

# 마이크로컴퓨터에 의한 시설재배의 자동화에 관한 기초연구( I )<sup>+</sup>

## A Fundamental Study for the Automatic Control System in Greenhouse Using Microcomputer( I )

김철수\*                      김진현\*  
C. S. Kim                      J. H. Kim

### Summary

Automatic control system using microcomputer that have been studied in greenhouse, however, it was very difficult operation with success due to handicap for a various conditions and cultivated plants. This study was performed in order to develop of the basic program and hardware system for automatic control in greenhouse, such as automatic supplying of water, liquefied fertilizer solution and chemical solution.

The results were summarized as follows.

1. The program for soil moisture control used by the switch type tensiometer was well operated.
2. The proximity switch was applied as well to water level control but it was very expensive, so low-priced sensor has to be developed.
3. The water meter was not excellent for mixing control of liquefied fertilizer, chemical and water, so water meter for only agriculture has to be developed.
4. Interface system for this study was suited to the developed controller.
5. Automatic control system to supply for water, liquefied fertilizer and chemical solution that was well operated as a fundamental study for product of controller.

### 1. 서론

국제무역의 개방에 따라 외국 농산물의 수입은 급증하고 있으나 국내에서는 이의 대비가 여러가지 측면에서 부족한 실정이다. 특히 인력의 부족난과 농산품의 고품질성, 생산원가 절하 등

은 필히 극복되어야 할 장애로 볼 수 있다.

최근에 컴퓨터 산업의 눈부신 발전으로 모든 분야에서 큰 도움을 주고있다. 그러나 유독 농업 분야에서는 이용 속도가 대단히 느릴 뿐만 아니라 실제적 이용에 있어서 많은 어려움을 가지고 있다. 그중 가장 큰 어려움은 농업 기초자료의

+ 본 연구는 '92년 농촌진흥청 특정연구개발 사업비 지원으로 수행되었음.

\* 진주산업대학 산업기계공학과

부족과 인식 부족, 그리고 전문기술의 낙후를 들 수 있다.

일부 연구소나 농가에서는 외국의 시스템을 도입하여 이용하고 있으나 대다수가 高價이나 상당 부분은 국산화가 가능한 것들로 판단된다. 이러한 외국 시스템의 도입이 점차 늘어가는 국내 기술의 취약성과 농가의 생산비 부담은 그만큼 증가되므로 바람직하지 않다.

근년에 UR 등의 영향으로 정부, 국민, 대학 및 연구소 등에서 기술집약의 농업에 대하여 인식이 더욱 고조되었으며 이에 대한 연구 노력도 점차 확대되어 가고 있다. 인력의 부족현상과 농산물의 고품질화의 문제는 결과적으로 자동화(Automation)의 도입을 의미한다.

자동화는 물리적인 현상의 인식과 이에 상응하는 응답성을 요구하므로 각종 계측용 센서와 작동기가 필요하며, 이를 운영하는 하드웨어와 소프트웨어가 갖추어져야 한다. 그리고 소프트웨어의 기준이 되는 기초자료의 연구도 절실하다.

이러한 자료 및 기술의 축적은 농업의 과학화에 밑거름으로서 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

본 연구에서는 이상의 연구 필요성에 의하여 시설재배 자동화를 위한 관수, 액비, 방제의 종합제어 시스템을 개발하고자 한다. 그리고 개발된 컴퓨터 시스템을 소형, 경량화하여 제어기(Controller)로 제작하고 실증시험을 통하여 보다 실용적인 제어기를 완성함을 목적으로 한다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 가. 실험장치

#### (1) 토양수분 계측센서

토양수분의 계측은 전기전도도를 이용하는 방법, 중성자를 이용하는 방법, 토양수분의 장력(Potential force, PF)를 이용하는 방법 등이 있

으나 작물이 필요로 하는 토양수분의 이용 범위를 충족시키기에는 PF를 이용하는 토양수분장력계(Tensiometer)가 적합한 것으로 판단된다.

토양수분장력계는 토양의 수분장력을 부압력으로 변환하여 나타나며 점점형 토양수분장력계는 압력계의 수분장력을 지시하는 볼돈관(Bourdon tube)식 압력계의 지시 바늘에 점점형 스위치를 설치하여 관수개시점과 관수중단점을 설정할 수 있도록 되어있는 토양수분센서를 말한다.

그림 1은 본 실험에 이용한 점점형(DM-80, 竹村電氣社)의 토양수분장력계를 나타내고 있다. 여기서 관수중단점의 접점은 자체에서 제작 부착하였다.

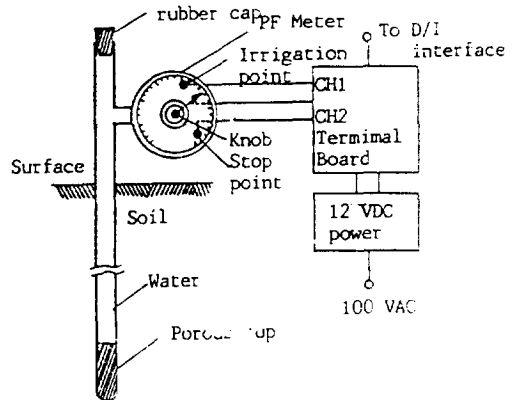


Fig. 1. The plan view of tensiometer for irrigation control.

그림 1에서와 같이 압력계의 바늘을 공통(Common)접점으로 하고 관수개시점과 관수중단점에 접점을 설치하여 바늘이 관수개시점과 접촉하면 관수가 시작되고 관수중단점에 도달되면 관수중단이 되도록 되어있다. 관수개시점과 관수중단점의 부압력 조절은 재배자가 설정할 수 있도록 하였다.

#### (2) 하우스내 온도 및 습도 측정장치

온도는 T-형 열전대(Thermocouple)로 측

정하였다.

그리고 습도의 계측은 습도센서 (Hygro-sensor, FG120U, Galltec사, 독일)를 사용하였다.

