

최 종
연구보고서

원격 자동제어를 이용한 국화의 첨단 생장조절
시스템 개발과 실용화에 관한 연구

A Study on development of advanced growth
control system with remote control and
practical use in chrysanthemum

연구기관

영남대학교

부산원예시험장

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “원격 자동제어를 이용한 국화의 첨단 생장조절 시스템 개발과 실용화에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003 년 8 월 6 일

주관연구기관명 : 영남대학교

총괄연구책임자 : 김 규 원

세부연구책임자 : 김 규 원

연 구 원 : 유 덕 근

연 구 원 : 김 정 아

연 구 원 : 최 윤 정

세부연구책임자 : 이 석 규

연 구 원 : 한 동 창

연 구 원 : 심 주 현

연 구 원 : 백 운 재

연 구 원 : 이 대 희

협동연구기관명 : 부산원예시험장

협동연구책임자 : 김 회 태

연 구 원 : 조 명 환

연 구 원 : 유 미 향

연 구 원 : 김 명 옥

요 약 문

I. 제 목

원격 자동제어를 이용한 국화의 첨단 성장조절 시스템 개발과 실용화에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

국화는 국내뿐만 아니라 전세계적으로 중요한 화훼 작물로 국내 절화류 중 재배면적이 가장 넓으며 절화용, 분화용, 정원용 등 이용이 매우 다양하다. 종류에 따라서는 봄부터 가을까지 노지에서 관상할 수 있으며 겨울철에는 시설물 하에서 절화 및 분화를 생산할 수 있어 생태형 품종과 재배작형을 조절하면 주년생산이 가능하다. 이러한 이점 때문에 재배면적 뿐만 아니라 생산량도 계속 증가하고 있다. 절화 국화의 수출액 또한 1998년부터 급속히 증가하고 있다. 1998년에는 27만 달러에서 2002년에는 718만 달러로 4년 사이에 26배 이상 급증하였다. 그러므로 고품질의 절화를 생산한다면 수출량도 계속 증가할 것이다. 그러나 국화의 절화 생산을 위한 기초자료는 턱없이 부족하며, 실제 재배시에는 외국 데이터를 활용하는 것이 현실이다. 따라서 국내 데이터로 데이터베이스(DB)를 만들고 성장 모델링을 작성할 필요가 있다.

게다가 농업인구의 감소와 노령화로 실제 일할 수 있는 인구는 계속 감소하고 있는 실정이다. 이러한 농촌현실로 시설 국화의 노동생산성은 1995년 이후 감소 추세에 있으며 2001년에는 6,717원으로 농업노동생산성의 평균치인 12,141원의 절반 수준까지 떨어졌다. 뿐만 아니라 소득률도 경영비의 상승으로 인해 1995년 70.5%이던 것이 2001년 39.2%로 크게 감소하였다. 따라서 농가의 소득을 증가시키기 위해서는 경영 개선과 생력화를 위한 자동화 및 기계화가 시급한 실정이다.

이러한 문제인식 하에서 재배의 자동화 및 노동력 절감을 위한 방법으로 원격자동제어 시스템을 생각하게 되었다. 원격 자동제어 시스템은 직접 온실에 가지 않고 원거리에서 온실환경을 제어할 수 있으며, 현재의 상태를 확인하고 추가적인 환경조절이 가능한 시스템이다. 이를 위해서는 각종 제어기기들을 제어해야하는 시스템이 필요하다. 그러나 온실자동화를 위한 시스템은 각종 제어기기들을 제어해야 하므로 시스템이 복잡해져 하나의 컨트롤러

만으로 모든 일을 수행하기에는 어려움이 따른다. 이를 해결하기 위하여 각각을 제어하는 즉, 센서를 제어하는 컨트롤러와 모터를 제어하는 컨트롤러 그리고 전체를 제어하는 메인 컨트롤러와 이들을 통신할 수 있는 CAN(Controller area network)이라는 통신 프로토콜이 필요하다. 이러한 CAN은 일종의 제어 네트워크로서의 기능을 가지며 중앙에 의한 제어방식이 아닌 로컬에서의 처리를 가능하게 해준다. CAN을 사용하게되면 각 시스템의 모듈화가 가능하고 RS232 통신 거리에 따른 잡음을 해결할 수 있으며 배선이 절감되고 유지보수가 용이 할 뿐만 아니라 설비확장 또한 용이하다. 이러한 CAN의 실시간 처리능력으로 인하여 산업 자동화 분야에도 많이 응용되고 있으며 온실 원격제어에도 적합한 통신 프로토콜이다.

CAN과 함께 원격제어를 위해서는 안정된 시스템이 필요하다. 현재의 시스템들은 소전력, 소형화 추세로 가고 있으며 기존의 연구들은 PC를 기반으로 하여 연구되어 왔지만 PC 시스템은 범용으로 설계된 것으로 원하는 목적에 최적화되어 있지는 않다. 또한 전력소비도 다른 시스템에 비해 크다. 그러나 임베디드 시스템(Embedded system)은 한가지 목적에 최적화되어 있고 안정성을 보장받을 수 있는 시스템이며 견고하고 소비 전력 또한 적다. 이러한 웹서버만의 기능을 수행하는 임베디드 시스템의 개발뿐만 아니라 온실의 원격제어에 최적화된 시스템의 개발도 필요하다. 따라서 CAN과 임베디드 시스템의 장점을 이용한다면 실시간 제어가 가능하고 안정된 원격제어 시스템의 개발이 가능하다.

한편 온실자동화에 있어서 중요한 요소는 정확한 환경 변수들의 획득이다. 정확한 환경 변수의 획득을 위해서는 센서들의 오작동을 미리 탐지하여 이후에 발생할 수 있는 문제를 사전에 방지할 필요가 있다. 이러한 자가진단에 관한 연구는 매우 중요하며 연구개발의 필요성이 매우 높다. 그리고 센서로부터 측정된 환경변수는 DB화 할 필요가 있으며 이 DB는 다른 농가에도 사용될 수도 있고 차후 제어가 보다 정밀한 제어를 할 수 있는 표준을 만들 수 있다. 또한 온실에서 매번 획득되는 환경변수는 DB서버에 저장하여 농작물의 생산성을 높이는 연구에도 이용될 수 있을 것이다. 이상의 기술을 시설재배에 적용한다면 재배시설의 현대화 및 생력화가 가능할 것으로 생각된다.

국화의 시설화율은 80.7%로 매우 높다. 재배농가가 보유하고 있는 온실 내에서 작물 생장의 최적 환경조건을 구명한 후 원거리에서 온실을 제어, 감시 및 조절하는 기술이 안정화되고 실용화된다면, 1인당 생산면적과 수확량이 증가하고 고품질의 상품을 생산할 수 있어 적은 노동력으로 농가수입을 극대화할 수 있을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구과제에서는 국화의 원격자동제어를 목표로, 1) 원격제어 및 자체진단 시스템 구축 및 현장운용, 2) DB 구축을 통한 환경과 생장 모델링, 3)제어기기의 정밀도 검정 및 소프트웨어의 성능평가, 그리고 4) 경제성 분석을 통하여 개발된 시스템의 실용화 가능

성을 평가하고자 하였다.

본 연구를 통해 개발·체계화되는 기술은 시설재배 농가, 종묘회사, 연구소 등에서 실제적으로 이용할 수 있을 뿐만 아니라 인터넷을 이용한 재배환경의 조절을 가능하게 한다. 이러한 기술은 최근 급속히 발전하고 있는 인터넷을 이용함으로써 재배 정보를 실시간으로 제공할 수 있다. 전국적인 네트워크가 구축된다면 출하 일정과 물량을 사전에 조절할 수 있기 때문에 대량출하에 의한 가격하락을 미연에 방지할 수도 있다. 또한 재배자 간의 정보교환도 가능해질 뿐만 아니라 전문가의 진단 및 관리도 가능해 고품질 절화의 생산을 손쉽게 유도할 수 있다. 더 나아가 온실 복합제어 시스템의 수입대체 및 국산화 기술 향상으로 농업 생산 기술의 선진화를 가속화해 나갈 수 있을 것으로 생각한다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 최근 급속히 발전하고 있는 인터넷 기술을 이용한 온실의 원격자동제어를 기본적인 연구개발 목표로 하여 실시간 제어가 가능하고 시스템이 안정된 원격제어 프로그램을 개발하고자 하였다. 구체적으로는, 1) 제어서버의 구축 및 운용과 정보 센싱 제어기 설계 및 모니터링 시스템 구축을 통한 원격 제어 시스템을 확립하고 제어 algorithm 개발과 테스트 및 debugging을 통한 자체 진단 시스템을 개발하고 개발된 시스템을 온실 내에 설치하여 원격제어를 실질적으로 운용 및 보완하고, 2) 온도, 일장, CO₂, 광도, 관수량, pH, 관수개시점, 양액농도에 따른 성장반응을 분석하고 DB화하여 국화 재배시의 환경과 성장 모델링을 정립하며, 3) 온도 제어기기의 정밀도를 검정하고 실제 재배시의 소프트웨어 성능을 평가하고, 4) 기존의 재배방법과 원격자동 제어를 통한 재배시의 경제성을 분석하여 원격제어 시스템의 실용화 가능성을 판단하고자 하였다.

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

연구개발 결과

본 연구과제에서는 원격 자동제어를 통한 국화의 첨단 성장조절 시스템 개발을 목표로 1) 원격제어 및 자체진단 시스템을 개발하여 실시간 제어가 가능하고 안정된 시스템을 구축하여 현장운용시 노동력 절감과 고품질의 절화 생산을 촉진하고, 2) 온도, 일장 등의 성장반응

을 분석하고 DB화하여 국화 재배시의 환경과 생장 모델링을 정립하며, 3) 온도 제어기기의 정밀도를 검정하고 실제 재배시의 소프트웨어의 성능을 평가하고, 4) 기존의 재배방법과 원격 자동제어를 통한 재배시의 경제성을 분석하여 원격제어 시스템의 실용화 가능성을 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 원격제어 및 자체진단 시스템 구축 및 현장운용

본 연구에서는 DB, 웹 서버, 온실에 설치된 제어기, 그리고 일반 사용자로 구성되는 원격 자동제어 시스템을 개발하였다. 서버의 DB는 사용자와 온실 환경 정보를 저장하고 있어 사용자의 로그인 및 환경 데이터의 관리 기능을 한다. 또한 웹서버는 클라이언트 프로그램인 자바 애플릿과 통신하여 온실 모니터링의 기능을 한다. 그리고 온실 내부에는 마스터 보드와 드라이버 보드를 설치하여 환경 데이터의 측정이 가능하고 이를 통해 제어할 수 있도록 하였다.

원격제어 시스템의 기능은 각종 원예정보의 수집 및 분석 그리고 서버와의 데이터 교환이 가능하다. 그리고 원예 진단 시스템의 설계를 통해 온실내에 다중 센서를 뒹으로써 단일 센서의 정보보다 보다 정확한 종합 정보를 일시에 획득할 수 있었다. 또한 타이머 루틴 설정 시간내의 반복제어 그리고 설정점 제어 알고리즘을 개발하여 자체진단이 가능하도록 하였다. 이 시스템을 통해 온실의 효과적인 원격 관리가 가능하였다.

본 연구에서 개발된 원격제어 시스템을 실질적으로 운영 해본 결과, 농가의 사용자는 온실에 직접 방문하여 이 값을 설정할 수도 있지만 인터넷에 연결된 PC를 이용하여 웹 브라우저에서 쉽게 수정할 수 있었다. 또한 온실 내부에 설치된 제어 장치들은 원격 수동 조작을 통해서도 제어가 가능하였다. 그러므로 농가는 직접 온실에 가지 않고 인터넷이 연결된 PC에서 온실에 설치된 장치들의 제어가 가능하다. 그리고 온실에 설치된 카메라로부터 영상정보를 통해 직관적으로 제어 장치들의 동작 상태를 확인 할 수 있었다.

2. 데이터베이스 구축을 통한 환경과 생장 모델링

국화 '수방력'의 DB 구축을 위해 생장과 개화에 미치는 온도, 일장, CO₂ 농도, 광도, 관수량, pH, 관수개시점 그리고 양액농도의 영향을 조사하여 얻은 결과는 다음과 같다.

주·야간 온도가 일정할 경우는 21℃ 이상의 온도가 되어야 화아분화 및 개화가 가능하고 18℃ 이하의 온도에서는 엽수가 증가하였으나 줄기 선단부에서 로젯트 현상을 나타내었

다. 주간 온도를 25℃로 하고 야간온도를 14-20℃로 하였을 경우에는 모든 처리구에서 개화가 가능하였으며, 야간온도가 높을수록 개화가 빨라졌다. 반면 초장은 야간온도가 낮을수록 더 커졌다. 자정을 기준으로 야간온도를 자정전과 자정후로 달리하였을 경우는 자정후의 온도가 높을수록 개화반응이 빠르고 절화의 상품성도 좋았다. 일장별 개화반응을 보면 13시간 까지도 화아분화가 가능하였지만 개화는 12시간 이하에서만 가능하였다. 일장이 12시간 일 때 화아분화를 유도한 다음 화아발달과정에서의 일장을 달리한 결과, 개화는 화아분화기때의 일장과 같거나 짧을 때만 이루어졌다. CO₂는 명기동안 계속 공급하면 잎의 황화 및 고사 현상이 발생하였으며 농도가 높아질수록 그 정도는 더욱 심해졌다. 그러나 명기 시작 후 2시간만 CO₂를 700ppm으로 공급하였을 경우는 대조구에 비해 지상부의 생체중과 소화수가 증가하고 개화반응이 빨랐다. 광도는 5,000Lux인 저광도 하에서도 정상적으로 개화하였다. 분화재배시의 관수 회수는 단일처리전 2일 1회로 하고 단일처리후에는 1일 1회 또는 1일 2회로 관수 회수를 늘려주는 것이 생장과 개화에 유리하였다. 관수시의 물의 pH는 생장 및 개화에 큰 영향을 미치지 않았으나 단일처리전과 후를 구분하지 않고 pH 6-7로 관리하는 것이 무난할 것으로 판단되었다.

한편, 국화의 베드 토경재배시의 관수개시점을 설정하기 위하여 영양생장기와 생식생장기로 나누어 실험한 결과, 영양생장기 때에는 관수개시점을 -20kPa로 한 구에서 또 생식생장기 때에는 -5kPa로 관리한 구에서 생육이 가장 좋았다. 그리고 국화 관비재배시의 적정 양액수준을 선별하기 위하여 영양생장기와 생식생장기로 나누어 실험한 결과, 영양생장기 때나 생식생장기 모두 표준액의 1/2배액에서 생장과 개화반응 즉 절화의 상품성이 가장 높았다. 또 이 농도에서는 토양 EC의 증가가 일어나지 않았다. 양액 관비재배시의 적정 양액수준을 판단하는데 있어서는 식물의 생육상태도 중요한 판단 근거가 되지만, 토양의 염류집적을 고려하여 양액수준을 결정한다면 1/2배액 정도의 저농도가 장기재배에 좋을 것으로 판단되었다.

이상의 결과를 바탕으로 국화 ‘수방력’의 DB를 구축하고 성장모델링을 작성하였으며, 이 모델의 일부 데이터는 원격제어 시스템을 이용한 재배실험에 실제 적용되었다.

3. 제어기기의 정밀도 검정 및 소프트웨어의 성능평가

자동제어 장치에 의해 환경이 조절되는 온실의 온도와 습도를 측정하여 설정치와 비교해 본 결과, 야간온도는 설정온도가 높을수록 온도편차가 컸고 주·야간의 온도차이가 클수록 설정온도와의 편차가 컸다. 설정온도에 도달하는 시간은 야간온도가 낮을수록 주간온도

의 설정치에 도달하는 시간이 많이 소요되었다. 이는 외부의 기온이 낮아 온도가 빨리 상승하지 않았음을 나타낸다. 외부의 기상환경에 따라서도 주야간 온도의 편차가 달랐다. 즉 야간에는 기상환경과 관계없이 설정치와 큰 차이를 나타내지 않았으나 주간에는 설정온도에 도달하지 못하였다. 그러나 주·야간의 온도편차는 유동팬의 설치로 개선되었다. 따라서 각 온도 장치의 작동기준은 외기온도와 설정온도에 따라 달라져야 할 것으로 판단되며, 온도편차는 유동팬의 설치로 줄일 수 있다. 또 광합성이 일어나는 오전에 온도가 빨리 올라 갈 수 있도록 제어장치의 설정이 되어야 할 것으로 판단되었다. 습도의 경우는 야간온도 설정이 낮을수록 습도가 높았다.

측정부와 제어부의 소프트웨어 정밀도 검정을 위해서는 온실의 환경요소를 측정하기 위해 Campbell사의 CR10X와 본 연구에서 개발된 제어기에 부착된 온도, CO₂ 그리고 토양수분장력 센서를 같은 위치에 놓고 측정한 결과, 측정값이 거의 같게 나타났다. 즉 측정치가 높을 때, 낮을 때 그리고 일정하게 유지될 때의 모든 가상 조건하에서 정확히 측정되었다. 그러므로 본 연구에서 개발된 측정부의 측정값은 온실의 환경제어를 위해 유용하게 이용할 수 있다고 판단된다. 따라서 센서로부터 측정된 아날로그 값을 AD변환하여 데이터베이스에 저장하고, 저장된 값을 사용자가 모니터링 하는 일련의 과정에서 사용된 모든 소프트웨어는 온실환경 측정과 모니터링에 적합함을 검정할 수 있었다.

본 연구에서 개발된 제어 알고리즘이 온실의 각 환경요소를 정확히 제어하는가를 검정한 결과, 온도, CO₂ 그리고 토양수분장력은 모두 설정점에서 크게 벗어나지 않는 범위 내에서 정확히 제어되었다. 또한 타이머 및 설정 시간내에 반복제어 알고리즘을 사용하였을 경우 정확한 시간에 제어기기들이 동작하였다. 웹을 통한 자동과 수동조작 그리고 현장에 설치된 제어기기의 자동과 수동조작 모두 정확히 이루어졌다. 그러므로 본 연구에서 개발된 제어기의 소프트웨어는 제어를 통한 환경데이터의 측정뿐만 아니라 환경제어를 가능하게 한다는 것을 확인하였다.

각 제어요소의 결합에 의한 소프트웨어의 성능평가는 환경조절 요소를 온도, 토양수분, CO₂로 하여 선발전 제어 포인트와 원격자동 제어 시스템을 이용한 구와 관행 재배구로 절화의 상품성을 비교하였다. 환경조절은 원격자동 제어 시스템에 의해 비교적 정확하게 이루어 졌으며 그 측정 또한 정확하게 이루어 졌다. 개화소요일수는 관행 온도에 비해 조절구에서 14.9일 앞당겨 졌으며, 토양수분에 따른 개화소요일수는 관행구에 비해 조절구에서 0.2일 빨랐으며, CO₂ 시용구에서는 무시용구에 비해 개화소요일수가 2.6일 단축되었다. 이와 같이 온도를 적온으로 유지하면서 CO₂를 시용하면 개화소요일수를 17.3일 정도 앞당길 수 있을 것으로 판단되었다. 절화의 상품성을 나타내는 요소로 가장 중요한 절화장은 온도와는

무관하였으나, 토양수분을 -20kPa로 관리한 구에서는 3.3cm 길었으며, CO₂ 시용구는 무시용구에 비하여 3.8cm 짧았다. 즉 환경조절에 의한 절화장의 차이는 없었다. 그러나 1작기당 재배기간을 17.3일 앞당길 수 있었으므로 경영비를 줄이고 고정자본의 이용률을 높일 수 있을 것으로 판단되었다.

4. 경제성 분석

국화는 연중 소비량과 구입회수가 많아 선호도가 높은 화훼작물이다. 이로 인해 생산량과 생산면적이 매년 증가하고 있으며 최근 11년간의 송이당 월별 평균가격은 228원이며 주 수출 대상국인 일본과 비교해서는 2배 이상 싼값이기 때문에 수출전망도 밝다. 그러나 농촌 인구의 고령화와 감소로 기계화와 자동화가 시급한 실정이다. 원격자동 제어 시스템은 설정치에 의한 자동제어가 가능하고 모니터를 이용한 직관적인 확인이 가능하기 때문에 안정적인 온실관리가 가능하다. 이러한 원격제어 시스템의 이점은 첫째 정밀 환경제어에 의한 상품성이 향상되고, 둘째 원거리 제어가 가능하므로 환경제어만을 위한 온실방문 시간과 노력을 절감할 수 있다. 셋째 인터넷이 연결된 컴퓨터라면 어디서든 제어가 가능하기 때문에 자유로운 여가활동이 가능하다.

이를 경제적으로 환산하면 연 3기작 재배시 10a 기준으로 절화의 상품성 향상으로 489,630원, 환경제어를 위한 시간 절약을 통해 872,898원, 환경제어를 위한 온실 방문회수 절감에 의해 1,745,795원, 원거리 왕복비용 절감에 의해 255,500원이 절감되어 총 3,363,823원이 절감되며 재배면적이 크면 클수록 그 절감효과는 크다고 할 수 있다. 손실적 요소로는 시설의 설치비 592,200원, 유지수선비 118,435원, 투자자본 이자 296,087원, 인터넷 사용료 408,000원으로 총 추가비용은 1,414,722이다. 이와 같이 원격자동제어의 설치에 따른 경제적 이익은 상품성 향상 등에 의한 3,363,823원에서 시설의 설치 등의 비용 1,414,722원을 뺀 1,949,101원의 이익이 연간 발생하게 되어 농가의 경영비 절감 효과가 크다. 게다가 연 4기작을 한다면 경영비 절감효과는 더욱 크다고 할 수 있다.

이상의 결과 원격자동제어를 이용한 재배는 노동력 절감으로 노동생산성이 향상되고, 농가의 여가시간 증가로 농촌 생활의 질 개선과 부업 등의 농외 수입 증가도 예상할 수 있다.

활용에 대한 건의

1. 현재는 원격자동 제어 시스템에 의한 온실제어 및 관리 시스템이 개발되어 있지 않기 때문에 노동생산성이 낮고 생산품의 품질이 낮다. 농가의 소득을 높이기 위해서는 노동력 절감과 품질향상이 필수적이며 이를 위해서는 기계화 및 자동화가 필수적이다.

2. 원격 자동제어 시스템은 온실에 직접 방문하지 않고 온실의 상황을 파악하고 관리할 수 있어 환경제어를 위한 온실 방문 회수를 줄일 수 있다. 따라서 농가에 원격자동제어 시스템의 도입은 노동력 절감 및 재배환경 개선에 크게 기여할 것이다.

3. 또한 본 시스템은 다른 작물에도 이용이 가능하므로 그 이용성은 매우 크다고 할 수 있다.

4. 이를 위해서는 농가에 컴퓨터를 보급하고 인터넷망의 구축이 선행되어야 한다. 그리고 원격 자동제어 시스템을 농가에 직접 설치 및 운용해 가면서 문제점을 파악하여 시스템을 보완하고 업그레이드시켜 나간다면 국제시장도 선점할 수 있다.

5. 이를 원만히 수행하고 뒷받침하기 위해서는 정부의 정책적인 지원과 배려가 필요하다.

SUMMARY

A Study on development of advanced growth control system with remote control and practical use in chrysanthemum

This study aimed at establishing a cutting-edge growth control system of chrysanthemum with remote control was performed by :

- 1) Stable real-time remote control and self diagnosis system for promotion of high quality flowers production with minimum labor in green house.
- 2) Analysis of growth response to temperature and day length and data-basing for establishing optimal conditions and growth modeling of chrysanthemum
- 3) Examination for precision of temperature controller and appraisal for the performance of the designated software in cultivation.
- 4) Analysis of economical efficacy in culture through conventional methods and remote control for examination of the possibility for practical use

The followings are the findings of this project.

1. Establishing the remote control and self diagnosis system and operation in green house.

The remote control system that consists of database, web-server, controller in greenhouse, and clients was developed in this study. Database of server stores user information and greenhouse condition, and functions to manage user login and condition data. In addition, user oriented web server monitors greenhouse based on Java applet which is client program for easy management of green house. And master and driver board installed inside greenhouse estimate environmental data controlling greenhouse condition.

The function of remote control system is to collect and analyze database on horticulture and exchange data with server. And more precise information can be obtained simultaneously using multiple sensors inside greenhouse compared with single sensor system. Moreover repeat control within setting time of timer routine and control algorithm for setting points were capable of self-estimation. This system managed effectively green house in remote control.

Operation of remote control system developed in this study showed that user could easily modify setting point using PC through web browser on the internet through as well as visiting green house. In addition, the control devices inside greenhouse could be managed by manual control of remote controller. Therefore all of the control devices of greenhouse can be managed by remote control using PC on the internet without visiting. And the operation condition of control devices can be intuitively checked through imaging information via camera installed in greenhouse.

2. Modeling of conditions and growth based on database

The effect of temperature, day length, CO₂ concentration, light intensity, amount of irrigation, pH, starting time of irrigation, and concentration of nutrient solution that affect on growth and flowering for Data Base in 'Soobandryeok' of chrysanthemum can be described as follows.

Flower bud differentiation and flowering were possible over 21°C in constant temperature of day and night and number of leaves increased showing rosette phenomenon in the tip of stem under 18°C. Flowering was possible in all the treatment at 25°C during day and 14-20°C during night and higher temperature at night resulted in earlier flowering. On the contrary height was longer in lower temperature during night. In case of differential in night temperature before and after midnight, higher temperature after midnight affected on earlier response of flowering higher quality of cut flower. Experimental results according to the day length. In case of up to 13 hours day length is flower bud differentiation was possible, however, flowering started only in less than 12 hours of day length. In case of 12 hours of day length: As a result of differential in day length of flower bud development phase after induction of flower bud

differentiation, flower bloomed only in the same day length as or short than that of flower bud differentiation. Continuous supply of CO₂ during light period caused chlorosis and mortality of leaves, resulting in more serious damage in higher concentration. However, only for 2 hours of CO₂ supply in succession of light period contributed to increase of fresh weight, floret number and to be earlier flowering response compared with top part. Flower bloomed normally in low intensity of light of 5,000 Lux. Optimal frequency of irrigation for growth and flowering was : once every 2 days before short-day treatment and once or twice a day after short-day treatment. Though pH didn't considerably affect on growth and flowering, maintaining pH 6-7 after short-day treatment considered to be better.

In the mean time experiment were divided into 2 types of vegetative growth period and reproductive growth period to set up starting point of irrigation in bed soil culture of chrysanthemum : optimal point was at -20kPa in vegetative growth period and -5kPa in reproductive growth period. And the optimal level of nutrient solution in fertigation culture of chrysanthemum for growth and flowering response was at a half times of standard solution in both vegetative growth period and reproductive growth period, contributing to the highest quality of cut flower. Moreover soil EC did not increase at this concentration. Although growth condition of plant gives major criteria for optimum level of nutrient solution in fertigation culture, a half times of low concentration estimated to be effective for long-term culture in consideration of soil salinization.

Based on above result, Data Base in 'Soobandryeok' of chrysanthemum was established, growth modeling was made, and some of data were applied to experiment for culture with remote control system.

3. Precision test of the controller and performance appraisal of the software

Estimation for the temperature and humidity of green house controlled automatically by proposed system and comparison with the reference values showed following results : Higher setting temperature during night and bigger temperature difference between day and night caused larger variation. Lower temperature during night had an effect on longer time to reference temperature of day. It shows that the temperature did not rise

rapidly because of low temperature of outside. Likewise the temperature difference between day and night depended on weather outside as well. Thus the difference was small at night regardless of weather, on the contrary, the day temperature didn't reach the reference temperature. However temperature difference between day and night was improved by installing circulating fan. Accordingly it was observed that operation criteria for temperature device should be different according to external temperature and setting temperature and temperature variation could be lessened by installing circulating fan. Moreover the controller should be set for rapid rising of the greenhouse temperature in the morning to enrich photosynthesis. Humidity was higher as reference temperature during night was lower.

Comparison data between CR10X of Campbell co. and sensor of temperature, CO₂ and soil water tension installed in control device developed in this study estimated in the same position to examine precision of the programmed software for measure and control and showed nearly the same values. Consequently estimation was accurate in any virtual conditions for high, low, and constant values. Therefore estimation values of measure devices developed in this project were considered to be effectively used for control of greenhouse conditions. Accordingly, all the software for AD conversion of analogue value estimated from sensor, save in date base, and monitoring it by user were able to examine and monitor proper green house condition.

The examination of precision in control algorithm developed in this study for each conditions showed that temperature, CO₂, and soil water tension were accurately controlled almost near in the reference range. Moreover control device operated in precise moment in case of using timer and repeat control algorithm within setting time. Automatic and manual operation controlled precisely in both web and control device installed in field. Therefore, software of control device developed in this study was verified to control conditions as well as estimate environmental data through control device.

Performance of software combined with each control elements was appraised by control point, remote control system, and conventional method based on condition of temperature, soil moisture, and CO₂ to compare the commercial value of cut flowers. Condition was controlled and measured comparably precisely by remote control system.

Days for flowering were : 14.9 days earlier in controlled temperature condition than in conventional condition, 0.2 days earlier in controlled soil moisture than in conventional condition, and 2.6 days shortened in CO₂ treatment than in non-treatment. Therefore, days for booming were considered to be advanced by 17.3 days under the condition of maintaining proper temperature with CO₂ treatment. Flower length which is one of the most important factors to indicate the quality of flower did not have any correlation with temperature, however, it was 3.3cm longer in soil humidity of -20kPa and 3.8cm shorter in CO₂ treatment than in non-treatment. It shows that control of experimental conditions didn't affect flower length. Whereas growing period per crop could be advanced by 17.3 days, it will save management cost and enhance utilization rate of fixed capital.

4. Analysis of economical efficiency

Chrysanthemum is highly-preferred floricultural crop with mass annual consumption and buying frequency. It contributed to increase of annual production amount and area and promising prospect for export because average price of a month for recent 11 years is 228 won in a flower and it is more than twice as cheap as that in Japan of major export country. In the mean time farm mechanization and automation is in a urgent need to compensate for productivity loss caused by decreasing population and increasing ratio of the aged in rural areas. As remote control system can control automatically by reference values and confirm intuitively by monitor, green house can be managed stably. The merits of remote control system are : 1)enhancement of commercial value by precise condition control, the second is time and effort 2)reduction of time and effort to visit green house only for condition control by remote control 3) liberal leisure time by free access to internet anywhere.

It saves totally 3,363,823 won based on economical conversion for three crops a year in 10a of planting area, which includes 489,630 won by quality enhancement of flowers, 872,898 won by sparing time for condition control, 1,745,795 won by reduction time for visiting greenhouse, and 255,500 won by saving round cost expenditure for long distance to green house, and will have more cost-effectiveness in a larger growing area. The

total additional cost amounts 1,414,722 won including installation expenditure of 592,200 won, maintenance fee of 118,435 won, interest for investment of 296,087, and rent fee for internet of 408,000 won. Thus, it creates 1,949,101 won of annual economical profit by installing remote control, which was subtracted 1,414,722 won for quality enhancement from 3,363,823 won for facility establishment and reduces management cost significantly. Furthermore, management cost will have more cost-effectiveness from four crops a year.

From the above results, remote control system will enhance the productivity by work force reduction, improves the life quality of the farmers with more leisure time, and increase income from subsidiary work.

CONTENTS

Chapter I Necessity and purpose of researches and development

Part 1. Necessity of researches and development	22
Part 2. Purpose and scope of research and development	25

Chapter II Domestic and foreign status of research and development

Part 1. Information system of internet in greenhouse	28
Part 2. Culture condition of chrysanthemum	28

Chapter III Results of research

Part 1. Establishment and application of remote control and self diagnosis system

1. Introduction	31
2. Used materials and methods	32
3. Results and discussion	38
1) Construction of remote control system	38
2) Construction self-diagnosis system	56
3) Test of remote control system in green house	66

Part 2. Modeling of growth and environment condition based on database

1. Effects of temperature on growth and flowering response	69
1) Used materials and methods	69
2) Results and discussion	71
2. Effects of day length on growth and flowering response	78
1) Used materials and methods	78
2) Results and discussion	79
3. Effects of CO ₂ suppliance on growth and flowering response	81

1) Used materials and methods	81
2) Results and discussion	82
4. Effects of light intensity on growth and flowering response	85
1) Used material and methods	85
2) Results and discussion	85
5. Effects of amount of irrigation on growth and flowering response	87
1) Used material and methods	87
2) Results and discussion	88
6. Effects of water pH on growth and flowering response	93
1) Used material and methods	93
2) Results and discussion	93
7. Effects of start point of irrigation on growth and flowering response	95
1) Used material and methods	95
2) Results and discussion	95
8. Effects of concentration of nutrient solution on growth and flowering response ·	100
1) Used material and methods	100
2) Results and discussion	101
9. Growth and environment control model of chrysanthemum ‘Soobangryeok’ ···	105
Part 3. Evaluation of precision of control system and developed software	
1. Introduction	108
2. Used material and methods	109
3. Results and discussion	112
1) Evaluation of heating and cooling system	112
2) Evaluation of the software of measuring part and control part	117
3) Evaluation of the proposed software for control factor	121
Part 4. Economic analysis of remote control system	
1. Introduction	126
2. Analysis method	127
3. Results and discussion	128

1) Consumption status	128
2) Production tendency	130
3) Price tendency	131
4) Automatic system of greenhouse	132
5) Economic analysis	133
Chapter IV. Accomplishment of research and contribution on related industry	
Part 1. Accomplishment of research	140
Part 2. Contribution on related industry	142
Chapter V. Application plan of the research results	
Part 1. Upgrade of developed system	144
Part 2. Application and spread of developed system on normal farmer	144
Part 3. To apply to another crops	145
Part 4. To report to society and to apply for special right	145
Chapter VI. Collected information of technology in other country during research term	
Part 1. Monitoring technology	146
Part 2. Web technology	146
Part 3. Technology of related to embedded system	146
Chapter VII. References	148

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 필요성	22
제2절 연구개발의 목적 및 범위	25

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제1절 인터넷 온실 정보 시스템	28
제2절 국화의 재배환경	28

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 원격제어 및 자체진단 시스템 구축 및 현장운용

1. 서언	31
2. 재료 및 방법	32
3. 결과 및 고찰	38
가. 원격제어 시스템 구축	38
나. 자체진단 시스템 구축	56
다. 원격 자동제어 시스템의 농가운용을 통한 현장 검정	66

제2절 데이터베이스 구축을 통한 환경과 생장 모델링

1. 온도에 따른 생장과 개화반응	69
가. 재료 및 방법	69
나. 결과 및 고찰	71
2. 일장에 따른 생장과 개화반응	78
가. 재료 및 방법	78
나. 결과 및 고찰	79
3. CO ₂ 공급에 따른 생장과 개화반응	81

가. 재료 및 방법	81
나. 결과 및 고찰	82
4. 광도에 따른 생장과 개화반응	85
가. 재료 및 방법	85
나. 결과 및 고찰	85
5. 관수량에 따른 생장과 개화반응	87
가. 재료 및 방법	87
나. 결과 및 고찰	88
6. 관수시의 물의 pH에 따른 생장과 개화반응	93
가. 재료 및 방법	93
나. 결과 및 고찰	93
7. 관수개시점에 따른 생장과 개화반응	95
가. 재료 및 방법	95
나. 결과 및 고찰	95
8. 양액농도에 따른 생장과 개화반응	100
가. 재료 및 방법	100
나. 결과 및 고찰	101
9. 국화 ‘수방력’의 환경 및 성장조절 모델	105
제3절 제어기기의 정밀도 검정 및 소프트웨어의 성능평가	
1. 서언	108
2. 재료 및 방법	109
3. 결과 및 고찰	112
가. 냉·난방시설의 정밀도 검정	112
나. 측정부와 제어부의 소프트웨어 정밀도 검정	117
다. 각 제어요소의 결합에 의한 소프트웨어의 성능평가	121
제4절 경제성 분석	
1. 서언	126
2. 분석방법	127
3. 결과 및 고찰	128

가. 소비실태	128
나. 생산동향	130
다. 가격동향	131
라. 온실의 자동화 장치	132
마. 경제성 분석	133
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	
제1절 목표달성도	140
제2절 관련분야에의 기여도	142
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	
제1절 개발된 시스템의 기능 추가	144
제2절 개발된 시스템을 일반농가에 적용 및 보급	144
제3절 개발된 시스템을 다른 작물에 적용	145
제4절 학회발표 및 특허신청	145
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	
제1절 모니터링 기술	146
제2절 웹기술	146
제3절 임베디드 시스템 관련기술	146
제 7 장 참고문헌	148

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

국화는 종류와 품종이 다양하고 색깔이나 모양 등 유행의 변화가 빠르고 재배환경을 구명할 수 있는 시설이 부족한 점 등으로 인해 매우 중요한 작물이면서도 재배환경에 대한 기본적인 데이터가 없는 실정이다. 이로 인해 국내의 생산자는 외국의 데이터를 그대로 또는 다소 수정하여 이용하고 있다. 이 경우, 우리와는 자연조건이 다르고, 사용되는 종류와 품종이 다르며, 재배방식과 작형이 다르기 때문에 그대로 이용하기에는 곤란한 점이 많다. 따라서 국내에서 얻어진 데이터로 DB를 만들고 생장 모델링을 작성할 필요가 있다.

한편, 제어시스템이 복잡해짐에 따라 하나의 컨트롤러만으로 모든 일을 수행하기에는 어려움이 따른다. 이를 해결하기 위해서는 각각을 제어하는 즉 센서를 제어하는 컨트롤러, 모터를 제어하는 컨트롤러, 그리고 전체를 제어하는 메인 컨트롤러와 이들과 통신할 수 있는 기술이 필요하다. 이러한 경우 Controller Area Network(CAN)이라는 통신 프로토콜이 주로 이용되고 있다. 이러한 CAN은 일종의 제어 네트워크로서의 기능성을 가지며, 중앙에 의한 제어방식이 아닌 로컬에서의 처리도 가능하게 한다. 이러한 CAN은 처음 자동차 내부의 ABS, 엔진, 자동문 시스템들의 연결과정에서 케이블 절감 효과와 효율성을 증대시키기 위하여 개발되었다. 이것은 또 제어 디바이스의 연결 성능을 확장시키기 위해 Electronic Control Unit(ECU)사이의 데이터 교환을 가능하게 한다. 자동차에서만 사용되던 이 기술이 현재는 실시간 처리능력으로 인하여 산업 자동화의 모든 분야에 적용 및 시도되고 있다.

CAN을 이용함으로써 얻을 수 있는 장점은 다음과 같다.

- 각 시스템의 모듈화
- RS232 통신의 거리에 따른 잡음 해소
- 배선의 절감
- 유지보수의 용이
- 설비확장의 용이

온실자동화에 있어서 중요한 요소는 정확한 환경 변수들의 획득이다. 정확한 환경 변수

의 획득을 위해서는 센서들의 오작동을 미리 탐지하여 이후에 발생할 수 있는 문제를 사전에 방지할 필요가 있다. 센서들의 오작동은 온실작물의 재배에 커다란 영향을 끼친다. 따라서 이러한 자가진단의 연구는 매우 중요함으로 반드시 개발되어야 한다. 현재의 시스템들은 소전력, 소형화로 가는 추세이다. 기존의 연구들은 PC를 기반으로 하여 연구되어 왔다. 하지만 PC시스템은 범용적으로 설계된 것으로 원하는 목적에 최적화되어 있지는 않다. 전력 소비 또한 다른 시스템에 비해 크다. 온실의 원격제어를 위해서는 이러한 단점을 보완하는 최적화된 시스템의 개발이 요구된다. 임베디드 시스템은 한가지 목적에 최적화되어 있으며 보다 안정성을 보장받을 수 있는 시스템일뿐만 아니라 견고하며 소비전력 또한 적다. 웹서버만의 기능을 수행하는 임베디드 시스템의 개발이 요구된다.

센서로부터 획득되는 환경변수를 DB화 할 필요가 있다. 이러한 DB는 다른 농가에서도 이용할 수 있으며 차후 다른 농작물의 DB도 구축하여 제어기가 보다 정밀한 제어를 할 수 있는 표준을 만들 수 있다. 또한 온실에서 매번 획득되는 환경변수를 DB서버에 저장하고 이를 이용하여 농작물의 생산을 극대화할 수 있는 연구에 이용될 수도 있을 것이다.

현재 사용되고 있는 각종 제어기기는 국내·외산을 막론하고 정밀하지 않은 것이 많으며 외국산의 경우에는 A/S에 문제가 되고 있다. 따라서 정확한 제어포인트를 설정하여 소프트웨어에 반영할 필요가 있다.

2. 경제·산업적 측면

국화를 포함한 화훼의 재배면적과 꽃 소비량의 증가추세는 앞으로도 지속될 것으로 예상되고 있다. 절화 국화의 2002년 생산액은 554억원으로 장미에 이어 2위를 차지하고 있다. 수출액은 1998년 27만 달러에서 2002년 718만 달러로 4년 사이에 26배 이상 급증하였다. 하지만 농업인구의 감소와 노령화 추세로 실제 일할 수 있는 농촌인구는 계속 감소하고 있는 실정이다. 한편 국화의 시설화율은 2001년 80.7%로써 화훼작물 중에서도 시설화가 잘 되어 있는 품목이다. 따라서 국화 재배농가가 보유하고 있는 온실 내의 최적 환경조건을 원거리에서 제어, 감시 및 조절하는 원격 자동제어 기술이 안정화되고 실용화된다면, 일인당 생산면적과 수확량이 늘고 균일하고 품질 좋은 상품을 생산할 수 있을 것이다. 즉 적은 노동력으로 농가수입을 극대화할 것으로 예상할 수 있다.

3. 사회·문화적 측면

정보통신부와 한국 인터넷 정보센터는 2002년 6월말 기준으로 국내 인터넷 이용자가 2,565만 명에 달한 것으로 잠정 집계됐다고 밝힌 바 있다. 이 발표에서 국내 인터넷 이용자는 2001. 12월 대비로는 1.4%(이용자수 127만명)증가했다고 밝혔다. 이러한 인터넷 사용자수의 증가 추세에 발맞추어 많은 곳에서 다양한 서비스와 정보를 제공하고 있다. 따라서 이용자들은 인터넷을 통해 많은 정보의 획득이 가능해졌다. 현재 인터넷을 통해서 얻을 수 있는 원예 산업 관련 주요 정보들은 다음과 같다.

- 기상정보
- 국내외 원예관련기술 정보의 교류
- 시시각각 변화하는 가격 및 판매 정보
- 실질적인 기술 정보
- 학회의 연구결과 혹은 세미나 자료의 획득 및 웹을 통한 검색 및 질의 등

기상정보의 예를 들면 다음 수준의 자료를 얻는 것이 가능하다.

- 위성 데이터 분석 알고리즘 및 영상 표출
- 첨단 위성자료 수집
- DB화 및 기후변화 시그널 탐지 및 진단
- 자료 전송 연계 및 출력정보 배포시스템 구축
- 원격 탐사자료에 의한 단시간 강수 예측

이러한 정보는 종합적인 데이터의 분석과 처리로 사용자가 네트워크를 통하여 쉽고 빠르게 기상을 예측할 수 있다. 이것은 하나의 예에 불과하지만 원격 자동제어가 가능하게 되면 직접 온실에 가지 않고 원거리에서 온실환경을 제어할 수 있고, 현재의 상태를 카메라로 확인하고 추가적인 환경조절이 가능하다. 따라서 농가의 여가시간 증가로 농촌생활의 질 개선과 부업 등의 농외 수입 증가도 예상할 수 있어 사회·문화적 측면에서도 그 의의가 크다.

