관리 시스템 성능 시험

원격 제어를 통한 성능 시험을 통해 무선 센서 네트워크 시스템의 성능을 평가함과 동시에 반응 성능을 조사하였다. 다음표는 원격에서 모바일 기기를 이용하여 암막의 개폐를 제어한 실험 결과로서 모든 경우에 대하여 정상적으로 작동하였으며 개별 요소 성능 실험에서 나타난 값과 매우 유사한 결과를 보임을 확인 할 수 있었다.

표 1-39. 원격 암막 개폐 명령어 전달 후 소요 시간

모터 작동시간				
	암막 천장		암막 측면	
	ON	OFF	ON	OFF
1	2'21"	2'03"	1'24"	1'08"
2	2'21"	2'01"	1'23"	1'05"
3	2'22"	2'01"	1'23"	1'05"
4	2'28"	2'00"	1'25"	1'05"
5	2'26"	2'00"	1'22"	1'05"
6	2'26"	2'01"	1'23"	1'06"
7	2'26"	2'01"	1'22"	1'06"
8	2'27"	2'02"	1'23"	1'04"
9	2'28"	2'01"	1'23"	1'05"
10	2'27"	2'00"	1'22"	1'05"
평균	2'25"	2'01"	1'23"	1'05"

외막 개폐를 위한 원격 제어 실험도 모든 조건에서 정상이었으며 개별 요소 성능 실험에서 보인 반응시간과 거의 차이가 없음을 확인할 수 있었다.

표 1-40. 원격 외막 개폐 명령어 전달 후 소요 시간

모터 작동시간		
	외막 측면	
	ON	OFF
1	1'54"	1'38"
2	1'56"	1'36"
3	1'53"	1'35"
4	1'55"	1'37"
5	1'56"	1'38"
6	1'53"	1'34"
7	1'55"	1'35"
8	1'54"	1'36"
9	1'56"	1'36"
10	1'54"	1'35"
평균	1'55"	1'36"

이와 같이 원격에서 무선 센서네트워크를 이용한 온실의 암막 및 외막 작동을 수행한 실험의 결과를 다음 표와 같이 정리 할 수 있다.

표 1-41. 원격 관리 시스템 작동 결과 요약

	온실 암막 및 외막 작동 유무		
	암막 천장	암막 측면	외막 측면
1	○	○	○
2	○	○	○
3	○	○	○
4	○	○	○
5	○	○	○
6	○	○	○
7	○	○	○
8	○	○	○
9	○	○	○
10	○	○	○
모터 작동 성공률	10/10	10/10	10/10

(2) 원격 관리 시스템 성능 평가

원격 관리 시스템을 이용하여 암막 및 인공조명을 제어한 후 계측되는 조도의 값을 살펴봄으로써 원격 관리 시스템의 종합적인 성능 평가를 수행하였다. 암막을 내리거나 올릴 때 조도의 반응 시간을 파악하였다.

다음 그래프를 통하여 암막을 내리거나 올리는 상황에서 동일하게 3분 이내에 조도값이 안정적으로 계측이 됨을 확인 할 수 있었다.

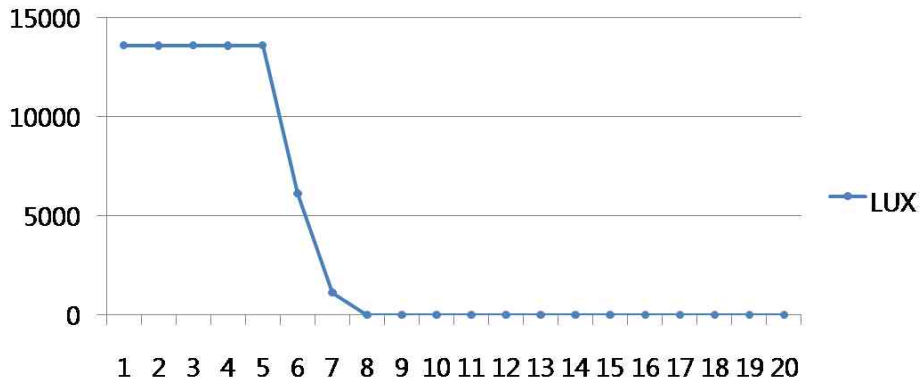


그림 1-85. 암막 내릴 때의 조도 그래프

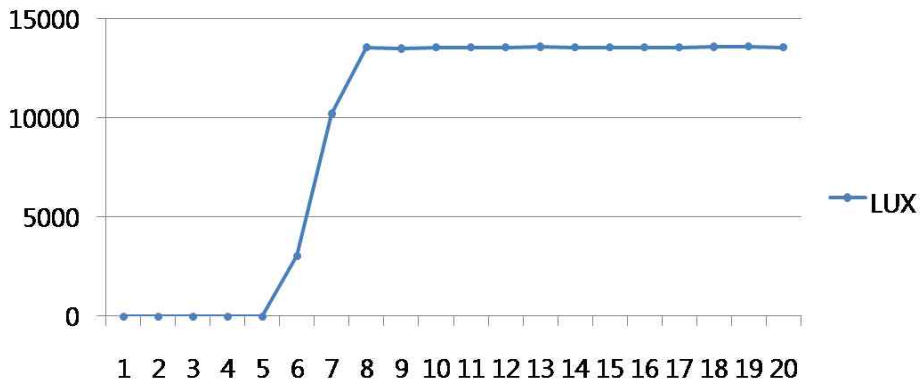


그림 1-86. 암막 올릴 때의 조도 그래프

또한 인공조명에 의한 조도의 조절이 3분 이내에 정확히 제어 목표치에 도달함을 확인할 수 있었으며 반대의 경우도 동일한 시간이 소요됨을 확인할 수 있었다.

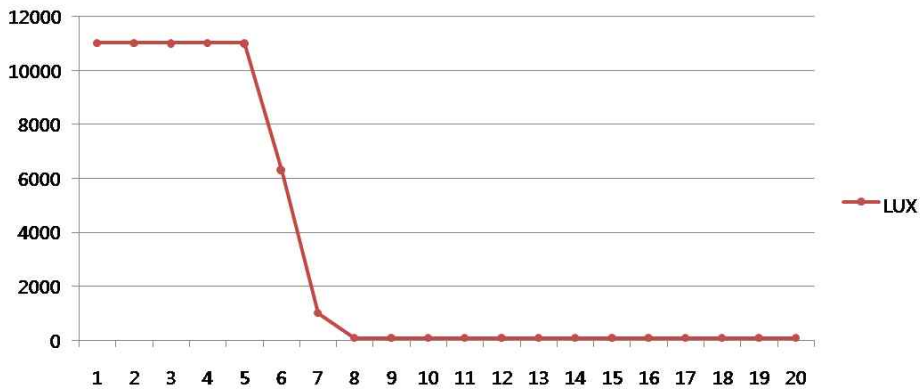


그림 1-87. 조명 On 상태에서 암막 내릴 때의 조도 그래프

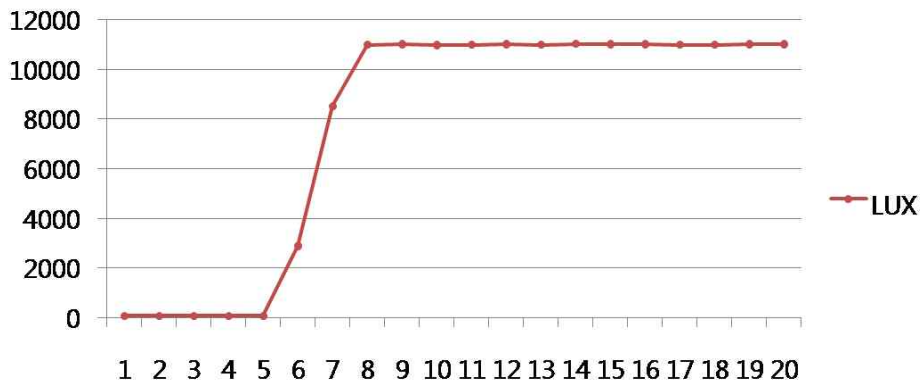


그림 1-88. 조명 On 상태에서 암막 올릴 때의 조도 그래프

한편 암막을 내린 상태, 즉 자연광을 차단한 상태에서 인공조명에 의한 조도값의 변화를 살펴본 결과에 따르면 즉각적인 광량의 변화 후 2분 경과 후에 조도값이 안정화 됨을 확인할 수 있었다. 또한 조명을 켜는 상황과 끄는 상황에서 정확히 같은 경향을 보임을 확인할 수 있었다.

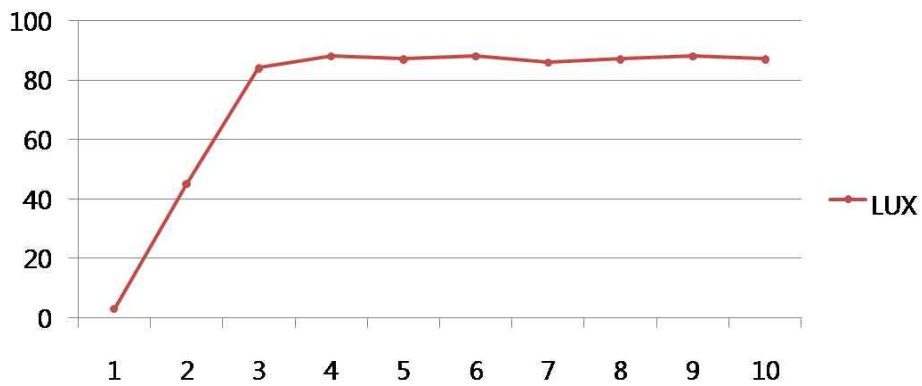


그림 1-89. 암막을 내린 상태에서 조명 On 조도 그래프

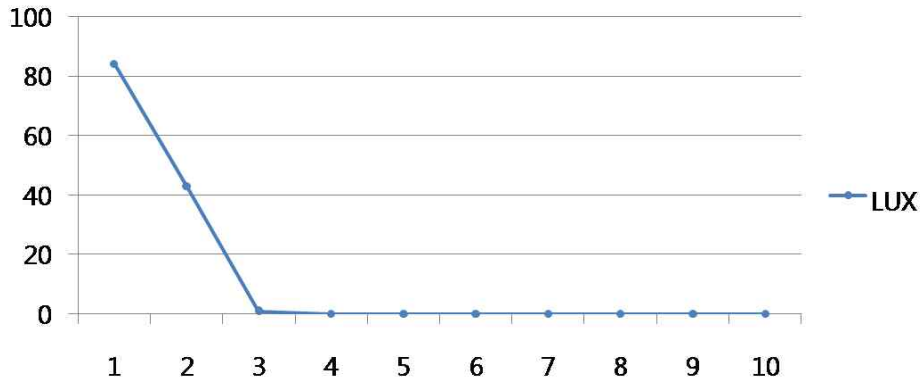


그림 1-90. 암막을 내린 상태에서 조명 Off 조도 그래프

(3) 원격 관리 시스템 보완

원격 관리 시스템의 보완을 위하여 두 가지 추가적인 기능을 제어기 소프트웨어에 추가하였다. 추가된 첫 번째 기능은 데이터 저장 및 제어를 위한 장비의 설정값을 사용자의 입력에 의해 가변적으로 조절하는 기능이다. 이 기능은 시시각각 변하는 국화재배 환경의 상황에 즉각적으로 대체할 수 있는 장점과 아울러 다양한 국화 재배 생산 환경, 품종 및 생육단계에 따른 제어 규칙을 가변적으로 조정할 수 있는 장점이 있다. 두 번째 추가된 기능은 알람 기능으로써 환경 변수 중 지정된 값이 일정 범위를 벗어날 경우 경고를 발생시키는 기능이다. 이렇게 발생된 경고는 CDMA통신의 SMS 서비스 통하여 원격지에 있는 관리자에게 즉시 그 내용을 통보한다. 이를 통하여 생산환경 변화에서 발생 가능한 예외적인 상황에 대하여 신속히 대처할 수 있도록 지원 가능하도록 하였다.

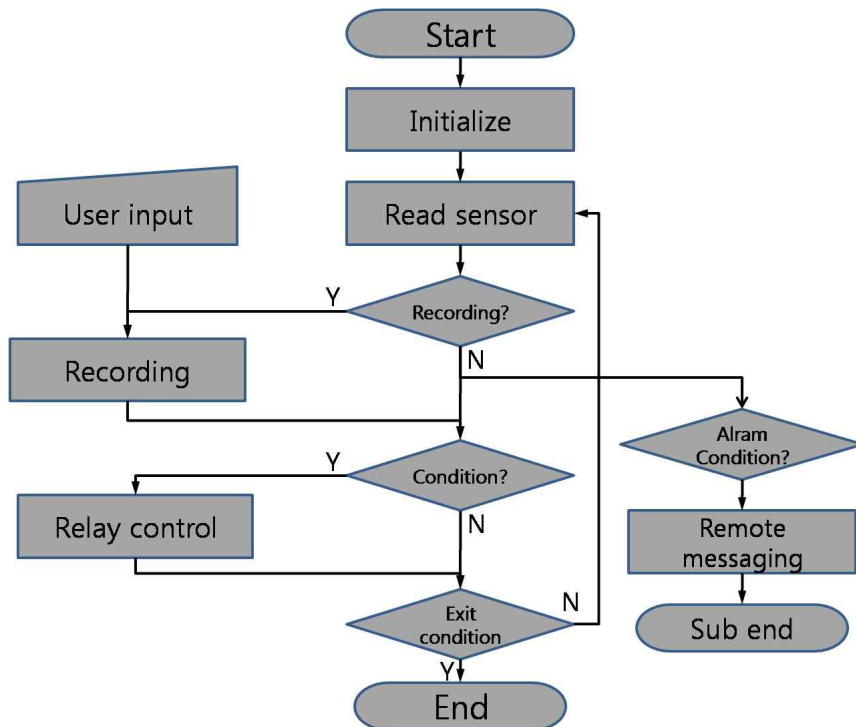


그림 1-91. 보완된 통합 제어기 소프트웨어 플로우 차트

마. 통합 시스템 신뢰성, 현장 적응성 평가

통합 시스템의 현장 성능 시험 및 적응성 평가를 위하여 2010년 6월 18일 충남농업기술원 예산 국화시험장에서 국화 재배 경영주 및 관계자를 모시고 시연회를 개최하였다.



그림 1-92. 통합 시스템 현장 성능 시험 장소

시연회를 마친 현장에서 설문 조사서를 배포하여 관계자들의 응답을 취합하고 이를 통해 통합 시스템의 성능 및 신뢰성에 대한 조사를 수행하였다.



그림 1-93. 실외 성능 시연회 장면

※ 관련 설문지

국화 원경 생산 시스템 선호도 설문조사

응답자 일반 현황

- 성함 (), 나이 (), 연락처 ()
- 국화 재배 여부: 예 (), 아니오 ()
- 면적 (평)

원경 모니터링 관련

- 국화 생산 환경 원경 모니터링이 필요합니까?
① 매우 필요 ② 필요 ③ 보통 ④ 불필요 ⑤ 매우 불필요
- 원경 모니터링 우선 순위는?
① 공기 온/습도 ② 조도(암막, 조명) ③ 토양수분
- 성능에 대한 만족도는 어느정도입니까?
① 매우 좋음 ② 좋음 ③ 보통 ④ 미흡 ⑤ 매우 미흡
- 원경 모니터링 모듈 구매 의향은 어느 정도입니까?
① 매우 높음 ② 높음 ③ 보통 ④ 낮음 ⑤ 매우 낮음

원경 제어 관련

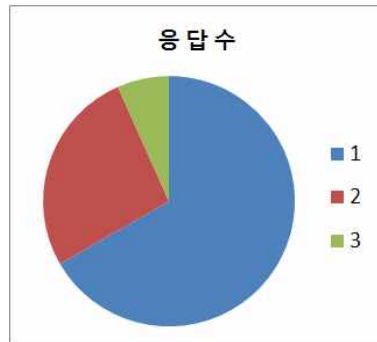
- 국화 생산 환경 원경 제어가 필요합니까?
① 매우 필요 ② 필요 ③ 보통 ④ 불필요 ⑤ 매우 불필요
- 원경 제어 우선 순위는?
① 공기 온/습도 ② 조도(암막, 조명) ③ 토양수분
- 성능에 대한 만족도는 어느정도입니까?
① 매우 좋음 ② 좋음 ③ 보통 ④ 미흡 ⑤ 매우 미흡
- 원경 제어 모듈 구매 의향은 어느 정도입니까?
① 매우 높음 ② 높음 ③ 보통 ④ 낮음 ⑤ 매우 낮음

원격 모니터링 관련

○ 국화 생산 환경 원격 모니터링이 필요합니까?

- ① 매우 필요
- ② 필요
- ③ 보통
- ④ 불필요
- ⑤ 매우 불필요

항목	응답수	비고
①번	10	67%
②번	4	27%
③번	1	7%
④번	0	-
⑤번	0	-

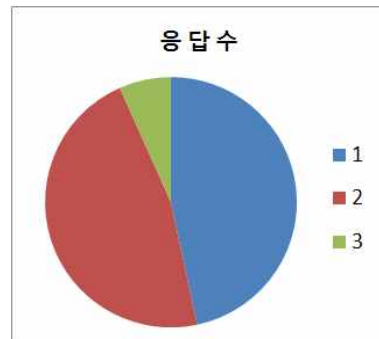


◎ 대부분이 국화 생산 환경 원격 모니터링이 매우 필요하다고 응답하였음.

○ 원격 모니터링 우선순위는?

- ① 공기 온/습도
- ② 조도(암막, 조명)
- ③ 토양수분

항목	응답수	비고
①번	7	47%
②번	7	47%
③번	1	7%

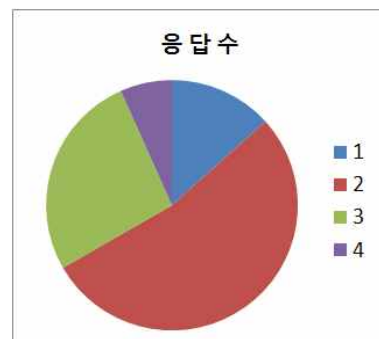


◎ 공기 온도 및 습도, 조도(암막, 조명)를 원격 모니터링 하는 것이 필요하다고 응답하였음.

○ 성능에 대한 만족도는 어느 정도입니까?

- ① 매우 좋음
- ② 좋음
- ③ 보통
- ④ 미흡
- ⑤ 매우 미흡

항목	응답수	비고
①번	2	13%
②번	8	53%



③번	4	27%
④번	1	7%
⑤번	0	-

◎ 70% 이상의 응답자가 성능에 대해 만족을 느낌.

○ 원격 모니터링 모듈 구매 의향은 어느 정도입니까?

- ① 매우 높음
- ② 높음
- ③ 보통
- ④ 낮음
- ⑤ 매우 낮음

항목	응답수	비고
①번	3	20%
②번	6	40%
③번	4	27%
④번	2	13%
⑤번	0	-



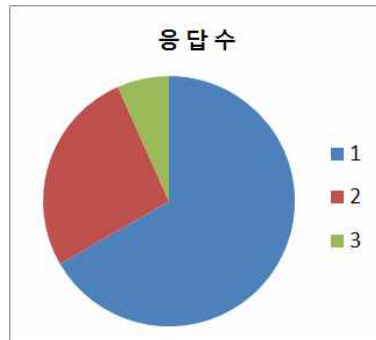
◎ 응답자 중 60% 이상이 원격 모니터링 모듈에 대해 관심을 보이고 구매 의향을 가지고 있음.

원격 제어 관련

○ 국화 생산 환경 원격 제어가 필요합니까?

- ① 매우 필요
- ② 필요
- ③ 보통
- ④ 불필요
- ⑤ 매우 불필요

항목	응답수	비고
①번	10	67%
②번	4	27%
③번	1	7%
④번	0	-
⑤번	0	-



◎ 국화 생산 환경 원격 제어에 대해 93%의 응답자가 필요하다고 응답함.

○ 원격 제어 우선순위는?

- ① 공기 온/습도
- ② 조도(암막, 조명)
- ③ 토양수분

항목	응답수	비고
①번	10	67%
②번	5	33%
③번	0	-

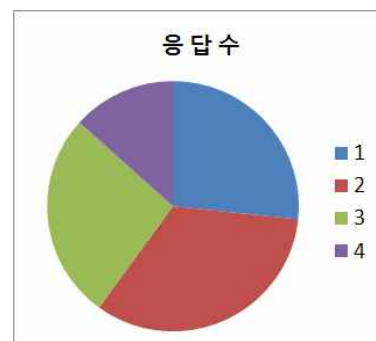


◎ 응답자가 우선으로 선호하는 것은 공기의 온도 및 습도 조절(67%), 조도(33%)순이었다.

○ 성능에 대한 만족도는 어느 정도입니까?

- ① 매우 좋음
- ② 좋음
- ③ 보통
- ④ 미흡
- ⑤ 매우 미흡

항목	응답수	비고
①번	4	27%
②번	5	33%



③번	4	27%
④번	2	13%
⑤번	0	-

◎ 성능에 대해 60% 이상의 응답자가 좋음 이상을 응답 하였다.

○ 원격 제어 모듈 구매 의향은 어느 정도입니까?

- ① 매우 높음
- ② 높음
- ③ 보통
- ④ 낮음
- ⑤ 매우 낮음

항목	응답수	비고
①번	4	27%
②번	4	27%
③번	5	33%
④번	2	13%
⑤번	0	-



◎ 54%이상의 응답자가 원격 제어 모듈 구매 의향을 선택하였다.

마. 보급형 사양 확정, 단순화, 옵션화, 사업화 준비

(1) 보급형 사양을 위한 하드웨어 최적화

본 연구과제 수행을 통해 개발된 통합 제어기를 산업화하기 위하여 제어 시스템의 원보드 설계, 케이스의 제작 및 유선 시스템의 모듈화 등을 수행하여 다음 그림과 같이 최적화를 거친 제품을 산출할 수 있었다. 이를 통하여 통합 제어시스템의 기능을 충족시킴과 동시에 가격 경쟁력을 제고할 수 있는 통합 제어기를 참여업체를 통하여 보급이 가능하게 되었다.



그림 1-94. 보급형 통합 시스템

다음 회로 설계도는 보급형 통합 제어기의 원보드상에 있는 MCU, 통신 시스템, 센서 신호 입력 시스템을 종합하여 도시한 것이다.

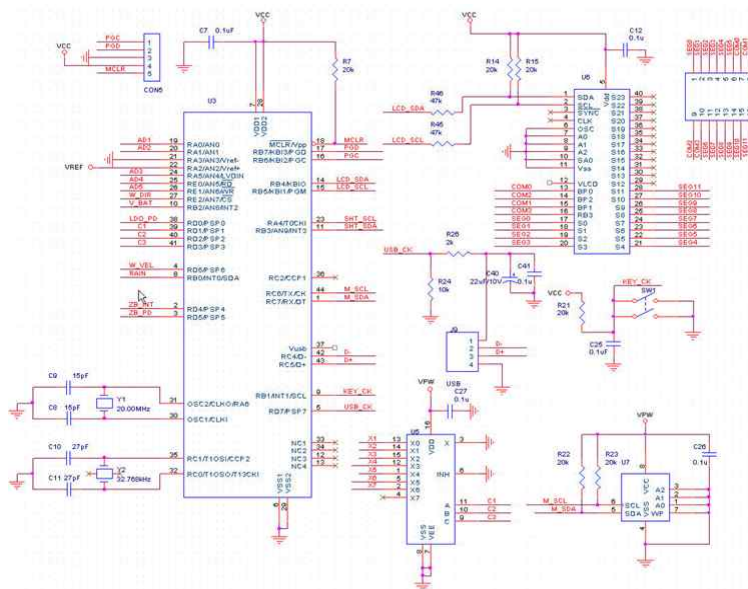


그림 1-95. 양산형 원보드 설계도

(2) 사용자 정의에 의한 소프트웨어 옵션화

통합 제어기의 운용에 있어서 센서의 선정, 신호의 사양, 작업 제어요소, 환경 제어요소등 다양한 상황에 효과적으로 적용하기 위하여 사용자 정의에 의한 소프트웨어 옵션화 기능을 추가하였다. 국화 자동 생산 시설의 특성에 따라 다양하게 운용이 되는 하드웨어적, 소프트웨어적 의사 결정을 통합 제어기에 포함된 하드웨어에 의존하는 방식을 탈피하여 자유롭게 정의, 변경 가능한 기능을 통하여 효율성을 높일 수 있는 장점이 있다.

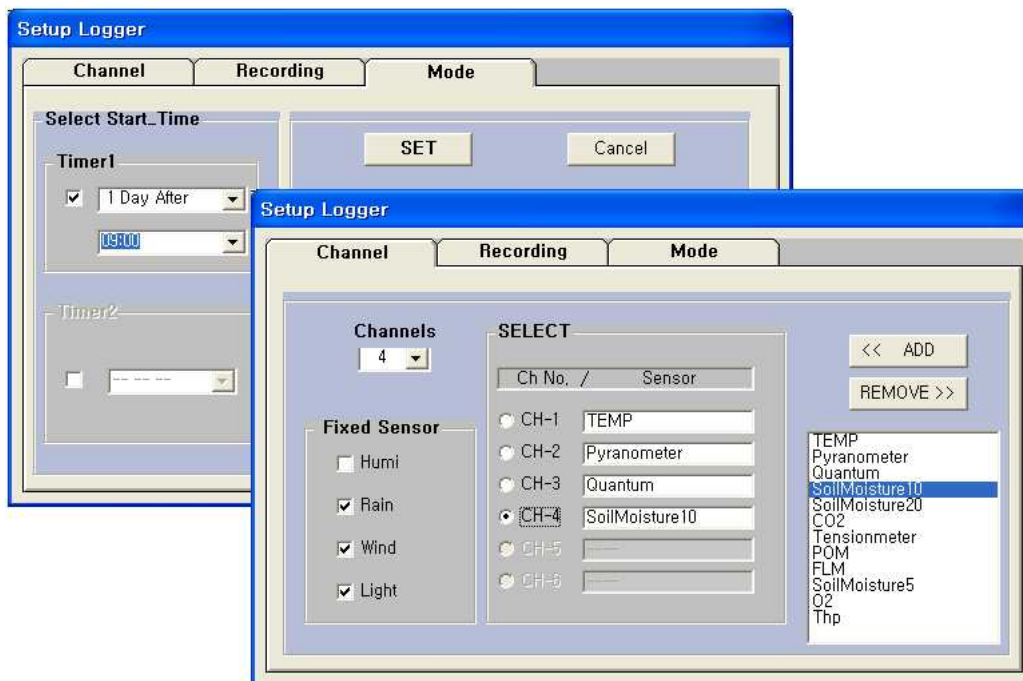


그림 1-96. 기록 설정 및 센서 선정을 통한 사용자 옵션화 기능 구현 화면

(3) 사업화 추진 전략

대표적인 사업화 추진 전략으로서 무선 센서네트워크의 개별요소들을 모듈화함으로써 구매자의 요구 사항에 따라 통합 제어기 개별 단위별로 판매가 가능한 사업 모델을 수립하였다. 다음 그림들과 같이 센서 계측 시스템, 원격 전송 시스템, 제어 시스템 등 독자적으로 운용이 가능한 모듈의 개별적 판매가 가능하고 아울러 선택적으로 개별 모듈을 조합하여 판매할 경우 무선 센서네트워크 시스템을 통하여 자동 통합이 가능한 유연한 사업 모델이라 할 수 있다.



그림 1-97. 센서 계측시스템 그림 1-98. 원격 전송 시스템 그림 1-99. 제어 시스템

사. 종합 결론

본 과제는 무선 센서네트워크 기술을 이용하여 국화 생산 시스템의 자동화 기술을 개발하는 것을 목표로 수행되었다.

해당 목표 달성을 위하여 무선 센서네트워크 시스템, 국화 재배 시설환경의 작업 감시요소, 환경 감시요소를 계측할 수 있는 계측 시스템을 개발하였으며 작업 제어요소, 환경 제어요소를 제어할 수 있는 제어 시스템을 개발하였다. 또한 감시요소와 제어요소 간을 자동화 통합 제어를 위하여 통합 제어기를 개발하였으며 국화 시설 재배자들의 가장 큰 요구사항인 원격 모니터링 및 관리 기능을 수행 할 수 있도록 CDMA를 활용한 무선 통신 기술을 채용하였다. 단위별 성능 테스트와 보안을 거쳐 개별 모듈의 성능을 검증하였으며 현장 통합 테스트는 전문가와 관계자들을 대상으로 시연회를 거쳐 그 성능 및 현장 적응성을 평가하였다.

결과적으로 본 연구과제에서 개발한 무선 센서네트워크를 이용한 국화 자동화 생산 통합 제어기는 연구 과제 수행 과정상 검증된 안정성, 효율성 및 산업화 가능성을 바탕으로 지속적인 현장 검증 및 보안을 통하여 국내 국화 자동 생산 시스템의 생산성 향상 및 품질 향상 기대 요구에 부합하는 시스템으로 발전할 수 있을 것이다.

제 2 절 국화 생산 환경 무선 센서네트워크 개발

1. 국화 생산 환경 무선 센서네트워크 모듈 개발

○ 센서 선정

- 국화 생육에 필요한 센서를 지상부 및 지하부로 나누어 필요한 센서를 조사함
- 가격, 신뢰도 등을 고려하여 다음표와 같이 선정함

표 2-1. 국화 생육에 필요한 센서 및 제원

		제품명	센서출력형태,전원공급형태	비 고
센서	지상부센서	조도센서	HA-130s(5M cable) 측정범위:0~2,500 μ mol	
		온습도센서	HA-TH100(2M Cable) 측정범위:-20~80 $^{\circ}$ C /0~100%RH	
	지하부센서	토양수분 센서 (EC센서)	HA-M05(5M cable) 측정범위:0-100%VWC	
		텐시오미터(토양수 분장력)	HA-3021(10M cable) 측정범위:0~-98.07KPa	

※전원공급 형태는 ZFIELD에서 Battery AA1.5V x 3 로 모두 작동함

○무선 센서 네트워크 방식 선정

-현재 핸드폰에 쓰이고 있는 기술이며 농민의 입장에서 쉽게 접근이 가능하고 별다른 기술 없이 이용 가능한 무선 네트워크 방식을 사용하는 것이 편리할 뿐만 아니라 무선 센서네트워크에 가입하는 가격 추가 요인을 줄일 수 있는 방식을 고려.

-**CDMA(코드분할다중접속)**는 코드를 이용하여 하나의 셀에 다중의 사용자가 접속할 수 있도록하는 기술이다. 이동통신은 제한된 주파수 대역을 활용하여 다수가 통신을 하므로 다중접속 기술이 반드시 필요하다. 코드분할다중접속 이외의 기술중 널리 사용되고 있는 기술로는 GSM에서 사용되고 있는 시분할다중접속(TDMA)가 있다.

-CDMA의 특징

- 개인간의 간섭/보안에 강하다.
- 셀(cell, 무선 통신에서의 기지국-단말기 간의 통신 단위) 설계가 쉽다.
- 소프트 핸드오프가 가능하다.
- 단말기 소비전력이 적은 편이다.
- 레이크 수신기(지연이 있는 신호를 구분할 수 있는 수신기)를 사용할 수 있다.
- 단말기와 기지국 간에 시간이 정확하게 동기화 되어 있어야 한다.

가. 지상/지하부 센서 적합성

(1) 기존 센서 조사 및 분석

(가) 지상부 센서

1) 광센서

- 광센서의 검출 대상으로서는 눈에 보이는 가시광선을 비롯하여 눈으로 볼 수 없는 자외선, 적외선 등이 있다. 또 이 것들은 그 파장의 차이뿐만 아니라 전자기파(빛도 전자기파의 일종이다)의 성질도 여러 가지로 달라진다. 따라서 한마디로 광센서라 해도 검출 대상, 검출 파장, 사용 목적에 따라 센서 엘리먼트(소자)를 잘 분간해서 사용 하여야 한다. 또한 광센서의 종류에는 포토다이오드를 비롯하여 포토트랜지스터, 포토 IC, CdS 셀, 태양 전지, CCD 이미지 센서 등이 있다. 또 특수한 것으로는 광전관, 포토멀, 촬상관 등의 소 위 진공관류도 이것에 포함된다. 다음의 표는 광센서의 분류와 센서명 및 그 응용예 등을 정리한 것이다.

표 2-2. 광센서의 분류와 응용예

분류	소자명 및 부품명	사용소재	응용예 및 기타
접합 있음	PN포토다이오드 (태양전지)	Gap, a-Si, Si/Ge, GaAs	포토트랜지스터/조도계/리니어 이미지 센서/컬러센서/각종 수광장치/에어리어 이미지 센서/광 리모컨의 수광부/태양에너지
	PN포토다이오드	Si	고속광의 검출/광파이버/포토트랜지스터/포토IC/로터리 인코더(리니어 인코더)
	애벌란시 포토다이오드	InGaAsP Si, Ge	고속광의 검출/광파이버 이용의 광전 스위치/광통신(내부 증배기능/PIN 구조도 있다)
	포토트랜지스터 (포토달링턴)	Si	저속광의 검출/각종 무접점 스위치/급접 센서/각종 제어기기의 작동 검출
	포토IC (포토리플렉터/포토커플러)	Si	고속광의 검출/저조도광의 검출/인코더/광리모컨의 수광부/조도계/포토커플러(포토인터럽터)
접합 없음	광도전 소자	PbS, CdS CdSe, CdS.Se	카메라의 노출계/조도계/광량검출/가로등의 자동 점멸기/포토커플러
	초전소자	PZT,	적외선 온도센서/인체검지/화재검출/

		LiTaO ₃ , PbTiO	에너지 절약 스위치/내객센서/각종 안전시스템
진공 관류	광전관/포토멀/촬상관		TV카메라/비디오카메라/방범용 모니터/리니어 이미지 센서/에어리어 이미지 센서(각종 화상의 판독)/암시경
기타 (접합 있음)	고체이미지센서 (리니어센서/에어리어센서)	CCD형(Si) MOS형, CPD형	
	컬러센서	Si a-Si(아모퍼스 실리콘)	색의 식별(컬러마크 센서)
	위치검출용 소자 (PSD)	Si	거리계/위치의 측정/변위계측

- 그림2-1은 광센서의 한 예이며, 여기에서는 오른쪽부터 PbS 광도전 소자, PIN 다이오드, 포토 IC, 초전형 적외선센서를 각각 다루고 있다



그림 2-1. 광센서

2) 온도 센서

- 온도센서는 저장고 내외 및 저장 농산물의 온도 측정, 조절을 목적으로 사용되며 크게 접촉식과 비접촉식 센서로서 구분할 수 있다. 접촉식 센서로는 금속선이나 반도체의 전기 저항 측정에 의한 측온저항체, 열기 전력 검출에 의한 열전대 등이 있고 비접촉식 센서로는 단위 면적당 방사 검출에 의한 방사 온도계가 대표적이다.

가) 측온저항체 온도 센서

- 도체의 전기저항은 온도에 의해 변화하는 성질이 있다. 따라서 온도 변화에 대한 저항 변화의 관계를 미리 알고 있으면 그 저항치를 측정

함으로서 온도를 측정할 수 있다. 이런 원리를 이용한 측온저항체 온도센서는 화학적으로 안정되어 있고 특성변화가 거의 없는 우수한 온도센서이므로 기록 온도계용 센서로서 널리 보급되고 있다.

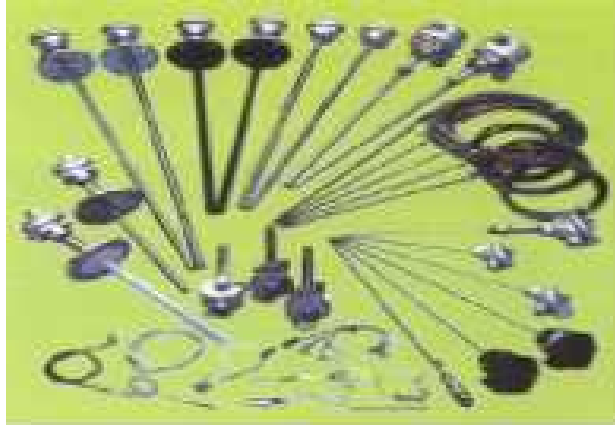


그림 2-2. 측온저항체 온도센서

나) 열전대

○ 서로 다른 금속이 접촉하고 있으면 기전력이 생기며 그 크기는 온도를 포함한 여러가지 인자의 함수로서 나타낼 수 있다. 온도측정에 사용되는 이런 종류의 접합을 열전대라 하며 접합점은 흔히 두선을 비틀거나 한데 용접해서 만든다. 크기가 작고 신뢰성이 있어 사용범위가 비교적 넓기 때문에 널리 사용되고 있다. 열전대는 금속선의 조합에 따라 여러 종류가 있으며 각 종류에 따라 사용 온도범위와 특성이 각각 다르므로 적합한 종류를 선택해 사용해야 한다.

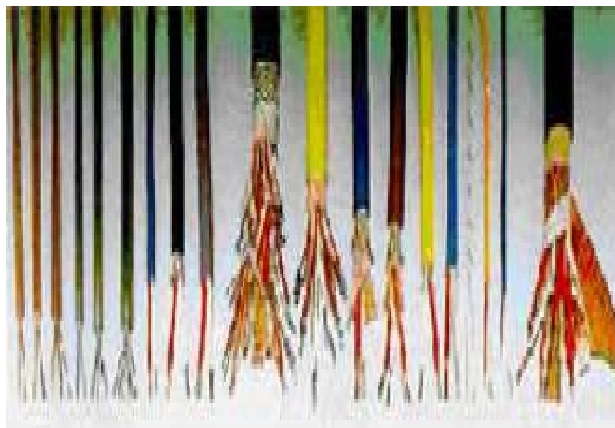


그림 2-3 열전대

다) 방사온도계

- 모든 물체는 그 절대온도에 의존하는 적외선을 방사하고 있으므로 그 방사선을 검출하여 물체의 온도를 계측하는 센서가 방사온도계이다. 방사온도계는 비접촉상태에서 온도를 측정할 수 있기 때문에 대상 물체로부터 간섭이 없고 원격지에서도 측정이 가능하며 교정에는 온도가 이미 알려진 흑체를 이용한다.



그림 2-4. 방사온도계

3) 습도 센서

- 습도센서는 공기중과 여러 가지 환경중에 함유되고 있는 수분(수증기)의 양을 측정하기 위한 소자이다. 습도의 지표로는 수분의 절대량을 나타내는 절대습도와 포화 수증기량을 표준으로 하는 상대습도가 있고 이 이외에 이슬점을 지표로하는 경우도 있다. 습도 센서를 동작원리에서 분류하면 다음과 같다.

가) 건습구 습도계

- 물이 증발해서 수증기로 되기 위해서는 증발열이 필요하므로 주위의 공기나 물에서 증발열을 빼앗는다. 그 결과 가열 등의 조작을 하지 않는 한 증발부분의 온도는 저하 하게 되고, 저하정도는 물의 증발속도로 바뀌게 되고, 증발속도는 다시 상대습도로 나타낼 수 있게 된다. 건습구 습도계는 온도계의 감온부에 얇은 천을 감고 물을 적셔두면 물의 증발에 의해 저하한 온도(습구온도)를 측정할 수 있고 이 온도를 공기의 온도(건구온도)와 비교함으로써 상대습도를 구하는 센서이다.



그림 2-5. 무기염 이용 습도센서

나) 무기염을 이용한 습도센서

- 무기염의 전해질 수용액의 농도는 대기중의 수증기량과 평형관계에 있고 전해질 수용액의 농도는 이온전도도로서 측정이 가능하므로 전해질 수용액의 농도를 통해 대기중의 수증기량을 측정하는 센서이다.