습도는 디지털 지시계로 지시됨과 동시에 외부 출력단자를 이용하여 출력신호를 단자(Screw terminal, TB)로 연결하여 안정된 입력전압으로 변화시켜 다시 온도변환기 (AX752, AXIOM, 대만)와 증폭장치 (AX5210, AXIOM, 대만)인 A/D 변환기 (Converter)를 통하여 컴퓨터로 입력되도록 하였다.

(3) 관수 및 혼합장치

관수의 공급과 액비, 방제의 혼합자동화를 위하여 그림 2와 같은 장치를 설치하였다.

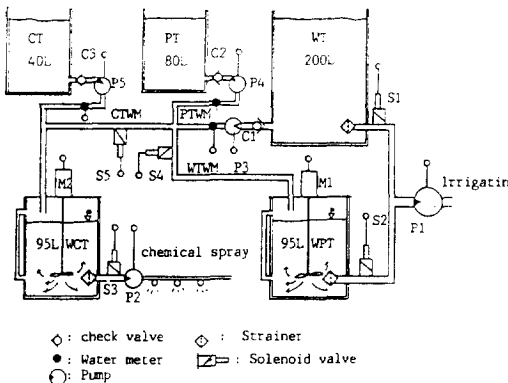


Fig. 2. The schematic diagram for supply of water, liquefied fertilizer and camical solution.

그림 2에서와 같이 관수는 물탱크 (WT)에 부착된 전자밸브 (S1)와 펌프 (P1)에 의하여 이루어

어지며, 물탱크는 플라스틱 수조로서 용량은 200 리터이다.

관수작업은 토양수분장력계의 입력신호 즉 미리 설정된 관수개시점의 입력신호에 따라 이루어진다. 관수는 점적관수 (Drip irrigation)를 하였으며 4l/hr 용 에미터 (Emitter)를 사용하였다.

액비혼합은 물탱크와 80 리터 용량의 플라스틱 액비탱크에 펌프와 수량계 (Water meter, WM), 그리고 체크밸브를 각각 설치하여 혼합시켰다.

물과 액비의 혼합비는 프로그램에 적정 혼합비를 미리 설정, 입력함으로써 가능하다. 즉 각각의 수량은 수량계의 회전 펄스에 비례하므로 회전 펄스의 수를 제어하는 정량제어 (Quantitative control) 방법을 이용하였다.

액비혼합탱크의 용량은 95 리터이며 전자밸브 (S2)와 펌프 (P1)에 의하여 액비공급이 되도록 하였다. 액비의 공급도 점적관수 장치에 의해 이루어 지도록 하였다.

농약의 혼합은 용량이 40 리터 인 농약탱크에 일정 농도의 농약과 수조로부터 유입되는 물과 혼합하여 이루어진다. 이 장치도 액비혼합과 같이 펌프와 수량계, 체크밸브가 설치되어 있다.

농약의 방제는 농약혼합탱크의 전자밸브 (S3)와 펌프 (P2)에 의하여 방제장치로부터 작물의 엽면에 방제되도록 하였다.

물탱크는 1개로서 물을 액비와 농약을 동시에 사용하기 위하여 액비와 혼합할 경우에는 전자밸브 (S5)가 닫혀 (OFF)있어야 한다. 그리고

Table. 1. The Specification of each actuator for experiment

Discription	Substance
Solenoid valve1, 2	22 Watt, 0-7 kg/cm <sup>2</sup>
Solenoid valve3, 4, 5	22 Watt, 0-10 kg/cm <sup>2</sup>
Pump1, 2	300 Watt, 31 l/min, 1.5 kg/cm <sup>2</sup>
Pump3, 4, 5	35 Watt, 20 l/min, 0.28 kg/cm <sup>2</sup>
Mixer1, 2	40 watt, 255-286 rpm
Water meter1, 2, 3	1,67-16.7 l/min, 10 kg/cm <sup>2</sup>

각각의 탱크에 설치된 체크밸브는 물의 역류를 막아주는 역할을 한다. 농약혼합시 수위의 제어와 교반은 액비와 동일하며 농약의 방제시기의 결정은 관리자의 판단에 의하여 프로그램의 입력명령으로 실시할 수 있도록 하였다.

본 실험에 이용한 각종 작동기의 사양은 표 1과 같다.

(4) 액비 및 농약 혼합량 제어

액비와 농약의 혼합량 제어를 위하여 액비와 농약혼합탱크에 수위제어 장치를 그림 3과 같이 설치하였다.

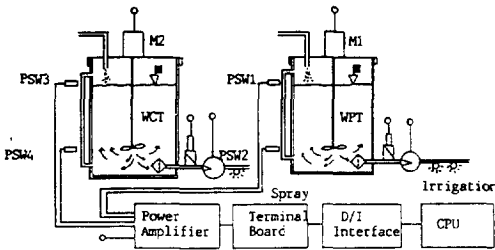


Fig. 3. The schematic diagram for water level control.

그림 3에서와 같이 액비혼합탱크 (WPT)는 물과 액비가 혼합되고, 농약혼합탱크 (WCT)는 물과 농약이 혼합되어진다. 수위의 독립적 제어를 하는 것은 수위레벨 센서와 마그넷, 릴레이 등으로 가능하지만 종합제어 시스템의 목적에는 적합하지 않아 정전용량형의 근접스위치 (Proximity switch, PSW, E2K-C25ME1, Omron사, 일본)를 사용하였다.

여기서 PSW1과 PSW3는 각각의 탱크에 수위상한치를 제어하며 PSW2와 PSW4는 수위의 하한치를 제어하기 위하여 사용하였다. 탱크의 전체 용적은 95 리터이며 수위의 상, 하한치 용적은 51 리터로 하였다. 액비 공급과 방제의 시기는 관리자가 임의의 시기에 실시할 수 있으며 실시 5분전 부터 교반용 모터를 작동시켰다.

