한국농업기계학회지 제 20 권 제 1 호, PP. 73~86. 1995.

마이크로컴퓨터에 의한 시설재배의 자동화에 관한 기초연구(II)+

-자동화 시스템의 종합제어기 개발-

Fundamental Studies for the Automatic Control System in the Greenhouse Using Microcomputer(II)

-A Development of a Controller for an Automatic Control System-

김진현* 정회원 J. H. Kim

김철수* 정회원 C. S. Kim

ABSTRACT

The automatic control system in the greenhouse have to be developed to the direction of considering various factors the variables such as condition of the cultivation and greenhouse, the properties and types of products.

Therefore, it is more important to set up variables appropriately than the problems of automatic control system itself, and the automatic control system which satisfy these problems should be simplified in the aspect of operation.

In addition, even the individual automations are not perfect yet, so more studies are required for the development of comprehensive automatic system in korea.

This study was carried out to automatize enviroment control systems for greenhouse, especially from most intensive labor requiring parts such as watering, irrigating liquefied fertilizer, spraying chemicals, mixing and ventilation system, etc.

The results are summarized as follows.

1. Control type tensiometer was expected to be desirable in the automation of watering system, therefore, a new tensiometer was designed and developed through this study.
2. The chemical spraying system developed through this study was found to be excellent in the aspect of operation.
3. When pulse type water discharge meter was used in the mixing of liquefied fertilizer and chemical solution, the error of mixing were range ± 0.1~0.15%.
4. The water level switch of electrod type used for controlling water level was found to be affective in both control performance and operation cost.
5. The water and level control system can be omitted if each tank size are standardized in accordence with greenhouse size, therefore, the installation cost might be significantly reduced.
6. The developed general controller was excellent in hardware parts, but still remained to be improved in software parts.

주요 용어(Key words) : 온실(Greenhouse), 자동제어장치(Automation control system), 토양수분장력계(Tensiometer)

* 상주산업대학교

+ 본 연구는 '93년 농촌진흥청 특정연구개발 사업비 지원으로 수행되었음.

1. 서론

시설재배를 위한 하우스의 면적은 매년 증가하여 주요 채소류가 최근 5~6년 사이 평균 177 %가 증가하였다. 그러나 대부분의 농가는 생산기반이 취약하고 규모가 영세한 실정이며, 특히 최근에 농촌의 노동력 감소와 노동의 질 저하로 시설재배의 경영에 문제점을 안고 있다.

그럼에도 불구하고 시설확충 및 생력화가 늦은 이유는 첫째 환경제어시설은 일정수준의 시설투자를 필요로 하나 농민의 투자 및 자부담 능력이 미약하고, 둘째 전기,전자기술에 대한 농민의 이해도가 부족하고, 셋째 환경제어 기능을 자동화하는 전문 시공업자의 기술력 부족으로 인한 기기의 신뢰성 문제와 넷째 산업체의 자동화를 위한 학계와 연구소의 기초자료에 대한 기술지원의 부족을 들 수 있다. 시설재배에서의 환경제어는 목적한 식물의 생육에 최적조건을 유지시켜 주기 위한 수분과 광, 온도, 습도, CO_2, 방제, 양분 등 광범위한 요소를 인공적으로 조성하기 위해 전자 및 기계설비가 재배분야에 뒷받침되어야 한다.

네델란드, 덴마크, 일본 등 선진 농업국가에서는 1980년 이전까지 각 기능별 개별 제어방식을 취하다가 메카트로닉스의 발전에 따라 종합제어 시스템으로 급속히 전환하고 있다. 우리나라의 경우 대부분의 일반농가에서는 온도 또는 환기창, 수분, 커텐, 온도 등 개별기능을 자동화하는 것은 확산되고 있으나 두가지 이상의 복합기능이나 전기능의 종합제어의 실용화는 아직 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 관수, 관비, 방제, 환기 등을 종합제어 할 수 있는 시스템을 One-Board 시스템으로 개발하여, 전문지식이 없는 재배농가가 쉽게 사용할 수 있도록 하고, 재배농가의 부족한 노동력 문제의 해결과 생산성을 제고하여 국제경쟁력을 높이고자 하였다.

2. 실험장치 및 방법

가. 실험장치

(1) 관수 및 관비 장치

관수작업은 시설재배에서 가장 중요한 작업으로서 전체작업의 약 30% 정도를 차지하고 있다. 관수의 조절은 일반적으로 타이머에 의한 관수와 토양수분센서에 의한 제어형 방식으로 나누어 진다. 전자의 경우는 간편한 비교적 반면에 관수시기와 관수량을 재배자가 결정하여야 한다.

관수시기와 관수량의 인위적인 결정은 관수자동화에 가장 큰 장애요인이되므로 제어형 관수방식을 이용하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다.

그림 1은 본 연구를 통하여 개발된 제어형 토양수분센서의 구성도이다.

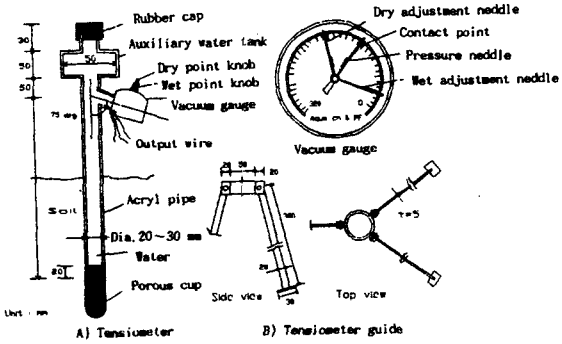

Fig. 1 A schematic diagram of a new developed tensiometer

그림 1에서 진공압력계의 압력조절범위는 0-320 Aqua-cm로 하였으며, 건조점과 관수중단점은 조정손잡이에 의하여 인위적 설정이 가능하다. 진공압력계의 상단에 설치된 보조탱크는 토양이 건조함에 따라 센서 내부의 수분이동으로 인한 물 보충시기를 지연시킬 목적으로 충분한 양의 물을 저장할 수 있게 설계하였다.

또한 토양수분센서의 매설 깊이는 대부분 20~30cm 정도에 불과하다. 따라서 센서의 흔들림을 방지하기 위하여 지지대를 제작, 설치하였다.

관수 및 관비시스템의 설치형식은 그림 2와 같다.

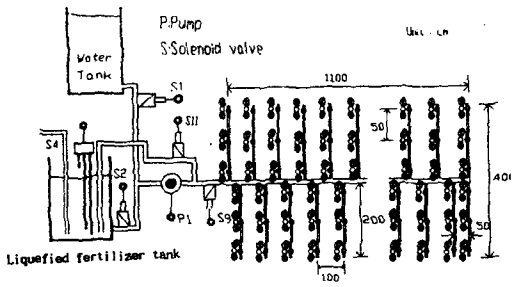

Fig. 2 The system layout for irrigation of water and liquefied fertilizer

관비는 독립된 방식을 이용하였으며, 공급라인은 관수장치와 동일하다.

