

양액 자동공급 장치 개발

Development of nutrient solution Automatic Controller in Hydroponics

김형준 · 우영희 · 남윤일 · 권영삼

원예연구소

H. J. Kim · Y. H. Woo · Y. I. Nam · Y. S. Kwon

National Horticultural Research Institute

1. 서론

양액재배는 세계적으로 각광을 받으며 그 면적이 급속히 증가하고 있고 이에 따라 우리나라의 양액재배 면적도 '94년 63ha에서 '97년 413.9ha로 급속히 증가하였다. 양액재배의 특징은 양분의 농도를 쉽게 변경하여 공급할 수 있는 장점이 있으나 토양이 갖는 완충능이 감소되는 조건하에서의 재배이므로 항상 작물의 생육에 합치되는 배양액의 관리가 필요하다. 따라서 양액재배에서의 양액 자동공급장치는 매우 중요한 부분이라 할 수 있다.

완충능이 작은 양액재배에서 양액이 잘못 조성되어 공급되거나 양액 자동공급장치가 고장을 일으켜 양액공급이 중단하게 되면 작물의 생육이 심각한 장애를 받게된다. 그러므로 양액 자동공급장치의 개발은 작물생육의 안정성등이 최대한으로 고려되어야 한다. 국내 양액 자동 조절장치의 개발은 계속 시도되어오고 있지만^(1,2,3,5) 개발후 실제로 농가에 보급된 예는 미미하며 양액 자동공급장치를 갖추고 있는 많은 양액재배 농가에서는 외국제품을 이용하고 있는 실정이다. 그러나 외국제품의 양액 자동공급장치는 고가이며 LCD 표시판이 대부분 영문으로 되어 있을 뿐만 아니라 사용이 복잡하여 농민이 사용상에 어려움을 겪고 있고 이에 따른 양액 자동공급장치의 기능활용이 원활히 이루어지고 있지 못하다.

또한 농가에 보급되는 양액 자동공급장치의 수준이 농가의 양액재배에 크게 도움이 되지 못하는 제품들이 보급되기도 하여, 농가의 불편함을 최소한으로 막을 수 있는 양액 자동공급장치 기능의 기준을 제시 해야할 필요성이 부각되었다.

그러므로, 본 연구에서는 양액의 pH와 EC의 조절 및 양액공급을 자동화할 수 있는 시스템을 개발하고 실제로 양액재배에 적용하기 위하여 실시하였다.

2. 실험장치 및 방법

(1) 양액 자동공급장치

본 연구에 사용되어진 자동조절장치는 주로 공장자동화에 사용되어지는 PLC (programmable Logic controller)로써 국내 동양산전에서 양액재배 전용으로 개

발되어진 PLC를 사용하였다. 전체적인 양액재배 시스템은 그림 1과 같이 중앙에 양액 혼합통(100ℓ) 부분, 왼쪽에는 양액 액비 정량펌프부분, 오른쪽에는 원수 및 양액이 입수 및 출구되는 배관부분, 위쪽에는 PLC와 터치스크린조절 부분 및 뒤쪽에는 전기적 콘트롤박스 부분으로 구성하였다.

PLC의 메모리는 8kword(레지스터 510개, 내부릴레이 1017개, real time clock 포함)이며 relay output(220V) 접점수는 48개, digital input(DC 24V) 접점수는 32개, analog input(분해능 : 4~20mA/4095)접점수는 8개로 구성되어 있다.

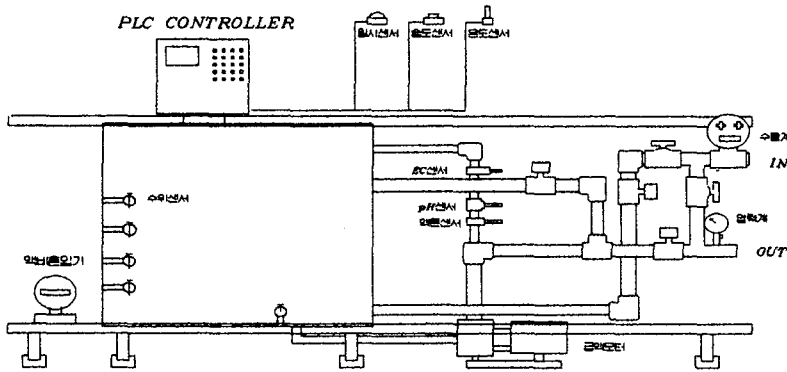


Fig. 1. Diagram of nutrient solution automatic controller

EC 및 pH센서는 동일계기의 DC-604와 pH-6000를 사용하였고 측정범위는 각각 0~5mS/cm와 0~14이며 출력은 4~20mA로써 PLC analog Input 접점에 연결하여 신호를 입력시켰다. 일사센서는 LI-cor사의 Pyranometer(LI-200SA, 측정파장 400~1100nm)를 이용하였으며 센서에서 나오는 출력을 증폭기를 이용하여 4~20mA로 재차 출력시켰다. 수위센서는 서진레벨의 SOL-5를 사용하여 digital Input의 신호를 출력시켰으며 수량계는 Amard사의 수량계로써 1필스당 1ℓ를 digital output시키도록 하였다.