근접스위치의 신호는 증폭기 (E2K-1, Auto-

nics사, 한국)를 통하여 접점의 신호로 바꾸고 입력단자를 거쳐서 D/I 인터페이스로 연결되어 있다. 근접스위치의 계측간격은 액비가 공급되거나 방제가 수행중인 경우에는 약 5초 간격으로 계측하여 수위를 정상적으로 유지되도록 프로그램하였다. 근접스위치 감지거리가 25mm이다. 증폭기는 12 V DC의 입력신호를 접점으로 하기 위하여 사용하였다.

그림 4는 근접스위치가 증폭기에 연결된 회로를 나타내고 있다.

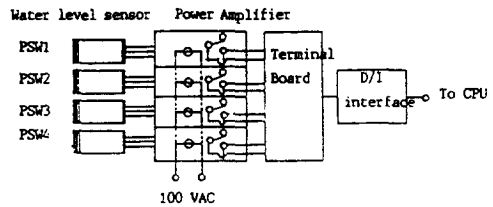


Fig. 4. The connected circuit for water level control.

(5) 배합비 제어

액비와 농약의 배합비는 수량계로 부터 일정 양의 물과 액비, 농약을 각 탱크에 정량적으로 공급 함으로써 이루어진다. 수량계 (Model DYO-GF-20, 한국)의 사양은 지름 20mm, 사용점도 0~200CP, 최고압력 10kg/cm<sup>2</sup>, 공급유량 1.67~16.67ℓ/min을 사용하였다. 수량계는 물탱크, 액비탱크, 농약탱크에 각각 설치하였다.

수량의 계측은 수동 밸브로서 공급수량을 적절하게 설정하고 이때 수량계의 회전수를 카운트 함으로써 가능하다. 여기서 회전수는 펄스로 나타나며 공급 전압은 12 V DC로 하였다.

입력된 펄스는 전압신호이므로 접점으로 변환하기 위하여 증폭기를 사용하였다. 또한 입력되는 펄스수는 약 3 Pulse/s이므로 별도의 카운터 (Counter)를 사용하지 않고 프로그램으로 카운트하였다.

(6) 컴퓨터 제어시스템

본 실험을 수행하기 위하여 구성된 컴퓨터 제어시스템의 블록 다이어그램은 그림 5와 같다.

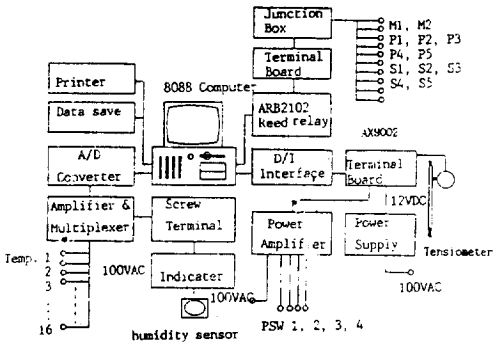


Fig. 5. The block diagram of the automatic control system.

그림 5에서와 같이 입력은 온도 16Ch, 습도 1 Ch, 토양수분장력계 4Ch, PSW 4Ch, 수량계 3 Ch로서 모두 28Ch로 구성되어 있다.

이러한 입력 자료는 모두 제어 프로그램의 출력 명령의 기준이 되며, 자료는 인쇄와 저장이 되도록 하였다. 이와같이 입력된 자료에 따라 출력되는 신호는 리드 릴레이 (Reed Relay, ARB 2102, AXIOM사, 대만)에 의하여 12 V DC의 점점 신호는 MY-4 릴레이로 연결되어 외부 작동기와 통하게 되어있다.

출력을 위한 작동기로는 교반기 2대, 펌프 5대, 전자밸브 5개로서 모두 12Ch이 사용된다.

#### 가) D/I 인터페이스

디지털 입력신호를 처리하기 위하여 인터페이스 카드 (Photo-Couple isolation input card, ARB2001, AXIOM사, 대만)를 사용하였다.

입력신호는 점점입력으로 단자의 정전압 공급 (12 V DC)에 따라 디지털 신호로 처리된다.

이러한 점점입력은 잡음에 강하며 입력범위가 넓어서 신호의 처리에 안정성이 있다. 뿐만 아니라 입력전류가 안정되어 있어 변환 (Conversion)시간이 짧은 장점이 있다.

그림 6은 D/I 인터페이스의 입력 원리를 나타내고 있다.

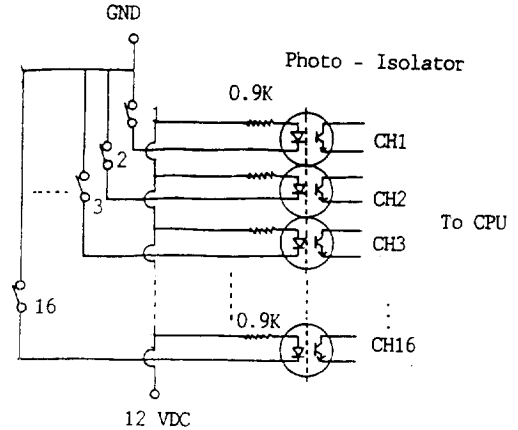


Fig. 6. The fundamental principle of D/I Interface (ARB2001)

#### 나) A/D 변환기

온도 및 습도의 계측을 위하여 A/D 변환기 (AX5210, AXIOM사, 대만)를 사용하였다. AX 5210은 16Ch의 SE (Single ended) 아날로그 입력 또는 8Ch의 DE (Differential ended)로 사용이 가능하며 12bit의 정밀도를 가지고 있다. 또한 증폭도 (Programable gain)가 최대 16배, 시스템효율 (Through put)은 30KHz이며 온,습도 뿐만 아니라 압력, 유량, 수위의 계측이 가능하다.

그림 7은 A/D 변환기의 블록 다이어그램을 나타내고 있다.