(2) 방제 장치

방제작업은 밀폐된 공간에서 이루어지므로 농약에 의한 재배자의 신체적 피해가 심각할 것으로 판단된다. 따라서 시설재배의 방제장치에 대한 자동화는 그 중요성이 크게 인식되고 있다.

그림 3은 본 연구에서 개발한 방제장치를 도시한 것이며, 그림 4는 실험온실에 설치된 전경이다.

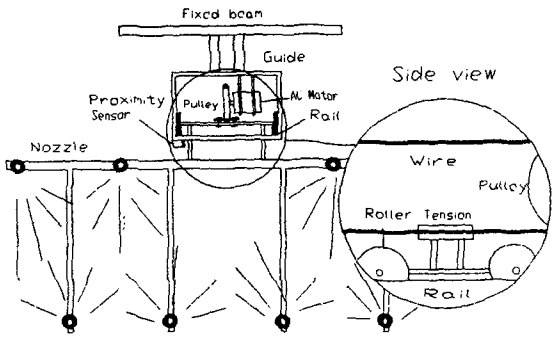

Fig. 3 The schematic diagram for chemical spraying system

Fig. 4 The situation of chemical spraying operation in greenhouse

방제장치는 천장의 가로 빔에 구동모터를 고정시키고, 비닐로 피복된 철선을 동력전달 매체로 구성되었다. 그리고 피복된 철선을 방제구간의 양 끝에 있는 고정 풀리에 감아 철선의 연결부분에 장력계를 설치하고, 이 부분에 로울러를 달아 방제용 봉을 설치하였다. 또한 방제장치를 고정시키는 가로 빔은 약 3 m의 간격으로 설치하여 모터와 레일을 지지하도록 하였다.

모터는 110 VAC용으로 15 watt 동력이 소요되며, 풀리(지름 13 cm)의 회전속도는 2.92 rpm이고, 방제속도는 3.88 m/min가 되도록 제작하였다. 방제속도는 풀리의 지름으로 조절이 가능하다. 방제거리는 약 11 m이며, 방제거리는 처음과 끝 부분에 근접거리가 10 mm인 정전용량형 근접센서(proximity sensor, PS 30-10 DA, Autonics)를 설치하여 조절하였다. 방제횟수는 인위적으로 조절할 수 있으며, 분무강도에 따라 달라진다.

방제작업에 사용되는 AC 모터는 극성에 따라 회전방향이 달라진다. 모터의 구동은 출력 신호에 따라 좌,우회전이 이루어지도록 하였다. 출력신호의 동작이 완벽하지 못하거나 프로그램의 오류로 인하여 모터나 릴레이 회로가 손상되기도 한다. 따라서 12 VDC용 My-4 릴레이 2개와 역전압 방지 장치를 이용하여 그림 5와 같이 작동회로를 구성하였다.

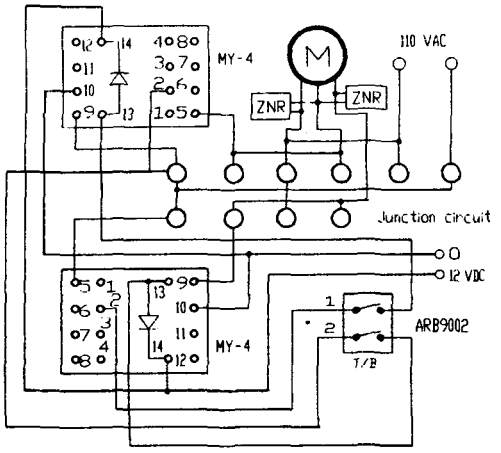

Fig. 5 Circuit for operation of chemical spraying motor

(3) 환기

가) 환기 장치

온도계측의 결과에 따라서 하우스내의 환기 조절을 위하여 좌·우 측창과 천창을 그림 6과 같이 장치하였다.

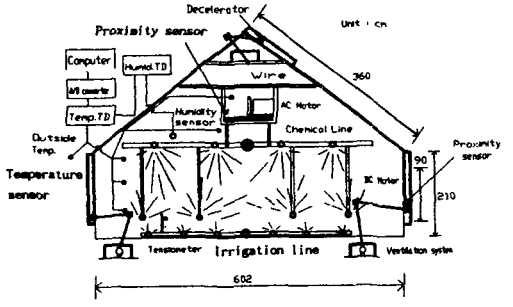

Fig. 6 Front view for ventilation and experimental facilities in greenhouse

개폐기는 시중에서 판매되고 있는 U사의 DC 모터(15 watt)와 감속기가 연결되어 있는 개폐기로서 실험에 적합하도록 개조하여 설치하였다. 개폐기의 동작은 회전방향에 따라 비닐의 장력을 이용하여 열리거나 중력의 작용에 따라 닫히는 장치로서 DC모터는 구동 기능만 담당하고 있다. 특히 천창의 경우 좌회전시 열리고 우회전시 봉의 중력으로 닫히도록 되어 있다. 또한 바람에 의하여 좌,우 측창과 천창이 심하게 요동하기 때문에 중간에 가이드를 설치하여 흔들림을 방지하였다.

그림 7은 환기용 개폐기 DC모터의 구동회로를 나타낸 것이다.

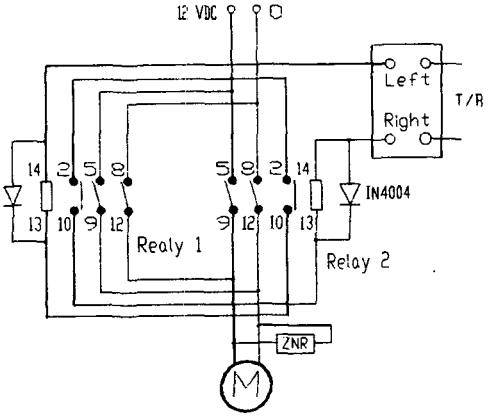

Fig. 7 Circuit for operation of ventilation motor

환기용 개폐기 모터는 D/O의 출력 신호에 따라 좌·우 방향이 결정된다. 논리는 방제용 모터의 구동과 거의 흡사하다. DC용 모터이므로 구동회로 연결선이 12 VDC가 교차되어야 한다.

나) 온·습도 계측

온도는 재배구의 중앙에 지상 60,120,160 cm의 위치에 3점, 그리고 중앙부에 180, 250 cm의 위치에 2점, 외기온도 1점으로 모두 6점을 계측하였다. 하우스내의 습도센서는 지상 170 cm의 위치에 1점을 설치하였으며, 습도센서를 통하여 입력되는 신호는 지시계에 표시되고, 출력선을 따라 증폭기와 A/D 변환기를 통하여 CPU로 입력된다.

(4) 관비 및 농약혼합

그림 8은 관비 및 혼합장치를 나타내고 있다.

그림 8에서 ① 은 물탱크, ② 는 관비탱크, ③ 은 농약탱크이며, 각각의 유출구에는 전자밸브가 설치되고 한개의 펌프와 수량계가 장치되어 있다. ④ 는 관비혼합탱크, ⑤ 는 농약혼합탱크이다. 관비혼합탱크와 농약혼합탱크로 유입되는 관에도 전자밸브를 설치하였다.

