

양액재배 오이의 급액제어모델 개발에 관한 기초연구

A Fundamental Study on the Development of Irrigation Control Model in Soilless Culture of Cucumber

남 상 운 · 이 남 호 · 전 우 정 · 황 한 철 · 홍 성 구 · 허 연 정*
(안성산업대학교 농촌공학과)

Nam, Sang Woon · Lee, Nam Ho · Jeon, Woo Jeong
Hwang, Han Cheol · Hong, Seong Gu · Heo, Yeon Jeong

Abstract

This study was conducted to develop the simple and convenient irrigation control model which can maintain the appropriate rates of irrigation and drainage of nutrient solution according to the environmental conditions and growth stages in soilless culture of cucumber. In order to obtain fundamental data for development of the model, investigation of the actual state of soilless culture practices was carried out. Most irrigation systems of soilless culture were controlled by the time clock. Evapotranspiration of cucumber in soilless culture was investigated and correlations with environmental conditions were analyzed, and its prediction model was developed. A irrigation control model based on the time clock control and there were considered seasons, weather conditions, and growth stages was developed. Applicability of the model was tested by simulation. Drainage rates of irrigation system controlled by conventional time clock, integrated solar radiation, and the developed model were 61%, 20%, and 32%, respectively in cucumber perlite culture.

I. 서 론

양액재배에 있어서 배양액의 급액량은 작물의 생육에 중대한 영향을 미친다. 현재까지 알려진 급액제어 방법으로는 타이머에 의한 제어, 배지내 수분계측에 의한 제어, 적산일사량에 의한 급액제어 등이 주로 이용되고 있다. 타이머에 의한 급액제어는 가장 간편한 방법이기 때문에 많이 이용되고 있지만 정밀성이 떨어지고 많은 양액이 낭비된다. 배지내 수분계측에 의한 제어는 적절한 센서의 선택과 측정지점의 대표성 등에서 문제점을 갖고 있으며, 적산일사량에 의한 급액제어는 상업적으로 많이 적용되고 있는 방법이지만 일사센서와 제어시스템이 고가인 관계로 국내에서는 널리 보급되지 못하고 있다.

본 연구는 과채류중에서 양액재배 면적이 급속히 신장하고 있는 오이를 대상으로 일반농가에서 사용하기 간편하면서 시설환경이나 생육단계에 따라 적정 급배액율을 유지할 수 있는 급액제어모델 개발에 필요한 기초자료를 얻고자 수행하였다.

1998년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (1998년 10월 24일)

II. 재료 및 방법

1. 급액제어에 관한 실태조사

급액제어모델 개발의 방향설정을 위하여 국내 양액재배 농가를 대상으로 급액제어 실태 및 개발방향에 대한 희망사항을 조사하였다.

조사항목 ; 재배방식, 재배작목, 양액이용방식, 배드면적비(온실면적대비), 급액제어방식, 타이머 제어시 급액회수(배지경), 계측제어시 계측항목, 급액제어에 관한 특기사항 또는 희망사항 등.

2. 양액재배 오이의 증발산량

양액재배 오이의 배양액 소비량을 파악하기 위하여 증발산량 측정실험을 실시하였다.

- 공시작물 ; 홍농종묘 은성 백다다기
 - 재배방식 ; 양액재배(펄라이트경)
 - 시험기간 ; 97/04/26~97/06/27(1차), 97/10/07~97/11/19(2차), 98/04/18~98/06/09(3차)
 - 계측항목 ; 외부기상환경(온도, 습도, 일사, 풍속, 강우), 온실내부환경(온도, 습도, 일사, 증발계증발량, 토양수분), 생체정보(증발산량 ; 수위법, 성장속도; 초장, 잎수, 엽면적, 수량)
- 증발산량 측정실험 결과를 이용하여 증발산량과 시설환경요인과의 상관관계를 분석하였다.

또한, 증발산량 측정실험 및 상관관계 분석결과를 토대로 양액재배 오이의 생육단계별 시설 환경요인에 따른 증발산량 추정모델을 개발하였다.

3. 급액제어모델 개발

급액제어에 관한 실태조사와 양액재배 오이의 증발산량 실험 결과를 토대로 급액제어모델을 구성하였다. 급액제어의 기본은 타이머제어로 하되, 계절별로 기준급액모델을 구축하고 일사량과 생육단계별로 가중치를 구하여 급액량을 조절하도록 하였다. 급액제어모델의 흐름도는 그림 1과 같다.