(나) 지하부 센서

1) 전기전도도(EC) 센서

- 전기전도도는 '단면적 1cm^2 , 거리 1cm 의 평행전극간에 있는 용액의 전기저항의 역수'로 정의된다. 용액중의 전기흐름은 용액중의 이온량에 영향을 받아 이온량이 많아지면 전기가 통하기 쉬워진다. EC가 큰 것은 용액중의 이온량이 많아진 것으로 양분농도가 진하다는 것을 의미한다. 따라서 양액의 EC를 측정함으로써 양액중에 포함되어 있는 전 이온량의 변화를 추측할 수 있다. 이온의 조성이 크게 변화하지 않는 상태에 있어서는 양액중에 포함되어 있는 양분농도를 검출하는 실용적인 방법이다.
- 양액재배에서 많이 사용하는 EC센서는 2개의 전극사이에 낮은 교류전압을 걸어 피검액중에 담그었을 때 흐르는 전류에서 양액의 EC를 구하는 2극법이다. 취급은 용이하지만 EC는 배양액의 온도의 영향이 비교적 큰($2\%/^{\circ}\text{C}$)것과 전극의 세척에 유의할 필요가 있다.
- EC센서도 양액온도에 의한 영향이 $2\%/^{\circ}\text{C}$ 정도로 비교적 크기 때문에 온도 보정이 가능한 EC센서를 사용하는 것이 바람직하며 사용도중 정밀도 저하를 방지하기 위하여 약 2개월 마다 전극을 세척하여야 한다.

2) 수분센서

- 암면경 등에서 고품배지내의 수분량을 측정 및 조절하기 위해 센서가 필요하다. 그 하나로서 온도법에 기초를 둔 센서로서 암면매트의 비열

(히터에 의한 온도상승)을 측정하기 위한 히터와 온도센서(열전대)로 구성되어 있다. 이것은 양액 농도의 영향은 무시되지만 배지온도의 일변화와 배지와 센서와의 접촉을 양호하게 하여 안정시키는 것에 유의할 필요가 있다.

실제적으로 암면경의 경우 매트와 저부에 설치한다.

- 일본 가나가와(神奈川県)현 원예시험장에서는 암면매트의 저부에 플로트 스위치(수위 조절용으로 많이 사용하고 있다)의 전극부를 센서로 하여 전극간이 양액에 의하여 전기적으로 통전 상태로 되거나 건조에 의하여 개방상태로 될 때의 ON- OFF 신호를 배양액 순환용 펌프의 제어용 신호로서 사용하는 방법을 개발했다. 재배조건하에서 암면매트의 급액실험 결과 실용적인 조정방법이라고 보도되어 있다.



그림 2-6. 수분센서

(다) 센서 선택

- 국화 생육에 필요한 센서를 지상부 및 지하부로 나누어 필요한 센서를 조사함
가격, 신뢰도 등을 고려하여 표 2-3와 같이 선정함 그림2-7은 선정된 후 구입된 센서의 모습이다.

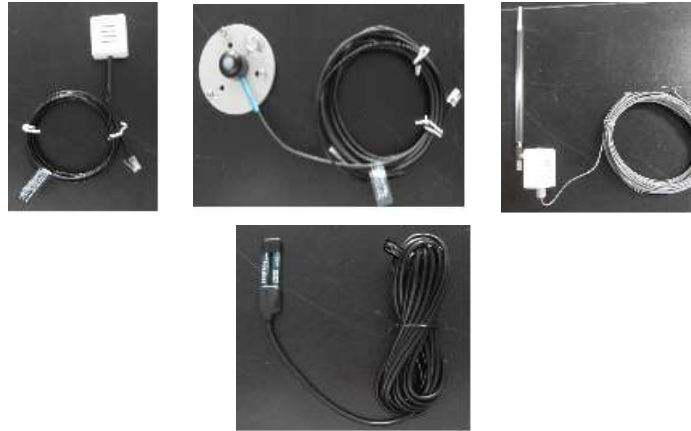


그림 2-7. 국화 재배용 센서(온습도, 조도센서, 토양수분 함량센서, 텐시오미터)

표 2-3. 국화 생육에 필요한 센서 및 제원

		제품명	모델명, 센서출력형태	측정방식
센서	지상부센서	조도센서	HA-130s(5M cable) 측정범위:0~2,500 μ mol	Silicon Photo Diede 방식
		온습도센서	HA-TH100(2M Cable) 측정범위:-20~80 $^{\circ}$ C /0~100%RH	디지털 입 출력 방식
	지하부센서	토양수분 센서 (EC센서)	HA-M05(5Mcable) 측정범위:0-100% VWC	임 피 던 스 방식
		텐시오미터(토양수 분장력)	HA-3021(10M cable) 측정범위:0~-98.07 kPa	압 력 측 정 방식

※전원공급 형태는 ZField에서 Battery AA1.5V x 3 로 모두 작동함

- 예산 국화 시험장에 센서 및 ZField 시스템을 설치한 것과 별도로 충북대학교 내에서 센서의 응답성 및 무선 네트워크의 성능실험을 위해서 실험실용 국화 재배 Lysimeter 를 그림 2-8처럼 제작하였다.
- 라이시미터는 센서를 10 cm 깊이 별로 설치 할 수 있도록 되어 있고 또한 실내에서 실험 할 수 있으므로 센서의 응답성 등의 특성을 실험을 통해서 확인 할 수 있도록 하였다.

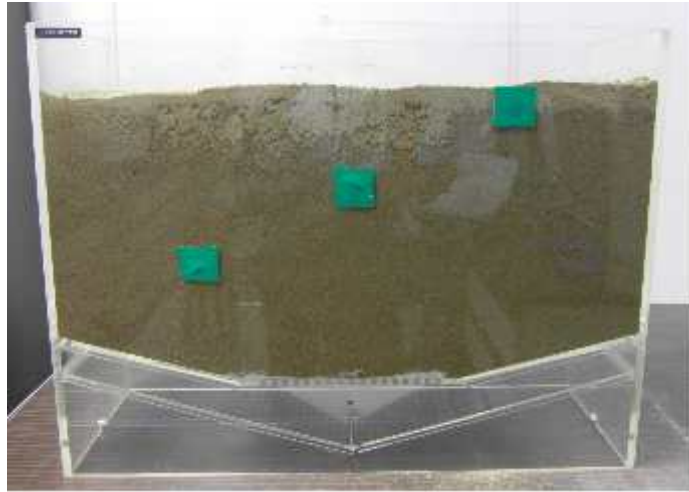


그림 2-8. 실내 실험용 Lysimeter

- 그림 2-9는 예산 국화시험장에 설치되어 있는 ZField 센서 유닛과 베이스 유닛을 보여 주고 있다. 앞서 선정했던 센서들을 채널별로 연결하여 CDMA를 이용하여 센서 유닛과 베이스 유닛 간의 데이터 교환을 한다. 또한 각 CDMA별로 고유의 번호를 가지고 있어서 휴대폰을 이용하여 그 값들을 확인 및 제어 할 수 있도록 시스템을 설계 중 임.



그림 2-9. 국화 실험장에 설치된 ZField 와 센서

- 그림 2-10은 예산에 국화 시험장에 있는 국화 실험동 내부 및 외부의 모습으로 앞으로 국화 생육시기별 온도, 습도, 조도, 수분함량 및 양분함량 등의 데이터를 무선으로 송수할 수 있도록 시스템을 갖춰 놓았다.



그림 2-10. 국화 실험동 내 외부

나. 무선네트워크 설계

(1) 무선 통신 방식 선정

(가) 무선통신이란?

- 넓은 의미의 무선 통신은 적외선을 이용하는 텔레비전 리모콘과 같이 수 미터 이내에서 작동하는 것에서 부터 위성 통신과 같이 수 천 킬로미터 떨어진 곳에서 이루어지는 것 까지 다양하다. 전파(공간파)를 이용하는 "Radio Communication"은 일반적으로 "무선통신"이라 불리지만 그 외에 적외선, 가시광선 등 (레이저, LED 등)을 이용한 광무선통신, 음파 또는 초음파를 이용한 음향통신도 광의의 무선통신(와이어리스)에 속한다. 일반적인 무선 통신은 전파를 이용하는 무선 통신을 말한다. 흔히 RF(Radio Frequency) 통신이라 불리기도 한다.
- 전파를 이용한 무선 통신의 기본적인 원리는 라디오와 같다. 즉, 보내고자 하는 정보를 전파로 변조하여 전력증폭기(PA, Power Amplifier)를 통해 전파를 송출하고 수신하는 측에서는 수신된 전파를 복조하여 정보를 수신 하게 된다. 쌍방향 무선 통신은 송신 주파수(Tx, Transmit Frequency)와 수신 주파수(Rx, Reverse Frequency)를 별도로 두어 동시에 송수신이 가능하도록 고안된 무선 통신이다.

(2) 무선통신의 종류

(가) 와이브로

- 와이브로는 무선 인터넷 접속 규격의 하나이다. 와이브로는 동시 송수신을 위해 TDD를, 다중 접속을 위해 OFDMA를 채택했으며, 한 채널에 8.75Mhz의 대역너비를 가진다. CDMA 1x와 같은 휴대 전화가 데이터 속도에 제한을 받는 것을 극복하기 위해 고안되었으며 ADSL이나 무선 랜과 같은 광대역 인터넷 접속에 휴대성을 더한 것이다.
- 이 기술은 QoS 또한 제공하는데, 스트림 영상물이나 읽기 쉬운 자료를 받을 수 있는 방식으로 사용할 수 있게 도와 준다. 본질적인 측면에서는 이동통신과 별도의 서비스이나 3세대 이동통신의 하향고속패킷접속(HSDPA, High Speed Downlink Packet Access)과 함께 차세대 통신 서비스로 주목받고 있다.
- 와이브로의 가장 큰 기술적 특징은 무선 인터넷 접속에 이동성을 더하였다는 것이다. KT의 네스팟과 같은 기존의 WIFI 기반의 무선 랜 인터넷 접속은 AP(액세스 포인트:Access Point) 장치를 중심으로 일정한 반경에 인터넷을 접속할 수 있게 하였으나 AP 장치가 고정적이기 때문에 일정 범위를 벗어날 수 없었다. 와이브로는 이동통신의 다중접속(CDMA) 기술을 응용하여 서비스 셀을 구성하고 이동하면서 인터넷에 접속할 수 있게 하였다.
- 와이브로의 특징
 - IEEE 표준 : 802.16e
 - 사용 주파수대 : 2.3 GHz대
 - 통신 가능 이동 속도 : 시간당 60 킬로미터
 - 최대 전송 거리 : 1 킬로미터
 - 최고 전송 속도 : 약 3Mbps
 - 평균 전달 속도 : 1Mbps
 - 변조 방식 : 광대역 OFDM 방식

(나) CDMA(코드분할다중접속)

- 코드분할다중접속은 코드를 이용하여 하나의 셀에 다중의 사용자가 접속할 수 있도록 하는 기술이다. 이동통신은 제한된 주파수 대역을 활용하여 다수가 통신을 하므로 다중접속 기술이 반드시 필요하다. 코드분할다중접속 이외의 기술중 널리 사용되고 있는 기술로는 GSM에서 사용되고 있는 시분할다중접속(TDMA)가 있다.
- 코드분할다중접속은 동일한 주파수 대역에서 다중의 사용자가 동시에 접속할 수 있도록 코드화한 신호를 대역 확산하여 전송한다. 단말기는 확산된 신호를 디코드하여 복조함으로써 사용자가 서비스를 이용할 수 있도록

한다.

○ CDMA의 특징

- 개인간의 간섭/보안에 강하다: 코드화된 특정 사용자의 신호는 다른 사용자에게는 잡음으로 인식된다.
- 셀(cell, 무선 통신에서의 기지국-단말기 간의 통신 단위) 설계가 쉽다.: 코드화된 신호를 직접 확산함으로 인접 기지국 사이의 신호 간섭이 적다.
- 소프트 핸드오프가 가능하다.
- 단말기 소비전력이 적은 편이다.
- 레이크 수신기(지연이 있는 신호를 구분할 수 있는 수신기)를 사용할 수 있다.
- 단말기와 기지국 간에 시간이 정확하게 동기화 되어 있어야 한다.

(다) 블루투스

- 블루투스는 가정 및 사무실에서 사용되는 컴퓨터, 프린터, 스캐너, 디지털 카메라, 스피커, 휴대폰 등 정보통신은 물론, 각종 수도, 전기, 가스의 검침과 방법 및 방화 감지 기능이 있는 디지털 제품 등 모든 제품들 간의 자유로운 데이터 교환이 이루어지게 한다.
- 블루투스의 장점은 오픈 라이선스로서 누구나 로열티를 내지 않고도 사용할 수가 있고, 이터와 음성을 동시에 전송할 수가 있다. 또한 Ad-hoc 네트워크를 지원하며, 면허가 필요없는 2.4GHz 대역을 사용하여 1MHz의 채널을 79개 설정, 1초간 166회 채널을 바꾸는 주파수 호핑 방법의 스펙트럼 확산 방식을 사용하여 전파를 송신함으로 전파 간섭을 적게 받는다. 소형이고 전력소모가 적어 배터리 용량이 크지 않는 휴대용기기에 적합하며, 짧고 유연성이 좋은 데이터 패킷을 사용하여 접속시 접속률이 좋다.
- 블루투스 특징
 - 케이블의 연결 없이 이동전화 단말기와 PC와의 결합이 가능하다.
 - 기타나 항공기 안에서 이동 중에 실시간 e-mail이나 정보 검색이 가능하다.
 - 헤드셋이나 핸즈프리(Hands-free) 등 연결선 없이 통신이 가능하다.
 - 자동으로 동기화(Synchronization)가 가능하다.
 - 이동전화 단말기나 PDA가 PC에 자동으로 동기화(Synchronization)가 가능해져서 여러가지 응용기기간의 결합을 통해, 산업 및 개인 생활의 형태에 많은 변화를 기대할 수 있다.

(라) 지그비(ZigBee)

- 지그비(ZigBee)는 저전력, 저가격, 사용의 용이성을 가진 근거리 무선 센서네트워크의 대표적 기술 중의 하나로, IEEE 802.15.4 표준의 PHY층과 MAC층을 기반으로 상위 프로토콜(PROTOCOL)과 응용(Application)을 규격화한 기술이다.
- ZigBee의 특징
 - 근거리에서 속도가 크게 빠르지 않고, 네트워크 사용 빈도가 드문 시스템의 구축에 가 적합한 시스템이다
 - 지그비는 센서를 이용한 네트워크 구성에 적합하며, 최근 부각되고 있는 유비쿼터스 센서 네트워크 구축에서 센서를 이용한 네트워크 구축이 가능한 무선 통신 시스템이라고 할 수 있다.
- ZigBee의 단점
 - 충분하지 못한 전송거리(인도어시 그 어떤 것도 확정지을 수 없다는 점)
 - 주파수 특성에 따른 노이즈(간섭)에 매우 취약함.
 - 지그비관련 기술들이 확산되지 않아서 관련 시스템을 찾기 어렵다.

(3) 무선 센서 네트워크

- 국화 무선 센서네트워크에서는 배터리 사용시간, 통신 보안성, 주파수 이용 효율 등에서 우수한 CDMA를 사용하기로 했다. 한국은 세계 최대 규모의 CDMA 가입자를 수용하여 안정되고 신뢰성 있는 시스템을 운영하면서 데이터 서비스, 음성사서함 서비스등 다양한 응용 서비스 및 운용기술을 개발한 노하우를 보유하고 있고, 망운용 기술과 과금기술 등은 고도화 되어 있다.
- CDMA 기술은 기본적으로 오래전부터 사용해왔던 대역확산 통신기술을 이용한 것으로 대역확산 기술이 가지고 있는 모든 장점에 주파수 이용효율을 크게 증가 시킨 것으로 음성품질은 유선전화 수준으로 선명하며, 통화절단 현상이 없고 열악한 전파환경에서도 원활한 작동이 가능하고, 전력소비를 최소화함으로써 통화 시간과 대기시간의 연장이 가능하다. 게다가 블루투스도 최대 1Mbps의 전송속도로는 piconet이라는 망 구성으로 7개의 기기들 간 ad-hoc 통신망을 구성하게 되지만, 그 이상의 기기들을 연결하기 위한 piconet간의 망 구성 부분에서는 약점을 보이고 있다.
- 무선 통신을 적용할 국화생산농가에서 이미 휴대폰으로 CDMA방식을 이용하고 있으므로 이 또한 장점이라고 할 수 있다. 그리고 CDMA는 분야의 발전이 많이 이루어진 상태이고 관련 프로그램들도 많이 있고 상용화가 되어있다 그리고 휴대폰만 있으면 데이터를 언제든지 필요할 때 받아볼 수 있다. 그리고 주파수 이용효율이 높고 외부의 협대역 간섭신호에 강하여서 날씨에 영향을 잘 받지 않는다.

(가) 무선 센서 네트워크 기본 유닛

- 젯-필드((주)한스 시스템)는 일반적인 데이터 로거와 같이 사용자 PC와 USB 케이블을 사용하여 기능설정 및 데이터를 다운로드 할수 있다. 근거리 통신은 Zigbee 무선통신을 사용하고 있으며, 장애물이 없는 직선거리 최대 500 m 까지 통신이 가능하며, 장거리 무선통신은 CDMA를 사용하며, 일반 휴대폰 통신과 같이 어디서나 데이터 통신이 가능하다. 그림 2-11은 CDMA통신에 기초한 Zfield 센서 유닛과 베이스 유닛으로 각 유닛의 역할 및 특징을 표 2-4에 나타내었다.

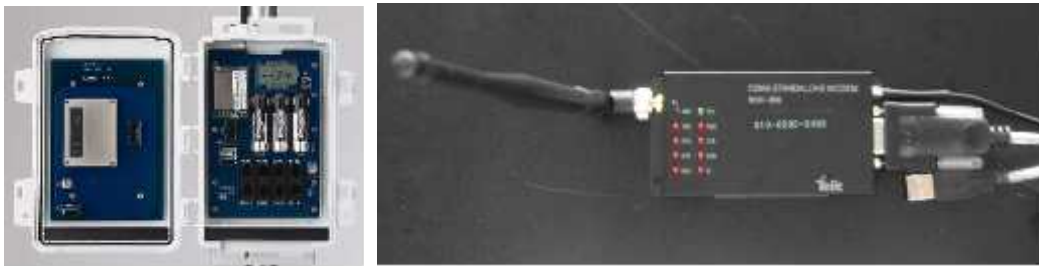


그림 2-11. ZField 센서유닛 과 베이스 유닛

표 2-4. 센서유닛 과 베이스 유닛의 역할 및 특징

	센서유닛(Sensing Units)	베이스 유닛(Local Base)
장 점	<ul style="list-style-type: none"> * 근거리 무선통신은 Zigbee에 의한 Star 와 Mesh 방식의 무선 네트워크 * 원거리 무선통신은 이동통신 기지국을 경유하는 CDMA-CDMA간 무선통신 * 무선통신은 근거리용 Zigbee 또는 원거리용 CDMA중 한 가지만 사용 * 배터리 1.5V -AA3개 또는 Adaptor를 사용 * Zigbee-Zigbee간 Router를 사용하여 통신거리 연장 	<ul style="list-style-type: none"> * 근거리용 무선통신 Zigbee와 원거리 무선통신용 CDMA가 함께 사용 * Zigbee 또는 CDMA 무선데이터 송수신 * 또 다른 지역의 CDMA-CDMA간 무선통신 * 원격제어 동작으로 센서유닛의 동작기능 등을 변경 가능 * 하나의 베이스 유닛과 다수의 센서 유닛 간 무선통신 네트워크 구성
모델	ZFXR	ZFXC
형상	USB케이블을 사용한 유선 데이터로거기능, 근거리Zigbee 무선통신 또는 원거리 CDMA, LCD 표시기능	Zigbee-Zigbee 근거리 무선통신, CDMA-CDMA 무선통신을 동시에 사용
데이터 메모리	512 kbyte or 1 Mbyte EEprom	1 Mbyte EEprom or SD Card

컴퓨터 인터페이스	USB port	USB port
전원공급	3-AA Alkaline Batteries DC9V Adaptor	DC 5V Adaptor
작동온도	-20℃ ~ 80℃	
무선 주파수 /거리	2.4 GHz Zigbee/ 직선거리 500m CDMA / 이동통신거리	
센서채널	온도, 습도, 강우량, 풍향풍속, 외 5채널	

- 그림 2-12는 센서 유닛에 센서가 연결된 모습으로 각 4개의 센서(온/습도, 광량, 수분, 및 양분)가 연결되어 국화생육에 필요한 지상 및 지하부의 데이터를 측정하고 기록하는데 쓰이게 된다.



그림 2-12. 센서유닛과 센서

(나) 무선네트워크 구성 (Wireless Network)

- Star Network System 은 전원이 없는 장소에서 배터리로 사용할 경우에 (국화시설) 적합한 방식으로 각각의 센서 유닛에서 베이스 유닛으로 데이터를 전송하면 베이스 유닛의 CDMA는 또 다른 CDMA와 통신이 가능하다. 센서 유닛과 베이스 유닛간에 라우터를 설치하여 통신거리 (500m/라우터)를 연장할 수 있다. 그림 2-13은 스타 네트워크 시스템을 나타낸 것으로 센서유닛은 국화시험장 및 충북대학교 실험실내에 설치하였고 로컬 베이스 유닛도 각각 국화 시험장 및 충북대학교에 설치되었다.

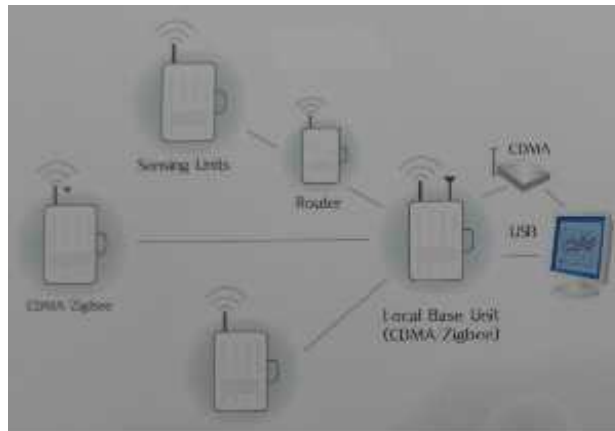


그림 2-13. 스타 네트워크 시스템(Star network system)

2. 무선 센서 네트워크 제작, 문제점 보완 및 평가, 실용화/사업화

가. 무선 통신 모듈 제작

1차년도에 수행했던 연구 결과를 토대로 표 2-5에 국화 생육에 필요한 센서를 지상부 및 지하부로 나누어 표시 했다.

표 2-5. 국화 생육에 필요한 센서 및 제원

		제품명	모델명, 센서출력형태	측정방식
센서	지 상 부 센서	조도센서	HA-130s(5M cable) 측정범위:0~2,500 μ mol	Silicon Photo Diode 방식
		온습도센서	HA-TH100(2M Cable) 측정범위:-20~80 $^{\circ}$ C /0~100%RH	디지털 입력 출력 방식
	지 하 부 센서	토양수분 센서 (EC센서)	HA-M05(5M cable) 측정범위:0-100% VWC	임 피 던 스 방식
		텐시오미터(토양수분장력)	HA-3021(10M cable) 측정범위:0~-98.07 kPa	압 력 측 정 방식

※전원공급 형태는 ZField에서 Battery AA1.5V x 3 로 모두 작동함

○ 센서 소그룹별 네트워크 구성

센서 소그룹별 네트워크 구성은 다음의 4가지 특징을 고려해서 구성 하였다.

- 기성품 최대한 활용
- 다중 센서에 부착할 수 있는 형태로 제작
- 가격 최소화/확장성 고려
- 사용자 편의성 고려

무선 통신 모듈 및 센서 네트워크의 성능을 광센서, 온습도센서 및 토양 수분센서/ 텐시오미터 와 같이 각 센서별로 제작 및 성능 평가를 하였다.

(1) 광센서

국화의 연중 생산을 위한 일반적인 조건을 살펴보면 국화는 단일 식물로서 꽃눈 만들기와 꽃눈 발달은 일장에 의해 조절되며 꽃눈 만들기는 밤의 길이가 최소 13시간이 필요하다 장일 처리는 밤의 길이가 11시간 이상이면 전조가 필요하고 단일 처리는 낮의 길이가 11시간 이상이면 암막스크린 처리가 필요하다.

영양생장 (장일) 기간은 낮 동안의 광량, 성장세(장간중, 단간중)에 따라 영양 생장 기간이 결정되고 생식생장(단일) 기간은 품종에 따른 개화 반응 일수(감응기)에 따라 결정 된다. 농가에서는 재배 경험이 있는 품종과 비슷한 품종 또는 개화 기간이 짧고 생육이 강한 품종을 선택하면 생산성을 향상 시킬 수 있다. 위와 같이 국화는 단일식물로서 꽃눈 만들기와 꽃눈의 발달은 일장에 의해 조절되는데 즉 국화의 개화시기에 있어서 장일처리와 단일처리는 매우 중요하기 때문에 장일 처리를 위한 조명환경의 구축이 필요하다. 아무리 자동화 시스템이 잘되어 있다고 해도 조명의 이상 유무는 사람의 눈으로 확인을 해야 가능하기 때문에 일일이 확인을 해주어야 한다. 다른 방법으로는 센서를 통하여 그 값을 측정하여 이상의 유무를 확인해야 하지만 광도계의 경우 측정 범위가 너무 광범위 하여 조명의 조그마한 변화에도 그 값의 변화의 폭이 너무 크다(표 2-6 참조).

휘모리(<http://www.whimori.com>)의 국화 품질관리 매뉴얼에서 국화는 장일 처리 중에 광량 : 80~100Lux 의 조명을 비춰줘야 하는데 광도계로 측정을 하였을 경우 조명이 소등 되어 있을 때 와 같은 0의 값이 나오기 때문에 광도계를 사용하여 조절하는 것은 적합하지가 않다.

표 2-6. 광도계와 조도계 값 비교

광도계								
측정값(μmol)	0	1	1	15	20	57	162	210
조도계								
측정값(Lux)	112	275	401	1228	1758	4090	13700	15500

조도계의 경우 빛의 작은 변화에도 반응을 하여 조명의 이상 유무를 판별하기에 적합 하지만 전체 조명을 모두 측정하기에는 많은 수의 센서가 필요하기 때문에 효율적이지 못하다. 따라서 웹 카메라를 이용하여 주요 시설 구조물은 물론, 상황 변화 정보를 실시간으로 확인 할 수 있게 하여 국화의 장일 처리와 단일 처리에 있어서 조명환경의 이상 유무를 촬영한 영상을 상용 프로그램을 통해 온실 내부의 평균 RGB 값을 측정하여 조명 환경에 변화가 있을 때의 RGB 값과 비교, 분석 그 측정 값을 통해 조명 환경에 변화를 정확하고 손쉽게 파악 할 수 있는 조명 모니터링 시스템을 구축하는 것이 효과적이다.

(가) 문헌 리뷰

윤진하 (1996) 는 우리나라 시설원예의 생력자동화 현황과 외국의 선진 식물공장에 대하여 살펴보고 우리 실정을 고려한 식물공장의 발전 방향에 대하여 연구 하여 농업 생산성을 획기적으로 높일 수 있는 방안을 모색 하였다.

<http://www.whimori.com/>에서는 국화생산 품질관리 매뉴얼을 만들어 여러 가지 국화생산 관련된 자료들을 제시 하였다.

김승우 (2004)는 시설 외부로 부터 기상환경 등을 계측 하여서 시설 내 재배 제어에 응용하는 외부 환경 제어, 시설 내부 환경을 직접 계측하고 제어하는 내부 환경 제어, 작물의 성장에 직접 공급되는 배양액의 적절한 조성에 관련된 배양액 제어의 자동제어 시스템을 완전 실현하여 배양액의 급액량을 제어함으로써 작물의 우량성장을 자동적으로 조절할 수 있는 고난도 제어 시스템을 설계하여 퍼지 전문가 제어 알고리즘의 성능을 확인 하였다.

박병율(2007) 등은 도로상의 CCTV영상정보를 이용하여 흐림 맑음 비 눈 안개 등의 영상을 RGB평균값으로부터 비교를 통하여 영상을 구분하는 방법으로 기후정보를 추출하는 방법을 제시하여 운전자의 안전운행과 도로의 소통과 사고 예방에 많은 도움을 줄 수 있는 알고리즘을 제시 하였다.

김동훈(1996) 등은 기존 CCTV감시시스템에서 비디오테이프를 저장매체로 하는 아날로그 기록기인 VTR의 단점인 테이프의 반복사용에 따른 화질이 열화 화상의 장기 보관에 따른 어려움, 녹화시 잦은 테이프의 교체와 넓은 수납 공간의 필요 등의 아날로그방식의 VTR 단점을 보완한 화상압축 방식의 DVR 시스템을 실험한 결과 기능적인 우수한 점 뿐만 아니라 설치와 활용 면에서도 효율적이라는 결과를 얻었다.

서종성(2008) 등은 온실관리시스템의 수행성을 검증하기 위해 온실 모형을 제작한 후 모형에 온실관리시스템의 구성요소를 적용하여 원격GUI에서 온실의 상태를 모니터링 및 제어 하여 그 시스템이 다양한 센서 및 설비장치 등을 이용하여 원격지에서 모니터링 및 제어가 가능하고 작물의 최적 성장환경을 유지시켜줄 수 있는 시스템을 확인 하였다.

김동익(2006) 등은 그래픽유저인터페이스 방식으로 구현한 컴퓨터와 PLC 로 구성된 환경 제어장치를 개발하고 식물생산 공장의 온실에 적용하여 성능시험을 하여 일반 온실과 식물공장의 제어시스템 으로 적용할 수 있을 것으로 판단 하였다.

윤창락(2000) 등은 영상의 조명 정보를 평가하기 위해 채도가 높은 기준 색 샘플들의 rgb 색도를 이용하여 색도 평면에 색도 다각형을 구성하고 영상의 모든 픽셀들의 rgb 색도 분포와 기준 색 샘플들의 색도 다각형간의 포함 관계에 따라 조명 정보를 평가 하였다. 이 방법을 통해 영상 입력 장치의 조명 변화에 따른 백색점 보정, 인간 시각 시스템과 동인한 색 재현을 위한 색 실현 모델 등에 활용 할 수 있게 하였다.

조두희(2008) 등은 두 종류 혹은 그 이상의 조명이 평면 피사체가 아닌 입체 물에

조사되었을 때 발생하는 색 재현 문제를 개선할 수 있는 방법을 제시하여 정색 표현에 있어 개선된 결과를 얻을 수 있었다.

(나) 실험방법

예산 국화 실험장에서 재배하고 있는 국화온실에 웹 카메라를 설치 휴대폰을 통한 모니터링을 위해 mylive 서비스에 가입, 웹 카메라를 통해 장일처리 중 조명의 RGB 값과 단일처리중 RGB 값을 측정, 인위적으로 조명환경을 변화시켜 각각의 RGB 값을 측정 하여 조명의 이상 유무와 단일처리시의 빛이 들어오고 있는지를 측정 한다.

(다) 실험 장치의 구성

실험 장소로는 예산의 국화 실험장을 선정 하였다. 실험장 안에서 장일 처리를 위한 조명으로는 3과장 백열등을 설치하였고 간격은 2.5m 간격으로 설치되었다. 조명의 영상 촬영은 웹 카메라 (엠캠사의 mCam100 PLUS Set)를 이용하였고 휴대폰 감시를 위해 KTF의 Mylive 서비스를 가입 휴대폰을 통한 모니터링이 가능하게 하였다.



그림 2-14. 예산 국화 실험장 내부



그림 2-15. 예산 국화 실험장 외부



그림 2-16. 3파장 백열등



그림 2-17. USB WEB CAMERA

1) 웹 카메라의 설치

웹 카메라는 조명을 감시하기 쉽게 하기위해 하우스의 하단 쪽에 설치를 하였고 핸드폰을 통해 방향조작이 가능하고 원격지에서 컴퓨터를 통해서도 조작이 가능한 카메라이다. 밑의 그림에서와 같이 카메라를 컴퓨터를 통하여 서버를 구축하여 원격지에서 모니터링과 컨트롤을 할 수 있고 핸드폰을 통하여 감시하고 조정 할 수 있는 시스템이다.



그림 2-18. 웹 카메라, 컴퓨터, 휴대폰의 구성



그림 2-19. 휴대폰 감시 화면

표 2-7. 웹카메라 사양

구분	엠캠 100플러스
이미지 센서	CMOS Type
해상도	318,176 픽셀
초점 길이	30 mm ~ ∞
초점 조절	수동
화각(대각선)	약 68도
프레임 수	CIF 30fps이상, VGA 30fps이상
노출 및 화이트 밸런스	자동
인터페이스	USB ver1.1
모터	Step motor x 2
좌우 및 상하 구동	약 312도, 약 80도(with view angle)
케이블 길이	2.9 m
카메라 크기 및 무게	96.9(W) x 86.5(H) x 111(L) (mm), 무게: 350g
전원	USB DC5V(±1%) USB, 300 mA/MAX

2) 하우스 내부 환경 측정

조명의 RGB값을 측정하기 위하여 상용 프로그램을 사용하여 RGB값을 측정 하여 조명이 들어오지 않을 때와 조명의 밝기가 어두워 졌을 때를 인위적으로 조작하

여 RGB값을 측정 그 차이점을 측정한 후 RGB값의 변화가 어떻게 일어날 때 조명을 교체해 주어야 하는지를 알아본다. 다음 그림은 국화 재배시 광 관리의 개략도이다.

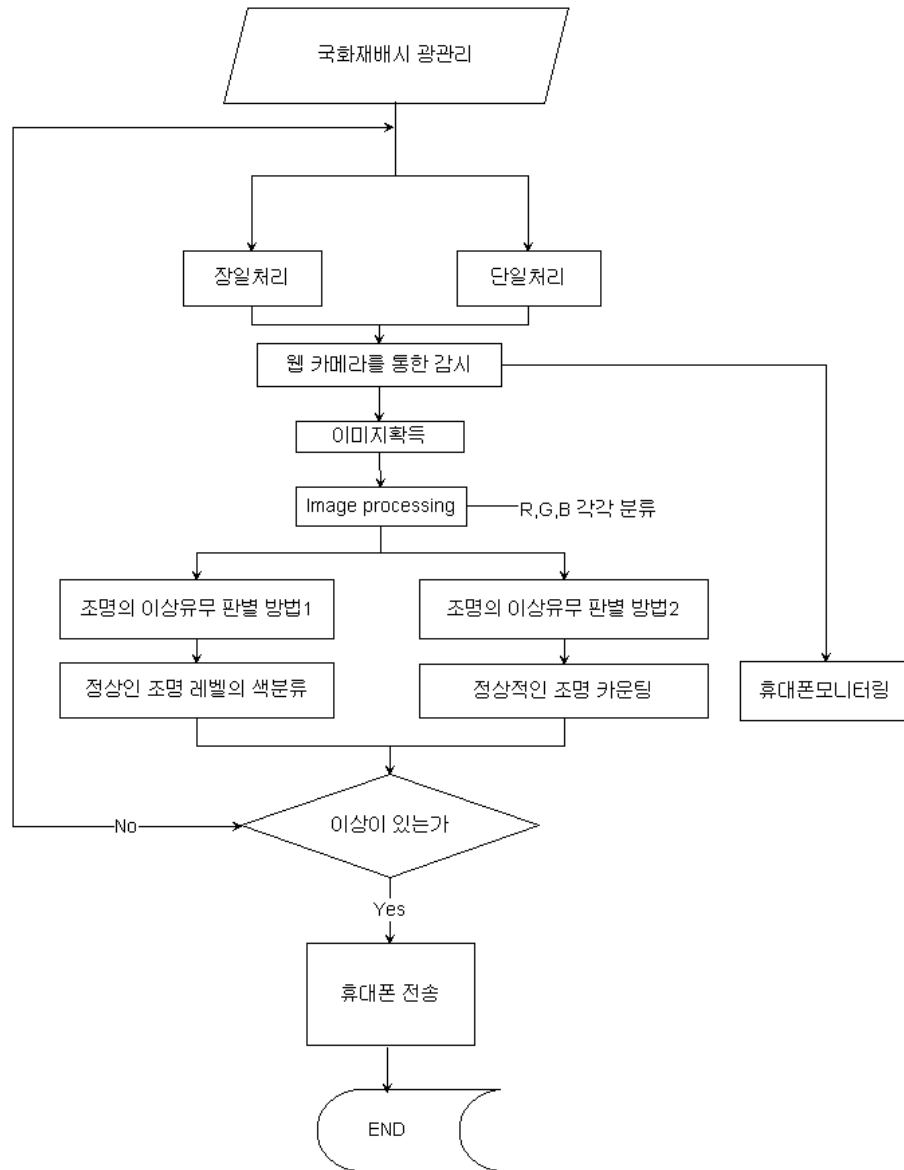


그림 2-20. 국화 재배시 광 관리의 개략도

3) 국화의 장일처리

표 2-8. 국화의 장일처리 조건

장일처리	
전조기간	18~23일 (정식 후부터 소등까지)
전조시간	4~5시간 (22:00~03:00) 암막시간 중 중간에 전조시간설정
광량	80~100룩스 (Lux)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 국화는 정식 후 3주간의 관리가 수확까지의 품질을 결정짓는다 ○ 장일 처리기간이 원활한 영양생장 정도에 따라 전체 작물 품질의 80% 이상을 결정함 	

가) 장일처리중 RGB 값 측정

국화는 일장의 조절에서 장일처리는 초기 생육에 굉장히 중요한 요인으로 작용하게 되며 이를 정확히 이해해서 초기에 빠르고 튼튼한 생육을 유지하는 것이 매우 중요하다. 그렇기 때문에 전조 시간에 맞게 암막 시간중 장일처리를 할 때 RGB값을 측정한다.



그림 2-21. 암막 시간중 장일처리

4) 국화의 단일처리

표 2-9. 국화의 단일처리 조건

단일처리	
단일기간 및 단일시간	꽃눈형성 및 균일한 개화를 위해서는 하루 중 13시간 이상의 단일 조건(암막)이 필요하며 13시간 미만의 차광처리에서도 꽃눈 만들기가 되나 이런 경우 꽃눈의 형성과 발달이 늦어지고 꽃목이 길어지며 측지가 발생하는 등의 2차 생장이 나타나는 경향이 있음
재질	소일 블럭묘를 단동하우스에 재배시는 암막차광전용 스크린 재질을 사용

가) 단일처리중 빛샘 측정

꽃눈의 형성과 발달은 일장 및 광, 온도에 의해서도 좌우되며 13시간의 차광은 꽃눈형성에 방해받지 않고 진행이 요구되는 시간이고 단일처리부터 수확까지의 기간은 6~9주 정도가 소요되며 이기간은 광, 온도 등의 환경제공 및 유전적인 영향에 따라 결정된다. 단일 처리의 경우도 웹 카메라의 감시를 통해 단일처리가 잘되어있는지 측정 한다.

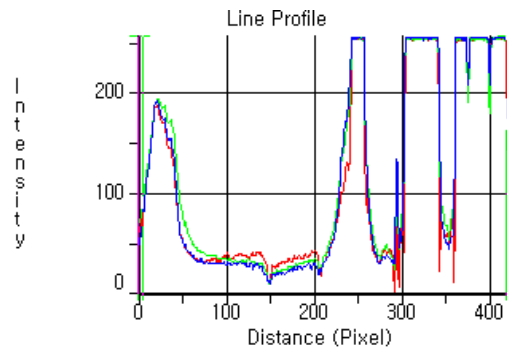
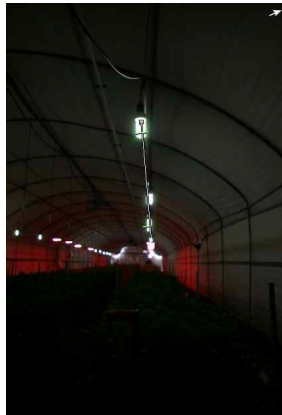


그림 2-22. 단일처리

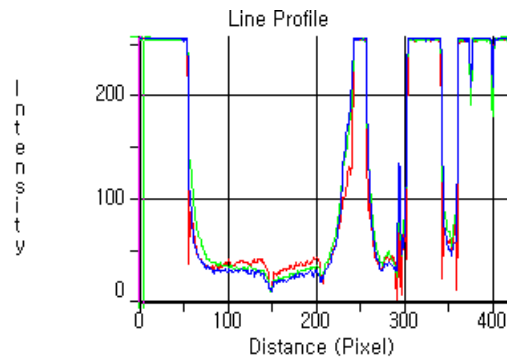
(라) 실험결과

1) 장일처리중 RGB 값 측정

그림 2-23는 장일처리중 전구의 값이 정상일 때와 비정상일 때의 값을 비교한 것이다. 그림 2-23에 a와 b는 상용 프로그램을 사용하여 전구의 위치를 선으로 잡아 그 선이 지나가는 부분의 RGB 픽셀 값을 측정한 것이다. 그림 2-24은 그림 2-23의 사진을 Red, Blue, Green 값으로 추출하여 각각의 값마다 픽셀의 분포를 나타낸 것이다. 세 가지의 값의 차이가 미묘하기 때문에 RGB값 중 한 가지 값의 픽셀만 추출하여 이상 유무를 판단할 수 있다. 그리고 정상적인 조명의 RGB 픽셀 값은 240~255사이의 값을 가지는 것을 알 수 있었다.