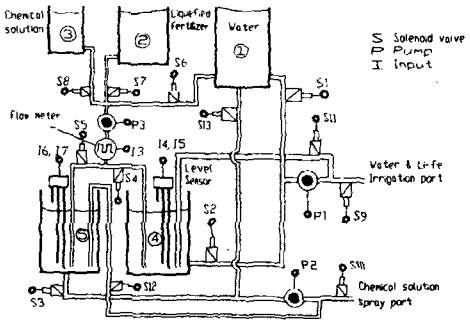

Fig. 8 The schematic diagram for mixing and supplying operation of water, liquefied fertilizer, and chemical solution

물탱크에는 S1과 S13이 설치되어 물은 관수라인, 혼합용 라인으로 동시에 연결되어 있어 자유롭게 이용하도록 하였다. 관수시에는 S1,P1과 S9가 작동되고, 관비혼합탱크에는 S2와 교반용 S11이 연결되어 있으며, 농약혼합탱크에는 S13, S3와 P2가, 방제용으로는 S10이, 교반용으로는 S12가 사용된다. 농약혼합도 관비의 혼합과 동일한 구조로 되어있다. 다만 혼합비율이 다르기 때문에 농약과 물의 혼합량이 각각 프로그램에 따라 이루어 지도록 하였다.

수량의 계측을 목적으로 사용한 수량계는 특수화학용 수량계이며 Oval gear type(DYOS-20, D사)을 사용하였다. 이것의 정밀도는 ±0.5 %이며 수량의 범위는 10~400 ℓ/hr로 펄스 내장형으로 제작되었다.

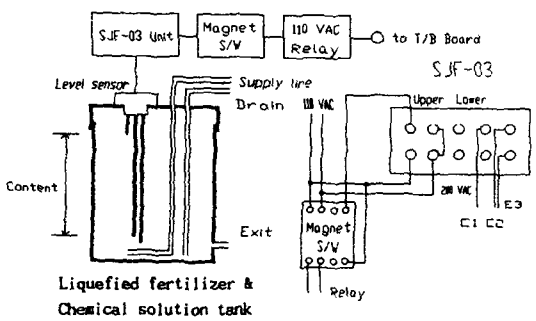

Fig. 9 The level control system of liquefied fertilizer and chemical solution tank

(5) 수위제어 장치

그림 9는 관비와 농약혼합탱크의 수위제어를 위한 장치를 나타내고 있다.

혼합탱크의 재질은 스테인레스로서 두께는 1.2 mm이며, 탱크의 지름과 높이를 각각 60 cm, 90 cm로 제작하였다. 탱크의 상단에는 수위센서와 유입관, 교반용 관이 설치되어 있다. 수위센서는 전극봉(*electrode type*)을 이용하였다. 전극봉은 간편하고, 가격이 저렴할 뿐만아니라 작동성도 우수한 편이다. 수위센서의 입력신호는 릴레이(SJF-03)를 통하여 마그넷으로 전달된다.

(6) 종합제어 시스템

가) 입출력 포트

입력은 토양수분센서의 건조점과 관수중단점, 수량계의 펄스, 관비혼합탱크의 하한선과 상한선, 농약혼합탱크의 하한선과 상한선, 방제용 모터의 진행거리 제어용 근접센서 2개, 환기용 모터의 회전수 계측으로 모두 10 점으로 하였다. 그리고 온도 5 점, 습도 1 점을 포함하여 입력은 모두 16 점이 되었다. 출력은 총 24 점으로서 펌프 3, 전자밸브 13, 방제용 모터의 전·후진 2, 좌·우 천창의 모터 개폐 6 점이며, 리드 릴레이(reed relay)카드는 2장이 사용되었다.

입력 부분의 근접센서와 수량계는 각각 DC 전압과 유닛을 사용하였으며 온,습도를 제외하고 모두 접점 입력을 하였다.

나) 컴퓨터 제어 장치

그림 10은 본 연구를 수행하기 위하여 장치한

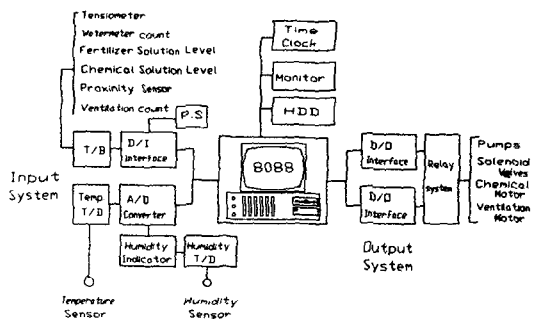

Fig. 10 Computer block diagram for automatic control system

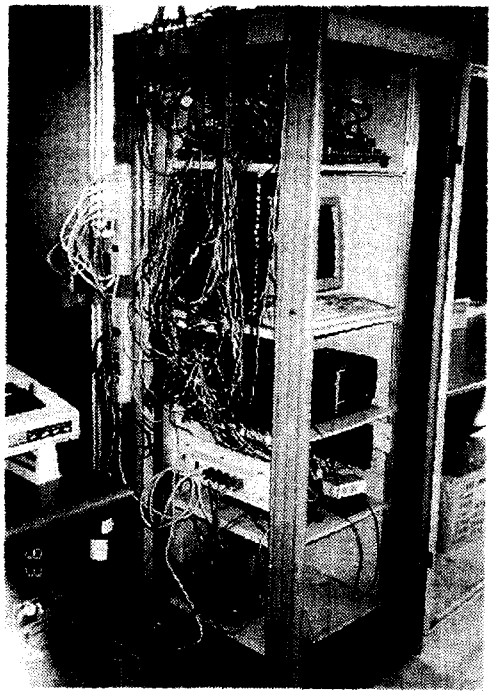

Fig. 11 The appearance of computer control system for this experiment

계측, 제어 시스템의 개략도를 나타낸 것이며, 그림 11은 컴퓨터 제어 장치의 전경을 보여주고 있다.

그림 10에서와 같이 입력장치는 토양수분센서, 수량계, 관비탱크의 수위, 농약탱크의 수위, 농약살포제어용 근접센서, 환기용 근접센서 등이 접점 형태로 입력된다.

입력자료는 컴퓨터를 통하여 연산, 제어되며 출력신호는 D/O 인터페이스인 리드 릴레이를 거쳐서 작동기(actuator)로 연결되어 있다. 작동기에는 각종 펌프와 전자밸브, 방제용 모터, 환기용 모터 등이 있다.

(7) 종합제어용 Controller

컴퓨터에 의한 관수, 관비, 방제의 종합제어 장치의 개발은 프로그램이나 하드웨어적인 보완작업, 시스템의 수정 등에 있어서 편리하다. 그러나 재배자의 측면에서는 사용상 불편한 점이 많기 때문에 기기를 축소하고, 회로를 간편하게 하며 입출력의 동작이나 처리가 단순하여야 한다. 즉 컴퓨터의 복잡한 기능을 보다 쉽게 이용할 수 있도록 제작되어야 한다.

