

## 마이크로컴퓨터에 의한 시설재배의 자동화에 관한 연구(Ⅳ)<sup>+</sup>

—자동화 시스템용 종합제어기의 응용—

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

—Application of a Controller for the Automatic Control System—

김진현\*

김철수\*

정희원

정희원

J. H. Kim

C. S. Kim

#### ABSTRACT

In greenhouse vegetable, the automatic control in cultivating environment has been projected as a national business ; especially a countermeasure against the settlement of UR negotiation. Because it makes possible to manage a large greenhouse with family-hands and to expect the betterment of quality and the increasement of harvest in crops. In the course of carrying the workout, however, there are many problems with the overall control system with computers as well as the individual systems for environment control because of hardware and software problems ; especially the shortage of data for development of the system is most serious.

Among the many problems for development of the automatic control system, the automations of irrigation, liquefied fertilizer and chemical solution, mixing and ventilation, etc and the development of the general automatic controller system for environment control in greenhouse are studied, which requires a lot of labers.

The results are summarized as follows ;

1. In mositure control by the soil moisture meter, the error was shown 10 % in the beginning irrigation point and 19 % in the stop irrigation point.
2. The supply of liquefied fertilizers with the irrigation system was excellent by setting the operating time and the mixing ratio.
3. The developed chemical spraying system was operated well, but not perfect in nozzle positions.
4. The cucumber was cultivated properly with the trickle irrigation system.
5. The developed controller for the automatic control system in greenhouse was remarkable in the part of hardware, but more researches are needed in the part of software.

주요 용어(Key Words) : 온실(Greenhouse), 자동제어장치(Automatic control system), 마이크로컴퓨터(Microcomputer)

---

<sup>+</sup> 본 연구는 '94년 농촌진흥청 특정연구개발 사업비 지원으로 수행되었음.

## 1. 서론

국내에서 생산되는 시설재배용 자동화 장치는 대부분 재배작물의 환경조건을 재배자가 설정하도록 되어 있거나, 전기적 장치에 의존한 수동형에 가깝다. 이러한 장치들은 설정치에 따라 동작성은 우수하나 하우스의 복합적인 환경여건을 고려하지 않은 상태에서 단순히 이루어져 작물의 생육에 장애를 주는 경우가 많다. 우리나라에 도입된 외국산 장치는 양액재배에 치중되어 있어 토양재배의 측면에서는 부족함이 많이 있다.

지금까지의 연구는 종합제어용 시스템의 구성이나 PLC 등을 이용한 하드웨어 부분에서는 어느 정도 성과가 있었으며 외국산을 모방한 부분적인 개별제어용 기기도 매년 늘어나고 있다. 그러나 이러한 개별제어나 하드웨어에서의 성과만으로는 자동화에 한계가 있다. 최근에는 식물공장의 개념을 도입한 연구<sup>1)</sup>나 재배작물의 개별적 환경요인들의 영향을 분석<sup>2,3)</sup>함으로써 작물의 생육의 모델화와 시설내의 환경에 관한 기초적 연구의 중요성이 부각되고 있다.

그러나 아직도 토양재배 면적이 넓은 우리나라의 경우에는 기본적인 시설작업을 프로그램화하여 비닐하우스용 관수, 관비 및 방제 자동화, 관비 및 농약의 혼합, 환기 자동화 등을 목적으로 수행할 수 있는 제어기의 개발이 요구되고 있다.

따라서 본 연구는 컴퓨터를 이용한 One-board형 제어기의 개발과 제어기의 운용에 필요

한 프로그램의 개발을 통하여

1. 관수 자동화를 위한 토양수분센서의 성능을 규명하였고
2. 관비의 공급과 방제장치의 성능을 분석하였으며
3. 관비와 농약의 혼합성능을 규명하였고
4. 제어기를 이용한 재배시험을 수행하여 개발된 제어기의 적용성을 고찰 함으로써 보다 실용성이 높은 제어기의 개발에 필요한 연구로 이용하고자 한다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 가. 실험장치

#### (1) 시험구의 토성 및 시료

시험포의 토성에 대한 물리적인 특성은 Table 1과 같으며 USDA의 토양삼각도에 의한 토양은 사질양토(Sandy loam)이었다.

작물의 재배 시험을 위하여 선정된 오이의 품종은 일미청정마디 오이로서 Table 2와 같이 21일간 포트 육묘를 한 뒤 시험구에 배치하였다.

#### (2) 제어기

##### 가) 컴퓨터 처리장치

제어기의 컴퓨터 처리장치는 입·출력의 제어, 자료의 수집, 저장 등의 모든 동작상태를 처리하는 가장 중요한 부분이다. 제어기는 경제적

Table 1. Physical properties of the sample soils.

Soil Sample	Specific gravity	Dry bulk density(g/cm <sup>3</sup> )	Particles(%)				pH	Texture (USDA)
			Clay	Silt	Sand	Gravel		
A	70	1.22	6.5	13.5	72.0	8.0	5.9	Sandy loam

Table 2. Variety and cultural practice of cucumber crops for the experiment

Variety	Seeding data	Transplanting data	Fertilizer application rate (kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O-Compost/a)	Planting density
Ylmich ungiang	15 Mar.	5 Apr.	3.44-2.11-2.82-96.0	100×50 (cm×cm)

이고 실용적 차원에서 관수, 관비, 방제, 온,습도의 계측, 환기, 혼합, 수위제어 등의 작업을 개별적으로 동작할 수 있도록 프로그램 하였다.