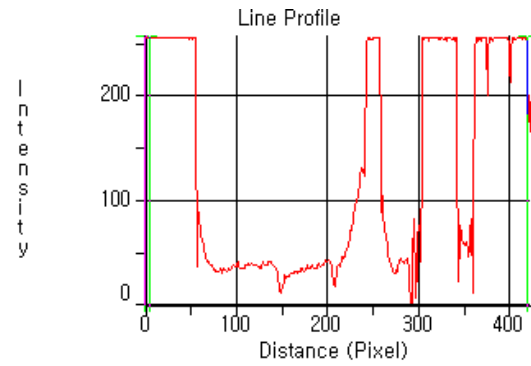
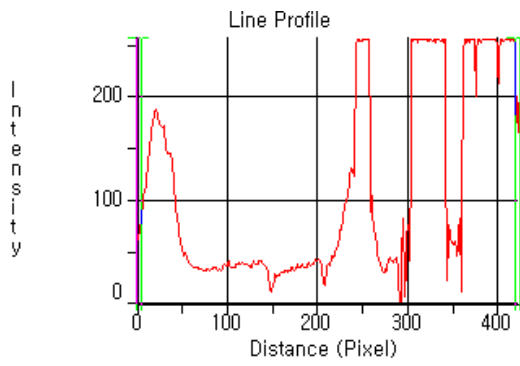


a) 전구가 정상일 때 조명의 RGB값

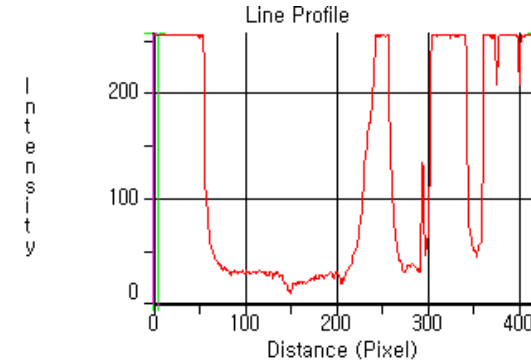
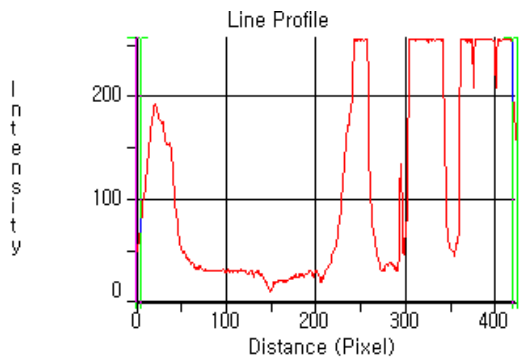


b) 전구가 비정상일 때 조명의 RGB값

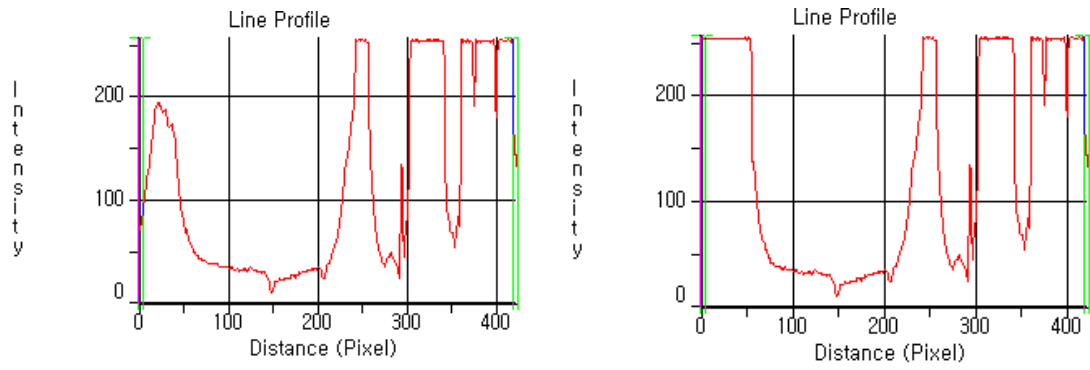
그림 2-23. 전구의 RGB값 비교



Red 채널의 픽셀 분포도



Blue 채널의 픽셀 분포도



Green 채널의 픽셀 분포도

그림 2-24. 전구의 이상 유무에 따른 RGB 각각의 픽셀값 비교

가) 조명의 이상 유무 판별방법 1

조명의 이상유무의 판별방법은 RGB중 Green값의 픽셀을 추출하여 그 값으로 영상을 처리하였다. 그림 2-25에서는 0부터 255의 픽셀 값을 범위를 정하여 그 범위별로 색을 적용시켜 어느 곳의 조명이 이상이 있는지를 식별할 수 있도록 한 것이다.

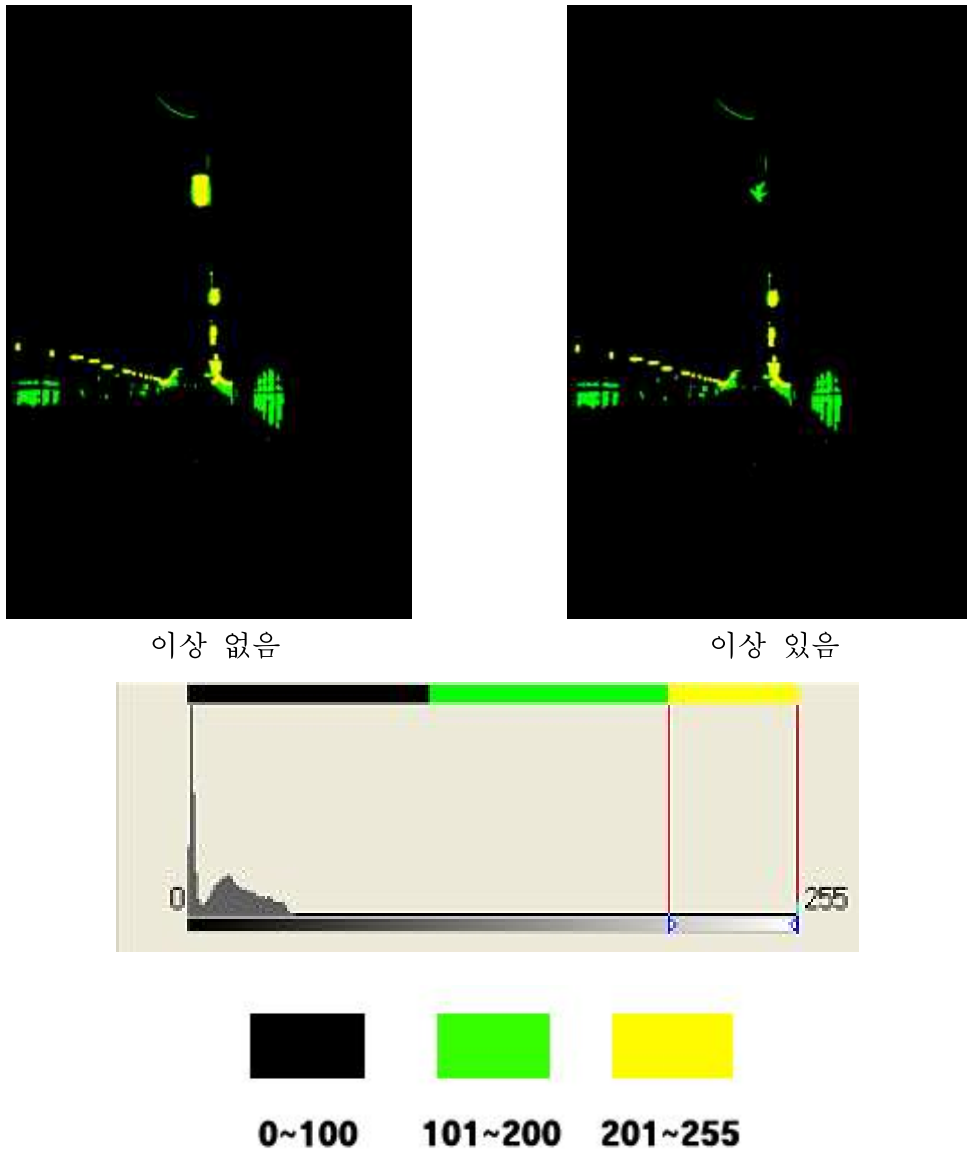


그림 2-25. 조명의 이상 유무 판별방법

나) 조명의 이상 유무 판별방법 2

두 번째 방법으로는 첫 번째 방법과 마찬가지로 Green값의 픽셀을 추출하여 조명의 정상적인 픽셀 값인 240~255값을 가진 곳을 카운팅을 하여 그 개수를 비교하여 조명의 이상 유무를 판단할 수 있도록 하였다. 그림 2-26의 좌측 사진은 240~250의 값을 가진 픽셀 값을 카운팅 한 것으로써 19개의 값이 카운팅이 되었고 이상이 있는 두 번째 사진은 18개의 값이 카운팅이 되었다. 카운팅 된 수의 차이로 조명의 이상 유무를 확인 할 수 있었다.



a) 이상 없음



b) 이상 있음

그림 2-26. 조명의 이상 유무 판별방법 2

2) 단일처리중 빛샘 유무 측정

단일처리중 빛샘의 유무 측정은 장일 처리시 조명의 이상유무 판별과는 달리 어느 곳에서 빛이 새고 있는지를 알고 그 부분을 보수하는 것이 목적이기 때문에 한 가지 방법만으로도 빛이 어디에서 새고 있는지 알 수 있다. 따라서 조명의 이상유무 판별방법 1 번과 마찬가지로 0부터 255의 픽셀 값을 범위를 정하여 그 범위별로 색을 적용시켜 어느 곳에서 빛이 새고 있는 지는 측정 하였다.

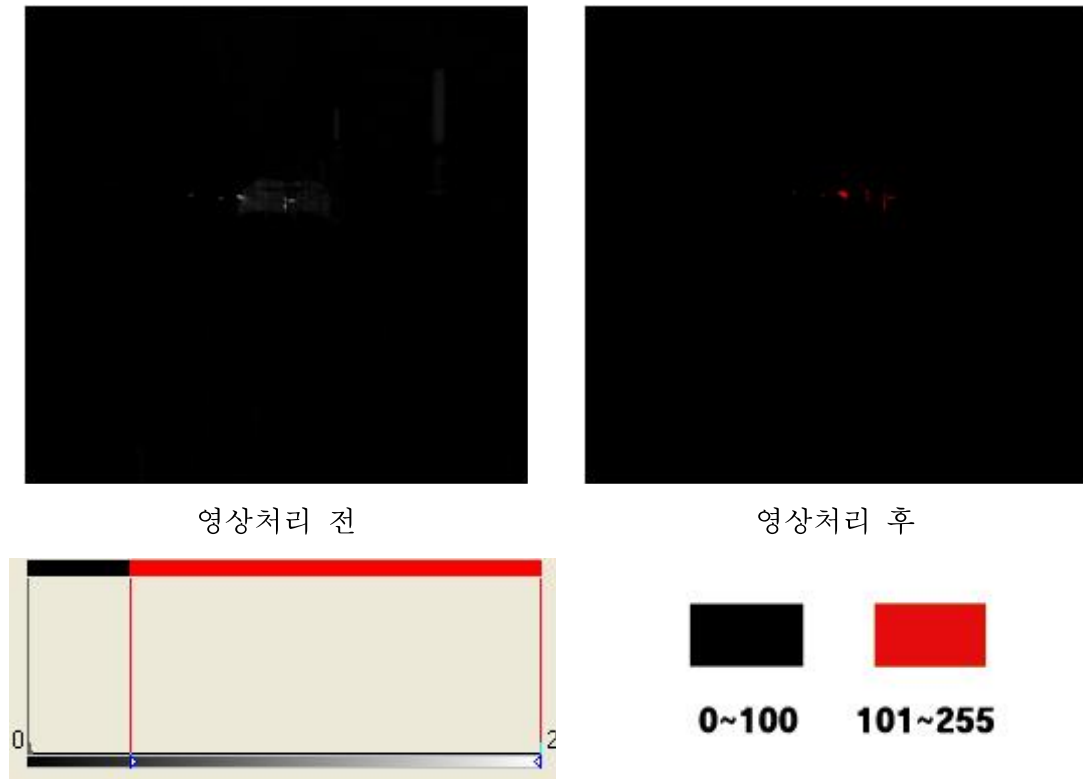


그림 2-27. 단일처리중 빛샘 유무 판별

(마) 요약 및 결론

국화는 개화시기에 있어 장일처리와 단일처리는 매우 중요하기 때문에 양질의 국화를 생산하기 위해서는 장일처리시 조명제어와 단일처리시 완벽한 빛의 차단이 필요하다. 이에 따라 웹 카메라를 통한 시설제어의 모니터링을 통해 실시간으로 휴대폰을 이용한 감시가 가능하다. 또 이 영상을 상용 프로그램을 거쳐 장일처리시 두 가지 방법을 통해 사람의 눈으로 확인 할 수 없는 조명의 이상 유무를 측정할 수 있었다. 첫번째 방법으로는 색의 비교를 통해 어느 위치의 조명이 이상이 있는지를 육안으로 쉽게 확인할 수 있었고 두번째 방법은 카운팅 개수를 통해 이상이 있는지 없는지를 쉽게 구분할 수 있었다. 이 두가지 방법을 이용 하여 조명이 이상이 있고

이상이 있으면 어느 곳에 이상이 있는지 보다 쉽게 파악 할 수 있었다.

다음으로는 단일처리시 빛샘의 유무를 확인하는 방법 이었는데 장일처리시 조명의 이상 유무를 판별하는 방법 1을 사용하여 실험을 했다. 하지만 단일처리시 하우스 내부의 빛이 없어서 조금 이라도 빛이 새면 영상처리를 하지 않더라도 육안으로 쉽게 구분을 할 수 있었다. 그리고 영상처리 전 후에도 그렇게 큰 차이를 볼 수 없었다. 따라서 상용 프로그램을 사용한 영상 처리의 방법은 장일처리시 조명의 이상 유무의 판별에 큰 도움을 준다는 결과 값을 얻을 수 있었다.

이렇게 센서를 이용하지 않고 웹 카메라 한 대를 이용하여 비용을 절감하고 핸드폰을 통해 수시로 확인을 할 수 있었고 또 컴퓨터를 통해서 장일처리를 하였을 경우 하우스 내부의 조명환경과 단일처리시에 빛샘 유무를 상용 프로그램을 통해 쉽게 확인할 수 있었다. 이로 인해 국화의 장일 처리에 있어서 효과적인 조명의 관리를 할 수 있었고 양질의 국화 생산에 있어 큰 도움을 줄 수 있는 알고리즘을 제시하였다. 또 국화뿐만 아니라 광량의 영향을 많이 받는 시설원에 작물들을 보다 효과적으로 관리를 할 수 있을 것이다.

(2) 온습도 센서

(가) 국화재배시 온도측정 방법 및 연구목적

국화는 세계에서 소비가 많은 장미, 카네이션과 더불어 3대 화훼작물 중 하나로써 절화용, 분화용, 정원용 등 이용이 매우 다양화 되고 있다. 국내에서는 장미 다음으로 많이 재배되고 있는 절화이다. 또한, 국화는 재배 역사 뿐만 아니라 최근 대일본 수출이 급격히 증가하고 있는 주요 수출작목 중의 하나이므로 재배면적, 생산량 등에 영향을 미치는 가장 중요한 화훼작물이다. 국화재배에 있어 온도는 작물의 다양한 대사작용에 영향을 주는 중요한 인자이기 때문에 작물의 생장적온에 맞게 온실내의 온도를 유지시키는 것은 대단히 중요한 일이다. 하지만 하절기나 동절기에 생장에 맞게 온도를 유지한다는 것은 어려운 일이며 냉난방시설 설치 비용 또한 부담되는 것이 사실이다.

최근에, 국내외에서는 온실에서의 온도 분포 균일화에 관한 연구가 활발히 진행 중이다. 시설내 온도 분포 균일화를 위하여 온풍기의 위치 및 온풍토출구의 간격 및 직경의 크기에 대한 연구가 보고된 바 있으며, 해결책으로는 특히 하절기 및 동절기에 온실의 온도 및 작업환경을 개선할 수 있는 적극적인 냉난방대책이 필요하

다는 것이다. 온풍난방시 시설내 에너지 절감을 위한 국내의 연구는 주로 보온, 난방기의 위치 및 토출구 간격 및 직경(Kim 등, 1994), 난방배관 구조개선(Kwon 등, 1995)등으로 연구되어 왔고, 온도센서 최적위치 결정 및 보상값 산정이론과 설치위치에 따른 온도센서의 응답성을 통한 실내 온도센서의 최적설치 위치 결정(이 등, 1999)에 따른 연구가 이루어 졌으며, 온도센서를 설치할 최적의 위치에 대한 결과를 보여주고 있다.

본 연구에서는 온도제어에 적합한 냉난방시스템을 도입하여 설치후에 온실에서 다양한 위치의 온도를 측정하고 측정된 모든 데이터 기록들을 분석함으로써 온실 온도 제어에 있어서 온도 센서 위치 선정에 바람직한 연구방향을 제시하고 국화재배를 하려는 화훼농민 및 관계자에게 중요한 자료를 제시할 수 있다.

(나) 실험장치의 구성

1) 하우스 및 데이터로거

본 연구의 실험은 충남 예산에 위치한 국화시험장에서 실시하였으며 폭, 길이, 높이가 7m x 70m x 4m 인 국화재배 하우스이다. 이 하우스에 환기용으로 양측면에 수동식 개폐기와 천정부분에 환풍기가 설치되어 있다.(그림 2-28) 하우스 중간과 양쪽에 통로를 제외하고 몇cm 간격으로 국화를 정식하였다.



그림 2-28. 천정부분 환풍기

데이터로거로는 (주)한스시스템 사의 Z-Field 센서 유닛(그림 2-29)을 선정하였다. 이 유닛은 기존의 유선센서와는 달리 근거리/장거리의 무선센싱 네트워크가 가능하며 원격제어로 설정변경이 가능하고, 장거리 무선통신은 Code Division Multiple Access(CDMA)를 사용한다. 이 센서유닛은 그림 2-30과 같은 개념도를 갖는다. 이 데이터로거는 하우스 길이의 중간지점인 35m 지점에 설치하였다. 휴대폰과 같은 기지국을 이용하는 무선기능으로, 휴대폰이 사용가능한 전국 어디서나 원격 무선 데이터 통신이 가능하다는 장점이 있으며, Z-Field의 규격을 표 2-10에 나타내었다.



그림 2-29. Z-Field 센서 유닛

표 2-10. Z-Field specification

항목	센서유닛 (Sensing Units)
장점	*근거리 무선통신은 Zigbee에 의한 무선네트워크
	*원거리 무선통신은 이동통신 기지국을 경유하는 CDMA-CDMA간 무선통신
모델 형상	*무선통신은 근거리용 Zigbee EH는 원거리용 CDMA중 한 가지만 사용
	*배터리 1.5V- AA3개 또는 Adaptor를 사용
센서채 널	*Zigbee-Zigbee간 Router를 사용하여 통신거리 연장
	ZFXR USB케이블을 사용한 유선 데이터로거 기능, 근거리 Zigbee 무선통신 또는 원거리 CDMA, LCD표시기능
	온도, 습도, 광량, 수분, 지온, 텐시오미터의 3채널

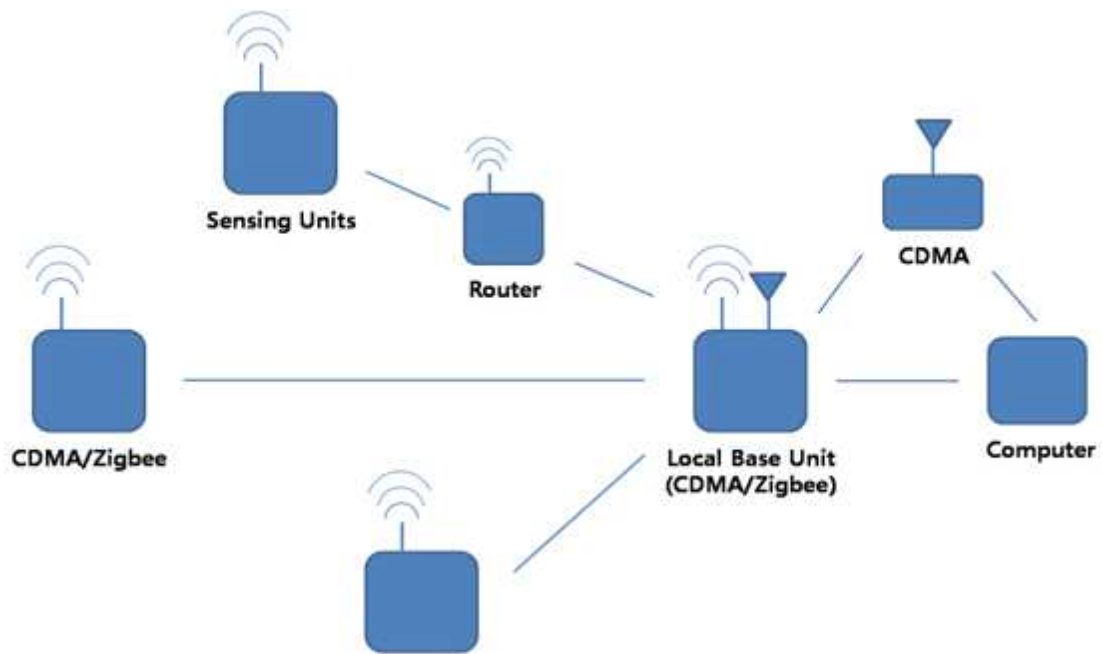


그림 2-30. 센서 네트워크 개념도

그림 2-31은 예산 국화시험장에 있는 국화 실험동 내부의 모습으로 국화 생육시기별 온도, 습도, 조도, 수분함량 및 양분함량 등의 데이터를 무선으로 송수신 할 수 있도록 그림 2-32와 같이 시스템을 갖춰 놓았다.



그림 2-31. 하우스 내부



그림 2-32. 데이터로거 설치

2) 온습도 센서(HA-TH100)

국화 재배시에 필요한 온도를 기록하기 위하여 온습도센서(그림 2-33)를 이용하였다. 적정 위치에 설치한 후에 10분 간격으로 계측, 기록되도록 측정시스템을 구성하였으며, 데이터로거를 통해 저장된 센서값을 최종 분석하였다. 또한, 무선 네트워크를 통하여 측정된 센서값을 언제든지 휴대폰 단문메세지로 수신이 가능하다. 온도 계측을 위한 센서(그림 2-34)의 위치는 하우스 높이와 길이방향에 따라 수시로 변경하면서 측정하였다. 온도센서로는 정확성, 안정성, 응답성이 우수하고 원격측정이 가능한 Hans System사의 HA-TH100을 사용하였으며 측정방식으로는 디지털 입출력 방식이다. 또한, 사용자의 휴대폰에 일정시간 간격으로 온도, 습도 등 현재의 측정값을 전송한다. 센서의 규격을 표 2-11에 나타내었다.

표 2-11. HA-TH100 Temperature Sensor specification

제품명	HA-TH100
센서출력형태	측정범위 : -20~80℃ / 0~100%RH 정밀도 : ± 0.3℃ / ± 2%



그림 2-33. 온습도 센서



그림 2-34. 온습도 센서 설치

3) 지온센서

국화 재배시에 적절한 지온을 측정하기 위해 지온센서(그림 2-35)를 이용하였다. 지온센서는 땅속깊이 10 cm에 매설하였으며, 온도센서와 마찬가지로 10분 간격으로 측정, 저장 되도록 설정하였다. 센서의 규격을 표 2-12에 나타내었다.



그림 2-35. 지온센서 설치

표 2-12. HA-T200 Soil Temperature Sensor specification

제품명	HA-T200
센서출력형태	측정범위 : -30~70℃ 정밀도 : ± 0.3℃

4) 온풍난방기(TQ-1200E)

국화재배 하우스 안에서 사용하는 온풍 난방기는 그림 2-36과 같은 (주)동호기전사의 제품을 사용하였다. 이 난방기는 하루 24시간을 네 번 나누어 6시간 간격으로 온도 설정이 가능하다. 온도감지는 난방기 내부에 탑재되어 있는 온도저항기를 통하여 전기저항 변화에 의해 온도감지를 한다. 동절기에는 하우스 내부 온도를 16℃로 설정했으며 16℃ 이하가 되면 온풍기가 작동되도록 하여 국화가 성장하는데 적절한 온도를 유지하도록 하였다.

온풍난방기의 표준사양을 표 2-13에 나타내었다.



그림 2-36. 동호기전 농업용 난방기

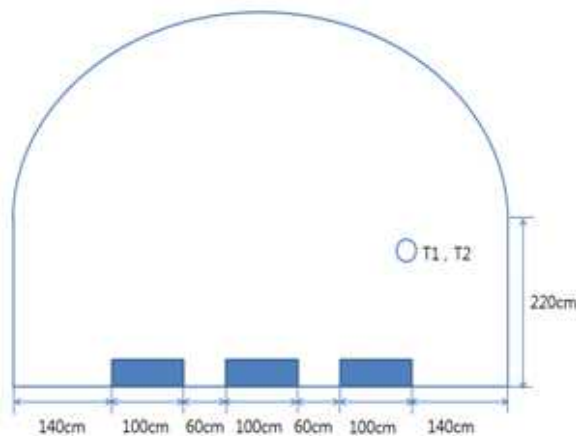
표 2-13. TQ-1200E Hot Air Heater specification

제품명	TQ-1200E
외부규격	길이 : 224cm
	폭 : 102cm
	높이 : 170cm
	발열량 : 120000kcal/kg
	난방면적 : 350~450평
	소요동력(Kw) : 1.1 x 2
	소비전력(Kw) : 2.41
내장센서출력형태	측정범위 : 0~40℃
	정밀도 : ± 0.2℃

(다) 결과 및 고찰

1) 온도센서의 설치 위치 선정

본 연구에서는 실험을 통하여 응답성이 가장 좋은 지역을 온도센서의 최적설치위치로 결정하였다. 그림 2-37과 같이 처음 온도 측정시에는 두 개의 센서(T1, T2)를 국화 비닐하우스내에 설치 위치를 나타낸 것이다. 처음 설치 위치는 지면에서 같은 높이인 170cm 상단에 설치 했으며 온도 변화를 그림과 같이 나타내었다.



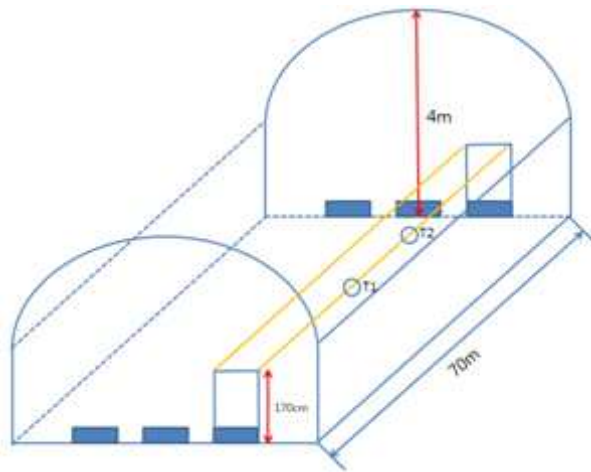


그림 2-37. 처음 센서 위치 설정

두 개의 온도 센서값과 지온, 외부기온 등을 비교하여 각 센서간의 차이값도 그림 2-38 ~ 2-41과 같이 그래프로 나타내었다.

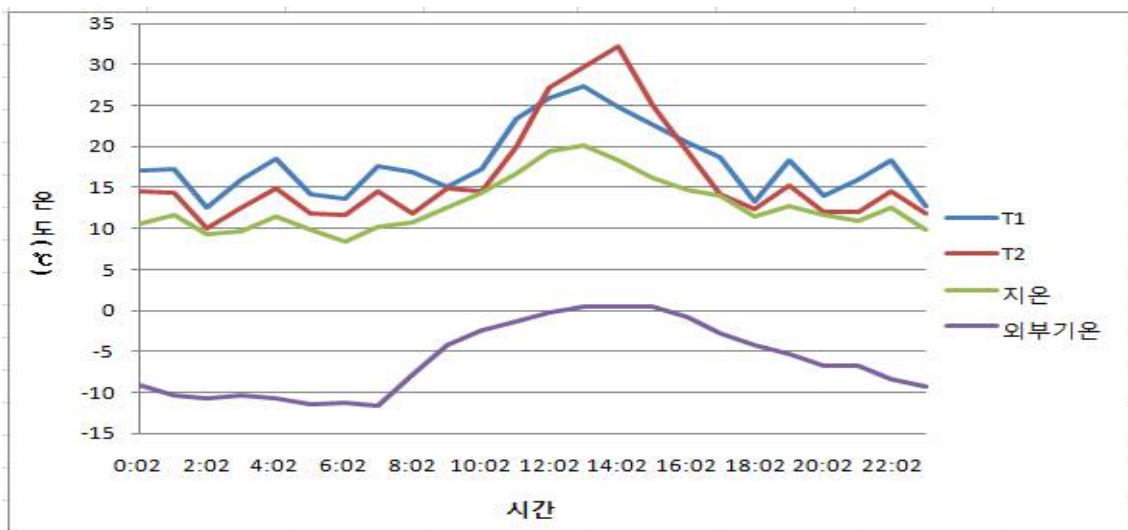


그림 2-38. 각 센서 측정 온도 (1월 16일, 2010)

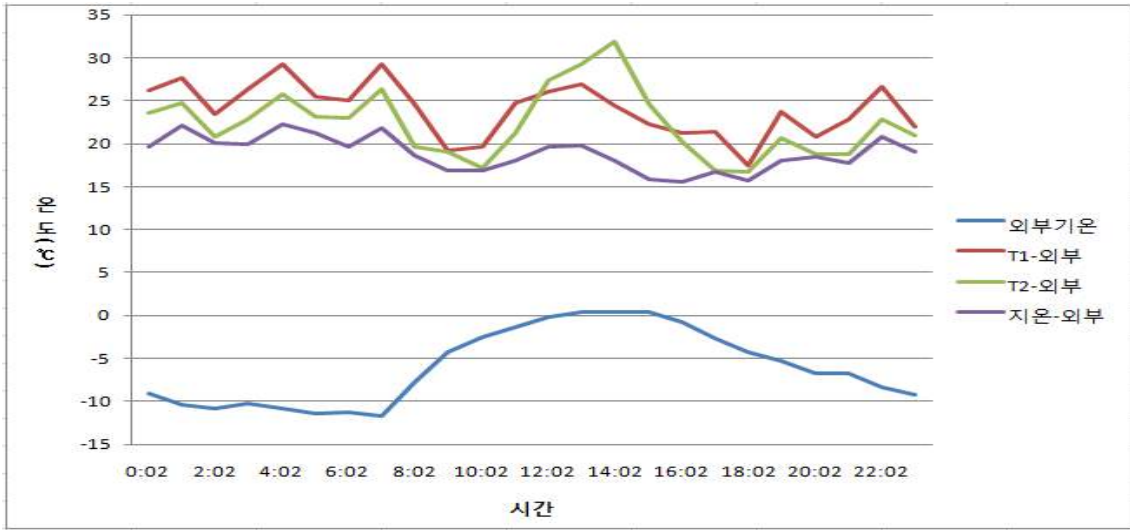


그림 2-39. 외부기온과 각 센서값의 차이(1월 16일, 2010)

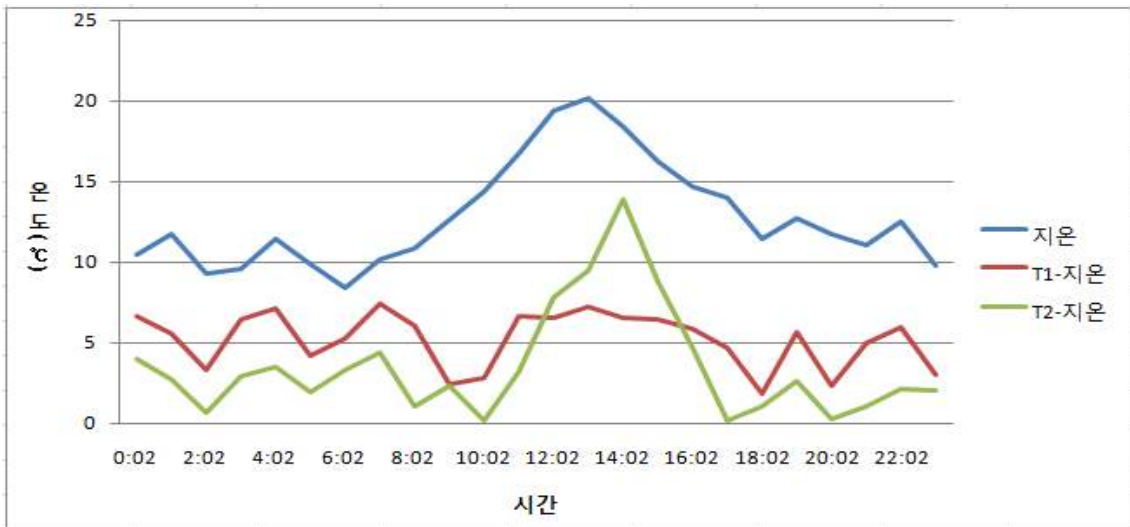


그림 2-40. 지온과 T1, T2의 차이(1월 16일, 2010)

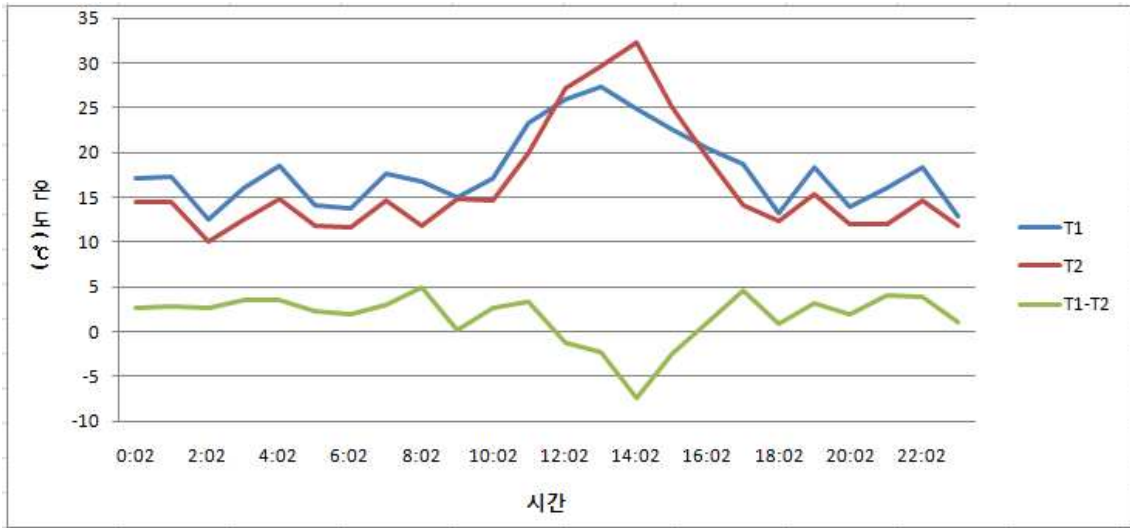


그림 2-41. T1과 T2의 차이(1월 16일, 2010)

하루(1월16일, 2010)측정 결과만 봐서는 판단 할 수 없으므로 다른 날짜의 온도 측정 결과를 그림2-42 ~2-49에 그래프로 나타내었다.