본 연구에서는 컴퓨터에 의한 관수, 관비, 방제, 환기, 온·습도의 계측, 혼합, 수위의 제어 등의 작업을 목적으로 실용적인 견지에서 개선하고, 개선된 컴퓨터 시스템을 종합제어용 Controller의 설계에 기준으로 하여 모든 동작을 자동적으로 수행할 수 있는 기기를 개발하였다.

그림 12는 개발된 종합제어용 Controller의 내부 구조도를 나타내고 있다.

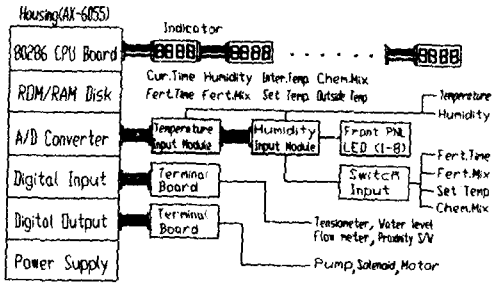

Fig. 12 The internal block diagram of a developed controller

지시계는 모두 8개로서 현재시간, 습도, 내부온도, 외부온도, 설정온도, 관비혼합비, 농약혼합비, 관비공급시간을 표시한다. 지시계는 4자리 숫자로 8개를 직렬접속하고 Shift register 회로 방식으로 선을 5가닥으로 최소화 함으로써 경비를 줄일 수 있다. CPU는 Watch-dog timer 기능이 내장되어 시스템 정지시에 1초 이내에 자동복귀가 이루어 진다.

제어기는 80286을 One-board로 제작 함으로써 메모리 기능의 ROM과 RAM이 따로 부착된다.

그리고 온도와 습도를 계측하기 위한 A/D 변환기는 컴퓨터 시스템에서 이용한 것과 동일한 AX5210을 사용하였고, Input module로서 AX 752를 사용하여 전면 판넬에 작업중 임을 알리는 LED 8개를 작동시키도록 하였다. 또한 지시계의 설정값 입력을 위하여 사용하는 스위치 입력도 동시에 연결되었다. 스위치 입력은 관비공급시간과 관비혼합비, 농약혼합비, 하우스의 내부설

정온도를 외부 입력시키는 기능을 하고 있다. 그리고 설정치의 입력방법은 수치의 Up, Down 방식을 적용 함으로써 스위치의 동작을 단순화 시켰다.

판넬 외부의 LED 및 스위치는 TTL Level의 입출력 포트로 접속하여 하드웨어를 구성하였으며, 외부의 디지탈 입력단자는 Opto-coupler isolation board를 사용하여 잡음을 최소화 하였다.

그림 13은 종합제어용 Controller의 외관도를 나타내었다.

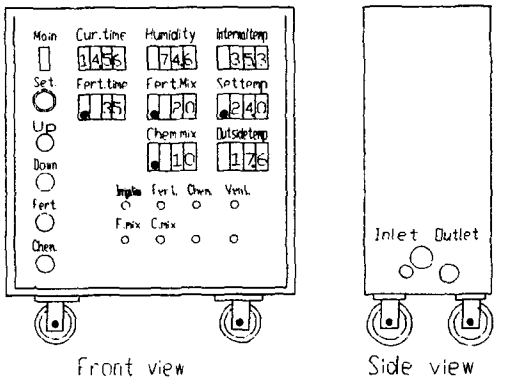

Fig. 13 The feature of a developed controller

그림에서와 같이 좌측은 주 스위치는 Controller의 작동을 시작하도록 하는 역활을 하며, 설정 스위치는 수치 입력명령을 하는데 사용된다. 즉 하우스 내부의 작물생육에 적합한 온도를 설정하거나 관비의 농도, 농약의 농도, 관비의 시간 등을 설정할 수 있다. 지시계의 상단에는 현재의 시간과 습도, 하우스의 내부온도가 표시되고 하단에는 외기온도가 표시되도록 하였다.

관비의 공급은 관비스위치(Fert.)의 작동에 따라 작업이 시작되며, 공급시간은 미리 설정한 시간 만큼 점적관수가 이루어진다. 관비가 이루어지는 동안 하단에 있는 관비신호(Fert.LED)가 작동되어 관비중 임을 나타내게 하였다.

만약 관비중에 관비혼합탱크에 양이 부족할 경우 관비작업을 중단하고 관비를 다시 보충하게 된다. 관비가 혼합중 임을 관비혼합표시등(F. mix LED)에 점등되게 하였다.

방제도 재배자가 방제스위치(Chem.)를 눌러 작동을 할 수 있다. 방제작업의 횟수는 프로그램에서 조정이 가능하며 본 연구에서는 왕복 1회로 하였다. 방제 작업도 관비의 경우와 마찬가지로 작업이 이루어지면 방제등(Chem.LED)에 신호가 들어오며 농약혼합탱크에 농약이 부족하면 관비의 경우와 마찬가지로 탱크를 채우고 계속 방제가 이루어 지도록 하였다. 주 프로그램이 운영중에 환기가 될 경우 환기용 LED가 점등되며, 환기창이 열리거나 닫히게 되며 습도는 습도센서로 부터 표시되도록 하였다.

토양수분의 계측은 30분 간격으로 이루어지며 토양수분센서의 건조점 입력으로 관수가 될 경우 관수등(Irrigation LED)에 신호가 들어오며 관수가 된다.

나. 실험방법

(1) 관수 및 관비

작물생육에 적합한 토양수분을 유지 시킬 목적으로 사용되는 센서인 경우에는 토양과 작물의 조건에 따라 적정 토양수분장력이 달라질 수 있기 때문에 재배자가 인위적으로 토양수분장력을 조절, 설정할 수 있는 제어형 토양수분센서가 적합하다.

수분의 공급은 건조점을 B(1), 관수중단점을 B(2)로 접점 입력하여 그림 14와 같은 흐름도에 의하여 작동된다.

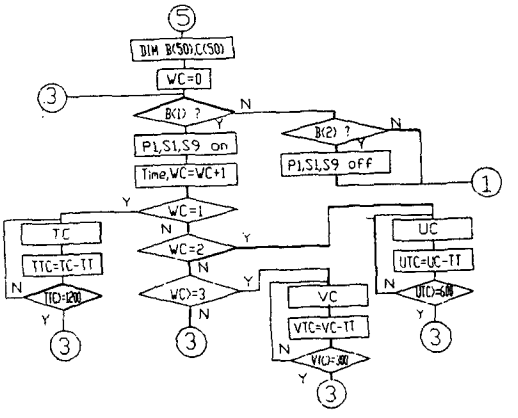

Fig. 14 Flow chart for tensiometer operation

토양수분센서가 건조점에 도달하면 B(1)의 신호가 0이 되며 그림 8의 장치에서 P1,S1,S9가 작동되므로 점적관수가 이루어 진다. 관수용으로 사용한 에미터는 용량 4 ℓ/hr의 보턴형을 이용하였다. 관수가 시작되면 시작 시간을 점검하고, 토양수분센서의 판독간격을 처음(WC=1)에는 20분,두번째(WC=2)는 10분, 그 후(WC=3)에는 5분 간격으로 판독하도록 하였다. TC, UC, VC는 판독시간을 나타내고 있다. 또한 토양수분센서의 접점을 확인(B(2))하여 관수중단점의 도달, 즉 B(2)=0 상태가 되면 P1, S1, S9이 멈추게 되고, 다시 주 프로그램으로 복귀되도록 하였다.