제2절 연구개발의 목적 및 범위

1. 연구개발의 목적

본 연구 개발의 최종목표는 국화의 최적 재배환경을 구명하고 웹을 통하여 원예단지 내의 시설 환경을 통합 자동제어하는 것이다. 본 연구에서의 기술 개발 개념은 최첨단의 장비를 이용하여 시설 내의 최적환경을 파악하는 동시에, 이를 DB화하고, 시설물과 멀리 떨어진 곳에서도 생장과 시설 환경의 상태를 파악하여 적절한 원격 제어를 할 수 있게 하는 것이다. 이러한 원격제어와 자동화 시설을 갖추므로 해서 노동력 절감과 품질 개선을 이룩하고자 한다.

2. 연구개발의 범위

가. 원격제어 및 자체진단 시스템 구축 및 현장운용

웹 기술을 기반으로 효율적이며 안정적인 원격 관리시스템을 구현하고자 한다. 그리고 자바 애플릿으로 웹 페이지를 구성하여 온실의 관리가 용이하도록 하였다. 온실 내부를 제어하는 컨트롤러는 T89C51CC01을 이용하는데 이 컨트롤러는 안정적인 데이터 통신을 위한 CAN 기능을 내부에 가지고 있다. 임베디드 시스템을 이용하여 기존의 시스템에 비해 간결하게 전체 시스템을 구성한다. 서버에 있는 DB에는 온실 내부의 환경 정보들이 저장된다. 이 정보를 분석하면 국화가 최적으로 자랄 수 있는 재배환경을 알아낼 수 있다. 분석 결과는 웹을 통하여 온실 내의 시설 환경을 통합 자동 제어하는 설정점이 된다. 전체 시스템은 각 구성요소들이 통합되었을 때 이를 이용하여 온실과 멀리 떨어진 곳에서도 식물체의 생장과 온실 내부 환경의 상태를 파악하여 적절히 웹을 통한 원격 제어를 할 수 있게 하는 것이다.

나. DB 구축을 통한 환경과 생장 모델링

국화는 단일식물로 일장에 의해 개화조절이 가능해 주년 생산이 가능하다. 주년 생산을 위해서는 온도, 일장의 조절이 필수적이며 고품질의 절화를 생산하기 위해서는 CO₂, 습도, 양액농도, 관수량 등 최적의 환경을 만들어 주어야 한다. 그러나 최적 환경을 유지하기

란 매우 어려울 뿐만 아니라 경제적인 부담도 크다. 저가로 상품가치가 떨어지지 않고 출하시기에 알맞은 환경이 유지된다면 재배농가의 소득을 높이는 지름길일 것이다. 국화는 많은 연구자들에 의해 온도, 일장, CO₂ 농도 등의 재배환경에 관한 연구들이 수행되어 왔다. 그러나 국화는 품종이 다양하고 품종에 따라 온도, 일장 등에 대한 반응이 각기 다르다. 본 실험에서는 국화의 '수방력' 품종을 식물재료로 사용하여 온도, 일장, CO₂ 농도, 광도, 관수량, pH, 관수개시점, 양액농도 등의 재배환경을 구명하여 원격 자동제어를 위한 기본 데이터를 확보하고 성장 모델링을 작성하고자 하였다.

다. 제어기기의 정밀도 검정 및 소프트웨어의 성능평가

시설재배에서는 노동생산성 향상과 작물의 최적생장을 위해서는 온실 환경관리의 자동화가 필수적 요건이 된다. 온실 자동화는 설정치에 따른 구동부의 ON-OFF 제어에서부터 시설내·외부의 제반 환경요소를 복합적으로 판단하여 제어하는 단계까지 발전하고 있으며, 최근 보다 진전된 방식으로 환경에 대한 반응 대상물인 식물체의 생체정보까지 고려한 환경 제어 방식이 시도되고 있다. 화훼의 시설재배 면적은 1990년 이후 꾸준히 증가하여 2002년에는 3,338ha로서 전체 재배면적의 52.8%이다. 절화류의 시설재배 면적은 절화류 전체 재배면적의 87.8%를 차지해 노동력 절감을 위해서는 자동화 및 기계화가 절실히 요구되고 있다. 이를 위해서는 환경조절 장치와 제어시설이 필요하게 되며 이들의 정밀도 또한 확인되어야만 안정적인 운용이 가능해진다. 온실의 환경조절 시설로는 천창, 측창, 환기팬, 차광커튼, 보온커튼 등이 있으며 온실의 환경은 일반대기와 달리 비닐, 유리등의 피복자재로 밀폐된 공간이기 때문에 온도가 쉽게 상승하고 온도의 수직, 수평분포도 매우 불균일하다. 또한 식물체의 증산과 토양으로부터의 증발로 인해 쉽게 과습해짐으로 온실의 환경조절은 작물의 최적 생장을 위해 절대 필요하다. 그러나 천창, 측창, 보온커튼, 차광커튼 등의 작동에 의해 온실의 환경이 얼마나 정밀하게 제어되는지에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 제어기기들의 작동에 의해 온실의 온도와 습도를 데이터로그를 이용해 시간대별로 측정 및 저장하여 설정온도와 비교하여 온도제어 장치(천창, 측창 개폐기, 환기팬, 난방기)의 정밀도를 간접적으로 파악하고자 하였다.

라. 경제성분석

경제 발전과 함께 국민 소득이 증대되고 생활수준이 향상됨에 따라 화훼류의 수요가 크

게 증가하고 있다. 더욱이 대도시 건물의 고층화 및 밀집화 등으로 푸르름에 대한 욕구와 관심이 높아짐에 따라 화훼의 수요가 급격히 증가하고 있으며 수출 또한 매년 증가 추세에 있어 수출 잠재력이 매우 큰 작물이다. 국화의 경우도 생산면적뿐만 아니라 생산액도 꾸준히 증가해 2002년은 1990년과 비교해 생산면적은 678ha로 2.4배, 생산액은 489억원으로 3.9배 증가하였다. 동기간의 수출액도 0.1만 달러에서 718만달러로 크게 증가하였다. 이는 지리적으로 가까운 일본시장이 입지하고 있기 때문이다. 이 같은 점을 감안해보면 1995년 세계 무역기구(WTO) 체제의 출범과 함께 무한 경쟁시대를 맞아 어려움을 겪고 있는 농촌경제의 활성화에 국화는 매우 중요한 작물이라 할 수 있다. 그러나 농업인구의 감소와 노령화로 실제 일할 수 있는 농촌인구는 계속 감소하고 있는 실정이다. 이러한 농촌현실로 시설 국화의 노동생산성은 1995년 이후 감소 추세에 있으며 소득률 또한 경영비의 상승으로 크게 감소하고 있다. 따라서 농가의 소득을 증가시키기 위해서는 경영 개선뿐만 아니라 생력화를 위한 자동화 및 기계화가 시급한 실정이다. 상기와 같은 문제의식 하에서 국화의 소비실태, 생산동향, 가격동향, 온실자동화장치에 대한 자료를 조사 분석하고 본 연구에서 개발된 원격 자동제어 재배구와 관행 재배구와의 경제성을 비교 분석하였다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제1절 인터넷 온실 정보시스템

인터넷 온실 정보시스템이란 인터넷을 통하여 컴퓨터로 온실환경을 관리하고, 이를 영농컨설팅, 전자상거래 등과도 연계시킬 수 있으므로 시설재배의 정보인프라를 구축할 수 있는 기반 시스템이라고 할 수 있다.

최근 시설재배 면적은 증가하고 있으나 겨울철 가온은 유류가격 상승으로 어려움을 겪고 있다. 보다 효과적인 환경제어로 농산물의 품질도 높이고 생산비도 절감하는 지혜가 더욱 중요해 진 시기이다.

우리나라의 많은 시설재배 농업인들은 훌륭한 환경제어 장치를 충분히 활용하지 못하고 있으나 이미 선진국에서는 인터넷을 비롯한 통신기술을 환경제어에 활발히 활용하고 있으며 컴퓨터 통신을 통하여 온실 재배자들에게 온라인 서비스 및 기술지원을 함으로써 큰 호응을 받고 있다.

기존의 이러한 시스템들은 PC 및 Programmable Logic Controller(PLC) 기반으로 구성되어 있어 규모가 크고 비용이 비싸다. 따라서 본 연구에서는 PC 기반의 시스템을 임베디드 시스템화하고 PLC 기반의 제어부분은 용도에 적당한 컨트롤러를 이용하여 비용을 줄였다. 이를 통해 기존 시스템에 비해 낮은 비용으로 온실 정보시스템을 구성할 수 있다.

제2절 국화의 재배환경

국화는 대부분 단일 개화성이지만 품종에 따라서는 화아의 분화와 발달에 필요한 일장이 다르기 때문에 개화기도 매우 다양하다. 국화의 화아분화는 주로 온도와 일장에 의해 영향을 받기 때문에 재배환경 구명을 위한 실험도 대부분 품종별 온도와 일장 조절에 초점이 맞추어져 있다.

온도에 관한 연구는 대부분 야간온도에 초점이 맞추어져 있다. Cathey(1954a, b, c)는 모주의 관리 온도에 따라 삼수의 생장에 영향이 크며 저온에서 모주를 관리하면 생장과 개화가 양호하다고 하였다. 또 국화의 품종을 온도의 영향을 받지 않는 thermozero, 저온에 의해 개화가 억제되는 thermopositive, 고온에 의해 개화가 억제되는 thermonegative 군으로 분류하였으며, 꽃의 발달은 저온과 고온에 의해 억제되고 주간온도보다는 야간온도에 의해

더 큰 영향을 받는다고 하였다. Post(1939)는 품종형의 'Coper City'를 이용한 실험에서 야간의 고온은 화아의 발달과 개화를 촉진하고 식물체당 봉오리 수를 증가시키고 저온에서는 꽃의 크기가 커진다고 하였다. Adams 등(1998)은 'Snowdon' 품종에서 20℃ 이하에서는 화아 분화가 지연되고 화아발달은 20.2℃에서 가장 빠르며, 평균기온으로 보서는 20.4℃일 때 개화가 가장 빠르다고 하였다. Parups(1978)은 단일처리시의 야간온도를 24:00시 이전에는 15.5℃에서, 24:00시 이후에는 10℃에서 관리한 구가 15.5℃로 일정하게 유지한 구에 비해 개화가 약 3일정도 지연되었으나 화경장이 길어지고 봉오리수와 크기에는 영향을 받지 않았다고 하였다. 이것은 야간 온도를 낮춤으로써 생장과 품질에 영향을 주지 않고 에너지를 절약할 수 있다는 것을 의미한다. 또 24:00시 이후의 야간온도를 16℃에서 10℃로 낮추어주었을 때도 결과는 같았다(Parups 등, 1982). Whealy 등(1987)은 단일처리 후 주간 30, 야간 26℃의 고온하에 두면 주간 22, 야간 18℃에 둔 것과 비교해 화아분화가 지연되었다. 이 경우 'Orange Bowl' 품종은 'Surf' 품종보다 민감하게 반응하였다. 이상에서와 같이 국화의 온도에 대한 반응은 품종에 따라 다르며 단일기간 동안 야간 온도를 일정하게 유지하는 것보다는 자정 이후의 온도를 낮추어줄 때 생장이 양호하며 야간의 지나친 고온은 개화를 지연시킨다.

일장은 온도와 함께 국화의 개화에 필수적인 환경요인이다. 화아 하나를 유도하는데는 3-4일간의 연속적인 단일이 필요하지만 모든 화아를 유도하기 위해서는 10-12일의 연속적인 단일처리가 필요하다. 단일처리는 적어도 29일 이상 지속되어야만 화아발달이 정상적으로 이루어진다(Post 등 1950). Adams 등(1998)도 화아유도는 5일간의 단일처리로 충분하지만 개화를 위해서는 적어도 30일간의 단일처리가 필요하다고 했다. 그리고 식물체의 일장반응과 관련해서는 일장에 민감하지 않은 영양생장단계, 일장에 민감한 화아의 유도단계, 일장에 민감한 화아의 발달단계 그리고 일장에 민감하지 않은 개화단계의 4단계로 구분하였다. Furuta(1954)는 추국 품종을 가지고 12-16시간 일장하에서 실험한 결과, 14시간 이상에서는 화아창시가 이루어지지 않았다. 화아의 발달을 촉진하기 위해서는 화아창시 때보다 더 짧은 일장이 요구되었으며 13시간 이상의 일장하에서는 화아발달이 지연된다고 하였다. Weise 등(1964)은 2개의 가지를 가진 식물체를 키워 한쪽가지는 단일처리, 다른 쪽은 장일처리를 하였을 경우 양쪽 모두 개화가 이루어졌다. 그리고 상위의 성숙한 4엽만 단일처리해도 개화가 가능하였다. 또 단일하에서 자란 가지를 대목으로 하고 장일하에서 자란가지를 접수로하여 접목한 결과, 화아의 분화 및 발달이 정상적으로 이루어진다고 하였다. Seeley 등(1965)은 일장이 화아발달 속도에 중요한 영향을 미치며 일장의 증가는 화색의 출현과 개화를 지연시킨다고 하였다. 이상에서와 같이 일장은 국화의 화아분화 및 발달에 중요한 영향을 미친다.

하나의 봉오리를 유도하는 데는 3-5일의 연속적인 단일로 충분하며, 화아의 발달을 촉진하기 위해서는 화아유도기 때보다 더 짧은 일장이 주어져야 된다. 단일처리 후 장일로 옮길 때는 최소한 29-30일간의 단일처리가 필요하다. 또 일장 반응에 따른 개화과정은 1) 일장에 민감하지 않은 영양생장단계, 2) 일장에 민감한 유도단계, 3) 일장에 민감한 발달단계, 그리고 4) 일장에 민감하지 않은 발달단계의 4단계로 요약할 수 있다.

겨울철은 일조량이 부족한데다 외기 온도가 낮아 광합성 속도가 빠른 오전중에는 환기 조차 하기 어려운 실정이다. 국화는 3,000Lux이상의 밝기가 되면 광합성을 시작하고 그 후 광량이 증가함에 따라 광합성 속도가 직선적으로 증가하기 때문에 아침시간이 지나며 시설 내의 CO₂가 부족하게 된다. 이러한 시설내 환경의 특성을 감안하여 환기가 가능한 시간까지 2-3시간 정도 CO₂를 공급할 필요가 있다. CO₂ 공급의 유용한 효과는 많은 연구자들에 의해 밝혀지고 있다. 대개 900-1,800ppm의 농도 범위에서 줄기가 길어지고 엽수가 많아지지만 생체중의 증가에 그 효과가 더욱 컸다(柴田道夫 등 1995). Tanigawa 등(1993, 1995)도 600, 1,000, 2,000ppm의 CO₂를 시용했을 때 줄기길이, 엽수, 생체중 및 건물중이 증가하였으나 생체중과 건물중의 증가율은 엽수나 줄기길이의 증가율보다 높았다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 원격제어 및 자체진단 시스템 구축 및 현장운용

1. 서언

최근 들어서는 인터넷 기술의 급속한 발달로 인하여 오프라인에서만 가능했던 일들이 온라인 상에서도 가능해지고 있다. 인터넷은 일반 생활뿐만 아니라 산업현장에서도 많은 영향을 미치고 있다. 그러나 원자력 폐기물 처리작업, 우주공간에서의 작업, 해저작업 등 사람이 직접 작업하기엔 위험한 환경에서는 반드시 원격 제어가 요구되고 있다. 원격 제어에 있어서 인터넷은 안정성과 편리성 그리고 누구나 접속이 가능한 용이성을 동시에 제공하므로 인터넷을 이용한 원격 제어에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다(Goldberg 등, 1995; Eric 등, 1996).

자바는 네트워크나 소형 기기의 운용에 적합한 플랫폼 독립적이며 보안성을 가진 프로그래밍 언어이다. 또한 자바 기반의 자바 애플릿은 압축된 형태로 클라이언트로 전송되어 프로그램의 설치 없이 인터넷 브라우저에서 실행되는 강력하고 일목요연한 기능을 제공한다. 이러한 자바와 자바 애플릿 프로그램은 네트워크와 보안, 그리고 멀티쓰레드의 기능을 가지도록 고안되어 있어서 네트워크를 통한 분산 소프트웨어와 데이터의 접근이 용이하다. 또한 자바 애플릿은 클라이언트에서 실행되므로 서버에서 발생하는 부하를 상당부분 줄여준다는 장점이 있다(Deital 등, 1999).

그리고 자바를 이용하여 DB에 접속하여 DB관련 처리 기능을 제공하는 드라이버인 Java Database Connectivity(JDBC)를 이용하면 자바 애플릿에서 DB와 쉽게 연결할 수 있다. 이를 통해 DB와 연결된 사용자는 온실의 환경정보를 확인하고 온실을 관리하는데 활용한다.

인터넷 기술의 발달과 더불어 시스템의 규모 또한 소형화로 바뀌는 추세다. 대표적인 것 중의 하나가 임베디드 시스템 분야이다. 임베디드 시스템은 일반 PC에서 할 수 있는 대부분의 기능을 가지고 있다. 기존의 원격제어 장비들은 PC 혹은 PLC에 기반을 두고 있어 시스템 규모가 크다. 또한 이러한 시스템은 몇몇 기능만 제어에 사용될 뿐이다. 이에 비해 안정성과 유지 보수가 편한 임베디드 시스템으로 구성할 경우 보다 간단하고 경량인 시스템이 되며 안정성 또한 높아진다.

또한 이러한 임베디드 시스템을 내장한 카메라 서버를 통해 온실의 환경을 직관적으로 모니터링 할 수 있다. 기존의 원격관련 시스템들은 제어장치들의 상태를 간단한 인터페이스로만 보여주었다. 카메라 서버는 인터넷으로 온실의 영상을 사용자의 인터넷 브라우저에 띄워준다. 그리고 사용자는 카메라를 직접 제어하여 원하는 곳의 영상을 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 여러 장점을 가지고 있는 인터넷, 자바 기술 그리고 임베디드 시스템을 바탕으로 하여 국화 재배 온실을 원격지에서 모니터링 및 제어가 가능한 시스템을 설계하고 구현하고자 한다. 기존의 온실 제어시스템을 원격제어 시스템으로 구현해 봄으로써 실제 시스템 적용 가능성을 확인한 다음, 온실 내 환경정보의 수집을 통해 추후 개선된 제어 방법으로 온실을 관리할 수 있도록 한다.

2. 재료 및 방법

가. 제어 장치

1) 마스터 보드

마스터 보드란 드라이버 보드로부터 센서입력을 받고 제어신호를 보내며 내부에 제어 알고리즘과 함께 키 입력, 센서의 입력 값 및 디스플레이 처리 부분이 프로그램 되어있는 보드를 말한다. 또한 마스터 보드는 Wide Area Network(WAN)을 통해 정보를 주고 받기 위해 RS-232C 방법으로 Embedded Board와 통신한다.

그림 1의 제어 보드는 Atmel사의 AT89C52 컨트롤러를 사용하여 제작되었다. 이 보드는 Analog-to-Digital Conversion(ADC)을 위해서 ADC0809를 사용하였다. 센서 및 제어기의 특징은 표 1과 같다.



그림 1. AT89C52를 사용한 제어 보드

표 1. AT89C52로 구성된 제어기의 특징

요소	특징
AT89C52	8K바이트의 플래시 메모리를 내장, 128바이트의 내부 램 32개의 프로그래머블 I/O 라인(4 Port, 각 포트는 비트 제어 가능) 프로그래머블 시리얼 포트 내장
ADC0809	8채널 입력 아날로그 신호 입력 범위 : 0V - 5V 분해능 : 8bit 변환시간 : 100 μ s
온도센서 LM35D	섭씨 온도로 직접 변환 가능 +10.0mV/°C의 비로 선형적으로 값이 출력됨 +25°C에서 0.5°C의 정밀도를 가짐 동작범위 : -55 - +150°C 원격 조작 제품에 적합 wafer-level trimming을 사용하므로 가격이 저렴함 동작전압 : 4-30V Drain 전류는 60 μ A 미만 공기중에서 0.08°C 정도로 발열이 적음 공기중에서 0.08°C 정도로 발열이 적음 1mA에 대해 0.1 Ω 의 부하로 낮은 출력 임피던스를 가짐

그림 1의 제어기는 정보 센싱을 위한 제어기로서는 충분하나 제어기 사이의 정보교환을 위한 CAN 통신, AD 변환 그리고 수정 및 보완 등의 기능이 부족하다. 그래서 Atmel사의 T89C51CC01을 사용하여 그림 2의 보드를 제작하였다. 이 보드는 당시 회로 설계의 착오로 몇 가지의 버그가 발견되어 그림 3의 보드를 다시 제작하였다. 이 보드는 디스플레이 장치로 Liquid Crystal Display(LCD)를 사용하였으며 CAN 및 RS-232C 출력포트를 가진다. 또한 In-System Programming(ISP)기능이 있어 프로그램의 수정이 쉽기 때문에 개발시간을 단축시킬 수 있었다. 보드를 더욱 일반적으로 개발하기 위해 다시 회로를 설계하여 그림 3을 거쳐 최종적으로는 그림 4의 마스터 보드를 제작하였다.

회로설계를 위해서는 OrCAD 9.2를 사용하였고 컨트롤러의 프로그래밍을 위해서는 Keil uVision2를 사용하였다. 그리고 ISP 프로그램으로는 Atmel에서 제공하는 FLIP 1.8.2를 사용하였다.

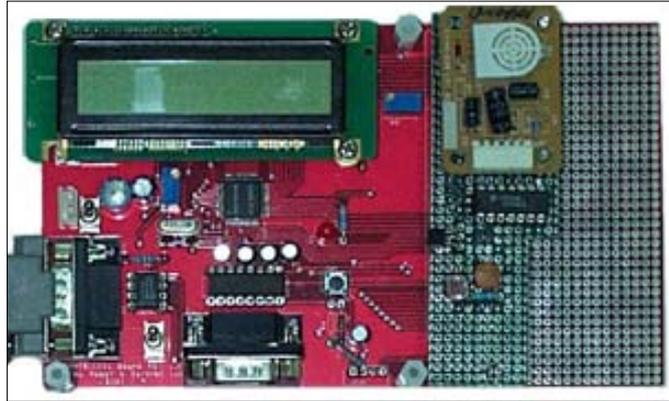


그림 2. T89C51CC01을 사용한 제어 보드 I



그림 3. T89C51CC01을 사용한 제어 보드 II



그림 4. 마스터 보드

(2) 드라이버 보드

드라이버 보드는 전원, 키 입력, 디스플레이, 센서입력, 제어출력 부분으로 되어 있으며 마스터 보드로 정보를 보내거나 받아서 처리하는 역할을 한다. 그리고 센서 입력으로 16개 그리고 제어 신호 출력으로 16개의 채널을 가진다. 전원부에서는 각 센서의 입력전원에 맞추기 위해 +5VDC, ±12VDC 및 +24VDC와 같은 다양한 전원을 만들어 낸다.

기존의 많은 장치들은 디스플레이 장치로 LCD를 사용하고 있지만 본 연구에서는 디스플레이 장치로 4×20 Vacuum Fluorescent Display(VFD)를 사용하였다. 그 이유는 빛이 LCD 표면에 반사될 경우 디스플레이 되는 내용을 판별하기 힘들며 온도가 높을 경우에는 번짐 현상이 발생하는데 비해 VFD는 온도에 강하며 빛이 직접 VFD 표면에 반사되어도 가독성이 뛰어나기 때문이다.

(3) 임베디드 보드

임베디드 보드(embedded Board)는 HyBus사에서 생산된 Hyper104A를 사용하였다. Hyper104A(기본사양)는 Intel StrongARM SA1110 CPU를 기반으로 개발된 고성능 개발보드이다. 또한 운영체제가 임베디드 리눅스 커널로 되어 있어 빠르고 안정적인 동작이 가능하다.

나. 통신 방법

본 연구에서는 마스터 보드와 임베디드 보드 사이에는 RS-232C, 그리고 마스터 보드와 다른 마스터 보드 사이에는 CAN 통신방법을 사용하였다. 그리고 World Wide Web (WWW)상에서 이루어지는 모든 통신은 소켓통신을 사용하였다.

RS-232C는 컴퓨터들과 관련 장치들 간에 비교적 느린 속도의 직렬 데이터 통신을 하기 위한 물리적 연결과 프로토콜에 관해 기술하고 있는 오래된 표준이다. 현재의 버전이 "C"이다. 이 표준은 원래는 텔레타이프 장치들을 위해 산업계의 업체 모임인 Electronic Industries Association(EIA)에 의해 정의되었다.

CAN은 원래 자동차 내의 각종 계측 제어 장비들 간에 디지털 직렬 통신을 제공하기 위하여 개발된 차량용 네트워크 시스템으로, 1993년에 International Organization for Standardization(ISO)에서 국제 표준 규격으로 제정되었다. CAN은 다른 자동차 통신망들에 비하여 가격 대 성능비가 우수하며, 지난 수년간 차량 내의 열악한 환경에서 성공적으로 동작되어 신뢰도가 검증된 통신망이다. CAN 칩(chip)은 이미 인텔, Atmel, 모토롤러, 필립스, NEC, 히타치, 시멘스 등 많은 회사에서 개발했다. CAN은 마스터/슬레이브(master/slave), 다중 마스터(multiple master), 피어 투 피어(peer to peer) 등을 지원하는 매우 유연성 있는 네트워크이며, 공장의 열악한 환경이나 온실내부의 고온, 충격이나 진동, 노이즈가 많은 환경에서도 잘 견딜 수 있다. 이러한 장점들로 인하여 최근에 와서 CAN은 공장 자동화와 공정의 분산제어 등의 각종 산업 설비에서 제어 및 자동화 관련 장비들 간에 데이터 교환을 위한 통신망으로 널리 이용되고 있다. CAN을 이용하는 대표적인 통신망으로는 DeviceNet, SDS, CAN Kingdom, CANopen/CAL 등이 있으며, 이들은 모두 데이터링크 계층으로 CAN을 이용하고 있지만 응용계층은 서로 다른 프로토콜을 채택하고 있다.

소켓은 네트워크 상에서 클라이언트 프로그램과 서버 프로그램 사이의 통신 방법이다. 소켓은 "접속의 끝 부분"으로 정의된다. 소켓은 때로 소켓 Application Program Interface (API)라고 불리는, 일련의 프로그래밍 요청이나 function call로 만들어지고 이용된다. 가장 보편적인 소켓 API는 버클리 유닉스 C 언어 인터페이스이다. 소켓들은 또한, 같은 컴퓨터 내에서 프로세스들 간의 통신에도 이용된다.

이러한 소켓은 Transmission Control Protocol/Internet Protocol(TCP/IP)를 이용하는 API로서 1982년 Berkeley Software Distribution(BSD) 유닉스 4.1에서 소개된 이후 대부분의 유닉스 계열의 운영체제에서 기본적으로 제공하고 있다. 소켓은 유닉스의 보급과 함께 널리 이용되기 시작하였는데 BSD 유닉스는 기능이 계속 보완되어 1994년에 BSD 4.4 Lite

가 발표되었고 이것이 FreeBSD, NetBSD, BSD/OS 등의 기초가 되었다. 유닉스 계열의 운영체제는 이외에도 Solaris(SUN), AIX(IBM), HP-UX(HP), Digital Unix(DEC), Linux 등이 있는데 모두 거의 같은 형태의 소켓 API를 제공하고 있다. 현재 유닉스 관련 표준은 IEEE의 POSIX(Portable Operating System Interface)와 Open Group을 중심으로 이루어지고 있는데 일반적으로 유닉스의 소켓 API를 통칭하여 “BSD 소켓”이라 부른다.

다. 센서

국화의 생장에 영향을 미치는 환경 요소에는 온도, 토양수분 그리고 CO₂등이 있다. 이와 같은 환경정보를 얻기 위해서는 각 요소에 맞는 센서가 필요하다. 본 실험에서는 온실 내 환경정보의 수집에 온도, 토양수분장력 그리고 CO₂ 센서를 사용하였다. 온실 내부 환경이 외부 환경과 다르고 특수하므로 각 센서는 정확성, 안정성 그리고 신뢰성 있는 제품으로 선택하였다.

온도센서는 DC 5V 입력 전원을 가지는 AD592를 사용하였다. 이 센서는 전류 출력으로 끝단에 정밀저항을 접지와 병렬로 연결하여 입력으로 받았다.

토양수분 장력 센서는 DC 12V 입력 전원을 가지는 SKM850(SDEC)을 사용하였다. 이 센서는 차동 전압을 출력한다. 따라서 차동 전압은 차동증폭기를 거쳐 두 신호의 차를 구하고 일정범위 까지 증폭된다. 차동증폭기를 사용하지 않을 경우 센서입력을 받기 위해서는 두개의 채널이 필요한데 비해 차동증폭기를 사용하면 하나의 채널로 입력받을 수 있다. 사용된 차동증폭기는 BURR BROWN사의 INA103 이다.

CO₂ 센서는 DC 24V 입력 전원을 가지는 GMW20(VAISALA)을 사용하였다. 이 센서는 전류 출력으로 끝단에 정밀저항을 접지와 병렬로 연결하여 입력으로 받았다. 측정 전압 범위는 0-3V이다.

라. DB 서버

DB는 그 내용을 쉽게 접근하여 처리하고 갱신할 수 있도록 구성된 데이터의 집합체이다. 가장 널리 보급된 DB는 데이터를 다양한 방법으로 접근하고 재구성할 수 있도록 정의한 테이블형의 DB인 관계형 DB이다. 분산 DB는 네트워크 상의 여러 다른 지점에 분산되어 있거나 중복되어 있는 DB를 말하며, 객체지향 DB는 객체 클래스와 서브 클래스로 정의된 데이터가 서로 일치하는 DB이다. 본 연구에서는 관계형 DB인 MySQL version 4.0.12를

사용하였다. MySQL은 C API와 JDBC의 이용에 의해 C 프로그래밍이나 자바에서 쉽게 프로그램을 개발할 수 있다.

마. 웹 서버

본 연구에서는 리눅스 서버 PC에 아파치(Apache)를 설치하여 웹 서비스를 한다. 아파치는 "open source" 라이선스에 따라 배포되고 마음대로 쓸 수 있는 웹 서버이다. 버전 1.3은 리눅스, Solaris, Digital UNIX, AIX와 같은 대부분의 유닉스 기반 운영체제, Rhapsody, BeOS, BS2000/OSD 등과 같이 유닉스/포직스에서 파생된 시스템들, 그리고 AmigaOS 및 윈도우NT/95/98 등에서 실행된다. Netcraft에서 1998년 9월에 실시한 웹 서버 실태조사에 따르면, 전세계 인터넷 서버의 50% 이상이 아파치에서 운영되고 있다고 한다. 마이크로소프트에서 나온 윈도우 기반의 웹 서버, 넷스케이프, 그리고 다른 회사 제품들이 수적으로 늘어가고 있지만, 아파치는 유닉스 기반의 시스템이 널리 퍼져 있는 기업이나 대학에서 폭 넓게 이용되고 있다.

3. 결과 및 고찰

가. 원격제어 시스템 구축

1) 제어시스템의 구축 및 운용

가) 전체 시스템 구성

그림 5는 전체 시스템의 구성을 나타낸다. 시스템은 총 3 부분으로 나누어진다. 모든 요소들은 인터넷 망에 연결되어 서로 통신을 한다. 서버PC는 고정 IP(고유번호)를 부여하여 웹 서버, 데몬 프로그램 그리고 DB 서버를 운영한다.

온실의 제어보드는 마스터 보드와 드라이버 보드로 구성되며 Embedded Board를 통해 서버와 연결하여 통신을 한다. 클라이언트는 일반농가, 원예연구소 그리고 대학의 연구실 등으로 구성되며 인터넷 망을 통해 서버와 연결된다. 이러한 온실과 클라이언트들은 서버가 고정 IP를 사용하므로 유동 IP를 사용하여도 소켓을 형성할 수 있으므로 무방하다.

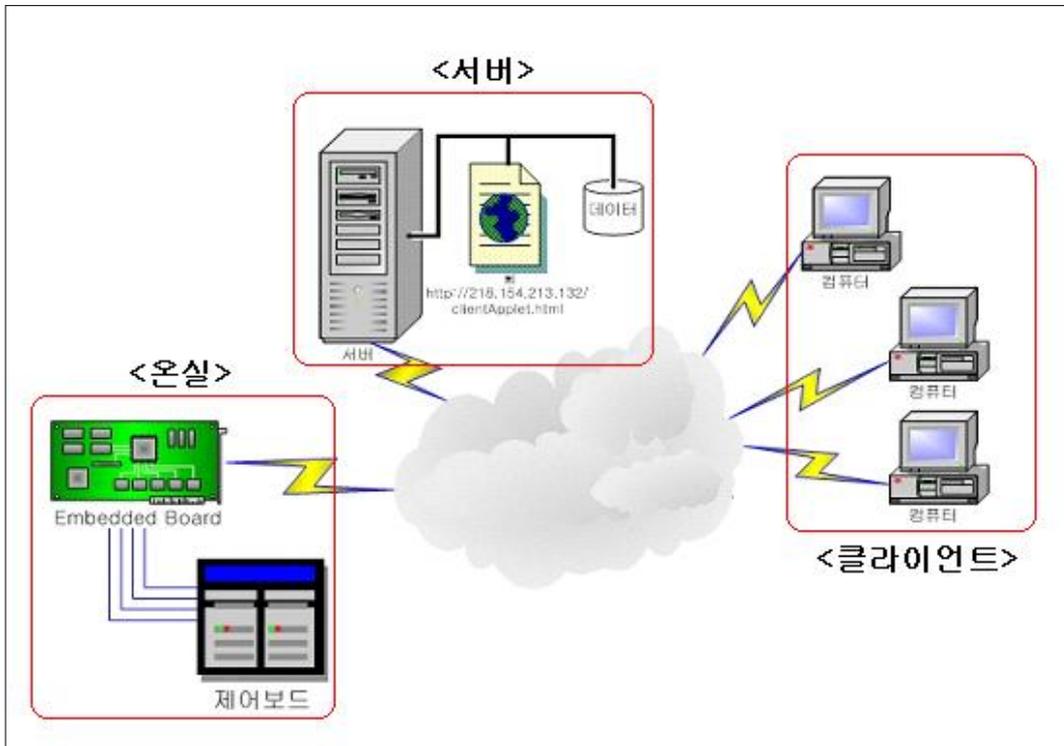


그림 5. 시스템 구성

나) 데몬 프로그램

DB 서버는 MySQL을 이용하여 구축하였다. 클라이언트 프로그램인 Java Applet에서는 JDBC를 이용하여 DB와 연동하였다. 그러나 Embedded Board에서는 직접 DB에 접속할 수 없기 때문에 서버 PC는 Embedded Board에서 보내온 온실 환경정보를 소켓으로 받아 C API를 이용하여 DB에 저장한다. 이러한 중간 매개의 역할을 하는 것이 데몬 프로그램이다.

데몬 프로그램은 온실과 클라이언트를 연결해주는 역할도 한다. 클라이언트에서는 제어, 기준값 그리고 모드 메시지를 소켓을 통해 데몬 프로그램에 보내주면 데몬 프로그램은 이 메시지를 Embedded Board로 전달해준다. 또한 모드와 기준값 메시지는 해당온실에 대한 DB가 저장된 테이블에서 모든 정보를 수정하는데 이용된다. 그 외에 클라이언트에서는 사용자ID, 페스워드, 테이블추가 그리고 테이블삭제 등에 대한 메시지를 데몬 프로그램에 보내어 DB와 연동하여 사용자 인증 및 테이블의 내용을 수정한다.

그리고 Embedded Board에서는 현재의 센서값 및 상태 메시지를 데몬 프로그램을 통해 클라이언트로 전달한다. 여기서 센서값은 일정 시간간격으로 DB의 테이블에 저장된다. 그림 6은 서버 PC에서 나타나는 데몬 프로그램의 실행화면이다.

```

[root@houcon myDaemon]# ./myDaemon_test 5700
DB와 연결되었습니다.
Rows: 1
Reclst Rec_ID : 30, Gap : 1
1번째 사용자 추가.
2번째 사용자 추가.
Channel 5 changed to Auto
Channel 4 changed to Auto
Channel 3 changed to Auto
Channel 1 changed to Auto
Channel 7 changed to Auto
Channel 6 changed to Auto
Channel 2 changed to Auto
send to eb
HOUSENUM : 1
B : 0
클라이언트와 하우스를 연결하였습니다

```

그림 6. myDaemon 프로그램

다) 클라이언트 프로그램

그림 6과 같이 데몬 프로그램이 시작된 후 국화 온실에 있는 Embedded board의 전원을 켜다. Embedded Linux의 부팅과정을 거친 후 Embedded board는 서버에 접속된다. 접속이 되면 “1번째 사용자 추가”라는 메시지가 뜬다. 그러면 서버와 Embedded board는 서로 연결된 것이다.

Microsoft Internet Explorer 프로그램의 주소에 “http://218.154.213.132”라고 입력하고 ‘이동’ 버튼을 누른다. 그러면 서버의 웹 서버가 동작하여 자바 애플릿이 Explorer창에 뜬다 (그림 7). 여기에 사용자 ID와 암호를 입력하여 인증을 거치면 “2번째 사용자 추가”라는 메시지가 뜬다. 그러면 서버와 클라이언트가 서로 연결된 것이다. 이때부터 국화 온실의 환경 정보가 사용자의 자바 애플릿 프로그램에 표시된다. 또한 DB 서버에는 온실의 환경정보가 계속 DB의 테이블에 설정된 시간 간격으로 저장된다. 이 모든 과정은 그림 5의 전체 시스템 구조를 따른다.

Explorer창에는 자바 애플릿 부분과 온실내부 영상이 동시에 표시된다. 카메라 영상의 경우 부하가 많이 걸리므로 자바 애플릿만 따로 화면에 띄울 때는 “http://218.154.213.132/clientApplet.html” 주소를 사용한다(그림 8). 또한 카메라 영상만 따로 볼 때는 “http://218.154.213.132/cam_index.html” 주소를 사용한다.

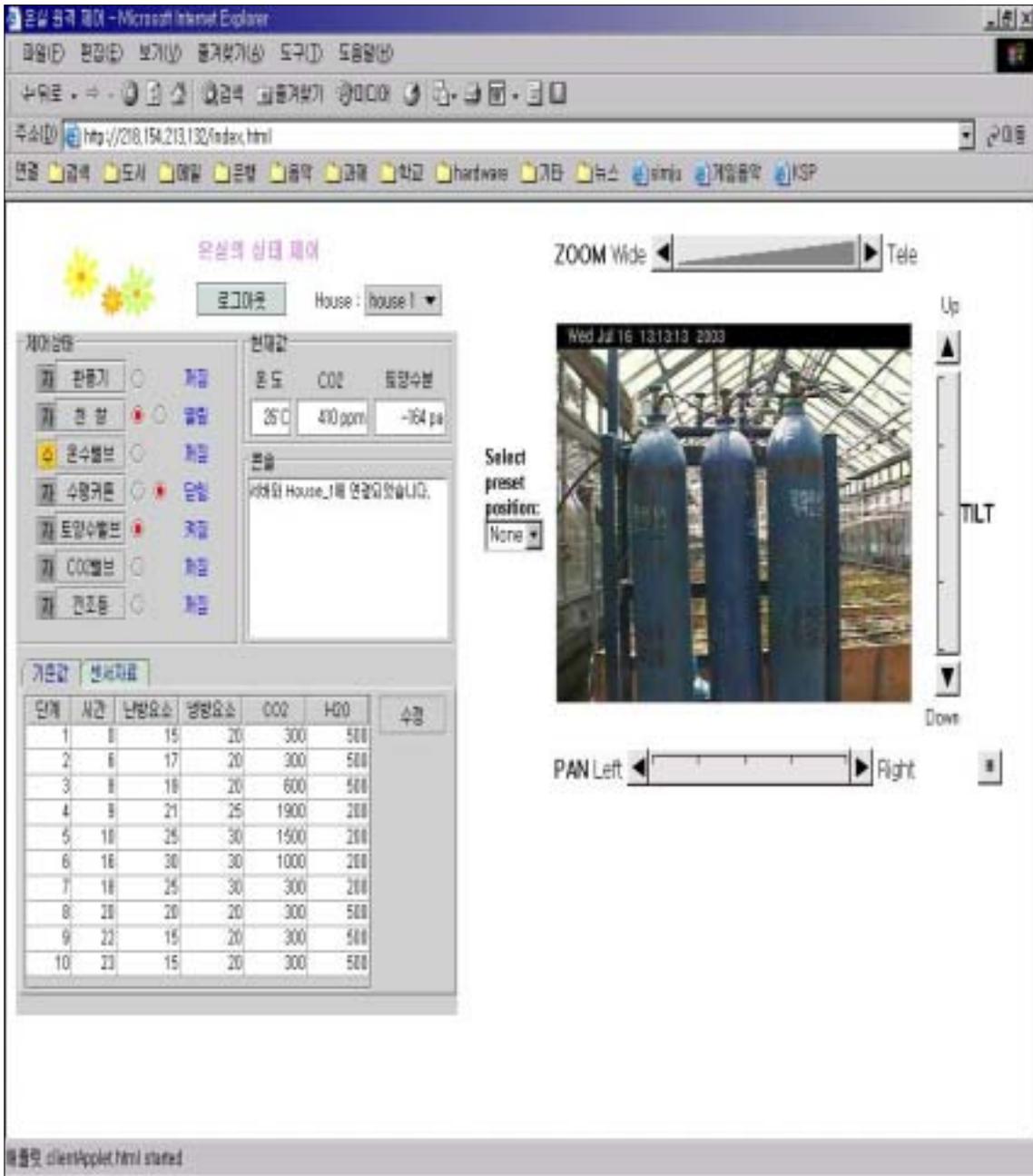


그림 7. Microsoft Internet Explorer에 표시된 클라이언트 프로그램



그림 8. 클라이언트 자바 애플릿

그림 9의 제어상태 패널은 현재 온실에 설치된 제어 장치들의 상태를 표시한다. 또한 사용자가 장치의 모드를 '수동'으로 설정하고 제어장치의 상태를 바꿀 수 있다. 실제 온실의 제어장치의 상태가 바뀌는 순간 지연시간 없이 화면에 표시됨을 확인하였다.

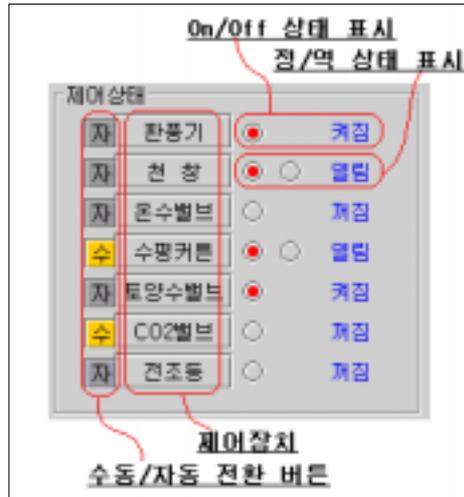


그림 9. 제어상태 패널

그림 10은 국화온실에서 설정점 제어 방법으로 제어되는 장치들이 참조하는 “기준값” 테이블이다. 이 테이블은 DB에 저장되어있다. 온실 내부 환경정보는 그림 11의 테이블과 같이 사용자가 설정한 시간 간격으로 계속 DB 서버에 저장된다. 그리고 현재까지 저장된 내용을 보기 위해서는 “갱신” 버튼을 누르면 된다. 새로운 테이블을 만들기 위해서는 “생성” 버튼을 눌러 그림 12의 테이블 생성 다이얼로그 박스에 테이블의 이름과 저장할려고 하는 데이터의 시간 간격을 분 단위로 입력한다. 또한 사용 중인 테이블을 삭제하기 위해서는 “삭제” 버튼을 눌러 그림 13의 테이블 삭제 다이얼로그 박스에서 삭제를 원하는 테이블 이름을 선택한 후 “삭제” 버튼을 눌러 삭제한다. 그러면 DB에서 테이블은 삭제된다.

