

마이크로컴퓨터를 이용한 온실멜론의 분무경 -박막순환식 양액재배 시스템 개발*

Development of an Aeroponics-NFT(Nutrient Film Technique) Nutriculture System Using Microcomputer for Greenhouse Melon

유 수 남* 서 상 룡* 정 종 훈*

S. N. Yoo S. R. Suh J. H. Chung

ABSTRACT

An Aero-NFT nutriculture system using microcomputer for cultivation of greenhouse melon was developed and the performance of the system was evaluated through experiments.

The system could control temperature, EC and pH of the nutrient solution within the error ranges of $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$, $\pm 0.2 \text{ mS/cm}$, $\pm 0.1 \text{ pH}$, respectively.

The results of cultivation experiment showed that temperature, EC and pH of the nutrient solution were generally controlled within the setting ranges during cultivation period. The growth results were good until pinching, but the fruit quality of melons was not high except sweetness and shape. To optimize performance of the system, more technical information for nutriculture of greenhouse melon was needed.

주요용어(Key Words): 멜론(Melon), 양액재배 시스템(Nutriculture System), 분무경 -박막순환식(Aeroponics-Nutrient Film Technique)

1. 서 론

최근 시설원예용 고소득 작목은 시기에 따라서도 양액재배도 가능하지만 기후조건, 연작, 병충해, 품질

고급화, 노동력 절감 등을 고려하여 자동화 양액재배를 많이 시도하고 있다.

온실멜론은 과채류 중 재배기간이 짧아 온실 내에서 4계절에 걸쳐 주년 재배가 가능하고 연간 4회까

* 본 연구는 한국과학재단 핵심연구과제(941-0600-012-2) 연구비 지원으로 수행되었음.

* 전남대학교 농과대학 농공학과

지 재배가능하나 보통 무가온인 경우 2기작, 가온시는 3기작까지 가능한 고부가 가치의 과일이지만, 재배환경에 매우 민감하며, 집약적인 관리와 고도의 재배기술을 요하고, 노동력이 많이 드는 특성을 갖고 있다. 우리나라 온실멜론 생산을 살펴보면 일부 시범적 압면경에 의한 재배를 제외하고는 거의 대부분 토경재배에 의존하여 생산하고 있다. 따라서 온실멜론 생산의 고품질, 생력화 생산을 위해서는 압면경 뿐만아니라 NFT, 분무경 등 타 양액재배 방식에 대한 기술 확립과 함께 자동화 양액재배 시스템의 개발이 필요하다.

외국의 경우 온실멜론의 양액재배에 대한 재배관리 면에서의 다양한 기초연구와 더불어 최적의 생장을 실현하는 환경조건 및 재배 프로세스를 구명하여 최적재배를 위한 하드웨어와 소프트웨어의 개발을 시도해 오고 있다. 컴퓨터를 이용한 디지털 제어장치와 제어알고리즘을 개발하여 식물생장과 환경조건 사이의 관계를 연구하는 방법을 비롯하여, 최근에는 뉴로컴퓨터를 이용하여 재배자의 관찰이나 경험, 기존의 지식 등 생육정보를 입력시켜 목표량을 결정 생육제어를 행하고자 하는 여러 연구가 수행되고 있으며, 그 외에도 작물모델을 수식으로 표현하여 제어를 행하는 방법 등이 연구되고 있다.

한편, 국내의 온실멜론의 양액재배 연구는 장(1993, 1995, 1966, 1997) 등이 온실멜론 압면재배시 양액관리 즉 양액 조성 및 농도에 따른 양분흡수, 과실의 자동계측 및 품질 등을 연구하였으며, 이(1995) 등이 양액재배 방식에 따른 멜론 생육 영향을 연구하였을 뿐 재배관리 면에서의 연구가 지극히 취약한 실정이다. 양액재배 자동화 시스템에 대한 연구를 살펴보면 이(1990) 등은 수경재배 양액관리 시스템을 개발하였고, 류(1991), 심(1992), 이(1992) 등은 완전제어형 작물생육 시스템의 개발에 관한 연구를 통하여 생장정보 계측 및 생육제어를 위한 복합환경 제어 작물재배 시스템을 개발하였으며, 김(1994, 1995) 등은 관수, 관비, 방제 종합시스템에 대한 연

구와 함께 온실의 환경변화와 이를 제어하기 위한 종합 제어장치를 개발하였다. 또한 오(1995) 등은 원칩 마이크로컴퓨터를 이용한 양액자동조제장치를, 이(1997) 등은 액제정밀 계량장치를 이용한 양액자동조제 시스템을 개발하였다.

그러나 이와 같이 개발된 시스템을 실제 작물생장에 적용키 위해서는 아직도 작물을 대상으로 많은 부분에서 연구가 이루어져야 하며, 특히 상추, 토마토 외에 온실멜론을 대상으로 한 양액재배 자동화시스템에 대한 연구는 거의 전무한 형편으로 특정 작물에 대한 작물특성, 재배조건 등을 고려한 재배시스템의 하드웨어 및 소프트웨어 기술개발이 시급한 실정이다.