관비의 제어는 입력 신호에 관비명령을 주고 관비시간을 입력 함으로써 관비가 이루어진다.

관비작업을 수행하기 위한 흐름도는 그림 15와 같다.

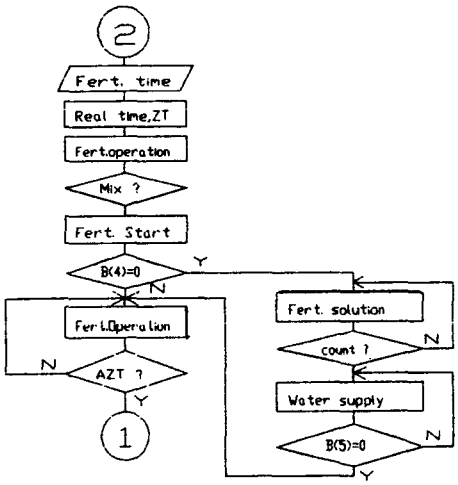

Fig. 15 Flow chart for supplying liquefied fertilizer solution

관비작업은 재배자가 관비시기라고 생각하는 경험적 판단이 대단히 중요하지만 관비시기를 계측, 판단하는 작업은 현실적으로 어려움이 많다. 그러므로 관비시기의 판단은 재배자가 결정하고 그 후의 작업은 자동으로 이루어지는 것이 바람직하다. 따라서 관비공급 흐름도에서는 관비공급시간(Fert.time)의 입력이 요구되고 이때의 시간을 판독(ZT)하며 관비작업이 개시된다. 관비혼합탱크의 교반은 관비 공급 이전에 약 5분간 S2, P1, S11이 작동되고, 탱크내를 강제 순환시켜 혼합을 촉진한 후 S2, P1, S9의 작동에 따라 관비작업이 이루어진다.

관비액의 혼합은 10 %로 설정(Mix)하였다. 이때 펄스(Count)는 166 펄스이며 펄스당 유입량은 92.65 cm3이므로 약 15380 ㎤, 즉 15.38 리터가 된다. 그 후 물이 공급(B(5)=0)되며, 물의 공급 펄스는 1664 로서 약 154170 ㎤, 즉 154.17 리터가 유입된다. 관비작업 중 관비혼합탱크에 관비혼합액이 부족할 경우(B(4)=0) 관비혼합액을 만드는 시간은 공급시간(AZT)에서 제외되도록 프로그램하였다. 그리고 관비작업이 종료되면 주 프로그램으로 환원되도록 하였다.

(2) 방제

방제작업을 위한 방제시기도 센서에 의해 결정하는 것은 대단히 어려울 것으로 생각된다.

본 연구에서는 재배기간중 3~4회 정도 작업되는 방제는 재배자가 직접 작동시키는 방식으로 하였다. 방제작업을 수행하기 위한 프로그램 흐름도는 그림 16과 같다.

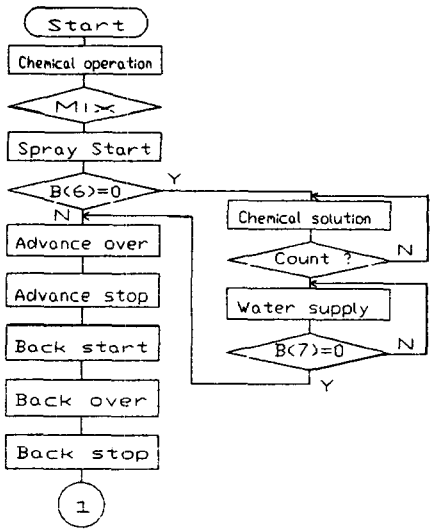

Fig. 16 Flow chart for spraying chemical solution

방제작업은 농약의 혼합농도(Mix)를 설정하고 작동기의 P2, S3, S12가 먼저 작동되어 약 5분간 충분히 교반한 후 P2, S3, S10에 의하여 농약혼합액이 방출된다. 이때 방제호스 속의 공기

가 배출되는 시간이 요구되므로 방제용 모터의 작동은 방제용 호스에 농약이 충분히 충만된 시점부터 진행하므로 약 15초 후에 하우스를 종방향으로 왕복(Advance and Back)하게 하였다. 이때 농약의 살포압력은 1.5 kg/㎠이었다. 농약혼합탱크의 양은 관비작업의 경우와 마찬가지로 계속 확인하게 된다. 만약 수위센서의 하한선 신호가 입력(B(6)=0)되면 방제작업은 중단하고 농약액을 공급하게 된다. 농약은 1 %의 농도로 설정(Count)하여 혼합하였으며 농약혼합탱크의 용량은 169.5 리터이며, 펄스당 수량은 0.093 리터이므로 농약혼합탱크의 수량계 펄스는 1830이 된다.

그러므로 농약 1 %의 정량적인 혼합은 약 18 펄스(1.67 리터)가 되고 나머지 1812 펄스(167.88 리터)는 물이 보충되게 하였다. 정확한 1 %의 혼합이란 농약이 18.12 펄스가 되어야 하지만 이것은 계수상 불가능하므로 18 펄스로 하였다. 그리고 물의 채움에 있어서 농약혼합탱크의 수위센서 상한선의 신호(B(7)=0)에 도달되면 물의 유입도 중단되도록 하였다. 탱크의 혼합이 끝나면 다시 교반을 일정시간 하게되고 계속 방제작업이 이루어지도록 프로그램 하였다.

본 연구에서는 방제작업을 왕복 1회로 프로그램 하였으나 필요에 따라서 방제횟수는 조절이 가능하다. 뿐만 아니라 P2, S10, S13을 동작하여 엽면 살수도 작업이 되도록 제작하였다.

(3) 환기

온도의 계측은 환기장치의 운용에 이용되는 기본자료로서 하우스내에 가장 중요한 역활을 하고 있다.

온도 및 습도 계측과 환기를 위한 흐름도는 그림 17과 같다.

위 흐름도에 따라 계측된 온도는 판독 순간에 모든 채널에 10번씩 판독한 값을 적산(Sum)하여 그 평균치(Average)를 나타내게 함으로써 판독 오차를 거의 줄일 수 있었다.