배관부분은 구경이 40mm로 배관하였으며, solenoid valve는 DC24V로 구동되는 플라스틱 밸브를 사용하였고 배관 중간부분에 압력을 체크할 수 있는 CKD사의 G59D-8_PK04모델의 압력계를 부착시켰다. 양액을 공급 및 순환시키는 모터는 부식을 방지하기 위하여 임펠러 부분이 스테인레스 재질로 되어있는 1마력의 WILO GmbH44263(토출량 18ton/hr)를 사용하였다.

뒤쪽부분의 전기적콘트롤 부분은 주로 LG사의 AC magnetic switch (220V) CH-3를 이용하여 PLC에서 출력되는 신호를 받아 각 구동 부분의 전력공급을 단락 시키도록 전선을 배선하였다.

(2) 개발된 양액 자동공급장치를 이용한 토마토 양액재배

(비순환식 펄라이트, 암면재배)

고형배지 재배용 베드는 펄라이트는 폭30cm, 깊이 15cm, 길이 3m(1m단위

의 베드를 연결하여 사용), 두께 3cm의 스티로폼베드를 베드를 사용하였으며 베드 안쪽부분에는 0.1mm의 흑색 PE필름과 방근망을 피복하여 양액의 유출 및 뿌리가 배액되는 양액을 따라 나오는 것을 방지하였으며 베드바깥쪽으로는 전체적으로 흑색필름을 피복하여 광이 필라이트위에 조사되는 것을 막았다.

암면재배는 900×150×75mm규격의 슬라브를 사용했으며 그 밑에 밀받침 베드를 설치하여 배수를 원활하게 하였으며 필라이트 재배는 1조로 20cm간격으로 암면에는 1개 슬라브에 3개식 2조로 각각 18주의 토마토(서광 *Lycopersicon esculentum* MILL. : 흥농종묘)를 96년 3월 15일 파종하여 96년 4월 17일 정식하였다. 공급배관은 13mm연질파이프에 마이크로튜브를 연결후 양액을 점적시켰다.

양액의 공급은 하루시간표에 의한 공급과 적산일사량에 의한 공급을 병행하면서 매회 EC 와 pH를 설정치에 맞도록 조절하여 공급하였다. 사용한 양액조성은 야마자키 토마토 배양액조성⁽⁶⁾을 이용하였다.

3.결과 및 고찰

(1) 양액 자동공급장치 프로그램 작성

그림1의 모식도 및 상세 설계서에 의하여 그림 2와 같이 실제의 양액 자동공급장치를 제작하였고 구성된 장치를 운용하기 위한 프로그램을 ladder diagram 언어를 사용하여 그림 3의 flow chart와 같이 작성하였다.

프로그램은 다음과 같은 공정으로 이루어 졌다.

제 1 공정 : 담액재배의 구역설정 유무 및 가동 유무 결정

제 2 공정 : 고행배지와 구역설정 유무

제 2-1 공정 : 구역별 양액공급 방법 설정의 확인

제 2-2 공정 : 양액공급 방법별 설정치 확인

- 시간 간격에 의한 양액공급, 하루시간표에 의한 양액공급, 외부접점에 의한 공급, 적산일사량에 의한 공급

제 3 공정 : 담액재배 순환펌프 가동

제 4 공정 : 고행배지재배 양액 공급 조절

제 5 공정 : 양액공급시 액비혼입기 조절

위에서 제시된 양액 자동공급장치와 프로그램을 이용하여 공급되는 양액의 EC 및 pH의 조절의 정확성을 알아보았다. 양액 자동공급장치의 EC 설정치를 1.8mS/cm, pH설정치를 5.8로 설정하고 양액을 공급 하였을때의 베드에 점적되는 양액을 채취하여 EC 및 pH를 측정 한 결과를 그림 4에 제시하였다. 그림 4에서 보는 바와같이 양액의 EC 및 pH가 우수하게 조절되었다.