따라서 본 연구는 노동력이 많이 소요되고, 집약적이고 정밀한 재배관리가 필요한 고부가가치 작물인 온실멜론을 대상으로 분무경과 NFT 재배방식의 장점을 고려하고, 재배조건에 따라 양액의 농도, pH, 온도, 용존산소를 제어함으로써 양액조제 및 공급을 자동적으로 수행할 수 있는 마이크로컴퓨터를 이용한 분무경-박막순환 재배방식의 양액재배 시스템을 개발하고, 재배실험을 통하여 시스템의 성능을 평가함으로써 온실멜론 양액재배 자동화에 따른 기초자료를 제공할 목적으로 연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 재배양액의 조성 및 특성조사

본 연구에서 멜론의 양액재배시 사용한 양액은 야마자키 메론 표준 처방액으로써 양액의 조성은 표 1과 같다. 실제 양액농도 제어에 사용된 양액은 양액원소간 화학반응에 의한 침전을 방지하기 위하여 A액과 B액으로 나누어 100배 액으로 만들어 물과 희석하여 양액을 제조 사용하였는데, 표 2는 A액과 B액의 조성을 나타낸 것이다. 양액의 산도제어는 알칼리 용액으로 0.1N 농도의 KOH 용액을, 산 용액으

로 0.1N 농도의 H₂SO₄을 이용하였다.

양액농도 측정은 전기전도도(EC)에 의해 간접적으로 행하여지므로 양액농도 제어를 위하여 양액농도에 따른 전기전도도 및 산도의 관계식을 구하였다.

Table 1 Composition of Yamazaki standard solution for melon culture

Component	Amount (g/1,000ℓ)
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	826
KNO ₃	606
NH ₄ H ₂ PO ₄	152
MgSO ₄ ·7H ₂ O	369
Fe-EDTA	16
H ₃ BO ₃	1.20
MnCl ₂ ·4H ₂ O	0.72
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.09
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.04
(NH ₄) ₂ MoO ₄	0.01
NaCl	1.64

Table 2 Composition of nutrient solution A and B

Sol.	Component	Amount (g/20ℓ)
A	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	1,652
	KNO ₃	430
	Fe-EDTA	32
B	KNO ₃	782
	MgSO ₄ ·7H ₂ O	738
	NH ₄ H ₂ PO ₄	304
	minor component (1,000배액)	2ℓ

나. 분무경-박막순환식 재배베드

분무경이나 담액수경의 재배베드는 보통 길이로 20m, 기울기를 1/100~1/70 정도로 하고 있으나, 본 연구에서는 실험용으로 재배베드는 길이 6m, 폭

45cm, 높이 25cm로 제작하였으며, 지면으로부터 약 20cm 높이에 1/80의 기울기로 설치하였다. 또한 아랫부분에 폭 45cm, 깊이 20cm, 길이 40cm의 양액회수용 탱크를 설치하였다. 양액베드당 멜론 정식 주수는 30주로서 주당 간격은 약 20cm 였으며, 2.5cm의 정식구멍에 정식토록 하였다. 노즐설치 간격은 약 67cm로 양측에 9개씩 모두 18개를 교대로 설치하였다. 사용된 노즐은 180° 분무노즐로 분당분무량은 약 350cc였다. 그림 1은 본 연구에서 설계 제작된 재배베드 부분의 단면도를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 노즐에 의해서 양액이 분무되며, 횡 프레임에 의하여 일정량의 양액이 항상 뿌리 밑부분에 약간 닿게 하여 분무경과 박막순환식 양액재배 방식의 장점을 이용토록 하였다.

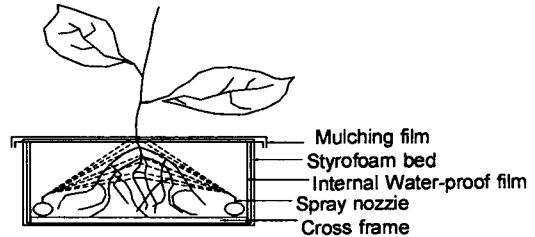


Fig. 1 Cross section of the Aero-NFT culture bed.

다. 양액재배 시스템의 구성

전체적인 양액재배 시스템의 구성도를 나타낸 것이 그림 2이며, 표 3은 사용된 주요 장치들의 사양을 나타낸 것이다.

농축양액인 A액, B액 그리고 산, 알칼리 용액은 정량도출펌프를 사용하여 작동시간을 조절함으로써 일정한 양이 공급되도록 하였으며, 물공급 탱크에는 수위계를 설치 항상 일정한 양의 물이 준비되어 혼합탱크에 공급될 수 있도록 하였다. 혼합탱크에는 연속측정이 가능한 수위계를 설치 탱크내 양액량을 정확히 측정토록 하였으며, 이밖에 온도센서, 양액

교반용 펌프, 가열용 히터와 냉각용 쿨러를 설치하여 양액온도를 제어토록 하였다. 또한 순환펌프를 설치 양액의 전기전도도, 산도, 용존산소량을 측정하고, 양액이 순환 혼합되도록 하였으며, 재배베드에 상에 설치된 양액회수용 탱크는 재배베드에서 일정한 양액이 모이면 자동적으로 혼합탱크 내로 순환되도록 제작하였다.