현재 화면에 나타난 테이블을 “Excel” 버튼을 눌러 사용자의 PC에 Microsoft Excel file로 저장할 수 있다(그림 14). 즉, DB에 저장된 데이터를 사용자가 Microsoft Excel 프로그램을 사용하여 편집하기 쉽도록 해준다.

테이블의 생성, 삭제, 갱신 그리고 Excel 파일로의 저장 모두 오류 없이 실행됨을 확인하였다.

기준값		센서자료				수정
단계	시간	난방요소	냉방요소	CO2	H2O	
1	0	15	20	300	500	
2	6	17	20	300	500	
3	8	19	20	600	500	
4	9	21	25	1900	200	
5	10	25	30	1500	200	
6	16	30	30	1000	200	
7	18	25	30	300	200	
8	20	20	20	300	500	
9	22	15	20	300	500	
10	23	15	20	300	500	

그림 10. 기준값 테이블

기준값		센서자료			
생성	삭제	설정	경선	Excel	테이블 선택 : 44_simju
단계	날짜	시간	온도	CO2	H2O
1129	2003-06-30	06:04:09	23	639	423
1130	2003-06-30	06:06:09	23	639	421
1131	2003-06-30	06:07:09	23	639	427
1132	2003-06-30	06:08:09	23	639	432
1133	2003-06-30	06:09:09	22	639	437
1134	2003-06-30	06:10:09	23	639	445
1135	2003-06-30	06:11:09	23	639	450
1136	2003-06-30	06:12:09	23	639	457

그림 11. 센서자료 테이블

새로운 테이블을 만듭니다.

테이블명 :

시간간격 : 분 만든 후 바로 사용

그림 12. 테이블 생성 다이얼로그 박스

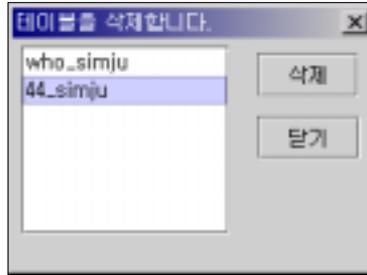


그림 13. 테이블 삭제 다이얼로그 박스

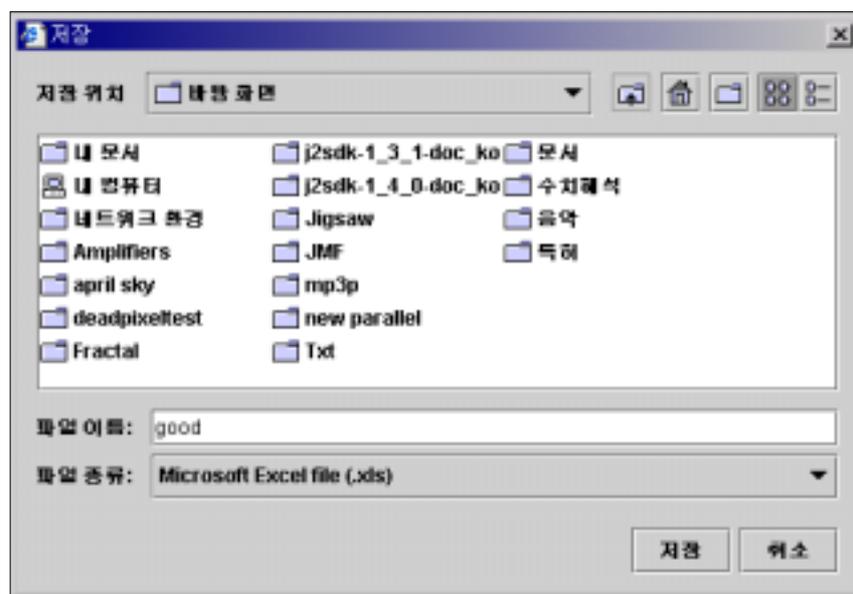


그림 14. Excel file 저장

2) 정보 센싱 및 제어기 설계

가) 마스터 보드

마스터 보드의 Micro Controller Unit(MCU)는 Atmel 사의 T89C51CC01을 사용하였다. 이 칩은 32 Kbytes의 Flash memory, 2 Kbytes의 Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory(EEPROM), 256 bytes의 Random Access Memory(RAM) 그리고 1 Kbytes의 Expanded Random Access Memory(ERAM)이 on-chip화 되어있고 외부 메모리가 필요 없어 소형으로 제작이 가능하다. 그리고 그림 15와 같이 8개의 다중 입력을 갖는

10-bit 해상도의 ADC 기능이 있다. 그래서 Port 1번은 일반 Port로도 사용할 수 있고 아날로그 입력으로도 사용이 가능하다. 본 연구에서 제작한 마스터 보드에는 P1.0의 센서 입력과 P1.7의 Keypad 입력을 ADC하여 사용하였다(표 2).

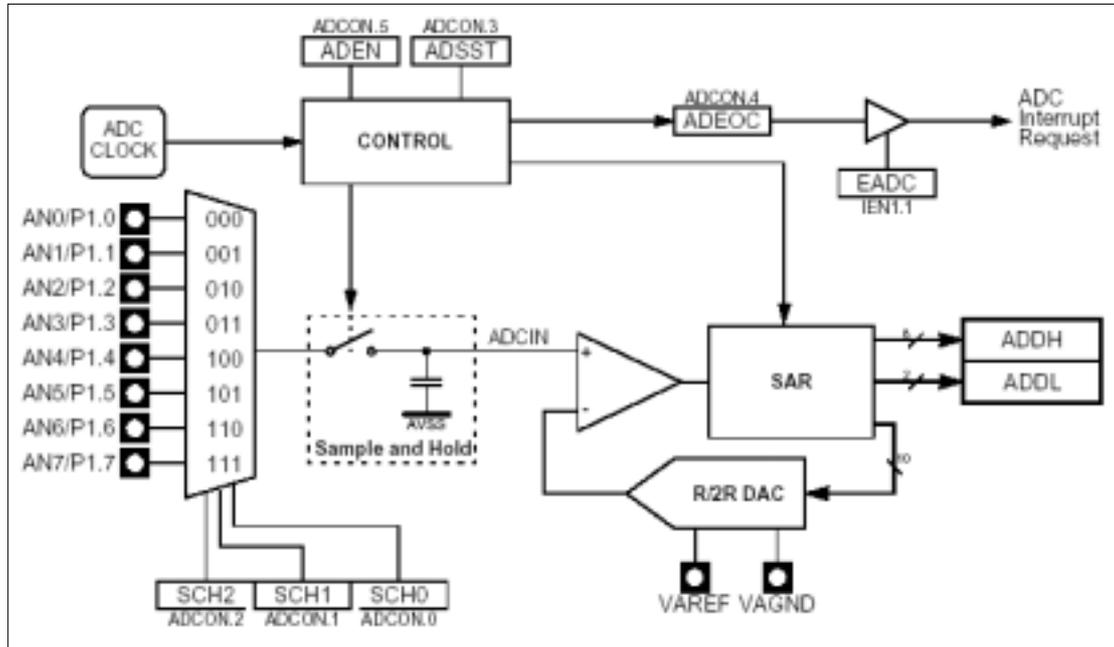


그림 15. ADC Description

마스터 보드의 외형은 그림 16, Printed Circuit Board(PCB) Layout는 그림 17, 그리고 회로도는 그림 18과 같다. 크기는 6.1 × 5.3 cm이며 양쪽으로 각각 24개의 헤더가 달려있어 드라이버 보드와 연결된다. RS-232통신을 위해서는 MAX232 그리고 CAN 통신을 위해서는 80c250이 사용되었다. 보드의 소형화를 위해 사용된 칩들은 chip-type이다.

T89C51CC01은 프로그래밍 방법으로 ISP를 지원하므로 프로그램 작업이 간단해진다. ISP는 FLIP 1.8.2 그리고 프로그램은 Keil사의 uVision2를 툴로 사용하였다.

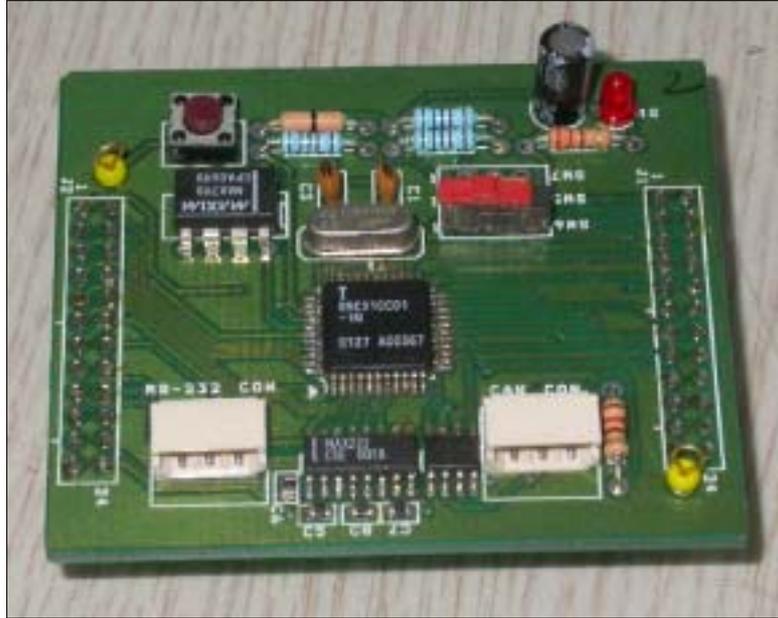


그림 16. 마스터 보드

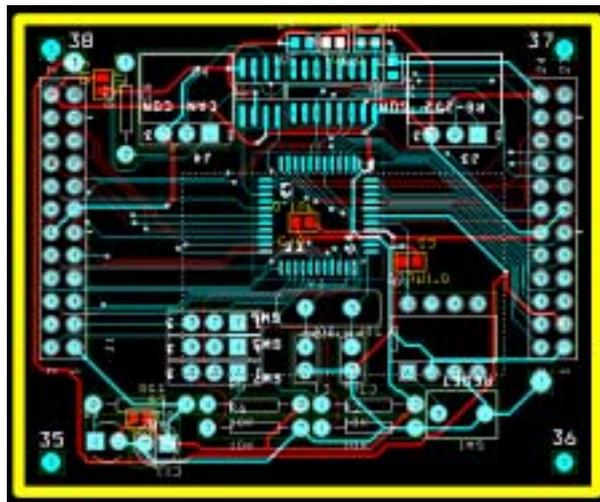


그림 17. 마스터 보드의 PCB Layout

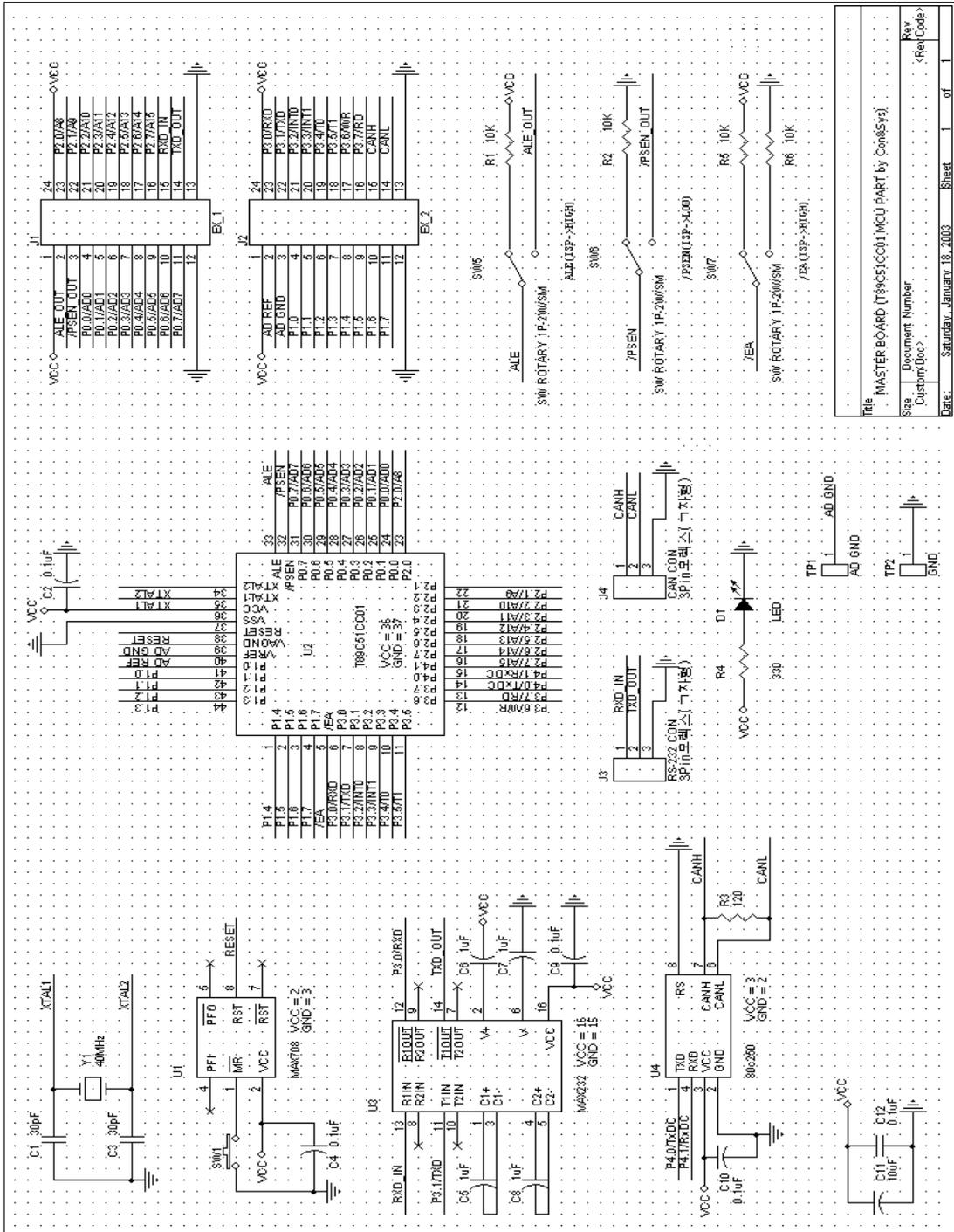


그림 18. 마스터 보드의 회로도

Title: MASTER BOARD (T89C51CC01, MCU PART by Com85ys)			
Size:	Document Number:	Rev:	
Customer-Doc:		<Rev Code>	
Date:	Saturday, January 18, 2003	Sheet:	1 of 1

마스터 보드는 범용으로 제작되어 컨트롤러가 없는 시스템에 쉽게 장착이 가능하다. 마스터 보드와 드라이버 보드를 같은 기판에 제작할 수 있지만 다른 기능을 추가하기 위해 드라이버 보드를 새로 제작해야 되는 경우에는 드라이버 보드만 제작하면 된다.

나) 드라이버 보드

드라이버 보드(그림 19)는 마스터 보드의 명령에 따라 온실의 환경정보를 받고 제어신호를 출력하는 역할을 한다. 그리고 16개의 입·출력 채널을 가지며 각 센서에 맞는 전원을 출력한다. 전원은 드라이버 보드 자체의 동작에 그리고 마스터 보드와 VFD의 구동에도 사용된다(그림 20,21,22). 특히, VFD의 경우 스위치가 켜질 때 순간 과전류가 흐르므로 높은 전류에 견디는 반도체 소자들을 사용한다. 전원부의 사용된 주요 반도체 소자는 LM317이다. 이 소자는 출력 전압을 가변저항을 통해 조절할 수 있다. INA103의 입력전압 중 -12VDC를 위해 LM337을 사용한다(그림 20). 처음 보드에 입력되는 전원은 모두 교류이지만 다이오드 정류기와 콘덴서를 거쳐 직류로 평활 된다.

Analog Multiplexer(74HC4067)은 센서의 아날로그 출력값을 입력으로 받는다(그림 23). 일반 Multiplexer는 논리 신호를 다중 처리하지만 Analog Multiplexer는 아날로그 신호를 다중 처리한다. 드라이버 보드와 같이 입력받을 아날로그 신호가 많을 경우 유용하다. 16개의 입력신호를 선택하기 위해서는 4개의 비트가 필요하다. 여기에는 P1.1-4번이 선택신호로 사용된다(표 2).



그림 19. 드라이버 보드

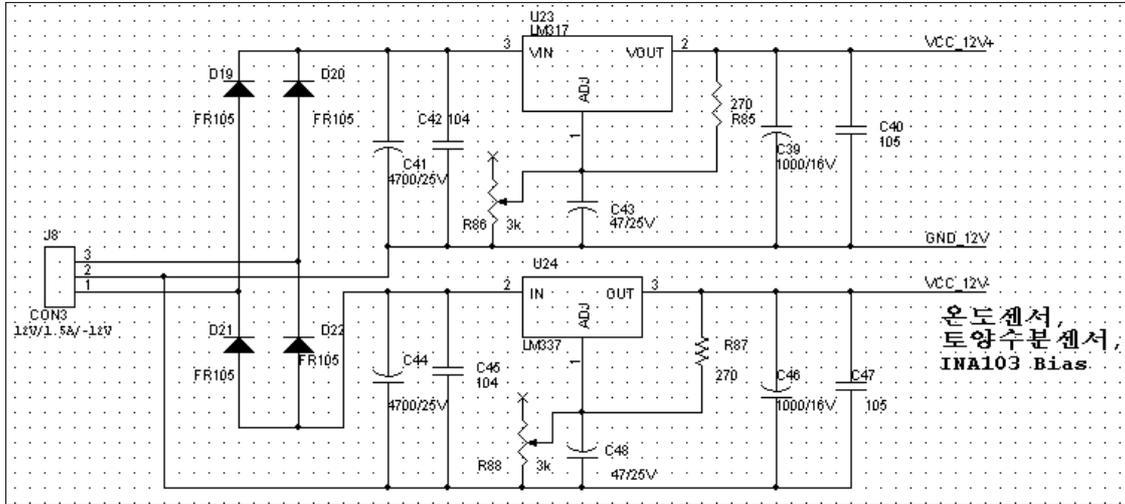


그림 20. DC ±12V Power supply 회로도

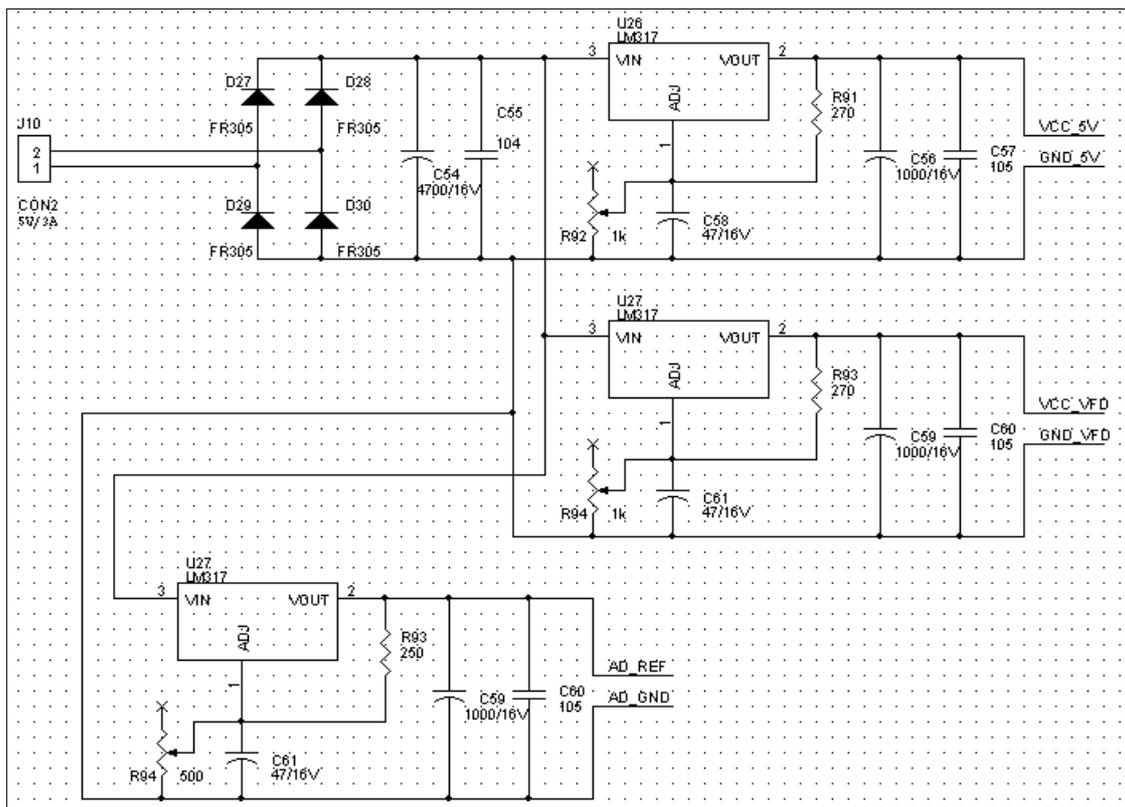


그림 21. DC 5V Power supply 회로도

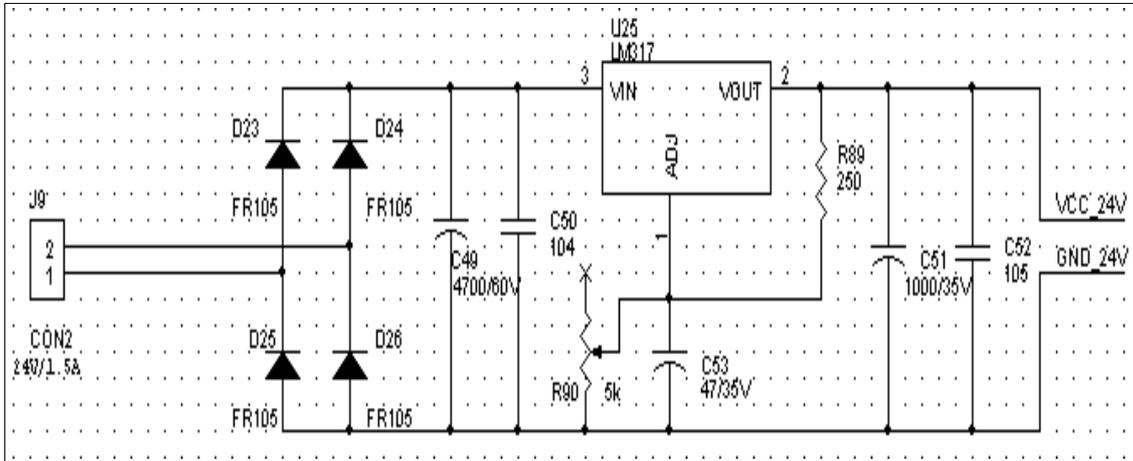


그림 22. DC 24V Power supply 회로도

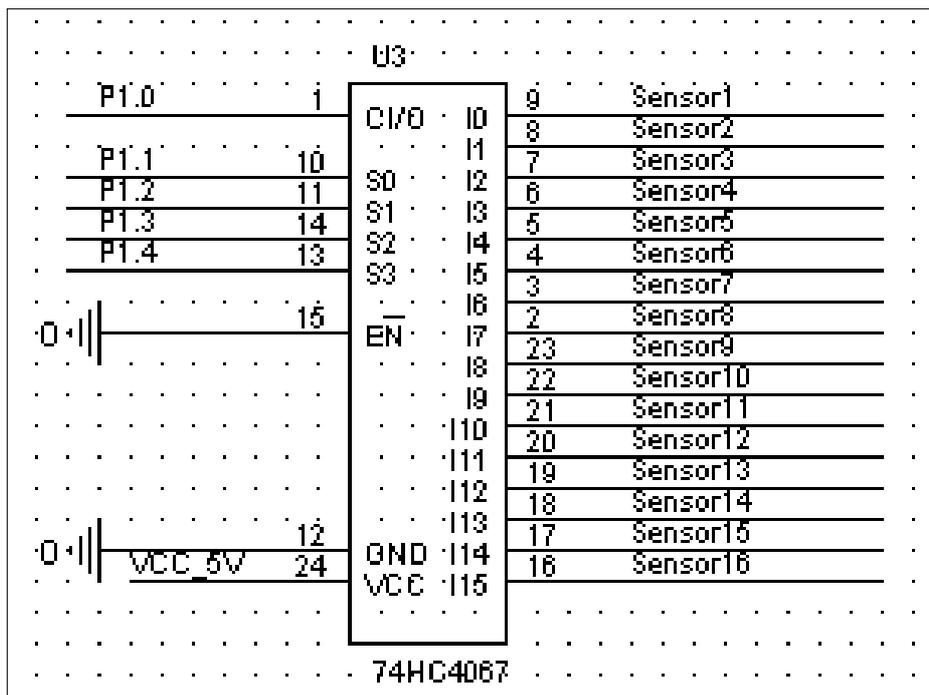


그림 23. 아날로그 먹스 회로도

표 2. T89C51CC01의 Port별 용도

No. of port	function	No. of port	function
P0	photo coupler(control output)	P2	VFD(DATA)
P1.0	Sensor input(AN)	P3.0	RxD
P1.1	Analog Multiplexer A(I/O)	P3.1	TxD
P1.2	Analog Multiplexer B(I/O)	P3.2	RTC-SCLK
P1.3	Analog Multiplexer C(I/O)	P3.3	RTC-IO
P1.4	Analog Multiplexer D(I/O)	P3.4	RTC-RST
P1.5	Latch select	P3.5	VFD-WR
P1.6	Buzz(I/O)	P3.6	VFD-SEL
P1.7	keypad (AN)	P3.7	VFD-BUSY

제어 출력 신호는 전자접속기를 On/Off 시키는데 220VAC를 드라이브해야한다. 그래서 먼저 드라이버 보드와 분리시키기 위해 Photo Coupler(MOC3063)를 사용한다. MOC3063은 논리신호로 On/Off 신호를 입력으로 받으면 교류전원 220VAC를 On/Off 한다. 여기에 추가적으로 Triac이 함께 사용되어 회로가 구성된다. 그리고 드라이버 보드로의 역 전압이 걸리는 것을 방지하기 위해 Voltage Variable Resistor(Varistor)를 사용한다(그림 24).

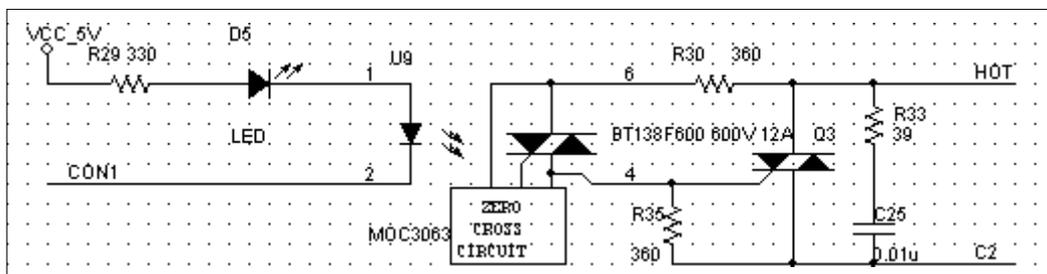


그림 24. Photo Coupler와 Triac 회로도

16개의 제어 출력신호를 위해서는 16개의 Port가 필요하다. 그러나 마스터 보드에는 그만큼의 Port 수가 남지 않는다. 이 문제는 Octal D-Type Latch를 사용하면 해결된다. Port 0은 제어신호로 Latch의 입력으로 이용되고 P1.5가 두 Latch 중 하나를 선택하는 신호로 사용된다. 이렇게 하면 9개의 Port만 사용하면 된다. 두 Latch는 서로 반대로 동작하기 때문에 P1.5의 신호를 NOT 게이트를 통하여 한쪽 Latch가 선택되면 다른 쪽은 선택되지

않게 된다. Latch는 출력신호를 계속유지 시켜주므로 선택되지 않았을 때도 선택되었을 때 신호를 계속 유지시켜준다(그림 25).

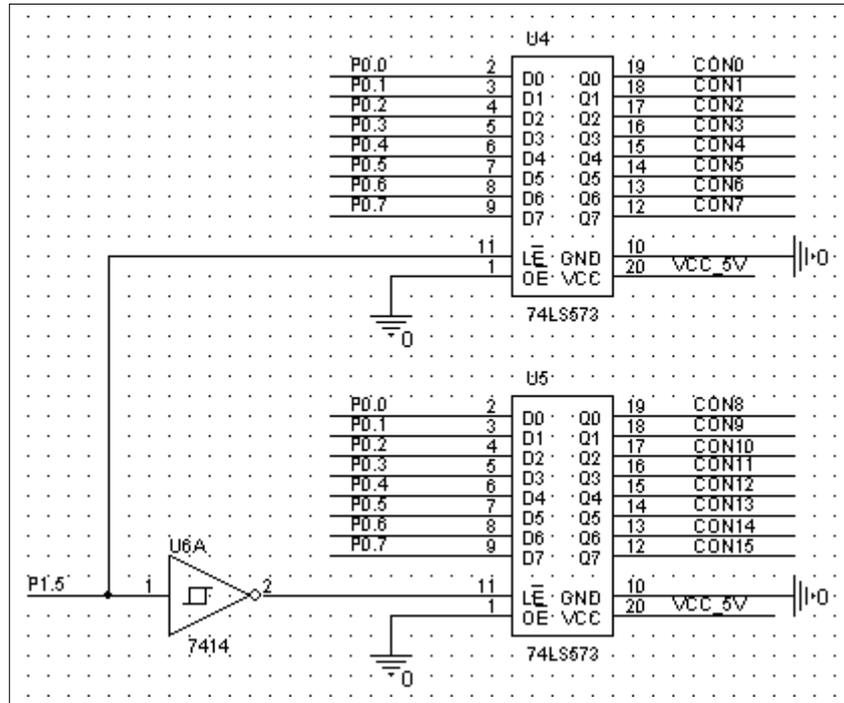


그림 25. 3-STATE Outputs을 가지는 Octal D-Type Latch의 회로도

앞서 살펴본 제어 알고리즘들은 시간에 의해 제어된다. 따라서 시스템 전체의 기준시간이 되는 시계가 필요하다. 이러한 기능을 하는 칩을 RTC(Real Time Clock)라고 한다. 드라이버 보드에 사용된 RTC 칩은 DALLAS Semiconductor사에서 나온 DS1302를 사용하였다. 또한 3.6VDC backup battery를 사용하여 시스템에 전원이 공급되지 않는 상황에서도 RTC 칩은 계속 동작을 함으로 전원공급이 다시 될 경우 현재 시간을 재설정할 필요가 없다. DS1302의 클럭 입력 X1, X2는 32.768Mhz의 크리스탈이 이용된다(그림 26).

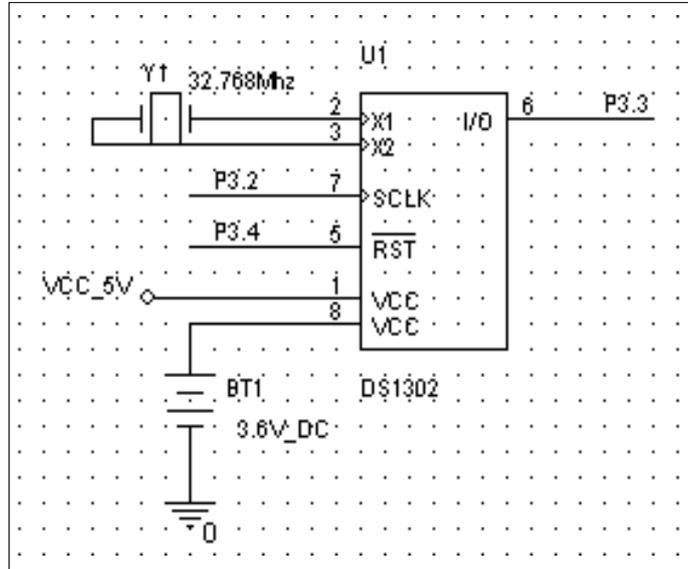


그림 26. RTC 회로도

부저는 사용자가 keypad를 조작할 때 키 입력의 여부 및 경고 메시지를 부저음으로 낸다(그림 27).

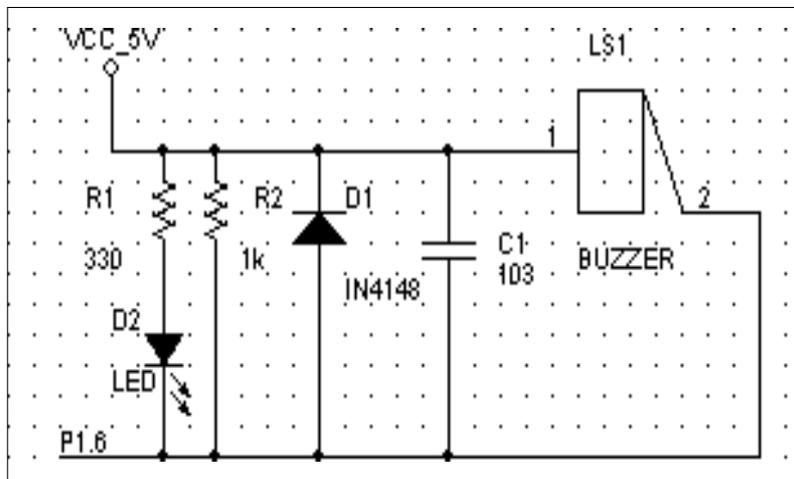


그림 27. 부저 회로도

다) 모니터링 시스템 구축

모니터링 시스템은 원격지에서 온실의 상황을 파악할 수 있도록 Java Applet을 이용하여 구현하였다. 웹 브라우저에서 실행되는 자바 프로그램을 자바 애플릿이라고 하는데 웹 페이지에서 사용자와의 상호작용이나 동적인 화면 또는 장식용 프로그램으로 많이 이용된다. 자바 애플릿은 브라우저와 상호 연동이 가능하다 자바 애플릿에서 브라우저를 제어할 수 있고 반대로 브라우저에서 자바 애플릿의 함수를 쉽게 호출할 수 있다. 인터넷 익스플로러나 넷비게이터 모두 자바 스크립트를 Hypertext Markup Language(HTML)에서 사용할 수 있으며 자바 스크립트에서 자바 애플릿의 함수를 호출할 수 있기 때문에 이를 이용해 웬만한 프로그램 수준의 작업을 처리할 수 있다.

그리고 비디오 서버와 카메라는 Axis 2400 Camera Server (그림 28)와 Sony사의 EVI-D30 카메라 (그림 29)를 이용하였다. 온실에서는 이들을 이용하여 화상정보를 전송하였다. 현재 연구에 사용되고 있는 EVI-D30 카메라는 좌우 방향으로 180도 회전하며 상하 방향으로 90도 회전한다. 그리고 10배로 확대할 수 있는 기능을 가지고 있다. 또한 Axis 2400 Camera Server의 경우 4대의 카메라까지 부착할 수 있으며 또한 2대까지 시리얼 통신에 의한 제어가 가능하다.

앞서 살펴본 그림 7은 위에서 설명하였던 클라이언트 프로그램과 모니터링 화상정보 전송 시스템을 동시에 구현하여 하나의 모니터링 시스템을 구축한 것이다.



그림 28. AXIS 2400 Video Server



그림 29. SONY EVI-D30

나. 자체진단 시스템 구축

1) 각종 원예정보의 DB 구축

가) 자료 수집 및 분석, 서버와의 데이터 교환

DB와 관련되는 서적 및 자료를 참조하여 MySQL을 사용해 DB 서버를 구성하였다. 그리고 프로그래밍 API로는 JDBC와 C-API를 사용하였다. DB 서버는 자료의 저장 및 추출이 주 역할이며, 대용량의 데이터의 저장 및 검색에 있어서 안정적인 동작을 한다. 온실의 DB 테이블과 DB 서버 프로그램을 표 3과 그림 30에 나타내었다. 데이터의 흐름은 먼저 컨트롤러가 센서로부터 읽어온다. 그리고 DB 서버는 임베디드 시스템을 통해 이 정보를 가져온다. 컨트롤러가 각 제어기에 대한 기준값(그림 31)을 원할 때는 DB서버에서 임베디드 시스템을 거친 정보를 가져와서 각 제어기를 제어한다. 이러한 과정중에 데이터의 손실은 없었다.

표 3. 온실 DB table

Table	Column name	Describe	비고
Client	User_ID	table에서의 순서	
	User_NAME	사용자 아이디	
	Password	사용자 암호	사용자에 대한 정보
	House	사용자의 온실 번호	
	Connecting	사용자와 서버의 연결	
House	House_ID	온실 번호	온실에 대한 정보
	User_ID	Client table의 순서	
Standard	Step	단계	
	Time	시간	
	Heat	난방요소	기준값에 대한 정보
	Cool	냉방요소	
	Co2	이산화탄소	
	H2o	토양수분	
RecList	Rec_ID	기록테이블의 순서	데이터 저장에 대한 정보
	Rec_NAME	기록테이블의 이름	
	User_NAME	기록테이블의 주인	
	Gap	저장되는 간격	
	Writing	현재 기록되는지	

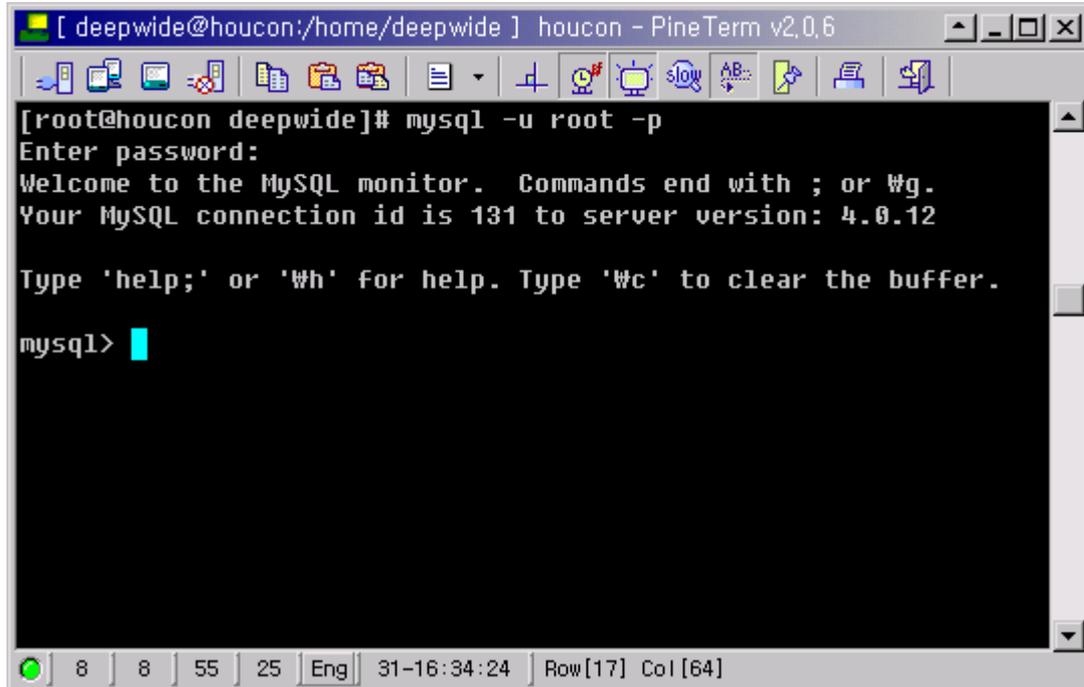


그림 30. DB Server program

```

mysql> select * from Standard;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Standard_ID | Step | Time | Heat | Cool | Co2 | H2o |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | 1 | 0 | 15 | 20 | 300 | 500 |
| 2 | 2 | 6 | 17 | 20 | 300 | 500 |
| 3 | 3 | 8 | 19 | 20 | 600 | 500 |
| 4 | 4 | 9 | 21 | 25 | 1900 | 200 |
| 5 | 5 | 10 | 25 | 30 | 1500 | 200 |
| 6 | 6 | 16 | 30 | 30 | 1000 | 200 |
| 7 | 7 | 18 | 25 | 30 | 300 | 200 |
| 8 | 8 | 20 | 20 | 20 | 300 | 500 |
| 9 | 9 | 22 | 15 | 20 | 300 | 500 |
| 10 | 10 | 23 | 15 | 20 | 300 | 500 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
10 rows in set (0.00 sec)

```

그림 31. DB에 저장된 기준값

나) 원예 진단 시스템 설계 : DB와의 연계성 고려, 데이터의 적용방법 고려

온실내에 다중 센서를 두어 정보를 종합하면 단일 센서의 정보보다 정확한 정보를 추출 및 획득할 수 있다. 그리고 센서들 중 고장 센서가 존재할 경우에는 센서들의 값을 이용하여 시스템으로부터 고장 센서를 찾고 분리할 수 있다. 센서의 값은 센서들의 값을 입력받아 가장 높은 값과 낮은 값을 버리고 평균을 취하여 얻은 값으로 한다. 그리고 센서의 이상 유무는 평균과 각 센서의 값의 차를 예러 한계 값과 비교하여 판별한다. 이상이 발견된 센서는 클라이언트 프로그램을 통해 표시하고 시스템에서 분리시킨다. 이러한 진단 시스템을 갖추므로 얻는 이점은 다음과 같다.

- 제한된 정확도와 신뢰도를 가진 센서들의 정보를 융합함으로써 높은 정확도와 신뢰도를 가진 정보를 얻어낼 수 있다.
- 값싼 센서들을 집적하여 고성능 센서시스템을 구축하기 때문에 고가의 단일 센서시스템보다 경제적이다.
- 효율적이고 설계가 용이한 시스템을 만들 수 있다.

2) 제어 알고리즘 개발

온실을 제어하기 위해 3가지의 제어 알고리즘이 사용된다.

가) 타이머 루틴

온실내의 장치 중 수평 커튼과 같이 야간에는 닫히고 주간에는 열리게 제어하기 위해 타이머 기능을 하는 제어 방법이 필요하다. 그림 32의 타이머 루틴 순서도를 보면 처음에 한번만 수행되는 부분이 있다. 이 루틴이 처음 시작하는지를 확인한다. 처음 이면 현재 시간에 Open 인지 Close인지 확인하여 처리한다. 그 후부터는 매 초마다 셋팅된 시간과 비교해서 열려야 될 시간인지 닫혀야 될 시간인지 판별하여 제어신호를 출력한다. 그리고 현재 열려있으면 Open_bit를 '1'로 설정하고 닫혀있으면 Close_bit를 '1'로 설정한다. 여기에 해당하는 것이 그림 33의 타이머 루틴 소스코드 프로그램의 UserSetTime[ch].flag1 비트이다. 이 비트를 '1'로 설정하면 열린 것이고 '0'으로 설정하면 닫힌 것이다. 시간은 드라이버 보드에 장착된 RTC(Real Time Clock) 칩을 통해 계산된다. isOn(ch) 함수는 해당 채널의 On/Off 상태를 돌려준다. 그리고 outCON() 함수는 해당 채널의 On/Off를 결정한다. 타이머 루틴으로 수평커튼을 제어한 결과, 설정된 시간에 열리고 닫히는 것을 확인할 수 있었다.