그림 1은 개발된 종합제어용 제어기의 내부구조를 사진으로 나타내고 있다.

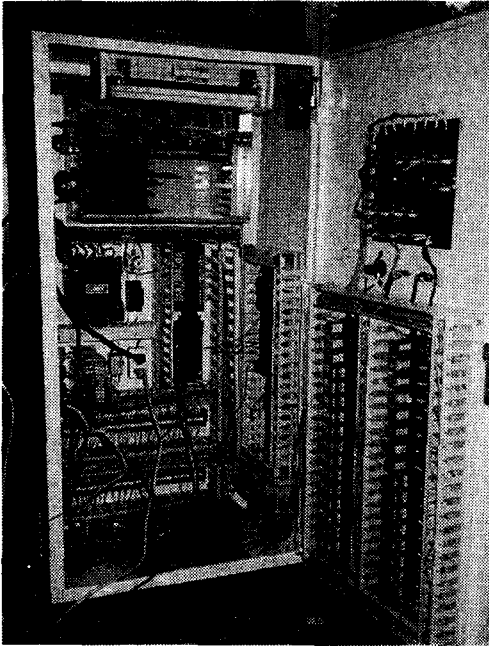


Fig. 1. The internal circuit of a controller for automatic control system.

제어기의 설명<sup>45)</sup>은 참고문헌을 참고할 것.

#### 나) 입,출력지시장치

제어기의 전면 판넬에 부착된 입·출력지시회로는 그림 2와 같다.

그림 2에서와 같이 판넬 전면에는 AX-6055의 출력포트를 통하여 4자리 숫자의 지시계가 모두 8개 설치하였다. 상단의 LED는 작업이 수행중인 경우 동작의 진행을 표시하며 관수작업, 관비작업, 농약살포작업, 환기작업, 관비혼합작업, 농약혼합작업을 나타내도록 하였다.

아래의 4자리 디지털 지시계는 현재의 시간과 습도, 내부의 온도 평균 값, 관비공급시간, 관비혼합비, 설정온도, 농약의 혼합비, 외부온도를 지시하도록 하였다. 판넬의 아래부분은 전원스위치와 설정보턴, 숫자상승보턴, 숫자하강보턴,

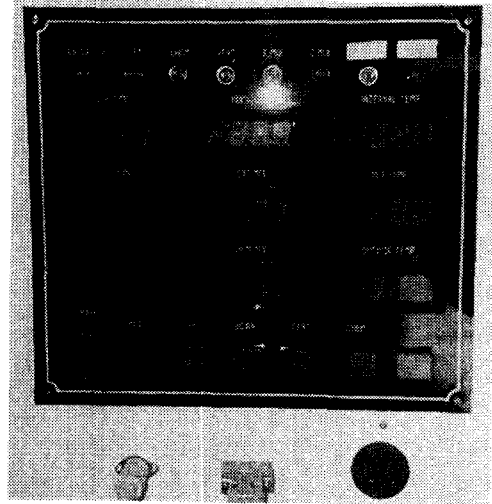


Fig. 2. The front view of display in panel.

관비공급보턴, 농약살포보턴을 설치하였다.

이러한 보턴은 외부의 입력을 간단한 동작으로 이루어 지도록 하며, 외부의 입력조건이 필요한 것은 관비공급시간과 관비혼합비율, 설정온도, 농약혼합비로서 설정할 수 있다.

또한 좌측의 주 스위치는 제어기의 작동을 시작하도록 하는 역할을 하며 설정보턴은 수치 입력명령을 하는데 사용된다. 즉 하우스 내부의 작물생육에 적합한 온도를 설정하거나 관비의 농도, 농약의 농도, 관비의 시간 등을 설정할 수 있다.

#### 다) 입, 출력 포트

입력은 모두 10점으로 하였다. 디지털 입력이므로 토양수분장력계의 관수개시점과 관수중단점, 수량계의 펄스, 관비혼합탱크의 하·상한선, 농약혼합탱크의 하·상한선, 방제장치의 근접센서 2점 그리고 환기용 펄스 회전수를 입력하였다.

아날로그 신호는 온도와 습도이며 A/D 변환기를 이용하여 16점을 입력할 수 있다. 입력 포트는 표 3과 같다.

Table 3. The list of digital input signal

RAM ADD	No	Input signal
&H240	1	Tensiometer Dry, TD
	2	Tensiometer Wet, TD
	4	Water meter count, WMC
	8	MLF Low Position, MLFL
	16	MLF High Position, MLFH
	32	MCS Low Position, MCSL
	64	MCS High Position, MCSH
	128	PS1, Proximity S/W(Rear)
&H241	1	PS2, Proximity S/W(Front)
	2	Ventilation count, VC

출력장치는 표 4와 같이 모두 24점이며, 디지털 출력으로서 관수펌프, 농약펌프, 혼합용 펌프에 3점이 사용되고 관수, 관비 및 방제용 전자밸브 그리고 혼합과 교반용 전자밸브의 작동에 13점, 환기용 개폐 모터의 작동에 6점, 방제용 모터의 작동에 2점이 사용되었다.

