

관비재배시 액비 주입을 위한 튜브펌프의 성능시험 Performance Test of a Tube Pump for the Injection of Liquid Fertilizer in Fertigation

김동억* · 장유섭 · 김현환 · 김종구

농촌진흥청 농업공학연구소 생산기반공학과

Dong Eok Kim*, Yu Seob Chang, Hyun Hwan Kim, Jong Goo Kim
National Institute of Agricultural Engineering, RDA, Suwon 441-100, Korea

서 론

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 최소화 하면서 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).

관비재배에는 액비(농축양액)를 관수와 동시에 공급하기 위한 액비혼입장치가 필요하다. 액비혼입장치로는 벤추리관, 비율식 주입기, 정량펌프 등이 사용된다.

액비혼입장치의 작동 원리를 보면, 벤추리관은 테이퍼진 벤추리 오리피스를 통해 물이 흐를 때 급격한 속도 변화가 일어나고 따라서 압력이 낮아져 시스템으로 액체가 끌려올라 주입되는 것으로 주입량이 압력차에 따라 변한다. 비율식 주입기는 수압에 의해 피스톤과 밸브가 움직여지고 이것은 다시 주입기에 연결되어 흡입과 주입이 연속적으로 작동하는 것으로 벤추리식 보다 정밀하다. 정량펌프는 왕복운동과 상하의 체크 볼에 의해 펌프헤드내부에 여압과 부압을 발생시켜 액체를 이송한다. 이것은 플렉시블 막 펌프실의 용적을 증감시켜 유량을 조절하며 유량이 일정하다.

관비장치는 물을 이송하는 배관에 직접 액비를 주입하기 때문에 정밀한 관비를 위해서는 액비 공급량 제어가 이루어져야 한다. 그런데 현재 관비장치는 액비혼입장치의 유량을 임의로 조절할 수 없기 때문에 EC제어가 어렵다. 튜브펌프는 튜브 내에 액체를 포집하여 치약을 짜 내듯 밀어내어 배출시키는 원리를 이용한 것으로 임펠러 등이 없기 때문에 액체와 펌프 상호

간의 오염이 없으며, 정지시 펌프자체가 체크밸브 역할을 한다. 로터의 회전수를 변화시킴으로써 간단히 유량을 조절할 수 있다.

본 시험은 튜브펌프를 이용한 액비 주입시 튜브펌프의 회전수, 튜브내경, 튜브의 재질에 따른 액체이송 성능 등을 비교분석하여 관비장치 개발의 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 튜브펌프의 구조 및 제원

튜브펌프는 케이싱과 롤러 사이에 튜브가 위치하며, 로터가 회전함에 따라 롤러가 튜브를 압축하여 액체를 튜브공간만큼 포집하고 그 다음 포집한 액체를 배출시키는 원리를 이용한 것이다. Fig. 1은 튜브펌프의 작동원리를 나타낸 것이다.

튜브펌프는 펌프의 헤드부와 모터부 그리고 모터드라이버 구성된다. 펌프 헤드부는 케이싱, 롤러가 부착되며 회전하는 로터, 그리고 로터의 회전에 따라 튜브를 누르며 회전 원운동하는 롤러로 구성된다. 롤러와 케이싱간의 간격은 튜브의 겹은 두께 3.2mm보다 0.2mm 작게 제작하였다. 모터는 제어성이 우수하며 내구성이 좋은 브러시리스 DC모터를 사용하였으며, 모터드라이버는 가변저항 및 외부 DC 전원에 의한 속도제어가 가능한 드라이버를 사용하였다. Fig. 2는 튜브펌프의 구조이고, Table 1은 튜브펌프의 제원이다.

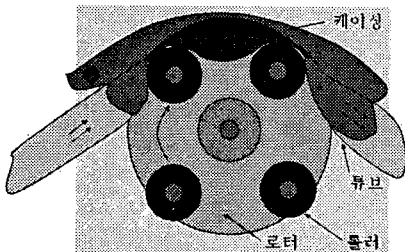


Fig. 5. Principle of a tube pump.

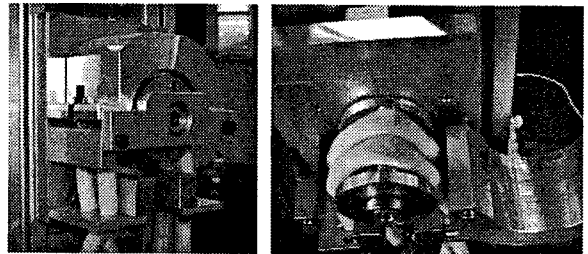


Fig. 5. Structure of a tube pump.