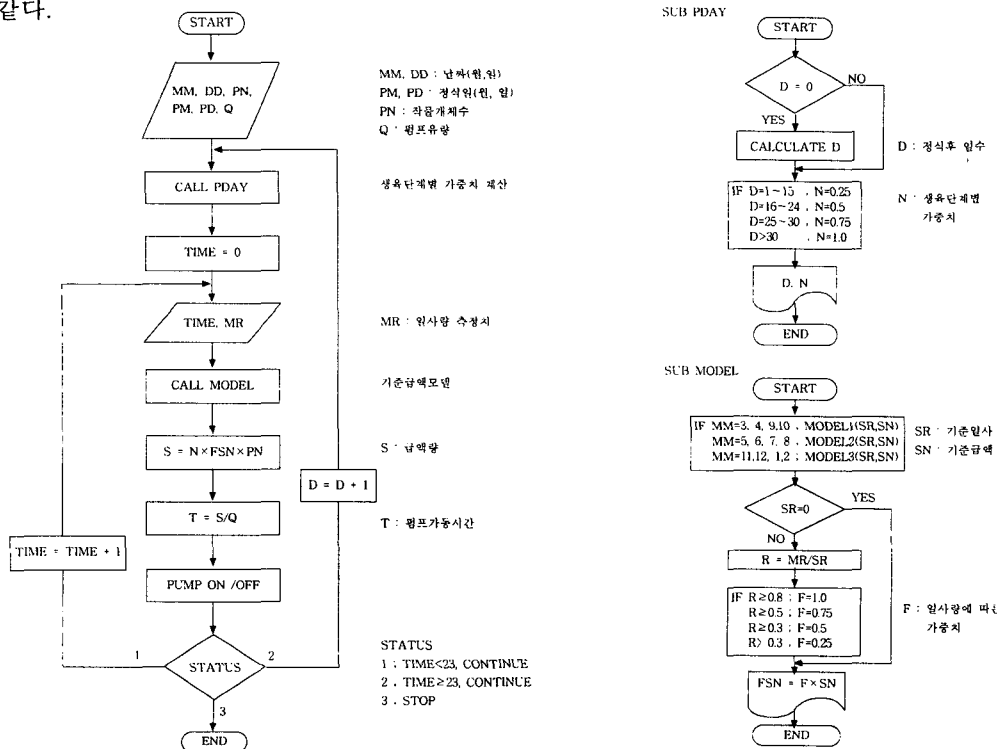


그림 1. 급액제어모델의 흐름도

III. 결과 및 고찰

1. 급액제어에 관한 실태조사

- 조사농가수 ▷ 총 52농가 ; 수경 6(11.5%) ==> NFT 4(66.7%), DFT 2(33.3%)
배지경 46(88.5%) ==> 펠라이트 35(76.1%), 락울 11(23.9%)
- 재배작목 ▷ 수경 ; 상추, 치커리, 케일
배지경 ; 오이(21), 토마토(11), 장미(8), 방울토마토(6), 고추(2), 호박(2), 매론(1)
- 양액이용방식 ▷ 수경 ; 순환식(100%)
배지경 ; 순환식 11(23.9%), 내리흘림식 35(76.1%)
※ 내리흘림식중 6농가는 집수해서 재활용(토양 액비)
- 배드면적비(온실면적에 대한) ▷ 수경 ; 50~60%
배지경 ; 25~50%(평균 35%)
- 급액제어 ▷ 수경 ; 수동 1(16.7%), 타이머 5(83.3%)
배지경 ; 수동 2(4.3%), 타이머 36(78.3%), 계측제어 8(17.4%)
- 타이머제어시 급액횟수(배지경) ▷
주간 ; 10회미만 8(17.4%), 10~15회 33(71.7%), 15회이상 5(10.9%)
야간 ; 급액안함 34(73.9%), 1회급액 8(17.5%), 2회급액 2(4.3%), 3회이상 2(4.3%)
※ 생육단계(육묘기, 생육초기, 성장기, 수확기) 및 계절별로 급액횟수를 달리함.
일정량을 시간대별로 세팅하여 급액함.
- 계측제어시 계측항목 ▷ 일사량 계측 7(87.5%), 배지내 수분 계측 1(12.5%)
- 급액제어에 관한 특기사항 또는 희망사항 ▷
 - 기능이 복잡하고, 정밀하고 가격이 비싼것 보다는 단순하고, 경제적이며 사용이 편리하고 고장이 적은 것을 원함.
 - 타이머제어로 충분하나 날씨가 흐린날은 낭비되는 양액이 너무 많음==> 따라서 타이머제어와 병행하여 3~4단계의 일사제어가 가능한 값싼 센서와 제어기의 개발이 요망됨.
 - 시간 경과에 따라 정량펌프의 균일성이 저하되어 문제가 있으므로 대책 필요.