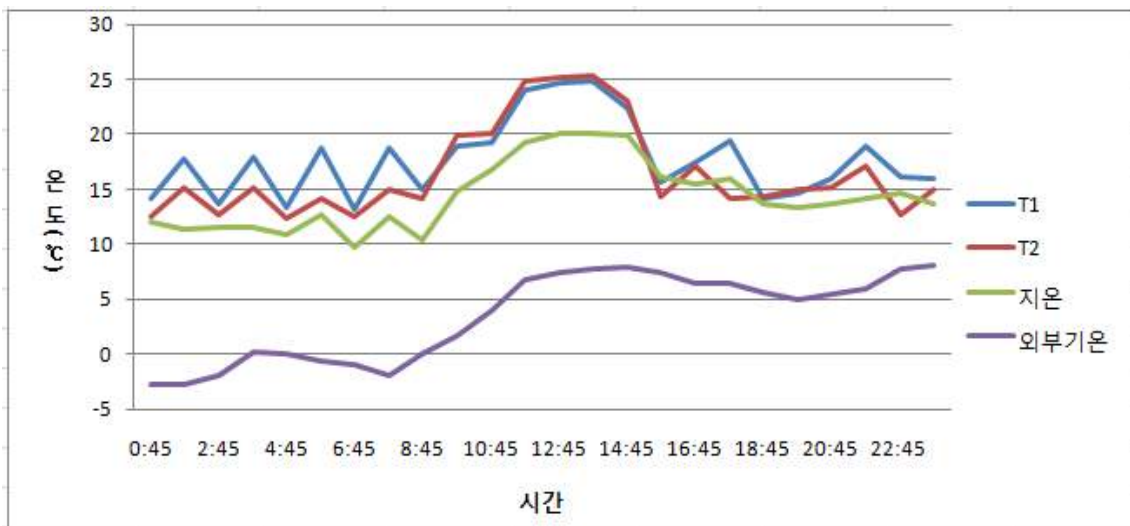


그림 2-42. 각 센서 측정 온도 (1월 19일, 2010)

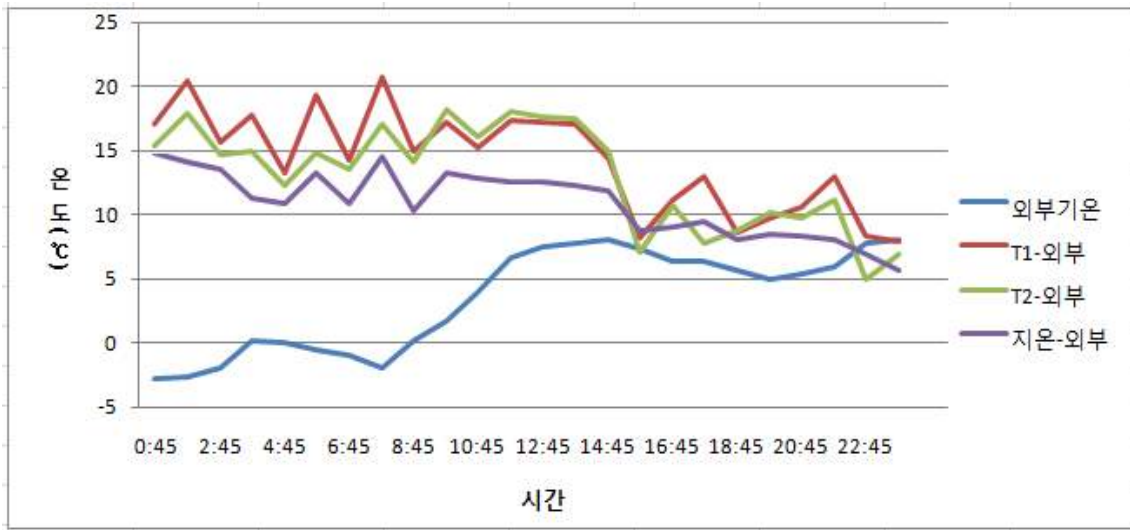


그림 2-43. 외부기온과 각 센서값의 차이(1월 19일, 2010)

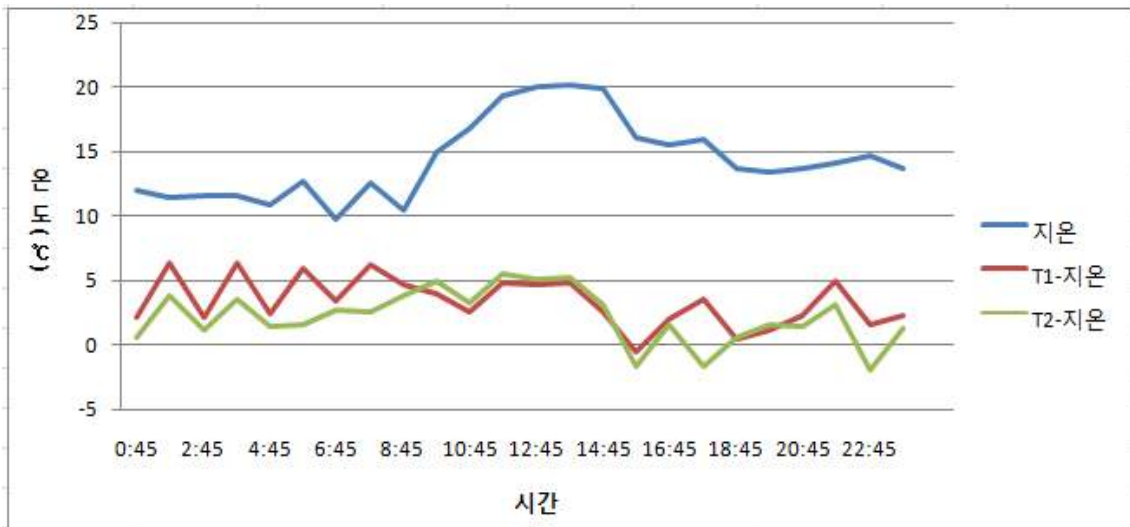


그림 2-44. 지온과 T1, T2의 차이(1월 19일, 2010)

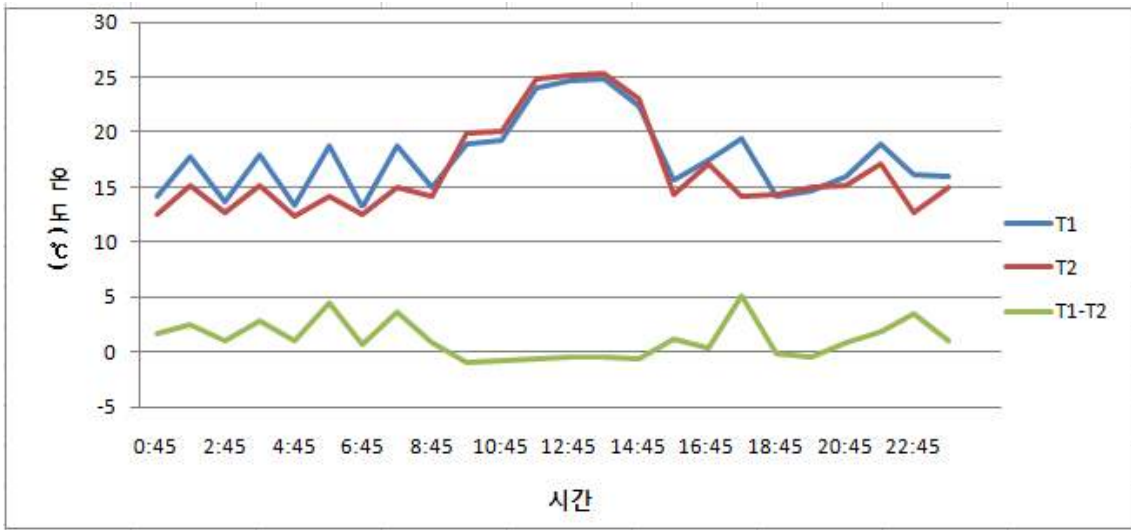


그림 2-45. T1과 T2의 차이(1월 19일, 2010)

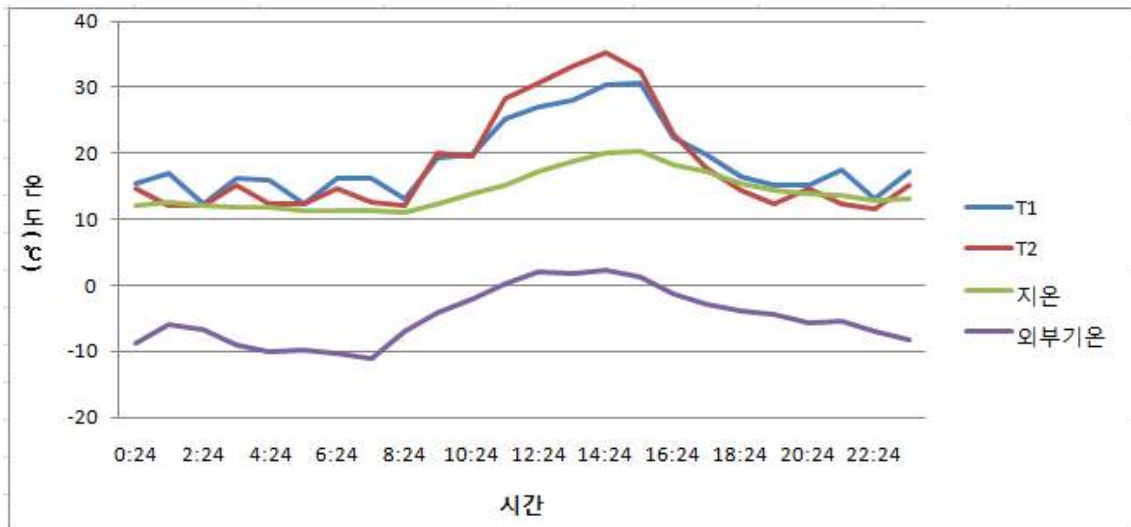


그림 2-46. 각 센서 측정 온도 (2월 6일, 2010)

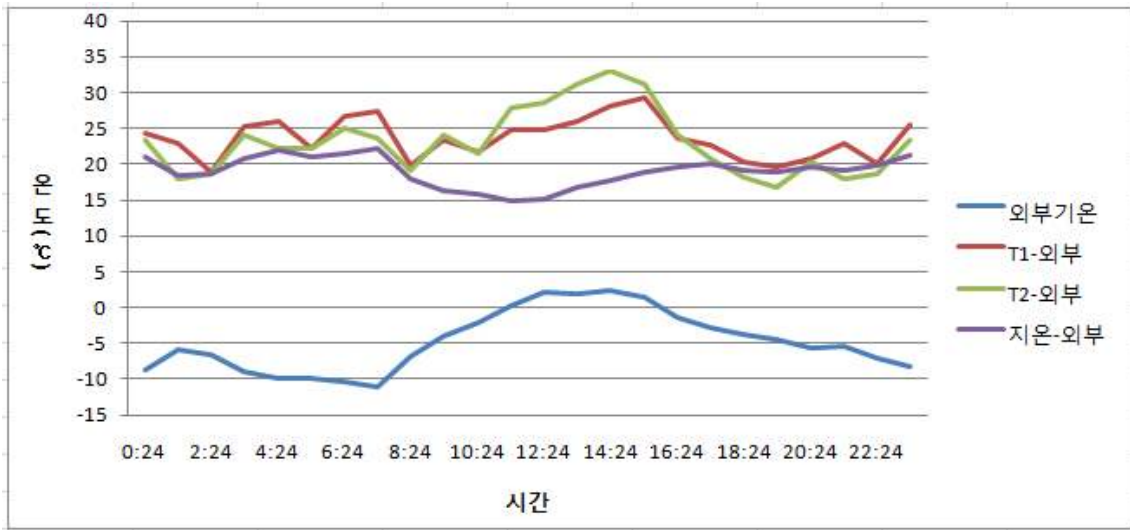


그림 2-47. 외부기온과 각 센서값의 차이(2월 6일, 2010)

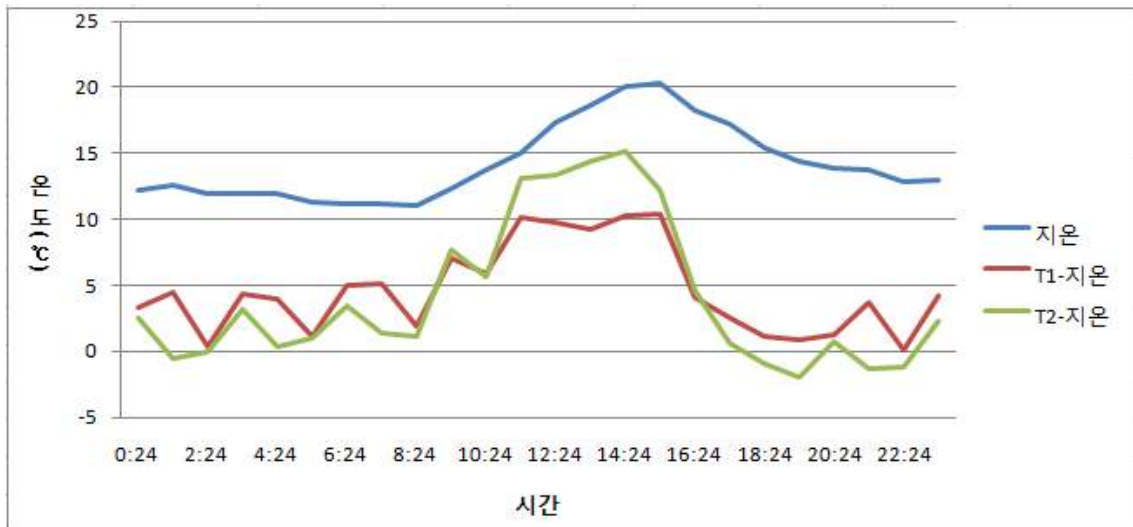


그림 2-48. 지온과 T1, T2의 차이(2월 6일, 2010)

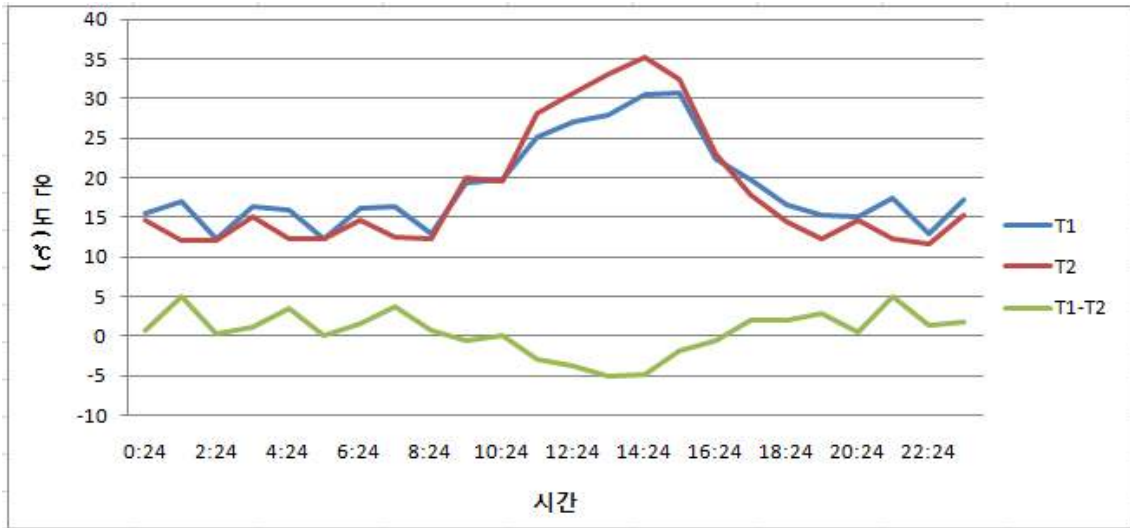
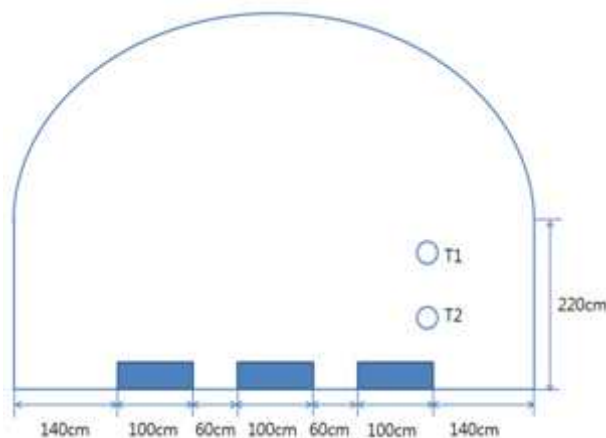


그림 2-49. T1과 T2의 차이(2월 6일, 2010)

위의 그래프(그림 2-38 ~ 2-49)를 보았을 때 두 개의 온도센서 설치 높이가 같기 때문에 측정값은 비교적 비슷했다. 온풍기가 작동(16°C 이하)될 시에도 같은 높이에 서 공기의 대류현상도 동일하게 작용했음을 확인할 수 있다.

2) 온도센서의 위치 변경 후 측정

온도센서 두 개의 높이에 차이를 두기 위하여 T2센서를 지면에서 60cm의 높이로 하향조정하여 그림 2-50과 같이 센서의 위치를 변경하여 다시 측정하였다.



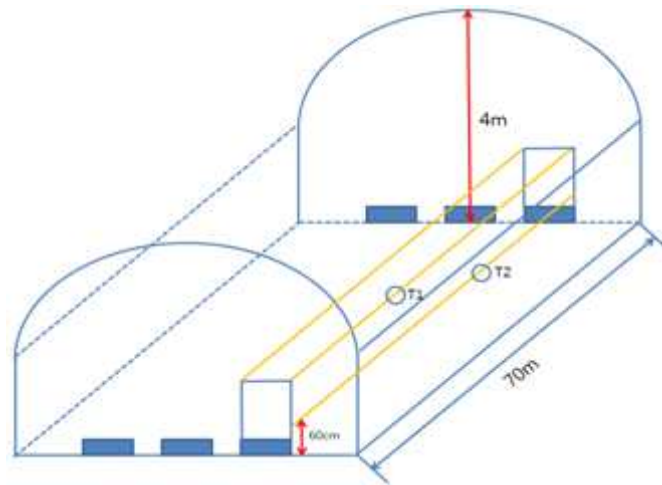


그림 2-50. T2센서 위치의 변경

센서의 위치를 위와 같이 설정하고 2010년 3월1일과 3월19일에 측정된 결과를 다음 그림과 같이 그래프로 나타내었다.

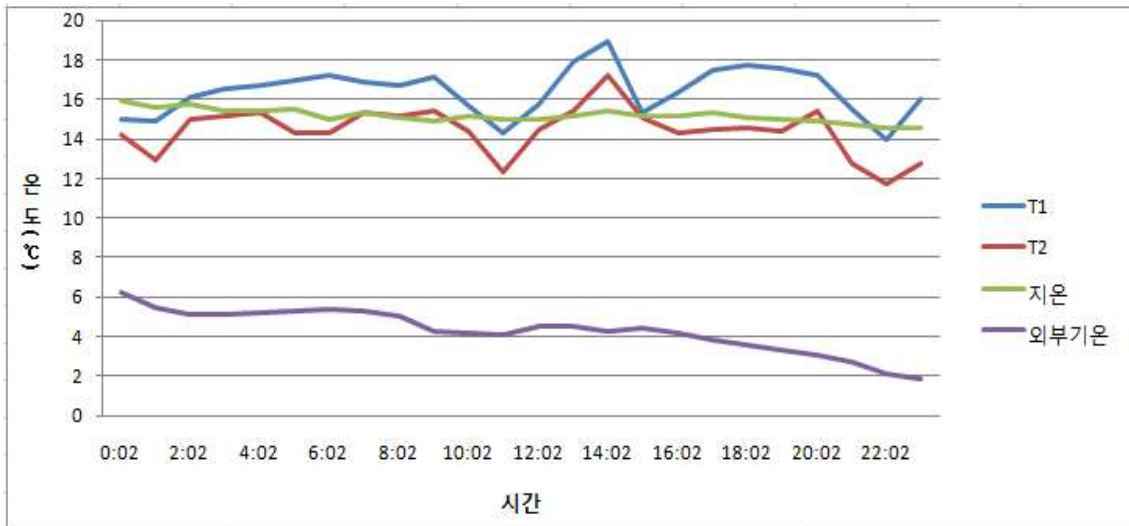


그림 2-51. 각 센서 측정 온도 (3월 1일, 2010)

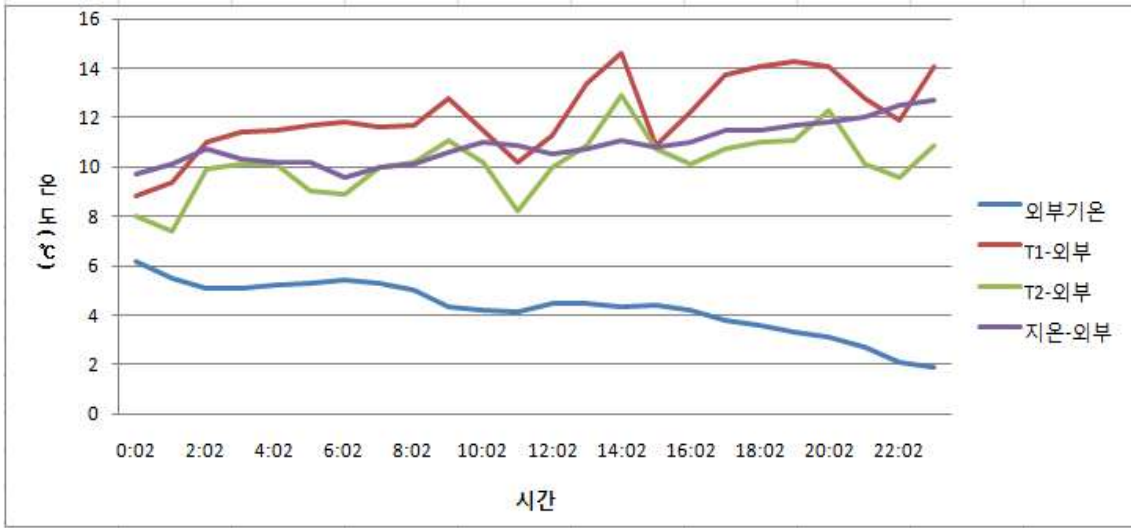


그림 2-52. 외부기온과 각 센서값의 차이(3월 1일, 2010)

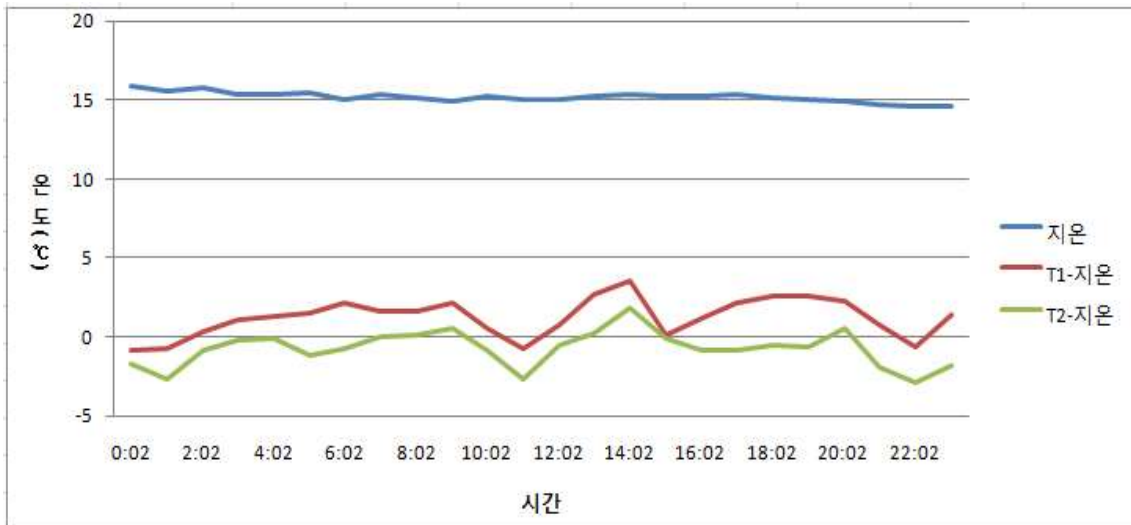


그림 2-53. 지온과 T1, T2의 차이(3월 1일, 2010)

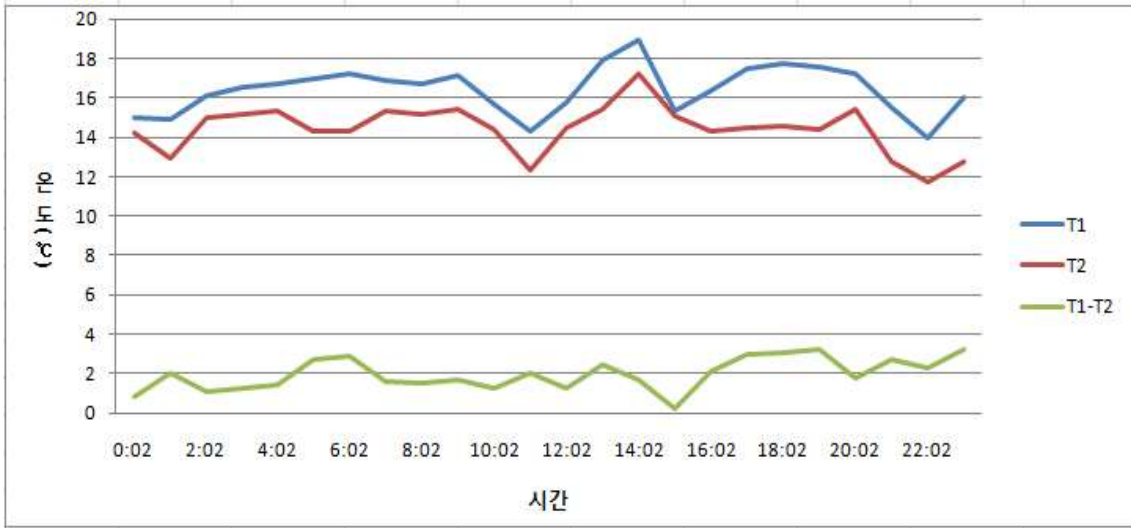


그림 2-54. T1과 T2의 차이(3월 1일, 2010)

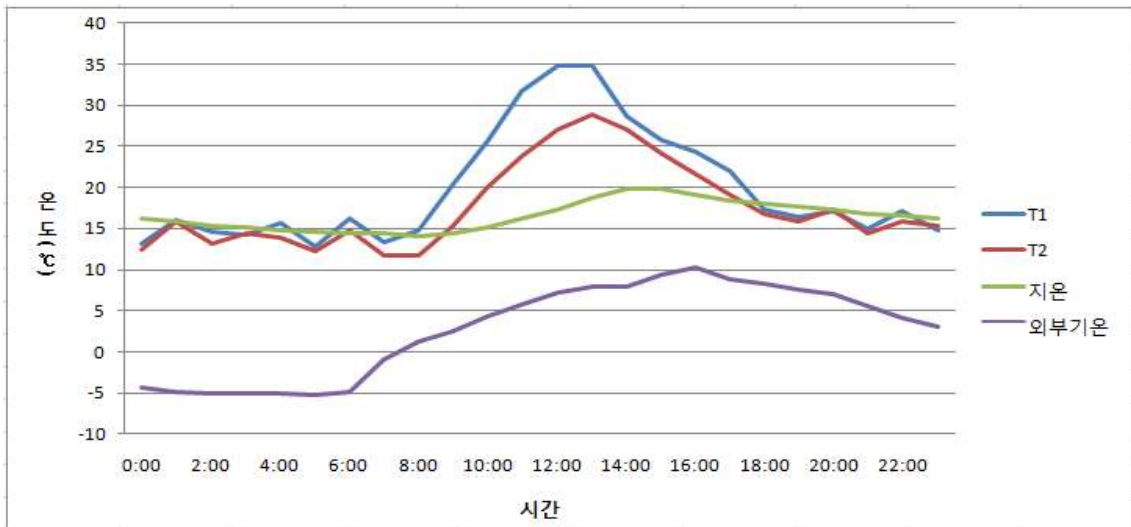


그림 2-55. 각 센서 측정 온도 (3월 19일, 2010)

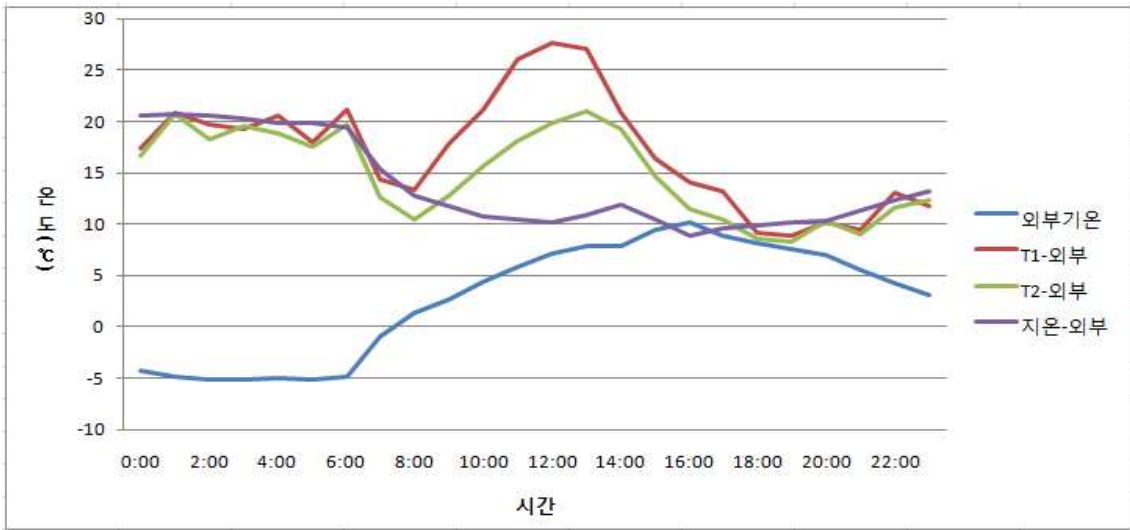


그림 2-56. 외부기온과 각 센서값의 차이(3월 19일, 2010)

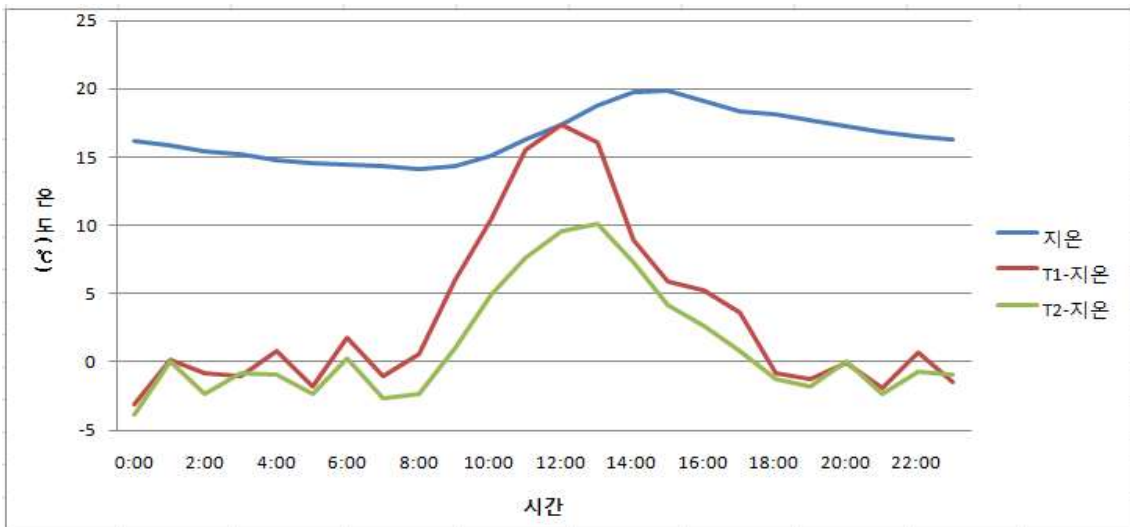


그림 2-57. 지온과 T1, T2의 차이(3월 19일, 2010)

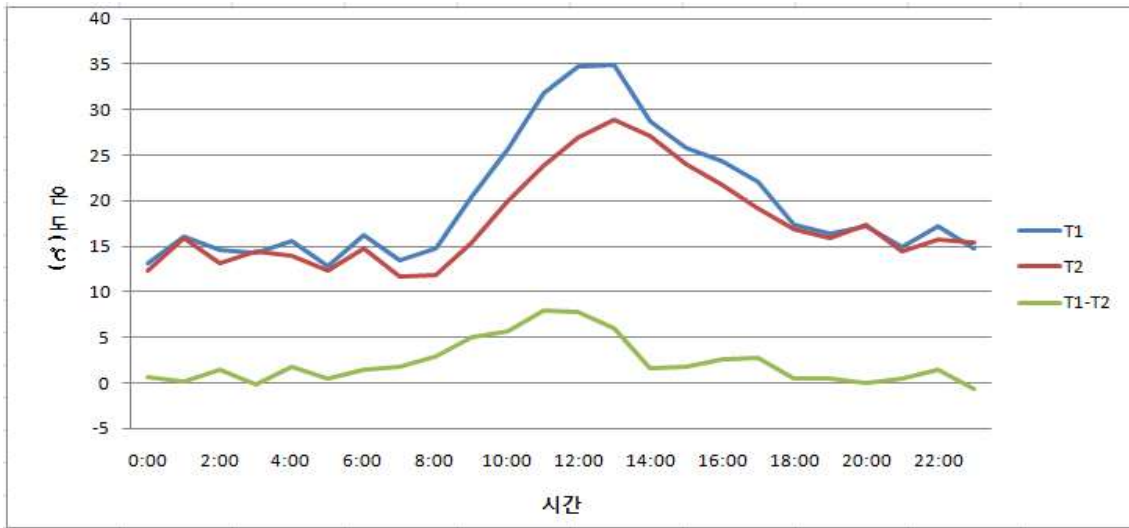


그림 2-58. T1과 T2의 차이(3월 19일, 2010).

위의 그래프(그림 2-51 ~ 2-58)에서와 같이 센서 설치 위치의 높이 변화에 대해서는 약간의 차이가 있었다. 이는 동절기 온풍기가 작동될 시에 센서 높이에 대한 하우스 내부의 공기대류에 의한 것이라 할 수 있다.

(라) 요약 및 결론

본 연구에서는 온실하우스 내에서 국화 재배를 위한 온도 센서 최적 위치 결정을 위한 연구였으며, 온도센서의 위치를 바꿔가며 측정하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 온도센서의 설치 높이가 같을 시에는 측정값이 거의 비슷하게 나왔다. 온풍기 작동시에도 공기대류의 영향도 동일하게 작용했다.
- 2) 온도센서의 설치 높이가 다를 시에는 약간의 차이가 있었다. 설치 위치가 다르기 때문에 그만큼 공기대류에 대한 영향도 차이가 있었음을 알 수 있다.
- 3) 온도 센서의 수가 증가하면 온실 내의 온도 분포를 포함 보다 정확한 온도 제어가 가능하나 이 또한 비용의 상승을 유발하므로 온실 하나당 1개의 온도 센서를 이용하여 제어하는 것이 바람직하다고 할 수 있겠다.
- 4) 온도 센서의 위치는 온실의 정중앙이 온실의 온도를 대표한다고 할 수 있고 높이는 지상으로부터 170 cm 떨어진 곳이 온실 내부의 두상 관수 및 국화 등으로 인한 간섭을 안 받는 최적의 장소로 판명 되었다.

(3) 토양 수분센서 및 텐시오미터

(가) 국화의 관수방법 및 연구목적

국화의 일반적인 관수방법은 스프링시스템에 의한 두상관수나 점적을 통한 하부관수라 할수 있다. 관수에는 다음의 두 가지 방법을 사용하는데 초기관수(초기 3주)는 두상관수를 실시 후 점적사용하며 이후에는 두 가지 모두 사용한다. 하지만 이 방법들은 국화의 종류, 발육단계, 토양의 성질, 관수시기, 관수량, 토양의 함수량에 따라 최적의 관리법이아니라 통상적인 방법을 사용하여 관수를 하는 방법이다. 따라서 세심한 수분 조절을 하기위해서 올바른 수분관리가 필요하다. 작물에 있어 자연적인 수분공급이 불가능하고 인위적으로 작물생육에 필요한 수분을 공급해야하는 시설원예에서는 그 중요성이 더욱 부각되고 있다. 시설재배에 있어서 수분관리는 증수, 품질향상 및 노력절감 등의 관점에서 매우 중요하다. 시설원예에서는 작물이 받는 수분 스트레스를 최소화하고 적정의 관수량 및 관수개시점을 결정하고 이를 합리적으로 관리 할 수 있는 방안이 필요하다(Woo 등, 2000). 수분함량이 감소하였을 때 국화의 생체중과 건물중이 감소하여(Kiehl 등, 1992; Spormer 등 1975) 국화의 생장에 영향을 미쳐 수분함량이 적은 것 보다 어느 일정한수준의 양을 관수하는 것이 좋고 그리고 카네이션에서도 수분스트레스가 0일 때 생산량이 가장 많다고 하였다(Hanan 등, 1969).

국화는 재배 시 토양의 수분관리 기준이 없고, 관행적인 관리 또는 재배농민들의 경험에 의하여 관리를 함으로서 수시로 관리를 해야 한다. 하지만 이에 대한 기준이 없으므로 수분센서를 이용하여 토양수분이 개화 및 절화품질에 미치는 영향을 알아보고 이에 따른 적절한 관수시기와 관수량을 알아내어 그 결과를 알아내는 것이 본 연구의 목적이다.

1) 문헌 리뷰

박동금 등(2000)은 토양수분조건이 시설재배 참외의 수량과 품질에 미치는 영향을 연구하였다. 이 연구는 참외의 반촉성 시설재배에 있어서 수량과 품질을 향상시킬 수 있는 적정 토양수분 관리방법을 구명하기 위한 것으로 플라스틱 하우스 온실 내에 일정 간격으로 참외를 정식하고 관수 방법은 점적관수로 하였다. 토심 10 cm에 Tensiometer를 설치하여 토양수분 함량을 달리 함에 따라 참외의 과중과 당도의 변화를 분석한 결과 반촉성 시설재배시의 적정 관수점은 -30 kPa이 적당하다고 발표하였다.

김영봉 등(2000)은 토양수분함량이 토마토의 품질과 수량의 미치는 영향을 연구하였다. 이 연구는 토마토재배에서 토양수분 조건이 토마토의 안정생산에 미치는 영

향을 검토한 것으로 Tensiometer로 토양장력을 측정하여 압력이 각각 -16 kPa, -32 kPa, -50 kPa에 도달하면 일정수분을 관수한다. 각각의 토양수분 함량에 따른 토마토의 과중, 상품과율 및 수량을 분석한 결과 토마토의 안정생산을 위한 토양수분은 봄재배는 -16 kPa 겨울재배는 -50 kPa이 적당하다고 발표하였다. 이 연구들은 Tensiometer를 이용해 토양수분 함량을 측정하여 각각의 토양수분 함량이 작물의 생육상태와 작물에 미치는 영향을 연구하였다.

이한철 등(2008)은 멜론 관비재배시 고품질 과실생산을 위한 관수량조절을 연구하여 멜론의 관비재배시 고품질 과실을 생산하기 위해 과실 대기 이후 관수시점을 설정하여 실험하였다. 결과로는 멜론의 관비재배시 개화 후부터 과실비대기까지는 관수개시점을 -15~20 kPa으로 설정하여 과실의 비대에 수분이 부족하지 않게 관리하고 과실비대기 이후에는 관수량을 줄여 -45~50 kPa로 관리하면 당도가 높은 과실을 생산할 수 있을 것으로 판단된다고 하였다.

유덕근 등(2004)는 관수 및 pH에 따른 국화 '수방력'의 성장 및 개화반응을 연구하여 국화 '수방력'의 발근된 삽수를 직경 15cm인 화분에 정식하여 관수시 물의 pH와 관수량에 따른 성장과 개화반응을 연구한 결과는 물의 pH는 단일처리 전후6-7 정도로 관리하고, 토양수분은 단일 처리전인 생장기에는 2일 1회, 단일처리 후에는 1일 1회 또는 1일 2회로 관수하는 것이 고품질 절화생산에 바람직하다고 하였다.

(나) 실험장치의 구성

본 실험에서는 토양수분의 측정을 위해 두 가지 토양수분장력계와 FDR센서를 이용하였다. 각 센서별 규격 및 특징은 다음과 같다.

1) 토양수분장력계(Tensiometer)

Tensiometer는 식물이 토양속의 수분을 흡입하는데 필요한 힘을 압력을 이용하여 측정하는 장치로서 압력센서의 출력으로 토양수분 이동특성을 파악하여 토양수분을 알고 관수시기를 정하는데 사용한다. 그림 2-59에 나타난 것처럼 한스시스템의 센서를 사용하였다. 압력센서에서 출력된 데이터 값을 데이터수집기에 센서를 연결하여 토양수분장력을 측정할 수 있다. 측정된 데이터 값을 소프트웨어로 간단하게 kPa, pF값으로 변환이 가능하며 텐시오미터의 규격을 표 2-14에 나타내었다.



그림 2-59. Tensiometer tested in the experiment

표 2-14. Tensiometer specification

항목	규격
수감부	DIK3160-11/DIK3160-13
텐시오미터 컵	φ18 mm 90 mm
전체크기	φ18 mm (매설깊이+12cm)
정격 압력범위	0 ~ -100 kpa
입력채널	1채널
측정범위	±50.00 mV/±500.0 mV/±5.00 V/±50.00 V
정밀도	±0.5% reading. ±5dgt
기록간격	1/2/5/10/15/20/30초, 1/2/5/10/15/20/30/60분

2) FDR 토양수분함량센서

토양수분함량센서는 Frequency Domain Reflectometry (FDR) 형태의 Decagon(USA)에서 제작한 ECH₂O EC-5 Moisture센서를 이용했다. FDR 센서는 전 기용량(Capacitance)를 이용한 방법으로 공명 진동수의 변화를 측정하며 발진기로

불리는 전자회로에 의해 반복적인 과장을 생성한다. 사인파형태가 일반적인 과장이며 다른 형태로는 삼각파나 바늘형태의 침파, 사각파 등이 있다(Evett, 2002). FDR의 과장대역은 직류전원의 유도효과를 피하기 위해 100 kHz보다 커야 하며 축전판 사이의 매질을 토양으로 하고 토양수분 함량에 따라 변화하는 주파수의 변화를 탐지하도록 되어 있다. FDR 센서는 탐침형태, 실린더형태 이거나 평면형태로 되어 있는 것이 일반적이다. ECH₂O EC-5 Moisture 센서는 크기가 5 cm이며 탐침의 두 개의 probe로 되어 있으며 이 probe를 토양 내에 삽입해 수분함량을 측정하는 센서이다. 그리고 센서의 규격을 표 2-15에 나타내었다. ECH₂O EC-5 Moisture 센서를 설치할 때는 probe와 토양의 접촉면적을 최대화 하는 것이 좋고, probe를 토양 속에 삽입할 때는 probe의 검은 부분까지 흠으로 완벽하게 덮이도록 해야 한다.



그림 2-60. ECH₂O EC-5
Moisture Sensor tested in the
experiment

표 2-15 ECH₂O EC-5 Moisture Sensor specification

항목	규격
측정범위	0~100% VWC
측정타입	VWC(Volumetric Water Content) 용적 측정의 물 내 용 Mineral soil: ±3% VWC, All mineral soils ±1-2% VWC soil
정밀도	specific calibration, up to 8 dS/m Rockwool:±3% VWC, 0.5 to 8dS/m potting soil: 3% VWC, 3 to 14 dS/m
조작환경	-40℃~60℃, 0-100% RH

(다) 센서의 설치

1) 실외실험

본 실험은 실외 실험으로 '문라이트'(스프레이)와 '신마'(스탠다드) 품종을 공시하여 충청남도 농업기술원 예산국화시험장에 있는 가로 7 m, 세로 70 m 크기의 온실 하우스에서 이루어 졌다.

관수 방법은 점적관수로 오전 09시, 오후 02시 하루 매 2회 1분 동안 관수하며 관수량은 계절에 따라 다르다. 봄·가을 15 ℓ/m², 여름 20 ℓ/m², 겨울 10 ℓ/m²로 관수한다. Tensiometer와 ECH₂O EC-5 Moisture센서를 국화의 지표 아래 10cm부근에 설치하고 센서와 점적관수 핀의 위치는 12 cm 떨어지도록 하고 그림 2-61과 같이 센서를 ①과 ② 각각 설치 후 5분마다 센서 값을 측정 하였다.