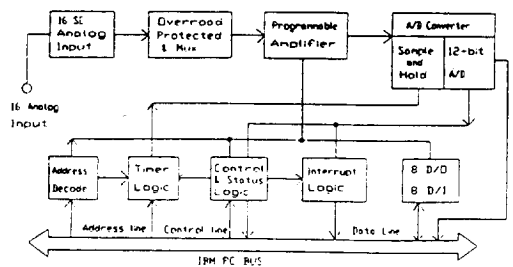


Fig. 7. The block diagram of the A/D Converter (AX5210)

#### 다) 증폭기 및 멀티플렉서 (Amplifier and Multiplexer)

온도를 입력하기 위하여 사용된 변환기는 증

폭회로와 멀티플렉서가 일체로 되어있는 카드 (AX752, Axiom사, 대만)를 사용하였다. 이것은 증폭비가 1,10,50,100,1000 배로 설계되어 있으며 입력된 아날로그 신호는 온도보상 (Cold-Junction Compensation, CJC) 회로로부터 온도의 보상이 이루어진다. 온도 보상용 센서는 열전대용 IC (LM335Z, PMI OP07)들로 설계되어 있다. 그림 8은 증폭기와 멀티플렉서의 블록 다이어그램을 나타내고 있다.

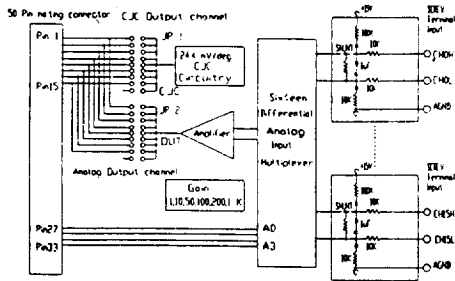


Fig. 8. The block diagram of the AX752 Amplifier and Multiplexer circuit.

라) 리드 릴레이와 릴레이

컴퓨터는 계측된 입력 자료를 연산, 판단한 후 작동기들을 제어하게 된다. 작동기들의 제어는 리드 릴레이를 통하여 동작된다. 리드 릴레이는 16 Ch이 출력되며 덤(Dip)스위치에 의하여 설정된 번지에 각각 8 Ch씩 작동된다.

그리고 리드 릴레이를 통하여 출력되는 신호는 단자를 통하여 다시 릴레이로 연결되어 있다. 사용된 릴레이는 12 V DC용이며 작동기로 과전압의 역류를 방지하기 위하여 필터 (ZNR)을 병렬로 설치하였다.

그림 9는 작동기의 동작을 위한 릴레이 회로를 표시하였다.

나. 실험방법

(1) 토양수분의 제어

토양수분의 제어는 토양 속의 관수개시점과 관수중단점을 인지하는 점점형 토양수분장력계

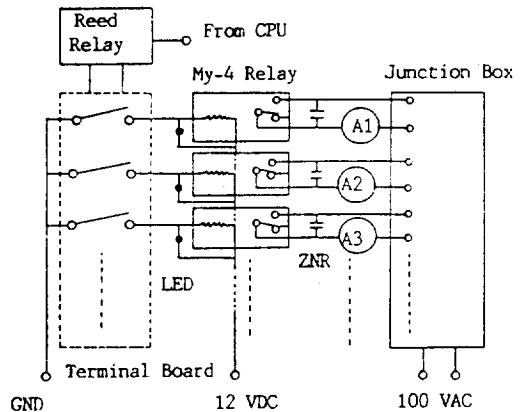


Fig. 9. The relay circuit for actuator operation.

로 이루어진다. 이러한 점점형의 장점은 입력전압의 값이 디지털로, 즉 점점의 신호로 입력되기 때문에 잡음의 영향을 최소화할 수 있으며 신호의 처리 방식에 있어서도 신속한 장점이 있다.

토양의 관수개시점과 관수중단점의 설정은 토양수분장력계의 진공압력계에 부착된 제어접점을 미리 설정함으로써 이루어진다.

다음 프로그램은 토양수분의 관개시기(관수점의 도달)를 입력하여 관수를 하는 프로그램 (GWBASIC)을 나타내고 있다.

```

DIM B(50), C(50)
BASE=&H240
DAT1=INP(BASE)
FOR I=0 TO 7
  IF(DAT1 AND 2^I)=0 THEN B(I+1)=0
  ELSE B(I+1)=1
NEXT I
DAT2=INP(BASE+1)
FOR I=0 TO 7
  IF(DAT2 AND 2^I)=0 THEN B(I+8)=0
  ELSE B(I+8)=1
NEXT I
IF B(15)=1 THEN GOTO 500
    
```

(2) 하우스내 온도 및 습도의 계측

온도와 습도는 시설내의 환경적 요인으로 대단히 중요한 자료이다. 그러나 계측에 있어서 잡음으로 인한 오차가 문제시 되어 왔다.

본 연구에서는 잡음의 오차를 최대한 줄이기 위하여 내장형 온도 변환기 (AX752 & AX5210, AXIOM사)를 이용하였다. 온도의 계측은 상온의 측온점점과 온도 보상된 기준점점 사이의 기전력을 측정하는 열전대를 이용하였다.

그림 10은 온도와 출력전압의 관계를 나타내고 있다.

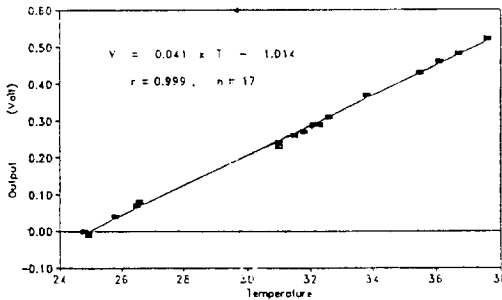


Fig. 10. Calibration curve of between temperature(°C) and output(Volt)

그림 10에서와 같이 온도와 출력의 관계는  $V = 0.041 \times T - 1.014$ 로 나타났으며 직선성이 우수하였다. 그리고 온도변환기 기준점점의 온도보상에 의하여 상온의 계측이 이루어지므로 이 상온의 계측에 따라 측온점점의 온도를 환산하도록 설계되어 있는 전압과 온도 사이의 상수로부터 온도 약 24°C에서 출력전압이 0으로 나타난다.