2. 양액재배 오이의 증발산량

가. 증발산량과 환경요인과의 상관관계

- 육묘기는 제외함.
- 생육기간을 수확전과 수확기로 구분함 ; 수확기에는 엽면적 등이 일정범위내에 분포
- 수확전은 성장기로서 정식후일수를 고려함 ; 생장곡선이 정식후 일수의 제공에 비례
- 수확전과 수확기의 구분은 대체로 다음과 같은 기준으로 이루어짐 ; 시험재배결과 오이수확 ; 과중 170~180g, 과장 20~22cm,
; 정식후 35~40일부터 수확시작, LAI 3.5~5.0 (초장 170~190cm)

표 1. 증발산량과 환경요인과의 상관관계

구 분	일사량	기 온	상대습도	팬증발량
수확전	0.817	0.779	0.771	0.846
수확기	0.780	0.418	0.777	0.817

나. 증발산량 추정모델

1) 모델 개발의 검토사항

- 증발산량과 환경요인과의 상관관계 분석결과 일사량이 가장 높음.
- 관수 및 급액제어 시스템에 대한 농민들의 희망사항 검토.
 - 기능이 복잡하고, 정밀하면서 가격이 비싼것 보다는 경제적인 것을 원함
 - 단순하고, 사용이 편리하며 고장이 적은 것을 원함
 - 타임제어와 병행하여 3~4단계의 적응제어가 가능한 값싼 센서와 제어기의 개발 희망
- 실용적인 측면에서 간편성이 무엇보다 중요하므로 단요인으로 가장 상관이 높은 일사량을 증발산량 추정모델에 우선적으로 고려함
- 수확전과 수확기로 나누어, 수확전에는 생장이 급속도로 진행되므로 정식후 일수를 고려하여 다음형태의 회귀모델을 구함.

수확전 ; $ET = aR + bD^2 + c$

ET ; 증발산량(ml/plant/day)

수확기 ; $ET = aR + b$

R ; 실내일사량(MJ/m²/day)

D ; 정식후일수(days after planting)

a, b, c ; 회귀계수

2) 증발산량 추정모델

수확전 ; $ET = 20.592R + 0.538D^2 - 87.43$ ($r = 0.817, RMS = 119.2$)

수확기 ; $ET = 95.093R + 252.32$ ($r = 0.780, RMS = 368.4$)

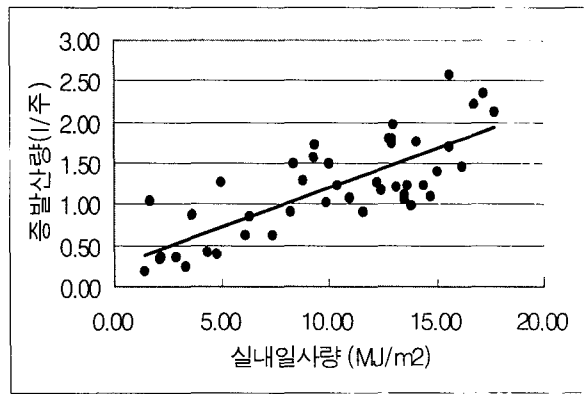
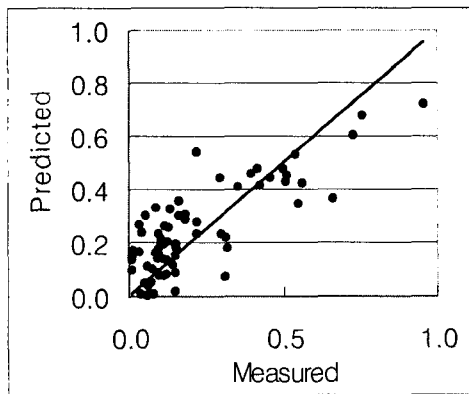


그림 2. 증발산량 추정치와 실측치(수확전). 그림 3. 증발산량 추정치와 실측치 비교(수확기).