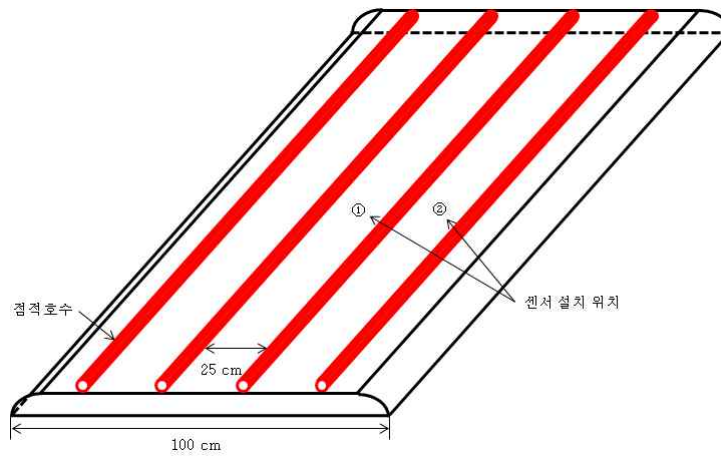


그림 2-61. 센서 설치 위치

2) 실내실험

실내 실험은 가로 78 cm, 세로 28 cm, 높이 60 cm의 크기인 Lysimeter에서 이루어졌다. 관수 방법과 관수량은 실외 실험과 최대한 유사한 환경으로 점적관수를 통하여 Lysimeter에 1.2 ℓ의 물을 10시와 15시에 관수하였다.



그림 2-62. Lysimeter

(라) 실험 결과

1) 실외실험

FDR 센서는 흙 속에 함유되어 있는 물의 양 즉 토양수분함량을 나타내는 센서로 토양 내 수분이 많을수록 센서 값이 커지고 이와 달리 tensiometer는 흙 속에 함유되어 있는 물의 에너지 정도, 즉 토양이 물을 붙잡는 힘의 정도를 나타내는 센서로 센서 값이 양의 숫자가 아닌 음의 숫자를 사용하며, 이 음의 숫자가 클수록 토양 내 수분이 적은 것이다.

그림 2-63은 위치 ①에서의 FDR 센서로 측정된 수분함량으로 관수를 한 09:00과

14:00에 수분 함량이 증가한 것을 볼 수 있다(표 2-15에 각 위치에서의 FDR 센서 값을 나타 내었음). 그림 2-65는 위치 ②에서의 FDR 센서 값으로 그림 2-63과 비교하면 센서 값이 보다 작은 것을 볼 수 있다. 그림 2-66과 2-67은 tensiometer로 위치 ①과 ②에서의 수분장력을 측정된 그래프로(표 2-13 각 위치에서의 Tensiometer 센서 값을 나타냄) 수분함량 센서 측정 시와 마찬가지로 위치 ①에서의 수분장력이 위치 ②에서의 수분장력보다 작은 것을 볼 수 있다. 그 이유는 골과 인접하여 관수된 물이 골의 경사면을 따라 흘러내려 관수된 모든 물이 토양에 흡수 되지 않기 때문이다.

그러므로 위치 ②에서의 수분함량과 수분장력은 배재하고 위치 ①에서의 수분함량과 수분장력을 바탕으로 관수시기와 관수량을 결정해야 한다.

그림 2-63와 2-64을 보면 관수를 시작한 9시에 수분함량이 02/15~17에는 21.5 %, 21.5 %, 21.7 %이고 02/18~20에는 21.4 %, 21.6 %, 21.6 %이다.

그리고 관수 후 최고 수분함량은 02/15~17에는 22.9 %, 23.1 %, 22.9%이고 02/18~20에는 22.9 %, 23.3 %, 23.4 %이다. 여기서 관수를 통해 평균 1.5 %의 수분 함량이 증가하는 것을 알 수 있다.

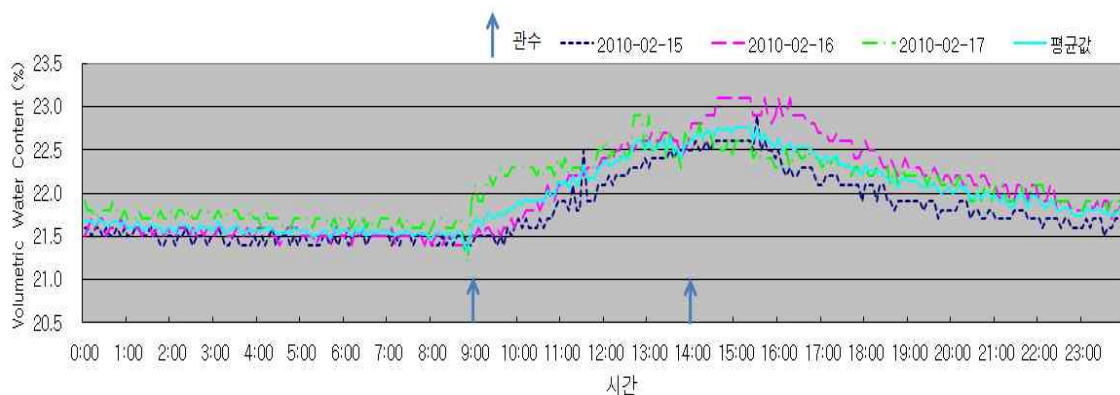


그림 2-63. 위치 ①에서의 FDR 센서 값 그래프 (1)

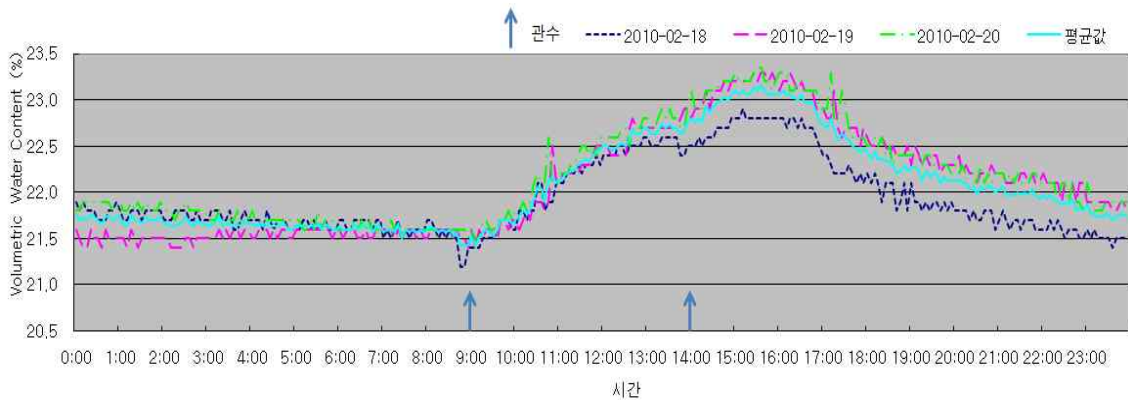


그림 2-64. 위치 ①에서의 FDR 센서 값 그래프 (2)

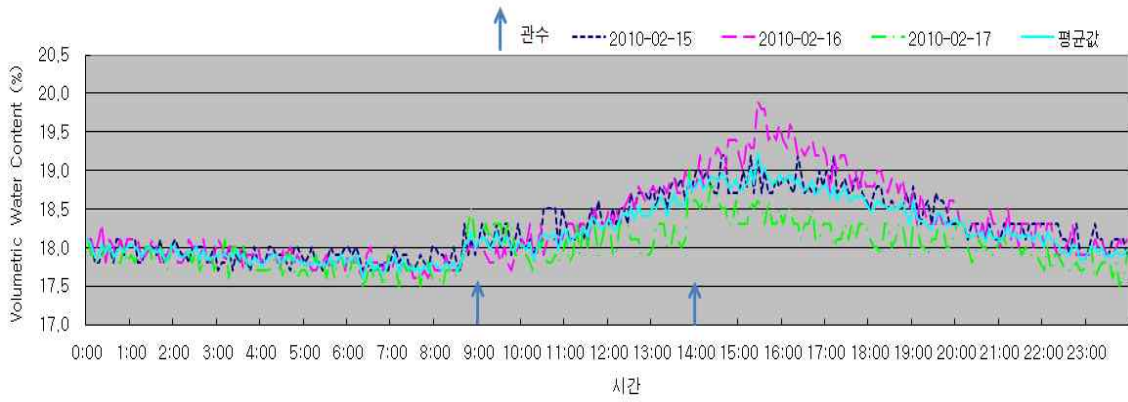


그림 2-65. 위치 ②에서의 FDR 센서 값 그래프

표 2-16. 각 위치에서의 FDR 센서 값

날짜	위치 ①에서의	위치 ②에서의	날짜	위치 ①에서의
	FDR 센서값 (%)			FDR 센서값 (%)
	(1)			(2)
02/15 00:00	21.6	18.1	02/18 00:00	21.9
02:00	21.5	18.1	02:00	21.7
04:00	21.4	17.8	04:00	21.7
06:00	21.5	18	06:00	21.7
08:00	21.4	17.9	08:00	21.7
10:00	21.7	18	10:00	21.6
12:00	22.1	18.3	12:00	22.4
14:00	22.5	19	14:00	22.5
16:00	22.5	18.9	16:00	22.8
18:00	22.1	18.5	18:00	22.2
20:00	21.8	18.3	20:00	21.8
22:00	21.7	18.3	22:00	21.6
02/16 00:00	21.5	18.1	02/19 00:00	21.6
02:00	21.5	17.9	02:00	21.5
04:00	21.6	17.8	04:00	21.5
06:00	21.5	17.9	06:00	21.6
08:00	21.4	17.7	08:00	21.5
10:00	21.7	18.1	10:00	21.7
12:00	22.4	18.5	12:00	22.5
14:00	22.8	18.8	14:00	22.8
16:00	23.1	19.4	16:00	23.1
18:00	22.6	18.8	18:00	22.6
20:00	22.1	18.5	20:00	22.3
22:00	21.9	18	22:00	22.2
02/17 00:00	21.9	18.1	02/20 00:00	21.8
02:00	21.8	18	02:00	21.8
04:00	21.7	17.7	04:00	21.8
06:00	21.7	17.6	06:00	21.6
08:00	21.6	17.6	08:00	21.6
10:00	22.3	18	10:00	21.8
12:00	22.6	18.3	12:00	22.6
14:00	22.6	18.6	14:00	23.1
16:00	22.3	18.3	16:00	23.3
18:00	22.3	18.1	18:00	22.5
20:00	22.1	18.3	20:00	22.3
22:00	22.1	17.7	22:00	22.1

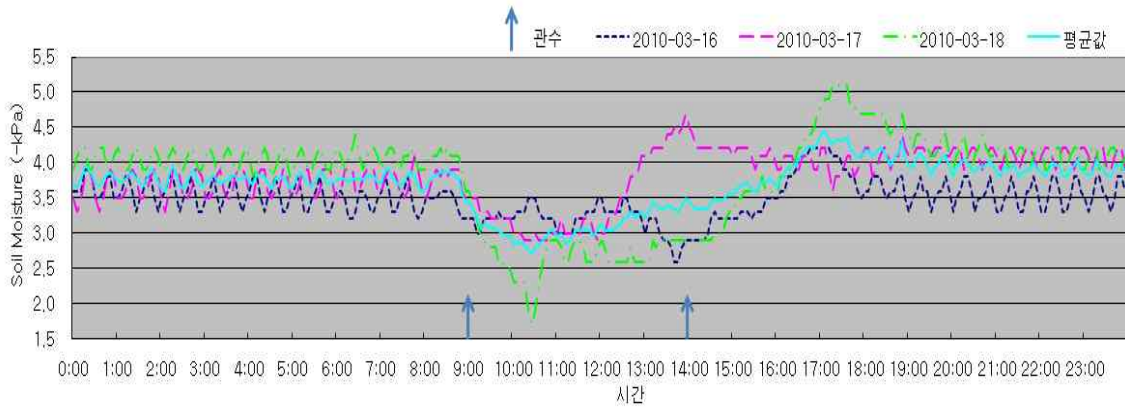


그림 2-66. 위치 ①에서의 Tensiometer 센서 값 그래프

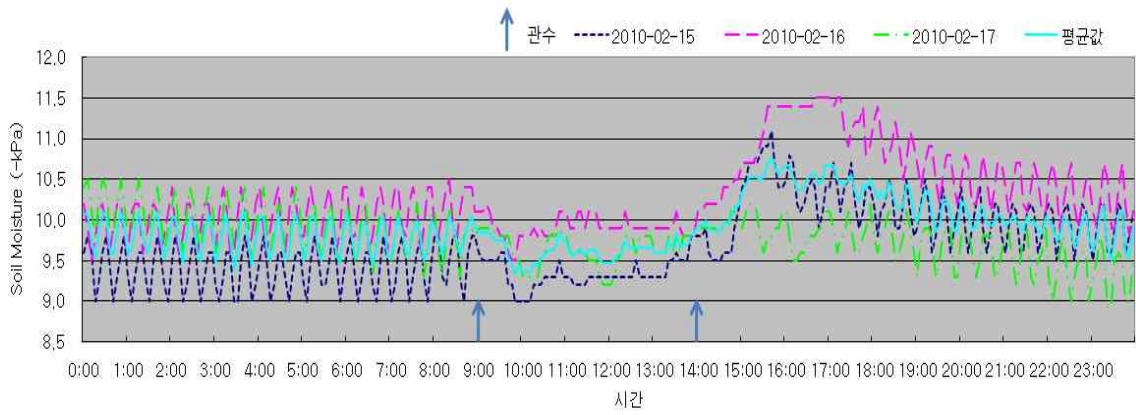


그림 2-67. 위치 ②에서의 Tensiometer 센서 값 그래프

표 2-17. 각 위치에서의 Tensiometer센서 값

위치 ①에서의		위치 ②에서의	
날짜	Tensiometer 센서값(-kPa)	날짜	Tensiometer 센서값(-kPa)
03/16 00:00	3.6	02/15 00:00	9.6
02:00	3.5	02:00	9.5
04:00	3.6	04:00	9.5
06:00	3.6	06:00	9.6
08:00	3.5	08:00	9.8
10:00	3.2	10:00	9
12:00	3.5	12:00	9.3
14:00	2.9	14:00	9.8
16:00	3.5	16:00	10.5
18:00	3.6	18:00	10.2
20:00	3.3	20:00	10.4
22:00	3.3	22:00	10.2
03/17 00:00	3.5	02/16 00:00	10.2
02:00	3.5	02:00	10.4
04:00	3.5	04:00	10.4
06:00	3.5	06:00	10.4
08:00	3.5	08:00	9.9
10:00	3	10:00	9.8
12:00	3	12:00	9.9
14:00	4.5	14:00	10.1
16:00	3.9	16:00	11.4
18:00	4.2	18:00	11.2
20:00	4.2	20:00	10.5
22:00	4.1	22:00	10.5
03/18 00:00	3.9	02/17 00:00	10.4
02:00	3.9	02:00	10.2
04:00	4.1	04:00	10.2
06:00	4.2	06:00	10.2
08:00	3.9	08:00	10.1
10:00	2.3	10:00	9.3
12:00	2.9	12:00	9.2
14:00	2.9	14:00	9.9
16:00	3.6	16:00	10.1
18:00	4.7	18:00	9.8
20:00	3.9	20:00	9.8
22:00	4.2	22:00	9.3

2) 실내실험

실내 실험은 Lysimeter를 이용하여 실시 하였고 토양만 있는 상태 및 국화를 심

은 상태 두 가지로 나뉘어서 실험을 실시하였다. 국화를 심은 상태에서의 실내실험 FDR 센서 와 Tensiometer 센서의 결과를 그림 2-68 과 2-69에 각각 나타 내었다. FDR 센서의 경우(실내실험 FDR 센서 값 및 Tensiometer 센서 값을 각각 표 2-17 및 2-18에 나타냄)는 그림 2-68과 같이 관수한 10:00, 15:00에 수분함량이 증가하는 것을 볼 수 있다. 앞에서 언급한 실외실험 결과 그림 2-63, 64를 보면 관수를 한 09:00부터 수분함량이 계속 증가하고 14:00에 두 번째 관수에서 수분함량이 각각 22.77 %, 19.23 %로 최고점에 도달하는 것을 볼 수 있다. 하지만 실내실험 결과 그림 2-68을 보면 첫 번째 관수한 10:00에 수분함량이 23.75 %까지 급격히 증가하다 두 번째 관수 전까지 서서히 감소하다 두 번째 관수를 하면 수분함량이 24.65 %까지 다시 증가하는 것을 볼 수 있다. 이렇게 실외실험과 실내실험결과의 차이가 나타나는 이유는 실내실험에 사용한 토양이 실외실험에 사용된 토양보다 물 빠짐이 좋기 때문이라고 추정된다.

실내 실험의 경우 각 요일 마다 편차가 크게 나왔는데 이는 초기 라이시미터 내 토양의 함수량이 영향을 미쳐서 나타난 결과라고 할 수 있겠다.

가) 국화가 심어져 있는 경우

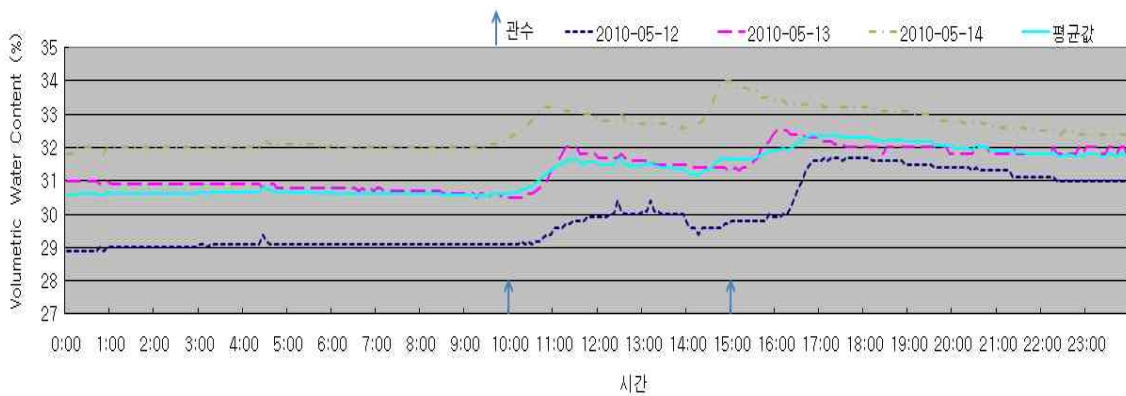


그림 2-68. FDR 센서 값 그래프

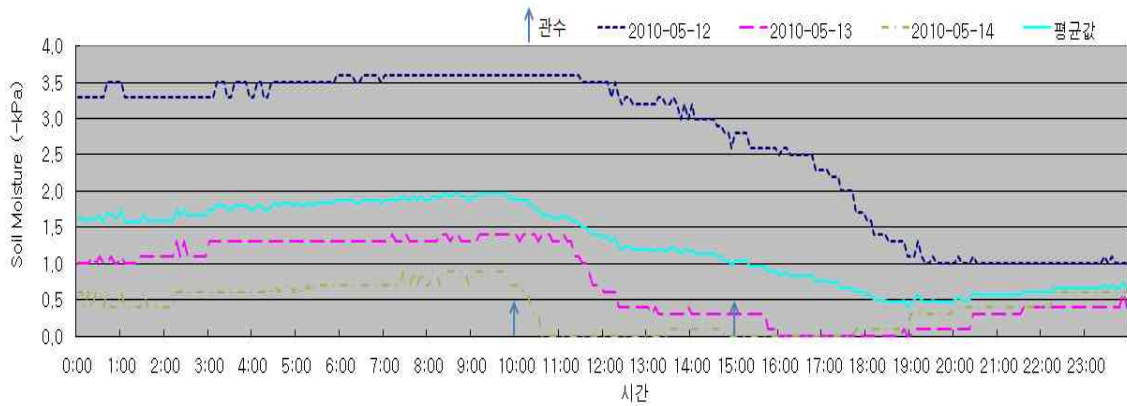


그림 2-69. Tensiometer 센서 값 그래프

표 2-18. 실내실험 FDR 센서 값

날짜	FDR 센서값 (%)	날짜	FDR 센서값 (%)	날짜	FDR 센서값 (%)
05/12 00:00	28.9	05/13 00:00	31	05/14 00:00	31.8
02:00	29	02:00	30.9	02:00	32
04:00	29.1	04:00	30.9	04:00	32
06:00	29.1	06:00	30.8	06:00	32.1
08:00	29.1	08:00	30.7	08:00	32
10:00	29.1	10:00	30.5	10:00	32.3
12:00	29.9	12:00	31.7	12:00	32.8
14:00	29.7	14:00	31.5	14:00	32.6
16:00	29.9	16:00	32.5	16:00	33.4
18:00	31.7	18:00	32	18:00	33.2
20:00	31.4	20:00	31.8	20:00	32.8
22:00	31	22:00	31.8	22:00	32.5

표 2-19. 실내실험 Tensiometer 센서 값

Tensiometer		Tensiometer		Tensiometer	
날짜	센서값 (-kPa)	날짜	센서값 (-kPa)	날짜	센서값 (-kPa)
05/12 00:00	3.3	05/13 00:00	1	05/14 00:00	0.6
02:00	3.3	02:00	1.1	02:00	0.4
04:00	3.3	04:00	1.3	04:00	0.6
06:00	3.6	06:00	1.3	06:00	0.7
08:00	3.6	08:00	1.3	08:00	0.7
10:00	3.6	10:00	1.4	10:00	0.7
12:00	3.5	12:00	0.6	12:00	0
14:00	3.2	14:00	0.3	14:00	0.1
16:00	2.5	16:00	0	16:00	0
18:00	1.6	18:00	0	18:00	0.1
20:00	1	20:00	0.1	20:00	0.4
22:00	1	22:00	0.4	22:00	0.4

나) 국화 없이 토양상태에서의 실내 실험

국화 없이 토양의 실내실험 FDR 센서와 Tensiometer 센서의 결과를 그림 2-70과 2-71에 각각 나타내었다. FDR 센서의 경우(실내실험 FDR 센서 값 및 Tensiometer 센서 값을 각각 표 2-20 및 2-21에 나타냄)는 국화를 심은 상태에서의 실내 실험과 같이 그림 2-70을 보면 첫 번째 10:00에 관수 하였을 때 수분함량이 약 23.75 %까지 급격히 증가하다 두 번째 관수 전까지 서서히 감소하다 두 번째 관수를 하면 수분함량이 약 24.65 %까지 다시 증가하는 것을 볼 수 있다. 이 또한 앞에서 설명한 토양의 물 빠짐과 같은 이유로 추정된다.

국화가 없을 때 수분함량 변화량이 더 많은 것을 그림 2-68과 2-70을 비교해 보면 알 수 있다. 이는 국화 뿌리가 토양의 수분배출을 저지하는 것으로 해석 할 수 있다.

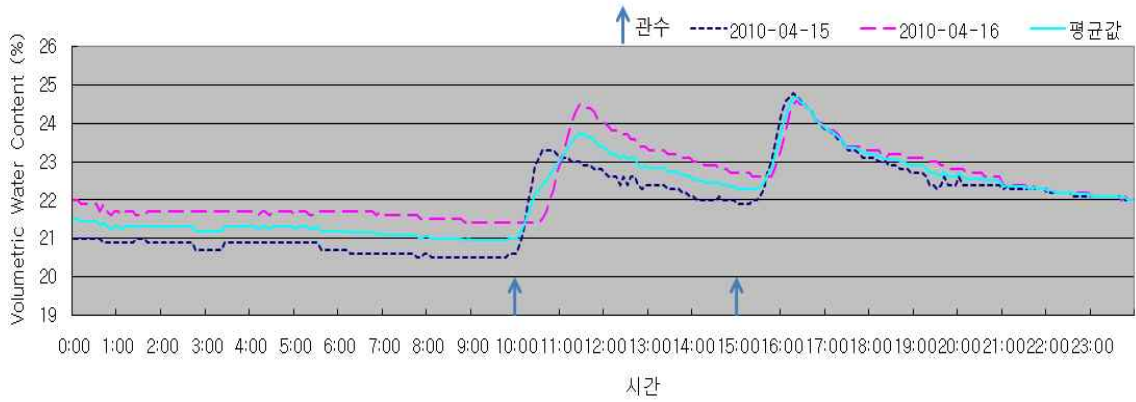


그림 2-70. FDR 센서 값 그래프

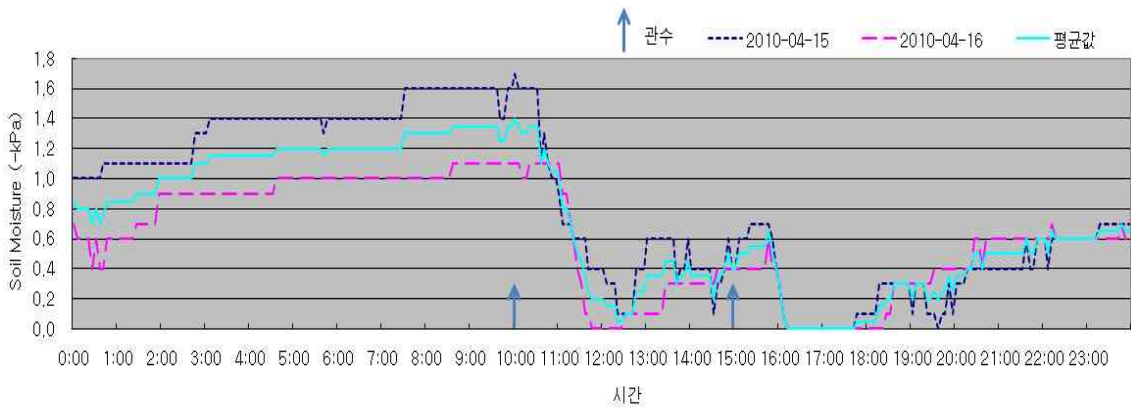


그림 2-71. Tensiometer 센서 값 그래프

표 2-20. FDR 센서 값

FDR		FDR	
날짜	센서값	날짜	센서값
(%)		(%)	
04/15 00:00	21	04/16 00:00	22
02:00	20.9	02:00	21.7
04:00	20.9	04:00	21.7
06:00	20.7	06:00	21.7
08:00	20.6	08:00	21.5
10:00	20.6	10:00	21.4
12:00	22.7	12:00	24
14:00	22.1	14:00	23
16:00	24.3	16:00	23.4
18:00	23.1	18:00	23.3
20:00	22.6	20:00	22.8
22:00	22.2	22:00	22.3

표 2-21. Tensiometer 센서 값

Tensiometer		Tensiometer	
날짜	센서값 (-kPa)	날짜	센서값 (-kPa)
04/15 00:00	1	04/16 00:00	0.7
02:00	1.1	02:00	0.9
04:00	1.4	04:00	0.9
06:00	1.4	06:00	1
08:00	1.6	08:00	1
10:00	1.7	10:00	1.1
12:00	0.4	12:00	0
14:00	0.4	14:00	0.3
16:00	0.3	16:00	0.3
18:00	0.1	18:00	0
20:00	0.3	20:00	0.4
22:00	0.6	22:00	0.6

(마) 요약 및 결론

국화의 관수시기와 관수량을 결정하기 위해 예산 국화 시험장의 09시 및 14시 관수에 대한 수분 함량 값을 측정하였고 결과는 다음과 같다.

1) 예산 국화 시험장 온실에서 09시 및 14시에 관수시의 수분함량 값을 FDR 수분함량 센서 및 Tensiometer를 이용하여 측정하였다.

2) 원거리인 예산 국화 시험장에 설치된 센서로부터 측정된 센서의 값을 젤필드 무선 통신 시스템을 이용하여 수집하였고 그 데이터를 CDMA를 이용하는 휴대폰으로 충북대학교에서 모니터 할 수 있었다.

3) 수분 함량 실험의 측정결과 관수 시기는 센서의 설치 위치에 영향을 받지만 이번 실험 결과를 바탕으로 위치 ①에서 FDR 값이 21.5% 일 때 관수를 시작해서 22.5% 에 이를 때까지 관수 하는 것이 적당하다고 보며 Tensiometer의 경우 수분함량 값이 측정시에 불균일하게 나타난 것으로 보아 측정 주기를 짧게 하였을 경우 국화 재배용 수분 함량 측정에는 적합하지 않은 것으로 판명이 되었다.

4) 무선센서네트워크를 이용하여 핸드폰 단말기를 통해 국화의 수분정보를 수신 받아 국화의 수분정보를 정확히 모니터링 하고 FDR 토양수분센서를 이용하여 국화의 수분관리를 할 수 있으며 이에 따라 국화의 올바른 관수를 할 수 있을 것이라 생각되며 고품질 국화의 생산에도 기여를 할 것으로 보인다.

나. 데이터 송/수신 성능시험

앞에서 제시한 그래프의 값들은 국화 시험장(예산)에 무선 센서 네트워크 모듈을 두 개 설치한 후 충북대학교에서 각 센서의 데이터 값을 CDMA로 확인 한 결과 이무로 현장 실제 배치 시 응답성은 매우 좋다고 할 수 있다. 또한 데이터의 안정성 측면에서 볼 때 CDMA 기술을 이용한 일반 휴대폰과 같은 안정성을 갖는다고 할 수 있다.

앞 절에서의 실험결과를 토대로 무선 센서 네트워크의 측정 주기, 센서 수, 거리별 응답성 및 안정성 또한 CDMA 기술을 이용한 휴대폰 성능에 별 영향을 받지 않는 것으로 판명 되었다.

다. 무선 센서 네트워크 문제점 보완

• 무선 센서 네트워크 모듈의 문제점으로는

첫째, 젤필드 모듈에 각각의 센서가 유선으로 연결된 것으로 각각의 센서가 모듈의 위치에 따라 제한을 받는 다는 것 이다.

둘째, 센서가 유선으로 모듈에 연결 되어 있어서 작업자의 주의를 필요로 한다는 것이다. 실제로 예산 국화 시험장에서 모듈을 2개 설치 수분함량센서, 텐시오미터, 온/습도 센서, 지온센서 각각 2개씩 설치해서 운영하다 작업인의 실수로 센서가 파손된 경험이 있다.

셋째, 부식에 대한 위험이 있다. 수분센서나 텐시오미터, 지온센서 등은 부식의 위험이 적으나 젤필드 센서 모듈 및 온/습도 센서는 실내에 노출 되어 있어서 농약이나 지상 관수시 수분에 노출이 되므로 부식의 위험이 있다고 하겠다.

이들 문제점의 개선 방안으로는 첫 번째 경우 센서 설치 시 위치를 실험을 통해서 알아낸 각 센서 값을 대표적으로 나타내는 곳에 설치하며 그 거리를 모듈까지 최소화 한다. 둘째로 센서 연결선의 색을 검정색이 아닌 눈에 잘 띄는 색으로, 예를 들어 형광이나 원색 계통의 색, 표시를 하여서 작업자로 하여금 눈에 잘 띄게 해서 파손을 막는다. 셋째, 부식방지를 위해서 젤필드 모듈은 커버를 단았을 시 고무재질의 실이 있어서 수분에 강하지만 온습도 센서는 특성상 실내 중앙에 위치하게 되어서 두상관수 및 농약 살포시 노출이 되므로 플라스틱 캡을 만들어서 위로부터의 수분을 막는 시스템이 필요하다.

이상의 정보를 표로 나타내면 다음과 같다.

표 2-22. 무선 센서 네트워크 문제점 및 보완 방법

	문제점	보완방법	기타
센서 설치 제한	젤필드 모듈에 선으로 연결되어야 함으로 선의 길이에 따라서 센서의 위치가 제한 받음	실험을 통해서 최적의 위치를 파악한후 모듈과 센서의 거리에 맞게 선을 공급함	
센서 연결 와이어	센서가 유선으로 모듈에 연결되어 있어서 작업자의 주의를 필요로 한다는 것이다	기존의 검정색 선을 형광이나 원색 계통의 색으로 변경	
센서부 부식	온/습도 센서는 실내에 노출 되어 있어서 농약이나 지상 관수시 수분에 노출	플라스틱 및 비닐 형태의 캡 제작	비용 추가 발생

라. 신뢰성, 현장 적응성 평가

- 오작동/통신장애 평가 및 신뢰성 확보방안 보완

무선센서 네트워크 모듈의 오작동/통신장애는 일반 CDMA 핸드폰과 같은 수준으로 이는 무선 센서 네트워크 설계시 고려했던 사항으로 우리나라에서 운영 중인 대표적인 3개의 통신사 SKT, KT 및 LG이동 통신의 오작동/통신장애 평가와 같다.

실제로 센서모듈을 예산 국화 시험장에 설치하고 그 데이터를 매 5분, 10분, 15분 및 길게는 30분 간격으로 충북대학교가 위치한 청주에서 데이터를 받아본 결과 오작동/통신 장애가 없었다. 따라서 CDMA를 이용한 무선 센서 네트워크 모듈의 경우 통신상의 오작동으로 인한 피해는 발생하지 않을 것이라고 본다. 다만 센서가 모듈에 유선으로 연결되어 있고 온습도 센서의 경우 센서 부위가 직접 수분 및 농약과 같은 액체에 노출이 될 경우 부식으로 인한 고장이 보고 된 바 있어서 앞절에서 기술한 플라스틱 내지는 비닐 캡을 적용할 경우 센서 자체의 오작동을 방지 하면 무선 센서 네트워크의 신뢰도는 향상 될 것으로 본다.

마. 보급형 사양 확정, 단순화, 옵션화, 사업화 준비

이상으로 무선 센서 네트워크의 모듈(각 환경제어용 센서 및 통신장치)을 확정하고 실험을 통해서 데이터 획득의 가능성 및 신뢰도 측면까지 알아본 이후 고려할 문제로 이 모듈을 시장에 선보이고 농민들로 하여금 각자의 온실에 적용하게끔 하려면 우선 고려되어야 할 사항이 경제적인 측면 즉 가격이라 할 수 있겠다.

각각의 환경에 맞는 보급형 사양의 경우 다음과 같이 표 2-23에 나타냈다.

표 2-23. 무선센서 네트워크 보급형 사양 및 옵션

		제품명	보급형(기본형)	옵 션
센서부	지 상 부 센 서	광센서(웹카메라)	○	
		온습도센서	○	
	지 하 부 센 서	지온센서		○
		토양수분 센서(EC센서)		○
		텐시오미터(토양수분장력)	○	
CDMA 모듈	Z-Field	송신부	○	○
		수신부	○	

표에서 나타낸 것처럼 기본적으로 광을 제어(차단 및 보광)하기 위해 웹 카메라를 이용 하였고, 온실 내부의 온습도를 측정하기 위해 온습도 센서를 지상부 센서로 하였고 지하부 센서에서 토양의 수분 함량을 측정하기 위해 토양 수분 장력계를 기본으로 하였다. CDMA 모듈의 경우 센서로부터 데이터를 받아 송신하는 CDMA 모듈과 그 데이터를 저장 및 농민의 CDMA로 보내주는 수신부 모듈 두가지를 기본형으로 정하였다. 온실의 사이즈에 따라 센서의 수 및 송신부의 수를 늘릴수 있도록 옵션화 하였으며 향후 특정 양분의 제어를 위해 EC센서를 옵션화 함으로써 센서의 개수를 제어 환경에 맞게 옵션화 하여 적용 할 수 있도록 하였다.

제 3 절 국화 생육단계별 최적 제어기준 설정 및 통합 시스템 효과검증

1. 서언

국민 소득이 증가함에 따라 원예작물에 대한 수요가 증가하여 계절에 상관없이 소비가 연중 유지되고 있다. 이러한 수요에 맞추기 위하여 원예농가들은 주년 연중 생산을 위하여 시설재배를 하는 농가가 늘고 있다. 화훼도 마찬가지이다. 화훼 재배 시설에 대한 비율을 보면 총 화훼 재배면적 7,149ha 중 시설재배가 3,207ha로 45%를 차지하고 있다. 이 시설재배의 시설별 구성을 보면 철과이프가 85%로 가장 많이 차지하고 다음으로 철과이프, 목죽재, 철골유리 순이다. 이러한 시설재배면적의 지속적인 증가에 따라서 시설재배 환경관리에 필요한 기술과 기기개발에 대한 요구가 높아지고 있다. 본 연구를 위하여 선택한 국화의 경우도 마찬가지이다. 국화는 화훼류중 재배면적이 큰 작목으로 전체 화훼 재배면적의 10%를 차지하며 연중 수요가 고르게 분포되어 있어 연중생산에 위한 시설재배가 많은 비중을 차지하고 있다. 시설재배의 규모화를 위해서는 자동화 및 원격조정 장치가 필요하다. 대규모 시설재배를 관리하기 위해서는 인건비가 비싸기 때문에 인력을 자동화 기기로 대체하는 전략이 필요하다. 실제로 이러한 인력을 대체하는 기기 및 장비가 많이 개발되고 있으며 해외로 부터의 수입이 되고 있다. 하지만 농가의 경제적 부담을 줄이기 위해서는 수입보다는 우리나라에서 자체적으로 개발한 기술을 적용하는 것이 급선무다.

국화의 경우 고품질의 상품을 생산하기 위해서는 적합한 작물환경을 인지한 후 이에맞는 관측장비를 설치하여 재배하는 것이 관건이다. 국화는 온습도, 토양환경과 조도에 민감한 작물이다. 본 시험도 시설환경에 사용되는 기기와 장비를 개발하기 위하여 작물의 정확한 적합 생육환경을 조사 연구하는 것이다. 특히 농장 경영주가 넓은 재배환경의 관리를 위하여 실시간으로 시설재배 상황을 인지할 수 있도록 하는 원격정보제공시스템을 실증하기 위한 시험도 하였다. 시설재배 환경은 신속하게 경영주에게 문제점이 제공되어 해결되어야 피해를 최소화할 수 있다. 이것은 현대 통신방식인 CDMA의 방식을 응용한 것으로 경영주가 어디에 있어도 정보제공이 가능하다. 그리고 휴대폰 수신을 설정하면 정기적으로 하우스 내 온습도, 토양의 EC, 상대습도를 어디에 있든 간에 알 수 있다. 본 시험을 위하여 국화 중 스탠다드는 신마, 스프레이는 문라이트를 공시하였다. 이 연구를 크게 세가지로 나누어 실시하였다. 첫 번째 적정 양액농도 구명을 위한 시험이다. 생육초기와 후기로 나누어 양액을 달리 관주하는 처리를 하여 실시하였다. 두 번째는 적정 재식거리 구명을 위한 시험을 수행하였다. 이시험을 위하여 12cm×12cm네트를 활용하였다. 여기에 조방적으로 재배하는 것이 유리한지 조밀하게 재배하는게 유리한지를 시험하기 위하여 실시하였다. 생육단계별 생육조사를 실시하였고, 근권의 토양환경을 분석하였다.

2. 연구사

국화는 고품질 상품을 생산하기 위하여 적절한 환경 제어기술이 필요하다. 이러한 이유 때문에 국화의 최적 환경 조건에 대한 연구가 여러 가지 방법으로 수행되었다.

국화의 품종은 야간온도의 고저에 따라 개화의 소요일수가 달라지고 그 결과 세 가지 유형으로 분류할 수 있다. 이 세가지는 무반응형, 저온억제형, 고온억제형이다. 이와같은 경향은 감응에 민감한 품종에 적용된다. 그러나 Catray의 시험결과를 보면 10~13주 품종인 에피안스만 27℃의 어느 온도에서나 개화의 조건면 있어도 모두 꽃이 피었다. 따라서 온도는 화아의 발달 및 개화에 양적인 작용은 하지만 질적 작용은 하지 않는 것을 알 수 있다. 또한 시험온도 범위 내에서는 저온한계도 인정할 수 없었다. 또한 Heins는 국화를 주간온도와 야간온도를 달리해서 시험한 결과 필요이상의 야간의 고온도 개화지연의 원인이 된다고 보고한 바 있다. 즉 DIF가 고온에서 0 또는 음(-)의 수치가 되면 개화는 지연된다는 것이다.(홍영표, 1994)

시설재배 온도제어 현황을 보면 온실의 보온은 대부분 온실 외부에 섬피, 부직포 등을 피복하거나 온실 내부에 부직포나 트로피칼 등으로 커튼을 만들어 보온하는 방법이 사용되고 있다. 보온효과면에서는 섬피 등이 좋으나 개폐노력이 많이 들고 불편하여 비나 눈에 의한 무게 증가로 하우스의 붕괴나 피복재의 손상위험이 있어 근래에는 많이 사용되지 않고 온실 내부의 보온커튼이 일반화되고 있다. 외부피복재의 개폐는 사람이 직접 인력으로 하는 것이 대부분이나 전동기를 사용하여 권취파이프를 회전시켜 피복재를 감아 올리거나 풀어서 개폐하는 방법도 사용되고 있다.