온도의 계측을 위한 프로그램은 다음과 같다.

```

BASEPORT=&h300
ADCh=0 : GOSUB 1000
CTCTEMP=VOLT/.0244
FOR I=0 to 15
  ADCh=1 : INPUTCh=I : GOSUB 2000 :
GOSUB 1000
  TEMP=CTCTEMP+VOLT * 1000/40.95

```

```

PRINT USING"Ch=## TEMP=###.
##'C ";I,TEMP;
NEXT I
OUT BASEPORT+1,ADCh
OUT BASEPORT,0
DAT=(INP(BASEPORT) and &HF0)/16+
  INP(BASEPORT+1) * 16
VOLT=(DAT-2048)/409.5
RETURN
OUT BASEPORT+3, INPUTCh
RETURN

```

습도의 계측은 습도용 센서인 나일론 필름의 미세한 신축을 마찰력이 거의 없는 기계적인 회전변위로 나타내며 기계적인 회전변위는 변위차계에 의한 저항의 변화를 줌으로써 이루어진다.

그림 11은 습도와 출력의 관계를 나타내고 있다.

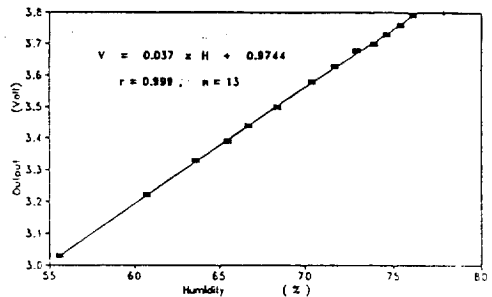


Fig. 11. Calibration curve of between humidity (%) and output(Volt)

그림 11에서와 같이 습도와 출력의 관계식은  $V = 0.037 \times H + 0.9744$ 로 나타났으며 직선성이 우수하였다. 습도의 계측 프로그램은 다음과 같다.

```

ADCh=2 : GOSUB 1000
HUM=(VOLT-1)/4 * 100 * 0.985
HUMID=INT(HUM * 100 + .5)/100
PRINT "HUMIDITY="; HUMID; "%"
FOR I=0 TO 10000 : NEXT I

```

```

OUT BASEPORT+1,ADCh
OUT BASEPORT,0
DAT=(INP(BASEPORT) and &HF0)/16+
      INP(BASEPORT+1) * 16
VOLT=(DAT-2048)/409.5
RETURN
    
```

(3) 관수 및 혼합 자동화

관수는 작물의 재배에 있어서 가장 중요한 작업이다. 개체별로 물을 공급하는 점적관수는 토성이 파괴되지 않아 작물의 뿌리에 통기성이 뛰어나며 뿌리 이외의 부분은 건조 함으로써 잡초의 발생이 억제되는 등 용수의 절약적 측면 이외에도 장점이 많아 관수자동화에 가장 많이 이용되고 있다.

액비의 공급은 작물별 재배 시기별로 각각 달라지므로 입력명령에 의하여 적정시기를 선택적으로 결정하는 방법과 미리 프로그램에 입력시키는 방법이 있으나 작물을 재배하는 시점에서 결정하는 것이 바람직하다. 따라서 입력명령에 의하여 액비가 공급되는 방법은 선택하였다.

액비, 방제 자동화는 그림 2에서와 같이 초기에 액비혼합탱크 (WPT)와 농약혼합 탱크 (WCT)의 수위가 상한치에 도달된 것을 감지하도록 하였다. 만약에 충분하지 않을 경우에 먼저 각각의 탱크에 혼합액을 채우게 된다. 액비혼합 탱크의 보충은 물탱크 (WT)와 액비탱크 (PT)로부터 이루어지며 물탱크의 펌프 (P3)가 작동하며 수조의 수량계 (WTWM)에서 카운트 펄스 (CP1)가 입력된다.

마찬가지로 액비탱크 (PT)에서도 펌프 (P4)가 작동하며 액비용 수량계 (PTWM)에서 카운트 펄스(CP2)가 입력된다. 액비의 혼합비율은 CP2/CP1이 되며 혼합 설정 비율을 프로그램에 입력문으로 입력하였다. 관수 시기에는 수조에서 밸브 (S1)과 펌프 (P1)을 통하여 관수되며, 액비 시기에는 밸브(S1)이 OFF상태로 되고 밸브 (S2)와 펌프 (P1)에 의하여 실시된다. 교반기 (M1)은 액비공급 신호가 입력되면 약 300 초간

먼저 작동이 되어 적절한 혼합이 이루어지도록 하고 있으며 그 후에 액비가 공급되도록 하였다.

마찬가지로 농약의 혼합도 농약혼합탱크의 하한선 (PSW3)에서 신호가 들어오면 물탱크와 농약탱크에서 부터 각각 물과 농약이 채워지게 된다. 농약탱크에는 농약의 원액 또는 일정비율로 물과 희석한 원액을 사용할 수 있으나 순수한 원액은 사용상의 문제점 외에도 극소량을 계측하는데 문제점이 있어 사용규모에 따라 10~50 배 정도로 희석하는 것이 유리하다.

본 연구에서는 50배로 희석하였으며 농약혼합탱크로 혼합할 경우에 다시 20배로 희석하였다. 이때 수조의 수량 공급시에 밸브 (S4)가 닫혀지도록 하였으며 물 수량계 (WTWM)와 농약 수량계(CTWM)의 카운트 펄스의 비 즉 CP3/CP1는 이론적으로 0.05가 된다. 혼합된 농약은 밸브 (S3)와 펌프 (P2)에 의하여 방제되도록 하였고 이때 5 분간 교반후에 방제가 이루어 진다. 방제의 시기는 관리자의 경험적 판단에 따라 적정시기에 명령 함으로써 실시된다.