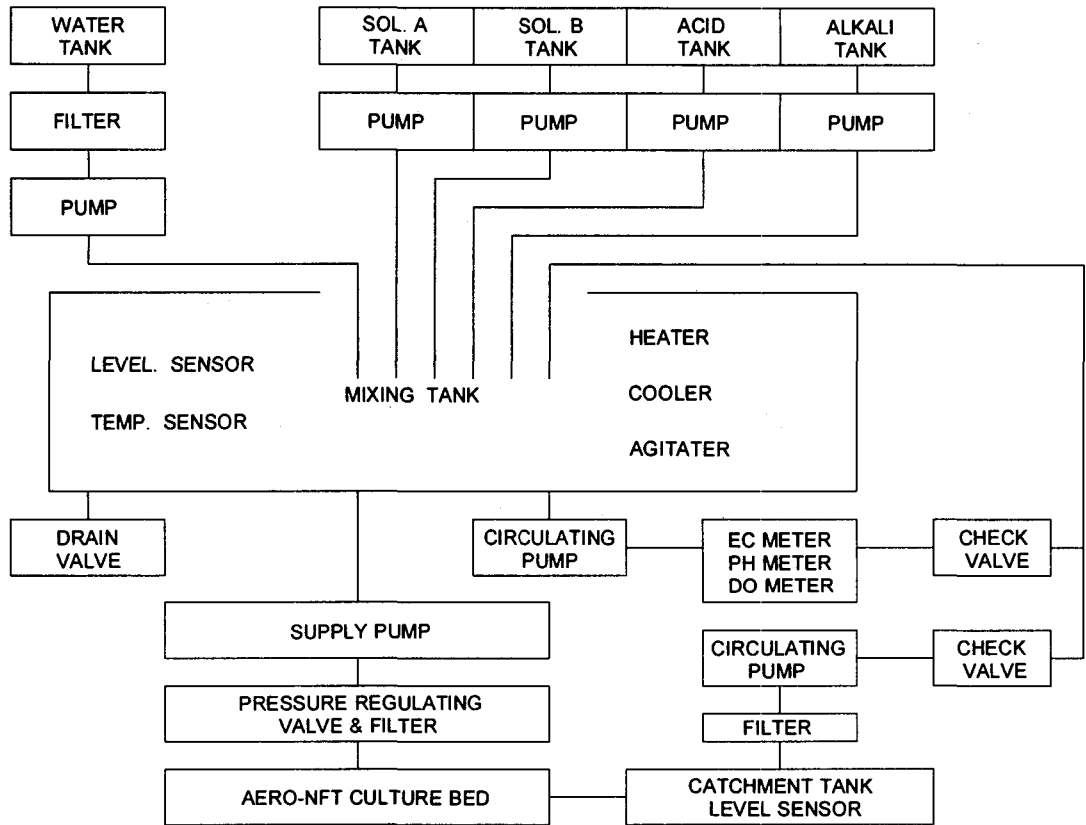


Fig. 2 Block diagram of the nutriculture system.

Table 3 Specifications of the major components of the nutriculture system

Item	Maker, Model	Specifications
Water Pump	Kum-Sung, PW-261M	2,100ℓ /h, 250W
Nutrient Dosing Pump	Black Stone, BL-15	15ℓ /h, 3bar
Heater & Cooler	Kum-Sung, CC-1-03	575kcal/h
Agitating Pump	LG, PD-271M	120ℓ /min, 385W
Circulation Pump	Han-IL, P6-40-1C	3,500ℓ /h, 40W
Nutrient Sol. Supply Pump	Kum-Sung, PW-261M	2,100ℓ /h, 250W
Nutrient Mixing Tank	A-IL	1,000ℓ

라. 양액 계측 및 제어장치의 구성

양액 탱크내의 양액량, 양액온도, 전기전도도, 산도, 용존산소량, 재배베드내 양액의 온도를 측정하고 양액상태의 모니터링, 양액제어를 위한 피드백 신호로 활용하기 위하여 양액 계측 및 제어장치를 구성하였는데 그림 3은 구성도를 나타낸 것이다. 양액 계측은 각 센서들로부터 신호를 신호지시기에 입력 계측된 값을 지시하고, 4-20 mA의 출력을 12비트의 A/D변환기에 입력토록 하여 AT급 마이크로컴퓨터의 모니터상에 지시토록 하였으며, 센서의 신호를 설정치와 비교 출력신호를 디지털출력기로 출력하여 구동장치들 즉 양액제조용 펌프, 교반 및 순환용 펌프, 양액온도조절용 히터 및 쿨러, 양액공급 펌프, 드레인밸브 등을 On/Off 제어 방식으로 작동토록 하였다. 표 4는 사용된 센서들과 신호지시기의

사양을 나타낸 것이다.

마. 양액제어 알고리즘

본 연구에서 제작된 양액재배시스템을 이용 멜론 양액재배에 알맞는 양액을 제조, 제어, 재배베드에 공급하기 위한 양액제어 알고리즘을 개발하였으며, 그림 4는 제어 알고리즘의 흐름도를 나타낸 것이다.

알고리즘은 시스템의 초기화 및 설정치 입력, 최초 양액의 제조, 재배기간 중 양액상태의 제어, 재배베드로의 양액공급제어, 양액상태의 지시 및 데이터 저장 기능을 수행토록 하였다. 제어시 양액의 상태 변수, 양액의 공급방법 즉 양액 분무시간 및 휴지시간 설정치는 멜론의 생육단계, 주간 및 야간에 따라 달리 설정할 수 있도록 하였으며, 생육단계의 수와 생육단계별 주야간 개시시각도 설정치로써 변경 가