내부보온커튼은 폴리에틸렌, PE, EVA, 반사필름, 부직포 등의 자재를 사용하여 1층 또는 2층의 커튼을 사용하고 있다. 설치방식에 따라 지붕식과 수평식이 있으며 개폐장치의 동력원에 따라 수동식과 전동식이 있으나 점차 전동식으로 바뀌고 있으며 전동식은 개폐방식에 따라 와이어 등으로 커튼을 끌어당겨 한 곳에 모아두는 예인식과 파이프를 말아 개폐하는 권취식이 사용된다. 개폐조작 사람이 직접 스위치를 조작하는 수동식과 개폐시각을 타이머나 온도검출 및 일사량 검출에 의해 조절하는 자동식이 있으나 아직은 수동식과 타이머 작동방식이 많이 사용되고 있다.(윤진하, 1996)

국화의 생장은 높은 조도하에서 잘 이루어진다. 그러므로 온실 내에서 국화의 삼수관리는 50%로 차광한 저광도 조건에서 보다 차광율 25%이하의 고광도 조건에서 1~1.5시간 간격으로 10초간 썩 분무하는 것이 발근율이 높고 발근 소요일수가 단축된다. 고광도 하에서 2시간 간격으로 분무하는 것은 수분공급량이 적은 반면 증산과 증발이 촉진되어 지나치게 건조한 상태가 되며 저광도하에서는 증산과 증발이 억제되므로 과습한 상태가 된다. 일반적으로 삼목에 있어 수분조건은 발근에 영향하는 중요 요인으로 알려져 있다. 때문에 국화 삼목에 있어서도 위조를 방지하기

위해 차광관리하여야 한다. 국화의 양분흡수량은 재배형이나 재배조건에 따라 조금씩 흡수량이 다르다 또 질소에 비해 인산의 흡수는 적으나 칼리가 많다. 양분의 흡수는 생육초기는 적으나 생육후기는 매우 증대되면 특히 칼리의 흡수량이 많다. 질소가 결핍되면 잎의 황화와 상부의 어린잎이 경화되고 꽃이 작아지고 개화기가 늦어진다. 칼 리가 결핍되면 잎의 선단이 황화되고 다시 갈변하여 낙엽된다. 그러므로 생육중반에 완효성 비료의 준비가 필요하다. 질소:인산:카리(10:5:8)정도가 적당하다고 본다. 또한 삼수 채취 후 하이포넥스 200배액을 주 1회 첨가하여 생육을 촉진시킨다.(서정근, 1997)

국화 시설재배에서의 여름, 겨울 재배시 부적당한 지하부 환경의 극복을 위해서는 냉난방이 필요하다. 토경의 경우 토양이 주위 온도 변화에 대한 완충능력이 커서 별문제가 없는 편이나 펠라이트 배지의 경우에는 여름철 기온에 따라 배지의 온도가 쉽게 변하므로 온수 파이프나 전열선 등을 이용한 근권부 냉방이 필요하다. 한편 겨울철의 경우에는 기온에 따른 배지 온도의 변화가 작으므로 별도로 근권난방을 해 주어야 한다. 양액재배를 할 경우는 토양에서의 재배에서와 같이 토양의 완충능력을 기대할 수 없다. 따라서 특정 양분이 부족하거나 과하게 공급되게 되면 바로 증상이 일어나므로 이에 대한 빠르고 정확한 진단과 처방이 있어야 한다. 영양진단에서는 엽분석을 행하거나 양액의 분석으로 식물체의 영양상태를 알 수 있다.(김기선, 2000)

국화의 고품질 플러그묘와 절화생산을 위한 적정 환경조건을 연구한 결과 플러그 육묘시 근권 난반온도는 20~25℃에서 양호하게 발달하였고 차광을 위한 피복재료는 4,500~7,500lux의 테크테크 부직포에서 국화묘 발근이 양호하였다. 128공 플러그 육묘할 때 무처리와 밀폐조건에서 생육 및 발근의 차이는 보이지 않았으나 발근촉진제(IBA) 처리 후 밀폐조건에서 삼목묘의 생육 및 발근은 큰 차이를 나타내었다. 전동식 네트는 16mm 사각배관을 용접한 후 커튼 예인식 방법과 같이 50HP 리미트 모타를 이용하여 설치하였다. 표마와 델몬트 품종은 정식 40일 후 단일처리에서 80cm 이상, 아르거스와 카산드라 품종은 70cm이상으로 적정 규격의 절화를 생산하였다. 표마, 카산드라, 델몬트 품종은 15×15cm간격으로 정식하였을 때 아르거스 품종은 12×12cm 간격에 정식하였을 때 고품질의 절화를 생산하였다.(박하승, 2002)

국화 양액재배시 피트모스와 펠라이트를 혼합한 배지에서 생육 및 절화품질이 좋았으며 양액공급량에 따른 생육은 300, 450ml/day/주에서 좋았으나 유의성이 나타나지 않았으며 개화기는 배지 및 양액 공급량에 따른 통계적 유의성이 없이 거의 동시에 개화하였다. 혼합배지와 펠라이트배지의 전체적인 생육차이는 크지 않았으나 절화장과 절화중은 혼합배지(펠라이트+피트모스)에서 펠라이트 배지에서 보다 좋았으며 배지에 관계없이 양액농도가 높아질수록 절화장 및 엽수, SPAD값이 높아지는 경향은 나타났다. 절화장은 유의성은 나타나지 않았고 절화중에서는 EC 1.8ds/m이상일때 혼합배지, 펠라이트 배지에서 유의성이 인정되었다. 따라서 스탠다드국 신마 품종의 양액재배에 있어서 생육단계별 배양액 농도를 영양생장기는

EC 1.5~1.8ds/m, 생식생장기는 1.8ds/m로 조정하여 재배하는 것이 좋을 것으로 사료된다.(최택용, 2005).

국화 소일블록묘 재배시 고온기 관수량별 습해 발생정도는 3, 5 $l/m^2/일$ 관수시 발생되지 않았으나 7, 9 $l/m^2/일$ 관수하였을 때 문라이트 품종에서는 2%, 4%, 우드팩커 품종에서는 4%, 6% 발생하였다. 관수량별 절화 품질에 있어서 문라이트 품종은 절화장, 절화중 모두 9 l , 7 l $l/m^2/일$ 관수했을때 가장 좋았으며 우드팩커 품종은 9 $l/m^2/일$ 에서 전반적으로 품질이 좋았다. 저온기 관수량별 습해 발생정도는 9 $l/m^2/일$ 관수하였을 때 문라이트 토바코 품종 모두에서 발생되었으나 매우 낮은 비율이었고 3 $l/m^2/일$ 관수시는 건조 피해가 문라이트 품종은 3% 토바코 품종은 2%정도가 발생하였다. 관수량별 초장, 엽수 등 생육특성은 큰 차이를 나타나지 않았으나 문라이트와 토바코 품종 모두 7 $l/m^2/일$ 에서 가장 좋은 경향이었다.(김학현, 2008)

3. 재료 및 방법

가. <시험 1> 국화 생육단계별 양액농도별 생육특성 분석

본 연구의 목적은 국화의 생육단계별로 양분에 관한 제어기준을 설정하고 연구 참여업체인 한스시스템에서 개발한 원격제어시스템에 대한 작동 가능성을 검증하는 것이다. 본 연구를 위하여 공시품종은 농가에서 많이 재배하고 있는 신마(스탠다드), 문라이트(스프레이)를 선정하였다. 삽수는 예산국화시험장에서 채취하여 육묘트레이에 20일간 재배하여 발근시킨 후 2008년 11월 10일 시험포장에 정식하였다. 양액농도별 최적제어기준을 설정하기 위하여 아래 표와 같이 4가지 처리를 실시 하였다.

표 3-1. 생육단계별 양액농도별 처리내용

처리명	처리내용(ds/m)	
	생육초기(정식후 40일)	생육후기(정식후 40일 이후)
1	0.6	0.8
2	0.8	1.0
3	1.0	1.2
4	1.2	1.4

시험구처리는 처리별 3반복으로 배치하였다. 공시품종 신마와 문라이트를 연구의 효율성을 높이기 위하여 같은 시험구로 배치하였다. 조사내용은 생육조사와 개화특성 조사를 수행하여 생육상태와 품질의 차이를 비교하였다. 생육조사 항목은 초장, 경경, 엽수, 엽장, 엽폭 이고 개화특성조사 항목은 화중, 절화중, 화폭, 엽면적이다. 스프레이 국화의 경우는 화수를 더하여 조사하였다. 그리고 처리별 토양의 건전성을 진단하기 위하여 생육초기 중기후기에 걸쳐 토양분석을 실시하였다. 처리별 양액배급은 자동배급장치에 처리별 양액농도를 설정하여 실시하였다. 양액은 화란의 국화양액조성표에 따라 희석하여 사용하였다. 차광은 정식후 55일인 1월 5일부터 단일 처리하였다. 참여업체인 한스시스템에서 시설내 지상부, 지하부 환경자료 수집을 위하여 무선통신장치(CDMA)인 젯필드 데이터 로거장치를 설치하였다. 이와함께 온습도 센서, 지하부 토양자료수집 센서를 설치하였다. 관수 방법은 무인살수장치를 활용하여 실시하였고 방제방법도 생육초기에는 무인방제장치를 활용하였고 생육후기 가지가 우거진 상태에서는 인력방제를 통하여 세밀한 살포를 실시하였다. 생육중에 발생한 병충해는 진딧물, 아메리카굴파리, 시들음병 등이었다.



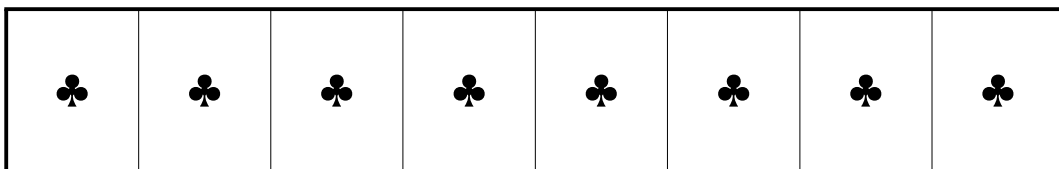
그림 3-1. 양액농도별 생육특성 분석 시험포장 전경

나. <시험 2> 최적 양액농도에서 재식밀도별 생육특성 분석

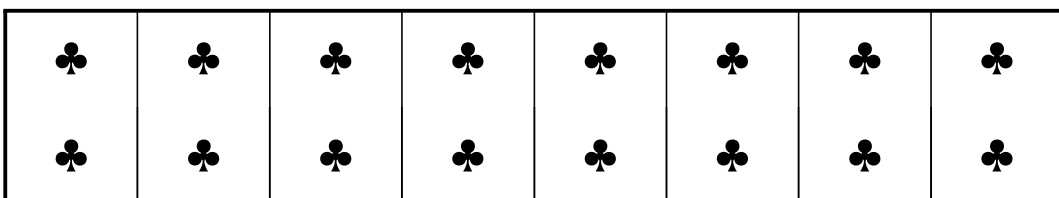
<시험 1>의 연구결과 최적으로 선정된 양액농도하에서 재식밀도별 생육특성을 비교하는 연구이다. 본 연구는 예산국화시험장 단동 비닐하우스 내에서 이루어졌으며 네덜란드표준 양액을 토양에 관주하는 방법으로 이루어졌다. 양액공급은 생육단계별로 나누어서 생육초기에는 0.8(ds/m), 생육후기에는 1.0으로 설정하여 관주하였다. 수분과 양액은 점적호스를 활용하여 수행하였으며 자동화 양액공급장치를 활용하였다. 2009년 4월 3일과 4월 10일 문라이트와 신마 삽수를 채취하여 육묘하였다. 그리고 4월 22일에 정식을 하였다. 생육조사는 생육초기, 생육중기, 생육후기, 그리고 개화기로 나누어 4번에 걸쳐 하였다. 시험연구를 위한 4가지 처리내용은 아래와 같다.

<처리내용: 아래 도형은 국화재배 그물이며 한 사각형은 12×12cm 임>

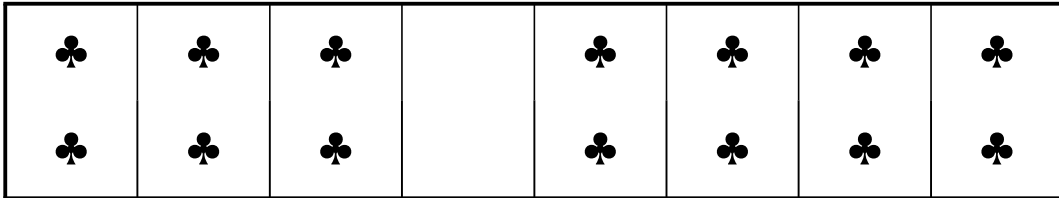
1. 12×12cm(n=8주)



2. 6×12cm(n=16주) 한 구멍에 앞뒤로 2주씩



3. 6×12cm(n=14주) 가운데 한 칸을 비우고 2주씩 심음.



4. 6×12cm(n=12주) 가운데 두 칸을 비우고 앞뒤로 2주씩 심음
(앞뒤 간격은 6cm임)

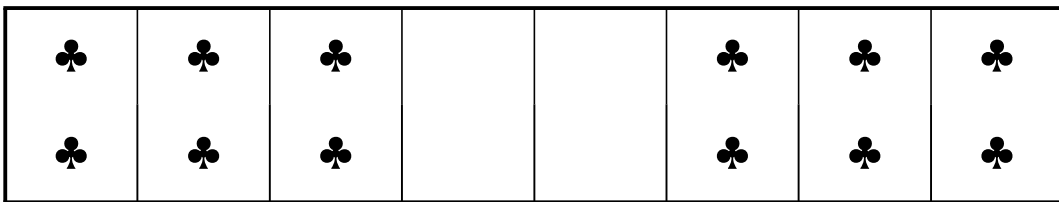


그림 3-2. 시험포장 전경



그림 3-3. 1번 처리구 시험포장



그림 3-4. 2번 처리구의 시험포장



그림 3-5. 3번 처리구의 시험포장



그림 3-6. 4번 처리구의 시험포장

다. <시험 3> 무선센서활용 원격제어장치 실증시험 및 전조등 시험재배

<시험1>과 <시험 2>에서 나온 연구결과로 나온 최적양액온도 최적 재식거리 12×12cm를 적용하여 전조등 비교시험을 실시하였다. 처리는 두처리로 수행되었으며 한처리는 관행적으로 사용하고 있는 백열등과 두 번째 처리는 원형 형광등을 처리하였다. 시험구 배치는 단구제로 하여 수행하였다. 그리고 무선센서 네트워크를 활용한 원격제어시스템 실증시험을 동시에 수행하였다.



그림 3-7. 시험포장 전경



그림 3-8. 시험에 사용된 백열등



그림 3-9. 시험에 사용된 원형 형광등



4. 결과 및 고찰

가. <시험 1> 국화 생육단계별 양액농도별 생육특성 분석

1. 양액농도별 생육초기 현황

생육초기 양액농도 처리효과를 보기 위하여 정식후 54일인 2009년 1월 4일 생육 조사를 실시하였다. 표 3-2를 보면 문라이트에 대한 생육조사 결과를 볼 수 있다. 생육초기여서 처리간의 유의성은 볼 수 없었다. 조사내용을 보면 4처리에서 초장, 경경, 엽장에서 타 처리에 비하여 우수하였다. 즉 EC를 1.2로 처리하였을때 생육이 양호한 것으로 나타났다. 하지만 엽수는 다른 처리에 비하여 적은 것으로 나타났다.

표 3-2. 양액농도 처리별 문라이트 생육특성

처리명	초장(cm)	경경(mm/썩)	엽수(개/썩)	엽장(cm)	엽폭(cm)
1	62.6a*	5.69a	44.4a	7.9a	5.6a
2	58.2a	5.79a	44.6a	8.5a	5.3a
3	59.3a	5.77a	41.2a	8.3a	5.9a
4	62.6a	6.19a	39.2a	8.7a	5.6a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level

신마의 생육특성을 보면 처리간 통계적 유의적 차이는 없었다. 조사결과를 보면 초장은 2처리 EC 0.8에서 가장 길었다. 하지만 대체적으로 1처리인 EC 0.6에서 경경, 엽수, 엽폭이 양호한 것으로 나타났다.

표 3-3. 양액농도 처리별 신마 생육특성

처리명	초장(cm)	경경(mm/썩)	엽수(개/썩)	엽장(cm)	엽폭(cm)
1	49.2a*	5.58a	35.0a	8.3a	6.6a
2	50.0a	5.55a	35.4a	8.7a	5.5a
3	47.3a	5.44a	34.5a	8.5a	6.4a
4	48.3a	5.20a	30.4a	8.5a	6.4a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range

test, 5% level

2. 양액농도 처리별 생육중기 생육특성

양액농도 처리별 생육중기 생육조사는 정식후 80일 후인 2009년 1월 29일 실시하였다. 이것은 양액농도를 초기에 비하여 각각 0.2를 상향조정 한 후 40일에 조사한 것이다. 문라이트는 초장은 4처리가 가장 길었고 경경과 엽수는 2처리가 가장 높았다.

표 3-4. 양액농도 조정후 문라이트 처리별 생육특성

처리명	초장(cm)	경경(mm/주)	엽수(개/주)
1	77.9a*	6.0a	52.1a
2	72.7a	6.1a	53.4a
3	75.4a	5.8a	49.0a
4	79.3a	5.7a	47.1a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level

신마의 경우는 초장, 경경, 엽수 모두 2처리가 가장 양호하였다. 양액농도가 높아질수록 생육이 저조한 것으로 나타났다. 처리간 유의적인 차이는 없었지만 처리간 미미한 차이가 났다.

표 3-5. 양액농도 조정후 신마 처리별 생육특성

처리명	초장(cm)	경경(mm/주)	엽수(개/주)
1	60.6a*	5.9a	43.0a
2	60.8a	5.9a	43.2a
3	58.7a	5.5a	41.6a
4	58.8a	5.3a	39.7a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level

3. 생육후기 특성

생육후기 조사는 정식후 80일 후인 2009년 2월 10일에 실시하였다. 문라이트의 경우 초장은 1처리가 가장 길었고 4처리가 가장 낮았다. 그리고 1처리와 3처리는 처리간 통계적으로 유의적으로 차이가 있는 것으로 나타났다. 경경은 4처리가 높았지만 미미했고 엽수는 대체적으로 양액농도가 낮은 1처리와 2처리가 양호했다.

표 3-6. 양액농도별 생육후기 문라이트 생육특성

처리명	초장(cm)	경경(mm/주)	엽수(개/주)
1	87.4b*	5.9a	58.9a
2	83.0ab	6.0a	59.8a
3	82.9a	5.9a	52.5a
4	79.4ab	6.1a	50.1a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level

신마의 경우 생육후기 처리별 특성을 비교하면 초장, 경경, 엽수 모두 2처리에서 가장 양호하였다. 특히 엽수의 경우는 통계적 유의적으로 처리간 차이가 있는 것으로 나타났다.

표 3-7. 양액농도별 생육후기 신마 생육 특성

처리명	초장(cm)	경경(mm/주)	엽수(개/주)
1	69.9a*	5.9a	53.7a
2	71.8a	6.0a	56.2a
3	67.4a	5.8a	50.6b
4	61.5a	5.6a	46.7c

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level

4. 수확후 생육 및 개화 특성 조사

정식 후 120일에 수확후 생육 및 개화 특성 조사를 실시하였다. 이 조사결과 1처리에서 초장, 화중, 절화중, 화수가 양호하게 나타났다. 2처리에서는 경경, 엽수, 화

폭, 엽면적이 높게 나타났다. 특히 화폭의 경우는 3, 4처리에 비하여 통계적 유의성 있게 차이가 있는 것으로 나타났다. 엽면적도 4처리와는 통계적으로 유의성있게 차이가 있는 것으로 나타났다. 상품성에 영향을 미치는 화폭, 엽면적이 높게 나타나 2처리가 고품질 국화를 생산하는데 적절한 것으로 사료된다. 그리고 문라이트는 2월 23일에 꽃봉오리가 발현되면서 10일 후 개화되기 시작하였다. 개화순서는 3처리, 2처리, 4처리, 1처리 순으로 나타났다.

표 3-8. 문라이트 수확후 생육 및 개화 특성 조사

처리명	초장 (cm)	경경 (mm/주)	엽수 (개/주)	화중 (g/주)	절화중 (g/주)	화폭 (cm)	엽면적 (mm ²)	화수 (개/주)
1	96.3a*	6.16a	52.4a	21.0a	90.2a	5.30ab	708.6a	37.2a
2	91.9a	6.17a	53.6a	18.9a	83.5a	5.73a	763.1a	33.3a
3	88.5a	6.05a	51.5a	19.0a	68.0a	4.78b	662.7ab	31.5a
4	91.9a	5.91a	51.7a	18.5a	76.1a	4.84b	519.8b	34.1a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level



그림 3-10. 문라이트 개화상태 : 왼쪽부터 3처리, 2처리, 4처리, 1처리

신마의 경우는 수확후 생육 및 개화 특성 조사 결과 2처리에서 초장, 경경, 화중, 절화중, 화폭에서 양호한 것으로 나타났다. 특히 엽수와 화중에서 통계적으로 유의

성있게 타 처리에 비하여 유의적으로 차이가 있는 것으로 나타났다. 개화는 문라이트에 비하여 10일 늦게 피었으며 개화순서는 문라이트와 같은 패턴이었다.

표 3-9. 신마 수확후 생육 및 개화 특성 조사

처리명	초장 (cm)	경경 (mm/주)	엽수 (개/주)	화중 (g/주)	절화중 (g/주)	화폭 (cm)	엽면적 (mm ²)
1	78.2a*	6.03a	53.4b	22.9ab	106.3a	11.9a	1187.8a
2	81.2a	6.23a	52.7b	24.3a	108.7a	11.9a	1108.3a
3	73.5a	6.17a	47.6a	20.9ab	94.1a	11.8a	1015.2a
4	73.6a	6.03a	50.3ab	20.9b	95.0a	11.9a	2025.2a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level



그림 3-11. 신마 개화상태 : 왼쪽부터 3처리, 2처리, 4처리, 1처리

문라이트 양액처리별 생육현황을 보면 그림 3-12에서 보는 바와 같이 1처리와 2처리는 고르게 초장이 생장한 반면 3처리는 중기이후로 약간 정체된 것을 볼 수 있다. 그리고 4처리의 경우는 중기와 후기 사이에 거의 초장이 성장하지 못하고 머물러 있는 것으로 나타났다. 이것은 양액농도를 1.2에서 1.4로 올리면서 식물체가 적응하지 못하여 일어난 현상으로 사료된다.

문라이트 양액처리별 생육현황(초장)

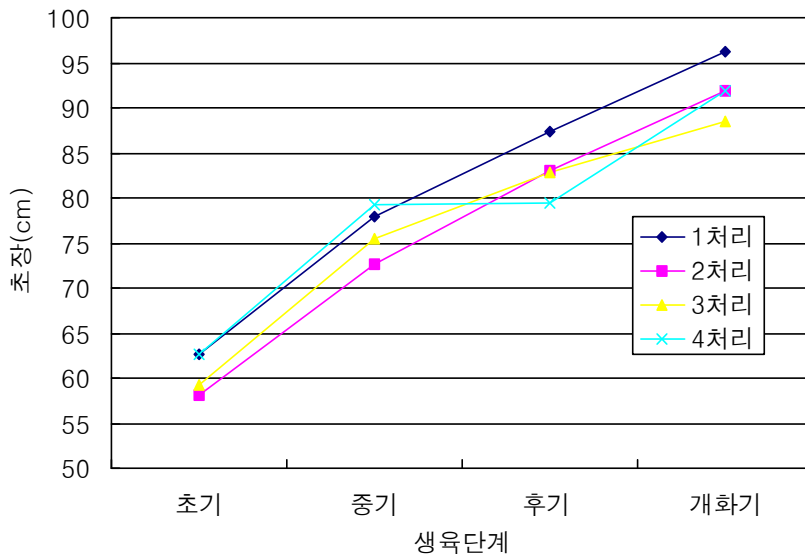


그림 3-12. 문라이트 양액처리별 생육현황(초장)

문라이트 양액처리별 경경에 대한 생육현황을 보면 그림 3-13에서 보는 바와 같이 1처리와 2처리는 같은 경향이였다. 3처리는 중기이후 성장하였지만 초기 생육이 좋지 않아 크게 성장하지 못했다. 4처리의 경우 초기 생육이 워낙 좋지 않아 중기 이후 급속히 성장하였지만 2처리에는 미치지 못했다.

문라이트 양액처리별 생육현황(경경)

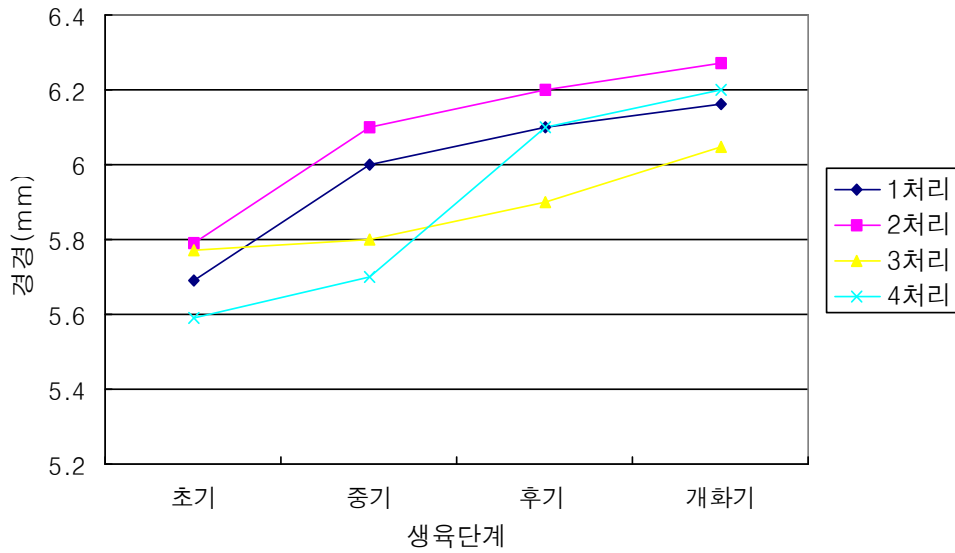


그림 3-13. 문라이트 양액처리별 생육현황(경경)

문라이트 양액처리별 생육현황(엽수)를 그림 3-14와 같다. 1처리와 2처리는 같은 경향이였다. 개화기가 빨라서 후기 생육단계에서부터는 오히려 엽이 낙엽되어 줄어드는 경향을 보였다. 3처리와 4처리는 초기부터 1처리와 2처리에 비하여 엽수가 적어 꾸준히 성장하였지만 1처리와 2처리에 비하여 낮은 경향을 보였다. 조기수확을 위해서도 1처리와 2처리가 유리한 것으로 나타났다.

문라이트 양액처리별 생육현황(엽수)

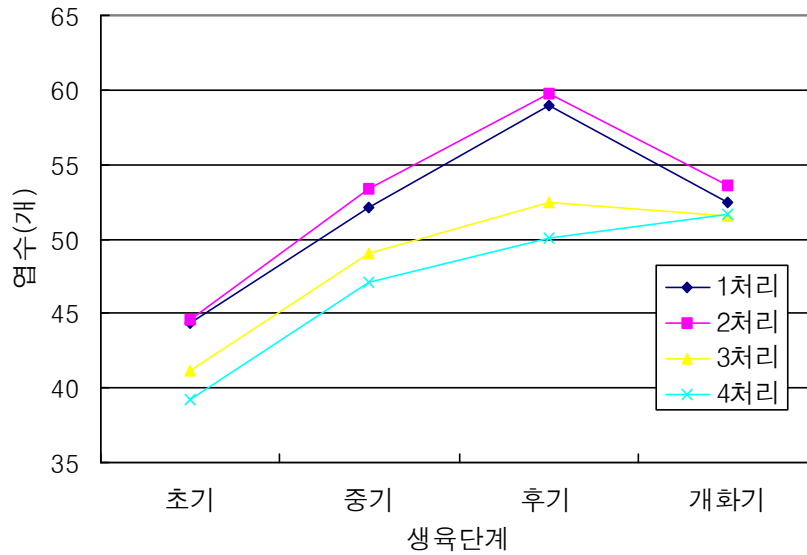


그림 3-14. 문라이트 양액처리별 생육현황(엽수)

신마 양액처리별 생육현황(초장)을 보면 문라이트와 비슷한 경향을 보였다. 초장의 성장 경향은 1처리, 2처리와 3처리가 같은 경향이었고 초기 생장이 개화기까지 비스한 경향으로 유지하였다. 4처리의 경우 문라이트와 마찬가지로 중기이후 양액을 증액시키고 나서부터 생장이 정체되었다가 후기에 급성장하였지만 다른 처리에는 초장 높이가 낮았다.

신마 양액처리별 생육현황(초장)

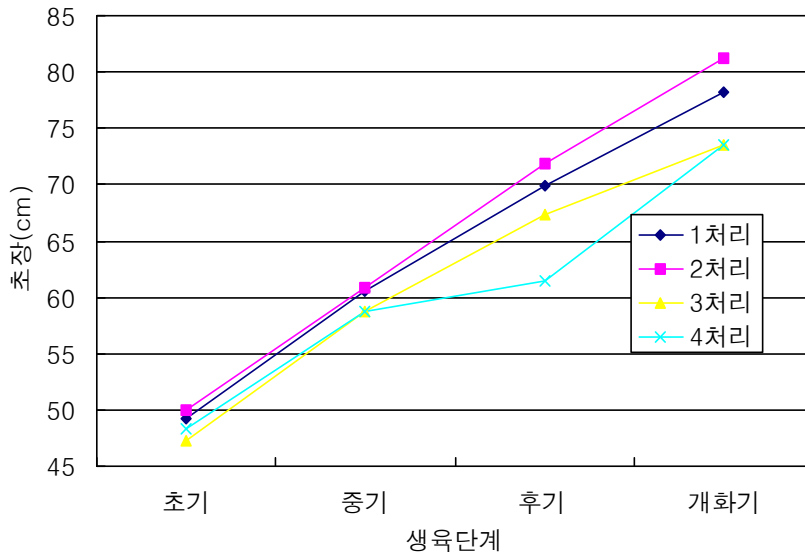


그림 3-15. 신마 양액처리별 생육현황(초장)

신마 양액처리별 생육현황(경경)을 보면 <그림 5>와 같다. 1처리는 경경이 완만하게 성장하였고 2처리는 중기이후 성장이 정체되었다. 3처리와 4처리는 중기이후 급속히 성장하였으나 초기 생육이 좋지 않아 1처리 경경에는 미치지 못하였다.

신마 양액처리별 생육현황(경경)

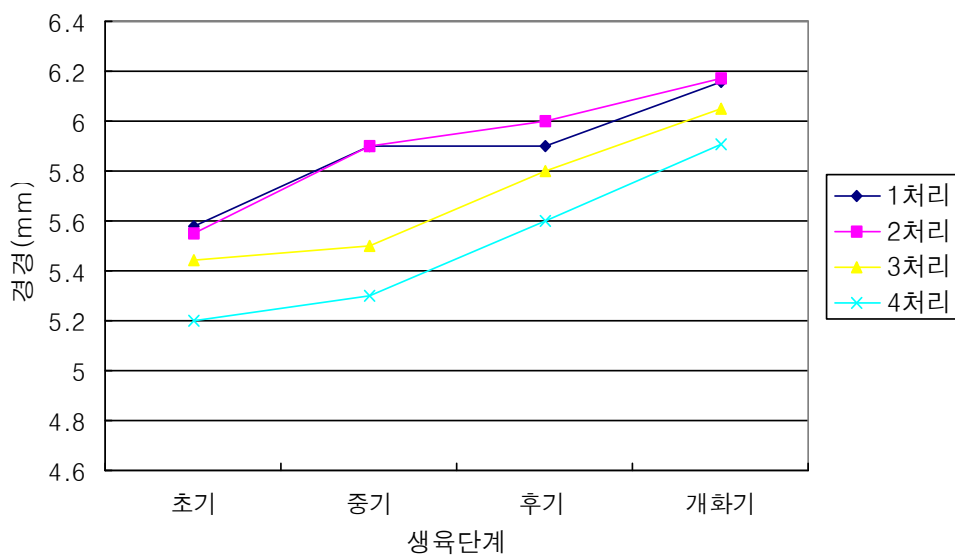


그림 3-16. 신마 양액처리별 생육현황(경경)

신마 양액처리별 생육현황(엽수)를 보면 그림 3-17과 같다. 1처리와 3처리는 후기 이후 개화가 빨라 낙엽현상이 일어나 엽수가 줄어들었다. 그리고 2처리의 경우는 후기이후 엽수 증가가 멈추었다. 4처리의 경우는 엽수가 꾸준히 증가하였지만 초기 생육이 좋지 않아 개화기 까지 이 영향을 받아 1처리와 2처리에는 못 미쳤다.

신마 양액처리별 생육현황(엽수)

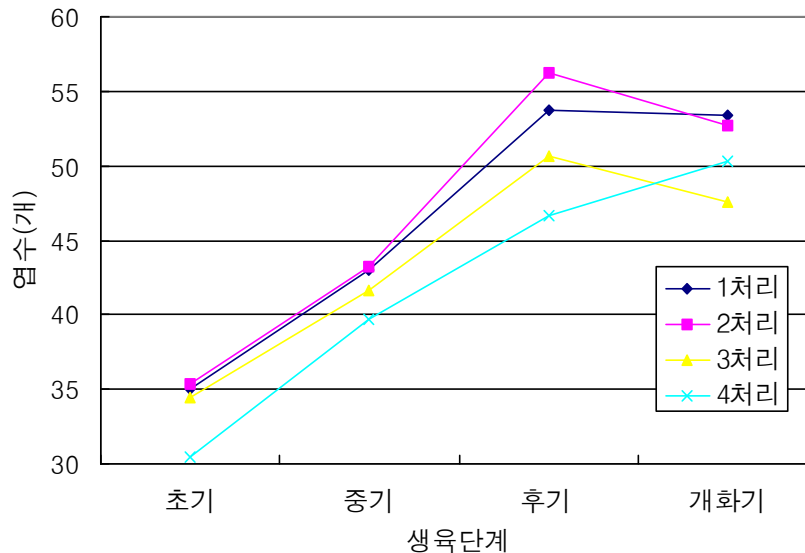


그림 3-17. 신마 양액처리별 생육현황(엽수)

5. 양액농도별 시험포장 토양분석

생육초기 시험포장의 토양분석을 위하여 정식후 40일 후 시료를 채취하여 충청남도농업기술원에 분석을 의뢰하여 표 3-10과 같은 결과를 얻었다. 산도 pH와 EC는 적정범위에 있지만 유효인산은 과다하게 있는 것으로 나타났다. 유기물은 적정범위에 있었으며 치환성양이온은 대체적으로 적정범위보다 과다하게 있는 것으로 분석되었다.

표 3-10. 생육초기 처리별 토양분석

처리명	pH (1:5)	EC (dS/m)	유효인산 (mg/kg)	유기물 (g/kg)	치환성양이온(cmol ⁺ /kg)		
					K	Ca	Mg
1	6.5	1.3	832.3	32.7	1.6	11.5	2.9
2	6.5	1.1	836.3	33.5	1.5	11.0	2.8
3	6.3	1.0	808.5	30.9	1.5	10.3	2.6
4	6.2	0.9	695.2	30	1.6	8.9	2.2
적정범위	6.0~7.0	2.0이하	350~500	25~35	0.7~0.8	5.0~7.0	1.5~2.0

생육후기 토양의 변화를 보기 위하여 정식후 80일인 2009년 2월 4일에 시료를 채취하여 분석을 수행하였다. 이 결과 pH는 양호하였으며 EC는 적정범위를 약간 넘었다. 유효인산과 유기물은 생육초기에 비하여 줄었다. 치환성양이온중 카리는 줄었고 칼슘과 마그네슘은 많은 증가를 보여줬다.

표 3-11. 생육후기 처리별 토양분석

처리명	pH (1:5)	EC (dS/m)	유효인산 (mg/kg)	유기물 (g/kg)	치환성양이온(cmol ⁺ /kg)		
					K	Ca	Mg
1	6.5	1.2	686	31	1.29	18.7	10.8
2	6.5	2.3	694	28	1.17	17.5	10.7
3	6.4	2.0	641	25	1.17	17.5	11.3
4	6.3	2.1	574	24	1.28	17.9	12.3
적정범위	6.0~7.0	2.0이하	350~500	25~35	0.7~0.8	5.0~7.0	1.5~2.0

나. <시험 2> 최적 양액농도에서 재식밀도별 생육특성 분석

신마의 생육초기 재식밀도 처리별 생육특성 조사결과 표 3-12에서 보는 바와 같이 초장의 경우 6×12cm(가운데 한칸비움)가 63.2cm로 가장 컸고 다음으로 12×12cm가 63.0cm으로 컸다. 경경의 경우는 12×12cm가 5.07mm로 다른 처리구에 비하여 양호하였다. 엽수의 경우도 12×12cm가 37.1개로 가장 많았다. 엽장의 경우도 6×24cm(가운데 두칸 비움)가 가장 8.48cm로 가장 길었고 6×12cm(가운데 한칸비움)와 12×12cm도 각각 8.41cm과 8.43cm로 근소한 차이가 나타났다. 엽폭의 경우는 12×12cm가 5.10cm로 가장 넓었다. 대체적으로 12×12cm 처리구가 생육이 양호하였다. 처리간 통계적 유의적 차이를 분석한 결과 경경과 엽수에서 유의적 차이가 있는 것으로 나타났다.

표 3-12. 신마 생육초기 재식밀도 처리별 생육특성 조사결과

처리명	초장(cm)	경경(mm/주)	엽수(개/주)	엽장(cm)	엽폭(cm)
12×12cm	63.0a	5.07a	37.1a	8.43a	5.10a
6×12cm	58.4a	4.66b	33.4b	8.13a	4.84a
6×12cm (가운데 한칸비움)	63.2a	4.78b	35.8ab	8.41a	4.81a
6×12cm (가운데 두칸 비움)	59.3a	4.77b	35.0ab	8.48a	4.89a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level

문라이트 생육초기 재식밀도 처리별 생육특성 조사결과 표 3-13에서 보는 바와 같다. 먼저 초장을 보면 6×12cm(가운데 한칸비움) 처리구가 63.05cm로 가장 양호하였고 나머지 처리구는 큰 차이가 없었다. 경경의 경우 6×12cm 처리구가 5.23cm로 가장 양호하였고 다음으로 12×12cm 처리구가 5.20cm로 약간 낮았다. 엽수의 경우는 12×12cm 처리구가 41cm로 가장 양호하였다. 엽장의 경우는 6×12cm(가운데 한칸비움) 처리구가 9.38cm로 가장 양호하였다. 엽폭의 경우도 같은 경향으로 6×12cm(가운데 한칸비움) 처리구가 9.38cm로 가장 양호하였다. 하지만 큰 차이는 없었다. 처리간 통계적 유의적 차이를 분석한 결과 엽수와 엽장에서 처리간 유의적 차이를 보이고 다른 조사항목은 차이가 없는 것으로 분석되었다.