3. 급액제어모델 개발

일사량의 월별 변화(그림 4)와 계절별 시간적 변화(그림 5)를 기초로하여 기준급액모델을 구축하였으며 계절별 기준급액량은 표 2와 같다. 계절별 기준급액량에 일사량과 생육단계별 가중치를 고려한 급액제어모델(타임제어)을 개발하였으며 시뮬레이션에 의하여 급액제어모델의 적용성을 검토하였다. 본 연구에서 개발된 모델에 의한 급액제어와 관행의 타이머에 의한 제어 및 적산일사량에 의한 제어를 비교한 결과는 그림 6과 같다. 본 모델에 의한 평균 배액율은 32%로서 일사 제어(20%)에 비하여는 조금 많았지만 관행 제어(61%)에 비하여는 훨씬 작았으며, 수확기의 평균 배액율은 19%로 나타났다.

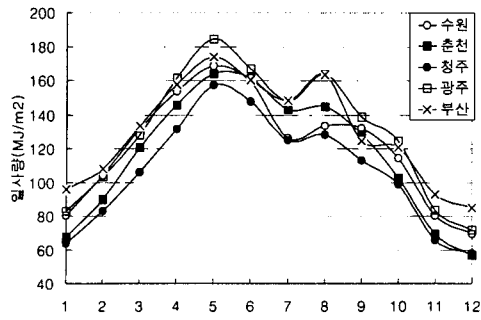


그림 4. 일사량의 월별 변화.

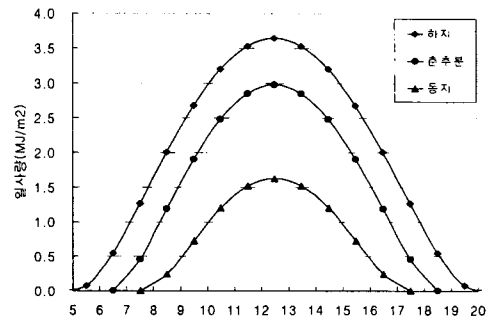


그림 5. 계절별 청명일사량의 일변화.

표 2. 계절별 표준일사량(MJ/m²/hr) 및 기준급액량(ℓ/plant).

시간	3/21, 9/23(춘, 추분)			6/21(하지)			12/22(동지)		
	표준일사	비율	기준급액	표준일사	비율	기준급액	표준일사	비율	기준급액
5				0.08	0.00	0.01			
6				0.55	0.02	0.04			
7	0.46	0.02	0.04	1.26	0.04	0.10			
8	1.19	0.06	0.10	2.01	0.07	0.16	0.24	0.03	0.02
9	1.91	0.09	0.16	2.68	0.09	0.21	0.73	0.08	0.07
10	2.48	0.12	0.20	3.20	0.11	0.25	1.20	0.13	0.12
11	2.85	0.14	0.23	3.53	0.12	0.27	1.52	0.17	0.15
12	2.98	0.14	0.24	3.64	0.12	0.28	1.63	0.18	0.16
13	2.85	0.14	0.23	3.53	0.12	0.27	1.52	0.17	0.15
14	2.48	0.12	0.20	3.20	0.11	0.25	1.20	0.13	0.12
15	1.91	0.09	0.16	2.68	0.09	0.21	0.73	0.08	0.07
16	1.19	0.06	0.10	2.01	0.07	0.16	0.24	0.03	0.02
17	0.46	0.02	0.04	1.26	0.04	0.10			
18				0.55	0.02	0.04			
19				0.08	0.00	0.01			
계	20.74	1.00	1.70	30.25	1.00	2.34	8.99	1.00	0.91
적용	3, 4, 9, 10월(10회)			5, 6, 7, 8월(14회)			11, 12, 1, 2월(8회)		