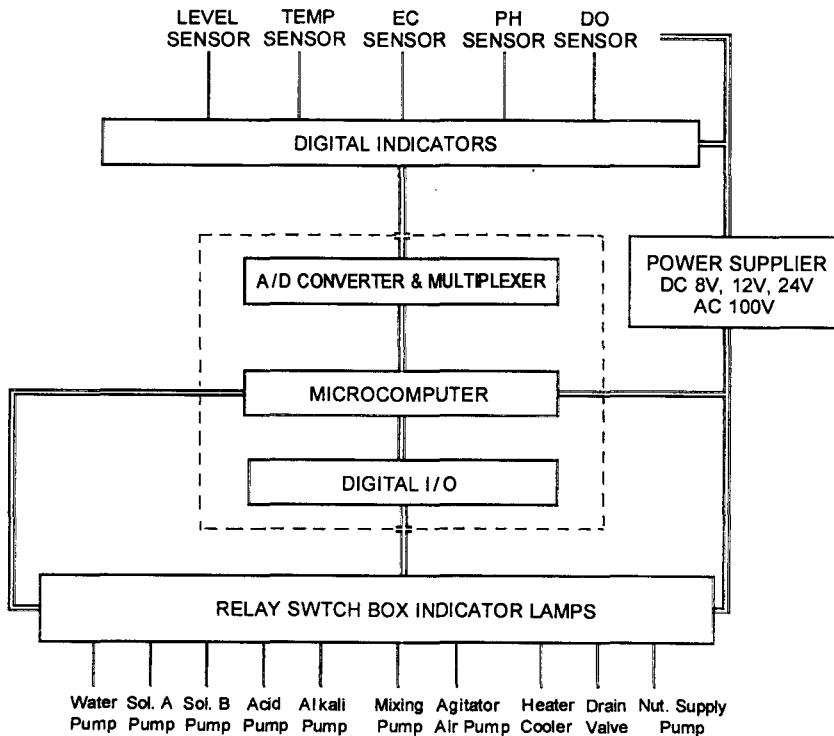


Fig. 3 Block diagram of the nutrient solution measurement and control system.

Table 4 Specifications of nutrient solution measuring equipment

Item	Maker and Model	Specifications		
Temperature Sensor	Hanna Inst. RTD (pt-100)	0~50℃	±0.1℃	4~20mA
EC Meter	Hanna Inst. HI8936	0~19.99 ms/cm	±0.02ms/cm	4~20mA
PH Meter	Hanna Inst. HI8510	0~14 PH	±0.01 PH	4~20mA
DO Meter	Hanna Inst. HI8543	0~30 PPM	±0.1PPM	0~2V
Level Transmitter	Han-il, HT-100RS	0~1 m	±1.5%FS	4~20mA
Signal Indicator	Konics, KM-2000	-200~600℃, ±200mV ±10V, 4~20mA	±2%FS	4~20mA
Data Acquisition Card	Advantech, PCL812PG	A/D - 16CH, 12bits D/A - 2CH, 12bits D/O - 16CH	±5V	
SSR	Dae-Sin Elec. DSS-D2040	INPUT - 3~32VDC		

능토록 하였다.

양액제어시 양액온도, 전기전도도, 산도 등은 생육단계별, 최저 설정치와 최고 설정치를 설정하여 제어하여 제어의 안정성을 도모하였으며, 용존산소량은 분무경의 경우 용존산소량이 큰 문제가 아닌 점을 고려해 볼 때 본 연구 시스템도 마찬가지로 예상되어 최소 설정치만 설정 제어하였다.

새로운 양액제조는 희석수를 정해진 양만큼 혼합 탱크에 주입한 후 온도를 제어하고, 희석수의 양에 따라 산출된 고농도 배양액 A액과 B액량을 정량펌프에 의하여 일정시간 작동토록 하여 혼합한 후 전기전도도를 측정 양액농도를 먼저 제어하고, 산도를 측정 조정토록 하였으며, 용존산소량은 그 수준만 측정토록 하였다.

재배기간 중 양액제어는 보통 하루 중의 양액상태 변화가 크지 않기 때문에 하루에 1회씩 제어토록 하였다. 양액제어는 먼저 혼합탱크내의 양액량이 작을 이 흡수하여 설정량 보다 적으면 희석수를 공급하여 일정한 양액량으로 만든 후 양액온도, 전기전도도, 산도, 용존산소량을 측정하여 양액온도를 먼저 제어하고, 부족한 양액 A, B액의 양이나 희석수의 양을 식(1)과 식 (2)에 의해 각각 계산하여 양액농도를 제

어한 후 산도를 제어토록 하였다. 재배베드로의 양액공급은 온도, 양액농도, 산도가 설정범위 내로 제어되었을 때 이루어지도록 하였다.

$$QS_{ad} = Vol \times (SD - DSD) / (100 + 2 \times DSD) \dots\dots\dots (1)$$

$$QW_{ad} = 100 \times Vol \times (DSD - SD) / (SD \times (100 + 2 \times DSD)) \dots\dots\dots (2)$$

여기서,

QS_{ad} : 보충해야 할 양액 A,B의 양(ℓ)

QW_{ad} : 보충해야 할 희석수의 양(ℓ)

Vol : 양액탱크내 양액의 양(ℓ)

SD : 양액의 표준처방액에 대한 설정 농도(소수)

DSD : 표준처방액에 대한 양액탱크내 양액농도(소수)

양액의 재배베드로의 공급량은 양액 분무시간과 휴지시간의 크기에 따라 달라진다. 따라서 생육단계별, 주야간별로 이를 조절 가능토록 하였으며, 양액 온도에 따라 전기전도도, 산도, 용존산소량 등이 달

라질 수 있으므로 양액공급 기간중 양액온도는 계속 하여 제어토록 하였다.