고행배지재배에 있어서 양액의 공급 개시점을 일반 관수시간표에 의존하여 양액을 공급할 경우 흐린날과 맑은날에 작물의 수분 요구도와는 상관없이 양액의 같은양이 공급되어 경제적 손실 및 작물생육에 장애를 줄 수 있으므로 양액의 공급시는 작물 수분요구도와 고도의 상관관계가 성립되는 적산일사량에 의하여 양액을 공급하여야 한다⁽⁴⁾.

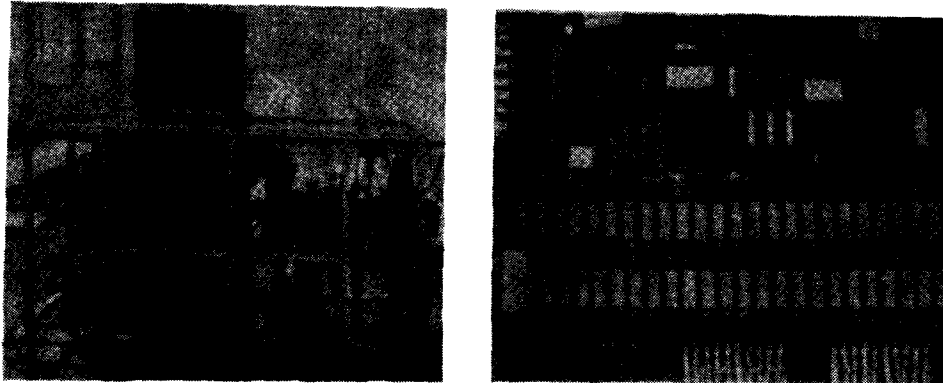


Fig. 2. Photographs of developed nutrient solution automatic controller and PLC board

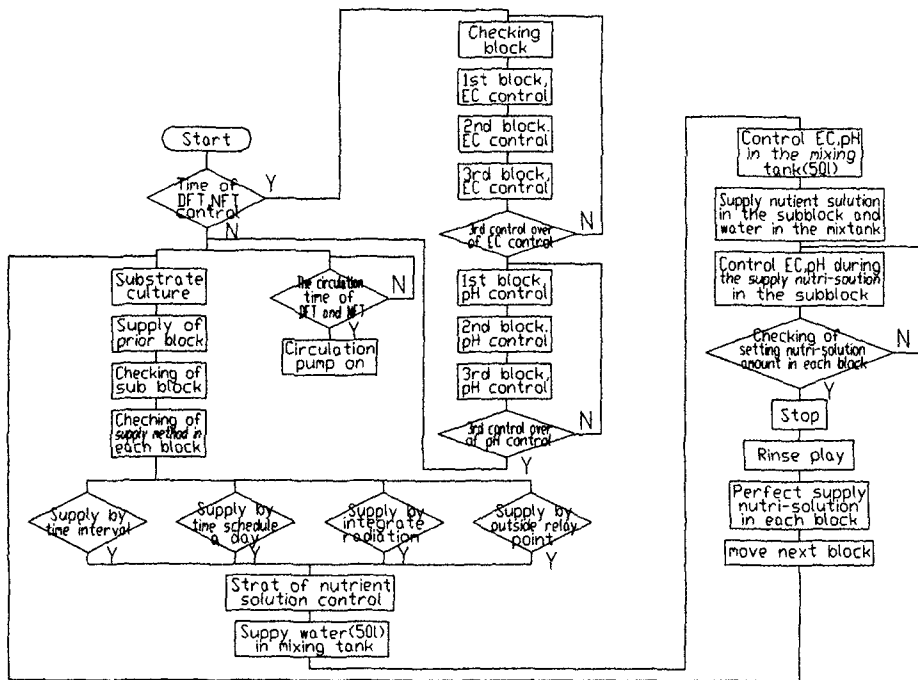


Fig. 3. Flow chart of developed nutrient solution automatic controller

2. 개발된 양액 자동공급장치를 이용한 토마토 양액재배

개발된 양액 자동공급장치를 이용하여 실제 양액재배(필라이트재배, 암면재배)를 통하여 하드웨어 및 소프트웨어의 오류를 수정함과 동시에 조절의 정확성

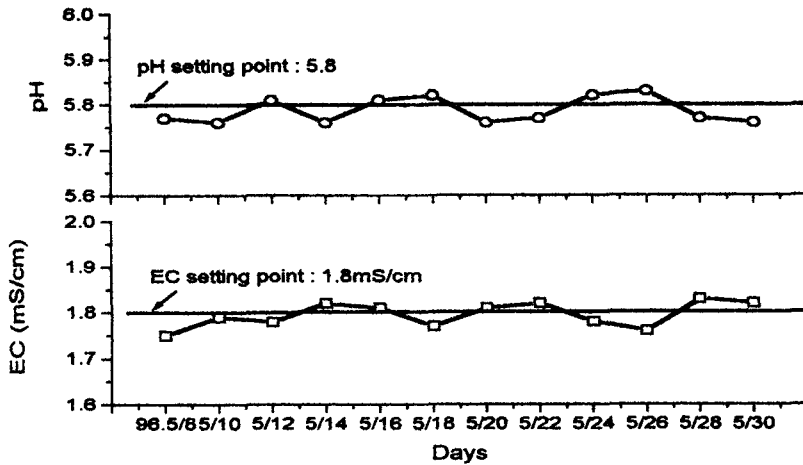


Fig. 4. Compare EC and pH setting point with real EC and pH value using developed nutrient solution automatic controller