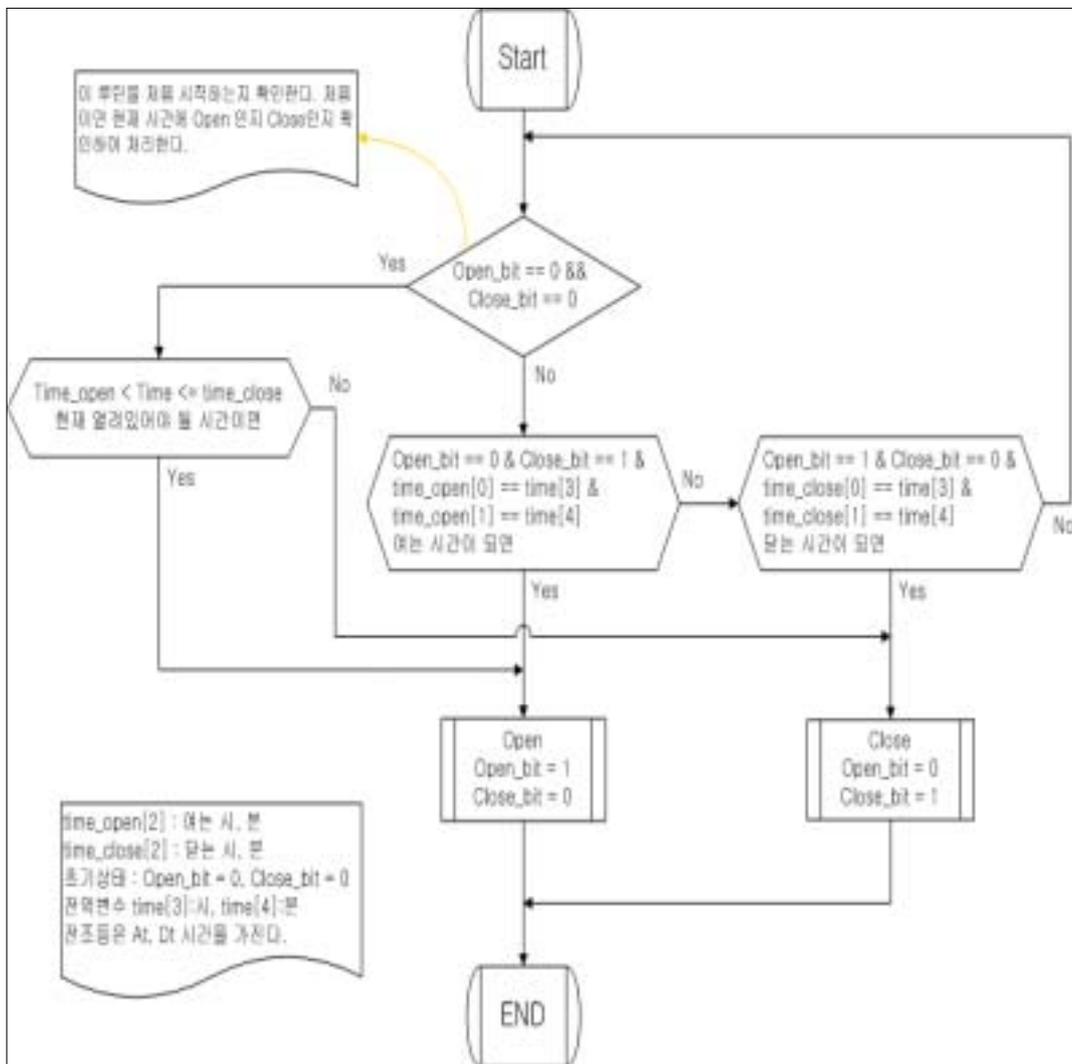


그림 32. 타이머 루틴 순서도

```

/*****\
* name : control_A
* note : Timer routine
*   UserSetTime[ch].flag0 : timer first bit(처음 수행되는나를 판별하는 비트)
*   UserSetTime[ch].flag1 : device state bit(현재 제어대상의 상태를 나타내는 비
트)
* where call : control()
* return : x
\*****/
void control_A(unsigned char ch) {
    if(!UserSetTime[ch].flag0) { // 초기에 한번만 수행되는 루틴
        UserSetTime[ch].flag0 = 1;
        if(isOn(ch)) {
            outCON(ch, 1, 0); // open
            UserSetTime[ch].flag1 = 1; // 현재 열려있다고 표시한다.
        }
        else {
            outCON(ch, 0, 0); // close
            UserSetTime[ch].flag1 = 0; // 현재 닫혀있다고 표시한다.
        }
    }
    else {
        if(isOn(ch)) {
            if(UserSetTime[ch].flag1 == 1)
                return;
            else {
                outCON(ch, 1, 0); // open
                UserSetTime[ch].flag1 = 1; // 현재 열려있다고 표
시한다.
            }
        }
        else {
            if(UserSetTime[ch].flag1 == 0)
                return;
            else {
                outCON(ch, 0, 0); // close
                UserSetTime[ch].flag1 = 0; // 현재 닫혀있다고 표시한다.
            }
        }
    }
}
}

```

그림 33. 타이머 루틴 소스 코드

나) 설정 시간내의 반복제어

전조등과 같은 장치를 제어할 때는 평상시에는 꺼져있고 사용자가 설정한 시간이 되면 켜짐/꺼짐의 반복을 계속한다. 그리고 설정한 꺼짐 시간이 되면 전조등이 꺼진다. 켜짐과 꺼짐 간격 시간은 사용자가 설정할 수 있도록 설계되어 있다.

처음 isOn(ch)함수에서 현재 이 채널이 어떤 상태에 있어야하는지 알아본다. 그런 후 Action 혹은 Dead 시간인지 확인하고 isAtDt() 함수를 통해 Action 혹은 Dead 동작이 끝났는지 확인한다. 만약 Action 동작이 끝났으면 UserSetTime[ch].flag1 비트를 '0'으로 설정하고 장치를 끈다. 그러나 Dead 동작이 끝났으면 UserSetTime[ch].flag0 비트를 '0' 그리고 UserSetTime[ch].flag1 비트를 '1'로 설정한 후 장치를 켤다.(그림 34, 35)

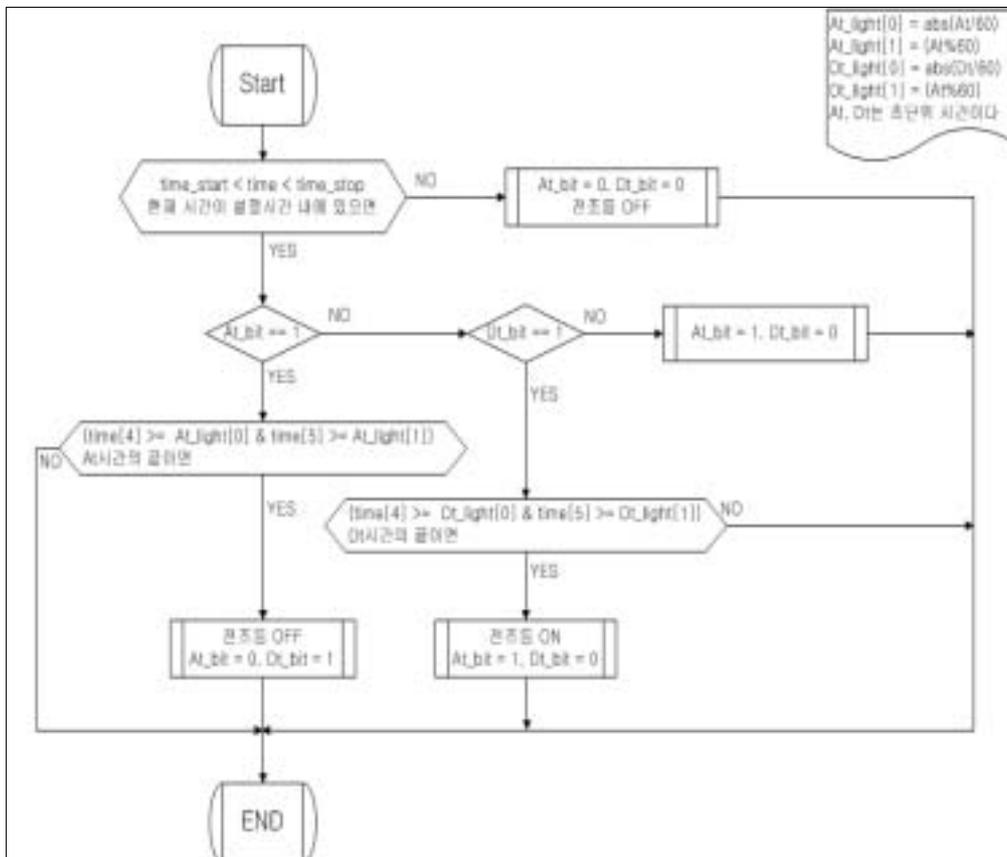


그림 34. 설정 시간내의 반복제어 순서도

```

/*****\
* name : control_B
* note : HeadLight routine
*   UserSetTime[ch].flag0 : dt 상태를 나타내는 bit
*   UserSetTime[ch].flag1 : at 상태를 나타내는 bit
* where call : control()
* return : x
/*****/
void control_B(unsigned char ch) {
    if(isOn(ch)) {
        if(UserSetTime[ch].flag1 == 1) { // at 이면
            if( isAtDt(ch, 1) ) { // at가 끝났으면
                UserSetTime[ch].curDT = UserSetTime[ch].dt;
                UserSetTime[ch].flag1 = 0; // at state bit
                UserSetTime[ch].flag0 = 1; // dt state bit
                outCON(ch, 0, 0); // Headlight OFF
            }
            else
                return;
        }
        else if(UserSetTime[ch].flag0 == 1) { // dt 이면
            if( isAtDt(ch, 0) ) { // dt가 끝났으면
                UserSetTime[ch].curAT = UserSetTime[ch].at;
                UserSetTime[ch].flag1 = 1; // at state bit
                UserSetTime[ch].flag0 = 0; // dt state bit
                outCON(ch, 1, 0); // Headlight ON
            }
            else
                return;
        }
        // 처음 시작할때 at로 동작을 시작한다.
        else {
            UserSetTime[ch].flag1 = 1; // at state bit
            UserSetTime[ch].flag0 = 0; // dt state bit
            outCON(ch, 1, 0); // Headlight ON
            UserSetTime[ch].curAT = UserSetTime[ch].at;
        }
    }
    else {
        UserSetTime[ch].flag1 = 0;
        UserSetTime[ch].flag0 = 0;
        outCON(ch, 0, 0); // OFF
    }
}

```

그림 35. 설정 시간내의 반복제어 소스 코드

다) 설정점 제어

설정점 제어는 온도, 토양수분장력 그리고 CO₂와 같은 환경요소들을 제어하는 방법을

사용한다. 온도의 경우 난방요소와 냉방요소로 나누어진다. 난방요소는 온수펌프밸브와 같이 온도가 설정온도 보다 낮을 경우 작동하여 온실 내부온도를 상승시키는 역할을 한다. 냉방 요소는 천창 및 환풍기와 같이 온도가 설정온도 보다 높을 경우 작동하여 온실 내부 온도를 하강시키는 역할을 한다.

장치들의 상태는 Action과 Dead로 구별한다. Action 상태는 현재 장치가 동작을 하고 있는 상태를 나타낸다. Dead 상태는 현재의 장치가 동작을 멈춘 상태를 나타낸다. 그림 6의 C 프로그램 소스에서 UserSetTime[ch].flag0 비트는 Dead 시간을 나타낸다. 그리고 UserSetTime[ch].flag1 비트는 Action 시간을 나타낸다. 또한 UserSetTime[ch].flag2 비트는 온도의 경우 냉방요소인지, 난방요소인지 판별하는 비트이다. isAtDt() 함수는 해당 채널이 현재 Action 혹은 Dead 상태인지 판별하여 돌려준다. 설정값 제어방법은 하루에 총 10단계로 나누어 제어한다. 각 단계의 시간은 사용자가 설정할 수 있다. getStep()함수는 현재 시간이 몇 번째 단계에 속하는지 계산하여 돌려준다.(그림 36, 37)

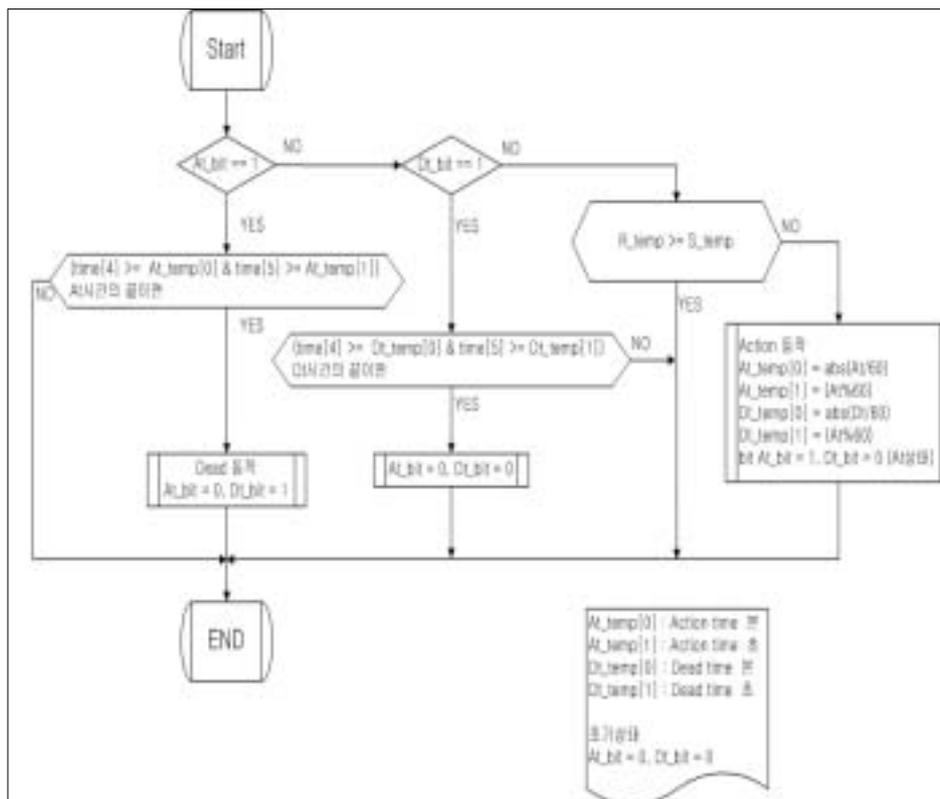


그림 36. 설정점 제어 순서도

```

/*****\
* name : control_C
* note : Temperature, CO2, Pot routine
*   UserSetTime[ch].flag0 : dt 상태를 나타내는 bit
*   UserSetTime[ch].flag1 : at 상태를 나타내는 bit
*   UserSetTime[ch].flag2 : 온도의 경우 냉방요소인지, 난방요소인지 판별하는 bit
* where call : control()
* return : x
/*****/
void control_C(unsigned char ch) {
    unsigned int val;
    val = (SrMtoE[channel[ch][3]*2+3] << 8) & 0xff00;
    val |= (SrMtoE[channel[ch][3]*2+4] & 0x00ff);

    // at 이면
    if( UserSetTime[ch].flag1){
        if( isAtDt(ch, 1) ) { // at가 끝났느냐
            UserSetTime[ch].flag1 = 0; // at state bit
            UserSetTime[ch].flag0 = 1; // dt state bit
            // dead
            outCON(ch, 0, 0); // OFF
        }
        else
            return;
    }
    // dt 이면
    else if( UserSetTime[ch].flag0) {
        if( isAtDt(ch, 0) ) { // dt가 끝났느냐
            UserSetTime[ch].flag1 = 0; // at state bit
            UserSetTime[ch].flag0 = 0; // dt state bit
        }
        else
            return;
    }
}

```

그림 37. 설정점 제어 소스 코드(계속)

```

// at도 dt도 아닌 상태 즉, 대기상태
else {
    // "실제값 < 설정값" 일때
    if( val < standard[getStep()][channel[ch][2]]) {
        // dead (장치 : 천창, 환풍기)
        if(channel[ch][0] & 0x02) {
            UserSetTime[ch].flag1 = 0; // at state bit
            UserSetTime[ch].flag0 = 0; // dt state bit
            outCON(ch, 0, 0); // OFF
        }
        // action (장치 : 난방수 밸브)
        else {
            UserSetTime[ch].flag1 = 1; // at state bit
            UserSetTime[ch].flag0 = 0; // dt state bit
            outCON(ch, 1, 0); // ON
        }
    }
    // "실제값 > 설정값" 일때
    else if( val > standard[getStep()][channel[ch][2]]) {
        // action (장치 : 천창, 환풍기)
        if(channel[ch][0] & 0x02) {
            UserSetTime[ch].flag1 = 1; // at state bit
            UserSetTime[ch].flag0 = 0; // dt state bit
            outCON(ch, 1, 0); // ON
        }
        // dead (장치 : 난방수 밸브)
        else {
            UserSetTime[ch].flag1 = 0; // at state bit
            UserSetTime[ch].flag0 = 0; // dt state bit
            outCON(ch, 0, 0); // OFF
        }
    }
    UserSetTime[ch].curDT = UserSetTime[ch].dt;
    UserSetTime[ch].curAT = UserSetTime[ch].at;
}
}

```

그림 37. 설정점 제어 소스 코드

다. 원격 자동제어 시스템의 능가운용을 통한 현장 검증

1) 하우스 내의 시설 구축

Embedded Board를 온실 내에 설치한다. 본 연구에서 사용된 Embedded Board는 HyBus사의 제품인 Hyper104A(그림 38)를 사용하였다. 그림 39와 같은 유리 온실에 원격제어 장치를 설치하였다. 그림 40은 컨트롤러와 전자 접속기 박스가 국화 온실 내부에 설치된 모습이다. 그림 41은 온실 내부 환경 정보를 수집하기 위한 센서들이 설치된 모습이다. 그림 42-46은 제어 장치들을 나타낸다.

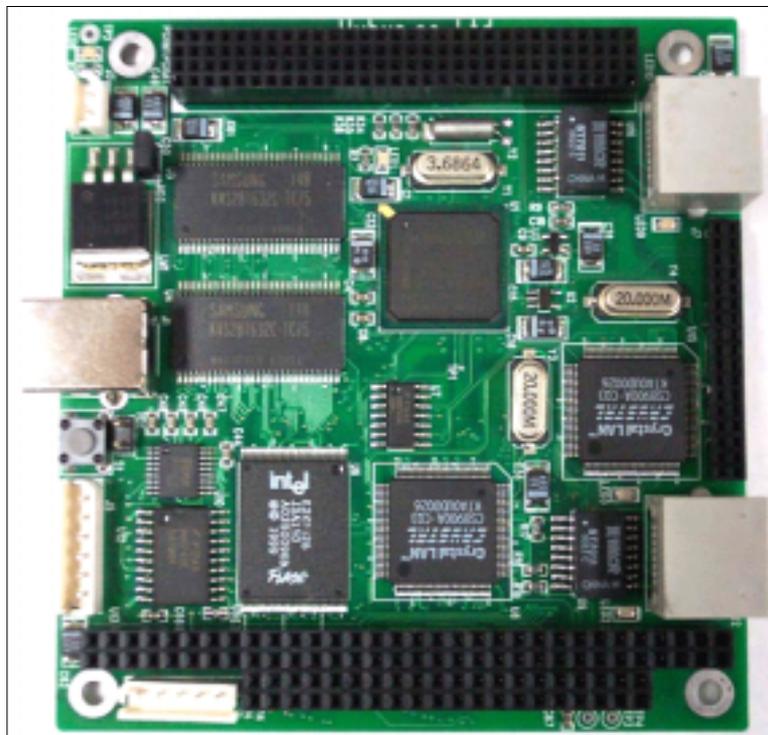


그림 38. Hyper104A board



그림 39. 국화 온실



그림 40. 컨트롤러 및 전자 접속기 박스



그림 41. 온도, CO₂, 토양수분 센서



그림 42. 천창 개폐기



그림 43. CO₂ 가스 공급장치



그림 44. 관수 밸브



그림 45. 전조등 및 수평커튼



그림 46. 환기팬

2) 원격제어의 실질적인 운용 및 보완

원격제어는 DB 서버에 저장된 각 온실에 맞는 설정값에 따라 온실을 제어한다. 농가의 사용자는 온실에 직접 방문하여 이 값을 설정할 수도 있지만 인터넷에 연결된 PC를 이용하여 웹 브라우저에서 쉽게 수정이 가능하다. 또한 온실 내부에 설치된 제어 장치들을 원격 수동 조작을 통해서도 제어가 가능하다. 그러므로 농가는 직접 온실에 찾아가지 않고 인터넷이 연결된 PC에서 온실에 설치된 장치들의 제어가 가능하다. 그리고 온실에 설치된 카메라로부터 영상정보를 통해 직관적으로 제어 장치들의 동작 상태를 확인 할 수 있었다.

원격 제어시스템의 서버는 보안에 강해야한다. 보안에 약하여 외부로 온실의 데이터 및 사용자 정보가 유출될 경우 농가 수입에 크게 영향을 끼칠 수 있다. 이를 방지하기 위해 안정적인 OS인 리눅스를 사용하였다. 또한 지속적으로 발달하고 있는 해킹기술에 대처하기 위해 지속적인 시스템의 보안 업그레이드가 필요하다. 그리고 인터넷 망을 통한 데이터 전송시 손실 및 Transaction등의 문제를 방지하기 위해 TCP/IP 프로토콜을 사용하였다. 그 결과 데이터 손실 등의 문제는 발생하지 않았다.

제2절 데이터베이스 구축을 통한 환경과 생산 모델링

국화는 국내에서만 아니라 전 세계적으로 3대 절화에 속하는 중요한 작물이다. 화형과 화색이 다양하며 주년생산이 가능해 재배면적과 생산량이 증가추세에 있다. 뿐만아니라 국화의 수출량도 매년 증가 추세로 고품질의 절화를 값싸게 생산한다면 수출량은 계속 늘어날 것이다.

국화는 대표적인 단일식물로 생태형 품종을 이용하고 재배환경을 조절함으로써 주년 생

산이 가능하다. 주년 생산을 위해서는 온도, 일장의 조절이 필수이며 고품질의 절화를 생산하기 위해서는 최적의 환경을 만들어 주어야 한다. 그러나 온실내에서 최적 환경을 유지하기란 매우 어려울 뿐만 아니라 경제적인 부담이 크다. 이로 인해 부적절한 환경하에서 재배하는 것이 일반적이다. 상품성이 높은 생산물을 출하시기에 맞춰 값싸게 생산할 수 있다면 재배농가의 소득을 높이는 지름길이 된다. 국화의 재배환경에 대해서는 많은 연구자들에 의해 온도(Post 1939, Cathey 1954a, b, c, 1955, Parups 1978, Adams 등 1998), 일장(Post 1950, Furuta 1954, Weise 등 1964, Kofranek 등 1974, Cockshull 등 1985, Adams 등 1998, 신 등 1999), CO₂ 농도(Tanigawa 등 1993, 1995), 습수 품질(상 등 1999, 우 등 2000), 차광(김 등 2000) 등이 검토되어왔다. 그러나 국화는 품종이 다양하며 온도, 일장 등에 대한 반응도 품종에 따라 다르게 나타나기 때문에 최적환경조건을 구명하기 위해서는 품종별 실험이 수행되어야만 한다.

본 실험에서는 실험재료인 국화 ‘수방력’ 품종을 사용하여 단일기 즉, 화아의 분화, 발달 및 개화과정 동안의 주요 재배환경인 온도, 일장, CO₂ 농도, 광도, 관수량, pH, 관수개시점, 그리고 양액농도 구명 등의 실험을 통하여 ‘수방력’ 품종의 재배환경에 대한 기본 데이터를 확보하고 성장 모델링을 작성하여 원격 자동제어를 위한 기본 데이터로 제공하고자 하였다.

1. 온도에 따른 성장과 개화반응

가. 재료 및 방법

식물재료는 모든 실험에서 국화의 흰색 품종인 ‘수방력’을 사용하였다.

1) 주·야간 일정 온도의 영향

식물재료는 발근된 삽수를 직경 15cm 화분에 정식하여 야간온도가 20℃로 유지되는 온실에서 16시간 일장하에서 영양성장 시켰다. 이후 단일처리시의 온도는 12, 15, 18, 21℃로 구분하였으며, 일장은 12시간, 광도는 10,000Lux, 상대습도는 70%로 조절되는 성장상(growth chamber)에서 성장 및 개화반응을 검토하였다. 각 처리구는 평균초장이 20cm인 식물재료를 20화분씩으로 하였다. 만개는 가장 바깥쪽 설상화가 수평으로 벌어지고 중심부가 흰색으로 보일 때로 하였다. 초장, 엽수, 화폭, 봉오리수는 만개시에 조사하였으며 출퇴일수와 만개일수는 단일처리 시작 후부터의 일수로 나타내었다.

2) 일정 야간온도의 영향

식물재료의 관리조건은 실험 1)과 같다. 야간온도의 영향을 알아보기 위해 주간온도 25℃, 일장 12시간, 상대습도 70%로 유지되는 성장상에서 야간온도만 14, 16, 18, 20℃로 달리하였다. 각 처리구는 평균초장이 30cm인 식물재료를 10화분씩으로 하였다.

온실에서의 실험은 높이 3.5m × 가로 6m × 세로 8m 크기의 양지붕형 소형유리온실 12동을 이용하였다. 환경조절용 컨트롤러는 미국 캠벨사의 CR10X 데이터로그를 이용하였다. 온도는 각 동별 CS500 온습도 센서를 온실중앙 1.5m 높이에 설치하여 측정하였으며 여기에서 측정된 온도값으로 각 온실의 온도를 제어하였다. 난방은 에어로핀 파이프를 이용한 온수난방으로 하였다. 냉방은 천창, 환기팬(Φ30cm), 측창개폐를 통한 방법으로 하였다. 2000년 10월 4일에 정식하여, 주간 28℃, 야간 15℃로 조절하고 전등 조명하에서 영양생장을 시킨 다음, 11월 5일 단일처리를 시작하면서 주간온도는 그대로 두고 야간온도만 10, 15, 20, 25℃로 달리 하였다. 실험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다. 실험구당 개체수는 504주로 하였으며 정식거리는 주간과 조간을 각각 12.5cm로 하였다. 단일처리는 전조를 중단하여 자연 일장으로 하였다. 생육상태를 검토하기 위하여 단일처리 후부터 1주일간격으로 18개체씩을 채취하여 그 중에서 생육상태가 비슷한 5개체에 대해 엽, 경, 지하부로 나누어 생체중, 건물중, 초장, 엽면적을 조사하였다. 개화소요일수를 조사한 다음 만개한 시점에 화경, 절화장, 절화중, 화중을 실험구당 120개체씩 조사하여 상품성을 검토하였다.

3) 자정 전후의 변온의 영향

자정 전후의 변온처리를 위해서는 대형 비닐하우스내에 높이 1.8m × 가로 1m × 세로 4m 크기의 아치형 소형 비닐터널 12동을 만들어 수행하였다. 환경조절은 미국 캠벨사의 CR23X 데이터로그를 이용하였다. 각 동별 온도측정은 AD592 온도센서를 식물체 끝 부위에 설치하여 측정하고 이때 측정된 온도값으로 온도를 제어하였다. 온도센서는 식물이 생장함에 따라 센서의 위치가 식물체 선단부에 오도록 해주었다. 난방은 엑셀 파이프를 이용한 온수난방으로 하였으며, 냉방을 위해서는 소형환기팬(Φ20cm)을 찬공기의 유입과 따뜻한 공기의 배출을 위해 터널양쪽 끝에 각각 1개씩 설치하였다. 정식은 2월 5일에 하였으며, 실험구당 개체수는 256주로 하였다. 적심은 정식 2주후 4마디를 남기고 선단부를 제거하였다. 주간 28℃, 야간 15℃로 조절하여 영양생장시킨 다음, 단일과 야간온도 처리는 4월 24일부터 시작하였다. 단일조건은 비닐하우스 외부의 흑색 섬피로 차광하여 만들어 주었다. 차광시의 온도 조절을 위해서는 Φ 40cm인 1HP환풍기로 환기시켰다. 대형 비닐하우스내의 온도는 9℃이하가 되도록 관리하였다. 야간온도는 18:00-23:30의 전반야온과 23:30-06:00의 후반야온으로 구

분하여 변온처리 하였다. 전반야온/후반야온의 온도는 20/10, 20/15, 20/20, 20℃/25℃의 4처리로하여 단일하에서 21일간 비교하였다. 실험구 배치는 완전임의배치 3반복으로 하였다. 변온처리가 끝난 다음에는 주간 28℃, 야간 20℃로 관리하였다. 생육조사는 실험구당 50개체씩 처리시작부터 2주간격으로 4회 조사하였으며 개화조사 역시 실험구당 50개체씩으로 하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 주·야간 일정 온도의 영향

단일처리 기간동안 초장은 12℃에서 21℃로 온도가 높아질수록 커졌다(표 4). 엽수 역시 증가하는 경향이였지만 18℃ 이하에서는 선단부에서 로젯트 현상을 나타내었다(그림 47). 출퇴율과 만개율은 21℃에서 100%를 나타내었는데 비해 12, 15, 18℃에서는 출퇴가 전혀 일어나지 않았다. 성장과 개화모습은 그림 47과 같다. 따라서 주·야간의 온도가 일정할 경우에는 21℃ 이상이 반드시 요구된다는 것을 의미한다.

표 4. 국화 ‘수방력’의 성장에 미치는 단일기 동안 주·야간 일정 온도의 영향

성장 및 개화반응	온도(℃)			
	12	15	18	21
초장(cm)	25.3±0.7 ^z	26.2±0.6	29.0±0.7	41.3±0.8
엽수(매)	38.1±0.6	40.1±0.9	45.2±1.0	40.6±0.4
화폭	-	-	-	6.0±0.1
봉오리 수	-	-	-	6.8±0.4
출퇴일수	-	-	-	33.9±0.7 ^z
출퇴율(%)	0	0	0	100
만개일수	-	-	-	81.9±0.9
만개율(%)	0	0	0	100

^z 표준오차



그림 47. 단일기 동안 주·야간 일정 온도에 따른 국화 ‘수방력’의 성장과 개화모습

2) 일정 야간온도의 영향

단일처리 기간 동안 주간온도를 25°C로 유지하고 야간온도를 14, 16, 18, 20°C로 하였을 때에는 주·야간 온도를 같게 유지한 것과는 달리 모든 처리구에서 100% 개화하였다(그림 48). 한편, 야간온도에 따른 성장반응은 표 5과 같다. 야간온도가 14°C에서 20°C로 증가함에 따라 초장, 줄기와 꽃의 무게, 화폭이 감소하고 엽중과 소화수가 다소 증가하는 경향이 있었다. 지상부 전체의 무게와 엽수는 야간 온도에 따른 뚜렷한 경향이 없었다. 야간온도 14°C에서 초장이 큰 이유는 개화반응이 늦어 초장 신장의 기회가 더 많았기 때문으로 생각된다. 출퇴, 파퇴 및 만개일수 등의 개화반응을 보면 야간온도가 높을수록 빨라지는 경향이었으며, 18°C와 20°C사이에는 큰 차이를 보이지 않았다(표 6). 이상에서와 같이 주·야간의 온도가 일정할 경우에는 21°C에서만 개화하였으나 주간온도가 25°C일 때에는 야간온도가 낮아도 국화의 성장과 개화반응에는 아무런 문제가 없었다. 이와 같이 야간온도는 주간온도의 영향을 크게 받는다고 할 수 있다. 따라서 겨울철의 주간온도가 25°C 이상으로 높으면 야간온도를 낮게 설정해도 즉, 14°C 이상이면 개화 자체에는 문제가 없을 것으로 판단되었다.



14 16 18 20
야간온도(°C)

그림 48. 단일기 동안 야간온도에 따른 국화 '수방력'의 성장과 개화모습
(12시간 일장, 주간온도 25°C)

표 5. 단일기 동안 야간온도에 따른 국화 '수방력'의 성장반응

성장반응	야간온도(°C)			
	14	16	18	20
초장(cm)	57.2±0.8 ^z	55.9±0.5	55.2±0.8	51.5±0.7
엽수(매)	39.0±0.7	39.3±0.9	38.8±0.6	40.2±0.6
엽중(g)	27.2±1.1	27.5±1.2	29.9±1.1	30.1±1.0
경중(g)	11.6±0.5	10.1±0.4	10.5±0.7	10.0±0.3
화중(g)	25.0±1.5	22.0±1.0	19.5±1.1	22.1±0.9
지상부중(g)	63.8±2.1	59.6±2.4	59.9±2.7	62.1±1.9
소화의 수(개)	209.3±3.6	206.6±3.3	197.5±5.7	211.5±4.1
화폭(cm)	13.1±0.2	12.2±0.2	11.7±0.2	12.1±0.2

^z 표준오차, 주간온도 25°C, 광도 5,000Lux, 일장 12시간

표 6. 단일기 동안 야간온도에 따른 국화 '수방력'의 개화반응

개화반응	야간온도(°C)			
	14	16	18	20
개화율(%)	100	100	100	100
출퇴일수	18.6±0.5 ^z	18.5±0.4	15.1±0.3	15.4±0.5
파퇴일수	43.2±0.5	40.4±0.4	37.0±0.5	38.1±0.4
만개일수	64.2±0.9	58.1±0.5	54.5±0.6	56.5±0.5

^z 표준오차, 주간온도 25°C, 광도 5,000Lux, 일장 12시간

한편, 단일처리 기간 동안 가로 6m×세로 8m의 유리온실에서 주간온도를 28°C로 유지하고 야간온도를 10, 15, 20, 25°C로 하여 재배하였을 때도 성장상 실험에서와 같이 야간온도가 내려갈수록 개화소요일수가 증가하였으며, 10°C에서는 개화되지 않았다(그림 49). 화경장은 10°C구를 제외한 15-25°C구에서는 비슷하였다(표 7). 절화중은 25°C의 고온구에서 오히려 감소하였다. 화폭과 화중은 20°C에서 높은 경향이였다. 소화의 수는 온도가 증가할수록 많아졌다. 마디수의 증가와 초장의 변화를 보면(그림 50), 15°C에서는 실험기간내 증가추세를 보이고 있었으나, 20°C와 25°C에서는 60마디 정도에서 생장이 정지되었으며 10°C에서는 40마디 정도에서 초장의 증가가 거의 정지하였다. 이것은 20°C와 25°C에서는 개화가 빨리 이루어졌고 10°C에서는 절간장이 3mm이하로 작아 초장의 증가에 큰 영향을 주지 못하였기 때문으로 생각된다. 엽면적에 있어서는 처리별 큰 차이 없이 실험이 종료될 때까지 완만하

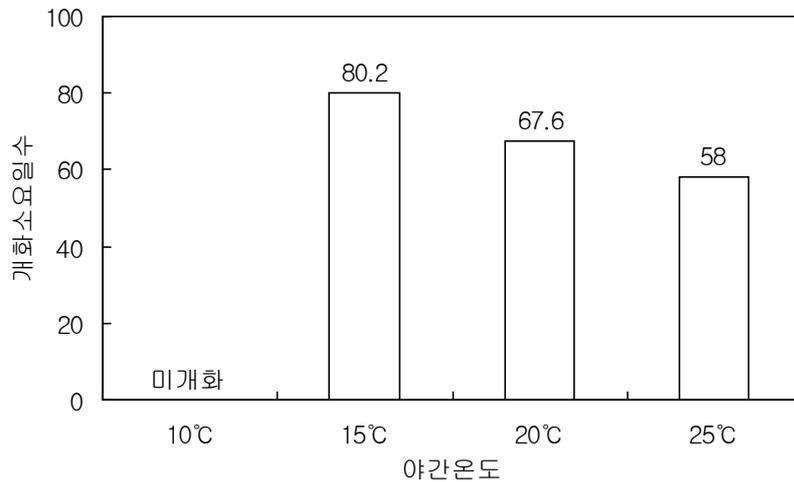


그림 49. 자연단일기 때의 야간 온도에 따른 개화소요일수

게 증가하였다(그림 51). 생체중은 초장에서와 같이 다른 처리에 비해 증가속도도 늦고 차이도 컸다(그림 52). 지상부의 1일 평균 생체중의 증가량은 야간온도가 증가할수록 컸고 지하부의 경우는 이와 반대로 온도가 낮을수록 컸다(표 8). 엽면적의 1일 평균 증가량은 25, 10, 15, 20℃ 순으로 컸다.

표 7. 자연단일기 때의 야간온도에 따른 절화의 상품성 비교

개화반응	야간온도(℃)			
	10	15	20	25
화경장(cm)	-	76.9a ^z	79.3a	75.1a
절화중(g)	-	85.0a	83.4a	71.8b
화폭(cm)	-	12.5b	13.4a	11.4c
화중(g)	-	25.1a	26.4a	21.2b
소화의 수(개/송이)	-	183.9b	205.5a	218.4a

^z LSD .05

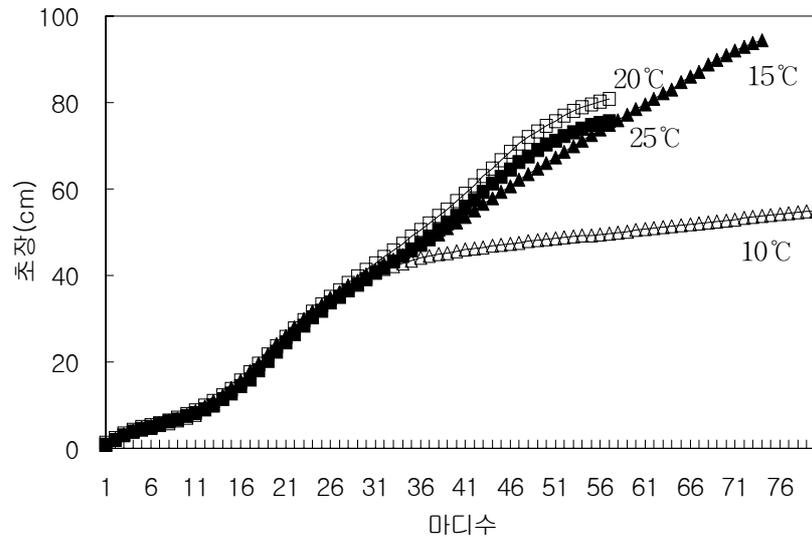


그림 50. 자연단일기 때의 야간온도에 따른 마디수와 초장의 변화

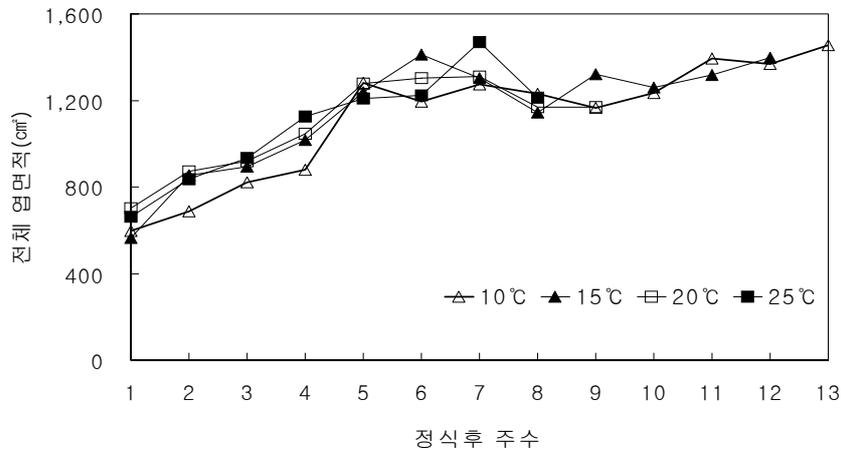


그림 51. 자연단일기 때의 야간온도에 따른 엽면적의 변화

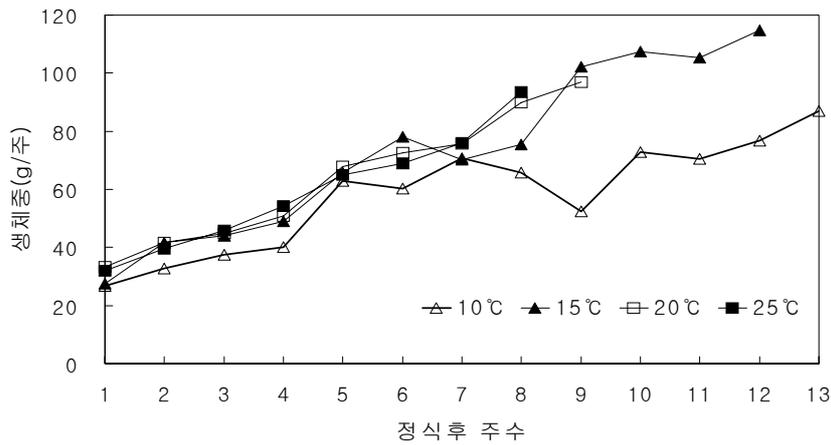


그림 52. 자연단일기 때의 야간온도에 따른 생체중의 변화

표 8. 자연단일기 때의 야간온도에 따른 평균 성장량

평균성장량	야간온도(°C)			
	10	15	20	25
지상부(mg/day)	765b ^z	753b	1,023ab	1,094a
지하부(mg/day)	87.7a	76.3ab	49.3c	55.3bc
엽면적 증가량(cm²/day)	12.3	10.5	10.4	15.5

^z LSD 0.05

이상에서와 같이 단일처리시 야간온도를 10℃이하로 할 경우에는 로젯트화되어 생장이 멈추고 개화가 되지 않는다. 또 개화는 15℃까지도 가능했지만 25℃와 비교해 보면 개화소요일수가 58일에서 80.2일로 22일 정도 늦어졌다.

3) 자정 전후의 변온의 영향

자연단일기 때의 자정 전후의 변온관리에 따른 생장반응을 조사한 결과, 초장은 후반야온이 높을수록 촉진되어 전반야온 20℃-후반야온 25℃구에서 가장 컸다(표 9). 출퇴까지의 소요일수는 야간온도가 일정할 때인 20-20℃구에서 다소 빨랐으며, 후반야온이 낮을 때인 20-10℃와 20-15℃에서는 늦어졌다. 그러나 그 차이는 하루 정도였다(그림 53). 개화소요일수 역시 같은 경향으로 그 차이는 3일 정도였다(그림 54). 절화의 상품성은 후반야온의 온도가 높아질수록 향상되는 경향이였다. 즉, 화경장, 화폭이 커지고 절화중과 화중이 더 무거워지고 소화의 수가 많아지는 경향이였다(표 10).