(4) 수위 및 수량

수위제어는 최저수위와 최고수위를 한정하는 방법으로서 상부근접스위치 (PSW1)과 하부근접스위치 (PSW2)의 간격은 조절이 가능하다.

다음 표 2는 수위제어 논리에 따른 작동기의 동작을 표시하였다.

Table. 2. The logic of water level control

No. of PSW	Operating Actuator
PSW1 ON	P3, P4, S5 OFF
PSW2 OFF	P3, P4, S5 ON
PSW3 ON	P3, P5, S4 OFF
PSW4 OFF	P3, P5, S4 ON

수량의 계측은 펄스 카운터에 의하여 이루어 지므로 프로그램으로 카운트할 수 있다. 다음은 수량의 계측을 위한 프로그램을 나타내고 있다.



DIM B(50), X(50), COUNT(10)

BASEPORT=&H240

FOR I=0 TO 1

A=INP(BASEPORT+1)

FOR J=1 TO 8

IF (A AND 2<sup>kℓ</sup>(J-I))=0 THEN B(I\*8+  
J)=0 ELSE B(I\*8  
+J)=1

NEXT J

NEXT I

IF ((B(16)=1) AND (X(16)=0)) THEN

COUNT(1)=COUNT(1)+1

X(16)=B(16)

PRINT "COUNT=" ; COUNT(1)

GOTO 30

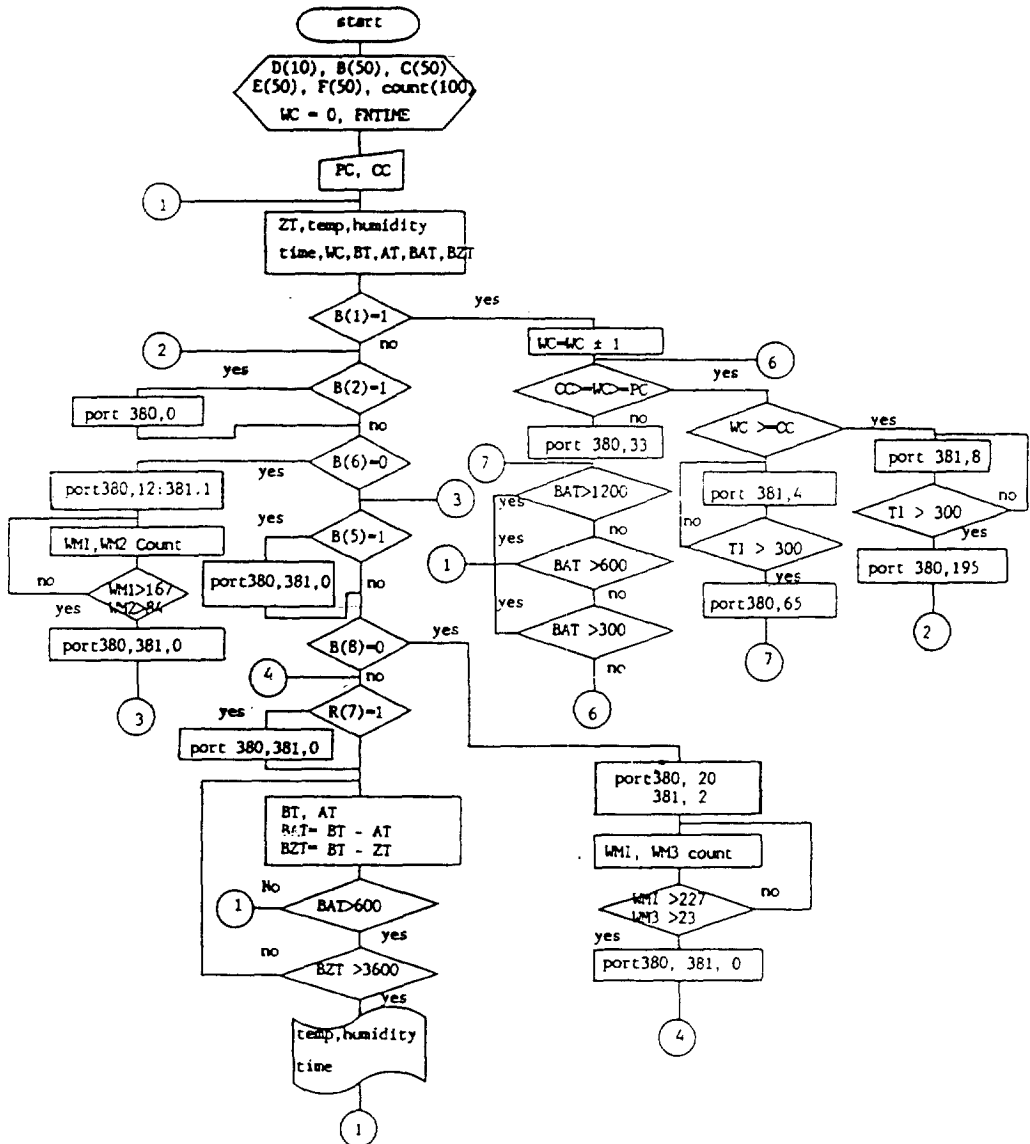


Fig. 12. Main flow chart of experiment

(5) 릴레이 출력시스템  
출력신호는 리드 릴레이를 통하여 이루어진다.

본 연구에서는 16Ch의 출력이 가능하며 자료의 입력 번지 (REM ADD)를 &H380과 &H381을 이용하였다. 리드 릴레이는 한개의 입력번지에 8개의 자료를 스위치형으로 연결시키는 릴레이로서 하드웨어적으로는 비용의 절약과 소프트웨어적으로는 신속한 장점이 있다.