Table 4. The list of digital output signal

RAM ADD.	No	Actuator	
&H380	1	P1, Irrigation Pump	
	2	P2, Chemical Pump	
	4	P3, Mix Pump	
	8	S1, Water S	
	16	S2, MLF S	
	32	S3, MCS S	
	64	S4, MLF Mix S	
	128	S5, MCS Mix S	
	&H381	1	S6, Water Mix S
		2	S7, LF Mix S
		4	S8, CS Mix S
		8	S9, Irrigation pipe S
		16	S10, Chemical pipe S
32		S11, Drain S1	
&H3C0	64	S12, Drain S2	
	128	S13, Water Spray	
	1	VM1, Vent.Left Side Close	
	2	VM2, Vent.Left Side Open ***	

	4	VM3, Vent.Right Side Close
	8	VM4, Vent.Right Side Open ***
	16	VM5, Vent.Forehead Open ***
	32	VM6, Vent.Forehead Close
	64	CM1, Chemical motor Right
	128	CM2, Chemical motor Left

#### 나. 실험방법

##### (1) 제어기의 동작

제어기의 작동은 가능한 한 단순한 동작에 의하여 이루어지는 것이 바람직하다. 따라서 운영은 주 스위치의 작동에 의하여 시작된다. 이때 주 프로그램이 처음부터 실행되며 바로 설정치의 입력을 요구하게 된다. 설정치의 입력은 설정보턴을 사용하여 Set temp., Fert.Mix., Chem.Mix., Fert.time이 지시계에 점등 순서대로 입력할 수 있다.

Set.temp는 하우스내부의 온도를 설정하는 작업을 말하며 본 제어기에서는 설정온도에 따라서 환기의 동작이 이루어 지도록 하였다. 이때 설정보턴 아래에 있는 Up과 Down 보턴으로 설정치를 조정하면 약 3초후에 자동으로 설정이 이루어 진다.

Fert.Mix와 Chem.Mix는 관비와 농약의 혼합비를 결정하게 된다. 관비와 농약의 혼합비는 임의로 결정할 수 있도록 하였다.

Fert.time은 관비의 공급시간을 설정하며 재배기간 중에 동일하게 공급할 필요가 있을 경우에는 한번의 설정으로 가능하지만 작물의 생육 상태에 따라 공급시간은 달라질 것으로 판단되어 사용자의 편의성을 고려하였다. 따라서 외부의 입력이 완료되면 지시계에 현재 시간과 습도, 내부온도, 외부온도가 지시되고 설정치는 설정된 값으로 고정된다.

내부온도와 설정온도가 5분 간격으로 측정되며 내부온도가 설정온도보다 높으면 환기창이 열리게 되며 환기용 LED에 점등된다. 환기창이 모두 열리는 것은 온도 관독이 3회 반복되어야 함으로 약 15분이 소요된다. 좌·우측창과 천창이 완전히 열리면 온도만 지시되고 작동기기는

제어되지 않도록 하였다.

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

관비의 공급시간은 설정보턴에 의하여 설정된 시간만큼 관비공급이 되며, 관비공급 도중에 관비 혼합탱크가 비워질 경우 관비공급은 중단하고 다시 관비를 혼합 보충하게 된다. 이러한 경우에 F.Mix의 LED가 혼합이 되고 있음을 나타낸다.

혼합이 끝나면 Fert.time의 설정시간에서 관비 혼합에 소요되는 시간을 제외한 나머지 시간 동안 계속 관비공급이 이루어진다.

방제의 경우도 관비와 거의 동일한 방법으로 프로그램되었고 완료 후에는 주 프로그램으로 루프되도록 하였다. 주 프로그램에는 디지털 수치 표시, 입력 키, 모니터 화면출력, 각종 수치의 초기화, A/D 변환기의 운영, 작동기의 출력, 입력 작업, 관비 및 농약의 혼합, 관비 및 농약의 공급, 환기 작업, 관수공급 등의 프로그램이 포함되어 있다.

(2) 관수 및 관비

가) 토양수분의 제어

토양수분의 제어는 자동관수를 하기 위하여 필요하며 관수개시점과 관수중단점을 설정하는 점점형으로 제어가 되도록 하였다. 입력전압의 값이 점점 신호로 입력됨에 따라 출력신호가 동작되는 시퀀스 제어로 동작되도록 하였다.

따라서 정량적인 제어와 구분하여 정성적 제어(Qualitative control) 방식을 이용하였다. 토양의 관수개시점과 관수중단점의 설정, 그리고 토양수분센서의 매설위치 등은 재배작물과 토양의 물리적인 조건에 따라 다소 달라질 수 있다. 본 연구에서는 토양수분장력계의 매설위치는 작물의 측면 20 cm, 깊이 20 cm로 하였다. 관수개시점과 관수중단점의 토양수분장력은 0.2 bar~0.1 bar로 설정하였다.

나) 관비의 공급

관비의 공급은 관수와 마찬가지로 점적장치를

이용하여 이루어지도록 하였다. 따라서 관비의 공급시기는 관수공급의 시기를 이용하여 토양수분센서에 동기되어 공급하거나 독립적으로 인위적시기를 선택하는 방법이 있다.