표 9. 자연단일기 때의 자정 전후의 변온에 따른 초장의 변화

처리후일수 (주)	야간온도(℃)			
	20-10 ^z	20-15	20-20	20-25
0주	29.2	33.0	33.9	36.9
2주	43.3	49.7	49.5	54.5
4주	60.6	67.8	67.0	72.8

^z 전반-후반

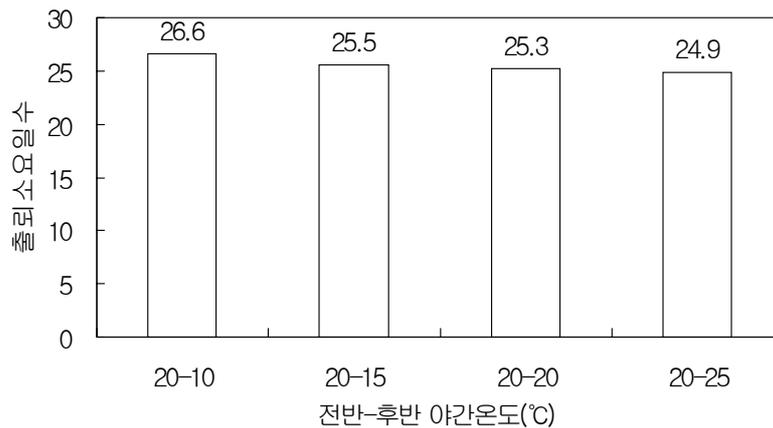


그림 53. 자연단일기 때의 자정 전후의 변온에 따른 출퇴소요일수의 차이

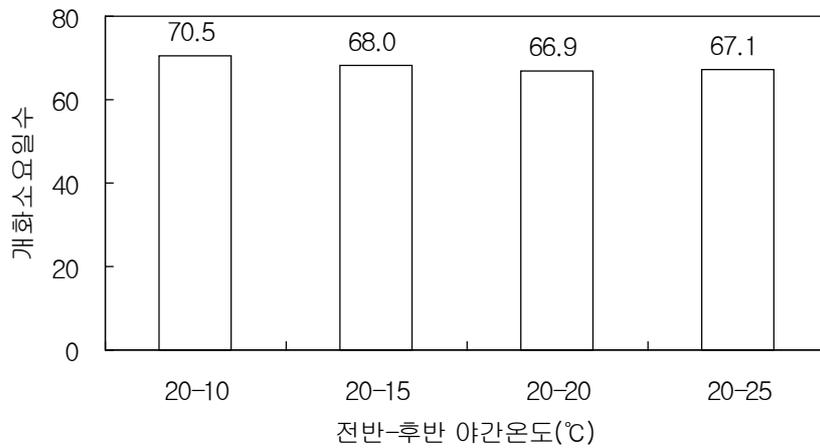


그림 54. 자연단일기 때의 자정 전후의 변온에 따른 개화소요일수의 차이

표 10. 자연단일기 때의 자정 전후의 변온에 따른 절화의 상품성 차이

개화반응	야간온도(°C)			
	20-10 ^z	20-15	20-20	20-25
화경장(cm)	61.6	67.7	67.7	71.3
절화중(g)	60.1	65.4	63.3	67.9
화폭(cm)	11.2	11.7	11.6	11.8
화중(g)	14.7	15.8	16.1	16.3
소화의 수(개/송이)	212.6	209.4	206.4	209.7

^z 전반-후반

2. 일장에 따른 생장과 개화반응

가. 재료 및 방법

식물재료는 발근된 삽수를 직경 15cm인 화분에 정식하여 야간온도가 20°C로 유지되는 온실에서 16시간 일장하에서 관리하였다. 생장과 개화반응에 미치는 일장의 영향을 알아보기 위해 주간온도 25°C, 야간온도 20°C, 광도 10,000 Lux, 상대습도 70%의 조건하에서 일장을 11, 12, 13, 14시간으로 달리하여 비교하였다. 각 처리구당 개체수는 20화분씩으로 하였고 단일처리 개시 때의 평균 초장은 24cm였다. 조사항목과 기준은 온도실험에서와 같다. 한편,

화아의 발달에 미치는 일장의 영향을 알아보기 위해 12시간 일장하에서 3주간 관리한 다음 10, 11, 12, 13시간으로 일장을 달리하여 개화완료시까지 재배하였다. 생장상의 환경조건은 상기와 같으며 식물체의 평균초장은 29cm로 하였다. 조사항목과 기준은 전기한 바와 같으나 파퇴일수와 만개일수는 12시간 단일처리 3주후 일장을 변환시킨 시점부터의 일수로 하였다.

나. 결과 및 고찰

단일처리시의 생장과 개화에 미치는 일장의 영향을 보면(표 11), 일장이 길어질수록 초장이 작고 엽수가 적어 졌다. 출되는 11-13시간 일 때 100%이었지만, 만개는 13시간 일장 이상에서는 이루어지지 않고 11-12시간 일장 하에서만 이루어졌다(그림 55). 출되시기는 13시간 일장에서 늦고 11-12시간에서 비슷하였지만 개화는 11시간 일장 하에서 빨리 이루어졌다. 환언하면 13시간 일장하에서는 출되는 하였지만 개화하지 않았으며 14시간 일장하에서는 전혀 출되하지 않았다. 일장이 11시간 일때는 화폭이 넓고 봉오리의 수도 많았다. 이로 보아 국화 '수방력' 품종은 13시간 이하의 일장에서는 화아분화가 일어나지만 화아발달 즉, 개화를 위해서는 12시간 보다 짧은 일장조건이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

표 11. 국화 '수방력'의 생장에 미치는 일장의 영향

생장과 개화반응	일장(시간)			
	11	12	13	14
초장(cm)	43.9±1.9 ^z	44.4±1.0	42.1±1.9	41.3±0.8
엽수(매)	46.8±1.0	46.4±2.1	47.0±0.9	40.6±0.4
화폭(cm)	7.8±0.2	7.3±0.1	-	-
봉오리 수(개)	8.2±1.4	6.4±1.4	-	-
출퇴일수	24.0±0.9	23.2±0.2	31.0±1.1	-
출퇴율(%)	100	100	100	-
만개일수	71.8±1.7	75.4±1.3	-	-
만개율(%)	100	100	0	-

^z 표준오차



11 12 13 14
일장(시간)

그림 55. 국화 '수방력'의 개화에 미치는 일장의 영향

유도된 화아의 발달에 미치는 일장의 영향을 보기 위해서 12시간 일장하에서 3주간 재배하여 화아분화를 유도한 다음 일장을 10, 11, 12, 13시간으로 달리해 본 결과(표 12, 그림 56), 초장은 일장이 길어질수록 짧아지는 경향이었으며 엽수는 처리간 큰 차이가 없었다. 개화는 10-12시간 일장일 때만 이루어졌다. 파괴일수는 일장이 짧아질수록 단축되는 경향으로 10시간 일때가 가장 빨랐다. 만개는 처리간 차이가 없었다. 특히 10시간 처리구에서는 중심화 뿐만아니라 결봉오리들도 개화가 빨랐으며 지상부 전체의 무게도 가장 무거웠다. 화아분화 유도기때보다 일장이 긴 13시간 일장하에서는 봉오리가 형성되었으나 개화하지 않고 실험종료때까지 그대로 유지되었다. 봉오리수도 10-12시간 일장처리구보다 적었다. 따라서 화아발달을 촉진하기 위해서는 화아분화 유도기 때의 일장보다 더 짧은 일장이 요구되며, 화아분화기 때보다 긴 일장하에서는 화아발달이 억제됨을 알 수 있다. 따라서 재배기간을 단축하고 조기에 수확하기 위해서는 화아분화를 유도한 다음 화아발달기 때는 유도기 때의 일장보다 더 짧은 일장처리를 해주어야 할 것으로 판단된다.

표 12. 유도된 화아의 발달에 미치는 일장의 영향

생장 및 개화반응	일장(시간)			
	10	11	12	13
초장(cm)	44.1±1.9 ^z	47.1±1.0	45.5±0.7	39.5±1.7
엽수(매)	46.0±1.7	48.6±1.3	46.2±0.7	47.4±0.7
화폭(cm)	7.0±0.3	7.3±0.3	7.3±0.2	-
지상부중(g)	82.1	73.0	65.1	-
봉오리 수(개)	8.0±0.5	9.0±0.8	8.2±0.5	6.8±0.8
개화율(%)	100	100	100	0
파괴일수	25.0±1.4	26.2±1.2	28.0±1.3	-
만개일수	39.2±1.6	39.8±1.2	39.5±0.9	-

^z 표준오차



그림 56. 유도된 화아의 발달에 미치는 일장의 영향

3. CO₂ 공급에 따른 성장과 개화반응

가. 재료 및 방법

발근된 삽수를 직경 15cm 화분에 정식하여 야간온도가 20℃로 유지되는 온실에서 16시간 일장하에서 영양생장 시켰다. 각 처리구는 평균초장이 27cm 일 때 단일처리 하였다.

CO₂ 농도는 대조구, 700, 1400, 2800ppm으로 하였고, 공급시간은 명기 동안 계속 공급하는 처리와 명기 시작부터 2시간만 공급하는 처리로 하였다. 성장상의 환경은 주간온도 25℃, 야간온도 20℃, 일장 12시간, 광도 10,000Lux, 상대습도 70%로 조절하였다. 조사항목과 기준은 앞에서와 같다.

나. 결과 및 고찰

단일처리시의 명기동안 계속해서 CO₂를 공급할 경우에는 잎의 고사와 황화현상이 나타났으며, 그 정도는 농도가 높을수록 심하였다(그림 57). 초장과 엽중은 CO₂ 농도 1,400ppm까지는 증가하는 경향이었으나 고농도인 2,800ppm에서는 오히려 감소하는 경향이였다(표 13). CO₂ 2,800ppm구의 엽중은 대조구와 비교해 57%나 적었다. 화폭과 화중은 농도가 증가할수록 감소하여 CO₂ 2,800ppm구에서는 대조구에 비해 화폭 28%와 화중 41%가 감소하였다. 지상부중은 700과 1,400ppm에서는 대조구보다 증가하였으나 2,800ppm에서는 감소하였다. 고농도인 2,800ppm구에서는 잎의 고사가 많았기 때문이었다. 만개율은 대조구와 700ppm구에서는 100%이었으나 1,400ppm 이상에서는 20-40% 감소하였다. 출퇴와 파퇴일수는 700ppm구에서 가장 빨랐으며 대조구에 비해 각각 10일과 6일정도 빨랐다. 고농도인 1,400-2,800ppm에서는 오히려 대조구보다 늦어졌다. 이상의 결과, 700ppm의 CO₂를 명기동안 계속 공급할 경우에는 성장과 개화가 촉진되었으나 잎의 황화와 고사현상이 나타나 품질 면에서 바람직하지 않았다.

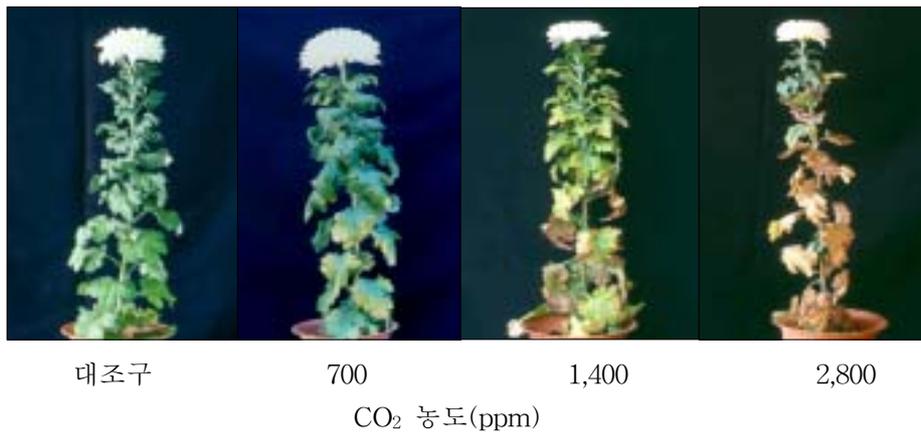


그림 57. 단일기 동안 명기 계속 CO₂ 공급에 따른 국화 ‘수방력’의 성장 및 개화반응

표 13. 단일기 동안 명기 계속 CO₂ 공급에 따른 국화 ‘수방력’의 성장 및 개화반응

성장 및 개화반응	CO ₂ 농도(ppm)			
	대조구	700	1,400	2,800
초장(cm)	45.5±0.9	48.8±0.7	49.0±0.9	46.4±1.1
엽중(g)	20.8±1.5	32.9±1.2	29.1±2.5	9.0±0.7
지상부중(g/본)	42.2±2.4	62.5±1.4	48.4±3.9	28.9±2.0
만개율(%)	100	100	60	80
화폭(cm)	9.5±0.3	10.5±0.1	8.3±0.1	6.9±0.2
화중(g)	10.2±0.7	16.6±0.4	8.2±0.2	6.0±0.8
소화수(개)	212.8±5.1	213.5±2.3	227.3±5.6	229.8±8.6
출퇴일수	26.4±0.7	16.8±0.7	30.6±0.9	28.2±0.9
파퇴일수	52.4±1.0	42.2±1.1	58.3±0.3	56.5±0.7
만개일수	66.4±1.0	60.5±1.5	74.0±0.0	66.5±1.2

² 표준오차

단일처리 기간 동안 CO₂의 공급시간을 명기시작부터 2시간만 공급하여 개화 및 성장반응을 관찰한 결과(그림 58), 명기동안 계속 공급한 경우에서와는 다르게 황화나 고사하는 일이 없었다. 초장은 처리별 큰 차이를 보이지 않았고, 엽중은 CO₂의 농도가 증가할수록 증가하는 경향이였다(표 14). 지상부중은 700-1,400ppm구에서는 대조구보다 2-6g 더 무거웠으며, 2,800ppm에서는 대조구와 비슷하였다. 화폭은 CO₂ 공급과는 무관한 편이었으나 화중은 CO₂의 농도가 증가할수록 감소하는 경향이였다. 소화수는 CO₂를 공급한 모든구에서 늘어났으며 CO₂ 700ppm구에서 가장 많았다. 그러나 700ppm 이상에서는 농도가 증가할수록 소화의 수가 감소하는 경향이였다. 출퇴, 파퇴 그리고 만개일수는 CO₂ 700ppm 이하의 저농도구가 1,400ppm 이상의 고농도구에 비해 다소 빠른 편이었으나 큰 차이는 없었다. CO₂ 농도에 따른 엽록소 함량의 변화를 측정한 결과(표 15), 700ppm에서는 대조구보다 엽록소 함량이 많았으나 1,400ppm 이상의 고농도에서는 대조구보다 감소하였다. 또한 위치별로는 하위10매 이하의 잎에서보다 중·상위엽에서 엽록소 함량이 많았으며 밑에서 25매째 잎에서 가장 많은 편이었다.

표 14. 단일기 동안 명기시작 2시간 CO₂ 공급에 따른 국화 ‘수방력’의 성장 및 개화반응

성장 및 개화반응	CO ₂ 농도(ppm)			
	대조구	700	1,400	2,800
초장(cm)	53.9±0.9 ^z	52.2±0.7	53.7±0.3	52.5±0.6
엽중(g)	17.5±0.4	19.1±0.8	21.8±0.8	20.2±0.5
지상부중(g/분)	43.4±1.1	45.1±1.7	49.2±1.5	43.4±1.4
만개율(%)	100	100	100	100
화폭(cm)	11.4±0.1	11.1±0.2	11.4±0.1	10.6±0.1
화중(g)	18.4±0.7	18.5±0.6	17.6±0.5	15.2±0.7
소화수(개)	195.4±2.9	225.0±4.7	216.0±2.9	209.2±3.3
출퇴일수	22.0±0.3	20.7±0.5	22.5±0.5	22.9±0.2
파퇴일수	42.7±0.6	42.8±0.8	44.4±0.5	45.5±0.4
만개일수	64.7±0.4	65.0±0.8	64.5±0.7	68.2±1.0

^z 표준오차

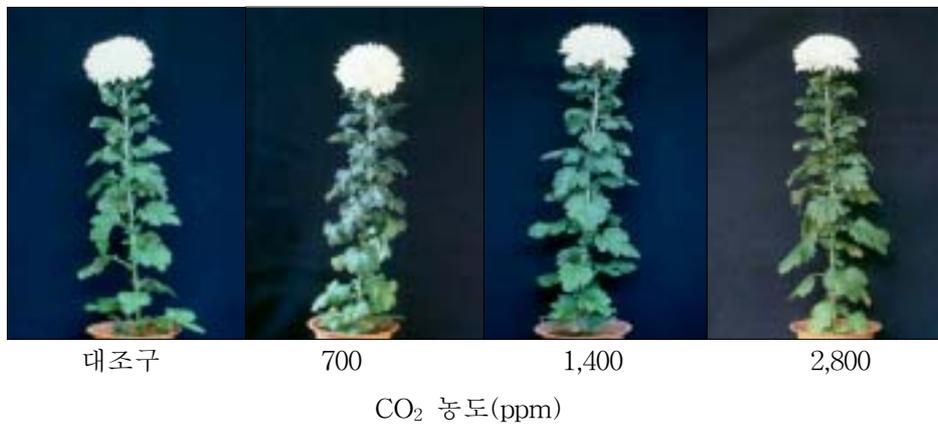


그림 58. 단일기 동안 명기시작 2시간 CO₂ 공급에 따른 국화 ‘수방력’의 성장 및 개화반응

표 15. 단일기 동안 CO₂ 농도에 따른 국화 ‘수방력’의 잎의 위치별 엽록소 함량
(단위 : mg/g FW)

잎의 위치 ^z	CO ₂ 농도(ppm)				
	대조구	700	1,400	2,800	평균
5	1.6±0.0 ^y	2.0±0.2	1.1±0.1	0.9±0.1	1.33
10	1.8±0.1	2.5±0.2	1.3±0.1	1.4±0.1	1.73
15	2.4±0.1	3.3±0.2	1.7±0.1	2.0±0.1	2.33
20	2.3±0.0	2.8±0.1	2.0±0.2	2.2±0.0	2.33
25	2.6±0.1	3.0±0.2	2.1±0.1	2.2±0.1	2.43
30	2.5±0.2	2.6±0.3	2.2±0.1	2.2±0.2	2.33
평균	2.2	2.7	1.7	1.8	2.1

^z 수치가 클수록 상위엽임, ^y 표준오차. CO₂ 공급은 명기시작 직후 2시간.

4. 광도에 따른 성장과 개화반응

가. 재료 및 방법

발근된 삽수를 직경 15cm 화분에 정식하여 야간온도가 20℃로 유지되는 온실에서 16시간 일장하에서 영양생장 시켰다. 각 처리구는 평균초장이 27cm일 때 단일처리하였다. 단일처리시의 광도는 5,000, 10,000, 20,000, 30,000Lux로 하였다. 성장상의 환경은 주간온도 25℃, 야간온도 20℃, 일장 12시간, 상대습도 70%로 하였다. 조사항목과 기준은 앞에서와 같다.

나. 결과 및 고찰

단일처리시의 광도를 달리한 결과(표 16), 광도가 5,000Lux에서 30,000Lux로 증가함에 따라 초장은 줄어들고, 엽수와 잎의 생체중, 건물중 및 건물율 또한 증가하였다. 이는 광도가 증가할수록 광합성량이 증가되고 동화산물의 축적이 많아짐을 의미한다. 반면, 고광도하에서는 화아의 유도 및 발달이 지연되었다. 즉, 만개는 5,000Lux와 10,000 Lux에서만 100% 이루어졌으며, 20,000Lux에서는 과뢰는 되었으나 만개하지 않았고, 30,000Lux에서는 실험 종료일까지 봉오리 상태가 그대로 유지되었다(그림 59). 화폭과 화중은 5,000Lux와 10,000 Lux구 간에 차이가 없었으나 소화수는 5,000Lux에서 다소 많았다. 엽록소 함량은 광도가

높을수록 낮았으며(그림 60) 잎의 위치가 높을수록 증가하였다.

광도가 증가할수록 화아의 유도 및 발달과 엽록소 형성에는 부정적인 영향을 미친다는 결과는 성장상의 광조건이 자연조건과 다르기 때문으로 생각된다. 고출력의 인공광원 자체에 의한 고온과 상부보다는 측면조사량이 많았는 데서 기인된 결과로 생각된다. 따라서 광조사 방법에 따라 차이가 있을 것으로 판단되며 금후 광의 조사 각도와 광도가 연계된 구체적인 실험이 필요할 것으로 생각되었다. 그러나 5,000Lux 정도의 저광도 하에서도 정상적인 개화가 유도되었기 때문에 겨울철의 저광도는 아무런 문제가 없을 것으로 판단되었다.

표 16. 단일기 동안의 광도에 따른 국화 ‘수방력’의 성장 및 개화반응

조사항목	광도(Lux)			
	5,000	10,000	20,000	30,000
초장(cm)	47.3±0.3 ^z	45.5±0.9	44.1±1.2	41.7±1.1
엽수	39.8±0.7	41.0±1.5	41.6±1.6	44.0±1.0
잎의 생체중(g)	20.3±1.6	20.8±1.5	24.1±1.7	26.3±0.7
건물중(g)	3.9±0.3	5.6±0.4	6.8±0.4	8.1±0.3
건물율(%)	19.2	26.9	28.2	30.8
지상부중(g/주)	39.3±1.6	42.2±2.4	39.7±2.3	42.2±1.4
만개율(%)	100	100	-	-
화폭(cm)	9.9±0.1	9.5±0.3	-	-
화중(g/화서)	10.3±0.6	10.2±0.7	-	-
소화수(개/화서)	251.8±3.8	212.8±5.1	-	-
출퇴일수	24.8±0.4	26.4±0.7	30.2±0.4	42.8±0.9
파퇴일수	50.6±0.9	52.4±1.0	62.4±1.3	-
만개일수	65.2±0.9	66.4±1.0	-	-

^z 표준오차



5,000 10,000 20,000 30,000
광도(Lux)

그림 59. 단일기 동안 광도에 따른 국화 '수방력'의 개화반응

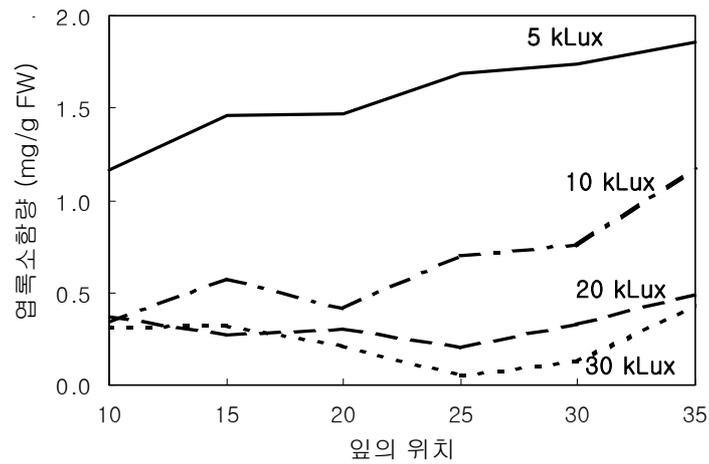


그림 60. 단일기 동안 국화 '수방력'의 광도 및 잎의 위치별 엽록소 함량변화

5. 관수량에 따른 성장과 개화반응

가. 재료 및 방법

관수량의 차이에 따른 성장 및 개화반응을 검토하기 위하여 관수주기를 1일 2회, 1일 1

회, 2일 1회로 달리하였다. 관수방법은 단일처리 전후 동일하게 관수하는 처리와 단일처리 전에만 다르게 관수하는 처리, 단일처리 후에만 다르게 관수하는 처리로 하였다. 단일처리 전·후의 관수량을 달리할 경우는 처리 전이나 처리후에는 1일 1회로 관수하였다. 관수량은 직경 15cm × 높이 13cm의 화분에 1회 100mL로 하였고 실험시작 전에는 충분히 관수하였다. 관수시간은 1회 처리시에는 오전 9시로하고 2회 처리시에는 오전 9시와 오후 3시로 하였다. 토양 수분 함량은 정식후 2, 4, 9주후에 관수 후 2시간 간격으로 표면 2cm 아래에서 1g씩 채취하여 80℃에서 2일간 건조하여 토양의 건조중을 측정하였으며 건조하기 전과의 무게의 차이를 계산하여 토양속에 있는 수분의 함량을 계산하였다. 조사항목과 기준은 앞에서와 같다.

나. 결과 및 고찰

1) 관수량의 영향

관수회수에 따른 생장반응을 보면(표 17), 단일처리 전후의 관수량이 같을 경우는 2일 1회 관수구에서 초장이 크고, 엽수가 많고, 엽중과 경중이 무거웠다. 단일처리 전만 관수량을 달리했을 경우도 같은 경향이였다. 그러나 단일처리 후에만 관수량을 달리했을 경우는 관수회수가 많은 1일 1회, 1일 2회구에서 생육이 좋았다. 이를 보면 정식 3주후부터 8주사이에 가장 많이 컸다(그림 61). 단일처리 전후의 관수량을 같게 했을 때는 정식 4주후부터 생장 차이가 나타났으며, 단일처리 전에만 관수량을 달리했을 경우에는 정식 2주후부터 초장의 변화가 나타났으며, 단일처리 후에만 관수량을 달리 했을 경우는 정식 5주후에 초장이 변화하기 시작했다. 개화반응 역시 생장반응과 비슷한 결과였다(표 18). 즉, 단일처리 전후의 관수량을 같게 하였을 경우는 2일 1회 관수하는 구에서 1일 1회, 1일 2회로 관수하는 구에서 보다 출퇴, 파퇴, 만개일수가 1-5일 빨랐다(표 18). 2일 1회 관수구는 1일 1회, 1일 2회 관수구에 비해 화폭이 크고, 화중이 무거웠다. 단일처리 전에만 관수 횟수를 달리하였을 경우도 단일처리 전후를 동일하게 관수하였을 때와 2일 1회구에서 모든 개화반응이 양호하였다. 그러나 단일처리 후에만 관수 횟수를 달리하였을 경우에는 관수량이 많은 1일 1회, 1일 2회구에서 출퇴, 개화, 만개일수가 단축되었고, 화폭이 커지고, 화중이 무겁고, 소화수가 많았다.

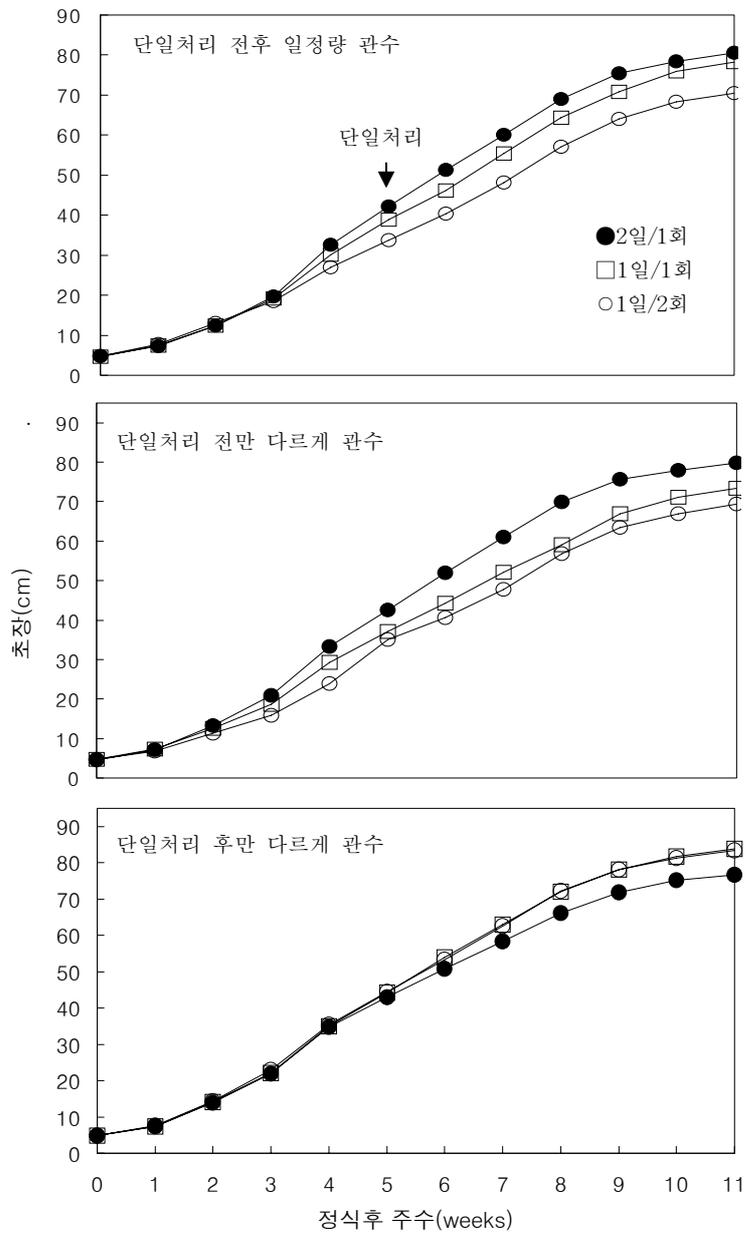


그림 61. 관수 회수와 방법에 따른 초장변화. 1회 관수량 화분당 100mL

표 17. 관수회수에 따른 성장반응

관수방법	관수횟수	초장(cm)	엽수	엽중(g)	경중(g)
단일전·후	2일/1회	82.8±1.4 ^z	35.8±0.7	29.3±1.3	14.1±0.5
	1일/1회	80.5±1.6	34.0±0.6	22.3±1.1	11.6±0.8
	1일/2회	73.0±2.4	31.5±0.8	18.3±0.8	9.6±0.6
단일전	2일/1회	82.5±1.2	37.8±0.8	31.4±2.1	15.4±0.9
	1일/1회	76.0±2.2	34.3±0.8	21.3±1.5	11.1±0.8
	1일/2회	65.9±1.4	29.9±0.8	17.5±1.0	8.8±0.6
단일후	2일/1회	79.8±1.1	37.7±0.5	29.0±0.8	13.0±0.3
	1일/1회	86.0±1.3	35.8±0.6	29.4±1.1	15.7±0.7
	1일/2회	85.9±1.4	35.4±0.7	27.3±1.2	15.4±0.8

^z 표준오차

표 18. 관수회수에 따른 개화반응

관수방법	관수횟수	출퇴일수	파퇴일수	만개일수	화폭(cm)	화중(g)	소화수(개)
단일 전후	2일/1회	20.8±0.3 ^z	47.7±1.1	71.1±1.1	10.6±0.2	13.7±1.0	190.9±4.8
	1일/1회	21.8±0.5	52.8±1.9	76.7±2.0	10.0±0.3	11.9±1.0	181.3±4.2
	1일/2회	22.8±0.5	52.2±2.2	76.9±2.2	10.3±0.2	12.4±0.8	178.5±5.0
단일전	2일/1회	20.8±0.5	48.2±2.0	71.1±2.1	11.4±0.2	17.5±1.0	193.0±4.5
	1일/1회	21.8±0.3	50.4±1.3	75.1±1.4	10.1±0.3	12.5±0.9	186.6±2.6
	1일/2회	22.6±0.5	47.2±1.9	77.3±2.4	9.0±0.3	11.2±0.8	169.3±5.1
단일후	2일/1회	21.7±0.3	49.3±0.9	75.7±1.4	10.3±0.1	13.4±0.5	188.7±3.7
	1일/1회	20.2±0.4	48.2±1.1	71.5±1.2	10.9±0.3	15.5±1.1	190.8±6.6
	1일/2회	20.9±0.3	47.4±0.7	71.1±0.8	11.1±0.2	15.7±0.8	195.2±2.1

^z 표준오차

관수회수를 2일 1회로 하고 관수후의 토양 수분함량을 시간대별로 측정 한 결과(그림 62), 2-4주 후에는 토양 수분함량이 30-22%로 큰 차이가 없었으나 9주 후에는 25-10%로 크게 감소한 한편 감소의 폭도 컸다. 정식 후 2, 4주에서는 토양수분이 감소하여도 식물체가 시들지 않았으나 9주 후에는 토양수분이 급격히 줄면서 하위엽부터 시들기 시작했다. 관수회수를 1일 1회 및 1일 2회 하였을 경우는 2, 4, 9주 모두 30% 전후로 큰 차이를 보이지 않았다(그림 63).

이상의 결과로 볼 때, 영양생장기와 생식생장기 모두 2일 1회 정도로 토양수분 함량을 다소 낮게하여 과습하지않게 관리하면 초기 성장뿐만아니라 단일처리 후의 성장과 개화반응에도 유리하다. 그러나 단일처리전에는 2일 1회 정도로 관수하여 토양수분함량을 25% 전후로 유지하여 과습하게 하지말고, 단일처리후에는 1일 1회 또는 1일 2회 관수하여 토양 수분 함량을 다소 높여 주는 것도 고품질의 절화생산에 유리할 것으로 판단된다.

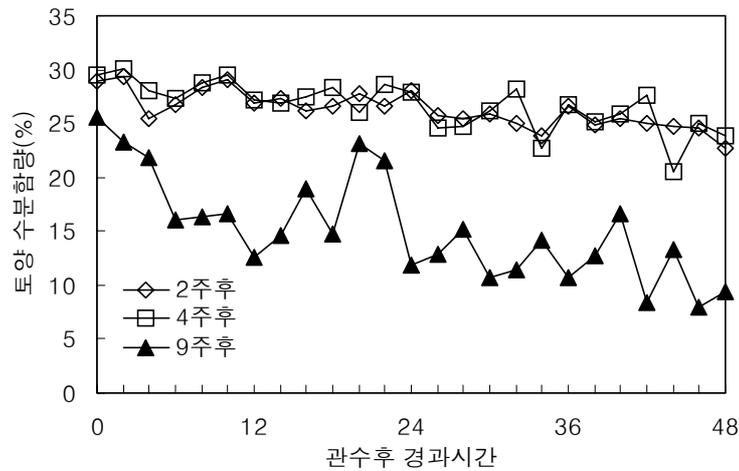


그림 62. 2일 1회 관수 시의 토양수분 함량의 변화

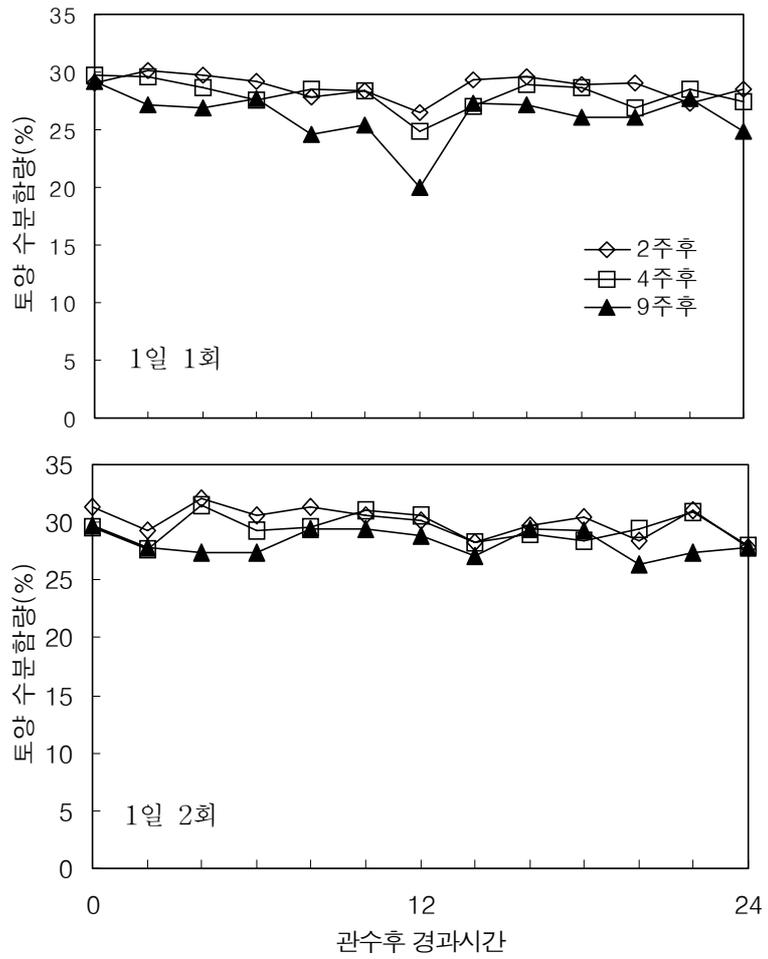


그림 63. 관수 회수별 토양수분 함량의 변화

6. 관수시의 물의 pH에 따른 생장과 개화반응

가. 재료 및 방법

발근된 삽수를 직경 15cm 화분에 정식하여 일장은 단일처리전 16시간, 단일처리시에는 12시간으로 하였다. 야간온도는 20℃로 유지하였다. 물의 pH에 따른 생장 및 개화반응을 보기 위해 단일처리 전의 물의 pH를 4, 5, 6, 7로 조절하였고, 단일처리 후에는 각 pH별로 다시 pH를 4, 5, 6, 7 나누어 처리하였다. 물의 pH는 HCl과 KOH로 조정하였고 1회 관수량은 100mL로 하였으며 관수시기는 오전 9시로 하였다. 조사항목과 기준은 앞에서의 실험과 같다.

나. 결과 및 고찰

물의 pH를 4, 5, 6, 7로 하여 단일처리 전과 후를 구분하여 비교한 결과(표 19, 그림 64), 모든 처리구에서 단일처리전 즉, 장일하에서의 물의 pH가 높을수록 초장이 크고 엽수가 많고, 엽중이 무겁고, 화폭이 크고, 화중이 무겁고 소화수가 많아지는 경향이였다. 초장은 단일처리 전 pH 5 이상 구에서는 단일처리 후 pH에 큰 영향을 받지 않았으나 단일처리 전 pH 4 구에서는 단일처리 후 pH가 높아질수록 감소하는 경향이였다. 이는 조기개화에 의해 초장이 작아진 것이라 생각된다. 출뢰, 파뢰 및 개화일수는 물의 pH에 큰 영향을 받지않는 경향이였으나 단일처리 전보다는 단일처리 후의 pH가 높아질수록 개화가 다소 빨라지는 경향이였다(그림 63). 화폭은 단일처리 전과 후의 pH와는 무관하게 11-12cm 정도였다. 화중도 화폭과 같은 경향을 나타내었으나 화아분화전 pH 7 처리구에서 비교적 무거운 편이였다. 소화수 역시 처리간 큰 차이가 없었다. 엽수와 엽중은 단일처리 후 pH가 증가할수록 증가하는 경향이였으나 크게 차이를 나타내지는 않았다.

이상의 결과, 국화의 생장 및 개화에는 pH가 큰 영향을 미치지 않았으나, 단일처리 전 후의 pH를 6-7로 관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

표 19. 물의 pH에 따른 국화 '수방력'의 성장 및 개화반응

물의 pH (장일-단일)	초장 (cm)	엽수 (매)	엽중 (g)	화폭 (cm)	화중 (g)	소화수 (개)
4-4	89.3 ±3.1 ^z	41.8 ±1.3	32.1 ±2.1	11.7±0.2	11.3±0.6	202.5±3.8
4-5	90.4 ±2.3	43.0 ±1.5	32.9 ±2.3	11.0±0.3	10.2±0.7	205.6±3.5
4-6	88.1 ±1.4	42.3 ±1.0	31.3 ±1.2	11.5±0.2	10.7±0.7	208.4±3.9
4-7	83.1 ±1.8	42.5 ±1.0	29.5 ±1.4	11.7±0.3	12.3±0.7	210.5±2.0
평균	87.7	42.4	31.5	11.4	11.1	206.8
5-4	87.0±2.0	42.8±1.2	33.3±1.9	11.2±0.3	11.1±0.8	197.5±4.0
5-5	86.6±2.2	44.1±1.1	31.8±1.2	11.5±0.2	12.1±0.4	210.6±3.6
5-6	87.3±1.8	41.7±0.4	30.7±0.9	11.7±0.2	12.2±0.8	203.0±3.3
5-7	87.4±2.5	44.2±1.3	33.7±2.1	11.4±0.2	12.1±0.9	203.2±4.0
평균	87.1	43.2	32.4	11.5	11.9	203.6
6-4	89.9±1.6	42.9±1.2	32.7±2.1	11.0±0.2	9.8±0.7	198.6±3.7
6-5	90.1±1.6	41.9±1.8	30.8±2.6	11.1±0.4	10.7±0.9	200.7±5.2
6-6	90.8±2.6	42.4±1.9	32.5±2.4	11.5±0.2	11.0±0.8	204.4±4.3
6-7	92.1±1.3	44.1±1.5	32.8±1.9	11.3±0.3	10.5±0.7	204.6±2.8
평균	90.7	42.8	32.2	11.2	10.5	202.1
7-4	89.1±3.2	43.5±1.5	34.2±2.3	11.5±0.3	12.2±0.6	211.5±3.3
7-5	90.0±4.4	43.0±1.9	33.8±2.7	12.2±0.2	13.5±0.7	210.0±3.3
7-6	91.7±4.0	44.5±1.5	35.4±2.7	11.8±0.2	12.1±0.5	205.3±4.9
7-7	89.9±2.0	44.3±1.0	35.1±1.4	11.2±0.3	11.1±0.9	208.2±3.6
평균	90.2	43.8	34.6	11.7	12.2	208.8

^z 표준오차

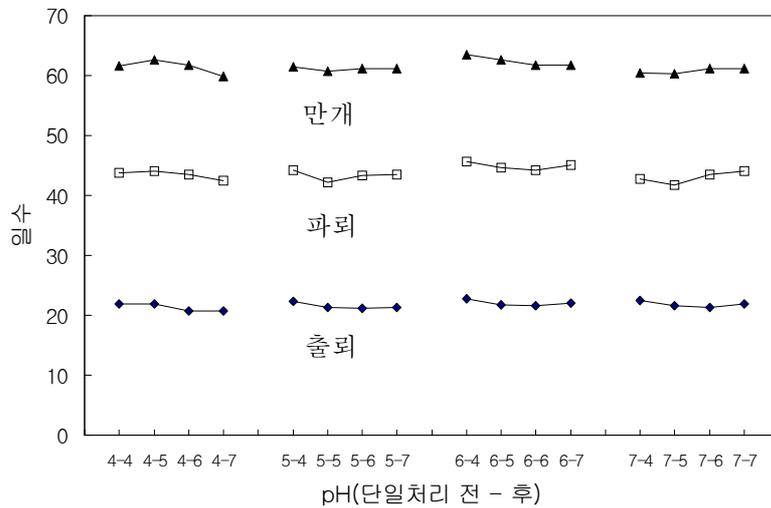


그림 64. 물의 pH에 따른 개화 반응

7. 관수개시점에 따른 생장과 개화반응

가. 재료 및 방법

관비재배시의 관수개시점을 설정을 위해 가로 90cm×세로 300cm×높이 30cm의 이랑을 만들어 영양생장기때와 생식생장기때의 관수개시점을 -5kPa, -10kPa, -20kPa, -40kPa로 달리하였다. 생식생장기때의 관수개시점 설정을 위해서는 영양생장기때의 토양수분 관리를 -10kPa로 하였다. 일장은 영양생장기때 14.5시간, 생식생장기때 10시간으로 하였으며, 온도는 주간 25℃, 야간 20℃로 관리하였다. 토양수분의 측정은 프랑스 SEDC사의 SKM 850T 토양수분장력 센서와 미국 캠벨사 데이터로그 CR10X를 이용하였다. 측정된 센서의 값은 데이터로그에 자동 저장되며 관수개시점 설정값에 따라 관수가 되게 하였다. 관수 제어시스템은 데이터로그 컨트롤 모듈 SDMCD16을 이용하여 관수라인의 전자밸브를 ON, OFF하여 행하였다. 관수 개시점별 관수조절은 30분마다 측정값을 연산하여 설정 값의 +10%보다 높으면 60초동안 관수가 이루어지게 하고, 설정 값 이하이면 관수가 중단되게 조절하였다. 영양부족에 의한 생육차이를 보완하기 위하여 네덜란드에서 이용되고 있는 국화의 순환식 양액을 1주에 1회 1L/m²씩 일시에 공급하였다. 토양수분의 변화와 시기별 생육상황을 조사하였으며, 실험종료 시점에는 식물체를 채취하여 부위별 생육차이를 조사를 하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 영양생장기때의 관수개시점 설정

영양생장기때의 적정 관수개시점을 설정하기 위해 관수개시점을 -5kPa, -10kPa, -20kPa, -40kPa로 달리하였다. 토양내의 수분장력을 관수개시점별로 조사한 결과(그림 65), -5kPa과 -10kPa로 설정된 구는 실험초기부터 설정치에 맞게 관리되었으나 -20kPa로 설정된 구는 7일 후에야 설정치와 비슷해 졌고 -40kPa로 설정된 구는 20일 후에야 -30~-40kPa이 유지되었다. 이와 같이 -20kPa과 -40kPa구의 설정치는 외부기상의 영향으로 설정치에 다소 못 미쳤지만 처리구간 수분장력의 차이는 명확히 구분되었다. 처리 31일후의 누적 관수량을 보면(그림 66), 수분장력이 낮은 -5kPa구는 약 120L/m², -10kPa구는 약 60L/m², -20kPa구는 약 30L/m², -40kPa구는 약 20L/m²의 물이 관수되었다. 일별로는 -5kPa구 4L/m², -10kPa구 2L/m², -20kPa구 1L/m²가 관수되었다.