릴레이 출력 프로그램은 다음과 같다.

```
FOR U=0 TO 7
PORT2=&H381
PORT1=&H380
S=2^U
OUT PORT2, S
OUT PORT1, S
  FOT T=0 TO 300 : NEXT T
NEXT U
GOTO 20
```

#### (6) 계측 및 제어 프로그램

토양수분의 제어, 온 습도의 계측, 관수, 액비 그리고 방제의 자동화를 위한 기본 프로그램을 종합하여 완성한 주흐름도는 그림 12와 같다.

그림 12에서와 같이 액비공급과 방제의 시기를 초기값의 설정시에 결정하도록 하였다. 모든 계측 자료와 제어는 현재 시간에 동기되어 있다. 따라서 온도와 습도 그리고 반복회수를 결정하거나 제어에 필요한 인위적인 카운트가 실시간 동안에 이루어지도록 하였다.

토양수분장력계는 한 개를 매설하여 입력신호 (B1, B2, B3, B4)는 관수개시점과 관수중단점의 입력을 나타내고 이 입력신호에 따라 관수가 된다. 관수중 토양수분의 계측은 처음에는 20분 동안 간격을 주고 다음에는 10분간, 그 후에는 5분 간격으로 계측이 이루어진다.

액비와 농약을 살포하는 경우 각각의 탱크에 용액이 충만되지 않을 때 먼저 액비나 농약혼합

탱크의 상한치까지 혼합을 한 후 작업이 이루어지도록 하였다.

온도와 습도의 계측은 10분 간격으로 수행되고 비교적 변화가 느린 토양수분의 계측은 1시간 간격으로 판독이 된다.

### 3. 결과 및 고찰

#### (1) 토양수분의 제어

작물이 성장하는때 필요로하는 토양수분은 토양의 물리성과 토성, 유기물의 함량, 입도분포, 작물의 특성 등의 조건에 따라 달라진다. 또한 동일한 작물인 경우에도 작물의 생육단계에 따라 변화한다. 그러므로 토양수분의 계측과 이에 따른 제어는 재배 작물에 대한 적정 수분 (PF)의 결정이 선행되어야 한다.

또한 재배 대상 작물의 성장을 최대로 할 수 있는 수분장력의 범위를 인위적으로 조절 가능한 점점형의 토양수분 센서가 적합할 것으로 판단하였다. 이러한 점점형의 토양수분 센서는 토양내의 수분보유 압력을 측정하는 압력계의 침 (Needle)을 스위치형으로 이용하는 형태로서, 수분의 압력평형을 위하여 내부에 물이 채워지도록 되어 있다.

본 연구에서는 토양수분장력계의 관수개시점을 오이 재배에 적합한 토양수분장력으로서 PF 2.3에 설정하고 관수중단점을 PF 2.0으로 하여 시험한 결과 동작성이 우수하였으며 토양수분 계측을 위한 프로그램도 잘 운영되었다.

#### (2) 온도 및 습도

온도의 계측은 보상도선을 이용한 결과 직접 계측용 온도계와의 비교에서 오차가 0.5℃ 미만으로 나타나 비교적 성능이 우수하였다. 그러나 온도의 계측은 잡음에 의한 주의가 필요하므로 소프트웨어적인 방법에 따라 오차를 줄일 수 있다.

뿐만아니라 다점의 계측을 하는 경우에는 각

각의 지시계가 있는 온도계측기에 비하여 제어성이나 경비면에서도 유리한 장점이 있다.

습도를 정확하게 계측하기란 아직 어려운 것으로 알려져 있다. 그 이유는 대기중의 수분량이 공기량에 비하여 현저히 작은 경우나, 수증기가 센서에 미치는 과정에서 물리적, 화학적으로 대단히 복잡한 것을 들 수 있다.

실험에 이용한 습도계측용 센서는 나일론 필름의 물리적인 신축을 기계적인 회전으로 변화시키는 것으로 지시계와 컴퓨터 사이의 오차는 약 1.5%로 나타나 프로그램에서 보정하였다.

### (3) 관수 및 혼합자동화

관수는 토양수분장력계의 신호 입력에 따라 펌프, 전자밸브 그리고 점적관수장치에 의하여 관수가 되는 개회로(Open loop)로 구성이 되어 있다. 따라서 관수의 중단은 토양수분장력계의 관수중단점 입력 신호가 있어야 한다. 점적관수를 위한 에미터의 용량은 4ℓ/hr로 하고, 토양수분장력계를 작물의 20cm×20cm(폭과 깊이)에 매설하였을 때 관수시간은 약 30분이 소요되었다.

관수개시점까지의 건조는 상당한 시간이 걸리며 이것은 기온과 작물의 성장 과정과 밀접한 관계가 있다. 여름철 작물의 생육이 왕성한 경우에는 매일 관수가 되며, 때때로 조건에 따라 3~4일이 걸리는 경우도 있다. 시설재배의 채소작물은 보통 표면하의 20cm~30cm 사이에 유기물의 함량이 풍부하여 토양수분장력계를 20cm~25cm에 매설하는 것이 가장 적합하다.

액비와 농약의 혼합은 수량계의 카운터에 따라 수량에 결정됨으로 혼합비는 미리 설정하여야 한다. 물과 액비의 혼합을 2:1로 할 경우 수량계의 펄스당 공급수량은 0.1ℓ/Pulse 이므로 액비혼합탱크(27 Liter, 67.5%)를 채우기 위하여 물 수량계의 펄스는 180, 액비 수량계의 펄스는 90으로 하였다. 이때 펄스당 공급수량의 오차는 수위의 영향으로 최대 7.2% (2.52-2.35)/2.35

(ℓ/min)로 나타났다. 따라서 수위의 영향에 대한 수량계의 보정은 물 수량과 액비 수량은 각각 167:84 펄스로 조정함으로써 오차를 1 리터 미만으로 줄어들었다.

농약의 혼합은 수량과 농약의 비율 10:1로 하였다. 따라서 물 수량계와 농약 수량계의 펄스는 245:24.5가 되어야 한다. 여기서도 제량의 오차를 227:23으로 수정한 결과 오차가 줄어들었다.