바. 양액재배 시스템 성능 실험

1) 양액제어 기초실험

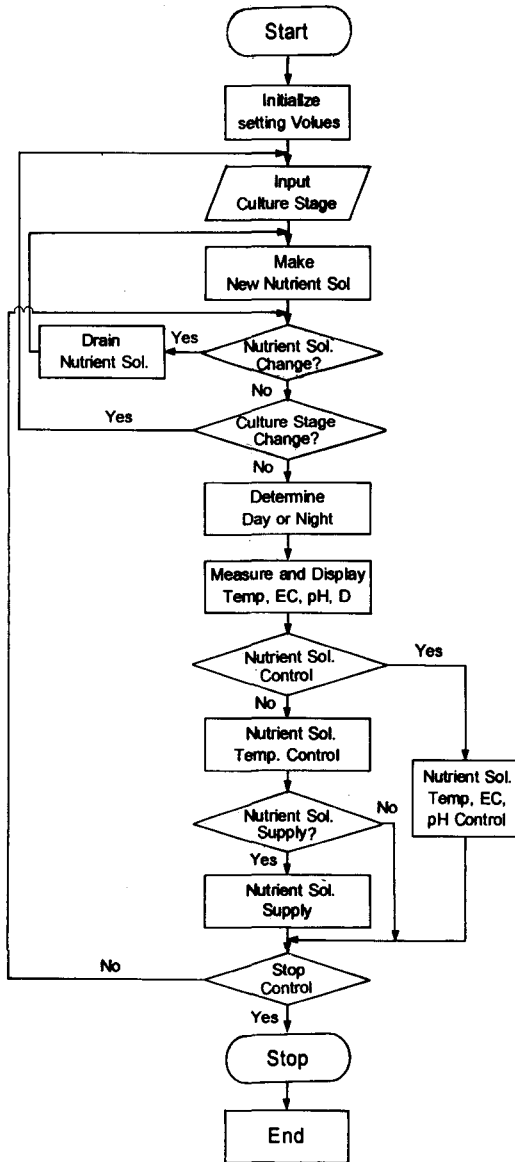


Fig. 4 Flow chart of the nutrient solution control and supply algorithm.

본 연구에서 개발된 양액제어 시스템의 기초성능을 분석하기 위하여 양액온도, 양액농도, 양액산도의 계단입력에 대한 응답시험을 수행하여 정정시간, 제어오차를 분석하였다.

2) 멜론재배 실험

본 연구에서 개발된 마이크로컴퓨터를 이용한 분무경-박막순환식 양액재배 시스템의 양액 제어성과 멜론 재배성능을 분석하여 온실멜론 자동화 재배를 위한 기초자료를 얻기 위하여 멜론 재배실험을 수행하였다.

실험장소는 전남대 농대 실험포 온실(60평, 동서동)을 이용하였고, 사용된 멜론종자는 놀란멜론(Cucumis melo L., 농우종묘)으로 1996년 9월 3일 파종하여 9월 19일 재배베드에 정식하였으며, 11월 15일 수확하였다.

사용한 양액은 아마자키 멜론 표준처방액으로 양액조정은 생육단계를 정식초기, 정식중기에서 교배기 전, 교배기간, 교배 후 네트발생기 전, 네트발생기부터 수확기의 5 단계로 구분, 생육단계별, 주야간 별로 양액 공급방법 및 양액 변수들의 설정값을 달리하였는데, 그 설정값은 표 5와 같다. 양액제어는 1일 1회 자정에 행하도록 하였으며, 원활한 재배를 위하여 20일 간격으로 전량 새로운 양액으로 교체하여 실험을 실시하였다.

조사 및 분석항목으로는 산도, 전기전도도, 온도를 3시간 간격으로 측정 1일 평균치를 구하여 재배기간 동안의 양액변화를 조사하여 시스템의 양액제어 성능을 분석하였고, 생육반응 분석을 위해 정식으로부터 적심시까지 3주씩 멜론 표본을 채취하여 4회의 생육조사(초장, 경경, 엽수, 엽면적, 각 기관별 생체중 및 건물분배율)를 실시하였다. 또한 수확과실의 품질(무게, 크기, 당도, 네트발현)을 조사하여 시스템의 온실멜론 재배성능을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

Table 5 Setting values of nutrient solution control variables

Period	T _{mep} (°C)		Density* (Decimal)		pH		Diss. Oxy. (PPM)	Interval of Sol. Supply
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
Early Part of Transplanting								
Day	25	29	0.5	0.6	5.5	6.5		
Night	18	20	(1.3)	(1.6)				Day:
Middle Part of Trans-planting- Pollination							9.00	3 min. spraying 3 min. stop
Day	25	29	0.8	1	5.5	6.5		
Night	17	20	(2.2)	(2.6)				Night:
Pollination - Netting								1 min. spraying 10 min. stop
Day	25	29	0.8	1	5.5	6.5		
Night	17	18	(2.2)	(2.6)				
Netting - Harvesting								
Day	25	29	1.2	1.3	5.5	6.5		
Night	17	20	(3.0)	(3.4)				

* Values in parenthesis means EC(mS/cm).

가. 멜론 재배 양액의 특성

야마자키 멜론 기준 처방액을 기준으로 한 농도 변화에 대하여 양액온도가 약 24.5℃일 때 전기전도도 및 산도와와의 관계를 나타낸 것이 그림 5이다. 그림에서와 같이 양액의 농도 변화에 따라 전기전도도와 산도는 거의 직선적인 관계를 나타내어 전기전도

도를 측정 A, B 양액 또는 희석수를 설정치의 차에 비례하여 앞의 식 (1), (2)에서와 같이 첨가함으로써 양액의 농도를 제어할 수 있음을 알 수 있었다. 한편 산도 조정액으로 사용된 수산화칼륨 및 황산 용액은 양액농도 및 산도에 따라 약간 차이는 있었지만, 야마자키 표준 처방액을 기준으로 산도를 1 변화시키는데 황산용액은 약 117.3 cc/100ℓ, 수산화칼륨 용액은 약 129.7 cc/100ℓ 가 소요되었으며, 이 때 양액농도의 변화는 허용범위 내로 나타나 제어에는 지장이 없는 것을 알 수 있었다.