전자의 경우에는 주기적 간격으로 공급하는 것을 말하며 후자는 관비공급 시기로 판단이 되면 센서에 의하지 않고 공급할 수 있는 방법을 말한다.

본 연구에서는 후자의 방법을 선택하였다. 따라서 관비공급시간의 결정은 재배자가 설정하도록 하였다. 관비공급시간은 제어기의 전면 패널의 입력장치를 이용하여 공급시간을 설정할 수 있도록 하였다. 관비가 공급중에 관비혼합탱크의 혼합량이 부족할 경우에는 관비의 혼합을 다시하며 이때 소요되는 지연시간은 공급시간에서 제외되도록 하였다.

다) 작동수압에 따른 유출량

관수 및 관비공급장치의 작동수압에 대한 에미터의 유출량은 그림 3과 같이 변화하였다.

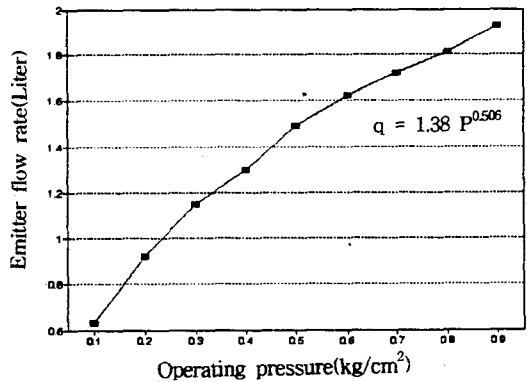


Fig. 3. Calibration curve of the operation pressure and emitter flow rate.

그림 3에서와 같이 작동수압은 0.1~0.9kg/cm<sup>2</sup>의 범위로 하였을 때 에미터의 유출량은  $q = 1.38 P^{0.506}$ 의 관계로 나타났다.

라) 혼합

혼합은 정량적인 방법에 의하여 이루어지는 것이 비교적 정확하고 경제적이다. 그러나 순수한 원액은 사용량이 적기 때문에 원액과 물의

혼합에 있어서 동시에 혼합비율을 제어하는 비례제어 방식으로 혼합시키는 경우에 계측오차가 크고, 구조가 복잡하여 가격면에서 비경제적인 문제가 있다. 따라서 원액을 100배로 희석하여 희석원액과 물을 다시 혼합하는 방법을 이용하였다.

그러므로 본 연구에서는 일정농도의 혼합액비를 먼저 공급한 후 물을 채우는 방식으로 혼합 시스템을 제작하였으며 혼합되는 양은 수량계의 펄스로 출력되므로 펄스당 수량을 점검한 후 적정량에 해당하는 펄스를 제어 함으로써 혼합이 이루어지도록 하였다.

그림 4는 혼합을 위한 수량계의 펄스와 유입량의 관계를 나타내고 있다.

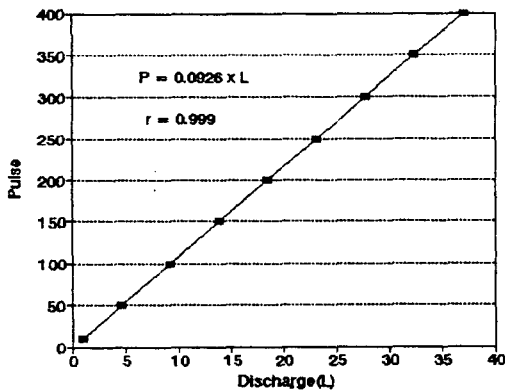


Fig. 4. Calibration curve of between pulse and discharge.

수량계의 펄스와 유입량의 관계는  $P = 0.0926 \times L$  로서 직선비례 하였다.

### (3) 방제

시설재배는 하우스내의 고온, 다습으로 인한 병해의 발생이 수확에 큰 장애를 주고있다. 또한 작물의 밀집으로 감염의 기회가 많은 불리한 점이 있다.

따라서 병충해 발생 요인을 적절하게 제거하는 것이 중요하며 궁극적으로는 방제를 피할 수 없다. 방제 시기의 결정을 위하여 아직까지 센서에 의한 자동화는 어려운 실정이며 재배자의 경험에 의하여 시기를 결정하고 이에 따라

자동방제가 되는 것이 유리할 것으로 판단된다.

방제 보턴의 동작에 따라 교반(5분)이 이루어지고 교반 이후에 방제가 된다. 배수관의 압력의 조절은 수동밸브를 부착하여 적정압력(1.5 kg/cm<sup>2</sup>)에 고정시켰다.

본 연구에서는 방제작업을 왕복 1회로 프로그램 하였으나 필요에 따라서 방제횟수는 조절이 가능하다. 뿐만 아니라 엽면 살수도 프로그램에 따라 작업이 되도록 제작하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 제어기의 동작성

제어기는 기본적인 컴퓨터 장치의 내장하고 화면표시 기능, 입력 작업의 단순화, 자료 처리 기능, 프로그램의 통신 등의 기능을 간편하게 하기 위하여 설계하였다.