표 3-13. 문라이트 생육초기 재식밀도 처리별 생육특성 조사결과

처리명	초장(cm)	경경(mm/주)	엽수(개/주)	엽장(cm)	엽폭(cm)
12×12cm	61.05a	5.20a	41.0a	8.75b	5.09a
6×12cm	61.71a	5.23a	39.4ab	9.06ab	5.03a
6×12cm (가운데 한칸비움)	63.05a	5.19a	40.6ab	9.38a	5.10a
6×12cm (가운데 두칸 비움)	61.65a	5.16a	38.5b	9.22ab	5.07a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level

신마의 생육중기 재식밀도 처리별 생육특성 조사결과를 보면 표 3-14와 같다. 초장의 경우는 6×12cm(가운데 한칸비움)처리구가 80.3cm로 가장 양호하였다. 다음으로 12×12cm처리구가 79.6cm로 높았다. 경경의 경우는 6×12cm(가운데 두칸 비움)가 5.64cm로 가장 높았다. 다음으로 12×12cm처리구에서 5.55cm로 양호하였다. 엽수의 경우는 12×12cm처리구에서 49.3개로 가장 양호하였다. 다음으로 6×12cm(가운데 한칸 비움)처리구가 46.3개로 높았다. 엽장의 경우는 6×12cm(가운데 한칸 비움)처리구가 10.53cm로 가장 양호하였다. 다음으로 6×12cm(가운데 두칸 비움)처리구가 10.36cm로 양호하였다. 가운데 통기성을 양호하게 하는 것이 엽장의 생육조건을 좋게 하는 것으로 사료된다. 엽폭의 경우는 12×12cm처리구가 5.86cm로 가장 높았고 다음으로 6×12cm(가운데 한칸비움)처리구가 5.79cm로 양호하였다. 대체적으로 12×12cm처리구가 생육초기와 마찬가지로 생육이 양호한 것으로 나타났다. 하지만 가운데를 비우는 처리구들도 초장, 경경, 엽장이 양호하게 나타났다. 처리간 통계적 유의적 차이를 분석한 결과 엽장에서 처리간 차이가 있는 것으로 분석되었다.

표 3-14. 신마 생육중기 재식밀도 처리별 생육특성 조사결과

처리명	초장(cm)	경경(mm/썩)	엽수(개/썩)	엽장(cm)	엽폭(cm)
12×12cm	79.6a	5.55a	49.3a	10.29ab	5.86a
6×12cm	79.0a	5.34a	45.3a	10.15b	5.67a
6×12cm (가운데 한칸비움)	80.3a	5.42a	46.3a	10.53a	5.79a
6×12cm (가운데 두칸 비움)	79.2a	5.64a	45.4a	10.36ab	5.74a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level

문라이트 생육중기 재식밀도 처리별 생육특성 조사결과를 보면 표 3-15와 같다. 초장의 경우 12×12cm처리구가 85.0cm로 가장 높았다. 경경의 경우도 5.38cm로 가장 양호한 것으로 나타났다. 다음으로 6×12cm(가운데 두칸 비움) 처리구가 양호한 것으로 나타났다. 엽수의 경우도 12×12cm처리구가 44.3개고 가장 양호하였고 다음으로 6×12cm(가운데 한칸비움)처리구가 우수하였다. 엽장의 경우도 같은 경향으로 12×12cm처리구가 10.10cm로 가장 높았다. 엽폭의 경우는 12×12cm처리구가 5.68cm로 가장 높았다. 전체적으로 12×12cm처리구가 생육이 가장 양호한 것으로 나타났다. 신마와는 약간 다른 차이를 보였다. 처리간 통계적 유의적 차이를 분석한 결과 초장과 경경에서 처리간 유의적 차이가 있는 것으로 분석되었고 다른 조사항목에서는 유의적 차이가 없는 것으로 분석되었다.

표 3-15. 문라이트 생육중기 재식밀도 처리별 생육특성 조사결과

처리명	초장(cm)	경경(mm/썩)	엽수(개/썩)	엽장(cm)	엽폭(cm)
12×12cm	85.0a	5.38a	44.3a	10.10a	5.68a
6×12cm	76.7b	5.00b	41.0a	9.15a	5.37a
6×12cm (가운데 한칸비움)	82.0ab	5.19ab	43.7a	9.62a	5.43a
6×12cm (가운데 두칸 비움)	81.1ab	5.28ab	42.5a	9.79a	5.50a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level

신마 생육후기 재식밀도 처리별 생육특성 조사결과를 보면 표 3-16과 같다. 초장의 경우는 12×12cm처리구가 98.4cm로 가장 높았고 다음으로 6×12cm(가운데 두칸 비움) 처리구에서 95.9cm로 높았다. 경경의 경우도 같은 경향으로 12×12cm처리구가 5.5cm로 가장 높았고 6×12cm(가운데 한칸비움)처리구가 5.43cm로 양호하였다. 엽수의 경우도 같은 경향으로 12×12cm 처리구가 58.2개로 가장 높았다. 엽장의 경우는 가운데를 비운 처리구가 다른 처리들에 비하여 양호하였다. 가운데 통기성이 양호한 것이 엽장의 생육에 영향을 미치는 것으로 사료된다. 가장 양호한 처리구는 6×12cm(가운데 한칸비움)에서 10.64cm로 양호하였고 다음으로 6×12cm(가운데 두칸비움)처리구가 양호하였다. 엽폭의 경우는 12×12cm처리구가 5.96cm로 가장 높았다. 다음으로 가운데를 비운 처리구가 같이 5.84cm로 높았다. 전체적으로 12×12cm처리구가 엽장을 제외하고는 생육이 양호하였다. 처리간 통계적 유의적 차이를 분석한 결과 경경에서만 처리간 유의적 차이가 있는 것으로 분석되었과 다른 항목에서는 처리간 유의성이 없는 것으로 분석되었다.

표 3-16. 신마 생육후기 재식밀도 처리별 생육특성 조사결과

처리명	초장(cm)	경경(mm/썩)	엽수(개/썩)	엽장(cm)	엽폭(cm)
12×12cm	98.4a	5.50a	58.2a	10.51a	5.96a
6×12cm	94.5a	5.40ab	55.9a	10.40a	5.77a
6×12cm (가운데 한칸비움)	97.3a	5.43ab	57.6a	10.64a	5.84a
6×12cm (가운데 두칸 비움)	95.9a	5.33b	56.8a	10.56a	5.84a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5%level

문라이트 생육후기 재식밀도 처리별 생육특성 조사결과는 표 3-17과 같다. 초장의 경우는 12×12cm처리구가 107.9cm로 가장 양호하였고 다음으로 6×12cm(가운데 두칸 비움)처리구가 양호하였다. 경경의 경우도 같은 경향으로 12×12cm처리구에서 5.55cm로 양호하였다. 엽수의 경우는 6×12cm(가운데 한칸비움)처리구가 53개로 가장 양호하였고 다음으로 6×12cm(가운데 두칸비움)처리구가 52.2개로 양호하였다. 대체적으로 엽수의 경우는 가운데를 비운 처리구에서 양호한 것으로 나타났다. 엽장의 경우는 12×12cm처리구가 10.21cm로 가장 길었다. 엽폭의 경우도 12×12cm처리구가 5.79cm로 큰 차이는 나지 않았지만 가장 양호하였다. 처리간 통계적 유의적 차이를 분석한 결과 경경과 엽장에서 차이를 보였다. 하지만 다른 항목에서는 통계적 유의적 차이가 없는 것으로 분석되었다.

표 3-17. 문라이트 생육후기 재식밀도 처리별 생육특성 조사결과

처리명	초장(cm)	경경(mm/썩)	엽수(개/썩)	엽장(cm)	엽폭(cm)
12×12cm	107.9a	5.55a	49.9a	10.21a	5.79a
6×12cm	96.5a	5.22b	50.9a	9.40b	5.56a
6×12cm (가운데 한칸비움)	101.1a	5.31b	53.0a	9.82ab	5.63a
6×12cm (가운데 두칸 비움)	102.6a	5.36ab	52.2a	9.95ab	5.66a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level

신만 수확후 생육 및 개화 특성 조사를 한 결과는 표 3-18과 같다. 초장의 경우는 12×12cm처리구가 117.1cm로 가장 양호하였고 경경의 경우는 6×12cm가 5.65cm로 가장 양호하였지만 다른 처리와 큰 차이는 나지 않았다. 엽수의 경우 12×12cm처리구가 64.3cm로 근소한 차이로 가장 양호하였다. 엽장의 경우 12×12cm처리구가 10.66cm로 가장 양호하였다. 엽폭의 경우는 6×12cm(가운데 한칸비움)처리구가 5.61cm로 가장 양호하였다. 다음으로 12×12cm처리구가 5.56cm로 양호하였다. 절화중의 경우는 상품성을 결정하는 기준으로 삼는데 12×12cm처리구가 87.2g으로 가장 많이 나왔고, 다음으로 6×12cm(가운데 한칸비움)처리구가 82.1g으로 높게 나타났다. 화폭의 경우는 6×12cm(가운데 두칸비움)처리구가 11.28cm로 가장 컸다. 대체적으로 가운데를 비운상태로 재배한 처리구가 양호한 것으로 나타났다. 엽면적의 경우는 12×12cm 처리구가 1334.7mm²로 가장 넓었다. 다음으로 6×12cm(가운데 한칸비움)처리구가 1307.7mm²로 다음으로 넓었다. 전체적으로 12×12cm처리구가 초장, 경경, 엽수, 엽장, 절화중, 엽면적에서 다른 처리구에 비하여 양호하였다. 처리간 통계적 유의적 차이를 분석한 결과 모든 조사항목에서 차이를 볼 수는 없었다.

표 3-18. 신마 수확후 생육 및 개화 특성 조사

처리명	초장 (cm)	경경 (mm/주)	엽수 (개/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	절화중 (g/주)	화폭 (cm)	엽면적 (mm ²)
12×12cm	117.1a	5.60a	64.4a	10.66a	5.56a	87.2a	11.01a	1334.7a
6×12cm	121.3a	5.65a	62.8a	10.31a	5.37a	75.1a	11.03a	1211.4a
6×12cm (가운데 한칸비움)	115.8a	5.52a	64.3a	10.60a	5.61a	82.1a	11.27a	1307.7a
6×12cm (가운데 두칸 비움)	116.1a	5.27a	61.2a	10.05a	5.35a	66.9a	11.28a	1208.4a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level



그림 3-18. 왼쪽부터 12×12cm,
6×12cm(한칸비움), 6×12cm, 6×12cm(두칸비움)



그림 3-19. 왼쪽부터 12×12cm,
6×12cm(한칸비움), 6×12cm, 6×12cm(두칸비움)

문라이트 수확후 생육 및 개화 특성 조사를 한 결과는 표 3-19와 같다. 초장은 12×12cm처리구가 133cm로 가장 양호하였고 경경의 경우도 같은 경향이였다. 12×12cm처리구가 6.02mm로 가장 높았고 다음으로 6×12cm(가운데 두칸 비움)처리구가 6.01mm로 양호하였다. 엽수의 경우도 12×12cm처리구가 57.9개로 가장 양호하였고 다음으로 6×12cm(가운데 한칸비움)처리구, 6×12cm(가운데 두칸비움)처리구 순으로 양호하였다. 엽장의 경우도 같은 경향으로 12×12cm처리구가 57.9개로 가장 양호하였다. 엽자의 경우도 12×12cm처리구가 9.8cm로 가장 양호하였다. 엽폭의 경우는 6×12cm(가운데 한칸비움)처리구가 5.4cm로 가장 높게 나타났다. 다음으로 6×12cm(가운데 두칸비움)처리구 순이었다. 가운데 통기성을 양호하게 하는 것이 엽폭 확장에 영향을 미치는 것으로 사료된다. 절화중의 경우 상품성을 나타내는 기준인데 12×12cm처리구가 85.4g으로 가장 높게 나왔다. 화폭의 경우는 6×12cm처리구가 5.32cm로 가장 높게 나타났다. 엽면적의 경우는 12×12cm처리구가 875.4mm²로 가장 넓은 것으로 나타났다. 6×12cm(가운데 두칸 비움)가 다음으로 넓게 나타났다. 화수의 경우는 31.1개로 가장 많이 꽃이 달리는 것으로 나타났다. 대체적으로 12×12cm처리구가 생육특성, 상품성이 양호하게 나타났다. 이것은 수확시 높은 가격을 받을 수 있는 요인이 된다. 처리간 통계적 유의적 차이를 분석한 결과 초장, 절화중, 엽면적에서 차이가 있었고 다른 조사항목에서는 처리간 유의적 차이를 볼 수 없었다.

표 3-19. 문라이트 수확후 생육 및 개화 특성 조사

처리명	초장 (cm)	경경 (mm/주)	엽수 (개/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	질화중 (g/주)	화폭 (cm)	엽면적 (mm ²)	화수 (개/주)
12×12cm	133.0a	6.02a	57.9a	9.80a	5.31a	85.4a	4.98a	875.4a	31.1a
6×12cm	119.3b	5.81a	54.6a	9.03a	4.88a	65.1b	5.32a	774.5b	21.1a
6×12cm (가운데 한칸비움)	120.0b	5.57a	55.1a	9.67a	5.40a	75.8ab	5.30a	820.9ab	26.1a
6×12cm (가운데 두칸 비움)	125.3ab	6.01a	55.0a	9.63a	5.37a	74.1b	5.08a	822.4ab	26.3a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level



그림 3-20. 왼쪽부터 12×12cm, 6×12cm(한칸비움), 6×12cm, 6×12cm(두칸비움)

신마의 경우 재식거리 처리별 상품율을 조사한결과 상대적으로 조방적인 12×12cm 처리구와 6×12cm(가운데 두칸 비움)에서 상품율이 높게 나타났다. 밀식재배가 수확량은 많지만은 상품율에서 떨어져 좋은 가격을 받지 못한다.

차트 설명의 편의를 위하여 다음과 같이 1처리(12×12cm), 2처리(6×12cm), 3처리[6×12cm(한칸비움)], 4처리[6×12cm(두칸비움)]로 축약하였다.

신마의 재식거리별 생육현황(초장)을 보면 그림 3-21에서 보는 바와 같이 모든 처리가 비슷한 경향을 보였고 이중에 2처리가 초기에는 약간 작았으나 시간이 지나면서 크는 속도가 빨라 개화기에는 가장 성장이 높았다.

신마 재식거리별 생육현황(초장)

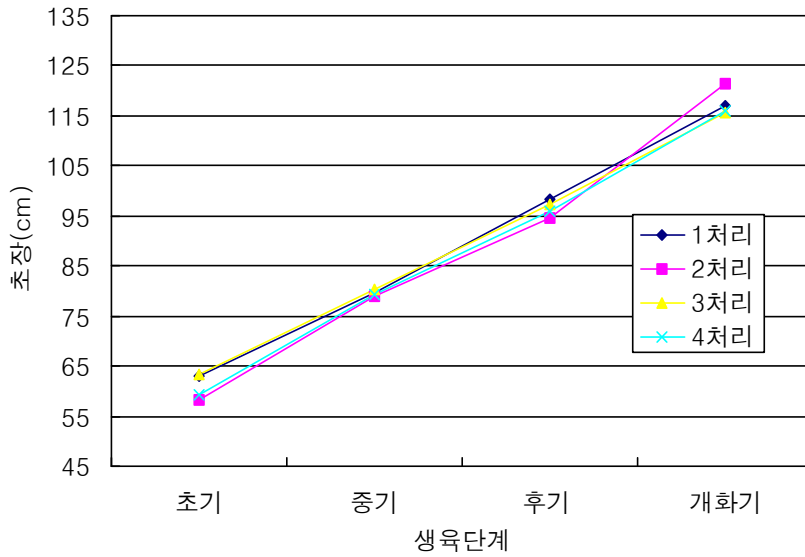


그림 3-21. 신마 재식거리별 생육현황(초장)

신마 재식거리별 생육현황(엽수)를 보면 4처리 모두 생육단계별로 성장 경향이 비슷하였다. 이 중에 1처리가 가장 엽수가 많은 것으로 나타났다. 그러나 큰 차이는 없었다. 중기에는 차이가 많이 났지만 계속 생장이 되면서 서로 비슷하여 졌다. 4처리는 후기까지는 양호하였으나 개화기에 약간 엽수 증가율이 낮아져 가장 낮은 엽수를 기록하였다.

신마 재식거리별 생육현황(엽수)

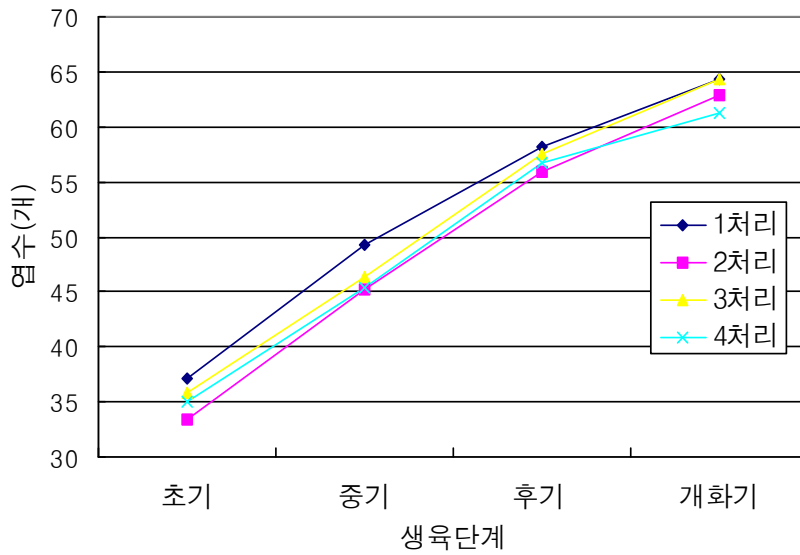


그림 3-22. 신마 재식거리별 생육현황(엽수)

신마의 재식거리별 생육현황(엽장)을 보면 그림 3-23과 같다. 엽장 같은 경우는 조방적으로 재배하는 1처리와 4처리가 가장 양호하였다. 그리고 가장 밀식한 2처리가 엽장이 가장 작았다. 큰 차이가 나지는 않지만 엽방의 크기에 따라 상품성의 차이가 있어 중요하다.

신마 재식거리별 생육현황(엽장)

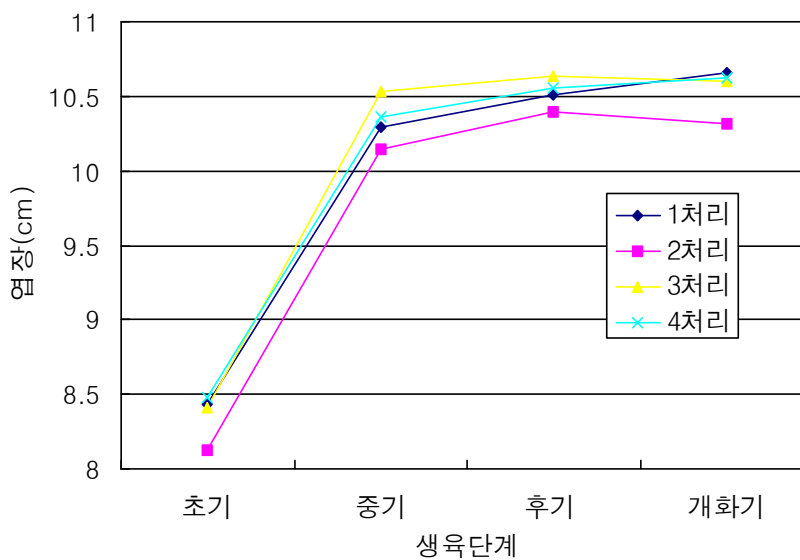


그림 3-23. 신마 재식거리별 생육현황(엽장)

문라이트 재식거리별 생육현황(초장)을 보면 그림 3-24와 같다. 조방적으로 재배한 1처리와 4처리가 초장이 양호하게 나타났다. 상대적으로 밀식재배한 2처리와 3처리는 초장이 작았다. 밀식이 수량은 많이 늘어나지만 상품성이 떨어져 국화 가격에 따라 경제성이 달라진다.

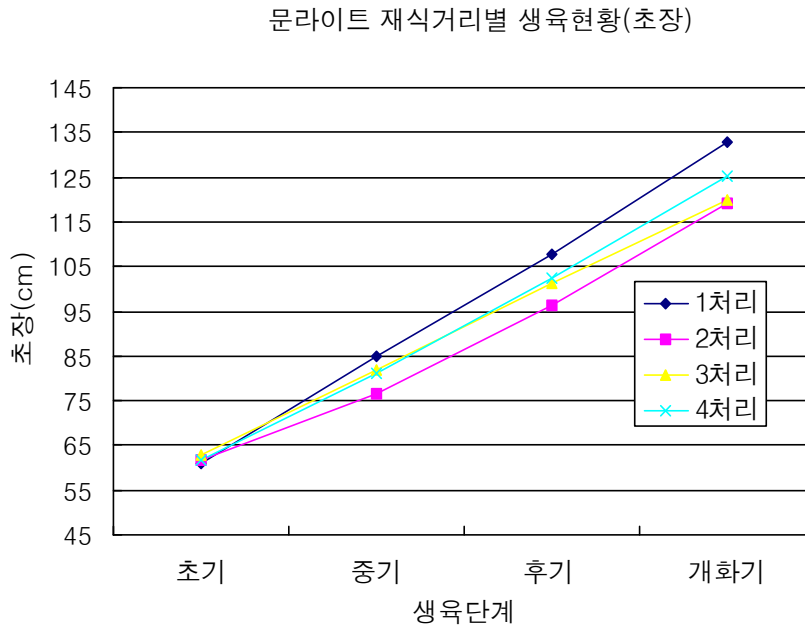


그림 3-24. 문라이트 재식거리별 생육현황(초장)

문라이트 재식거리별 생육현황(엽수)를 보면 그림 3-25와 같다. 역시 1처리가 가장 양호하게 나타났다. 후기에는 3처리가 양호하게 나타났지만 포장이 우거지면서 차광현상으로 광합성이 줄어들면서 엽수가 줄어드는 것으로 사료된다. 그래서 조방적으로 재배한 1처리와 4처리가 엽수가 가장 많은 것으로 나타났다.

문라이트 재식거리별 생육현황(엽수)

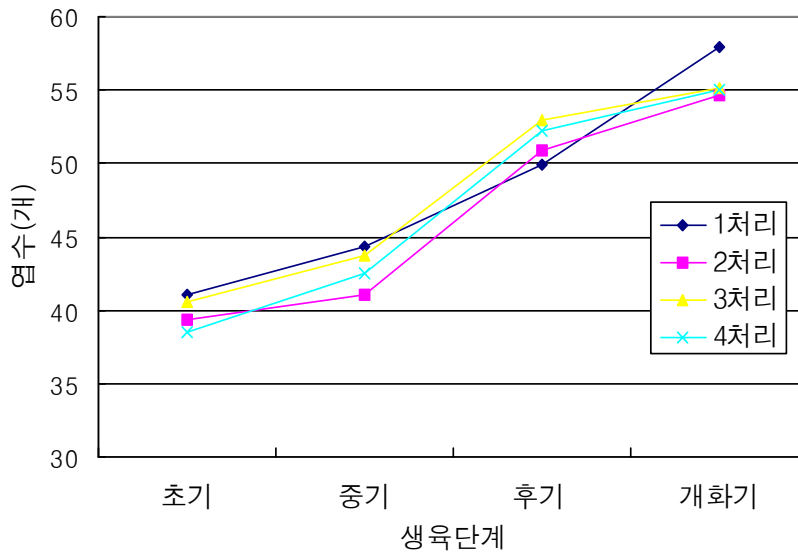


그림 3-25. 문라이트 재식거리별 생육현황(엽수)

문라이트 재식거리별 생육현황(엽장)을 보면 그림 3-26와 같다. 생육초기에는 엽장이 1처리가 작았지만 중기 후기를 거치면서 급격히 성장하여 개화기에는 가장 길은 것으로 나타났다. 다음으로 3처리가 길은 것으로 나타났다. 대체적으로 조방적으로 재배하는 것이 생육은 양호하여 품질이 우수한 것으로 나타났다. 하지만 다른 처리에 비하여 수량이 적다는 단점이 있다. 등급별로 가격차이가 많이 나는 경우에는 상품율이 높은 1처리가 유리하고 등급별 가격차이가 적을 경우에는 밀식재배도 경제성이 있다고 볼 수 있다.

문라이트 재식거리별 생육현황(엽장)

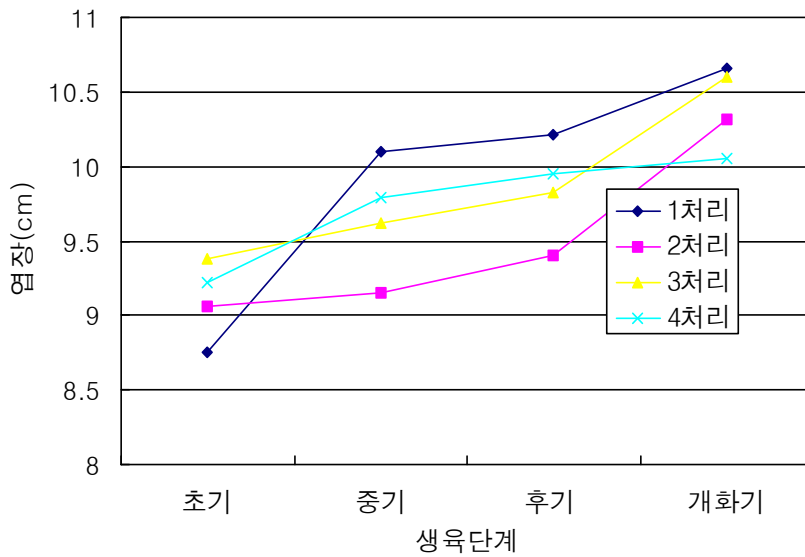


그림 3-26. 문라이트 재식거리별 생육현황(엽장)

표 3-20. 신마 재식거리 처리별 상품율

처리명	상품율 (%)
12×12cm	87.5
6×12cm	56.2
6×12cm (가운데 한칸비움)	64.2
6×12cm (가운데 두칸 비움)	83.3

문라이트 재식거리 처리별 상품율을 보면 신마와 비슷한 경향치를 보였다. 조방적으로 재배한 12×12cm처리구와 6×12cm(가운데 두칸 비움)처리구가 88%, 84.3%로 나와 다른 처리구에 비하여 높게 나타났다.

표 3-21. 문라이트 재식거리 처리별 상품율

처리명	상품율 (%)
12×12cm	88.0
6×12cm	50.0

6×12cm (가운데 한칸 비움)	71.4
6×12cm (가운데 두칸 비움)	84.3

다. <시험 3> 무선센서활용 원격제어장치 실증시험 및 전조등 시험재배

문라이트 생육초기 전조처리별 생육특성을 보면 표 3-22와 같다. 초장의 경우 원형형광등이 55.15cm로 3파장 백열구에 비하여 길었고 경경은 약간 원형형광등이 가늘었다. 그리고 엽수, 엽장, 엽폭은 원형형광등이 3파장 백열구 처리구에 비하여 양호하였다. 이것은 원형형광등의 광원이 3파장 백열구에 비하여 식물체에 민감하게 반응하는 것을 추론할 수 있다.

표 3-22. 문라이트 생육초기 전조처리별 생육특성

처리명	초장(cm)	경경(㎜/주)	엽수(개/주)	엽장(cm)	엽폭(cm)
원형형광등 (54W)	55.15a	6.03a	37.5a	9.02a	5.90a
3파장 백열구 (32W)	50.59a	6.06a	35.5a	8.26a	5.47a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level

신마 생육초기 전조처리별 생육특성을 보면 표 3-23과 같다. 초장의 경우 원형형광등이 47.92cm로 3파장 백열구보다 길었다. 경경은 오히려 약간 3파장 백열구 처리에 비하여 가늘었다. 엽수와 엽폭은 원형형광등에서 양호하였지만 엽장은 3파장 백열구가 더 길은 것으로 나타났다. 두 처리간에 큰 차이가 없었다.

표 3-23. 신마 생육초기 전조처리별 생육특성

처리명	초장(cm)	경경(㎜/주)	엽수(개/주)	엽장(cm)	엽폭(cm)
원형형광등 (54W)	47.92a	5.47a	31.03a	8.49a	5.54a
3파장 백열구 (32W)	45.96a	5.75a	30.8a	8.52a	5.52a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level

문라이트 생육후기 전조처리별 생육특성을 보면 원형형광등이 3파장 백열구에 비하여 초장, 경경, 엽수, 엽장 엽폭 대부분에서 양호한 것으로 나타났다.

표 3-24. 문라이트 생육후기 전조처리별 생육특성

처리명	초장(cm)	경경(mm/주)	엽수(개/주)	엽장(cm)	엽폭(cm)
원형 형광등 (54W)	92.10a	6.26a	57.73a	8.48a	5.71a
3파장 백열구 (32W)	85.38a	6.07a	56.2a	8.10a	5.45a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level

신마 생육후기 전조처리별 생육특성을 보면 표 3-25와 같다. 원형 형광등에서 초장, 엽수, 엽장에서 3파장 백열구에 비하여 양호하게 나타났고 경경, 엽폭은 3파장 백열구가 더 양호하게 나타났다. 신마의 경우는 처리별 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 문라이트는 생육특성에서 뚜렷한 차이를 보인 것과는 대조적이다.

표 3-25. 신마 생육후기 전조처리별 생육특성

처리명	초장(cm)	경경(mm/주)	엽수(개/주)	엽장(cm)	엽폭(cm)
원형 형광등 (54W)	74.36a	6.09a	47.06a	9.97a	5.97a
3파장 백열구 (32W)	73.96a	6.31a	46.4a	9.81a	6.04a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level

문라이트 개화기 생육 및 개화특성을 보면 원형 형광등 처리구가 경경, 엽장, 엽폭, 절화중, 화폭, 엽면적, 화수에서 양호하게 나타났다. 즉 고품질 국화를 생산하는데 있어서 원형 형광등이 유리한 것으로 나타났다. 다만 초장과 엽수는 약간 낮은 것으로 나타났다.

표 3-26. 문라이트 개화기 생육 및 개화특성

처리명	초장 (cm)	경경 (mm/주)	엽수 (개/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	절화중 (g/주)	화폭 (cm)	엽면적 (mm ²)	화수 (개/주)
원형 형광등 (54W)	107.3a	6.59a	53.6a	10.2a	6.11a	106.1a	6.17a	872.9a	28.8a
3과장 백열구 (32W)	107.9a	6.35a	57.6b	9.47a	5.78a	90.5a	6.01a	814.5a	28.0a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level

신마의 개화기 생육 및 개화특성을 보면 원형 형광등 처리구에서 초장, 경경, 엽장, 절화중, 화폭, 엽면적이 양호한 것으로 나타났고 3과장 백열구에서는 엽수, 엽폭만 양호하게 나타났다. 대체적으로 원형 형광등이 3과장 백열구에 비하여 품질이 양호하게 나타났다.

표 3-27. 신마 개화기 생육 및 개화특성

처리명	초장 (cm)	경경 (mm/주)	엽수 (개/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	절화중 (g/주)	화폭 (cm)	엽면적 (mm ²)
원형 형광등 (54W)	118.9a	8.82a	73.76a	12.2a	6.30a	186.0a	12.2a	1932.0a
3과장 백열구 (32W)	118.0a	8.21a	74.06a	11.8a	6.31a	166.3a	11.4a	1710.4a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level

[무선통신 데이터 로거장치 활용]

한스시스템에서 설치한 무선데이터로거 장치로부터 아래와 같은 자료를 다운로드 받을 수 있다. 원격지에서도 하우스 지상부 지하부에 대한 정보를 받을 수 있다. 또한 휴대폰에 정기적인 시간 간격을 설정하여 문자메시지로 하우스내 온습도 정보를 받을 수 있다.

<한스 시스템의 데이터 수집 정보 다운로드 자료>

HR-X

TotalChan:005

IntTime:0060Min

StartTime:2009-03-19 오후 1:14:17

EndTime:2009-04-03 오후 2:14:17

SaveTime:2009-04-03 오후 2:32:36

Battery: 0 %

-Date---	Time	RH(%)	Temp	THER	THER	THER
09 03 19	13 14	57.6	34.2	26.3	5.8	25.9
09 03 19	14 14	52.9	28.5	27.0	5.7	23.8
09 03 19	15 14	54.1	30.6	27.7	5.4	23.4
09 03 19	16 14	55.2	28.2	27.8	5.3	22.3
09 03 19	17 14	68.2	21.6	25.4	6.1	21.1
09 03 19	18 14	76.7	20.9	23.7	6.3	20.9
09 03 19	19 14	74.0	21.5	22.8	6.2	21.0
09 03 19	20 14	66.4	22.5	21.8	6.4	21.0
09 03 19	21 14	64.3	23.3	21.5	6.5	20.9
09 03 19	22 14	61.9	24.4	20.7	6.5	21.0
09 03 19	23 14	62.0	24.5	20.7	6.7	20.8
09 03 20	00 14	71.5	21.8	20.2	6.8	20.2
09 03 20	01 14	76.1	20.2	19.7	6.8	20.1
09 03 20	02 14	75.8	19.2	19.6	6.9	19.8
09 03 20	03 14	75.3	18.7	19.3	6.9	19.6
09 03 20	04 14	71.1	20.4	19.4	7.0	19.4
09 03 20	05 14	57.5	22.7	18.9	6.9	19.7
09 03 20	06 14	69.3	18.0	18.3	7.0	18.9
09 03 20	07 14	55.1	23.6	18.5	7.1	19.2
09 03 20	08 14	67.2	21.1	18.6	7.0	18.8
09 03 20	09 14	63.5	25.8	20.3	6.9	19.0

<국화 계절별 시설환경관리 기준>

가. 봄

1) 광관리

- 봄철에는 광의 세기는 어둡거나 맑은 날 사이뿐 아니라 맑거나 흐린 날 사이에서도 차이가 남.
- 봄에서 여름(3월 1일 기준)으로 갈수록 차광이 필요하나 단순히 광의 세기가 높다고 무조건 스크린을 가동하는 것이 아니라 누적광, 온도, 습도의 연관성을 고려하여야 함.
- 차광스크린(차광망)은 암막 닫히기 전 약 1시간 30분전에 열어 놓음.
- 3~5월까지의 외기가 매우 건조하므로 다른 제어장치(천창, 관수)와 함께 습도의 손실을 방지하기 위하여 스크린을 설치해야 함.

2) 봄철 온도관리

- 야간 스크린을 닫아도 습도가 높아질 위험이 거의 없음.
- 주간에 최대 광량으로 인해 온도가 쉽게 상승하며 천창, 환기장치를 개폐함으로써 온도를 낮출 필요가 있음.
- 동시에 많은 양의 수분이 증발됨.
- 5월로 갈수록 점점 온도가 올라갈 경우에는 스크린, 관수 등으로 습도를 유지하는 상태에서 천창을 열어 환기를 실시함.

3) 봄철 습도관리

- 봄철 온실내 습도는 매우 낮고 야간에는 높은 현상이 발행함.
- 온실내 습도의 이동은 대부분 ① 관수량, 관수시기, 토양배수, 보수력 상태 ② 작물에 의한 증산 ③ 환기에 의해 결정됨.
- 야간에 환기시설이 닫혔을 때 습도가 급격히 상승하므로 하부난방을 실시하여 습도를 낮게 조절함.
- 온도에 따른 최적의 습도관리는 온도 차이에 따른 습도부족표를 참고하여 3~7 단계가 되도록 관리하는 것이 좋음.
- 봄철에는 내/외부간 습도함량의 차이가 급격히 나타날 수 있으므로 이럴때(오전에 환기창이 급격히 열릴때) 갑작스런 증산작용이 높아져 잎의 위조증세 및 일소현상의 위험성이 높아지므로 주야간 습도의 차이를 최대한 줄여 줄이도록 환경관리에 유의함.

4) 봄철 이산화탄소 관리

- 이산화탄소의 공급 없이는 온실내부의 이산화탄소 함량은 외부의 수준보다 더 떨어지게 됨.
- 외부온도 낮아 이른 아침 환기가 어려우므로 CO₂ 공급은 필수적
- 암막이 열리는 1~2시간 전에 공급을 시작하여 4~5시간 기준으로 약 최소 400~800ppm 정도 공급

나. 여름

1) 광관리

- 여름철에는 광의 세기 및 밀도가 높기 때문에 국화재배에 있어서 좋은 조건이 될 수 있으나 온도에 비해 하여서는 국화에 많은 호흡을 야기 시키므로 적절한 차광이 요구되는 시기임.
- 여름철의 광의 세기는 높지만 6, 7, 8월에 긴 장마기간으로 전체적으로 누적광은 낮게 나타날 수 있으므로 차광, 습도, 관수등의 제어가 필요함.
- 여름철 개화하우스 및 정식후 약 2주 정도의 어린 국화의 경우에는 장시간 햇빛에 노출될 경우 극도로 위조현상을 발생하므로 차광시간을 약간 길게 설정함.

2) 온도관리

- 여름철의 경우 주 야간 온도(일평균 23~24℃ 이상)가 매우 높아 제어가 어려우므로 특히 암막하에서는 고온으로 꽃눈분화 및 발달의 지연(최대 약 2주)과 생상탈색, 생리장애를 가져옴.
- 여름철에는 습도가 급격히 낮아 질 수 있으므로 차광스크린 설치 및 포그시설을 이용 미립자를 단기간에 여러번 짧게 살포
- 내부온도가 27℃ 이상시에는 자동으로 포그장치나 팬(Fan)을 가동
- 날씨가 흐리고 습도가 높을 경우에 팬을 가동하면 식물체의 기공을 열어주는 기능을 하여 광합성을 촉진함.
- 자동화가 안될 경우 일출 및 일몰 1시간 전후에 개폐를 실시함.
- 고온으로 인한 미량원소 결핍이 일어나므로 개화촉진을 위해 엽면 살포용 수용성 비료를 살포함.

3) 습도관리

- 장마로 인해 장기간 상대습도가 높을 경우에는 상부관수(스프링클러)을 줄이고 점적관수를 이용하여 관수를 실시
- 장마로 인해 장기간 상대습도가 높을 경우에는 주기적으로 국화의 병원균 감염 여부와 통풍이 안되는 하위엽을 관찰
- 병원균 감염 및 하엽에 황화현상이 심할 경우에는 1차적으로 하부 난방 및 건조 공기를 투입하여 습도를 제어
- 암막스크린이 열리는 오전부터 온도상승과 함께 습도가 낮아지므로 암막이 열리기 전후에 짧게 상부관수(약 1ℓ/m²)
- 오전중에는 어느정도 습도가 유지되나 온도가 높은 오후에는 국화에 스트레스를 주게 되므로 관수를 하지 않는 것이 좋음.

4) 여름철 탄산가스 관리

- CO₂는 암막이 열리는 약 1시간 전부터 온실내 온도가 올라가기 전까지 공급하고 공급농도는 400~800ppm이 적당함.

다. 가을

1) 가을철 광관리

- 가을철에는 광의 세기가 10월 이후에는 점차적으로 약해지므로 차광막은 상황에 따라서 실시함.
- 9월 경우 봄철과 동일하게 외기 온도가 높지 않아서 온도제어가 용이한 편임.

2) 가을철 온도관리

- 대부분 천창만으로도 제어가 가능하므로 주간에 습도 손실을 고려하여 천창 개폐정도를 결정함.
- 저녁에 상대습도가 높을 경우에는 난방과 함께 환기를 동시에 실시하여 상대습도를 낮춰줌.
- 가을철에는 야간 및 새벽에 관수(두상관수)를 할 경우에는 대기보다 작물체 온도가 낮아져서 흰녹병 발병률이 높아지게 되므로 일기상황을 잘 고려하여 두상관수 후 작물은 반드시 저녁 암막스크린이 닫히기 이전에 건조하게 관리되어야 함.

3) 가을철 습도관리

- 가을철에는 외부와 내부간의 습도가 큰 차이가 나타남.
- 대체적으로 주간에는 습도가 매우 낮고 야간에는 습도가 높으나 겨울철으로 갈수록 오전에 습도가 점점 높아짐.
- 야간에 환기시설이 닫혀있을 때 습도가 급격히 상승하므로 하부난방을 실시하여 습도를 낮게 관리함.
- 하부난방은 약 오전 6~8시까지 실시함.
- 야간에 높은 습도는 흰녹병 발생 확률이 높으므로 야간에 습도가 80~90% 이상이 되지 않도록 관리함(하부난방 실시)
- 꽃눈 만드는 기간에 난방온도를 낮추거나 가동을 멈추게 되면 흰 녹병이 발생될 확률이 크기 때문에 주의하여야 함.