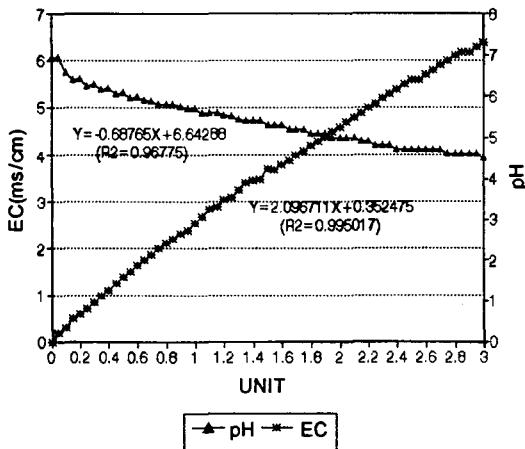


Fig. 5 Values of EC and PH at various nutrient solution density.

나. 양액제어 기초성능

양액재배 시스템의 양액조제 특성을 파악하기 위하여 야마자키 멜론 기준 처방액의 0.8배액을 약 300ℓ 제조하였는데, 양액제조에 소요된 시간은 약 11분 42초가 소요되었으며, EC는 약 1.95 mS/cm, pH 값은 5.8을 나타내어 양액 특성에서 예측한 값과 거의 일치하였다.

시스템의 양액온도 제어성능을 분석하기 위하여 19.6℃, 약 300ℓ의 양액을 1℃ 상승시키는 계단입력

에 대한 응답시험을 실시한 결과, 정정시간이 약 31분 32초, 제어오차는 약 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다.

시스템의 농도제어 성능은 양액량, 농도조절을 위한 농후양액의 농도, 농후양액 공급 펌프 및 희석수 공급펌프의 공급속도, 혼합펌프의 혼합성능, 농도측정을 위한 전기전도도 센서의 반응시간 등에 따라 달라진다. 21°C 의 야마자키 멜론 기준 처방액 0.8배액 300ℓ를 1배액으로(전기전도도는 1.95 mS/cm에서 2.55 mS/cm로) 올리는 계단입력에 대한 시스템의 응답을 구하였을 때, 정정시간은 약 2분 36초, 제어오차는 약 ± 0.01 배액(전기전도도는 약 ± 0.2 mS/cm)으로 나타났다.

시스템의 산도제어 성능은 21°C , 300ℓ의 양액을 5.3 pH에서 1 pH 올리는 계단입력에 대한 시스템의 응답을 구하였는데, 정정시간은 약 1분 32초, 제어오차는 약 $\pm 0.1\text{pH}$ 로 나타났다.

이상과 같은 계단입력에 대한 시스템의 응답 결과는 온실멜론 재배시 양액의 설정 온도, 농도, 산도 범위가 넓고 그 변화가 급속히 이루어지지 않는 점, 그리고 빠른 양액조정이 필요없다는 점을 고려하면 충분히 적용가능한 것으로 판단되었다.

다. 멜론 재배실험

1) 양액제어 특성

정식후 1일 평균 양액온도와 근권온도의 변화를 나타낸 것이 그림 6이다.

그림에서와 같이 양액온도의 경우 정식초기 약 28.5°C 에서 수확기 약 22.5°C 로 전반적으로 감소하는 경향을 나타내었는데, 이는 추분재배를 한 관계로 정식 후 경과일수에 따라 전반적으로 양액온도가 하강하는 것으로 보인다. 주간 및 야간의 평균적인 설정온도를 고려해 볼 때 생육초기에는 양액온도가 주간의 최고 설정온도치인 29°C 에 근접하여 제어되는 것으로 나타나 주간과 야간의 양액온도가 설정 온도범위 보다 높음을 알 수 있으며, 반면 수확기에

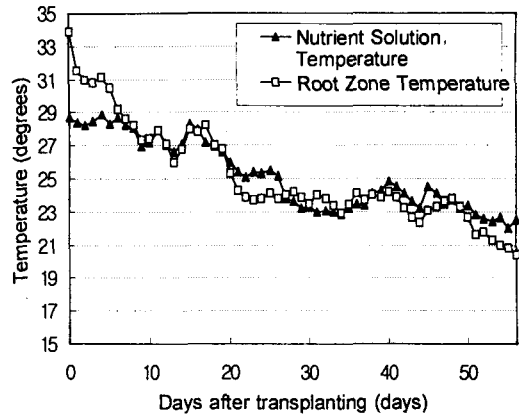


Fig. 6 Changes in nutrient solution temperature in the tank and root zone temperature.

는 주야간의 평균 설정온도 약 23°C 보다 약간 낮게 나타나 이들 두 기간 중 양액온도 제어가 원활치 못함을 알 수 있다. 이는 계절에 따른 온실내부의 기온 등 환경변화에 기인하는 것으로 온실환경 제어가 원활히 이루어질 경우 설정온도 범위내의 제어가 가능할 것으로 보인다. 전체 재배기간을 고려해 볼 때 대체로 시스템의 양액온도 제어성능은 만족한 것으로 판단된다.

근권온도의 변화도 양액온도와 비슷한 경향을 보였는데 생육초기 양액온도 보다 높게 나타났고, 생육후기에는 낮게 나타나 온실환경 변화에 큰 영향을 받는 것으로 보이며, 특히 생육초기 근권온도가 높아 야간의 근권온도 유지를 위한 대책이 필요한 것으로 보인다.

양액농도의 변화는 그림 7에서와 같이 정식초기 설정농도 범위인 약 1.3~1.6 mS/cm와 비교해 볼 때 거의 일정하게 잘 제어되고 있는 것으로 나타났으며, 생육 중기에도 설정농도범위인 2.2~2.6 mS/cm와 비교해 볼 때 설정농도 범위에서 거의 변화없이 제어되고 있음을 알 수 있다. 생육 후반기에는 설정농도 범위인 3.0~3.4 mS/cm의 최저 설정치 전후 부

근에서 약간씩 변동하여 나타남을 알 수 있었다. 대체적으로 양액농도 제어는 원활히 이루어진 것으로 판단되며, 낮은 설정치에서 약간씩 변동되며 제어되고 있는 생육중기 이후에는 1일 1회의 제어횟수를 늘리면 좀 더 원활한 양액농도 제어가 가능한 것으로 판단되었다.