따라서 작물 재배의 변수가 되는 설정온도, 관비의 혼합비, 농약의 혼합비, 관비의 공급 시간을 재배자가 직접 입력할 수 있다. 토양수분의 제어는 연속적으로 토양수분센서의 입력신호를 감지함으로써 수분공급의 과잉수를 줄일 수 있었다.

관비의 공급은 공급시간의 설정과 관비의 농도를 입력하여 일정농도의 관비를 강제적으로 설정된 시간 동안 공급한 결과 작동성이 우수하였다.

관비와 농약의 혼합은 혼합비의 설정과 혼합탱크의 수위를 정확하게 조절하기가 어려운 점이 있어 미리 혼합비와 탱크의 용량에 적합한 비율을 프로그램하여야 하는 결점이 있었다.

이러한 정량혼합의 결점을 보완하기 위하여 시설하우스의 규모에 따라 일정용량의 혼합탱크를 사용하면 수위센서는 단순한 상한선의 제어 기능을 할 수 있다.

온도의 계측으로 인한 환기장은 잘 동작이 되었다. 다만 설정온도의 입력을 재배 작물의 조건에 따라 프로그램해야 하는 불편이 있다. 따라서 재배 자동화에 필요한 작물의 최적온도에 대한 환기방법의 보완 연구가 요구되었다.

방제작업은 작물의 선정에 따라 노즐의 분포가 달라짐으로 노즐의 분포는 별도의 성능을 평가하였다. 방제작업의 횟수는 방제용 보턴의 작동에 따라 기본적으로 1회씩 왕복하였다. 프로그램에 따라 방제횟수의 조절은 가능하며 방제작업의 동작성도 우수하였다.

개발된 제어기의 지시계와 입·출력의 작동 등을 위한 하드웨어는 양호하였다. 그리고 제어기의 운영을 위하여 개발된 프로그램은 개별적인 작업과 전체적인 동작성에 있어서 기초자료의 보충으로 인한 부분적인 수정이 요구되었다.

#### 나. 관수 및 관비의 성능

##### (1) 토양수분의 제어 성능

접점형은 ON,OFF의 단순한 신호를 사용하기 때문에 토양수분장력을 아날로그로 입력하여 프로그램에서 연산하는 방식보다 속도면에서나, 하드웨어 구성면에서 장점이 큰 것으로 사료된다. 접점형 토양수분센서를 이용하여 관수작업을 수행하는 프로그램은 비교적 간단하며 작동성이 우수하였다.

그리고 토양수분센서의 입력신호를 연속적으로 계측 함으로써 파잉 관수량이 거의 없도록 프로그램하였다. 관수시간은 점적 에미터의 선택(본 연구에서는 2 l/hr)과 센서의 매설 위치 등에 따라 달라지지만 일반적으로 30~50분 동안 관수된다. 관수개시점의 신호가 입력되고 관수가 이루어지면 관수중단점의 신호가 입력되기 까지 관수되며 토양수분센서에 수분이 도달하면 토양 수분 압력이 내려가기 시작한다.

일반적으로 관수개시점에서 접점이 떨어진 후 관수중단점에 도달되는 시간은 에미터의 용량이나, 토성, 투수계수와 관개강도에 따라 차이가 있을 수 있으나 약 5분 정도 소요되었다.

그림 5는 본 시험을 위하여 제작된 토양수분장력계를 이용하여 시험 기간(94. 6. 3~94. 6. 18)중 작동시킨 결과를 나타내고 있다.

그림 5에서와 같이 토양수분의 제어는 관수개시점을 PF 2.3(0.2 bar)에 임의로 설정하고 관수중단점을 PF 2.0(0.1 bar)로 하여 시험한 결과이

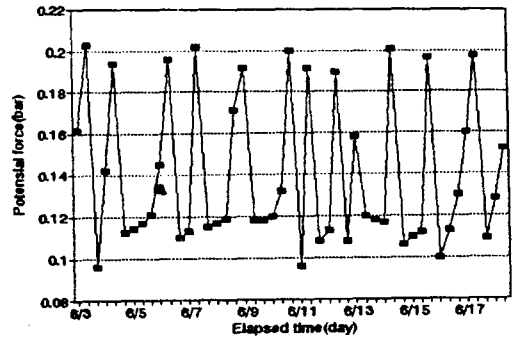


Fig. 5. Variation of controlled potential force by using tensiometer.

다. 그림에서 보는 바와 같이 설정점과 잘 일치하고 있음을 알 수 있다.

제어성능은 관수개시점에서 0.19 bar~0.203 bar 사이에 제어되었고, 관수중단점에서는 0.092 bar~0.152 bar 사이에서 제어되었다. 따라서 제어량인 0.1 bar에 대한 오차율(Error ratio)은 관수개시점에서는 10% (0.19-0.203), 관수중단점에서는 19% (0.092-0.152)로 나타났으나 이것은 관독을 위한 토양수분장력계의 위치적 차이나 토양의 조건에 따라서 발생하는 것으로 판단된다. 미사질양토의 경우 일반적으로 중력 포텐셜(Gravity potential)이 매트릭 포텐셜(Matric potential)보다 크게 나타나 관수중단점이 0.1 bar이하로 유지되지 않기 때문에 관수중단점을 0.1 bar로 설정하였다.