Table 1. Specification of a tube pump.

Item	Manufacture & Model	Specification	Remark
Pump head		· Rotor diameter : 50mm	Self manufacture
Motor	· Sewon co., ltd	· AC 220V, 40W 2800rpm	
	· BG80-N220040	· Rated torque : 1.39kgf · cm	
Motor drive	· Sewon co., ltd	· Output current : 3A	
	· SBDSM-03	· Control method : 3 phase PWM	
Motor decelerator	· SPG co., ltd	· Gea ratio : 1/3.6	
	· S8KA3.6B		

2. 시험장치 및 방법

튜브펌프의 회전수, 튜브내경, 튜브의 재질에 따른 유량특성을 알아보기 위하여 튜브내경 3.2, 4.8, 6.3mm의 튜브, 그리고 재질이 다른 파메드와 노프렌 튜브에 대해 회전수에 따른 유량변화를 조사하였다. 펌프의 회전수를 조절하기 위해 콘트롤러를 제작하여 사용하였다. 콘트롤러는 Atmel사 Atmega 8L-8AI을 CPU가 장착된 Mega8 보드와 Compile사 PWM-DAC 보드로 구성하였으며, 펌프속도는 PWM출력을 변화시켜 모터드라이버에 인가되는 전압의 크기를 다르게 하여 조절하였다. Fig. 3은 튜브펌프의 모터가동과 회전수를 변화시키기 위한 모터드라이버와 콘트롤러의 모습이다. Fig. 4는 모터속도조절의 개략도를 나타낸 것이다. Table 2는 시험에 사용한 튜브의 특성이다.

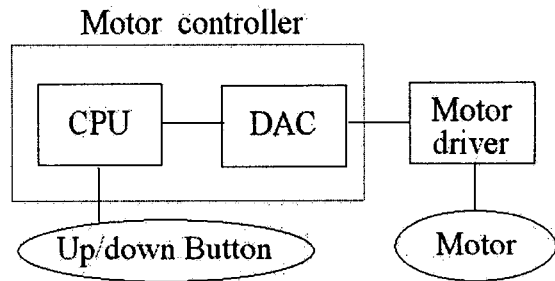
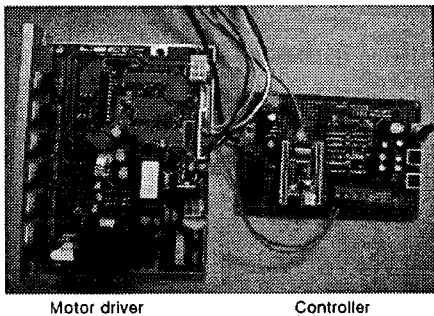


Fig. 3. Controller and motor driver. Fig. 4. Schematic diagram of motor speed control.

Table 2. Specification of a tube used in experiment.

Item	Manufacture & Model	Specification
Pharmed	Saint-gobain performance plastics co. Pharmed ® tubing	<ul style="list-style-type: none"> · Durometer hardness : 64 · Tensile strength : 7.2MPa · Ultimate elongation : 375%
Norprene	Saint-gobain performance plastics co. Norprene ® A-60-G tubing	<ul style="list-style-type: none"> · Durometer hardness : 61 · Tensile strength : 6.9MPa · Ultimate elongation : 375%

회전수 측정은 Onosoki사 HT3100을 사용하였으며, 튜브펌프의 유량은 Macnaught사 M1 미소유량계를 사용하였다. 유속은 Casio사 스톱워치를 사용하여 측정 환산하였다.

결과 및 고찰

1. 튜브내경에 따른 유량변화

관비재배는 송수관에 직접 액비(농축양액)를 주입하기 때문에 송수 유량에 맞게 액비공급

장치의 용량을 선정하여야 한다. 따라서 롤러 수 4개인 조건에서 회전수를 증가시키면서 튜브 내경에 따른 유량변화를 조사하였다. Fig. 5는 튜브내경에 따른 유량변화를 나타낸 것이다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 회전수가 증가함에 따라 유량은 직선적으로 증가하였으며, 분당 회전수 300일 때 202~857ml/min을 나타내었다.

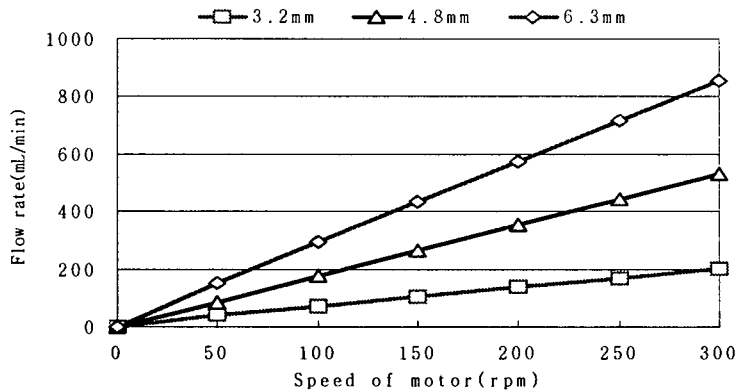


Fig. 5. Flow rate of a pump on the diameter of a tube.