산도의 변화를 살펴보면 그림 8에서와 같이 산도는 5.4~6.4 정도로 제어되는 것으로 나타나 대체적으로 원활히 제어되는 것으로 나타났다. 그러나 그림에서와 같이 설정산도인 5.5~6.5의 최저산도치 전후로 대부분 제어되어 1일 1회의 제어횟수를 늘림으로써 좀 더 정밀한 제어가 이루어질 것으로 판단된다.

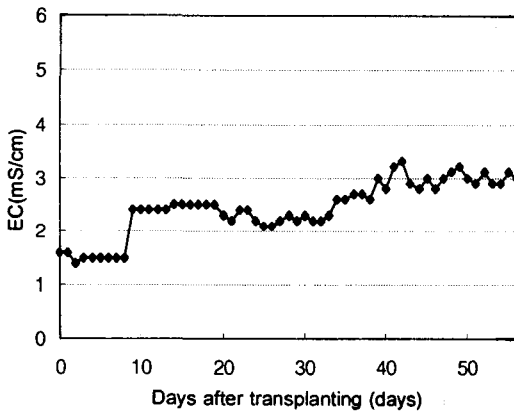


Fig. 7 Change in EC of nutrient solution.

2) 멜론 재배 특성

표 6은 정식후 경과일수에 따른 생육반응을 나타낸 것이다. 정식후 26일 적심시의 생육상태를 살펴보면 초장은 211.2 cm, 평균 엽수는 24.6 개, 엽면적은 5,849.5cm², 최대 줄기직경은 9.2mm, 생체중은 잎이 265.8g, 줄기가 95.4g, 뿌리가 140.8g으로 나타났으며 외견상 발육상태는 양호한 것으로 보였다.

한편 건물분배율을 살펴보면 그림 9에서와 같이 전반적으로 생육 초반에는 잎으로의 건물 분배가 많았으며 이후 점차 감소하였고, 생육 후반기에는 줄기로의 분배가 증가하는 경향을 보였다. 뿌리의 경우는 거의 일정한 분배율을 보였으나 토경 등 타 재배방식에 비해 분배율은 높은 것으로 보인다.

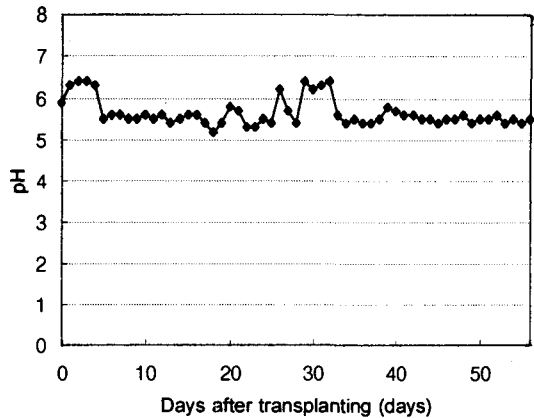


Fig. 8 Change in PH of nutrient solution.

Table 6 Growth responses from transplanting to pinching

Time	Plant Ht. (cm)	No. of Leaves	Leaf Area (cm ²)	Max. Stem Dia (mm)	Fersh Weight (g/plant)		
					Leaf	Stem	Root
Transplanting	9.0	2	29.2	2.78	0.8	0.6	0.5
5 Days after Transplanting	19.6	7.7	416.3	4.4	9.6	6.8	3.5
12 Days after Transplanting	39.8	10.7	703.3	5.6	21.2	19.3	8.59
19 Days after Transplanting	110.0	15.3	1,836.3	7.1	91.4	46.7	48.5
26 Days after Transplanting	211.2	24.6	5,849.5	9.23	265.8	95.4	140.8

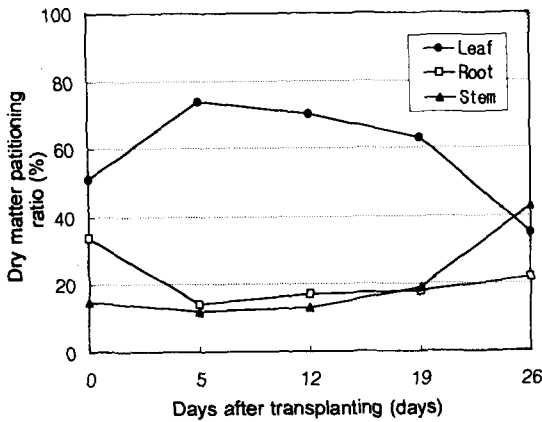


Fig. 9 Dry matter partitioning ratio from transplanting to pinching.

수확된 멜론의 품질을 조사한 결과 과실의 생체중이 807.9 g, 과실의 길이가 12.0 cm, 폭이 11.4 cm로 거의 원형에 가까웠으며, 네트의 발현정도를 나타내는 네트지수는 3.8(5점 만점), 당도는 15.2° Brix로 나타나 당도와 외형 외에는 전체적으로 과실 품질이 떨어지는 것으로 나타났다.