##### (2) 관비의 공급 효율

관비는 물에 녹인 질소, 칼륨, 칼슘 등의 비료 성분을 근근역에 직접 공급하며 노동력을 줄이고 비료의 효율성을 높이는 것이 특징이다.

보통 액비성의 비료를 혼입하기 위하여 벤츄리관의 차압원리를 이용하는 방법과 급수 유량 변화에 따라 직접 회전밸브를 통하여 일정 배율로 정량 혼입하는 방법, 부 펌프를 사용하여 직접 가압하는 방법으로 나눌 수 있다.

본 연구에서는 직접 가압, 혼입하는 방법으로 펌프와 수량계의 계수에 의하여 혼합탱크에 설정량을 공급하였다.

다. 방제의 효과

온실내부는 특수 환경이므로 식물자체도 저항력이 약하여 돌발적으로 병이 발생하며 일단 발생하면 급속히 확산된다. 따라서 병의 치유는 방제 방법에 밀접한 관계가 있다.

1회의 농약 살포로 인하여 약효가 약화될 때까지 성장중의 작물은 생장이 약 30% 정도 지연되며 이로인한 저성장 기간이 3~4일간 지속되는 것으로 알려져 있다.

뿐만 아니라 높은 습도로 인하여 병원균의 포자가 왕성하여 식물의 잎에 묻어있을 경우 잎의 앞, 뒷면은 깨끗이 씻은 다음 방제를 하는 것이 더욱 효과적이다.

따라서 농업선진국에서는 구동모터가 이동하는 이동식 방제가 크게 보급되어 있으며 또한 노즐의 방향을 전환시키며 하우스의 전 구간으로 균일하게 방제하거나 살수하는 장치들이 많이 개발되어 있다. 이러한 방법은 거의 재배작물보다 높은 위치에서 방제를 하기 때문에 잎의 배면에는 방제의 효과가 떨어지는 단점이 있다.

잎의 배면에 방제가 이루어지기 위하여 정치식 방제장치를 들 수 있다. 정치식 방제장치는 재배구간을 이동시켜야 하는 불편이 따르게 되고 이동에 따른 또 다른 장치가 요구되는 경우도 있어 방제의 완전자동화란 의미에서 볼 때 바람직하지 않는 것으로 판단된다.

재배구간을 천정에 부착된 직류 모터와 대차, 노즐 등으로 구성되어 있으며 재배작물의 선정에 따라 노즐의 분포상황은 달라져야 한다.

본 연구에서는 상단에 4개 하단에 4개의 노즐을 설치하였다. 상단의 노즐은 아래로 분사되며 하단의 노즐은 위로 분사되도록 하였다. 재배작물의 종류에 대한 방제의 효과에 관한 기초적인 연구도 절실하게 요구된다.

방제작업은 왕복 1회를 기준으로 하였으며 방제구간에는 근접센서에 의하여 모터의 정·역회전을 제어하도록 하였다.

(1) 노즐위치 변화에 대한 살포 면적 방제작업의 성능을 평가하기 위하여 노즐의 위치에 대한 확산과 살포면적은 그림 6과 같다.

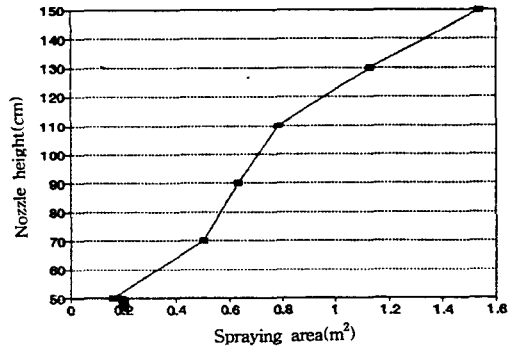


Fig. 6. Calibration curve of the nozzle height and spraying area.

노즐의 위치에 대한 살포면적은 높이가 높을수록 면적이 비례적으로 증가하였다. 노즐의 단위시간당 공급수량은 0.3 l/min 이므로 살포면적이 넓어질수록 단위면적당 살포량은 줄어들게 된다.

그러나 농약의 살포는 균등성이 매우 중요하기 때문에 살포위치에 대한 살포량의 균등성에 근거한 위치의 결정이 요구된다.

그림 7은 노즐의 위치에 대한 살포량을 나타내고 있다.

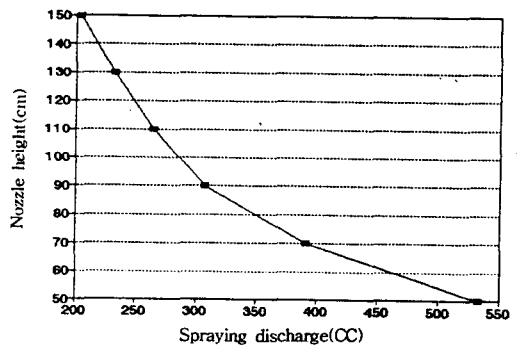


Fig. 7. Calibration curve of the nozzle height and spraying discharge.



그림 7에서와 같이 노즐의 위치가 높아질수록 횡단면의 살포량은 감소하고 있다. 이것은 살포량이 일정한 상태에서 노즐의 위치가 높아짐에 따라 살포면적은 증가하지만 중심의 횡단면에서는 크게 감소하고 있다.