그리고 전술한 바와 같이 5개의 위치에 판독한 온도를 모두 평균(AT)하여 미리 설정한 하우스내 설정온도(ST)와 비교(AT>ST)하도록 하여

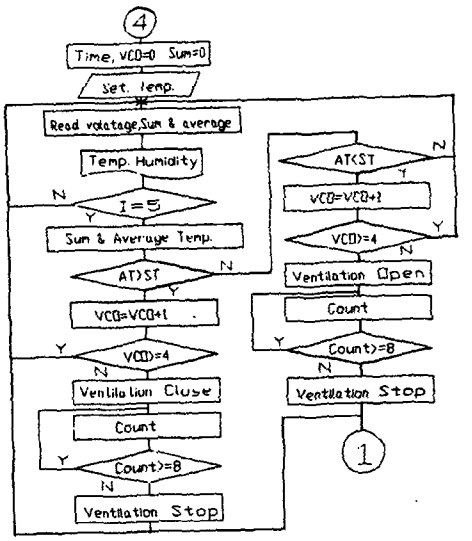

Fig. 17 Flow chart for temperature measurement and ventilation

하우스내의 평균온도가 설정온도보다 높으면 좌,우측창과 천창이 열리게 된다. 이때 우측창에 설치한 근접센서의 회전신호 입력(VCO)에 따라 펄스가 8개씩 동작(Count)=8)되도록 하였다. 그러나 계속해서 반복되는 동안 환기창의 열림 계수는 3회 까지만 허용하므로 모두 24 펄스 이상은 동작되지 못하게 하였다. 이때 창의 열림은 최대 63cm 가 된다. 우측의 흐름도는 창의 닫힘을 나타내는 알고리즘으로 열림의 반대로 구성되어 있다.

(4) 수위제어

수위제어는 관비혼합탱크와 농약혼합탱크에 사용되었다.

수위의 제어는 수위센서의 하한선 신호가 관비혼합탱크의 경우 B(4), 농약혼합탱크의 경우 B(6)이며 입력에 따라 관비와 농약이 각각 먼저 채워지게 된다. 여기서 관비와 농약의 공급량은 미리 수량계의 펄스로 설정해 둠으로써 적정량으로 조정할 수 있다. 그리고 관비와 농약의 공급후에 물의 공급은 수위센서의 상한선까지 채워진다. 이와같은 정량적인 제어는 비교적 오차도 적고 쉬운 장점이 있다. 이러한 정량적인 방법에 의하여 농약과 관비를 혼합하기 때문에 수

위센서의 상한선에 정확하게 수량계의 펄스는 일치하지 않는 경우가 대부분이다. 프로그램에서는 수위센서의 상한선의 신호가 입력되어 있으므로 관비와 농약혼합탱크의 입력 포트중 B(5), B(7)의 신호입력에 따라 수위센서의 상한선까지 혼합탱크의 수량이 충만된 것으로 판단하기 때문이다.

(5) 종합제어

컴퓨터를 이용한 종합제어 시스템의 흐름도는 그림 18과 같다.

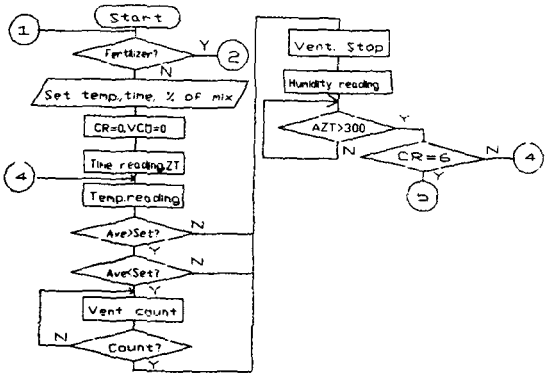

Fig. 18 Main flow chart for operation of automatic control system

주 흐름도에서와 같이 먼저 방제 또는 관비공급을 확인하고, 설정온도와 관비공급시간 그리고 혼합비율을 입력하도록 하였다. 또한 프로그램의 반복 횟수를 초기화(CR=0, VCO=0)하고 현재의 시간이 입력되도록 하였다. 이때 설정온도와 하우스내의 온도를 비교하여 환기가 이루어진다. 환기는 좌,우측창과 천창 모두 동시에 작동되며, 우측창의 회전수(Count)에 따라 미리 설정된 위치 많큼 열리게 된다. 환기창이 완전히 열리는 시간은 약 15분 이내에 완료되고 30분이 경과하게 되면(CR=6) 토양수분을 계측하게 된다. 따라서 토양수분의 계측 간격은 30분이며, 토양수분의 건조점 신호가 입력되지 않으면 5분 후 다시 온도를 계측하게 된다.

(6) 종합제어용 Controller

종합제어용 Controller의 운영은 주 스위치의 작동에 의하여 시작된다. 이때 주 프로그램이 처음부터 실행되며 바로 설정치의 입력을 요구하게 된다. 설정치의 입력은 설정 스위치를 사용하여 Set temp., Fert.Mix., Fert.time, Chem.time이 지시계에 점등 순서되로 입력할 수 있다. 이때 설정 스위치 아래에 있는 Up과 Down 보턴으로 설정치를 조정하면 약 3초후에 자동으로 설정이 이루어진다. 외부의 입력이 완료되면 지시계에 현재 시간과 습도, 내부온도, 외부온도가 지시되고 설정치는 Set된 값으로 고정된다. 내부온도와 설정온도가 5분 간격으로 점검되며 내부온도가 설정온도보다 높으면 환기창이 열리게 되며 환기용 LED에 점등된다. 좌·우측창과 천창이 완전히 열리면 온도만 지시되고 작동기기는 제어되지 않도록 하였다.

주프로그램이 진행 중에 재배자가 관비의 시기라고 판단하면 Fert.보턴을 누른다. 이때 주 프로그램의 실행은 중단하고 관비 프로그램이 실행된다.

관비의 공급시간은 설정 스위치에 의하여 설정된 시간 만큼 관비 공급이 되며, 관비 공급 도중에 관비 혼합탱크가 비워질 경우 관비 공급은 중단하고 다시 관비를 혼합 보충하게 된다. 이러한 경우에 F.Mix의 LED가 혼합이 되고 있음을 나타낸다. 혼합이 끝나면 Fert.time의 설정 시간에서 관비 혼합에 소요되는 시간을 제외한 나머지 시간 동안 계속 관비공급이 이루어 진다.

방제의 경우도 관비와 거의 동일한 방법으로 프로그램되었고 완료 후에는 주 프로그램으로 복귀되도록 하였다.

3. 결과 및 고찰

(1) 관수 및 관비

토양수분의 장력은 토양내의 수분 보유와 이동의 원인이 되며 작물 생장에 필요한 토양수분은 작물의 종류, 성장시기, 토양 등에 따라서 달라진다. 그러므로 관수 자동화에는 모든 작물의 성장시기에 따른 적정 토양수분장력은 재배시험의 결과를 이용할 수 있는 제어형 토양수분센서

가 요구된다. 지금까지 많이 사용하고 있는 외국산 제어형 토양수분센서를 국산화로 개발 함으로써 외국산에 비하여 약 20~30 %의 가격으로 제작이 가능하였다. 또한 성능면에서 문제가 되고 있는 수분의 보충 간격을 외국산의 경우 2~5일 정도인데 비하여 약 10일 이상 연장할 수 있으므로 관리면에서 큰 장점이 있는 것으로 생각된다.

