

가습 방식에 따른 가습입자의 평균 입경 및 활착촉진 시스템 내의 상대습도 분포

김용현* · 박현수¹ · 최유화²

전북대학교 농과대학 생물자원시스템공학부 (농업과학기술연구소)

¹전북대학교 대학원 농업기계공학과 (현 동양물산기업주식회사)

²전북대학교 대학원 농업기계공학과

Mean Size of Droplets Ejected from Humidifier and Distributions of Relative Humidity As Affected by Different Humidifying Methods in Graft-taking Enhancement System

Kim, Yong Hyeon*, Hyun Soo Park¹, and Yu Hwa Choi²

Division of Bioresource Systems Eng., Chonbuk National Univ., Jeonju 561-756, Korea
(The Institute of Agricultural Science & Technology)

¹Dept. of Agricultural Machinery Eng., Graduate School, Chonbuk National Univ., Jeonju, 561-756
(Present address: Tong Yang Moolsan Co. Ltd., Changwon 641-090, Korea)

²Dept. of Agricultural Machinery Eng., Graduate School, Chonbuk National Univ., Jeonju 561-756, Korea

Abstract. The effect of humidifying methods on the mean size of droplets ejected from humidifier and distributions of relative humidity in a graft-taking enhancement system (GTES) was investigated. The mean sizes of droplets ejected from an ultrasonic humidifier and a steam humidifier with electrodes were 7.58 ± 0.14 and $9.01 \pm 0.06 \mu\text{m}$, respectively. Assuming that the particles ejected from humidifiers were mutually combined with distance, the mean diameter of droplets became larger as the distance apart from the outlet of humidifiers increased. When the relative humidity in GTES was controlled at 90% using the ultrasonic humidifier, the average relative humidity at the height of 0.4, 1.1 and 1.8 m were 92.1 ± 5.3 , 90.9 ± 5.6 , and $89.7 \pm 6.8\%$, respectively. However, the average relative humidity using the steam humidifier with electrodes showed 93.4 ± 5.4 , 90.7 ± 5.9 , and $89.3 \pm 7.0\%$, respectively. Therefore, it was concluded that humidification by ultrasonic humidifier would be appropriate for the uniform distribution of relative humidity in GTES.

Key words : Humidifier, grafted seedlings, graft-taking, relative humidity

*Corresponding author

*본 연구는 2000년도 농림부 농림기술관리센터의 첨단기술개발과제로 수행되었음.

서 언

수박, 토마토와 같은 과채류를 접목할 때 삽접, 할 접, 편접 등의 접목 방법이 널리 적용되고 있다. 그런데 상기의 접목 방법을 이용하여 접목을 실시할 때 접수의 배축이 절단된 상태에서 대목과의 결합이 이루어진다. 그러므로 접목 및 활착 단계에서 접수의 위조를 방지하고 접목묘의 활착율을 증대시키려면 접목 초기에 접목묘로부터 증발산이 과도하게 이루어지지 않도록 기온, 상대습도, 광, 기류속도 등의 물리적 환경

요인을 적절하게 조절하여야 한다. 이 가운데 상대습도는 포차에 직접적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 접목묘의 활착 초기단계에서 생존율을 지배하는 중요한 물리적 환경요인에 해당한다(Kim과 Park, 2001).

현재 접목묘를 생산하는 농가 또는 육묘공장에서는 유리온실 또는 플라스틱온실을 이용하여 접목묘의 활착을 시도하고 있다. 때문에 접목묘 생산농가 또는 육묘공장에서는 폴리에틸렌 필름, 차광용 필름 또는 부직포 등을 이용하여 육묘 베드 위에 놓인 접목묘 플러그 트레이를 덮어 접목묘와 배지로부터 방출되는 증발

산을 억제하는 가운데 활착이 이루어지는 공간의 상대 습도를 거의 100%로 유지하거나, 접목묘에 직접 분무 관수를 실시하여 습도를 조절하고 있다. 그런데 이와 같이 관리자의 경험에 의존하는 방식으로 상대습도를 조절할 경우 활착 단계에 따른 상대습도의 정확한 제어가 불가능하며, 습도관리에 적지 않은 노력이 들게 된다. 더구나 접목묘의 활착이 자연광 조건하에서 이루어져 접목묘의 활착 또는 품질이 외부 기상의 영향을 쉽게 받을 우려가 있다.

