

튜브펌프식 관비장치 개발

Development of Fertigation System with a Tube Pump

김동역* 장유섭* 김현환* 김종구*
 D. E. Kim Y. S. Chang H. H. Kim J. G. Kim

1. 서론

관비재배(Fertigation)란 관수(irrigation)와 시비(fertilizer)를 동시에 행하여 작물의 생육에 필요한 양분과 수분을 적절하게 공급하여 재배하는 것이다. 관비방식은 근권부위에 정확하고 균일하게 양분을 공급함으로써 작물 생육에 따라 요구되는 비료량과 농도를 정확히 조절할 수 있으며, 점적관수시스템을 이용한 최적의 양분공급체계는 결국 환경오염을 최소화하면서 수량 증대 및 품질 향상을 가져온다.(김, 1998) 이와 같은 이유로 관비재배가 농가에서 이루어지고 있으며, 관비재배 기술 등에 대한 연구가 진행되고 있다.(배와 김, 2004; 김 등, 2004; 김, 1970).

관비장치는 물을 관수하는 파이프에 직접 양액을 주입하기 때문에 정확한 비율로 혼합되어야 한다. 그러기 위해서는 양액의 유량이 자동으로 조절되어야 한다. 그런데 현재 관비장치는 양액공급 장치의 유량을 임의로 조절할 수 없는 것이 대부분이고 조절되는 관비장치도 양액공급라인의 3Way밸브를 On/Off함으로써 제어하는 정도이다.

따라서 본 연구는 양액의 유량을 자동으로 조절하기 위한 튜브펌프와 목표 양액농도에 맞추어 관비 농도를 일정하게 조절하는 튜브펌프식 관비장치를 개발하고 성능시험을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 튜브펌프 제작

튜브펌프는 펌프의 헤드부와 모터부 그리고 모터드라이버 구성된다. 펌프 헤드부는 그림 1에서 보는 바와 같이 케이싱, 롤러, 롤러가 부착된 회전로터로 구성되어 있으며, 롤러는 케이싱을 따라 튜브를 누르며 회전한다.

롤러와 케이싱 간의 간격은 튜브를 압착하는 정도와 액체 이송을 고려하여 정하였다. 튜브펌프 모터는 제어성이 우수하고 내구성이 좋은 브러시리스 DC모터를 사용하였으며, 모터는 가변 저항 및 외부 DC 전원에 의한 속도제어가 가능한 모터드라이브에 의해 구동되도록 하였다. 표 1은 튜브펌프의 제원이다.

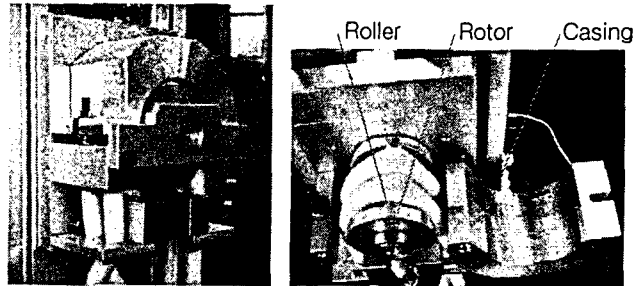


Fig. 2 Structure of a tube pump head

* 농촌진흥청 농업공학연구소

Table 1. Specifications of a tube pump

Item	Manufacture & Model	Specification
Pump head		· Rotor diameter : 50mm
Motor	· Sewon co., ltd G80-N220040	· AC 220V, 40W 2800rpm · Rated torque : 1.39kgf-cm
Motor drive	· Sewon co., ltd SBDSM-03	· Output current : 3A · Control method : 3 phase PWM
Motor decelerator	· SPG co., ltd S8KA3.6B	· Gea ratio : 1/3.6

나. 시작기 제작

튜브펌프식 관비장치 시작기는 그림 2에서 보는 바와 같이 모터 제어부, 센서부, 메인 콘트롤러, 튜브펌프, 주공급펌프, 조작반 그리고 필터 등으로 구성되어 있다. 모터 제어부는 튜브펌프의 회전속도를 제어하기 위한 모터드라이버와 콘트롤러로 구성되어 있다. 센서부는 원수공급 관내 양액의 농도와 산도를 측정하고, 메인 콘트롤러는 원수공급의 펌프 가동과 해당 원수공급 구역의 솔레노이드 밸브 작동 그리고 양액공급펌프 가동여부를 제어하며, 조작반은 자동/수동 전환 및 수동조작을 한다. 입력 및 표시부는 EC와 pH를 표시하고 사용자가 키패드를 이용하여 원하는 값을 설정할 수 있도록 되어있다.