(2) 노즐위치에 따른 공급수량

노즐의 위치에 대한 살포량의 분포는 방제의 균등성 측면에서 공급수량의 효과를 높일 수 있으며 그림 8와 같다.

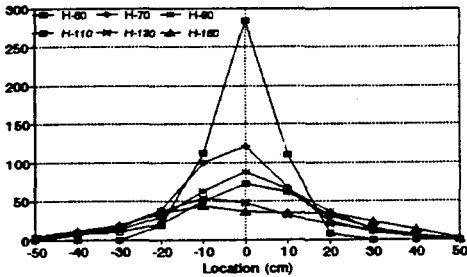


Fig. 8. Comparison of spraying discharge at variations of nozzle height and spraying locations.

살포중심의 공급수량은 노즐의 위치에 비례하는 경향을 나타내었다.

노즐의 위치가 50 cm에서 살포한 경우에는 중심의 살포량이 좌우 10 cm의 위치보다 약 2.4 배 증가하여 매우 불균등함을 보이고 있다. 또한 살포범위는 살포중심에서 좌우로 20 cm를 벗어난 곳에서는 효과가 떨어졌다. 따라서 살포지름의 약 90 %가 10 cc 이상으로서 살포영역이었으나 살포중심에 전체량의 53 %가 차지하여 비효율적인 살포위치임을 알 수 있었다.

노즐의 위치가 70 cm에서는 중심의 살포량이 50 cm에 비하여 약 반으로 줄어들어 균등성이 높아졌으나 중심의 살포량이 23 %로써 여전히

중앙에 집중되는 경향을 나타내었다. 또한 살포범위는 약 90 cm로써 2배 가량 증가하였으나 살포효과가 나타나는 영역은 중심에서 좌우로 약 30 cm까지 가능하였다.

노즐의 위치가 90 cm에서는 중심의 살포량이 88 cc로 줄어드는 반면 살수의 폭이 증가하고 다소 균등해지는 경향을 나타내고 있다.

노즐의 위치가 110 cm, 130 cm, 150 cm로 높아감에 따라 중심의 살포량과 주변의 살포량의 차이가 더욱 적어지고 균등할 뿐만 아니라 살포면적 또한 증가되어 노즐의 높이가 150 cm까지 높아질수록 방제의 효과가 우수할 것으로 사료되었다.

라. 점적관수에 의한 오이의 생육

오이의 생육을 시험을 위하여 표면점적으로 관수하였다. 생육시기는 4월 5일 부터 6월 15일 로써 약 70일간 하였다. 그러나 관비와 방제는 시스템의 개발적 차원을 우선하여 관수에 의한 생육만 검토하였다.

(1) 관개효율

오이의 생육기간 동안 관개시 토양수분센서의 매설위치인 20 cm 깊이의 토양수분 포텐셜, 관개량 및 관개효율 등은 표 5와 같다.

관개효율은 관개방법, 관개속도, 기상조건, 토양의 조건 등에 따라 영향을 받으며 표면점적관개는 비교적 효율이 높아 62 %로 나타났다. 점적관개의 장점은 재배작물의 근권에만 관수를 하기 때문에 생육기간 동안에 관수의 회수는 평균 2일에 한번으로써 잦은 편이었으나 전체 관수량이 530.34 mm로 일반적인 관개에 비하면 관개량은 비교적 적은 것으로 나타났다.

Table 5. Irrigation efficiency and practice of surface irrigation

Applied water (mm)	Stored in root zone(mm)	Irrigation efficiency (%)	Supplied water per irrigation (mm)	Total number of irrigation	Total irrigated water(mm)
17.54	10.87	62	8.2~20.3	34	530.34

(2) 오이의 생육과 수확량

오이의 생육은 작물의 높이, 잎의 수, 뿌리의 건조 중량 과실의 평균 무게를 조사한 결과 표 6과 같이 나타났다.

합되도록 하는 방식이 사용되고 있다. 그러나 전자의 경우에는 벤츄리내의 압력이 정확하지 않을 경우 유입되는 양이 달라지기 때문에 수압의 조건에 따라 민감한 반응을 나타내게 된다.

Table 6. Growth state, yields and quality of cucumber

Plant height(cm)	Number of leaves	Root dry weight(g/0.0008 m <sup>2</sup> ), Depth					Average weight per fruit(g)
		5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	
289.3	39.2	1.76	1.15	0.52	0.31	0.25	169

작물의 키와 잎의 수는 시험자의 재배기술에 따라 달라질 수 있으나 본 연구에서는 전반적으로 약간 작은 것으로 판단 되었다.

과실의 크기와 수량에 관한 결과는 표 7과 같이 나타났다.

따라서 시간의 흐름에 따라 전체적으로 농도의 오차가 크질 수 있는 단점이 있다. 또한 후자의 경우는 미리 관비나 농약의 소비량을 설정하여야 하므로 물의 유입량과 설정량에 따라 농도가 결정되도록 되어 있으므로 정확한 혼합이 불

Table 7. Fruit size and yields of the cucumber

Fruit size		Total yield per acre		Marketable yield per acre	
L(cm)	D(cm)	Fruit weight(kg)	Number	Fruit weight(kg)	Number
20.5	3.8	1134×60 a	6812	512×2.54 a	3213

오이의 평균 길이는 20.5 cm 이었고 지름은 3.9 cm 로써 일반 재배의 경우와 거의 비슷한 수준을 나타내었다. 전체 생산된 오이의 생체 과중은 1134 kg/a 이었고, 과수는 6812 개/a 이었다. 그 중에서 시장성이 있는 정과의 생체 과중은 515 kg/a 이었고, 과수는 3213 개/a 로 나타났다.