을 검증하였다. 토마토의 생육 및 당도에는 펄라이트가 다소 우수한 성적을 보였으나 수량에서는 암면재배가 다소 우수한 경향을 보였다. 펄라이트재배의 초장, 엽면적 및 평균과중은 227.0cm, 7730.1cm², 140.8g으로 암면재배의 218.0cm, 7666.3cm², 136.3g보다 우수하였으나, 암면재배의 주당과수, 총과중 및 당도는 15.2개/주, 10360.77g/5주, 5.4°Brix로써 펄라이트재배의 11.8개/주, 8308.93g/5주, 5.2°Brix보다 우수한 성적을 보였으나 유의성은 인정되지 않았다.

Table 1. Effect of substrates on growth using developed nutrient solution automatic controller

Treatment	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)		Plant height (cm)	Leaf area (cm ²)
	Stem	Leaf	Stem	Leaf		
Rockwool	166.8	264.1	27.3	53.2	218.0	7666.3
Perlite	162.0	345.6	26.0	53.3	227.0	7730.1

Table 2. Effect of substrates on yield and quality using developed nutrient solution automatic controller

Treatment	Fruit weight (g)	No. of fruit (ea/plant)	Total fruit weight (g/5plant)	sugar content (°Brix)	Fruit hardness (Kg/cm ²)
Rockwool	136.3	15.2	10360.77	5.4	1.39
Perlite	140.8	11.8	8308.93	5.2	1.13

4. 요약 및 결론

양액재배시 EC, pH 및 양액공급을 자동화하기 위하여 공장자동화에 사용되어지는 자동조절기인 PLC(programmable logic controller)를 이용하여 양액 자동공급장치를 제작하였으며, 개발된 양액 자동공급장치를 성능 시험을 위하여 실제 양액재배 시험을 수행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 양액 자동공급장치를 PLC를 이용하여 개발 및 제작하였다.
2. 구성된 양액 자동공급장치를 운영하기 위하여 Ladder diagram언어를 이용하여 프로그램을 작성하였다.
3. 프로그램은 5공정으로 나누어지며 각각의 공정은 연결성 및 독립성을 갖도록 프로그램을 작성하였다
4. 개발된 양액 자동공급장치는 순수수경재배 3구역 및 고행배지재배 5구역(각구역 하위 4개구역포함)에서도 활용이 가능하도록 개발되어 총 13,200m²의 재배면적을 관리할 수 있다.
5. 조절 장치내에는 8×10cm의 대형 터치스크린을 장착하고 모두 한글화를 하여 설정치의 변경 및 조작을 수월하게 하였다.
6. 양액의 공급방법은 하루시간표, 적산일사량, 일정시간간격 및 외부접점에 의하여 공급될 수 있도록 하였다.
7. 개발된 양액 자동공급장치를 이용하여 다양한 재배방식(필라이트, 암면)의 토마토 양액재배를 시행한 결과 모두 만족스런 생육 및 수량을 보였고 양액의 조절성능 또한 우수하였다.

참고문헌

- (1) 전창후. 1989. 담액 및 박막수경재배에 있어서 배추의 생육과 양액순환의 컴퓨터제어. 서울대학교 대학원 석사 논문.
- (2) 김형준, 김진한, 남윤일. 1995. 토마토 양액재배시 Programmable Logic Controller에 의한 pH와 EC의 자동조절. 생물생산시설환경학회 4(2):203~210.
- (3) 김성운, 김영식, 김승우. 1996. 수경재배 자동화를 위한 계측시스템의 개발. 생물생산시설환경학회 5(2):210~214.
- (4) 노미영. 1997. 오이 고행배지경에서 적산일사량에 따른 급액제어 시스템 및 순환식 배양액 개발. 서울시립대 대학원 박사 논문.
- (5) 박상근, 김광용, 권영삼, 신지애, 신영주. 1987. 양액재배 배양액 조성에 관한 시험. 원시보고서.
- (6) 山崎肯哉. 1982. 養液栽培全篇. 博友社.