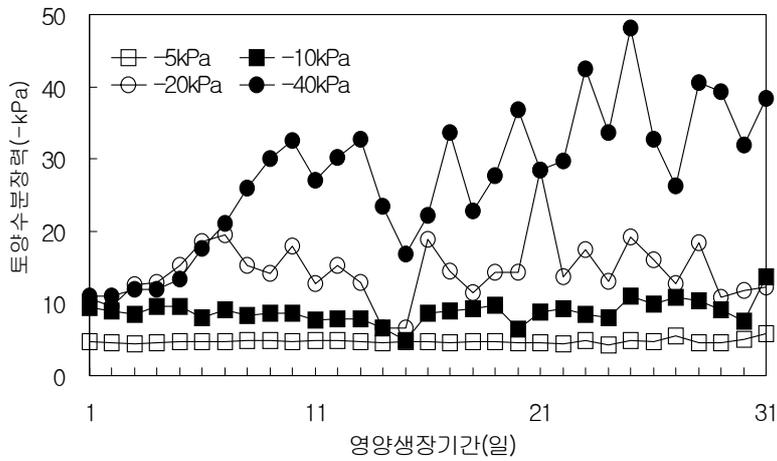


그림 65. 영양생장기때의 관수개시점에 따른 일평균 토양수분장력의 변화

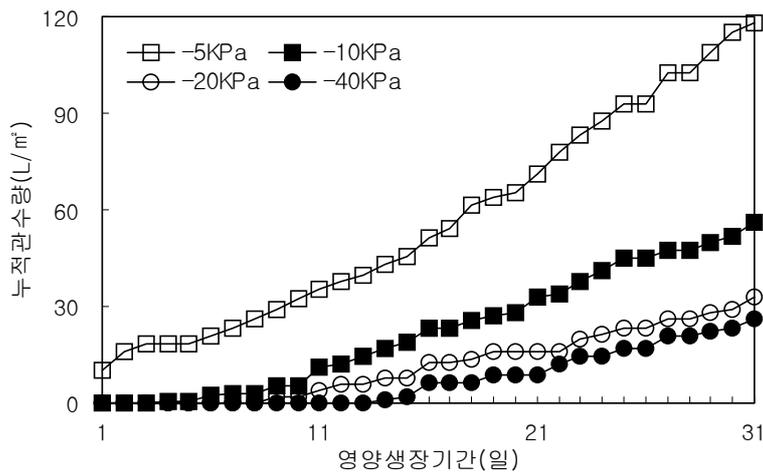


그림 66. 영양생장기때의 관수개시점에 따른 누적관수량의 변화

초장은 -5kPa에서보다는 수분장력이 높은 -10 - -40kPa에서 컸다(표 20). 정식 1주후의 초장은 수분장력이 높을수록 큰 경향이었으나 3주후부터는 -20kPa에서 최대치를 나타냈다. 정식 7주후에는 -20kPa구의 초장이 66.5cm인데 비해 -10kPa과 -40kPa구는 약 10cm, -5kPa구는 약 20cm 정도 작았다.

표 20. 영양생장기때의 관수개시점에 따른 초장의 변화

정식후 일수 (주)	관수개시점(-kPa)			
	5	10	20	40
1주	8.8	9.0	9.1	9.4
3주	18.0	20.9	24.3	22.7
5주	33.3b ^z	41.0ab	45.7a	43.6a
7주	47.3b	57.3ab	66.5a	58.7ab

^z DMRT 0.05

엽수와 엽면적 역시 초장에서와 같이 -5kPa에서 -40kPa로 수분장력이 높아질수록 증가하였으며, -20kPa에서 가장 좋은 성적을 나타내었다(그림 67). 잎과 줄기의 생체중은 수분장력을 -5kPa에서 -40kPa로 높게 관리될수록 증가하는 경향이며 -20kPa에서 가장 컸다. 뿌리에서도 -20kPa에서 다소 높은 경향이었으나 다른 처리와 큰 차이를 보이지 않았다(표 21).

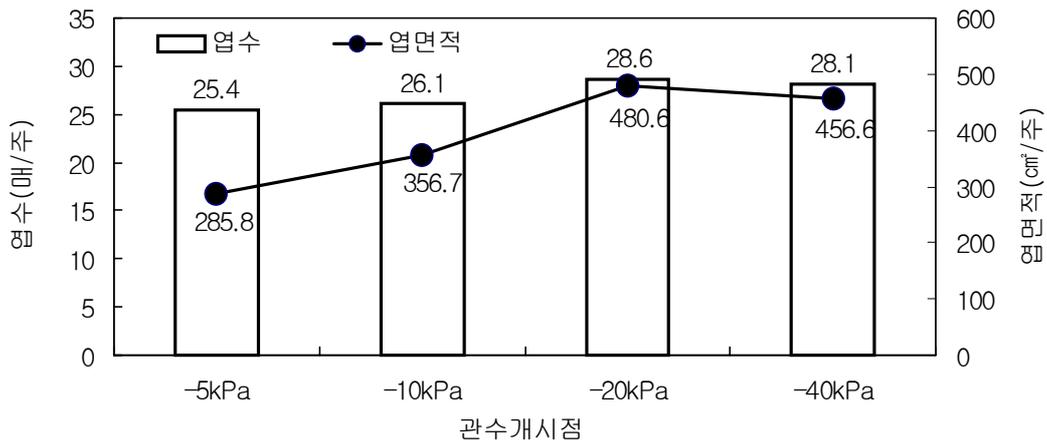


그림 67. 영양생장기때의 관수개시점에 따른 엽수와 엽면적의 차이

표 21. 영양생장기때 관수개시점에 따른 정식 5주후의 부위별 생체중 (단위 : g/주)

생체중(g/주)	관수개시점(-kPa)			
	5	10	20	40
잎	10.7b ^z	13.0ab	17.2a	16.4a
줄기	5.2b	7.1ab	10.0a	9.0a
뿌리	3.3b	3.4b	4.6a	3.2b

^z DMRT 0.05

이상의 결과로 봐서 -5kPa과 -10kPa은 과습에 의한 그리고 -40kPa은 건조에 의한 스트레스로 영양생장이 억제된 결과라 판단된다. 이러한 결과는 관수 회수별 실험결과와 같은 결과로 관수를 2일 1회로 적게 하여 -20kPa 정도로 유지하는 것이 초기 생장에 유리하다는 것을 나타낸다. 따라서 영양생장기 때에는 -20kPa 정도로 토양수분을 과습하지 않게 관리하는 것이 바람직한 수분관리 방법이다. 또한 관수량과 관수회수를 줄일 수 있어 생산비 절감에 유리하다.

2) 생식생장기때의 관수개시점 설정

생식생장기때의 관수 개시점에 따른 관수시의 토양수분장력을 측정 한 결과(그림 68), 영양생장기때와 마찬가지로 -5kPa과 -10kPa로 설정된 구에서는 토양수분장력의 제어가 균일하게 이루어 졌으나 -20kPa과 -40kPa 구는 설정치와 다소 차이는 있었다. 그러나 영양생장기 때보다는 훨씬 균일하게 토양수분의 제어가 이루어졌다. 관수개시점에 따른 처리 51일째의 누적관수량은 -5kPa구 233L/m², -10kPa구 157L/m², -20kPa구 111L/m², -40kPa구 47L/m²가 관수되어 처리별 큰 차이를 나타내었다(그림 68). 일별로는 각각 약 4.6, 3.1, 2.2, 0.9L/m²가 관수되었다.

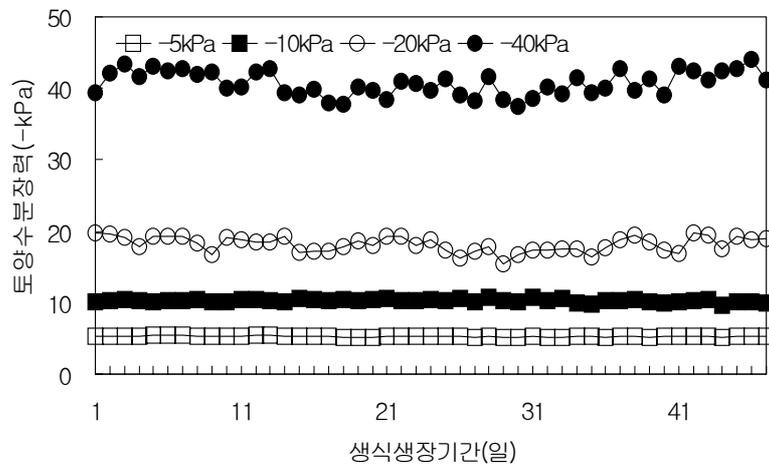


그림 68. 생식생장기때의 관수개시점에 따른 일평균 토양수분장력의 변화

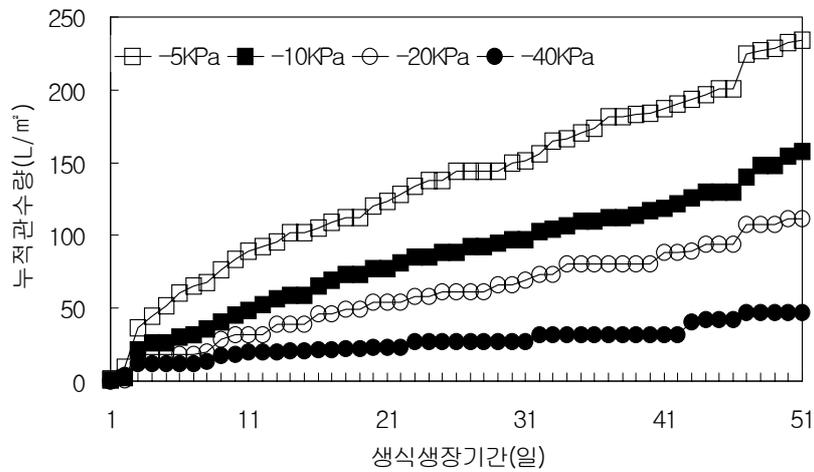


그림 69. 생식성장기때의 관수개시점에 따른 누적관수량의 변화

생식성장기 때의 관수개시점에 따른 처리 4주후의 생육은 처리간 큰 차이를 나타내지 않았으나 -10kPa구에서 초장이 크고 지상부와 지하부의 무게가 무거운 경향이였다(표 22). 개화했을 때는 -5kPa구에서 절화의 품질이 양호하였다(표 23). 즉 절화장이 길고, 절화의 무게가 무겁고, 엽면적이 크고, 화폭이 넓고, 꽃의 무게가 무거웠다. 이상의 결과로 볼 때 생식성장기때의 수분 관리는 영양성장기 때와는 반대로 토양수분을 다소 많이 관리하는 것이 유리하였다. 이는 분화재배때의 관수회수 실험과 같은 결과로 영양성장기 때와는 달리 엽수가 많고 꽃의 성장에는 많은 수분이 필요하다는 것을 의미한다. 따라서 생식성장기 때에는 토양수분을 -5 - -10kPa 정도로 영양성장기 때보다는 많이 유지해 주어야 될 것으로 판단되었다.

표 22. 생식성장기 때의 관수개시점에 따른 관수처리 4주후의 성장반응

성장반응	관수개시점(-kPa)			
	5	10	20	40
초장(cm)	25.3	31.8	26.5	26.1
지상부 생체중(g/주)	28.6	35.0	23.8	24.7
건물중(g/주)	2.7	4.8	1.6	2.4
지하부 생체중(g/주)	3.0	3.4	2.6	3.8
건물중(g/주)	0.4	0.6	0.4	0.5

표 23. 생식생장기 때의 관수개시점에 따른 절화의 품질비교

생장반응	관수개시점(-kPa)			
	5	10	20	40
절화장(cm)	89.5	77.1	75.3	77.4
절화중(g/주)	74.9a ^z	63.8b	61.3b	59.4b
엽면적(cm ² /주)	1,027a	880b	762b	807b
화폭(cm)	11.0	11.0	10.6	10.6
화중(g/개)	18.2a	16.8ab	16.2b	15.6b

^z DMRT .05

8. 양액농도에 따른 생장과 개화반응

가. 재료 및 방법

양액의 적정농도를 설정하기 위해서 가로 90cm × 세로 300cm × 높이 30cm의 이랑을 만들어 관비재배를 하였다. 표준양액으로는 네덜란드에서 개발된 국화의 순환식 양액을 사용하였으며, 그 농도는 1/4, 1/2, 1, 2배액으로 하여 영양생장기때와 생식생장기때에 각각 관수하였다. 양액은 각 처리수준별 1톤 분량의 양액탱크를 1개씩 설치하여 1/2HP 자동모터와 유량이 mL단위로 조절되는 울트라테크사의 정밀 유량계로 하루 2L/m²로 공급량을 계산하여 10회로 분할하여 오전 중에만 투여하였다. 일장은 영양생장기 14.5시간, 생식생장기 10시간으로 하였고, 온도는 주간 25℃, 야간 20℃로 하였다. 실험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다. 조사는 실험 전·후의 토양의 무기성분함량, 초장, 식물체 부위별 생육을 조사하였다.

표 24. 네덜란드의 국화의 순환식 양액의 표준 조성표

다량원소		미량원소	
성분	농도(mmol)	성분	농도(μmol)
NO ₃	12.75	Fe	60
H ₂ PO ₄	1.00	Mn	20
SO ₄	1.00	Zn	3
NH ₄	1.25	B	20
K	7.5	Cu	0.5
Ca	2.5	Mo	0.5
Mg	1.00		

나. 결과 및 고찰

1) 영양생장기 때의 적정 양액농도 설정

영양생장기 때의 양액의 농도별 처리된 토양의 화학성은 pH, EC 등 모든 조사항목에서 비슷한 수준이었다(표 25). 그러나 처리 2, 4주 후에 조사한 결과, pH와 Ca은 양액의 농도가 높을수록 낮아지는 경향이있으며, EC, Mg과 K은 기간이 경과할수록 증가하였다. P₂O₅와 Total-N의 경우에는 처리후 2주째에 가장 많고 그 후 감소하는 경향이있었지만 2배액에서는 시간이 경과함에 따라 증가하였다. 이와 같이 2배액은 식물이 필요로하는 양보다 많은 양이 공급되어 시간이 경과함에 따라 증가하였지만 나머지 처리구에서는 초기 2주간의 뿌리 활착이 완전하지 않아 공급된 양을 다 흡수할 수 없었기 때문으로 생각된다.

표 25. 영양생장기때의 양액농도 따른 토양의 화학성 변화

화학성	주수	양액농도				
		1/4배액	1/2배액	표준액	2배액	
pH	0	7.2	7.1	7.1	7.2	
	2	7.1	7.0	6.8	6.6	
	4	7.1	6.7	7.0	6.3	
EC(dS/m)	0	0.4	0.4	0.4	0.4	
	2	0.4	0.6	0.9	1.6	
	4	0.4	0.6	1.1	2.1	
Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	0	547	552	565	555	
	2	695	699	710	638	
	4	621	581	610	762	
Ca	0	6.6	6.5	6.5	6.4	
	2	5.2	5.0	5.1	5.0	
	4	5.1	5.1	5.1	5.0	
Ex. Cations (cmol/kg)	0	1.4	1.3	1.3	1.3	
	Mg	2	1.3	1.3	1.3	1.4
	4	1.5	1.4	1.6	1.6	
K	0	0.4	0.4	0.4	0.4	
	2	0.4	0.5	0.8	1.0	
	4	0.6	0.6	0.8	1.4	
Total-N (mg/kg)	0	13.1	12.5	16.0	14.9	
	2	27.0	50.0	98.2	191.2	
	4	10.5	39.2	89.5	215.9	

영양생장기때의 양액농도에 따른 초장의 변화를 보면 농도가 증가할수록 초장이 증가하였다(표 26). 처리 7주후에는 표준액, 2배액, 1/2배액, 1/4배액 순으로 초장이 컸다. 영양생장기 만료 시점에서 엽수, 엽중, 경중, 엽면적, 지상부중, 지하부중 모두가 양액의 농도가 증가할수록 생육이 좋은 경향이었다(표 27).

표 26. 영양생장기 때의 양액 수준에 따른 정식후 주별 초장의 변화

정식후 주수 (주)	양액농도			
	1/4배액	1/2배액	표준액	2배액
1	8.1b ^z	8.8ab	10.0a	10.0a
3	14.4b	19.7a	22.4a	22.8a
5	32.1b	44.6a	46.8a	48.9a
7	46.9b	60.0a	65.1a	63.7a

^z DMRT 0.05

표 27. 양액 농도에 따른 영양생장기 만료시의 생육상황

생장반응	양액농도			
	1/4배액	1/2배액	표준액	2배액
엽수(매/주)	21.4c ^z	25.7b	27.0b	30.1a
엽중(g/주)	7.9c	13.5b	16.0ab	18.1a
경중(g/주)	3.9c	7.5b	8.8ab	9.9a
엽면적(cm ² /주)	215.7c	379.8b	448.4ab	506.8a
생체중 지상부(g/주)	11.9c	21.3b	27.4a	28.2a
지하부(g/주)	2.3b	2.7ab	2.7ab	3.0a

^z DMRT 0.05, 정식 5주후의 데이터임.

토양 EC의 증가는 국화 관비 재배의 안정성을 저해하는 요인이 됨으로 영양생장기때의 적정 양액 수준은 토양의 염류가 어느 정도 집적된 토양에서는 1/2배액 수준이 적합할 것이며, 토양 염류가 적은 토양에서는 표준액 수준의 양액을 공급하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

2) 생식생장기때의 적정 양액농도 설정

처리전 토양의 화학성은 처리간 큰 차이가 없었으나 Total-N 함량에서만 처리간 차이가 있었다(표 28). pH는 처리후 기간이 경과함에 따라 낮아지는 경향이었다. Ca, Mg, K, Total-N의 함량은 모든 농도에서 기간이 경과함에 따라 증가하는 경향이었다. P₂O₅의 농도는 모든 처리구에서 4주후에 가장 높고 8주후에는 감소하는 경향이었다.

표 28. 생식생장기때의 양액농도에 따른 토양의 화학성변화

화학성	경과주수	양액농도			
		1/4배액	1/2배액	표준액	2배액
pH	0	7.0	6.9	7.1	6.8
	4	6.7	6.8	6.6	6.5
	8	6.9	6.8	6.6	6.5
EC(dS/m)	0	0.6	0.6	0.7	0.8
	4	0.8	0.8	1.3	1.6
	8	0.8	0.9	1.9	2.3
Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	0	573.7	568.3	554.3	573.0
	4	672.3	650.3	630.0	685.7
	8	578.0	577.7	590.7	695.3
Ca	0	5.4	5.1	5.5	5.4
	4	5.7	5.5	5.5	5.1
	8	6.8	6.6	6.7	6.3
Ex. Cations (cmol/kg)	Mg	0	1.4	1.4	1.4
	4	1.5	1.5	1.5	1.5
	8	1.5	1.4	1.6	1.6
K	0	0.5	0.6	0.6	0.6
	4	0.6	0.7	0.8	1.3
	8	0.8	0.9	1.3	1.8
Total-N (mg/kg)	0	19.5	42.7	39.0	48.6
	4	21.9	36.7	82.2	137.8
	8	36.0	58.0	132.0	193.5

생식생장기 때의 양액농도 처리전의 생장은 각 처리별 큰 차이가 없었으나 2배액으로 처리할 처리구가 1/4배액으로 처리할 처리구에 비해 생장이 양호하였다(표 29). 실험종료 후의 초장과 화중은 양액의 농도가 낮을수록 증가하는 경향이었고 화경과 경중은 처리별 큰 차이를 나타내지 않았다(표 30). 절화중과 엽중은 처리별 특별한 경향이 없었으나 2배액구에서는 다소 무거웠다.

표 29. 생식생장기 때의 양액농도 처리전의 생육상황

생장반응	양액농도			
	1/4배액	1/2배액	표준액	2배액
초장(cm)	45.4	47.3	47.4	50.2
엽수(매/주)	26.8	30.7	29.7	30.7
생체중(g/주)	20.3	22.4	22.8	25.5
건물중(g/주)	3.1	3.5	3.5	4.4

표 30. 생식생장기때의 양액 농도에 따른 성장반응

생장반응	양액농도			
	1/4배액	1/2배액	표준액	2배액
절화장(cm)	79.1	81.3	78.5	76.6
절화중(g)	62.6	67.1	61.9	66.1
화경(cm)	10.5	10.4	10.4	10.6
화중(g)	16.3	16.4	15.5	15.1
엽중(g)	30.9	33.1	17.0	17.3
경중(g)	34.4	36.9	18.0	18.8

생식생장기때의 관비양액 수준에 따른 절화의 상품성을 조사한 결과(표 30), 1/2배액에서 절화장과 절화중이 큰 편이었으나 처리간 통계적 유의차는 인정되지 않았다. 그러나 국화 관비재배의 안정성 제고를 위한 적정 양액수준은 토양의 염류 집적이 일어나지 않는 1/2배액 수준이 적합할 것으로 판단되었다.

9. 국화 '수방력'의 생장 및 개화 모델

국화 '수방력'의 재배기간에 따른 온도, 일장 등의 환경관리는 본 연구에서 얻은 결과를 바탕으로 표 31과 같이 요약하였다.

정식 후 4-5주간 즉, 초장이 40-50cm가 될 때까지는 화아분화의 억제를 완전히 하기 위해 14.5-16시간의 장일 조건을 유지해 준다. 품종에 따라 다소 차이는 있으나 일장이 짧으면 화아분화를 시작하기 때문에 최소 14.5시간 이상의 일장을 유지해 주어야 목표로 하는 초장을 확보할 수 있다. 절화재배시의 단일처리는 초장이 40-50cm가 되었을 때 시작하며, 단일처리후 3-4주간은 화아분화가 일어나는 시기로 이때는 12시간 일장으로 관리하고, 이후의 화아발달기에는 10시간으로 화아분화기때 보다 짧은 일장하에서 관리하여 개화를 촉진한다. 화아발달이 완료된 시점 즉, 12시간 단일하에서 30일이 경과한 시점에서는 장일처리를 하여도 정상적인 개화는 가능하나 일장이 길어질수록 개화는 늦어지게 된다.

주간온도는 화아분화에 질적인 영향을 미치지는 못하지만 야간온도가 저온일 때 주간온도가 고온이 되면 개화가 지연되므로 적절한 환기를 통해 25℃ 전후를 유지한다. 야간온도는 국화의 질적반응을 좌우하는 주 요인이다. 영양생장을 위해서는 보통 15℃ 이상의 온도로 관리해야 하지만 온도가 높을수록 생장은 더 양호하다. 본 실험에서는 14℃까지도 정상적인 개화가 가능하였다. 모주가 저온을 충분히 받은 경우는 7-12℃ 범위에서도 잘 생육한다. 그러나 단일처리 전 적당한 초장이 확보될 때까지는 야간온도를 15℃ 정도로 유지해 주어도 좋지만 단일처리 5일전부터 단일처리 3주까지는 18-20℃로 관리하는 것이 유리하다. 화아발달기 3-4주후에는 14-16℃로 낮추어주면 개화는 다소 지연되나 초장과 화폭이 커진다. 또 절화 2주전부터는 15℃로 관리하면 화색발현이 촉진되고 화형이 개선된다.

CO₂는 겨울철 저광도하에서 생장과 개화를 촉진하고 품질을 개선할 목적으로 공급되고 있다. CO₂의 공급시간과 농도는 광합성 속도가 빠른 오전중에 2시간 700ppm 정도가 바람직하였다.

광도 역시 여름철에는 큰 문제가 없으나 겨울철에는 광도가 낮다. 영양생장기때는 20,000-40,000Lux로 관리하다가 저온, 단일기인 겨울철에는 최소 5,000Lux 이상으로 관리할 필요가 있다. 이 정도의 광도는 시설물 등에 의해 햇빛이 가려지는 등의 특수한 경우를 제외하면 겨울철에도 큰 문제가 없다.

관수는 단일처리전에는 2일 1회(분화재배) 또는 -20kPa(절화의 관비재배)정도로 관수하여 습하지 않게 유지하며 단일처리후에는 1일 1회(분화재배) 또는 -5 - -10kPa(절화의 관비재배) 정도로 관리한다. 또 관수시의 물의 pH는 6-7로 조절하는 것이 바람직하다.

관비는 네덜란드의 순환식 양액을 사용할 경우 토양의 염류축적 등을 고려하면 1/2배액 정도가 적절할 것으로 판단되었다.

표 31. 국화 ‘수방력’의 생장 및 개화 모델

생장기 환경	영양생장					생식생장										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
주수 (주)																
일장 (시간)	14.5-16					12			10							
주간온도 (℃)	25															
야간온도 (℃)	15-18				18-20				14-16							
CO ₂ 농도 (ppm)	오전 2시간 700					오전 2시간 700										
광도(Lux)	20,000-40,000					5,000 이상										
관수량	분화재배(관수회수):2일 1회 절화관비재배(관수개시점):-20kPa					분화재배(관수회수):1일 1회 절화관비재배(관수개시점):-5 - -10kPa										
관수 시 의 물의 pH	6-7					6-7										
양액농도 (네덜란드 표준액)	1/2배액					1/2배액										
예상초장 증가량 (cm)	3	4	7-10/주							4	2					
개화과정	초장 40-50cm 확보					화아분화	출퇴	화아발달	파퇴	실상화 신장	만 개					

정식 후 1-2주 동안은 발근 및 활착하는 기간으로 초장의 증가는 크게 없으나 이후에는 매주 7-10cm 정도 증가하며, 봉오리가 형성되고 개화가 시작되면 크게 증가하지 않는다. 표 32에 따라 단일처리 당시의 초장을 알면 개화시의 초장을 예측할 수 있다. 국화 ‘수방력’의 경우 평균 절간장을 2cm로 볼 때 절화장이 85cm 이상인 절화를 생산하기 위해서는 단일처리시의 초장이 최소 35cm 이상은 되어야 한다. 개체마다 생장 정도에 차이가 있으므로 충분한 절화장을 확보하기 위해서는 초장이 40-50cm 일 때 단일처리를 시작하는 것이 안전하다.

표 32. 국화에 있어서 단일처리시의 초장과 개화시의 예상초장

단일처리전 초장 (cm)	평균절간장 (cm)	개화시의 예상초장 (cm)
35	1.5	74
	2	86
	2.5	98
	3	110
40	1.5	79
	2	91
	2.5	104
	3	115
45	1.5	84
	2	96
	2.5	109
	3	120
50	1.5	89
	2	101
	2.5	114
	3	125

월별 장일 및 단일 처리를 위한 전조 및 차광처리 시간은 표 33과 34에 나타내었다. 자연상태에서 일장이 가장 긴 하지 때의 일장은 14시간 30분이다. 이 정도의 장일처리를 위해서는 연중 조명을 해주어야 한다(표 33). 4월에서 8월까지의 평균일장이 13시간 이상이므로 단일처리를 위해서는 이 기간 동안 12시간 이하로 해주어야 화아분화가 가능하며 월별 차광 시간은 표 34와 같다.

표 33. 장일처리를 위해 필요한 월별 전등조명 시간

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
평균일장(시간)	10.1	11	12.1	13.3	14.2	14.6	14.2	13.4	12.2	11.1	10.2	9.7
목표일장 (시간)	16	6	5	4	3	2	1.5	2	3	4	5	6
	15	5	4	3	2	1	0.5	1	2	3	4	5
	14	4	3	2	1	0	0	0	1	2	3	4

표 34. 단일처리를 위해 필요한 월별 차광시간

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
평균일장(시간)	10.1	11	12.1	13.3	14.2	14.6	14.2	13.4	12.2	11.1	10.2	9.7
	13	0	0	0	1	1.5	1	0.5	0	0	0	0
목표일장 (시간)	12	0	0	1.5	2	2.5	2	1.5	0	0	0	0
	11	0	0	1	2.5	3	3.5	3	2.5	1	0	0
	10	0	1	2	3.5	4	4.5	4	3.5	2	1	0

이상과 같이 국화의 성장환경을 조절하면 연 3기작이 가능한 것은 물론이고, 수확시기는 만개시점보다 2-3주 빠르기 때문에 야간온도를 높이고 일장을 짧게 관리하면서 제때에 삽수가 준비되면 연 4기작도 가능하게 된다. 이상과 같은 국화의 성장 및 개화 모델은 국화 재배시의 기본 데이터로서 활용될 것이며, 이 데이터를 본 연구에서 개발된 원격 자동제어 시스템과 연계해 실제 운용해 본 결과 관행구에 비해 생육이 향상되었다.

제3절 제어기기의 정밀도 검정 및 소프트웨어의 성능평가

1. 서언

시설재배에서 노동생산성을 향상시키고 작물 생장의 최적화로 수량과 품질을 개선하기 위해서는 온도, 일장 등의 적절한 환경의 설정이 필요하고 이들 환경관리 시스템의 자동화와 정밀화가 필수 요건이 된다. 온실의 자동화는 설정치에 따른 구동부의 ON-OFF 제어에서부터 시설내·외부의 제반 환경요소를 복합적으로 판단하여 제어하는 단계까지 발전하고 있으며, 최근에는 보다 진전된 방식으로 환경에 대한 반응 대상물인 작물체의 생체정보까지 고려한 환경제어 방식이 시도되고 있다(고 등 1996). 화훼의 시설재배 면적은 계속 증가하여 2002년에는 노지재배 면적이 2,983ha인데 비해 시설재배 면적은 3,338ha이다. 국화 절화의 경우, 2002년 시설재배에 의한 생산액은 489억원인데 비해 노지 생산액은 65억원에 불과하다. 따라서 노동력절감 및 생력화를 위해서는 자동화 및 기계화가 절실히 요구되고 있다.

이를 위해서는 환경조절 장치와 제어시설이 필요하게 되며 이들의 정밀도 또한 확인되어져야 안정적인 운용이 가능해진다. 온실의 환경조절 시설로는 천창, 측창, 환기팬, 차광커튼, 보온커튼 등이 있으며 온실의 환경은 일반대기와 달리 비닐, 유리등의 피복자재로 밀폐된

공간이기 때문에 온도가 쉽게 상승하고 온도의 수직, 수평분포도 매우 불균일하다. 또한 식물체의 증산과 토양으로부터의 증발로 인해 쉽게 과습해지기 때문에 온실의 환경조절은 작물의 성장을 위해서는 절대 필요하다.

시설의 온도조절은 시설의 주년이용과 복합환경측면에서 다른 환경요인보다 우선시 취급되고 있다. 작물 생육에 적합한 온도를 유지하기 위해서는 저온기의 난방과 보온, 그리고 고온기의 환기, 냉방 및 차광 등이 필수적인 요소이다. 온실의 환경조절을 위한 천창, 측창, 보온커텐, 차광커텐 등은 전동모터에 의해 작동되고 이 기기들은 국가기관의 검사를 통과하여 만들어지고 판매되기 때문에 기계자체의 정밀도에는 문제가 없다. 그러나 이들 제어기기들의 작동에 의해 환경의 조절이 얼마나 정밀하게 제어되는지에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 제어기기들의 작동에 의해 온실의 온도와 습도가 정확하게 조절되는지 데이터로그를 이용해 시간별로 측정 및 저장하여 설정온도와 비교함으로써 온도제어장치(천, 측창 개폐기, 환기팬, 난방기)의 정밀도를 간접적으로 파악하였다. 그리고 개발된 제어기의 측정부와 제어부의 정밀도 검정을 위해서는 부산원예시험장 유리온실에 기기를 설치하여 정밀도를 검정하였으며, 마지막으로 본 연구에서 개발된 환경제어 포인트에 따른 환경조절과 관행재배시의 국화 절화의 상품성 차이를 구명하기 위하여 부산원예시험장 유리온실 2동에서 실제 재배실험을 통하여 제어포인트의 유효성을 검정하였다.

2. 재료 및 방법

가. 온실 환경제어를 위한 냉·난방용 제어기기의 정밀도 검정

1) 온도제어 : 자동제어 온실에서 난방시의 온도변화를 파악하기 위해, 데이터로그를 이용하여 기록하고 저장하여 설정온도와 비교하였다. 이를 통해 온도제어장치(개폐기, 환기팬, 난방기, 난방펌프)의 정밀도를 간접적으로 파악하였다.

2) 습도제어 : 난방시의 습도변화를 파악하기 위해, 데이터로그를 이용하여 24시간 동안 습도의 변화를 조사하였다. 이를 통해 습도 제어장치(환기팬)의 정밀도를 간접적으로 파악하고 온도와의 상호관계를 분석하였다.

다) 온·습도 제어장치의 작동 기준

장치	작동	기준치
^z 측창	열림	+4℃
	닫힘	+2℃
천창	열림	+1℃
	닫힘	+0.5℃
보온커튼	열림	AM8-PM5시
	닫힘	PM5-AM8시
팬	ON	+1℃
	OFF	0
순환펌프	ON	-0.4℃
	OFF	-0.3℃

^z 측창, 천창은 10초 작동 후 30초 멈춤, 조사일인 2000년12월18일 기준

나. 측정부와 제어부의 소프트웨어의 정밀도 검정

개발된 제어기의 측정부가 정확하게 동작되어야만 측정값에 따라 온실의 환경을 정확히 제어할 수 있다. 제어기기의 측정부의 정밀도 검정은 기존의 온실에서 사용되어 오랜 기간동안 검정되어진 Campbell사의 CR10X 데이터로그와의 비교를 통해 이루어졌다. 토양수분장력은 토양수분장력 측정기의 게이지의 측정값과 비교하였다. 본 연구에서 개발된 제어기와 연결된 센서 그리고 CR10X에 연결된 각 센서들은 동일한 위치에 장착하였다. 또한 모든 센서들은 온실의 중앙부에 설치하였다.

다양한 온실 환경을 측정하기 위해 24시간 동안 5분 간격으로 측정하였다. CR10X에서 수집된 환경데이터는 자체 메모리에 저장되며 10일분의 데이터가 항상 유지된다. 이렇게 메모리에 저장된 데이터는 온실내부에 설치된 CR10X와 케이블을 연결하여 다운로드받을 수 있다. 이를 위해서는 온실에 노트북을 들고 가야하는 불편함이 있다. 그러나 본 연구에서 개발된 시스템에 의하면 5분 간격으로 측정된 환경 데이터는 인터넷 망을 통해 서버의 DB에 저장되며 인터넷 망이 연결된 곳이면 어디서나 인증과정 후 데이터를 확인할 수 있다.

CR10X에 이용된 온도센서는 107 Probe이며, 개발된 보드에 이용된 온도센서는 AD592이다. 그리고 CO₂센서는 양쪽 모두 GMW20 센서를 이용하였으며, 토양수분장력측정은 SKM 850 센서를 이용하였다.

제어기의 정밀도 검정은 개발된 제어기로 온실의 환경을 제어하였을 때 설정점 제어 방법에 따라 온실의 환경요소들이 설정값에 따라 어떻게 변화하는지를 확인하였다. 그리고

타이며 및 설정 시간내의 반복제어 방법으로 수평커튼과 전조등을 제어하였을 때 정확한 시간에 제어요소의 상태가 변하는지를 검정하였다. 또한 비상시 수동으로 제어 요소들을 제어하였을 때 제어되는지도 검정하였다.

온실내부의 온도는 난방요소와 냉방요소로 제어한다. 난방요소로는 온수펌프를 이용하였고 냉방요소로는 천창과 환기팬을 이용하였다. 본 검정에서는 온실 내부의 설정 온도를 33℃, 26℃, 31℃ 그리고 26℃로 순차적으로 변화시켜 보았다. 여기서 제어요소로 온실을 제어하였을 때 온도를 높일 때와 낮출 때의 온도 변화시간이 틀리므로 난방요소와 냉방요소의 설정점을 다르게 하였다. 난방요소의 온도 설정은 32℃, 25℃, 30℃ 그리고 25℃로 하여 높일 때와 낮출 때 모두 설정 온도 보다 1℃ 낮게 설정하여 제어하였다. 냉방요소의 온도 설정은 35℃, 27℃, 33℃ 그리고 27℃로 하여 높일 때는 2℃ 높게 설정하였고 낮출 때는 1℃ 높게 설정하여 제어하였다.

온실 내부의 CO₂ 농도는 CO₂의 공급밸브로 제어하였다. 여기서는 온도 제어 방식의 경우처럼 CO₂ 농도를 줄이는 제어 요소가 없다. 그러므로 온실 내부의 CO₂ 농도를 낮출 때는 밸브를 잠그고 시간을 두고 외부로 CO₂가 설정 CO₂ 농도만큼 빠져나갈 때까지 기다린다. 이를 위해 온실 내부와 외부의 대기 공기를 순환시키기 위해 천창을 5% 정도 열어두고 CO₂ 설정점 제어를 하였다.

온실 내부 토양의 수분장력은 관수밸브로 제어하였다. 앞의 두 환경요소와 같이 토양 수분장력을 높이는 제어 요소는 없다. 그러므로 토양수분장력을 높일 때는 관수밸브를 잠그고 시간을 두고 토양내의 수분이 설정 토양수분장력이 될 때까지 기다린다.

다. 각 제어요소의 결합에 의한 소프트웨어의 성능평가

본 연구에서 선발된 각 제어요소의 결합에 의한 환경조절 소프트웨어의 성능은 부산 원예시험장의 6m×27m 유리온실 2동에서 평가하였다. 단일기 때의 야간온도는 20℃로 조절된 구와 관행의 15℃구로 하였다. 토양수분조절 실험은 야간온도를 20℃로 하고 토양수분을 -20kPa로 조절하는 구와 관행관수구(1일 1회 5L/m²관수)로 하였다. CO₂ 시용 실험은 아치형 터널을 6동 만들어 3동에는 CO₂를 1,400ppm으로 공급하고, 주간 환기설정점은 25℃로, 야간은 20℃로 설정하였다. 대조구인 나머지 3동에는 CO₂를 공급하지 않고 온도만 같이 조절하였다. 각 처리구는 90cm×450cm의 이랑에 280주씩 정식하였다. 각 환경제어 요소별 환경조절은 미국 캠벨사의 CR10X 데이터로그를 이용하였다. 환경제어 요소별 센서로 환경을 측정하고 저장하였으며, 측정된 값의 연산결과는 SDMCD16 컨트롤 모듈에서 ON, OFF 신

호를 통해 보내어지고 환경조절 요소별 처리수준에 따라 환경이 제어되도록 하였다. 온도의 측정은 AD592 온도센서를 식물체 끝 부위에 설치하여 측정하였고, 토양수분의 측정은 프랑스 SEDC사의 SKM850T 토양수분장력 센서를 지중 20cm 깊이로 토양에 넣어서 측정하였다. CO₂ 농도는 소형 비닐터널 내부에 Vaisala사의 CO₂센서를 이용하여 측정하였다. CO₂ 농도조절은 오전 8시부터 10시까지 1,400ppm을 유지하도록 제어하였으며, 1,350ppm 이하이면 전자밸브를 ON시켜 10초간 CO₂를 투입하고 CO₂농도가 1,400ppm 이상이면 전자밸브를 OFF 시켰다. 토양의 수분제어는 전자밸브를 이용하여 2시간마다 조절값의 -10% 이하이면 60초 동안 관수하여 토양수분을 조절하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 냉·난방 시설의 정밀도 검정

1) 온도제어

온도의 정밀성은 온수보일러 난방기를 사용하고 있는 온실에서 야간 10, 15, 20, 25℃, 주간 28℃로 설정한 후 시설의 정밀도를 검정하였다. 24시간 동안의 온도 변화를 조사한 결과(그림 70), 보일러의 ON-OFF에 의한 온도 편차는 야간 설정온도가 높을수록 컸다. 즉 야간 설정온도가 10℃일 때는 ±1.5℃, 15℃는 ±1.9℃, 20℃는 ±2.1℃, 25℃는 ±3.1℃였다. 이는 야간 설정온도가 높을수록 온도가 천천히 올라가고 빨리 내려가기 때문으로 생각된다. 반면, 주간 설정온도인 28℃에 도달하는 데까지의 소요 시간은 10, 15, 20℃가 약 6시간이고 25℃가 3시간 20분이었다. 이는 차가운 외부 기온 때문에 온도가 빨리 상승되지 않았음을 나타낸다. 또 주간 설정온도는 28℃에서의 유지시간이 8시간 30분이었다. 그러나 28℃에서의 실제 유지시간은 10℃ 2시간, 15℃ 2시간 50분, 20℃ 3시간 40분, 25℃ 6시간 40분이었다. 따라서, 각 온도제어장치의 작동기준은 외부기온과 원하는 설정온도에 따라 달라져야 할 것으로 판단되었다.

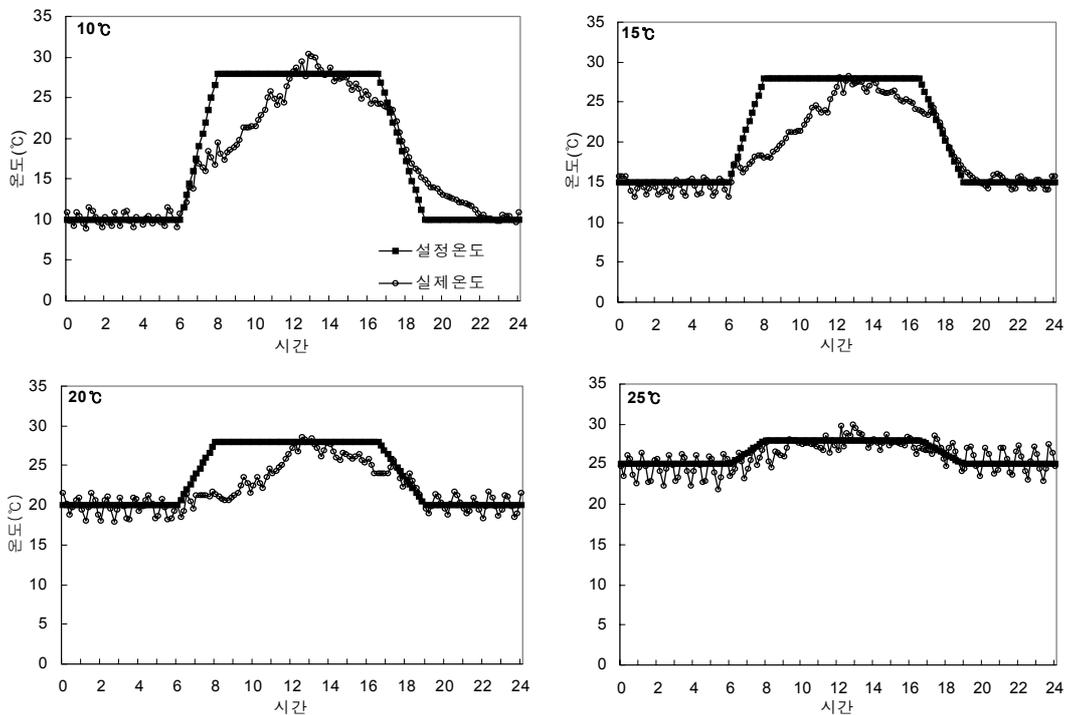


그림 70. 설정온도별 실내 온도의 변화(2000년 12월 18일)

각 처리별 온도편차를 시간대별로 12월 13일부터 23일까지 11일간 조사하였다(그림 71, 72). 그림 69의 결과와 마찬가지로 설정온도의 주·야간 온도차이가 클수록 실제온도와 편차가 컸다. 주간 온도의 최고편차는 10°C -11.3, 15°C -10.5, 20°C -8.1, 25°C +3.4°C로 온도가 높을수록 편차가 작았다. 또 편차가 0이 되기까지의 시간도 많이 소요되었다. 야간온도는 주간온도와는 반대로 25°C에서 편차가 가장 컸으며 온도가 낮을수록 편차가 작아지는 경향이였다.

외부 기상조건에 따른 온도의 변화를 조사하였다(그림 73, 74). 맑은 날의 경우는 도달시간에 차이가 있었지만 주간 설정온도인 28°C에 모두 도달하였다. 비오는 날의 경우에는 모든구에서 주간 설정온도인 28°C에 도달하지 못하였다. 그러나 야간온도는 맑은 날과 별반 차이를 보이지 않고 모든구에서 설정온도에 쉽게 도달하였다. 따라서, 외부기상에 따라 설정 온도를 달리하거나 난방방법을 개선할 필요가 있었다.