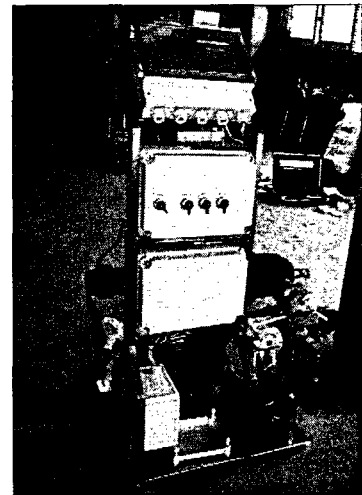
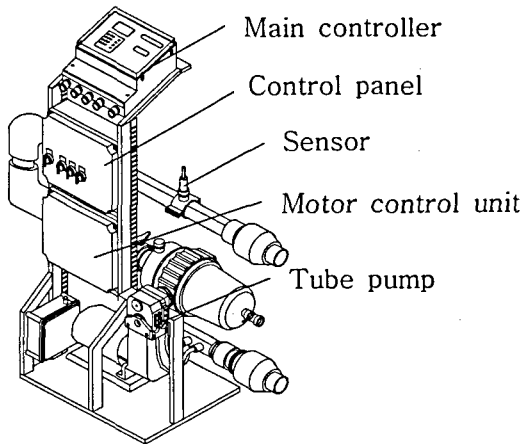


Fig. 2 Fertigation system with a tube pump

다. 성능시험

시작기의 양액주입위치와 센서 측정위치를 결정하기 위한 요인시험을 수행하였다. 양액을 메인펌프의 흡입측에 공급한 경우와 메인펌프의 토출측에 공급한 경우, 그리고 센서를 주관에 설치한 경우와 바이패스관에 설치한 경우의 EC제어성능, 양액유량 등을 조사하였다. 수경재배 및 관주전용양액(물푸레 1호, 대유화학)을 10배로 희석한 양액을 공급하였다.

설계요인시험결과를 바탕으로 시작기를 제작하여 성능시험을 실시하였다. 성능시험은 EC를 0.5, 1.0, 1.5, 2.0mS/cm로 설정하여 각 설정 EC별로 양액공급유량 및 EC를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 양액주입위치에 따른 EC제어성능

양액주입위치에 따른 EC제어성능은 표 2에서 보는 바와 같이 관비장치를 작동한 후 안정화되는데 걸리는 시간은 메인펌프 흡입 측에 공급한 경우와 메인펌프 토출 측에 공급한 경우 각각 17, 16초였으며, 최대 EC는 각각 1.7, 1.44mS/cm이었다. 양액을 펌프 흡입 측에 공급한 경우와 메인펌프 토출 측에 공급한 경우의 안정화 구간에서의 EC 평균값은 각각 1.42, 1.39mS/cm이었으며, 이 때 표준편차는 각각 0.05, 0.02mS/cm로 나타났다.

Table 2. EC control performance on the nutrient injection position

Nutrient injection position	Stabilization time (sec)	Maximum EC (mS/cm)	EC of stabilization section (mS/cm)	
			Mean	SD
Suction side	17	1.7	1.42	0.05
Delivery side	16	1.44	1.39	0.02

나. 센서설치방법에 따른 EC제어성능

센서설치방법에 따른 EC제어성능은 표 3에서 보는 바와 같이 관비장치를 작동한 후 안정화되는데 걸리는 시간은 주관에 삽입 설치한 경우와 바이패스관에 설치한 경우 각각 17, 27초로 나타났으며, 최대 EC는 각각 1.7, 1.64mS/cm로 나타났다. 주관에 삽입 설치한 경우와 바이패스관에 설치한 경우의 안정화 구간에서의 EC 평균값은 각각 1.43, 1.45mS/cm이었으며, 이 때 표준편차는 각각 0.05, 0.07mS/cm로 나타났다.

Table 3. EC control performance on the sensor install method

Sensor install method	Stabilization time (sec)	Maximum EC (mS/cm)	EC of stabilization section (mS/cm)	
			Mean	SD
Direct	17	1.7	1.43	0.05
Bypass	27	1.64	1.45	0.07

다. 시작기 성능시험

장치 가동 초기에 급격한 EC변화가 생기지 않도록 하기위하여 PID제어의 제어요소를 조정하여 다음 시작기 성능시험을 하였다. 튜브펌프의 롤러수가 3개, 로터직경이 50mm, 튜브내경이 6.3mm인 조건에서 EC를 0.5, 1.0, 1.5, 2.0mS/cm로 설정하고 각각의 EC를 측정하여 결과를 그림 3에 나타내었다.