분무경-박막순환식 양액재배 시스템에 의한 온실멜론의 성공적인 재배를 위해서는 온실멜론 재배에 적합한 적정 양액의 선정, 생육단계별 양액농도, 산도, 온도 등 적정 양액조건, 생육단계별 광, 온·습도, 이산화탄소 공급 등 적정 온실환경 조건, 적정 작물 관리방법 확립 등 재배기술적 측면의 연구가 먼저 이루어져야 될 것으로 보인다. 여기에서 얻은 기술적인 정보를 이용하여 본 시스템의 설정값과 제어방법을 적정화하고, 양액살균장치 등 일부 장치를 보완하면 온실멜론의 품질 향상이 가능할 것으로 기대된다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 온실멜론을 대상으로 재배조건에 따라 양액의 농도, pH, 온도, 용존산소를 고려한 양액조제 및 공급을 자동적으로 수행할 수 있는 마이크로컴퓨

터를 이용한 분무경-박막순환식의 양액재배 시스템을 개발하고, 재배실험을 통하여 시스템의 성능을 평가함으로써 온실멜론 양액재배 자동화에 따른 기초자료를 제공할 목적으로 수행하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 온실멜론 양액재배를 위하여 양액조제, 양액공급을 자동적으로 제어할 수 있는 마이크로컴퓨터를 이용한 분무경-박막순환식 양액재배 재배시스템을 개발하였다.

나. 개발된 양액재배 시스템의 기초 성능시험 결과 양액의 온도, 농도, 산도를 각각 $\pm 0.2^\circ\text{C}$, $\pm 0.2 \text{ mS/cm}$, $\pm 0.1 \text{ pH}$ 의 오차 범위 내에서 제어할 수 있었다.

다. 개발된 시스템을 이용하여 온실멜론 재배실험을 수행한 결과 재배기간 중 양액의 온도, 농도, 산도는 대체적으로 설정된 범위 내에서 제어되는 것으로 판단되었다. 그러나 양액온도 경우 생육 초반기와 후반기에 계절적 환경변화에 의해 설정범위의 경계부근에서 제어되어 온실환경 제어가 필요한 것으로 보이며, 생육 후반기 양액농도와 생육기간 전반에 걸쳐 양액산도는 낮은 설정범위에서 제어되어 하루 2회 이상으로 제어횟수를 늘리는 것이 바람직한 것으로 보인다.

라. 온실멜론의 생육상태를 조사한 결과 적심시 까지의 생육은 양호한 것으로 보였으나 수확한 온실멜론은 당도와 외형 외에는 품질이 전반적으로 떨어지는 것으로 판단되었다.

마. 양액재배에 의한 고품질의 온실멜론을 생산하기 위해서는 적정 양액조건, 환경조건, 재배방법 등 재배기술 확립을 위한 연구가 선행되어야 하며, 그 결과를 토대로 본 시스템의 적정화를 기할 필요가 있다.

참고 문헌

1. 김철수, 김진현. 1994. 마이크로컴퓨터에 의한

- 시설재배의 자동화에 관한 기초연구 (I). 한국농업기계학회지 19(2):99-111.
2. 김철수, 김진현. 1995. 마이크로컴퓨터에 의한 시설재배의 자동화에 관한 기초연구 (II) - 자동화 시스템의 종합제어기 개발. 한국농업기계학회지 20(1):73-86.
 3. 류관희. 1991. 완전제어형의 작물생육 시스템의 개발. 시설농업논문집, 한국농기구협동조합.
 4. 손정익, 김문기, 남상운. 1992. 양액재배를 위한 배양관리 지원 시스템의 개발(1) - 배양액의 배합 및 전기전도도(EC)의 예측. 한국농업기계학회지 17(3):225-23.
 5. 심규돈, 류관희, 노상하, 홍순호. 1992. 완전제어형 실험용 작물생육장치 개발(I) - 복합 환경제어시스템. 한국농업기계학회지 17(4):344-353.
 6. 오길근, 류관희, 홍순호, 김효중. 1995. 원칩 마이크로컴퓨터를 이용한 양액 자동조제 장치의 개발. 한국농업기계학회지 20(4):383-389.
 7. 이규철, 류관희, 노상하, 홍순호. 1992. 완전제어형 실험용 작물생육장치 개발(I) - 온·습도 제어시스템. 한국농업기계학회지 17(1):55-64.
 8. 이규철, 류관희, 이정훈, 김기영, 황호준. 1997. 액체 정밀제량 장치를 이용한 양액 자동조제 시스템 개발. 한국농업기계학회지 22(4):469-478.
 9. 이기명. 1990. 수경재배의 양액관리 시스템 개발. 한국농업기계학회지, 15(4):328-338.
 10. 장홍기, 정순주. 1997. 온실멜론의 암면재배에 있어서 수분기의 양액공급 제한이 생육 및 양분 흡수에 미치는 영향. 생물생산시설환경 6(1):26-33.
 11. 이정현, 정순주. 1995. 양액재배기술-양액재배 방식별 특성비교. 시설원예연구 8(1):81-94.
 12. 張洪基, 糠谷 明. 1993. 溫室メロンのロックワ-ル栽培における培養液管理に関する研究 (第1報) 園試處方培養液の濃度と生育及び養分吸收の關係. 日園學雜. 62別2:318-319.
 13. 張洪基, 糠谷 明. 1995a. 溫室メロンのロックワ-ル栽培における培養液管理に関する研究 (第3報) 春作における培養液の組成・濃度と生育及び養分吸收の關係. 日園學雜. 64別1:244-245.
 14. 張洪基, 糠谷 明. 1995b. 溫室メロンのロックワ-ル栽培における培養液管理に関する研究 (第4報) 受粉期における養分供給増加が生育及び成分吸收に及ぼす影響. 日園學雜. 64別2:34-35.
 15. 張洪基, 青木弘行, 逸見彰男, 福山壽雄, 橋本 康. 1996. 養液栽培での生育に伴うメロン果實の表面積と體積變化の自動計測及び養分吸收との關係. 日植物工場學會誌 8(2):31-35.