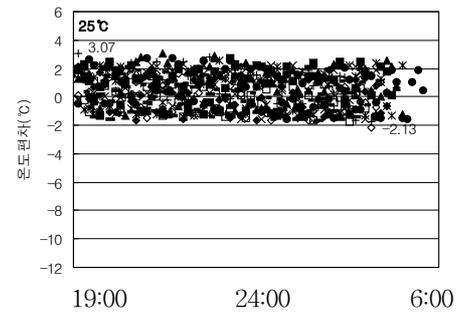
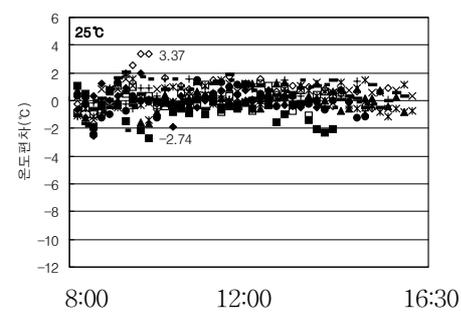
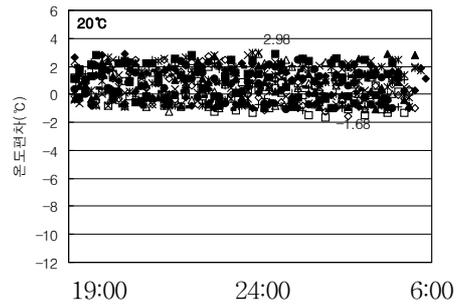
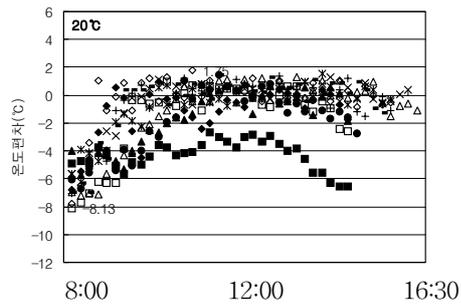
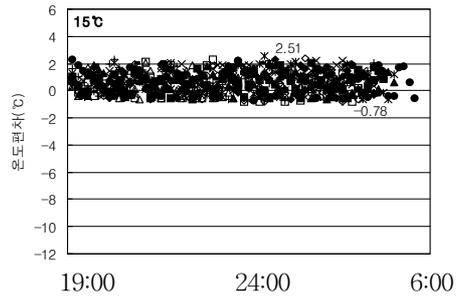
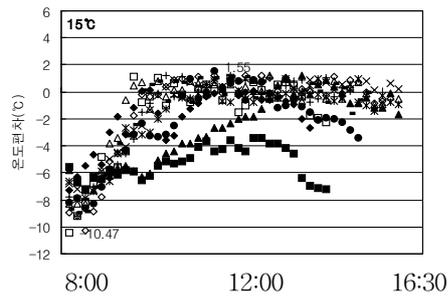
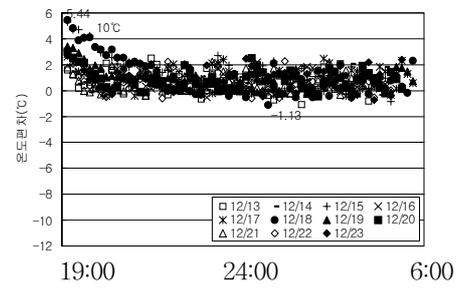
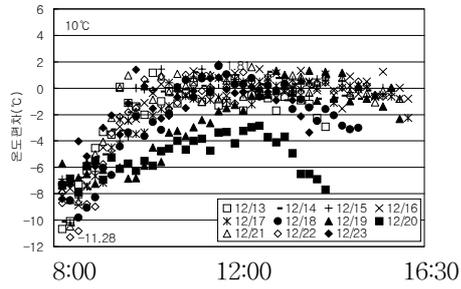


그림 71. 주간 설정온도별 온도편차

그림 72. 야간 설정온도별 온도편차

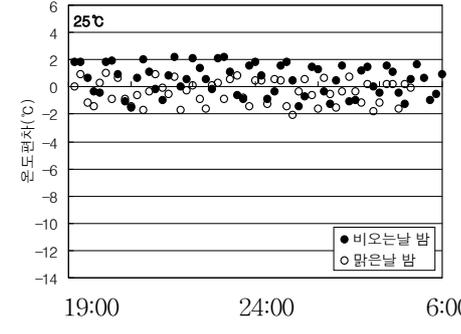
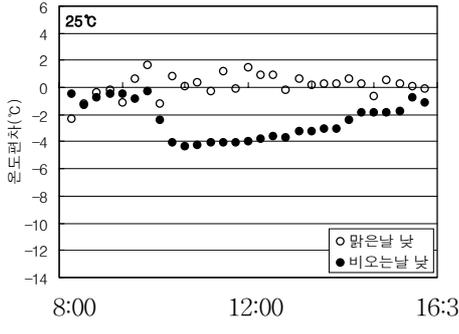
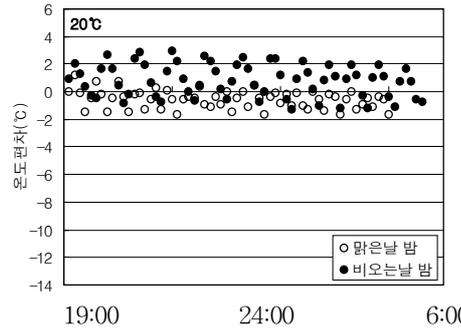
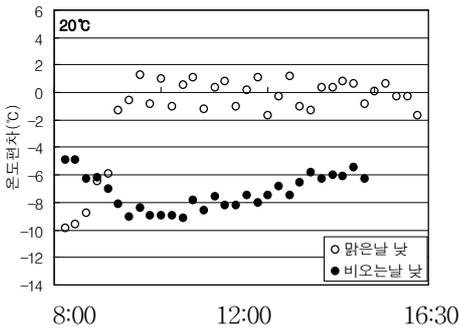
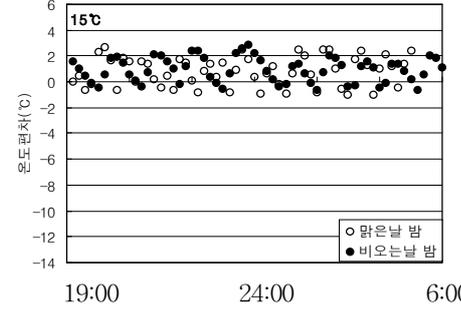
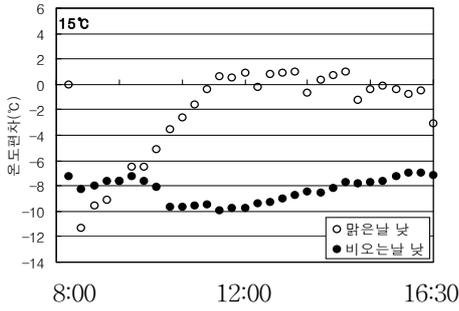
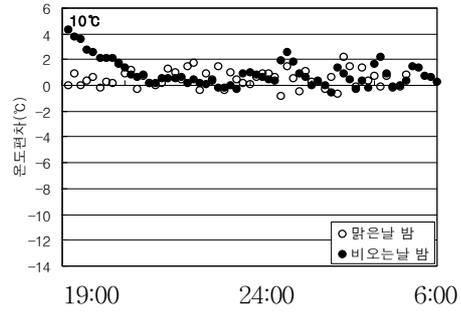
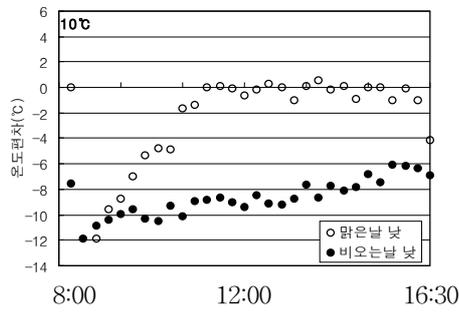


그림 73. 외부기상에 따른 주간 온도 편차의 변화

그림 74. 외부기상에 따른 야간 온도 편차의 변화

2) 상대습도제어

본 실험에 이용된 온실의 목표 상대습도는 설정되어 있지 않았으나, 온도가 달라짐에 따라 상대습도의 변화가 다양하게 나타났다(그림 75). 즉 4처리 모두 28℃로 설정되었던 구간에는 상대습도가 60%정도로 비슷한 경향을 나타내었다. 하지만 온도를 달리한 야간에는 온도가 낮을수록 상대습도가 높았다. 즉 야간온도가 10℃일 때는 80-90%, 15℃에서는 70-80%, 20℃에서는 50-70%, 25℃에서는 40-60%이었다. 대기 중 상대습도는 식물체의 증산과 직결되어 있어서 식물체내의 수분함량과 엽온을 변화시키는 요인이 된다. 또 병발생의 원인이 되기도 한다. 따라서, 온실설계 시 습도 제어장치의 설치가 반드시 필요할 것으로 본다.

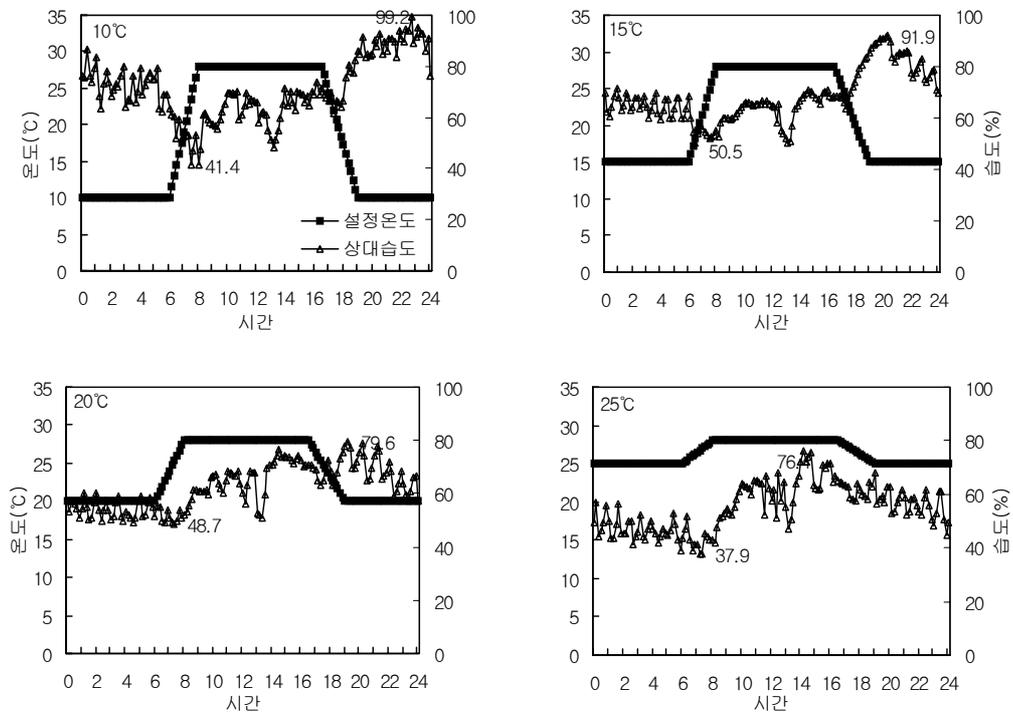


그림 75. 설정온도별 상대습도의 변화(2000년 12월 18일)

3) 유동팬의 효과

온실내의 온도는 위치에 따라 차이가 있었지만 유동팬 가동으로 온도편차가 다소 개선되었다(그림 76). 그러나 온도는 설정온도보다 주야간 모두 높아지는 방향으로 개선되었

다. 즉 유동팬 작동 전에는 식물체 부근에서 설정온도와의 편차가 야간 $-4.1 - -1.3^{\circ}\text{C}$, 주간 $-6.4 - -0.3^{\circ}\text{C}$ 이었으나, 유동팬 가동 후에는 야간 $-0.6 - +4.5^{\circ}\text{C}$, 주간 $-2^{\circ}\text{C} - +2.7^{\circ}\text{C}$ 이었다. 따라서 유동팬의 위치나 성능 등에 대한 검토가 수반되어야 할 것으로 판단되었다.

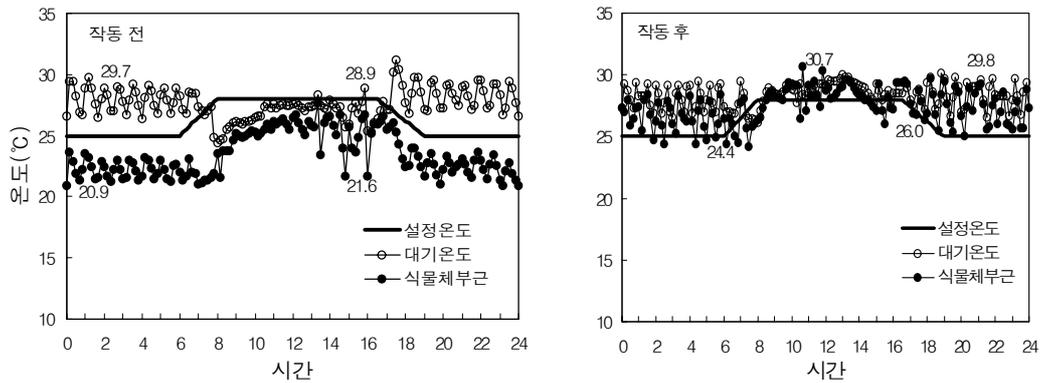


그림 76. 유동팬 작동 시의 실내온도 변화

나. 측정부와 제어부의 소프트웨어의 정밀도 검증

1) 측정부의 소프트웨어의 정밀도 검증

본 연구에서 개발된 제어기가 온도(그림 77)와 CO_2 (그림 78)를 정확하게 측정하고 있음을 나타낸다. 온도가 높아질 때, 온도가 낮아질 때 그리고 온도가 일정하게 유지될 때 모두 Campbell사의 CR10X에서 측정한 온도와 개발된 제어기의 값이 거의 같이 변화되는 것을 알 수 있다. 또한 온실내부의 CO_2 양이 높아질 때 그리고 낮아질 때 모두 Campbell사의 CR10X에서 측정한 값과 거의 같게 측정됨을 알 수 있다.

토양수분장력 측정의 정밀도 검증은 실제 토양수분장력 측정기의 측정값과 비교하여 검증하였다. 측정부에서 측정한 토양수분장력이 표나 그림으로 나타내지는 않았지만 측정기의 측정값과 거의 같게 측정됨을 확인하였다.

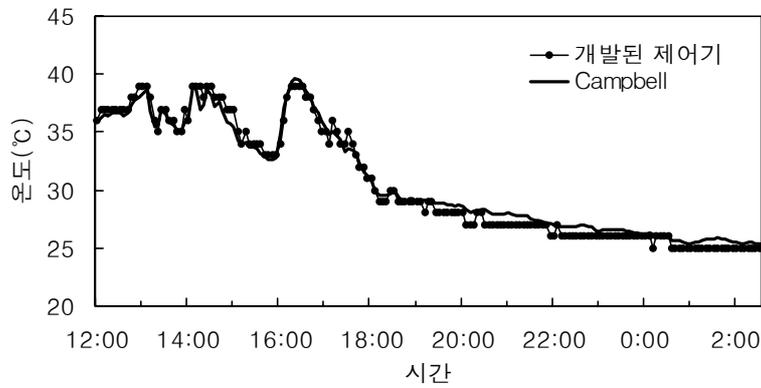


그림 77. 온도 측정의 비교

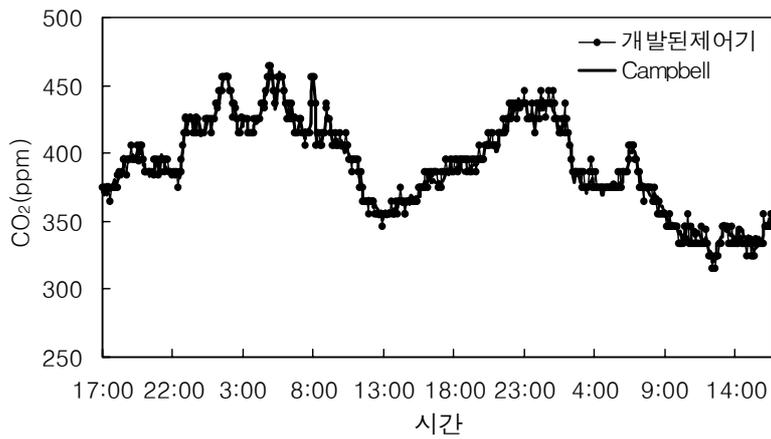


그림 78. CO₂ 측정의 비교

2) 제어부의 소프트웨어의 정밀도 검증

타이머 알고리즘으로 수평커튼을 제어하였을 때 정확한 시간에 열리고 닫히는 것을 확인할 수 있었다. 또 시간내의 반복제어 방법으로 전조등을 제어하였을 때 설정된 간격으로 정확히 켜짐/꺼짐이 반복되는 것을 확인하였다. 또한 제어기 전면의 장착된 3단 스위치를 조작하였을 때는 각 제어기기들이 자동/수동으로 조작됨을 확인하였다. 그 외에 설정점 제어방법으로 제어되는 온도, CO₂ 그리고 토양수분장력은 다음과 같이 검증하였다.

그림 79은 설정점 온도 제어를 하였을 때의 온실 내부의 온도 변화를 시간에 따라 나

타내고 있다. 33℃에서 26℃로 낮아지는 데는 40분, 26℃에서 31℃로 높아지는 데는 60분 그리고 31℃에서 26℃으로 낮아지는 데는 20분이 소요되었지만 온도제어가 비교적 잘 이루어지고 있었다. 온도를 낮출 때 보다 높일 때 더 많은 시간이 소요됨을 알 수 있다.

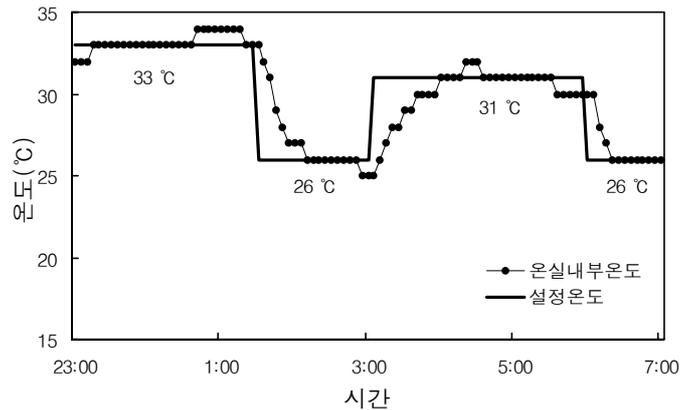


그림 79. 온도의 설정점 제어를 적용했을 때의 온도변화

그림 80는 CO₂를 설정점 제어하였을 때 온실 내부에서 일어나는 CO₂의 농도 변화를 시간에 따라 나타낸 것이다. 공급하는 CO₂의 압력을 4(kg/cm²)로 하였을 경우, 1,600ppm에서 1,300ppm으로 낮아지는데 18분, 1,300ppm에서 900ppm으로 낮아지는데 26분, 그리고 900ppm에서 400ppm으로 낮아지는데 37분이 소요되었지만 CO₂의 제어가 비교적 잘 이루어지고 있었다. CO₂의 농도 설정점이 1,600ppm과 1,300ppm일 때 제어가 가장 잘 됨을 알 수 있다. 그러나 CO₂의 농도 설정점이 400ppm일 때는 변화의 폭이 심했다. 이러한 현상은 CO₂ 공급시의 압력과 주입 시간이 고농도 제어에 적합하게 설정되어 있기 때문으로 생각된다. 따라서 CO₂를 저농도로 제어하기 위해서는 짧은 시간 동안 그리고 저압력으로 주입할 필요가 있다.

그림 81은 CO₂의 설정점을 400ppm, 500ppm 그리고 450ppm의 저농도를 순차적으로 변화시키기 위해, 각 구간에서 380ppm, 480ppm 그리고 430ppm 보다 낮을 때 CO₂ 밸브를 설정점 제어 방법에 따라 제어하였다. 그리고 한번 분출시 5초 동안 CO₂ 밸브를 열어 CO₂ 가스를 분출하고 2분 동안 기다린 후 다시 측정하도록 하였다. 그림에서와 같이 500ppm에 도달하는 데까지 다소 시간이 소요되었지만 거의 정확하게 제어되었다.

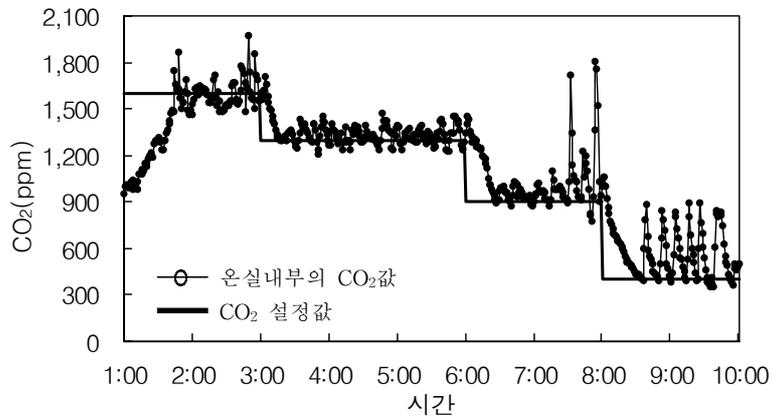


그림 80. CO₂의 설정점 제어를 했을 때의 농도 변화 (I)

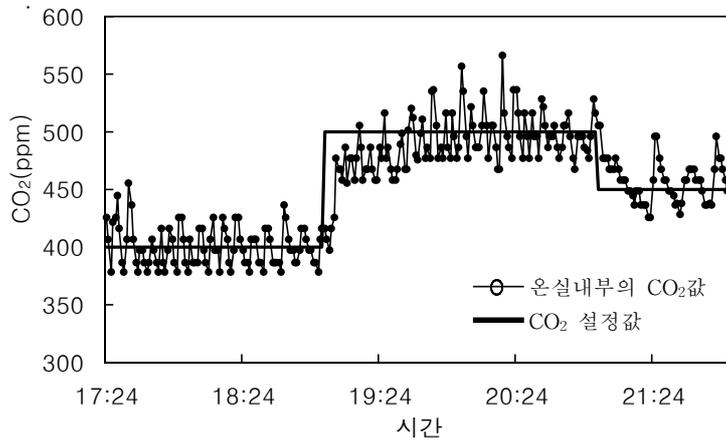


그림 81. CO₂의 설정점 제어를 했을 때의 농도 변화 (II)

그림 81은 토양수분 설정점 제어를 하였을 때의 토양수분장력의 변화를 시간에 따라 나타낸 것이다. 온실 내부의 토양수분장력을 -10kPa 로 설정하기 위해 -12kPa 보다 낮을 때 관수 밸브를 설정점 제어 방법에 따라 제어하였다. 그리고 한번 분출시 30초 동안 관수 밸브를 열어 관수하고 30분 동안 기다린 후 다시 측정하도록 하였다. 그림 82의 초반부에는 오버슈터가 발생하여 -7kPa 까지 높아지지만 5시간정도 흐른 후에는 안정되었다.

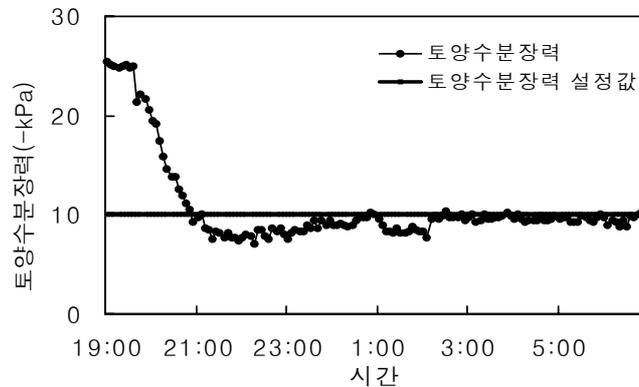


그림 82. 토양수분 설정점 제어를 적용했을 때의 토양수분장력의 변화

다. 각 제어요소의 결합에 의한 소프트웨어의 성능평가

생식성장기때의 평균온도는 주간 25℃, 야간 20℃로 설정하였으며, 이 처리구는 온도조절 개선구라고 하였다. 관행의 주간 수동환기와 야간 15℃ 조절구의 온도는 온도조절개선구보다 낮은 온도가 낮았다(그림 83).

토양수분 관리방법에 따른 일중 토양수분장력의 변화는 토양수분장력을 -20kPa로 관리한 구는 일중 토양수분장력의 변화가 크지 않았다(그림 84). 그러나 오후에는 -20kPa 보다 약간 낮았고 야간에는 약간 높게 유지되었으나 비교적 토양수분상태의 조절이 용이하였다. 하루 1회 다관수하는 관행 관수의 경우 오전 8시부터 10시까지 6회에 걸쳐 5L/m²/day를 관수하면 관수 종료 2시간 후인 12시경의 토양수분장력이 -5kPa이상으로 높아졌으며 이후 -8kPa까지 낮아졌다. 그러나 상당히 습한 상태가 유지되었다.

CO₂ 시용에 따른 터널내부의 CO₂ 농도의 일변화는 그림 85와 같다. CO₂ 시용구는 처리시간인 오전 8시에서 10사이에는 처리농도인 1,400ppm을 유지하였지만 이후 400ppm 가까이 농도가 낮아졌으나 일몰 이후 다시 상승하여 800ppm까지 상승하다 자정을 넘어서면서 CO₂ 무시용구와 농도가 비슷하여 졌다. CO₂ 무시용구의 CO₂ 농도의 일변화는 일출후 급격히 CO₂ 농도가 낮아져 오후 1시30분에는 311.7ppm으로 최저점까지 떨어졌으며, 이후 일몰 직전까지는 조금씩 상승하다 일몰이후 급속히 증가하여 오후 9시30분경에는 709.5ppm까지 상승하여 밤사이 그 농도를 유지하다 일출 후 다시 급속히 떨어지는 양상을 보였다.

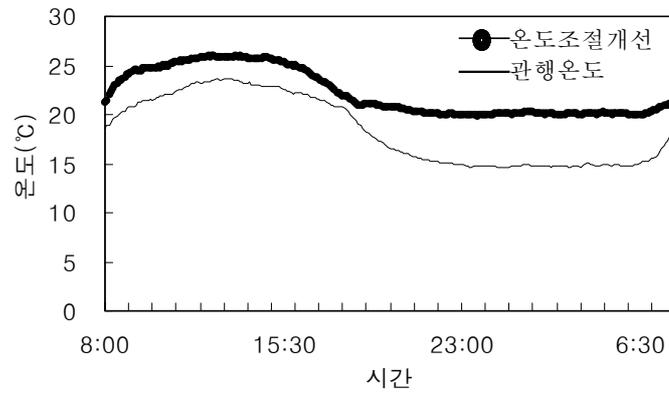


그림 83. 생식성장기때의 일중 평균온도의 변화

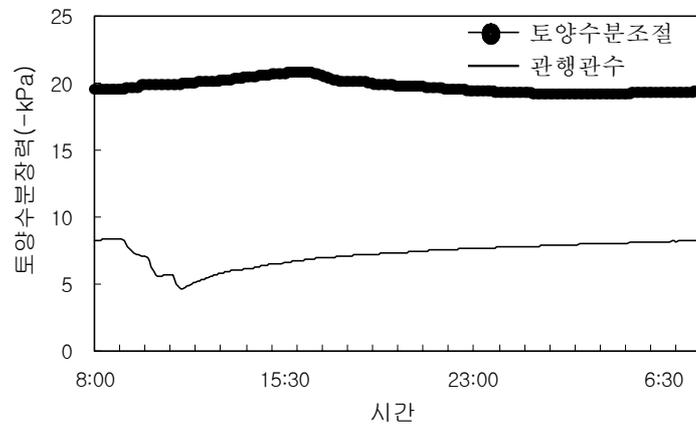


그림 84. 토양수분 관리방법에 따른 일중 토양수분장력의 변화

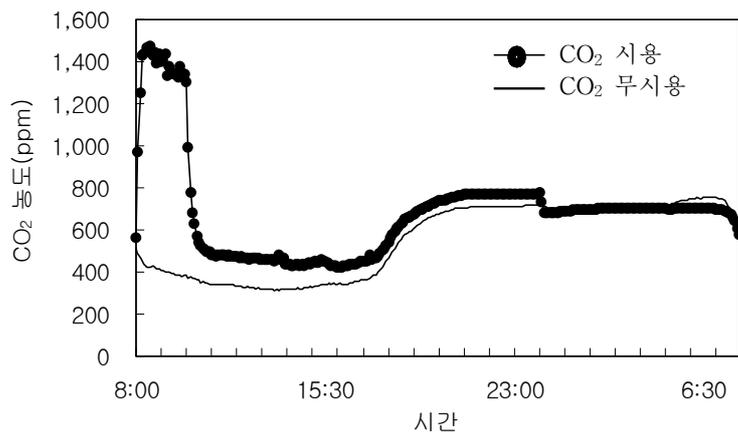


그림 85. CO₂ 시용에 따른 터널내의 일중 CO₂ 농도의 변화

환경제어 요소별 초장의 변화를 조사한 결과(그림 86), 주간온도를 25℃로 하고 야간온도를 20℃로 조절한 구는 주간온도 25℃, 야간온도 15℃로한 구에 비하여 초장의 신장이 크게 촉진되었으며, 정식 9주후의 초장은 25cm나 차이가 났다. 관수조절구는 관행관수구에 비해 초장이 신장되었으나 큰 차이는 없었다. CO₂ 시용과 무시용구에서의 초장은 비슷하였다.

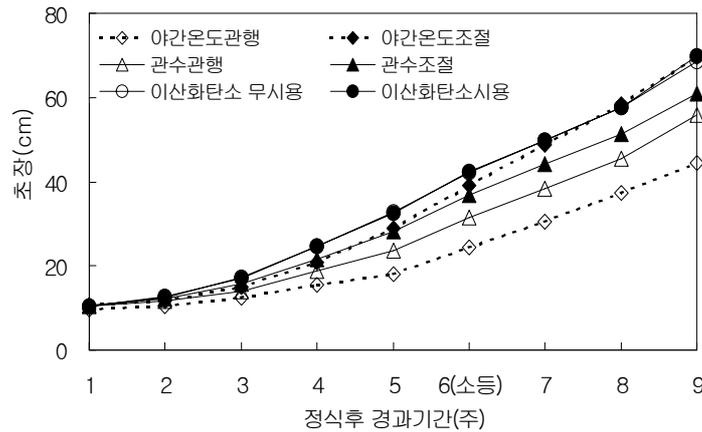


그림 86. 환경제어 요소별 초장의 변화

환경조절 요소 및 수준에 따른 개화소요일수를 조사한 결과(그림 87), 단일기 이후의 야간온도를 20℃로 관리한 구에서는 관행의 온도관리 구보다 개화소요일수가 14.9일 단축되었다. 토양수분에 따른 개화소요일수는 큰 차이를 나타내지 못하였다. CO₂ 시용에 따른 개화소요일수의 차이는 시용구가 무시용구에 비하여 2.6일 단축되었다. 이는 환경조절 요소중 온도를 적온으로 조절하였을 경우 개화소요일수의 단축이 가장 컸으며, CO₂의 시용에 의해서도 개화소요일수를 다소 단축시킬 수 있었다. 온도와 CO₂를 동시에 조절하면 개화소요일수 단축에 시너지 효과가 있을 것으로 생각된다.

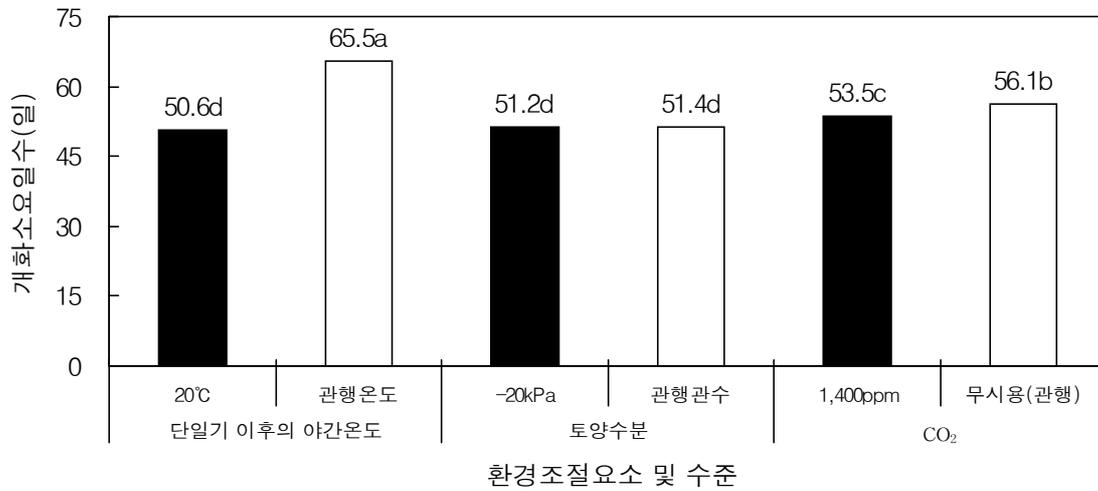


그림 87. 환경조절 요소 및 수준에 따른 개화소요일수의 차이

환경조절 요소 및 처리별 절화의 상품성은 표 35와 같다. 절화장은 야간온도에 따른 차이가 거의 없었으며, 토양수분은 적습 관리한 구에서 3.3cm 길었으며, CO₂ 무시용구에서 절화장이 약간 긴 편이었다. CO₂ 무시용구에서 절화장이 긴 것은 좁은 터널내에서 실험을 하였고 개화소요일수가 길었기 때문으로 판단되었다. 절화중은 모든 환경조절요소 처리 내에서는 차이가 인정되지 않았다. 화중은 온도처리내에서는 개화소요일수가 긴 관행온도 조절구에서 화중이 무거웠으며, 다른 환경조절 요소내의 처리간에는 큰 차이가 없었다. 화폭은 관행온도 조절구에서 컸으며 온도조절구보다 넓었다. 이는 개화소요일수의 증가에 따른 것으로 판단되었다. 또한 CO₂의 경우에도 개화소요일수가 조금 긴 무시용구에서 화폭이 더 컸다. 설상화수의 경우 CO₂ 시용구에서 많았으며, 단일기의 야온을 20°C로 관리한 구에서는 설상화수가 관행의 온도구보다 많았다. 이는 적온하에서 화아의 발달이 설상화쪽으로 많이 기울어 진다는 것을 생각해 볼 수 있을 것이다. 꽃목길이를 조사한 결과 개화소요일수가 길수록 꽃목의 길이가 길어졌는데, 적온구는 관행구보다 3cm 짧았으며, CO₂ 시용구는 무시용구에 비하여 1.8cm 짧아졌다. 이는 개화에 돌입하는 시점이 적은 조절구나 CO₂ 시용구에 비하여 늦어지는 결과로 판단되었다. 즉, 개화소요일수가 짧은 처리구는 관행의 대비구에 비하여 화중, 화폭, 꽃목길이의 수치는 높게 나타났으나 설상화수가 적어지는 경향이였다.

표 35. 환경조절 요소 및 처리별 절화상품성

구 분	처리내용	절화장 (cm)	절화중 (g)	화중 (g)	화폭 (cm)	설상화수 (개)	꽃목길이 (cm)
야간온도 ^y	20℃	73.3bc	58.6a	18.9b	11.8bc	203bc	2.0c
	15℃(관행)	73.5bc	68.0a	25.3a	14.5a	185c	5.3a
토양수분	-20kPa	66.0cd	46.4b	17.1bc	11.7bc	216ab	2.1c
	관행관수	62.7d	43.1b	17.6bc	11.8bc	217ab	2.2c
CO ₂ ^x	1400ppm	80.6ab	44.2b	15.7c	11.3c	233a	3.6b
	무시용(관행)	84.4a ^Z	42.3b	16.0c	12.0b	218ab	5.4a

^Z DMRT 0.05, ^y 화아분화 유기기 이후의 야간온도, ^x 오전 8시-10시사이의 이산화탄소 농도

환경조절 요소 및 처리별 잎의 특성은 표 36와 같다. 엽수는 CO₂의 시용 또는 무시용구에서 다른 환경조절요소 처리구보다 많았다. 이는 CO₂ 실험을 위하여 제작된 비닐터널과 온실 환경의 차이 때문으로 보여진다. 엽중과 엽면적은 야간온도 20℃구와 관행온도구에서 다른 환경조절요소별 처리구에서 보다 높게 나타났으나, 각 환경조절 요소내에서는 통계적인 유의성이 인정되지 않았다.

환경조절 요소별 결합에 따른 국화 ‘수방력’의 상품성의 향상을 보면 표 37과 같다. 야간온도, 토양수분, CO₂ 처리에 의한 10a당 개화소요일수 단축에 따른 이익 299,290원/작기, 경영비 감소에 따른 이익 163,210원/작기, 초장감소에 따른 손실 136,083원/작기로, 환경조절과 개선에 따른 이익은 326,420원/작기이다. 결과적으로 연간 3기작을 기준으로 했을 때 환경개선에 따른 연간 10a당 이익은 979,260원이다.

표 36. 환경조절 요소 및 처리별 잎의 특성

구 분	처리내용	엽 수 (개/주)	엽중(g/주)			엽중(mg)		엽면적(cm ²)	
			생체중	건물중	건물률 (%)	생체중	건물중	주당	엽당
야간온도 ^y	20℃	30.5b ^Z	40.9a	5.07a	12.4	1,338a	166a	1,103ab	36.1a
	15℃(관행)	31.4b	44.2a	4.86ab	11.0	1,413a	155a	1,145a	36.6a
토양수분	-20kPa	32.0b	32.2b	4.60ab	14.3	1,010b	144ab	938bc	29.4b
	-5kPa(관행)	31.9b	29.6b	4.00b	13.5	933bc	126bc	835c	26.3bc
CO ₂	1,400ppm ^x	37.1a	29.4b	4.38ab	14.9	797bc	119c	906c	24.5bc
	무시용(관행)	36.5a	26.8b	3.97b	14.8	734c	109c	835c	22.9c

^Z DMRT 0.05, ^y 단일기의 야간온도, ^x 오전 8시-10시사이의 CO₂ 농도

표 37. 환경조절 요소의 결합에 의한 절화의 상품성 향상

구 분 (개선구-관행구)	절화장(cm)	절화가격차이 (원/10a)	개화소요일수 단축(일)	재배기간에 따른 생산비 차이	경영이익
야간온도	-0.2	-38,880	14.9	257,770	218,890
토양수분	3.3	652,320	-0.2	-3,460	648,860
CO ₂	-3.8	-749,520	2.6	44,980	-704,540
계	-0.7	-136,080	17.3	299,290	163,210

* 1속 가격 : 4,569원, 40-90cm의 cm단위 등급분할(91.38원/cm), 10a기준 수확량 : 2,160속, 농약비 335천원, 대농구상각비: 448천원, 영농시설 상각비: 970천원, 소농구비 : 11천원, 수리비 : 90천원, 임차료 : 226천원, 재배기간 변화에 의한 생산비 변화 항목계: 2,080천원(1작기 120일 기준, 1일당 : 17.3천원)

제4절 경제성 분석

1. 서언

소득의 증대와 생활수준의 향상으로 화훼류의 수요는 크게 증가하고 있다. 더욱이 대도시 건물의 고층화 및 밀집화 등으로 푸르름에 대한 욕구와 관심이 높아짐에 따라 화훼의 수요는 급격히 증가하고 있으며, 수출 또한 매년 증가 추세에 있다.

국화의 경우, 2002년의 생산액은 554억원으로 1992년 240억원과 비교해 2.3배 증가하였으며, 동기간의 수출액은 0.2만 달러에서 718만달러로 엄청나게 증가하였다. 최근 10년간 화훼류 수출의 연평균 성장률은 1.3%인데 비하여 국화는 무려 359%의 높은 성장률을 나타내었다. 이는 지리적으로 가까운 일본시장이 입지하고 있기 때문이다. 이 같은 점을 감안해보면 1995년 세계무역기구(WTO) 체제의 출범과 함께 무한 경쟁시대를 맞아 어려움을 겪고 있는 농촌경제의 활성화에 국화는 매우 중요한 작물이라 할 수 있다.

그러나 농업인구의 감소와 노령화로 실제 일할 수 있는 농촌인구는 계속 감소하고 있는 실정이다(표 38). 이러한 농촌현실로 시설 국화의 노동생산성은 1995년 이후 감소 추세에 있으며 소득률 또한 경영비의 상승으로 크게 감소하고 있다. 따라서 농가의 소득을 증대시키기 위해서는 경영 개선뿐만 아니라 생력화를 위한 자동화 및 기계화가 시급한 실정이다.

표 38. 한국의 연도별 인구의 변화추이

연도	인구(만명)		
	도시	농촌	계
1980	2,729(71.6)	1,083(28.4)	3,812(100)
1985	3,229	852	4,081
1990	3,621	666	4,287
1995	4,021	485	4,509
2000	4,298	403	4,701
2001	4,341	393	4,734
2002	4,405(92.5)	359(7.5)	4,764(100)

자료 : 농림부, () 안의 수치는 구성비임

여기에서는 상기와 같은 문제의식 하에서 국화의 소비실태, 생산동향, 가격동향, 온실자 동화장치에 대한 자료를 통하여 생산 및 유통현황을 파악하는 동시에 본 연구에서 개발된 원격 자동제어 시스템에 의한 노동력절감 효과와 상품성을 평가하고 경제성을 분석하여 농가보급 가능성을 검토하고자 하였다.

2. 분석방법

경제성 분석은 기 발표된 통계자료와 문헌을 통한 정성 및 부분예산분석 방법을 이용하였으며 상세한 내용은 다음과 같다

가. 통계자료

통계자료는 농림부의 공식통계인 화훼재배현황, 농림수산주요통계와 농산물유통공사의 주요농산물 소비패턴 분석자료, 인터넷자료(www.maf.go.kr, www.rda.go.kr)를 활용하였다.

나. 문헌 및 참고자료

문헌과 참고자료는 주로 국내외의 화훼관련 서적, 농림부 연구보고서(고 등. 1996), 국내 전문학술지 그리고 농촌진흥청 농업경영 자료 등을 활용하였다.

다. 노동력 절감 계산

원격자동제어에 의한 노동력 절감 효과를 계산하기 위해 시설국화의 작업별 노동력 투하시간 중 물주기 19.1시간과 하우스관리 43.8시간을 1작기 120일로 나눈 0.5시간을 1일 노동력 절감 시간으로 하였다. 온실방문 회수절감은 일반적인 온실에 관리자가 아침, 저녁으로 천창, 측창등의 개폐 및 관수 등의 환경관리로 최소 2회 이상 방문하여야되므로 방문회수의 절감을 경제적으로 환산하였다. 온실까지의 왕복시간은 거리가 멀수록 원격자동시스템의 경제적인 효과는 커지며 여기에서는 온실까지의 왕복시간을 30분으로 하였다. 왕복시의 소요되는 경비는 경유차로 1일 2회 왕복할 경우, 경유 1L가 소비되며 유가는 700원/L으로 가정하였다. 시간당 임금의 계산은 2001년도 남녀 노임단가의 평균치로 하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 소비실태

2002년의 1일당 GNI는 10,013달러로 1980년의 1,598달러에 비해 6.2배 증가하였으나, 1인당 꽃소비액은 동기간 531원에서 15,148원으로 28.5배나 증가하였다(표 39). 최근의 경기침체에도 불구하고 꽃소비는 증가 추세에 있으며, 꽃소비의 증가추세는 세계적인 현상이기도 하기 때문에 앞으로도 계속될 전망이다.