뿐만 아니라 토양수분센서는 매설 상태에서 흔들림이 발생하면 센서에 손상을 줄 뿐만 아니라 계측의 오차도 발생하게 된다. 그러므로 센서의 흔들림을 방치하기 위한 지지대가 동시에 설계되었다. 제어형 토양수분센서를 이용하여 관수작업을 수행하는 프로그램은 비교적 간단하며 작동성이 우수하였다. 그리고 이론적인 과잉관수 시간은 토양수분 계측 간격에 따라 5분 이하가 된다.

관비도 관수용 점적관수 장치를 통하여 공급되도록 하였다.

관비 입력신호에 따라 일정시간 공급되게하는 선택적 관비방식을 채택하였다. 관비의 공급시간도 필요에 따라 수정이 가능하다. 관비가 수행되는 동안 관비혼합탱크의 수량이 부족할 경우 관비는 중단되고 다시 혼합한 후 나머지 시간 동안 관비가 계속되도록 하였다. 관비작업이 완료되면 주 프로그램으로 복귀하도록 하였다.

(2) 방제

방제작업은 시설의 조건, 규모, 작업의 특성, 농약의 혼합 등이 변수로 작용하고 있다. 뿐만아니라 작물의 종류와 상태에 따라서 방제 방법이나 노즐의 선택도 중요한 사항으로 판단된다.

따라서 기존 시설에 간단히 부착할 수 있는 방제장치가 필요하며 비용도 비교적 저렴한 것으로 시설 제작회사에서 쉽게 제작할 수 있도록 설계하였다. 방제는 농약을 살포하는 작업으로서 작물의 엽면에 골고루 분무해 줄 수 있는 살포장치가 요구된다. 또한 재배작물의 종류에 따라서 살포장치가 달라져야 하므로 살포장치 부분은 일반적인 하향살포 외에 상향살포 부분은 필요에 따라 교환할 수 있도록 하였다.

그리고 중앙 유입구까지의 호스에 들어있는 공기를 배출하고 노즐에 정상적인 압력이 걸리는 시간은 약 15초 정도 소요되었다. 따라서 프로그램에서는 농약 살포용 펌프와 전자밸브가 먼저 작동하고 15초 후 진행용 모터의 신호가 출력되도록 하였다.

본 연구에서는 왕복거리를 1회로 프로그램한 결과 동작성은 양호하였다. 그러나 재배 작물의 특성에 따라 방제효과를 높일 수 있는 노즐 분포와 분무 입자의 크기, 압력 등에 관한 계속적인 연구가 요구되었다.

(3) 환기

환기작업은 시설하우스의 환경제어에 있어서 가장 중요한 부분이다. 환기작업의 주 목적은 밀폐된 하우스 내부의 온도를 떨어지게 하는 것이다. 따라서 환기장치는 하우스 내부의 계측된 온도에 따라 이루어진다.

하우스 내부의 온도 변화는 환기 상태에서 매우 복잡하므로 한 부분의 온도 값을 표준 값으로 설정하기는 어렵다. 따라서 5 점의 값을 평균하여 하우스 내부의 기준온도로 선택하였다. 이와 같이 계측된 평균온도가 미리 설정한 최적온도와 비교하여 높을 경우 환기창이 열리게 된다.

온도는 5 분 간격으로 판독하며 우측창에 설치된 회전수 계수용 근접센서에 의하여 8 펄스씩 계수하도록 하였다. 즉 환기창의 1 회전에 4 펄스가 되므로 2 회전만 동작하고 정지하게 된다. 이때 환기창의 열림은 18 cm가 된다. 환기용 감속 모터의 회전수는 5 rpm이다. 그러므로 1 회 동작에 소요되는 시간은 약 24 초가 된다.

다음 5 분 후에 온도가 판독될 때 역시 설정온도와 비교하여 하우스 내부 온도가 높을 경우 다시 8 펄스가 계수되고 회전된다. 이때 21 cm가 더 열리게 되므로 모두 39 cm가 열리게 된다. 이와같이 하여 3 회에서는 24 cm가 열려 모두 63 cm가 열리게 되며 회전펄스 계수는 모두 24 회로 기억이 된다. 환기창이 일정하게 열리지 않는 이유는 환기봉에 비닐이 감겨 있어 지름의 변화

가 생기기 때문이다. 환기창의 열림이 3 회에 걸쳐 끝나면 온도의 비교와 상관없이 환기창은 열리지 않도록 하였다.

만약 하우스 내부의 온도가 설정온도보다 떨어질 경우에는 열리는 방법과는 반대로 8 펄스씩 닫히게 하였다. 그러므로 하우스의 환기창이 열리거나 닫히는 시간은 각각 약 15 분이 소요되지만 프로그램의 변경에 따라 변화가 가능하다. 그러나 정전시에는 프로그램이 초기화가 되므로 중간 정도 열려 있을 경우에는 문제가 될 수 있다. 본 연구에서 계속적으로 연구 중이므로 해결될 것으로 판단된다.

(4) 혼합

관비나 농약의 혼합은 펌프와 전자밸브, 수량계를 이용하는 일반 산업분야에서 많이 이용되고 있는 방식을 적용하였다. 펌프에서 공급되는 수량은 수량계를 통한 출력 펄스(약 2 P/sec)를 프로그램에서 계수하는 방법으로서 비교적 정확하였다.

수량계의 오차는 정밀도와 밀접한 관계가 있다. DYOS－20 수량계는 ±0.5 % 이내의 오차를 나타내므로 농약을 공급하고난 후 물을 혼합하는 경우에 최대 공급펄스가 1812에 대하여 약 1 개의 펄스가 이론오차이다. 즉 1811～1813 펄스가 이론적으로 계측되어 진다. 따라서 수량의 오차는 0.1 리터가 된다.

본 연구에서 실제로 혼합한 결과 ±2～3 펄스의 오차가 발생하였다. 그러므로 수량적 오차는 ±184～276㎤, 즉 0.18～0.28 리터의 오차가 발생하였다. 이것은 전체량에 비하여 ±0.1～0.15 % 이므로 0.2～0.3%의 오차로 비교적 제어량이 정확한 것으로 판단되었다.

(5) 수위제어

관비나 농약을 일정농도로 혼합하는 혼합탱크에 설치되어 있는 수위제어 장치는 전극봉형으로서 공급량의 변동이 거의 없는 탱크에 정해진 량을 공급하기 위하여 사용하였다. 즉 전극봉의 길이를 수위의 하한선과 상한선의 위치에 조절함으로써 하한선과 상한선 사이에 제어되기 때문이다. 이러한 전극형의 수위센서는 가격이 저렴하며 릴레이 유닛의 동작성이 우수하기 때문에 관비나 농약의 혼합용으로 적당하였다.