2. 롤러수에 따른 유량변화

튜브펌프는 롤러로 튜브를 압착하여 튜브내의 액체를 밀어 송출하므로 튜브를 누르는 롤러의 간격에 따라 유량은 변한다. 튜브내경 4.8mm에서 회전수를 증가시키면서 롤러 수에 따른 유량변화를 조사하였다. Fig. 6은 롤러 수에 따른 유량변화를 나타낸 것이다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 회전수가 증가함에 따라 유량은 직선적으로 증가하였으며, 분당회전수 300일 때 롤러 수 3개와 4개의 유량은 각각 531, 653ml/min을 나타내었다.

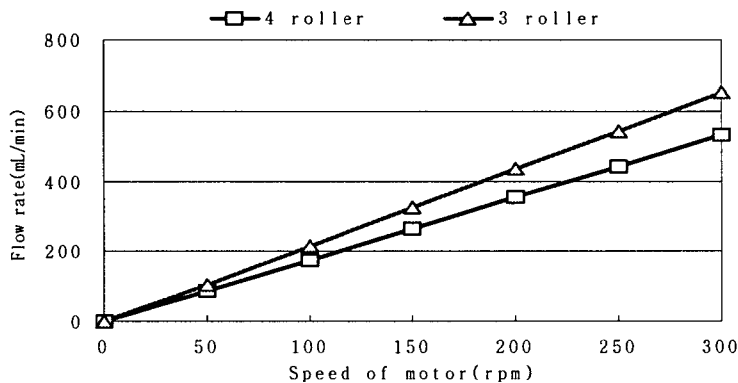


Fig. 6. Flow rate of a pump on the number of a roller.

3. 튜브 재질에 따른 유량변화

튜브펌프는 물러로 튜브를 압착하여 튜브내의 액체를 밀어 송출하므로 튜브의 복원력에 따라 유량은 변한다. 튜브내경 7.9mm에서 회전수를 증가시키면서 재질에 따른 유량변화를 조사하였다. Fig. 7은 재질에 따른 유량변화를 나타낸 것이다. Fig. 7에서 보는 바와 같이 회전수가 증가함에 따라 유량은 거의 직선적으로 증가하였으며, 분당회전수 850일때 파메드와 노프렌 튜브의 유량은 각각 1522, 753ml/min을 나타내었다.

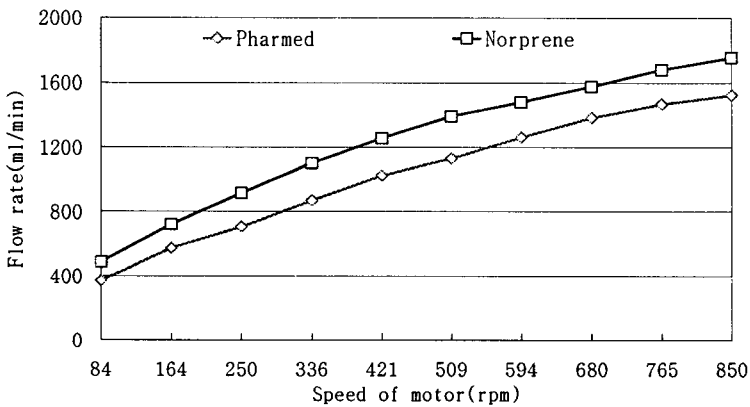


Fig. 7. Flow rate of a pump on the material of tube.

요약 및 결론

본 시험은 관비장치의 액비혼합장치로 사용할 튜브펌프의 유량특성을 조사하기 위하여 실시하였다. 튜브내경별, 회전수별, 물러수별 유량특성 시험결과 펌프 회전속도가 빨라짐에 따라 유량은 직선적으로 증가하였으며, 튜브 내경이 커질수록 기울기도 커졌으며, 물러 수에 따른 유량은 물러수가 3개일 때가 4개일 때보다 유량이 많은 것으로 나타났다. 또한 복원력이 우수한 재질에서 유량이 많은 것으로 나타났다.

인용문헌

1. 김기덕, 이재욱, 조일환, 김태영, 우영희, 남은영, 문보흠. 2004. 반촉성 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.