본 연구에서는 토양수분 센서에 의한 점적관개의 자동화 개발을 위한 실증적인 시험인 관계로 시험구의 다양성과 대비를 위한 비교 분석적 연구가 이루어지지 않았다. 따라서 토양수분 센서를 통하는 관개자동화는 표면점적관개를 기본적으로 하여 수행하였다.

마. 혼합성능

관비와 농약의 일반적인 혼합방법은 일정 압력의 물이 벤츄리 관을 통과할 때 발생하는 부압의 원리를 이용하여 관비나 농약을 혼합하는 경우와 관비나 농약 탱크에 미리 적정량의 위치를 설정하고 설정된 위치까지 전극형(electrode type)센서와 전자밸브를 설치하여 물과 같이 혼

가능하며 인력도 필요로하는 단점이 있는 것으로 판단된다.

본 연구에서 관비나 농약의 혼합은 펌프와 전자밸브, 수량계를 이용하는 일반 산업분야에서 많이 이용되고 있는 방식을 적용하였다. 펌프에서 공급되는 수량은 수량계에서 정확하게 계수되고 이때 발생하는 출력 펄스를 프로그램에서 계수하는 방법으로서 비교적 정확하였다.

프로그램의 계수 가능 속도는 약 40 P/sec로서 별도의 카운터를 사용하지 않고 수량계의 계수를 계측할 수 있었다.

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

본 연구에서 실제로 혼합한 결과 ±2~3 펄스의 오차가 발생하였다. 그러므로 수량적 오차는 ±184~276 cm<sup>3</sup> 즉 0.18~0.28 l의 오차가 발생하

였다. 이것은 전체량에 비하여  $\pm 0.1 \sim 0.15\%$  이므로  $0.2 \sim 0.3\%$  의 오차로 비교적 제어량이 정확한 것으로 판단되었다.

#### 4. 결론

시설재배에 있어서 재배환경의 자동제어는 가족노동력으로 대규모 시설을 경영할 수 있게 하고, 농산물의 품질향상과 증수 등이 기대되어 UR협상 타결후의 대책으로서 국가적 사업으로 추진되고 있다. 그러나 사업추진 과정에서 환경제어를 위한 개별적 제어장치 뿐만 아니라, 컴퓨터에 의한 종합적 제어장치는 하드웨어와 소프트웨어의 문제로 추진에 어려움이 많다. 특히 제어장치 개발을 위한 기초자료의 부족이 가장 큰 문제로 되어 있다.

본 연구에서는 사용하기에 간편한 종합제어기를 개발하고, 시설재배에서 가장 인력이 많이 필요로 하는 작업부터 자동화를 하기 위하여 관수 자동화, 관비 및 방제의 자동화, 혼합과 환기의 자동화 등에 관한 프로그램을 개발하여 이의 적용성을 검토하고자 하였다.

본 연구의 요약은 다음과 같다.

1. 토양수분장력계에 의한 수분의 제어는 관수개시점에서는 10%의 오차, 그리고 관수중단점에서는 19%의 오차를 나타내었다.

2. 점적관수 장치에 의한 관비의 작업은 작업시간의 입력과 혼합비의 설정으로 작동성이 우수하였다.

3. 개발된 방제 장치는 동작성은 무리가 없었으나 재배작물에 적합한 노즐의 분포에 관한 연구는 계속되어야 할 것으로 판단된다.

4. 점적관수를 이용한 오이의 재배는 일반적 수준을 유지하였다.

5. 시설자동화를 위하여 개발된 종합제어기의 하드웨어 구성은 무리가 없었으나 작물의 재배를 위한 소프트웨어의 개발이 필요하였다.

#### 참 고 문 헌

1. 류관희, 노상하, 김만수. 1994. 작물의 생장 정보 계측 및 생육 제어에 관한 연구, 한국과학기술 연구보고서.
2. 김영복, 박중춘, 송현갑, 백이. 1993. 그린하우스내의 태양광조도와 미세기후변화에 대한 분석적 연구, 제 1회 농촌열에너지 연구소 세미나. 1~26.
3. 서원명. 1990. Microcomputer를 이용한 Greenhouse의 온도제어 System 개발에 관한 연구, 한국농업기계학회지 15(2). 134~142.
4. 김철수, 김진현. 1994. 마이크로 컴퓨터에 의한 시설재배 자동화에 관한 기초연구(I), 한국농업기계학회지 19(2) : 99~111.
5. 김진현, 김철수. 1995. 마이크로 컴퓨터에 의한 시설재배 자동화에 관한 기초연구(II), 한국농업기계학회지 20(1) : 73~86.
6. 류관희, 이기명. 1992. 기술집약형 재배시설을 위한 생육환경의 자동제어, 1992 국내외 한국과학기술자 학술회의 하계 심포지움 논문집.