관비나 농약을 먼저 혼합탱크에 설정된 펄스만큼 혼입한 다음 물을 유입하며 물의 유입도 역시 펄스에 따라 혼입이 된다. 그러나 수위의 상한선 접촉신호가 입력 될 때까지 물이 공급되지 않으면 상한선의 입력신호가 On 상태로 있기 때문에 상한선의 신호가 필히 입력되어야 한다. 따라서 물의 혼입에 있어서 설정 펄스보다 항상 큰 펄스를 프로그램하여야 한다.

즉 상한선에 물이 도달하면 Off의 신호가 D/I 인터페이스로 입력되고 혼합동작이 완료되기 때문이다. 그 후 혼합액이 소모되어 상한선의 접점이 떨어져도 수위센서는 여전히 Off 상태에 있게 되며 하한선 아래까지 소모된 후에는 On 상태로 신호의 입력이 이루어지게 된다.

이때 다시 원액이 설정량 만큼 유입되고 다시 물이 수위센서의 상한선까지 채우게된다.

정밀도는 수량계의 펄스에 좌우되며 수위센서의 접점과 동작성은 우수하여 수위제어 장치로서 경제성과 간편성이 인정되었다. 다만 기존 수위제어 장치는 원액과 물의 량을 전극봉의 조절로서 2중으로 동시에 제어할 수 있는 릴레이 유닛의 개발이 요구되었다.

(6) 종합제어

종합제어 시스템의 성능은 전술한 바와 같이 각각의 목적에 적합한 프로그램을 전체적 목적에 부합되도록 잘 조합하며, 장애(interrupt)로 인한 프로그램의 결함이 없어야 한다.

그러나 환기의 경우 작업 도중에 정전으로 인한 프로그램의 초기화 설정에 약간의 개선점을 가지고 있으며, 수위의 제어에 있어서 관비액이나 농약의 혼합 후에 물의 혼합시에 있어서 물이 탱크의 상한선까지 도달하지 않으면 Off 신호의 입력이 되지 않아 물 공급의 경우 펄스 신호의 의미가 없기 때문에 프로그램의 수정이 다소 요구되고 있다.

혼합 탱크의 교반을 위하여 관비나 방제 작업시 약 5분간 교반하도록 하였으며 관비나 방제

작업용 펌프를 각각 사용하였다. 이 점에 있어서는 적절한 용량의 플렌지 펌프(plunge pump)를 한대 사용하여 관수, 관비, 방제를 모두 작업하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

또한 물, 관비, 농약 탱크와 관비 및 농약의 혼합 탱크의 용량을 규격화하면 수량계와 같은 고가의 기기를 사용하지 않고, 펌프의 시간적인 동작으로 혼합을 할 수 있다. 뿐만아니라 수위의 계측이나 이에 따른 장치도 거의 프로그램에 따라서 제어가 되기 때문에 시스템 외적인 장비의 사용은 최대한 제한하고 간편하게 할 수 있다.

(7) 종합제어용 Controller

종합제어용 Controller는 관수, 관비, 방제, 환기, 혼합제어 등의 작업에 적합한 하드웨어 장치들을 규격면에서 축소하고, 사용면에서 간편하게 할 목적으로 수행하였다.

아직 개발 단계에 있기 때문에 종합제어용 Controller는 80286 CPU와 입출력 장치를 연결할 수 있는 범용형으로 구성 하였다. 또한 프로그램의 수정이나 기기의 내부 작업도 쉽게하기 위하여 약간 크게 설계하였으며 필요에 따라 기기의 확장이 가능하도록 하였다.

개발된 종합제어용 Controller는 아직 실용면에 있어서 개선하거나 보완하여야 할 점이 많이 있으며, 비용의 절감을 위하여 회로의 설계를 최적화할 필요성이 있다. 그러나 이러한 작업은 계속적인 연구와 실증을 통한 시험의 결과가 요구된다. 특히 프로그램을 최대한 이용하여 작동기를 줄이거나, 성능을 높이는데 가장 중요한 역할을 하고 있다.

프로그램은 반복적인 시험과 연구에 따라 계속적인 수정이 이루어지기 때문에 신속하게 완벽한 프로그램을 완성하기란 어려운 실정이다. 따라서 연구 중에 보다 실용적인 방법과, 비용을 절감, 시스템을 축소, 사용의 편리성 등에 있어서 계속적인 연구가 필요하다.

4. 결론

시설재배의 자동화는 작물의 재배 및 시설의 조건, 작물의 종류와 특성 등에 따라 발생되는 여러가지의 변수를 고려하는 방향으로 이루어져야 한다. 따라서 메카트로닉스의 문제보다 생육에 필요한 변수들의 설정이 중요하며, 이러한 문제점을 충족하는 자동화 시스템은 운영면에서 단순화 시켜야 하는 어려움이 있다. 뿐만 아니라 우리나라에서는 아직 개별 자동화조차 완전하지 못한 여건이기 때문에 종합자동화에 더 많은 노력이 요구되고 있다.

본 연구는 시설재배에서 가장 인력이 많이 소요되는 작업부터 종합자동화를 하기 위하여 관수, 관비, 방제 및 환기 등의 종합제어를 목적으로 수행하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 관수 자동화는 제어형 토양수분 센서를 이용하는 것이 바람직하다고 판단되어 성능이 우수한 토양수분센서를 개발하였다.
2. 방제 자동화를 위하여 개발된 방제 시스템은 작동성이 우수하였다.
3. 관비와 농약의 혼합을 위하여 수량계를 사용한 결과 그 오차는 ±0.1~0.15%의 범위로 나타났다.
4. 수위제어를 목적으로 사용한 Electrode type의 전극봉은 제어성이 우수하였고 경제적이었다.
5. 각종 탱크가 시설규모에 적합하게 규격화된다면 수량계와 수위제어 장치 등을 제외할 수 있으므로 시설의 비용을 크게 줄일 수 있을 것으로 사료된다.
6. 개발된 종합제어형 Controller는 하드웨어면에서는 양호하였으나 프로그램은 더욱 개선되어야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 김철수, 김진현. 1989. 마이크로 컴퓨터를 이용한 시설원예작물 재배의 관개자동화에 관한 연구, 한국농업기계학회지. 14권 2호. 한국농업기계학회.
2. 김철수,김진현. 1991. 자동관개 시스템을 이용한 시설 오이 재배에 관한 연구, 한국농공학회지. Vol.33－1. 한국농공학회.
3. 김철수,김진현. 1993. 시설재배지 관수, 관비, 방제 종합시스템의 자동제어장치 개발, 특정연구과제 2년차 보고서. 농촌진흥청.
4. 김철수, 김진현. 1994. 마이크로 컴퓨터를 이용한 시설재배 자동화에 관한 기초연구(Ⅰ), 한국농업기계학회지. 19(2). 한국농업기계학회.
5. 김영해역.1990. 센서인터페이싱 No.1,2.3.4. 기전연구사.
6. 동양메카트로닉스연구회편. 1991. 전자제어회로집. 가남사.
7. 이임헌편.1990. 모터제어기술. 성안당.
8. Douglas M.Considine.1985. Process instruments and controls handbook. Mcgraw-hill.
9. Benjamin C.Kuo.1985. Automatic control systems. Tower press.