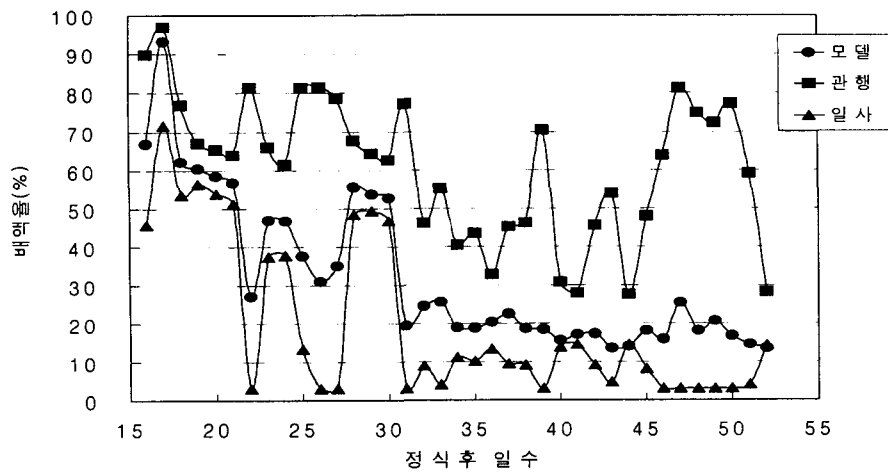


그림 6. 시뮬레이션에 의한 급액제어모델의 적용성 검토.

IV. 결 론

일반농가에서 사용하기 간편하면서 시설환경이나 생육단계에 따라 적정 급배액율을 유지할 수 있는 급액제어모형을 개발하고자 본 연구를 수행하였다. 모델 개발에 기초자료로 활용하고자 양액재배 농가의 급액제어 실태를 조사해본 결과 거의 대부분이 타이머에 의한 제어를 실시하고 있었으며, 타이머제어로 충분하다는 생각을 갖고 있으나 날씨가 흐린날은 낭비되는 양액이 너무 많으므로 이를 보완할 수 있으면서 기능이 복잡하지 않고 경제적이며 사용이 편리한 제어시스템의 개발이 요구되었다. 양액재배 오이의 배양액 소비량을 파악하기 위하여 증발산량 측정실험을 실시하였고, 증발산량과 시설환경요인과의 상관관계를 분석하였으며, 생육단계별 시설환경요인에 따른 증발산량 추정모형을 개발하였다.

급액제어에 관한 실태조사와 양액재배 오이의 증발산량 실험 결과를 토대로 급액제어모형을 구성하였다. 급액제어의 기본은 타이머제어로 하되, 계절별로 기준급액모형을 구축하고 일사량과 생육단계별 가중치를 고려한 급액제어모형을 개발하였으며 시뮬레이션에 의하여 급액제어모형의 적용성을 검토하였다. 본 연구에서 개발된 모델에 의한 급액제어시 평균 배액율은 32%로서 일사 제어(20%)에 비하여는 조금 많았지만 관행 제어(61%)에 비하여는 훨씬 작았으며, 4~5단계의 일사강도 구분이 가능한 값싼 센서만 개발된다면 경제적인 제어시스템의 구축이 가능할 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. 권지선, 이재욱, 이응호. 1996. 양액재배기술 체계화 연구 - 양액의 적정 공급량 결정연구. 농촌진흥청 원예연구보고서 : 753-761.
2. 남상운, 이남호, 전우정, 황한철, 홍성구, 허연정. 1997. 시설재배 상추 및 오이의 재배방식별 증발산량. 생물생산시설환경 6(3) : 168-175.
3. 허노열. 1997. 시설내 원예작물의 합리적인 물관리. 한국시설원예연구회 - 시설원예 관수와 시비기술 심포지움 자료집 : 57-103.
4. Boztok, K. 1992. The effects of different watering levels in relation to the amount of solar radiation on productivity and quality of some aubergine varieties. Acta Horticulturae. 303 : 73-77.
5. Mahrer, Y. 1990. Irrigation scheduling with an evapotranspiration model. Symposium on scheduling of irrigation for vegetable crops under field condition. ISHS : 491-500.
6. Meurs, W.Th.M. van. 1992. Environmental control of a tomato crop using a transpiration model. Acta Horticulturae. 303 : 23-30.
7. Papadopoulos, A.P., M.E.D. Graham and B. Anctil. 1992. On-line matric potential sensors for irrigation control in peat-based soilless media. Acta Horticulturae. 304 : 227-235.
8. Roh, M.Y. and Y.B. Lee. 1996. Control of amount and frequency of irrigation according to integrated solar radiation in cucumber substrate culture. Acta Horticulturae. 440 : 332-337.

본 논문은 1997년도 농림수산특정연구사업에 의한 연구결과의 일부임.