프로그램에 의한 펄스 카운트는 액비와 농약 혼합탱크의 수위 하한선 신호(PSW2, PSW4)의 OFF 동작 후에 이루어지며 액비와 방제의 자동화에는 전혀 무리가 없이 작동되었다.

농약의 살포는 작물의 옆면에 이루어져야 함으로 하우스내에 방제장치를 따로 제작하여야 한다.

### (4) 수위 및 수량제어

수위의 제어는 수위센서 이용한 결과 좋은 성능을 발휘하였다. 수위센서는 물의 인식이 가능하며 수위는 잘 감지되었다. 전극봉을 사용하는 경우에는 간단하고 경제적인 장점이 있으나 마그넷만을 동작시킴으로 점진신호의 변환에 어려움이 있었다. 그러나 출력신호의 처리가 원만히 이루어 진다면 근접스위치를 이용하는 것보다 장점이 클 것으로 판단된다. 그리고 수위의 제어를 위하여 구성한 프로그램은 운영에 무리가 없었으나 가격이 비싼 수량계를 사용하지 않는 소프트웨어적인 방법에 대한 연구는 필요하였다.

수량의 제어는 미리 일정한 각각의 양만 혼합이 이루어지면 중지하는 정량제어가 간편하다. 이러한 정량제어는 입력 펄스수가 비교적 느린 경우(5 Pulse/sec 이내)에는 프로그램 카운트가 가능하다.

또한 본 연구에 사용한 수량계는 일반 산업용 수량계이므로 이러한 시설재배를 위하여 적합한 용량의 수량계가 생산은 되지 않아 필요 이상의 규모와 용량의 수량계를 사용하는 어려움이 있

어 이에 적합한 수량계의 생산이 시급히 요구되었다.

#### (5) 종합제어 시스템

토양수분의 제어와 온도, 습도의 계측 그리고 관수, 액비, 방제의 자동화를 수행하기 위하여 구성한 컴퓨터 시스템은 입력신호 (Digital)의 잡음에 대한 영향이 거의 줄어 입 출력의 동작에 신뢰성이 높았다. 시스템에 사용한 인터페이스 회로들도 컴퓨터와 호환이 잘 이루어지고 동작에 무리가 없었다.

그러나 작동기에 있어서 시설재배 전용의 기기들이 부족한 관계로 가격이 고가(高價)일 뿐만 아니라 용량도 부적합한 점이 있었다.

또한 각종 탱크의 용량이 시설면적에 적합한 규모로 설계가 이루어지면 수위 및 수량의 계측과 제어 부분에 대한 하드웨어적 구성을 프로그램에 의하여 제어할 수 있을 것으로 판단되었다.

이러한 프로그램의 시설의 조건과 작물의 선택, 각종 센서 및 기기의 여건 등에 따라 탄력적으로 개발되어야 하므로 지속적인 연구로 기술적인 보강이 있어야 하겠다.

#### 4. 결론

시설재배의 경우 마이크로컴퓨터를 이용한 자동화 연구가 활발하게 수행되고 있으나 재배작물의 다양한 조건과 사용 여건의 불리함 등으로 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다.

본 연구는 물관리와 액비의 공급, 방제 등에 있어서 자동화를 시도하기 위하여 기초적인 하드웨어와 소프트웨어의 구성을 목표로 수행하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 점점형 토양수분장력계를 사용한 토양수분 제어용 프로그램은 잘 작동하였다.
2. 근접센서를 사용한 수위의 제어는 동작성은 무리가 없으나 센서의 가격이 비싼 단점이 있다.

따라서 더 경제적인 수위제어 장치가 요망되었다.

3. 수량의 제어를 위하여 사용한 수량계는 용량이 적합하지 않아 시설재배용 규모의 수량계 생산이 요구되었다.

4. 연구의 수행을 위하여 이용한 인터페이스 장치는 제어용 제어기기의 개발에 적합한 것으로 판단되었다.

5. 관수, 액비, 방제의 자동화 시스템은 제어기를 제작하기 위한 기초 연구로서 작동성이 우수하였다.

#### 참 고 문 헌

1. 김철수, 김진현, 정성원. 1989. 마이크로 컴퓨터를 이용한 시설원예작물 재배의 관개자동화에 관한 연구. 한국농업기계학회지. 14 권 2호. 한국농업기계학회.
2. 김철수, 김진현, 고수현, 이근후. 1991. 자동관개 시스템을 이용한 시설 오이 재배에 관한 연구. 한국농공학회지. Vol.33-1. 한국농공학회.
3. 김철수, 김진현. 1992. 시설재배지 관수, 관비, 방제 종합시스템의 자동제어장치 개발. 특정연구과제 1년차 보고서. 농촌진흥청.
4. 김철수, 김진현. 1993. 시설재배지 관수, 관비, 방제 종합시스템의 자동제어장치 개발. 특정연구과제 2년차 보고서. 농촌진흥청.
5. 김영해역. 1990. 센서인터페이스 No.1,2,3,4. 기전연구사.
6. 동양메카트로닉스연구회편. 1991. 전자제어 회로집. 가남사.
7. 송현갑, 금동혁, 유관희, 이기명, 이종호, 정두호. 1993. 시설원예 자동화. 문운당.
8. 이영돈역. 1990. IBM PC 하드웨어 종합분석. 성안당.
9. 이임현편. 1990. 모터제어기술. 성안당.
10. 전자기술연구회편. 1991. 전자회로 실용설계. 도서출판 기문사.

11. 기술정보. 1991. 전기전자 특집. PLC 현황.
12. 편집부편. 1991. 리니어 IC 데이터북. 도서출판 세화.
13. Douglas M.Considine. 1985. Process instruments and controls handbook. McGraw-hill.
14. Benjamin C.Kuo. 1985. Automatic control systems. Tower press.