그림 3에서 보는 바와 같이 장치 작동을 시작한 후 EC측정값은 각 설정 EC값 보다 약간 높은 수치까지 증가하다 감소하여 설정 EC 근처에서 약간의 변화를 나타내었다. 관비장치를 작동한 후 48초에는 안정화되었으며, 제어정밀도는 각 설정 EC ± 0.05 mS/cm로 나타났다. 설정 EC수준별 양액공급유량은 그림 4에서 보는 바와 같이 서서히 증가하다가 일정한 값을 유지하는 것으로 나타났다.

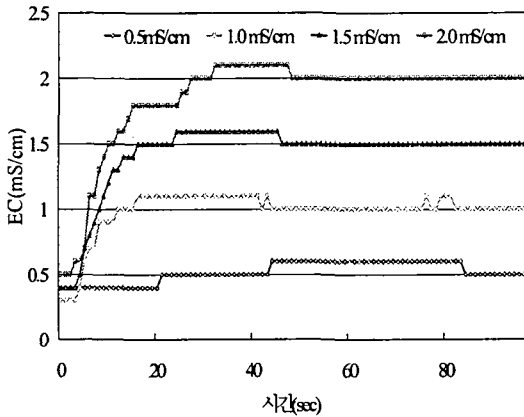


Fig. 3 EC by the EC level

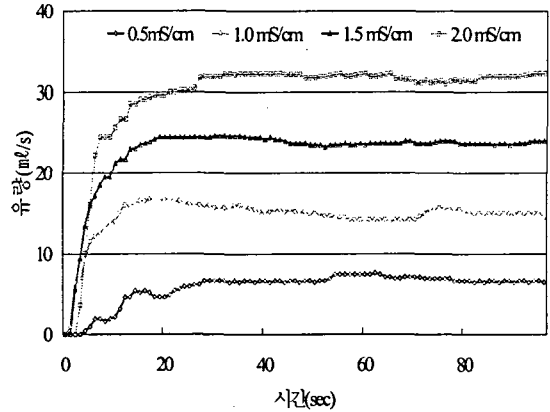


Fig. 4 Flowrate by the EC level

4. 요약 및 결론

물과 양액을 혼합하여 작물에 사용하기 위해 목표 양액농도에 맞추어 관비 농도를 일정하게 조절하는 튜브펌프식 관비장치를 제작하고 성능시험을 하였다.

가. 양액주입위치를 결정하기 위하여 양액을 메인펌프의 흡입측에 공급한 경우와 메인펌프의 토출측에 공급한 경우의 성능시험을 수행한 결과 안정화되는 데 각각 17, 16초 소요되었으며, 안정화 구간에서의 EC는 각각 1.42 ± 0.05 , 1.39 ± 0.02 mS/cm로 나타나 주입위치에 따른 영향은 크지 않은 것으로 나타났다.

나. 센서설치방법을 결정하기 위하여 센서를 주관에 삽입 설치한 경우와 바이패스관에 설치한 경우의 성능시험을 수행한 결과 안정화되는 데 각각 17, 27초로 나타났으며, 안정화 구간에서의 EC는 각각 1.43 ± 0.05 , 1.45 ± 0.07 mS/cm로 나타나 주관에 삽입 설치한 경우가 바이패스관에 설치한 경우 보다 변화폭이 적은 경향을 나타내어 센서는 주관에 삽입하여 설치하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

다. 시작기의 성능은 제어편차가 ± 0.05 mS/cm로 제어성능이 우수한 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 김기덕, 이재육, 조일환, 김태영, 우영희, 남은영, 문보흠. 2004. 반축성 관비재배 오이의 생육단계별 시비관리를 위한 일일시비량 및 엽병즙액의 농도 기준 설정. 한국생물환경조절학회지 13(2) : 96-101.
2. 김완순. 1998. 이스라엘 관비재배의 현황. 시설원예연구 11(2) : 18-25.
3. 김용철. 1970. 관비농법에 의한 농지자원개발에 관한 연구 관비농법의 생산성과 관비조성에 관한 연구. 한국원예학회지 8(8) : 93-105.
4. 배종향, 김귀호. 2004. 관비재배에서 급액농도가 착색단고추의 생육과 품질에 미치는 영향. 한국생물환경조절학회지 13(3) : 167-171.