4) 가을철 탄산가스 관리

- 오전에는 외부온도가 낮으므로 환기창이 늦게 열리거나 환기율이 낮으므로 CO₂ 공급은 필수적임.
- 공급농도는 봄, 여름, 겨울과 동일하게 설정함.

라. 겨울

1) 겨울철 광관리

- 겨울철에는 광이 부족하므로 11월부터 1월까지의 <표 12>를 참조하여 새벽 조조를 실시해야 함.
- 온도를 위하여 지나친 보온용 스크린을 닫게 되면 광합성량이 줄어 오히려 광의 부족으로 인한 경제적 피해가 크다고 볼 수 있으므로 태양광이 있는 한 최대한으로 이용하여야 함.

- 겨울철에는 저광조건에서 안토시아닌에 의해 고정된 분홍색, 오렌지색, 적색, 브론즈색등의 색상은 문제가 발생할 수 있음(화색발현이 잘 않됨.)
- 낮은 광도 및 낮은 온도에 의한 작물체에 미량요소 결핍이 일어날 수 있으므로 엽면살포용 액비를 사용함.

2) 겨울철 온도관리

- 겨울철에는 난방과 함께 최소한의 환기를 실시
- 오전에 환기를 시키고자 할 때에는 온도가 급격히 떨어지지 않는 조건에서 천창을 수동으로 조금 환기를 실시함.
- 스프링클러로 관수할 경우 작물은 반드시 저녁 암막스크린이 닫히기 이전에 식물체 표면을 건조하게 관리하여야 함.
- 천창은 불필요하게 열어서는 않되는데 온실내 온도가 급격히 떨어지면 온도가 내려가므로 작물이 회복하는데 많은 시간이 듦.
- 저온 관리시에는 국화가 좀 더 콤팩트(초장은 다소 짧고 비교적 튼튼한 형태)하게 되지만 긴 생육기간이 요구됨.(생육이 불균일해질 가능성이 높아진다)
- 저온(12~13℃미만)이 장기간 지속시에는 일부 품종에서 버들눈 발생으로 분지 및 개화불능 현상이 일어날 수 있음.
- 온도가 매우 낮을 경우에는 전조시간을 늘리고 스크린 시간을 연장할 수 있음.

3) 겨울철 습도관리

- 주 · 야간에 습도가 많이 높아지므로 환기 및 난방은 동시에 실시
- 주간에도 광 세기가 약할 경우에는 온실내 온도가 올라가지 않아 환기가 잘 이루어지지 않아서 습도가 높아질 수 있으므로 난방을 실시
- 습도를 낮춤으로써 증산이 촉진되는데 난방과 환기의 상호연관에 의해 흐린 시기에 난방과 환기를 통한 증산은 맑은 날과 같은 전환을 가져옴.
- 야간에 높은 습도는 흰녹병에 발생 확률이 높으므로 야간에 습도가 80~90%이상 되지 않도록 관리함(하부난방 실시).

<국화 계절별 관수량>

- 관수량은 봄 · 가을 15 ℓ / m², 여름 20 ℓ / m², 겨울 10 ℓ / m²

5. 적요

국화의 시설재배시 생육단계별로 최적 양액농도 구명을 위하여 농가가 선호하는 품종 스탠다드 신마 그리고 스프레이는 문라이트를 공시하여 시험한 연구 결과는 아래와 같이 요약할 수 있다.

- 가. 생육초기 문라이트는 4처리에서 초장, 경경, 엽장에서 타 처리에 비하여 우수하였다. 즉 EC를 1.2로 처리하였을때 생육이 양호한 것으로 나타났다. 신마는 1처리인 EC 0.6에서 경경, 엽수, 엽폭이 양호한 것으로 나타났다.
- 나. 생육중기 문라이트는 초장은 4처리가 가장 길었고 경경과 엽수는 2처리가 가장 높았다. 신마의 경우는 초장, 경경, 엽수 모두 2처리가 가장 양호하였다.
- 다. 생육후기 문라이트는 경경에서 4처리가 높았지만 미미했고 엽수는 대체적으로 양액농도가 낮은 1처리와 2처리가 양호했다. 신마의 경우 생육후기 처리별 특성을 비교하면 초장, 경경, 엽수 모두 2처리에서 가장 양호하였다.
- 라. 수확후 생육 및 개화 특성 조사 결과 1처리에서 초장, 화중, 절화 중, 화수가 양호하게 나타났다. 2처리에서는 경경, 엽수, 화폭, 엽면적이 높게 나타났다. 신마의 경우는 수확후 생육 및 개화 특성 조사 결과 2처리에서 초장, 경경, 화중, 절화 중, 화폭에서 양호한 것으로 나타났다.
- 마. 시험포장 생육초기와 생육후기 토양분석 실시한 결과 EC는 소폭 증가하였고 처리간 차이는 미미했다. 유효인산 함량과 유기물 함량은 줄었고 치환성양이온 중 칼슘과 마그네슘은 증가했다.
- 바. 적정 재식거리 구명 시험결과 신마는 수확후 생육 및 개화특성을 보면 재식거리 12×12cm 처리구가 엽수, 엽장, 절화중, 엽면적에서 가장 양호한 것으로 나타났다. 다음으로 6×12cm(가운데 한칸비움)처리구가 엽폭과 화폭에서는 양호하였다.
- 사. 문라이트 수확후 생육 및 개화특성 조사결과 12×12cm처리구가 초장, 경경, 엽수, 엽장, 절화중, 엽면적, 화수에서 양호하였다.
- 아. 신마 재식거리 처리별 상품율을 보면 12×12cm처리구가 87.5%로 높았으며 6×12cm(가운데 두칸비움)처리구가 83.3%를 나타냈다.

자. 문라이트 재식거리 처리별 상품율을 보면 신마와 같은 경향이었으며 12×12cm처리구가 88%, 6×12cm(가운데 두칸 비움)처리구가 84.3%를 나타냈다.

차. 한스시스템에서 개발한 무선데이터로거 전송장치(CDMA)는 원격지에서 하우스 내 온습도, 지하부 토양 수분함량 등을 받아 볼 수 있는 시스템으로 실증되었다. 앞으로도 많은 보완을 통하여 농가가 손쉽게 사용할 수 있도록 하면 유용한 장치가 되어 농가에게 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연구개발 목표 달성도

구분 (연도)	연구개발의 목표	연구개발의 내용	목표 달성도(%)
1차년도 2008	<p>■ 원격 관리 시스템 요소 설계</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 상용 시스템 조사/분석 ○ 시스템 개념 설계 ○ 제어인자 선정 ○ 원격 모니터링 및 제어 단말기 선정 ○ 통신방식 및 프로토콜 결정 ○ 통합 관리 S/W 설계 ○ 통합제어기 회로 설계 	100
	<p>■ 지상/지하부 센서 적합성 구명 및 무선 네트워크 설계</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 상용 센서 조사/분석 ○ 적합성 검토 및 측정 인자별 센서 선정 ○ 네트워크 설계 및 설계인자 기초시험 ○ 센서별 응답특성 구명 ○ 무선 통신 방식 선정 	100
	<p>■ 국화 재배 토양 환경 조건 기준 구명</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생육 단계별 양/수분 흡수 특성 ○ 재식밀도별 양/수분 흡수 특성 ○ 국화 종류별 양/수분 흡수 특성 	100
2차년도 2009	<p>■ 통합 원격 관리 시스템 제작, 문제점 보완 및 평가, 실용화/사업화</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 작업제어 요소 제작 ○ 환경제어 요소 제작 ○ 통합제어기 제작 ○ 개별 요소 성능 시험 및 문제점 도출 ○ 원격 관리 시스템 문제점 보완 ○ 신뢰성, 현장 적용성 평가 ○ 사업화 준비 	100
	<p>■ 무선 센서 네트워크 제작, 문제점 보완 및 평가, 실용화/사업화</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무선 통신 모듈 제작 ○ 센서 소그룹별 네트워크 구성 ○ 통합 센서 네트워크 구성 ○ 데이터 송/수신 성능시험 ○ 무선 센서 네트워크 문제점 보완 ○ 신뢰성, 현장 적용성 평가 ○ 사업화 준비 	100
	<p>■ 국화 온실 기상 환경 조건 기준 구명, 통합 시스템 국화 생산 효과 검증</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 광 환경 조절 기준 설정 ○ 온도/습도 기준 설정 ○ 통합 시스템 현장 적용 ○ 국화 수량 및 품질 평가 ○ 사용자 편의성 평가 ○ 경제성 평가 	100

제 2 절 대외기여도

본 과제의 성공적 수행을 통한 대외기여도를 학술적, 사회적, 경제적 측면에서 살펴볼 수 있다.

학술적 측면으로는 수입에 의존하고 있는 시설원예 기자재 주요 기종인 지상부/지하부 및 환경 센서 네트워크, 원격관리 통합 시스템 기술을 국내 기술로 보유가능하게 되었다. 또한 개별요인제어, On/Off 제어 등 국내 시설원예 기술을 생육 단계별 최적 통합 제어로 발전시킴으로써 세계적인 기술력의 수준을 확보하게 되었다. 아울러 개발기술 모듈화, 옵션화를 통하여 국화 생산 시설 이외의 타 시설 생산 품목에 응용 가능하며 특히 IT 기술을 이용한 시설농업의 과학화, 정보화, 첨단화에 기여하는 바가 클것이라 예상된다.

사회적인 측면에서 볼 때 본 기술의 개발 과정에서 수행한 농가 지도 및 대외 홍보 활동을 통하여 국화 시설 원예 현장에 접목 가능한 첨단 기술을 소개함으로써 생산성 및 품질향상을 기대하고 있는 현장 전문 인력의 기대에 부응함과 동시에 유사 작목 생산 현장에서의 기술 도입 수요를 증가시키는데 크게 기여할 수 있으리라 예상된다.

경제적 측면으로는 지속적으로 성장하고 있는 시설농업의 필수 기자재인 환경정보 측정 센서와 관리장치 핵심기술을 국산화, 산업화하여 경쟁력 강화에 기여할 수 있다. 또한 국화생산 농자재, 에너지, 비용 절감과 품질향상으로 소득향상 및 수출 경쟁력 강화할 수 있으며 나날이 증가하고 있는 시설원예 기자재 등의 생물생산시설시스템 시장규모에 대처할 수 있는 국내 관련기업 및 산업 활성화에 기여할 것이다. 마지막으로 재배이력에 대한 정보가 소비자 또는 대외 무역 현장에서 품질 인증 근거로 요구될 전망이므로 본 연구결과가 화훼산업 경쟁력 강화에 크게 기여할 것으로 판단된다.

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제 1 절 연구개발 성과 요약

- 경제적 효과
 - 농가지도 기업명 : 국화체험반 교육 2회

- 논문게재·발표 등
 - 해외학술지 게재 1 건
 - 국내세미나 발표 1 건

- 인력양성효과
 - 석 사 1 명
 - 박 사 명
 - 기 타 1 명

- 매스콤등의 PR 4 건

제 2 절 연구 개발 성과 및 활용계획

○ 농가지도 (2009년 6월, 2010년 6월)



국화의 고품질 생산기술

참고자료

- ◆ 농림기술개발과제
- ◆ 과제명 : 무선 센서 네트워크를 이용한 원격 자동화 국화 생산시스템 개발
- ◆ 세부과제명 : 국화 생육단계별 최적제어기준 설정 및 통합시스템 효과 검증

➢ 생육단계별 양액농도별 처리내용(4처리)

1. 생육초기(0.6), 생육후기(0.8)
2. 생육초기(0.8), 생육후기(1.0)
3. 생육초기(1.0), 생육후기(1.2)
4. 생육초기(1.2), 생육후기(1.4)

○ 해외학술지 게재

2010년 CIGR 국제 농공학회에 다음의 논문을 발표함



XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR)

Hosted by the Canadian Society for Bioengineering
(CSBE/SCGAB) Québec City, Canada June 13-17, 2010



Remote sensor networks for protected chrysanthemum production

Hyun kwon noh¹, sun ok chung²

¹ Chungbuk National University, Chungju, Republic of Korea

² Chungnam National University, Daejeon, Republic of Korea <

Corresponding author: Voice: +82-43-261-2581, Email:

CSBE101419 - Presented at Section III: Equipment Engineering for Plant Production Conference or Symposium

Abstract Chrysanthemum is one of the popular flowers in Korea and Japan especially in funeral. Most chrysanthemums are cultivated in indoor facility. The environmental factor such as temperature, humidity, light, water, and nutrient are critical for affecting yield and quality of chrysanthemum. Hence farmers need to stay around the chrysanthemum facility to monitor and control of these factors. To solve these problems and relieve the labour, remote sensor network for monitoring these environmental and operational factors would be a preferable option. In this research, a remote sensor network for protected chrysanthemum production was designed so that farmer could monitor the environmental factors. Important environmental and operational factors were selected and monitored through wireless sensor network (ZigBee & CDMA). Then, those factors were provided as control factors for controlling of remote control system.

Keywords: Chrysanthemum, environmental monitor, remote sensor networks.

2020년 한국원예학회 춘계학술발표회에 제출함.

국화 생육단계에 따른 양액농도별 생육특성 분석

이철휘^{1*} 정선옥² 노현권³ 최원춘⁴ 김학헌⁴ 박하승¹ 원미경¹ 안종범¹·인민식¹
(¹충남농업기술원 예산국화시험장, ²충남대학교, ³충북대학교, ⁴충남농업기술원)

The Effect of Nutrient Solution Concentration as Growth Stage of
Chrysanthemum

Cheol-Hwi Lee¹ Sun-Ok Chung² Hyun-Kwon Noh³ Won-Chun Choi⁴ Hak-Hun Kim⁴
Ha-Seung Pak¹, Mi-Kyoung Won¹, Jong-Beom Ahn¹ and Min-Sik In¹

¹Yesan Chrysanthemum Experiment Station, Chungcheongnam-Do ARES, Yesan
340-915, Korea, ²Chungnam National University, ³Chungbuk National University

⁴Chungcheongnam-Do Agricultural Research & Extension Services, Yesan 340-861,
Korea

본 시험은 국화의 시설재배시 원격 무선 자동화 네트워크 시스템을 설치하는데 있어서 최적 제어기준을 설정할 수 있는 자료를 제공하고자 시험을 수행하게 되었다. 이 제어기준 중에서 본 시험은 국화의 고품질 생산을 위하여 필요한 최적 양액 농도를 설정하기 위하여 시험을 수행하였다. 이 시험을 위하여 문라이트(스프레이), 신마(스탠다드)를 시험품종으로 활용하였다. 생육단계는 두단계로 나누어 정식후 40일 까지를 생육초기, 정식후 40일 이후를 생육후기로 하였다. 그리고 양액농도 (ds/m)를 생육초기와 생육후기로 두단계로 나누어 1처리(0.6, 0.8), 2처리(0.8, 1.0), 3처리(1.0, 1.2), 4처리(1.2, 1.4)로 처리하였으며 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 배치하였다. 시험연구 결과를 보면 문라이트의 경우 생육초기에는 4처리에서 초장, 경경, 엽장에서 타 처리에 비하여 양호 하였지만 처리간 통계적 유의적 차이는 없었다. 신마의 경우는 초장은 2처리에서 가장 양호하였다. 그리고 1처리에서 경경, 엽수, 엽폭이 양호하게 나타났다. 수확후 생육 및 개화특성 조사결과 문라이트는 1처리에서 초장, 화중, 절화중, 화수가 양호하게 나타났다. 2처리에서는 경경, 엽수, 화폭, 엽면적이 높게 나타났다. 특히 화폭의 경우는 3, 4처리에 비하여 통계적 유의성 있게 차이가 있는 것으로 나타났다. 엽면적도 4처리와는 통계적으로 유의성있게 차이가 있는 것으로 나타났다. 상품성에 영향을 미치는 화폭, 엽면적이 높게 나타나 2처리가 고품질 국화를 생산하는데 적절한 것으로 사료된다. 그리고 개화순서는 3처리, 2처리, 4처리, 1처리 순이었다. 신마의 경우는 2처리에서 초장, 경경, 화중, 절화중, 화폭에서 양호한 것으로 나타났다. 특히, 엽수와 화중에서 통계적으로 유의성 있게 타 처리에 비하여 유의적으로 차이가 있는 것으로 나타났다. 개화는 문라이트에 비하여 10일 늦게 피었으며 개화순서는 문라이트와 같은 패턴이었다.

국화도 원격재배 시대 ‘활짝’

충남도농기원, 유비쿼터스 생산장비 개발 품질 향상·관리 비용 절감 등 효과 기대

예산유비쿼터스 개념을 도입한 첨단 국화 원격재배 시스템이 충청지역 연구진들에 의해 개발됐다.

11일 충남도농업기술원에 따르면 고품질 국화 생산 등 정밀농업 실현을 위해 충청지역 연구진들이 2년여 동안 연구한 끝에 유비쿼터스 개념을 도입한 첨단 농업장비인 '국화 무선 센서 원격 생산 시스템'을 개발했다. 이 시스템은 지난 2008년부터 충남도농업기술원 예산국화시험장과 충남대학교, 충북대학교, 한스시스템(주) 등

산학연이 공동으로 참여해 연구한 결과, 개발에 성공했다.

원격 시스템은 국화 생산 시설하우스의 실내온도와 습도, 지하부 온도 등 생육환경 정보를 원격지에서 무선 인터넷과 모바일폰으로 받아볼 수 있도록 실시간으로 전송하고 농업인들은 이 정보를 토대로 시설하우스의 최적생육 환경 유지를 위한 환경 조절 등을 원격지에서 관리할 수 있는 첨단 농업장비이다.

유비쿼터스 개념을 도입한 이 시스템이

개발됨으로써 대규모 시설 재배 시대에도 생육환경을 자동으로 정밀 관리할 수 있게 돼 고품질 생산은 물론 생육환경 관리 비용 등도 크게 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

연구진들은 앞으로 수요 분야를 지속적으로 확대시켜 시스템 생산단가를 낮춘 뒤 농업인들에게 본격적으로 보급할 계획이다.

충남도농업기술원 예산국화시험장 관계자는 "이번 첨단 농업장비 개발은 그동안의 관행적인 농업에서 탈피해 우리 농업이 한 차원 뛰어넘어 미래 농업으로 발전하는 기회를 가져다 줄 것"이라며 "앞으로 우리 농업의 환경관리 생력화와 생산성을 높일 수 있도록 첨단 농업기기 개발과 실용화에 노력하겠다"고 말했다.

이석호 기자 iholee@daejeon.go.kr

“첨단 농업장비 농업인이 쉽게 활용해야”

도농기원, 무선센서 네트워크 이용 국화생산 원격 시스템 개발 시연회

충남도농업기술원(원장 손종택)은 국화 고품질 생산에 따른 정밀농업 실현을 위해 유비쿼터스 개념을 도입한 '무선센서 원격 시스템'을 개발했다고 밝혔고 지난 10일 국화시험장에서 농업인, 관련업체, 관계공무원 등 40여명이 참석한 가운데 시연회를 가졌다.

그동안 우리나라 첨단 농업장비 개발 수준은 시설환경의 원격 제어 기술 실용화는 초기단계로 센서 등 주요기재는 거의 수입제품에 의존해 온 실정이다. 그러나 우리나라 무선네트워크, 원격제어 등 IT 분야의 첨단기술은 국제 경쟁력이 있는 것으로 나타났다.

이번에 개발한 무선 센서 네트워크를 이용한 국화 생산 원격 시스템은 지난 2008년부터 국화시험장, 충남대, 충북대, 한스시스템(주) 등 산학연이 공동으로 연구 노력한 결과 개발에 성공해 관심있는 농업인들에게 선보였다.

원격 시스템은 국화 생산지인 시설하우스의 실내온도, 습도, 지하부 온도 등 생육환경 정보를 실시간으로 전송해 원격지에서 무선 인터넷과 모바일폰으로 받아 볼 수 있고, 또 원격지에서는 시설하우스의 최적 생육환경 유지를 위한 환경 조절이 관리가 가능하다.

이같은 첨단기술을 이용한 농업용

장비는 대규모 시설재배도 생육환경을 자동으로 정밀관리를 가능하게 해주고 생육환경 관리비용을 크게 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

유비쿼터스 개념을 도입한 이 농업장비는 첨단기술을 활용한 농업기술도 농업인들에게 친숙한 농업을 탈피하는 기회를 가져다 줬으며 이번시연회를 통해 영농현장에서 농업인이 쉽게 활용할 수 있도록 국화 시설 재배지에 직접 설치해 놓고 사용자 문제점과 개선내용을 알아보는 기회 가졌다.

개발 업체인 한스시스템(주)은 첨단 농업장비의 지속적인 개발을 위해서 농업인의 많은 수요가 있어



아 단가를 낮출 수 있다고 말하고 농업인들이 관심을 가지고 많이 사용해 줄 것을 요청했다. 한편 도농기원관계자는 "이번 시연회를 통해 우리 농업이 한차원 뛰어넘는 미래 농업으로 발전하는

기회가 될 것으로 본다"며 "이러한 첨단기술 농업기기가 하루빨리 농가에 실용화돼 농가의 환경관리 생력화와 생산성을 높이는 데 기여했으면 한다"고 말했다.

/한대국 기자

국화재배 유비쿼터스로 해결한다

충남도, 국화생산 원격 시스템 개발

충청남도농업기술원(원장 손종목)은 국화고품질 생산에 따른 정밀농업 실현을 위해 유비쿼터스 개념을 도입한 '무선센서 원격 시스템'을 개발 했다고 밝히고 지난 10일 국화시험장에서 농업인, 관련업체, 관계공무원 등 40여 명이 참석한 가운데 시연회를 가졌다.

그동안 우리나라 첨단 농업장비 개발 수준은 시설환경의 원격 제어기술 실용화는 초기 단계로 센서 등 주요기자재는 거의 수입제품에 의존해 온 실정이다. 그러나 우리나라 무선네트워크, 원격제어 등 IT 분야의 첨단기술은 국제 경쟁력이 있는 것으로 나타났다.

이번에 개발한 무선 센서 네트워크를 이용한 국화 생산 원격 시스템은 2008년부터 국

화시험장, 충남대, 충북대, 한스시스템(주) 등 산학연이 공동으로 연구 노력한 결과 개발에 성공해 관심있는 농업인들에게 선보였다.

원격 시스템은 국화 생산지인 시설하우스의 실내온도, 습도, 지하부 온도 등 생육환경 정보를 실시간으로 전송해 원격지에서 무선인터넷과 모바일폰으로 받아 볼 수 있고, 또 원격지에서는 시설하우스의 최적 생육환경 유지를 위한 환경 조절이 관리가 가능하다.

이러한 첨단기술을 이용한 농업용 장비는 대규모 시설재배도 생육환경을 자동으로 정밀관리를 가능하게 하고, 생육환경 관리비용을 크게 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

개발 업체인 한스시스템(주)은 "첨단 농업



장비의 지속적인 개발을 위해서 농업인의 많은 수요가 있어야 단가를 낮출수 있다"고 말하고 농업인들이 관심을 가지고 많이 사용해 줄 것을 요청했다.

충남도 관계공무원은 "이번 시연회를 통해 우리 농업이 한차원 뛰어넘는 미래의 농업으로 발전하는 기회가 될 것으로 본다"며 "이러한 첨단기술 농업기계가 허투랄리 농가에 실용화 돼 농가의 환경관리 생력화와 생산성을 높이는데 기여했으면 한다"고 견해를 밝혔다.

황제현 기자

무선 네트워크 이용 국화 원격생산 시연

충남도농업기술원

무선 네트워크를 이용하여 국화를 생산하는 '무선센서 원격시스템'이 개발돼 관심을 끌고 있다.

충남도농업기술원은 최근 "국화고품질 생산에 따른 정밀농업 실현을 위해 유비쿼터스 개념을 도입한 무선센서 원격시스템을 개발했다"고 밝히고 지난 10일 예산국화시험장에서 시연회를 가졌다. 이번에 개발한 국화 생산 무선센서 원격시스템은 2008년부터 예산국화시험장과



충남도농업기술원의 한 관계자가 국화 무선센서 원격조정시스템을 설명하고 있다.

충남대, 충북대, 한스시스템(주) 등 산·학·연이 공동으로 연구 노력한 결과물이다.

시연회에서 선보인 무선센서 원격시스템은 국화 생산지인 시설하

우스의 실내 온도, 습도, 지하부 온도 등 생육환경 정보를 실시간으로 전송해 원격지에서 무선인터넷과 모바일폰으로 받아 볼 수 있다.

예산=윤광진 기자 yoonkj@agrinet.co.kr

○ 핵심기술 또는 성과물의 내용

핵심기술 또는 성과물의 내용	수준			
	세계 유일	선진7개국	우리실정에 맞게 변경	기타
① 시설원에 센서 네트워크 기술		달성		
② 시설환경 및 작업 제어 시스템		달성		
③ 원격 관리 및 자동 생산 시스템		달성		
④ 저투입 친환경 정밀 화훼 생산		달성		

○ 연구 성과 종합

(단위 : 건수)

구분	특허출원	특허등록	신제품등록 등 (유전자원 등 포함)	논문		기타
				국외(SCI)	국내	
목 표	3	3		3	6	
성과				1(비SCI)	1	
진행중	3	3		2	5	
달성률(%)	100	100		100	100	

○ 연구결과 활용 목표

(단위 : 건수)

구분	기술이전	상품화	정책자료	교육지도	언론홍보	기타
활용목표	3	3	1	5	5	
달성률(%)	100	100	100	100	100	

제 3 절 사업화 전략

- 연구개발된 모듈 및 통합 시스템의 지적재산권을 확보하고, 학술논문을 발표하여 학술적인 홍보를 수행
- 국내/외 박람회, 전시회 등에 출품하여 홍보
- 중앙정부, 지자체의 사업과 연계하고, 국화 생산자 협의회 등으로부터 수요자의 의견을 수렴하여 수정/보완을 통하여 지속적인 경쟁력 확보
- 통합시스템 보급과 더불어 농가에서 필요로하는 일부 기능을 수행하는 모듈을 저가로 보급하여 경쟁력 확보
- 오류작동시의 대비책으로 원격제어의 오류에 대하여 경고 기능 보강: 예를 들어, 온도 조절을 위하여 창개폐를 수행하였으나 제어가 이루어지지 않은 경우라도, 미리 설정한 온도 범위를 벗어날 경우 사용자에게 경보를 주는 장치를 추가

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. 네덜란드 재배 온실 자동화시설 정보수집

선진국의 시설재배 자동화시설의 정보를 수집하기 위하여 2010년 6월 13일부터 6월 21까지 9일간 네덜란드 유리온실을 견학하였다.

일 자	방문기관	주요내용
6월 14일	- 절화 화훼경매장, - Preesman(육종업체)	- 시장 판매현황, 육종정보 수집
6월 15일	- Fides (육종업체) - Deliflor(육종업체)	- 우리품종 테스트 현황 파악 - 유전자원 수집 협의
6월 16일	- VZC(절화국 육종업체) - Floricultura(육종업체)	- 육종기술, 유전자원 정보 - 분화 판매 정보
6월 17일	- De ruiter(육종업체) - Lex(육종업체)	- 육종기술 수집 - 육종 운영체제 기술습득
6월 18일	- OP Holland(분화 판매)	- 육종 트렌드 수집
6월 19일	- 와게닝겐 대학교 (식물과학연구소)	- 화훼 연구시설 및 현장견학
6월 20일	- 알스미어화훼경매장 네덜란드 ⇒ 한국	- 국화 유통현장 및 마케팅 관련 정보수집

작목은 거베라, 국화, 난, 장미 등을 재배하는 온실을 방문하였다. 유리온실의 시스템은 거의 모든 작업이 자동화가 되고 있었다. 온습도 관리는 물론이고 관수시설, 차광, 전조 등이 자동화되어 대규모 재배를 하는 것이 가능하였다. 국화의 경우 양액, 수분관리가 일정하여 생육이 일정하고 개화가 일시에 되어 수확작업이 원활하였다. 그리고 노동의 생력화로 대규모재배가 가능하기 때문에 세계에서 경쟁력있는 농업경영체가 된 것이라고 생각했다. 거베라 재배 유리온실을 견학했을때 수확작업도 운반기가 있는데 센서가 부탁되어 가까이 가면 자동으로 움직인다. 사람이 밀지 않아도 레일위로 자동으로 다닌다. 장미농장도 승용 수확기를 타고 수확작업을 하을 하도록 하여 노력의 강도를 낮추어 편농효과를 가져다 준다.



난의 재배 유리온실의 경우 거의 완전 자동화로 3,000평을 재배하는데 이것은 농장이 아니라 공장이었다. 생육단계별로 베드가 옮겨지는데 로봇이 밤에 사람이 없을때 다 수행한다고 하였다. 그리고 관수도 베드가 레일로 순환하여 무인 관수를 수행하고 있었다. 네덜란드의 경우 인건비가 비싸지면서 생산비를 줄이기 위하여 끊임없이 자동화 시설 개발에 연구를 계속하고 있다. 그리고 학교에서도 실제로 할 수 있는 실용화 기술 중심으로 교육을 시킨다고 하였다. 그래서 농대에서도 엔지니어 기술을 교육시켜 온실에 농사지으러 가면 응용력을 발휘하여 온실에 맞는 자동화 시설을 개발한다고 하였다. 우리나라도 이러한 시스템으로 바꾸어 미래 농업인에게 다양한 기술을 교육하여 첨단 농업을 선도하는 농업인을 양성하는데 집중하였으면 한다.

2. 네덜란드 와게닝겐대학교(식물과학연구소) 방문

와게닝겐대학은 1998년부터 네덜란드 농업연구청과 공동으로 연구하고 있는데 이들을 아울러서 와게닝겐대학 중심으로 지칭한다. 2005년 농업 및 농촌과학기술분야에서의 고등과학교육기관인 반홀라렌스타인이 WUR에 참여하여 WUR에는 와게닝겐대학, DLO, Van Hall Larenstein이 교육과 연구를 병행한다.

와게닝겐대학에는 9개의 연구소에서 기초 및 응용연구를 수행하고 있다. 농업기술 및 식품과학연구소, 동물과학부내 4개 연구소, 경관, 자연, 토양, 물연구소, 식물과학연구소, 농업경제연구소(LEI), 식품안전연구소, 해양연구소, 와게닝겐국제 등 9개 연구소이외에 10개의 식물시험장과 9개의 동물시험장 등이 있다. 이중에 우리가 방문한 연구소는 식물과학연구소이다. 네덜란드의 경우 민간에서 육종업체가 활발하게 육종을 하고 있기 때문에 대학에서는 육종방법, 기술개발에만 집중한다고 하였다. 그리고 현재는 분자육종, 분자마커 개발과 같은 분자 생물학이 연구소에서 집중 투자하고 있다고 하였다. 와게닝겐대학은 세계대학 랭킹 20위안에 들 정도로 실

력 있는 대학으로 평판을 받고 있다. 이러한 지위를 지키기 위하여 연구원들은 세계적인 논문지에 기고를 한다고 하였다. 이러한 지위가 올라가면 공공재단이나 농업인 단체에서 연구 과제를 비례적으로 부여한다고 하였다. 그리고 네덜란드와 우리나라 차이는 네덜란드 사람이 모든 생활에서 합리적이라고 하였다. 일례로 회의하는 것을 보면 우리는 회의 자료 만드는데 많은 시간을 소비하는데 이들은 연습장 하나만 지참하고 주로 대화로 해결한다고 하였다. 이러한 합리적이고 실용적인 생활습관이 나라는 크지 않지만 경제적으로 부강한 국가를 만든 초석이라는 판단되었다.

제 7 장 참고문헌

1. 충남대학교

장호성, 2009, "웹에 기반한 원격 감시 및 제어장치의 구현", 한국산학기술학회논문지 vol.10, No.1, pp.140-145

Luca Bencini, Giovanni Collodi, Davide Di Palma, Antonio Manes, Gianfranco Manes, 2009, "Advanced Distributed Monitoring System for Agriculture based on Wireless Sensor Network Technology", 7th World Congress on Computers in Agriculture and Natural Resources Conference Proceedings 22-24 June 2009

이동훈, 이규승, 장영창, 2008, "시설재배 토양의 수분 조절을 위한 자동 수분제어시스템 개발", 바이오시스템공학 vol.33, No.2, pp.115-123

서종성, 강민수, 김영곤, 심춘보, 주수종, 신창선, 2008, "센서네트워크를 활용한 유틸리티 온실관리시스템 구현", 한국인터넷정보학회 제9권 제3호

이용철, 조성언, 오창현, 2008, "무선 센서 네트워크를 이용한 농작물 모니터링 시스템 구현", 한국항행학회 논문지 제12권 제4호

G. Vellidis, M. Tucker, C. Perry, C. Kvien, C. Bednarz, 2008, "A real-time wireless smart sensor array for scheduling irrigation" Computers and Electronics in Agriculture 2008, pp.44-50

Y W Zhu, X X Zhong and J F Shi, 2006, "The Design of Wireless Sensor Network System Based on ZigBee Technology for Greenhouse", Journal of Physics: Conference Series 48, pp.1195-1199

Luciano Gonda, Carlos Eduardo Cugnasca¹, 2006, A Proposal of Greenhouse Control Using Wireless Sensor Networks, Computers in Agriculture and Natural Resources, 4th World Congress Conference, Proceedings of the 24-26 July 2006

조원근, 유대훈, 최웅철, 이승형, 정광수, 2006, "센서네트워크를 위한 ZigBee 네트워크 프로토콜", 한국컴퓨터종합학술대회 논문집 vol. 33, No.1

강민수, 서종성, 여현, 신창선, 2006, "토양 및 미세 기상 센서를 이용한 온실 모니터링 시스템", 한국인터넷정보학회 제7권 제2호 pp.395-398

김동익, 장유섭, 김종구, 김현환, 이동현, 장진택, 2006, PLC와 컴퓨터를 이용한 식물 생산공장의 환경제어, Journal of Bio-Environment Control, 15(1), 1-7

Kevin A. Delin , Shannon P. Jackson , David W. Johnson , Scott C. Burleigh , Richard R. Woodrow , J. Michael McAuley, James M. Dohm , Felipe Ip , Ty P.A. Ferré, Dale F. Rucker and Victor R. Baker, 2005, Environmental Studies with the Sensor Web: Principles and Practice, Sensors 2005, 5, pp.103-117

T. K. Hamrita, E. C. Hoffacker, 2005, "DEVELOPMENT OF A ""SMART"" WIRELESS SOIL MONITORING SENSOR PROTOTYPE USING RFID TECHNOLOGY", Engineering in Agriculture vol.21(1), pp.139-143

김영식, "시설재배환경의 자동제어를 위한 전문가시스템 개발", 2004, 한국화훼산업 육성협회 화훼연구회지, 제12권, 제4호, pp.342-346

임정호, 류관희, 진제용, 2003, "네트워크를 이용한 온실 감시 시스템의 개발", 한국농업기계학회지 제28권 제1호, pp.53-58

공대광, 류관희, 진제용, 2003, “온실 생육환경 및 제어정보 데이터베이스 개발” 한국농업기계학회지 제28권 제1호 pp.59-64

허원석, 심주현, 이석규, 김규원, 조명환, 김희태, 2002, “웹 기반의 온실 원격 제어 시스템의 개발”, 한국농업기계학회지 27권 4호 pp.349-354

(주)한국정보시스템, 부경대학교, 2001, “인터넷에 기반한 온실의 환경 제어 통합 정보 시스템 개발”, 정보통신부, 정보통신산업기술개발사업 최종결과보고서

이상훈, 박희순, 1999, “PLC를 이용한 온실 환경 제어 시스템에 관한 연구” 정보처리학회논문지, vol.8, No.4, pp.427-438

2. 충북대학교

윤진하, 1996 “한국의 원예시설 자동화 현황 및 식물공장의 발전방향”, 한국생물환경조절학회 심포지움 및 기타간행물 pp93~115.

<http://www.whimori.com/> 국화생산 품질관리 매뉴얼중

김승우, 2004, “퍼지 전문가 제어 기법을 이용한 시설재배 자동화 소프트웨어의 구현”, 한국컴퓨터교육학회 Vol.7 No.1 pp66~77

박병율, 임종태, 2007, “CCTV 영상과 온,습도 정보를 이용한 기후검출 알고리즘 개발”, 멀티미디어학회논문지, Vol.10 No.2, pp209~217

김동훈, 최재완, 1996, “디지털CCTV 화상감시시스템 개발에 관한 연구”, 한국정밀공학회 학술발표대회 논문집 , pp705~708.

서종성, 강민수, 김영곤, 심춘보, 주수중, 신창선 외 6명, 2008, “센서 네트워크를 활용한 유비쿼터스 온실관리시스템 구현”, 한국인터넷정보학회 Vol.9 No.3, pp129-139

김동익, 장유섭, 김종구, 김현환, 이동현, 장진택, 2006 “PLC와 컴퓨터를 이용한 식물생산공장의 환경제어” 한국생물환경조절학회(한국시설원예연구회 통합), Vol.15 No.1 pp1~7

윤창락, 조맹섭, 2000 “rgb 색도를 이용한 칼라 영상의 조명 정보 평가 방법”, 2000 가을 학술발표논문집(II) , Oct. pp.419-421

Kim, T. Y. and Y. S. Kwon. 1994. Studies of heater position and duct installation for the effective heat management in green house. Report NHRI:505~509(in Korean).

Kwon, Y. S. 1995. The development research for pipemethod in heating bolier. Report NHRI:485~490(in Korean).

이재현, 이승철, 이재현, 김은식. 1999. 실내 온도센서의 최적설치 위치 결정. 공기조화 냉동공학회 '99하계학술발표회 논문집 pp.603~607.

김기덕. 2003. 텐시오미터와 시설토양에서의 수분관리. 시설원예연구. Kor.Res. Soc. Protected Hort. 16(2) : 1~7

김진현 · 김철수. 1995. 마이크로컴퓨터에 의한 시설재배의 자동화의 관한 기초연구 한국농업기계학회지 제 20권 제 1호. P 73~86.

김영봉 안철근 이영한 2000 토양수분이 토마토의 품질과 수량의 미치는 영향. 경남 농업 기술원. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 41(2):139~142.

박동금 · 권준국 · 이재한 · 음양철 · 김호태 · 최영해. 2000. 토양수분조건이 시설재배 참외의 수량과 품질에 미치는 영향. Journal of Bio-environment Control. 9(3) : 151~155.

우영희 · 남윤일 · 조일환 · 권영삼. 2000. 토양 및 작물체내 수분계측과 제어. KOR. J. HORT. SCI & TECHNOL 18(3). p 414~419

강남준 · 최영하. 2009. 관수량 조절이 시설토마토의 생육과 품질에 미치는 영향. 국립원예특작과학원. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 27(1):93~101.

심상일. 2001. 온실내의 노지재배를위한 관개 자동화 시스템 개발. 환경대학교 대학원 석사 학위 논문.

Gerrit de Bruijn. 고품질국화재배기술. 네덜란드. Fides사. Senior Asvisor. p 47~53.

유덕근 · 김규원. 2004. 관수 및 pH에 따른 국화수방력의 생장 및 개화반응. J. Kor. Flower Res. Soc. 12(2). 107~112

이한철 · 조명환 · 엄영철 · 박진면 · 이재한. 2008. 멜론 관비재배시 고품질 과실생산을 위한 관수량 조절. Journal of Bio-Environment Control. 17(4):288-292.

3. 예산국화시험장

농촌진흥청, 예산국화시험장 『수출용국화 고품질 절화생산 기술개발』, 2005

농촌진흥청, 예산국화시험장 『국화 우량묘 생산을 위한 효율적인 모주 관리체계 확립』 2003

농촌진흥청, 『절화 재배기술』 1992

농촌진흥청, 예산국화시험장, 『국화 소일블록묘 재배시 절화 상품을 향상 기술개발 연구』 2009.

농촌진흥청, 예산국화시험장, 『국화 절화 연중생산 공정화 기술체계 확립』 2002.

농촌진흥청, 농업경영정보관실, 『원예 주산지 우수 생산자조직 사례연구』 2007

농림부, 농협중앙회, 『국화 수확후 관리기술 매뉴얼』 2007

예산국화시험장, 『국제화에 대비한 국화생산의 기술적 대응 방안』 1994

농수산물유통공사, 『국화 휘모리 품질관리 매뉴얼』 2005.

농수산물유통공사, 화훼공판장, 『2009 양재동 화훼공판장 연보』 2010

주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.