표 39. 한국의 1인당 GNI 및 꽃 소비액의 변화추이

연도	GNI(달러)	1인당 꽃소비액(원)
1980	1,598	531
1985	2,229	1,823
1990	5,883	5,646
1995	10,823	11,462
2000	9,628	13,861
2001	8,900	14,714
2002	10,013	15,148

자료 : 농림부

화훼류의 구입은 표 40에서와 같이 대부분 동네 꽃가게(72.0%)에서 이루어지고 있으며 그 다음은 도매시장, 인터넷/전화 꽃배달 순이었다. 절화류의 1회 구입량은 장미, 국화, 숙근안개초 순으로 많으며, 연간 구입량은 장미 13.1속, 숙근안개초 12.0속, 국화 10.7속이며 다음

은 튜립, 백합, 글라디올러스, 카네이션 순으로 많았다(표 41). 연간 구입회수는 장미 4.1회, 숙근안개초 4.0회, 국화 3.5회이며 다음은 백합, 글라디올러스, 튜립, 카네이션 순이었다(표 42). 계절별 꽃의 선호도를 보면(표 43), 봄에는 장미(55.5%)와 카네이션(16.8%)이, 여름에는 장미(49.5%)와 백합(13.1%)이, 가을에는 국화(59.6%)와 장미(11.5%)가 그리고 겨울에는 장미(29.7%)와 숙근안개초(28.5%)를 선호하였다. 장미는 연중 인기가 있었으며, 국화의 연평균 선호도는 장미에 이어 2위이지만 가을에 특히 인기가 있었다. 국화의 화색은 황/백색, 황색, 백색, 적색, 핑크색 순으로 인기가 높았다(표 44).

이상에서와 같이 국화는 연중 구입량과 구입회수가 많고 선호도도 높아 고품질의 절화와 다양한 화색과 화형으로 소비자의 욕구를 충족시킨다면 국화의 소비량은 계속 증가할 것이다.

표 40. 화훼류의 구입처, 2002

(단위 : %)

동네 꽃가게	도매시장	인터넷/전화 꽃배달	노점상/ 가관점	재배농가	기타	계
72.0	9.4	9.3	5.6	2.1	1.6	100.0

자료 : 농산물유통공사 2002 주요농산물 소비패턴 조사분석(과실류 화훼류)

표 41. 절화류의 품목별 구입량, 2002

(단위 :束)

구분	장미	숙근 안개초	국화	튤립	백합	글라디올러스	카네이션
1회 구입	3.4	2.7	3.1	2.3	1.9	1.8	2.3
연간 구입	13.1	12.0	10.7	6.7	5.9	5.5	4.3

자료 : 농산물유통공사, 2002 주요농산물 소비패턴 조사분석(과실류 화훼류)

※ 속당 수량 : 장미 20, 국화(대국) 10, 국화(소국) 20, 백합(외대) 20, 백합(쌍대) 10, 카네이션 20, 튤립 20, 글라디올러스 20송이, 숙근안개초 1묶음

표 42. 절화류의 품목별 연간 구입횟수, 2002

구분	장미	숙근 안개초	국화	백합	글라디 올러스	튤립	카네 이션
횟수(회)	4.1	4.0	3.5	2.7	2.6	2.4	2.0

자료 : 농산물유통공사, 2002 주요농산물 소비패턴 조사분석(과실류 화훼류)

표 43. 절화류의 계절별 선호도, 2002

(단위 : %)

구 분	장미	국화	숙근 안개초	백합	카네 이션	튤립	글라디 올러스	기타	계
봄	55.5	3.1	5.4	4.2	16.8	9.7	1.2	4.1	100.0
여름	49.2	8.6	8.6	13.1	9.7	4.5	3.3	3.0	100.0
가을	11.5	59.5	5.4	9.5	2.8	7.5	2.2	1.6	100.0
겨울	29.7	9.0	28.5	9.0	2.5	5.4	2.8	13.1	100.0
평균	36.5	20.1	12.0	9.0	8.0	6.8	2.4	5.5	100.0

자료 : 농산물유통공사

표 44. 국화꽃 색깔의 선호도, 2002

황/백색	황색	백색	적색	핑크	계
29.4	26.3	24.1	12.1	8.1	100.0

자료 : 농산물유통공사

나. 생산동향

국화는 세계시장 뿐만 아니라 국내시장에서도 중요한 화훼작물이다. 국화 절화의 생산은 2001년까지 순조롭게 증가하여 왔으나 2002년에는 전년도에 비해 다소 감소하였다. 2002년의 국화 절화의 생산면적, 수량, 금액은 각각 678ha, 4.19억 송이, 554억원이다(표 45).

표 45. 국화의 연도별 생산동향

구분	1990	1995	2000	2001	2002
면적(ha)	287	658	732	751	678
수량(백만본)	139	380	427	459	419
금액(억원)	125	456	562	588	554

자료 : 농림부, 화훼재배현황

다. 가격동향

중대륜국의 절화 가격은 증가 추세에 있다(표 46). 2002년도의 연평균 가격은 송이당 317원으로 2000년 대비 64% 상승하였다. 최근 11년간의 평균가격은 송이당 228원이지만 월별 가격차가 크다. 2002년의 경우, 월별 가격은 1-5월 특히 3-4월이 높고 6-12월 특히 7-8월이 낮은 편이다.

주 수출 대상국인 일본과 도매단가를 비교해보면(표 47), 1999년에서 2001년까지의 3년간 평균 도매단가는 일본이 2.6배 더 높았다. 특히 한국의 가격이 낮은 7-8월에는 3.7-3.9배나 차이가 났다. 그러나 일본에서는 국화 절화의 도매단가가 1991년 61엔에서 2001년 48엔으로 계속 하락하고 있다(표 48). 이 추세는 앞으로도 계속 될 전망이다. 따라서 고품질의 절화를 값싸게 생산할 수만 있다면 대일 수출은 계속 증가할 것으로 생각된다.

표 46. 중대륜국의 월별 가격

(단위 : 상품기준, 원/20본)

연도	월												평균
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1992	3,411	4,467	4,047	4,746	5,167	2,900	1,692	3,045	2,690	1,721	2,029	2,799	3,226
1993	5,284	6,065	8,351	4,383	3,225	3,721	3,836	2,256	3,250	4,146	3,671	5,638	4,486
1994	4,892	4,770	5,267	5,300	5,604	4,123	4,292	6,506	5,453	2,600	2,212	2,761	4,482
1995	2,940	3,780	4,811	4,563	4,025	4,010	3,787	3,146	6,652	4,375	4,365	4,525	4,248
1996	5,721	7,405	8,125	7,896	6,667	5,515	4,600	3,146	3,821	4,117	3,488	5,250	5,479
1997	6,050	7,600	8,063	7,833	6,138	3,105	3,244	3,646	4,646	3,475	3,485	2,422	4,976
1998	4,331	4,300	4,587	4,775	5,250	3,938	3,546	4,633	3,707	3,208	3,892	4,582	4,229
1999	4,521	5,484	6,238	4,746	3,725	2,410	1,673	2,050	3,334	3,631	3,554	4,725	3,841
2000	5,938	4,816	3,471	3,475	4,188	5,729	3,499	2,150	3,425	3,742	2,734	2,588	3,853
2001	4,025	6,625	10,725	9,521	5,208	4,491	2,841	4,510	3,590	2,958	3,180	3,537	5,101
2002	3,691	6,914	8,821	10,975	8,104	4,437	2,421	3,521	6,781	7,604	5,900	6,862	6,336
평균	4,283	5,657	6,591	6,201	5,209	4,034	3,221	3,510	4,304	3,780	3,501	4,154	4,569

자료 : 농산물유통공사

표 47. 한국과 일본의 중대륜국의 월별 평균도매단가 비교(1999-2001).

(단위 : 원/20송이)

국가	월												평균
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
한국(A)	4,551	6,118	7,672	7,990	5,833	4,886	2,920	3,394	4,599	4,768	3,938	4,329	5,097
일본(B)	17,597 ^z	17,168	15,237	12,018	10,515	10,945	10,945	13,091	12,876	12,018	11,588	14,378	13,091
B/A	3.9	2.8	2.0	1.5	1.8	2.2	3.7	3.9	2.8	2.5	2.9	3.3	2.6

^z 환율은 100엔 = 1,073원(1999-2001년의 평균환율)을 적용하여 계산

자료 : 농산물유통공사, 농림수산성 화훼유통통계

표 48. 일본에서의 연도별 국화 절화의 도매단가 추이

도매단가	연도						
	1991	1996	1997	1998	1999	2000	2001
¥/송이	61	51	55	62	54	48	48

라. 온실의 자동화 장치

온실의 환경을 조절하기 위해서는 조절대상에 따라 여러 가지 설비가 필요하다(표 48). 온도의 경우는 난방기, 천창, 측창, 환기팬, 보온커텐 등의 설비가 필요하고, 습도는 천창, 측창, 난방기등의 설비가 필요하며, CO₂ 공급, 관수, 차광을 위해서는 액화CO₂, CO₂ 조절장치, 관수시설, 차광커텐 등이 필요하다.

표 49. 온실의 환경조절을 위한 제어 설비

환경조절대상	계측요소	제어설비 및 기구
온도	실내온도	난방기, 천창, 측창, 환기팬, 보온커텐
습도	실내습도	천창, 측창, 난방기
CO ₂	CO ₂ 농도	액화 CO ₂ , CO ₂ 조절장치
관수	토양수분	관수시설
차광	일사량, 실내온도	차광커텐

제어장치들을 제어하기 위해서는 각 요소마다 설치된 장치에 따라 제어 방법이 달라진다 (표 50). 기초적인 제어는 수동에 의한 조절이고 전동모터와 on/off 또는 정/off/역의 스위치로 조절하는 방법, 전동모터와 타이머를 이용한 조절, 전동모터와 제어 프로그램으로 조절하는 방법 등이 있다. 수동제어는 노력과 시간이 많이 걸리며, 전동모터와 스위치, 타이머 또는 제어프로그램을 이용할 경우는 수동에 비해 노력과 시간이 월등히 줄어든다. 그러나 자동제어를 위해서는 여러 가지 제어 장치를 설치해야 하므로 수동제어보다 시설투자비가 많이 든다.

표 50. 환경제어 방식

수동제어	기계제어	자동제어
<ul style="list-style-type: none"> -사람이 환경을 감지하고 판단하여 난방기, 환기창, 보온커튼 등을 조작 -대부분의 영세농가 -관리자 상주 -장치비 저렴 	<ul style="list-style-type: none"> -센서를 이용해 환경을 측정하고 설정된 환경조절기준과 비교하여 작동기를 자동조절. 온도 조절식 온풍기, 타이머 부착식 보온커튼 -환경기준의 수시 변동 설정이 어렵다. -수동제어보다 정밀한 제어와 관리노력이 절감 	<ul style="list-style-type: none"> -최적환경조건을 정보화하여 제어기준을 설정하고 센서를 통해 측정된 값이 제어기준과 일치하도록 제어기를 통해 작동기를 구동 -관리자가 필요하지 않음 -장치비 많이 듦 -대단위 하우스나 고급시설에 도입 -고품질, 생력화 가능

마. 경제성분석

시설국화의 소득률은 표 51에서와 같이 계속 감소하고 있다. 이는 1995년 이후 경영비의 비중이 높아졌기 때문이다. 2001년에는 10a당 경영비가 560만원으로 1995년에 비해 2.1배 증가하였으며 조수입에 대한 비율도 60.8%로 매우 높다.

2001년의 경영비를 1995년과 비교하면 종묘비 2.5배, 무기질비료비 3.3배, 유기질비료비 1.3배, 농약비 3.2배, 광열동력비 3.0배, 제재료비 1.4배, 대농구상각비 2.0배, 영농시설상각비 3.0배, 수리비 1.6배, 임차료 4.4배, 고용노력비 1.4배가 상승하였다. 특히 무기질비료비, 농약비, 광열동력비, 영농시설상각비, 임차료는 3배 이상 증가하였다. 이로 인해 소득은 1995년 629만원에서 2001년 361만원으로 57.4%나 감소하였으며 소득율도 70.5%에서 39.2%로 감소하였다.

표 51. 시설국화의 연도별, 비목별 소득액 추이(1기작/10a)

(단위 : 천원)

비목별	연도								
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001		
조수입	주산물가액	8,925	9,929	8,513	8,270	9,942	8,712	9,209	
경영비	종묘비	336	868	784	739	1,003	877	825	
	무기질비료비	32	42	45	55	75	73	106	
	유기질비료비	160	194	197	208	229	213	207	
	농약비	112	140	162	207	250	308	355	
	광열동력비	289	394	616	684	977	931	869	
	중수리(水利)비	2	1	1	1	6	1	1	
	간제재료비	459	570	538	618	642	659	661	
	비	소농구비	5	5	4	13	7	12	11
	대농구상각비	223	135	297	313	341	346	448	
	영농시설상각비	326	445	495	645	784	755	970	
수리(修理)비	55	53	65	65	87	86	90		
기타요금	10	15	5	7	7	6	21		
계	2,010	2,863	3,208	3,555	4,407	4,268	4,564		
조수입에 대한 비율(%)	22.5	28.8	37.7	43.0	44.3	49.0	49.6		
임차료	51	91	160	158	176	183	226		
고용노력비	573	496	526	558	609	522	809		
계	2,634	3,450	3,894	4,271	5,192	4,974	5,598		
조수입에 대한 비율(%)	29.5	34.7	45.7	51.6	52.2	57.1	60.8		
자가노력비	1,887	2,089	2,161	2,113	1,918	1,975	2,287		
소득	6,291	6,479	4,619	4,000	4,750	3,738	3,611		
부가가치	6,915	7,066	5,305	4,716	5,535	4,444	4,653		
소득률(%)	70.5	65.3	54.3	48.4	47.8	42.9	39.2		

농촌진흥청. 농축산물소득자료집. 1996-2002.

노임단가는 1995년 이후 계속 증가추세에 있으며, 고용노력비 또한 1995년부터 2000년까지는 50-60만원대이던 것이 2001년에는 80만원대로 크게 상승하였다(표 52).

노동생산성은 1995년 이후 계속 감소추세에 있다(표 53). 2001년의 시설국화의 노동생산성은 6,717원으로 1995년 대비 27%감소하여 농업노동생산성 12,141원의 절반수준으로 낮아졌다. 반면 농업노동생산성은 1995년 이후 꾸준히 증가하고 있다. 따라서 시설국화의 경영개선 및 노동력 절감을 통한 노동생산성 향상이 시급한 실정이다.

표 52. 시설국화의 노임단가 및 고용노력비 변화

연도	노임단가(원/시)		고용노력비 (원)	경영비 중 비율(%)
	남	여		
1995	4,241(100)	2,489(100)	572,556(100)	21.7
1996	4,966	3,040	496,228	14.4
1997	6,196	3,231	526,391	13.5
1998	5,540	3,020	557,510	13.1
1999	5,262	2,985	608,568	11.7
2000	5,926	3,115	522,338	10.5
2001	6,273(149)	3,293(132)	808,583(141)	14.4

표 53. 노동생산성의 연도별 추이

(단위 : 원/시간)

연도	농업	시설국화
1995	9,387(100)	9,248(100)
1996	10,576	10,486
1997	10,780	8,540
1998	9,897	7,154
1999	11,263	8,752
2000	11,778	7,627
2001	12,141(129)	6,717(73)

농림부. 농림업주요통계. 2002.

노동생산성 = 부가가치/노동시간

농업소득을 높이고 노동생산성을 향상시키기 위해서는 노동력 절감이 필수적이며 이를 위해서는 기계화 및 자동화가 필요하다. 원격 자동제어는 원거리에서도 온실제어가 가능해 노동력의 절감뿐만 아니라 실시간으로 온실 상황을 파악하여 제어할 수 있어 기상 급변시에도 대처가 가능하다. 또한 인터넷이 되는 곳이면 어디에서나 온실의 상황이 파악되고 제어가 가능하여 자유로운 여가 활동도 가능하다. 이러한 원격 자동제어 시스템이 개발된다면 정식기와 수확기에만 온실을 방문해도 되는 시기가 오리라 생각한다.

시설국화 재배시의 필요한 노동시간은 10a당 자가노력 462.8시간, 고용노력 229.8시간이다(표 54). 원격 자동제어를 통해 절감할 수 있는 것은 물주기, 하우스 관리이므로 작기당 62.9시간(0.5시간/일)의 절감이 가능하다.

원격 자동제어 재배시의 경제성 분석 결과는 표 55와 같다. 원격제어를 위한 기본적인 시설로는 컴퓨터, 카메라, 전기제어부, 임베디드 시스템, 드라이브 보드, 마스터 보드 등이 필요하며, 이들의 설치비는 5,921,740원으로 상세 내역은 표 56과 같다. 새로운 시설을 설치해야 하므로 초기에 투자비가 많이 들어가지만 설치 시설은 내구년한이 길기 때문에 원격 자동제어에 의한 경제적인 이득은 매우 크다.

원격 자동제어 시스템의 설치에 의한 이익으로는 첫째 정밀 환경제어에 의한 상품성이 향상되고, 둘째 환경제어를 위한 노력을 절감할 수 있다. 셋째 원거리 제어가 가능하므로 환경제어를 위한 온실방문 회수를 절감할 수 있다. 넷째 인터넷이 연결된 컴퓨터라면 어디서든 제어가 가능하기 때문에 자유로운 여가활동이 가능하다. 이를 경제적으로 환산하면 연 3기작 재배시 10a 기준으로 절화의 상품성 향상으로 489,630원, 환경제어를 위한 시간 절약을 통해 872,898원, 환경제어를 위한 온실 방문회수 절감에 의해 1,745,795원, 원거리 왕복비용 절감에 의해 255,500원이 절감되어 총 3,363,823원이 절감된다. 재배면적이 크면 클수록 그 절감효과는 더욱 커진다고 할 수 있다.

손실적 요소로는 시설의 설치비 592,200원, 유지수선비 118,435원, 투자자본 이자 296,087원, 인터넷 사용료 408,000원으로 총 1,414,722원의 추가비용이 발생한다.

이와 같이 원격 자동제어의 설치에 따른 경제적 이익은 상품성 향상 등에 의한 3,363,823원 수입에서 시설의 설치비용 등의 1,414,722원 지출을 뺀 1,949,101원의 이익이 10a당 연간 발생하게 되어 농가의 경영비 절감 효과가 매우 크다고 할 수 있다. 이상의 결과 원격자동제어를 이용한 재배는 노동력 절감으로 노동생산성이 향상되고 농가의 여가시간 증가로 농촌 생활의 질 또한 향상시킬 수 있다.

표 54. 시설국화의 작업단계별 노동력 소요시간

(시간/10a)

작업단계별	자가노력			고용노력			합계		
	남	여	계	남	여	계	남	여	계
종자준비 및 소독	1.3	1.1	2.4	0.0	0.6	0.6	1.3	1.7	3.0
묘판준비 및 설치	3.1	1.6	4.7	0.0	0.3	0.3	3.1	1.9	5.0
파종,격꽃이,한때심기	9.0	11.0	20.0	0.0	12.5	12.5	9.0	23.5	32.5
묘판관리	8.5	6.1	14.6	0.1	0.9	1.0	8.6	7.0	15.6
경운정지	7.3	2.0	9.3	0.6	0.1	0.7	7.9	2.1	10.0
퇴비및 밑거름 주기	6.9	3.0	9.9	0.6	0.4	1.0	7.5	3.4	10.9
아주심기, 옮겨심기	11.6	14.7	26.3	0.1	27.0	27.1	11.7	41.7	53.4
지주 네트 세우기	9.0	6.6	15.6	0.6	2.4	3.0	9.6	9.0	18.6
옷거름주기	3.8	1.3	5.1	0.1	0.4	0.5	3.9	1.7	5.6
병충해 방제	14.4	6.1	20.5	0.3	0.6	0.9	14.7	6.7	21.4
김매기	24.8	10.8	35.6	0.0	13.8	13.8	24.8	24.6	49.4
비닐 및 흙덮기	2.4	1.4	3.8	1.1	1.9	3.0	3.5	3.3	6.8
순지르기, 눈따기, 접목	13.4	19.4	32.8	0.0	32.3	32.3	13.4	51.7	65.1
물주기	15.0	3.8	18.8	0.1	0.2	0.3	15.1	4.0	19.1
하우스 설치	6.1	2.0	8.1	3.1	1.7	4.8	9.2	3.7	12.9
하우스 관리	25.2	13.3	38.5	0.9	4.4	5.3	26.1	17.7	43.8
수확	46.4	61.9	108.3	9.2	75.5	84.7	55.6	137.4	193.0
선별 및 포장	31.5	35.3	66.8	0.4	35.0	35.4	31.9	70.3	102.2
운반 및 저장	10.9	3.6	14.5	0.2	1.0	1.2	11.1	4.6	15.7
기타	4.5	2.7	7.2	0.0	1.4	1.4	4.5	4.1	8.6
합계	255.1	207.7	462.8	17.4	212.4	229.8	272.5	420.1	692.6

농촌진흥청. 작목별 작업단계별 노동투하시간. 2002.

표 55. 원격 자동제어 시스템 이용시의 경제성 분석(부분예산법 적용)

손실적 요소(A)	이익적 요소(B)
-시설의 설치	-상품성 향상
· 컴퓨터(가정용) 1,200,000원 ÷ 10년 = 120,000원	· 생육촉진에 의한 경영이익 : 163,210원 163,210원×3작기 = 489,630원/년
· 카메라 및 카메라 서버 3,000,000원 ÷ 10년 = 300,000원	-노동력 절감
· 전기제어부 설치 1,080,000원 ÷ 10년 = 108,000원	· 온실 관리 시간 절약(10a 기준) 0.5시간 × 1일 × 365일(3작기) × 4,783원/시간 = 872,898원/년
· 임베디드 시스템 330,000원 ÷ 10년 = 33,000원	· 온실 방문 회수 절감(2회 절감시) 0.5시간 × 2회 × 1일 × 365일(3작기) × 4,783원/시간 = 1,745,795원/년
· 드라이버 보드제작 263,140원 ÷ 10년 = 26,340원	· 원거리 왕복비용 절약 경유(1L/1일) 700원×1일 × 365일 = 255,500원/년
· 마스터 보드제작 48,600원 ÷ 10년 = 4,860원	
-유지수선비 5,921,740원 × 2% = 118,435원	
-투자자본이자 5,921,740원 × 5% = 296,087원	
-인터넷 사용료 34,000원/월 × 12월 = 408,000원	
계 : 1,414,722원	계 : 3,363,823원/년
B-A	1,949,101(원/년)

표 56. 원격자동제어 시스템의 설치 내역서

분류	제품	단가	수량	금액	
전기제어부	전자접속기 컨트롤 박스	1,000,000	1	1,000,000	
	UTP 선, 전력선			80,000	
	소계			1,080,000	
임베디드 시스템	Hyper104A	330,000	1	330,000	
드라이버보드	PCB	52,000	1	52,000	
	VFD	110,000	1	110,000	
	스위치	200	16	3,200	
	트랜스	20,000	1	20,000	
	MOC3063	1,300	16	20,800	
	BTA12 600B	1,200	16	19,200	
	TNR	300	16	4,800	
	아날로그 먹스 MC14067	4,700	1	4,700	
	HD74HC573	200	2	400	
	딤스위치	430	2	860	
	3.6V 60mAh battery	400	1	400	
	DS1302	700	1	700	
	LED	130	16	2,080	
	LM317	600	5	3,000	
	LM317	700	1	700	
	기타(콘덴서, 저항, 방열판, 부저, 다이오드, 커넥터 등)				23,000
	소계				263,140
마스터보드	PCB	25,000	1	25,000	
	AT89c51cc01	12,000	1	12,000	
	MAX708	1,500	1	1,500	
	MAX232	1,400	1	1,400	
	VP251	800	1	800	
	크리스탈	200	1	200	
	스위치	1,200	2	2,400	
	기타(커넥터, 콘덴서, 저항, LED 등등)				5,300
	소계				48,600
카메라서버	AXIS 2400 Video Server	1,500,000	1	1,500,000	
카메라	Sony EVI D/30 PTZ Camera	1,500,000	1	1,500,000	
컴퓨터	펜티엄			1,200,000	
네트워크		50,000	1	50,000	
총 계				5,921,740	

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 목표달성도

원격 자동제어를 이용한 국화의 첨단 생장조절 시스템 개발과 실용화에 관한 연구의 각 제어 시스템 구축 단계별 목표달성도는 다음과 같다.

1. 제어 서버의 안정성은 확보되었는가?

현재 제어서버는 펜티엄 III (800MHz, RAM 256M)를 사용하고 있다. OS는 Linux를 이용하였으며, 아피치를 이용하여 웹 서버를 구축하였다. DB 서버는 MySQL을 사용하였다. 웹 사이트를 구축한 시험용 제어서버는 센서의 입출력 및 DB 구축 등에 활용되고 있어서 안정성에 문제가 없다. 그러나 본 연구가 완료된 후 대규모의 산업화를 위해서는 보다 큰 용량의 안정된 서버가 필요하다. 제어서버의 안정성은 확보된 것으로 판단된다. 따라서 계정이 없는 사용자는 서버를 이용할 수 없으며, 해커들의 hacking에도 서버의 보안은 안정함이 확인되었다.

2. 모니터링 화상정보 전송 시스템은 구축되었는가?

현재 카메라 서버는 AXIS2400을 사용하고 있다. 카메라 서버 내부에는 웹 서버가 구현되어 있기 때문에 인터넷만 연결하면 PC 없이 독립적으로 동작할 수 있다. 그리고 VC-C3 communication 카메라는 10배의 줌, 좌우 180도 회전, 상하 90도 회전할 수 있는 고성능이기 때문에 보다 넓은 시야를 확보할 수 있다. 이 카메라를 이용하여 화상정보 시스템을 구축하였다. 모니터링 화상정보 전송 시스템의 보안 문제까지 해결이 된 상태이며 실시간 화상전송이 가능하다. 그래서 화상정보 전송 시스템은 전혀 문제가 없다고 판단된다. 아직 영상처리에 대한 부분은 고려하지 않았지만 완전한 자동화를 위해서는 이에 대한 부분도 검토되어야 할 것이다.

3. 데이터베이스는 구축되었는가?

DB는 각 온실을 구별하는 고유 ID정보와 온실 내부의 센서 값을 저장한다. 그리고 시스템에 접근할 수 있는 권한을 사용자마다 부여하기 위해 사용자의 정보와 접근시간을 기록한다. DB 서버는 MySQL을 사용하였다. 그리고 자바 프로그래밍 API로는 JDBC를 사용하여 구축하였다. DB 서버에 접속하는 프로그램은 Java 및 C 를 이용해서 작성하였다. DB의 구축은 완료되었다. DB에 데이터를 저장만 하는 것이 아니라 이러한 데이터들을 분석하여 시스템의 이상을 판별하고 제어할 수 있는 기능이 필요할 것이다.

4. 제어 알고리즘은 개발되었는가?

온도, 토양수분 및 CO₂를 센서로부터 입력받아 그에 해당하는 제어 명령을 제어대상인 환기창, 차광막을 제어할 수 있도록 제어 알고리즘을 개발하였다. 제어 알고리즘에 의해 제어장치들을 On/Off 시킨다. 센서로부터 입력된 정보를 이용하여 제어 명령으로 제어장치들을 제어한 결과 정상적으로 동작하는 것을 확인하였다.

5. 원격 자동제어 시스템은 문제가 없었는가?

원격 자동제어 시스템은 여러 가지 구성요소로 이루어져있다. 각 요소가 완벽하다하더라도 전체적으로 통합하였을 때 정상적으로 동작 하여야한다. 본 연구에서의 원격 자동제어 시스템은 이런 조건을 만족하여 사용자가 원격으로 온실을 모니터링하고 관리하는데 문제가 없음을 확인하였다.

6. 생육 모델링은 완성되었는가?

국화 ‘수방력’의 생육 모델링은 완성되었다. 초장이 40-50cm 될 때까지 14.5시간 이상의 장일, 주간 25℃, 야간 15-18℃의 조건에서 영양생장시킨 다음, 12시간 일장, 주간 25℃, 야간 18-20℃에서 3주간 화아분화를 유도하고, 10시간 일장, 주간 25℃, 야간 14-16℃에서 화아발달 시킨다. 광도는 최소 5,000Lux 이상으로 해야한다. 관수시의 물의 pH는 6-7로 하고, 관수개시점은 영양생장기 -20kPa, 생식생장기 -5 - -10kPa로 한다. 네덜란드 국화 표준 양액은 1/2배액으로 한다. CO₂는 오전 2시간 동안만 공급하며, 농도는 700ppm으로 한다.

7. 제어기기의 정밀도는 검증되었는가?

제어기기의 정밀도는 자동제어온실에서 난방장치가 작동되는 겨울철에 조사하였다. 온실 내의 야간설정온도는 10, 15, 20, 25℃, 주간온도는 28℃로 하여 조사, 분석하였다. 그 결과 주야간의 설정온도차가 클수록 온도의 편차가 컸으며, 주간 설정온도에 도달하는 시간이 오래 걸렸다. 또한 외부기후에 따른 온도편차를 조사한 결과, 비가 오는 날은 주간온도가 목표치에 못 미치는 수준이었다.

제2절 관련분야에의 기여도

1. 원격 자동제어 시스템의 농업에의 적용

원격 자동제어 시스템이 농가에 적용되면 노동력과 노동시간의 절감 및 재배환경의 개선 등 다양한 이점을 가진다. 이를 통해 발생하는 여유시간은 여가활동이나 부업에 투자할 수 있어 농가의 소득이 증대되고 생활의 질이 개선된다. 본 연구에서는 국화만 적용되었지만 일반성이 높은 시스템이므로 다른 작물의 재배에도 충분히 활용될 수 있다.

2. 온실제어 방법의 개선

기존 시스템들은 온실 내부에 국한된 수동 혹은 자동 제어였다. 하지만 본 연구에서 개발된 웹 기반의 원격 자동제어 시스템은 기존방법의 문제점을 개선하고 활용도가 높은 최신 기술들을 접목하였기 때문에 제어방법이 크게 개선되었다.

3. 정밀한 환경제어

온실의 환경 정보를 DB화하고 이러한 데이터를 분석하여 온실 환경을 더욱 정밀히 제어할 수 있다. 또한 과거의 데이터를 분석함으로써 앞으로 일어날 변화를 미리 예측할 수 있으므로 생산품의 질을 개선할 수 있다.

4. 실시간 모니터링 및 제어

농가는 간편하게 가정에서 실시간으로 온실의 환경을 모니터링하고 제어 할 수 있다. 실시간 모니터링을 통해 온실에서 발생하는 변화들을 확인하고 이를 통해 온실을 수동으로 즉시 제어할 수 있다. 모니터링에는 각 센서의 정보 및 온실내부의 영상이 포함된다. 특히 영상정보는 사용자가 눈으로 직접 확인할 수 있으므로 정보의 이용가치가 높다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

본 연구에서 얻어지는 주요 기술은 복합 자동제어 시스템의 완성, 인터넷을 통한 원격 제어 기술, 이미지 프로세싱을 통한 진단 시스템, 센서링 기술 등이다. 이러한 기술들이 많은 농가에 적용되고 활용될 경우 농업 기술의 혁신적 발전을 이룰 것이며 생산성의 향상으로 농가의 소득증대와 농산물의 가격 안정을 가져와서 국내 산업의 안정성을 제고할 수 있다. 이러한 기술들은 비단 농업 분야뿐만이 아니라 의료 분야의 원격 진료, 원격 제어 로봇, 원격 강의 등에도 적용될 수 있다. 특히 고속 네트워크의 확산으로 원격 제어 기술은 실시간의 영역으로까지 실현될 전망이다. 또 원격 제어기술은 지금까지 많이 연구되고 있지만 뚜렷한 연구성과가 없는 관계로 국·내외기술 활용의 선점이 매우 중요하다.

또한, 위에서 제어되는 정보들을 일부 공개하고 상품의 영상을 웹을 통해 볼 수 있도록 하여 소비자가 직접 구매하거나, 웹에서의 사이버경매장을 통한 안정적이고도 효율적인 판매망이 형성되도록 할 수 있으며, 시설원예에 적용되는 이 기술은 그대로 다른 농산물의 생산에도 적용할 수 있는 체계적인 시스템으로 발전될 수 있을 것이다.

제1절 개발된 시스템에 기능 추가

본 연구에서 개발된 시스템은 기본적인 기능만 수행할 것이다. 기본적인 기능만으로도 온실을 가동시킬 수 있지만 다른 기능을 추가함으로 더욱 편리하고 기능적인 온실로 구성할 수 있다. 본 시스템은 제어장치의 추가 또는 분리가 가능하기 때문에 그 적용성은 매우 크다고 할 수 있다. 추가 기능으로는 도난 방지 시스템, 웹을 통한 고객과의 직거래 등을 예로 들 수 있다. 이를 통하여 농가는 보다 안전한 온실관리가 이루어질 수 있고 직거래를 통한 보다 신선한 상품을 더 높은 가격으로 판매할 수 있어 농가의 소득이 증가할 것이다.

제2절 개발된 시스템을 일반 농가에 적용 및 보급

개발된 시스템을 일반 농가에 적용하는 과정이 필요하다. 시스템에 대한 경제적인면 및 사용상의 편의성 등을 고려하여 표준 사항들이 결정되어야 한다. 이렇게 함으로써 이 시스템이 농가에 쉽게 적용될 수 있을 것이다. 실제 농가에 적용될 경우 안정성이 최우선적으로

보장되어야 한다. 이를 위해서는 개발된 시스템을 장시간 가동시켜서 검사하고 보완해야 한다. 농가들의 참여도를 높이기 위해서는 개발된 시스템을 각 농가에 인지도시키고 실제로 테스트 해볼 수 있는 여건이 마련되어야 한다. 그러기 위해서는 농가에 PC 보급 및 인터넷 망 구축이 선행되어야한다. 그 후 농가는 시스템을 평가하고 필요시 개발된 시스템을 설치할 수 있을 것이다.

제3절 개발된 시스템을 다른 작물에 적용

개발된 시스템은 국화의 생장조절을 위한 시스템이다. 이 시스템에 약간의 변화를 준다면 다른 원예작물에도 적용될 수 있을 것이다. 그러기 위해서는 그 작물에 대한 새로운 실험 데이터를 만들어야하고 작물 특성에 맞는 환경을 구성해야한다. 그러기 위해서는 특정 작물의 생장 특성을 연구해야 할 것이다.

제4절 학회발표 및 특허신청

본 연구에서 개발된 내용은 학회에 발표하여 검증을 받고, 일부기술은 특허신청을 할 계획이다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제1절 모니터링 기술

본 연구에서는 센서 및 화상정보를 통한 모니터링 기술을 수집하여 연구에 활용하였다. 센서기술들은 각 센서 제조업체에서 제공하는 자료를 바탕으로 하였다. 제공받은 센서기술 자료로는 센서의 동작범위, 관련회로, 그리고 측정장비와의 인터페이스 기술이 있다. 영상을 통한 모니터링 역시 제조업체를 통해 기술정보를 제공받아 활용하였다. 특히, 사용된 카메라가 네트워크 서버기능을 하므로 다양한 자료가 요구되었다. 카메라의 설치, 업그레이드, 웹 페이지와의 연동, 그리고 다양한 기능을 활용하는 방법에 대한 기술정보를 제공받았다. 센서 업체들로는 VAISALA(<http://www.vaisala.com/>), National Semiconductor(<http://www.national.com/>) 그리고 SDEC France(<http://www.sdec-france.com/us/index.html>) 등이 있으며 네트워크 카메라 서버 업체로는 AXIS(<http://www.axis.com/index.htm>)가 있다.

제2절 웹 기술

웹을 통한 원격제어를 하기 위해 웹 기술과 관련되는 많은 기술정보를 수집하여 활용하여야 했다. Java, Java Applet 그리고 JDBC와 관련된 정보는 이러한 기술들을 총괄하는 Sun Microsystems(<http://java.sun.com/>)을 통해 정보를 수집하였다. 그리고 웹 서버 및 DB와 관련된 기술은 인터넷상에 공개된 많은 자료를 수집하여 활용하였다. 특히 DB는 MySQL(<http://www.mysql.com/>)로부터 프로그램 및 많은 문서 자료를 제공받을 수 있었다. 프로그램으로는 MySQL 서버 프로그램을 받았고 문서로는 다양한 프로그래밍 언어(Java, PHP, Perl 그리고 파이썬 등)에서 MySQL을 프로그래밍 하는 방법 및 MySQL의 설치 및 활용하는 기술문서들이 있다.

제3절 임베디드 시스템 관련 기술

임베디드 시스템은 운영체제, 인터넷, 회로설계, 디바이스 드라이버, 그리고 외부 인터페이스 등의 많은 기술이 접목된 종합 시스템이다. 이와 관련된 제품이 국내의 여러 기업에서

생산되고 있으며 정보 또한 국내에 많다. 하지만 칩 코어, 회로디자인, 그리고 운영체제 등의 원천 기술들은 거의 모두 해외의 기술들을 기초로 한다. 본 연구에서는 국내 기술 자료도 참고하였지만 LinuxDevice.com(<http://linuxdevices.com/>), ELC(<http://www.embedded-linux.org/>), 그리고 GNU(<http://www.gnu.org/>)등에서 제공하는 리눅스 프로그래밍, OS 포팅, 디바이스 드라이버 그리고 소켓 프로그래밍 등의 기술 정보도 활용하였다.

제 7 장 참고문헌

- Adams S.R., Pearson S., Hadley P. 1998. The effect of temperature on inflorescence initiation and subsequent development in chrysanthemum cv. Snowdon (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.). *Scientia Horticulturae* 77:59-72
- Adams, S.R., S. Pearson, P. Hadley. 1998. An appraisal of the use of reciprocal transfer experiments: assessing the stages of photoperiod sensitivity in chrysanthemum cv. Snowdon(*Chrysanthemum morifolium* Ramat.). *Journal of Experimental Botany* 49(325):1405-1411
- Agranat I.D. 1998. Engineering Web Technologies for Embedded application. *Internet Computing, IEEE*. 2(3):40-45
- Cathey H.M. 1954a. Chrysanthemum temperature study. A. Thermal induction of stock plants of Chrysanthemum. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 64:483-491
- Cathey H.M. 1954b. Chrysanthemum temperature study. B. Thermal modifications of photoperiods previous to and after flower bud initiation. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 64:492-498
- Cathey H.M. 1954c. Chrysanthemum temperature study. C. The effect of night, day, and mean temperature upon the flowering of *Chrysanthemum morifolium*. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 64:499-502
- Cathey H.M. 1955. Chrysanthemum temperature study. D. Effect of temperature shifts upon the spray formation and flowering time of Chrysanthemum. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 66:386-391
- Cockshull, K.E., A.M. Kofranek. 1985. Long-day flower initiation by chrysanthemum. *HortScience* 20(2):296-298
- Eric Paulos, John Canny. 1996. Delivering Real Reality to the World Wide Web via Telerobotics, *Proc. of IEEE Int, Conf .Robotics and Automation*, April
- Furuta T. 1954. Photoperiod and flowering of *chrysanthemum morifolium*. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 63:457-461
- 고학균, 권영삼, 최창현, 이대원, 김재민, 권지선. 1996. 다동온실내 복합환경의 컴퓨터 제어 시스템 개발. 농림부 최종보고서

- H. M. Deital, P.J Deital. 1999. Java how to program 3rd. Prentice Hall
<http://www.afmc.co.kr>
<http://www.atmel-wm.com>
<http://www.kookilmech.co.kr>
<http://www.maf.go.kr>
<http://www.rda.go.kr>
<http://www.sena.com>
<http://java.sun.com>
- 조삼증. 1995. 시설내 환경과 작물의 생육반응. 시설원예연구. 8(2):11-19
- K. Goldberg, M. Mascha, S. Genter, C. Sutter, N. Rothenberg, J. Wiegley. 1995. Desktop teleoperation via the World Wide Web. Proc.of IEEE Int, Conf.Robotics and Automation
- Kofranek, A.M., A.H. Halevy. 1974. Minimum number of short days for production of high quality standard chrysanthemums. HortScience. 9:543-554
- 권지선. 1995. 생체정보계측에 의한 온실환경관리. 시설원예연구 8:127-130
- 우진하, 심용구, 한윤열, 서영진, 김창배, 최경배, 김규원. 2000. 국화 삼목시 플러그 셀크기, 용토 및 차광기간이 발근과 묘생육에 미치는 영향. 한국원예학회지 41:292-296
- 이기명, 박중춘, 오태한. 1999. 단동하우스의 생력화, 쾌적화를 위한 저비용 시설 및 기계설비 개발. 시설원예연구. 12:121-132
- 이명진, 문재철, 강순주. 1998. 인터넷상에서 WWW을 이용한 무선 비행체 원격 제어. 제어·자동화·시스템공학회 합동 학술 발표회 논문집, p191-195
- 이상협. 2001. 웹을 이용한 홈 오토메이션 시스템의 개발. 영남대학교 석사학위논문
- 이상협, 허원석, 권관조, 이호근, 이석규, 이달해. 2000. 원격제어를 위한 임베디드 네트워크 시스템. p2892-2894
- 농림부. 2002. 2001년 화훼재배현황
- 농촌진흥청 농업경영정보관실. 2002. 작목별 작업단계별 노동투하시간. p61
- 박창욱, 박병훈, 이상협, 이석규, 이달해. 1999. WWW을 이용한 이동로봇의 원격제어. 대한전기학회 하계학술대회 논문집, p 3033 -3035
- 박병훈. 2001. WWW을 이용한 온실 원격 제어 시스템. 영남대학교 석사학위논문
- 박장환. 1990. 필드버스 입문. 도서출판 동서
- Parups E.V. 1978. Chrysanthemum growth at cool night temperature. J. Amer. Soc. Hort.

- Sci. 103:839-842
- Parups, E.V., G. Butler. 1982. Comparative growth of chrysanthemums at different night temperatures. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107:600-604
- Post K. 1939. The relationship of temperature to flower bud formation in Chrysanthemums. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 37:1003-1006
- Post, K. 1950. Controlled photoperiod and spray formation of chrysanthemums. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 55:467-472.
- Post, K., H. Kamemoto. 1950. Photoperiod and bud formation on chrysanthemum cuttings. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 55:483-485
- SENA Technologies. 2000. Starter kit and manual for the HelloDevice 1300. SENA Technologies. 1-32
- San Antonio Road, Palo Alto. 2002. Java Remote Method Invocation Specification beta draft. Sun Microsystems, USA 1-112
- 상채규, 최병진, 최은주. 1999. 국화 삽아에 있어서 광도와 분무방법이 발근 및 묘 품질에 미치는 영향. 한국원예학회지. 40:722-726
- 柴田道夫 등. 1995. 炭酸가스(CO₂) 施用. 農業技術大系 花卉編 6. 181-185
- 신학기, 최성렬, 고재영, 박현주. 1999. 여름 개화 국화의 일장반응과 전등조명에 의한 개화 조절. 한국원예학회지 40:231-234
- Seeley, J.G., A.H. Weise. 1965. Photoperiodic response of garden and greenhouse chrysanthemums. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 87:464-471
- Tanigawa, T., Y. Kobayashi, H. Matsui, and Y. Skai. 1995. Effects of CO₂ enrichment on growth and vase life of cut flowers of *Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitamura. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 64:417-424
- Tanigawa, T., M. Nagaoka, H. Ikeda, and A. Shimizu. 1993. Effects of CO₂ enrichment on growth, photosynthesis and physiological activity of roots of *Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitamura. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 61:873-878
- Weise, A.H., J.G. Seeley. 1964. Translocation of the floral stimulus in chrysanthemum. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 85:574-583

주 의

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