최근 들어 Kim(2000a)은 활착실 내의 기온, 상대습도, 기류속도 등을 효과적으로 제어하여 접목묘의 활착을 촉진하고 활착에 소요되는 관리 노력을 크게 절감하고자 인공광을 이용한 접목묘 활착촉진 시스템을 개발하였다. 접목묘의 활착에 필요한 광원으로 자연광 대신에 인공광을 사용하면 광량의 제어가 용이하고, 선반을 이용한 다단 구조가 가능하여 활착실 공간을 효과적으로 활용할 수 있다. 또한 활착실 공간에 대한 밀폐가 가능하여 활착실 내의 물리적 환경을 손쉽게 제어할 수 있으므로 묘소질이 우수한 접목묘의 적기 생산이 가능하다. 인공광을 이용한 접목묘 활착촉진 시스템에서 수박 접목묘의 적정 활착조건을 탐색한 바 활착율 증대를 위한 적정 기온, 상대습도 및 광합성유효 광량자속(photosynthetic photon flux, PPF)은 각각 27~29°C, 90~95%, 50 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 제시된 바 있다(Kim 등, 2001; Kim, 2000b). 그러므로 인공광 하에서 활착되는 접목묘로부터의 증발산을 억제하면서 활착율을 높이려면 활착실 내의 상대습도를 90% 이상으로 높게 유지하여야 함을 알 수 있다.

일반적으로 일정한 상대습도가 요구되는 공간 내의 상대습도 조절을 위해서 초음파 가습기, 전극봉식 가습기, 원심분무식 가습기, 압력식 노즐 등이 사용되고 있다. 초음파 가습기의 전기회로에서 어떤 주파수의 전기 신호를 발생시켜 물 속에 놓인 진동자로 전달하여 초음파를 발생시키면 캐비테이션(cavitation)이 일어나 입경이 작은 가습입자가 발생된다. 전극봉식 가습기는 히터나 전극봉으로 물을 가열시켜 수증기를 발생시키는 것으로서, 전열식 또는 증기식 가습기로도 불리운다. 한편 원심분무식 가습기는 흡입한 물을 원심력으로 날려서 부딪치게 하여 입자를 발생시킨다. 이러한 가습기는 가습 원리의 차이로 말미암아 가습입자의 평균 입경이 다르기 때문에 활착실 내의 상대습도 분포에서

로 다른 영향을 미칠 것으로 판단되나, 이제까지 가습기로부터 분출된 가습 입자의 크기 또는 가습 방식에 따른 활착실 내의 상대습도 분포에 관한 연구 결과는 보고되지 않고 있다. 특히 원심분무식 또는 압력식 노즐로부터 발생된 가습입자의 입경이 크기 때문에 비산 거리가 짧고 바닥이 젖는 경우가 자주 나타나 이들에 의한 가습은 부적합한 것으로 판단된다.

따라서 본 연구의 목적은 초음파 가습기와 전극봉식 가습기를 이용하여 상대습도를 조절할 때 가습 방식에 따른 가습입자의 평균 입경과 인공광형 활착촉진 시스템내의 상대습도 분포를 분석하는 데 있다.

재료 및 방법

본 연구에서는 공조용 가습기로 널리 사용되고 있는 초음파 가습기(HU-4200, 오성사)와 전극봉식 가습기(SBU-10, 서울시스템)를 대상으로 가습 입자의 입경을 측정하였다. 초음파 가습기와 전극봉식 가습기의 가습 능력은 각각 2.0, 5.0 $\text{L} \cdot \text{h}^{-1}$ 이다. 가습기로부터 발생된 가습입자의 입경을 측정하기 위한 입자분석기로는 농업기계화연구소에서 보유하고 있는 Laser diffraction particle sizer(2600C, Malvern)를 사용하였다(Fig. 1). 입경을 측정할 때 각각의 가습기 토출구로부터 particle sizer의 laser beam에 이르는 거리는 20 cm로 고정하였으며, 3반복으로 측정하여 평균 입경을 구하였다. 또한 가습기 토출구로부터 particle sizer의 laser beam에 이르는 거리가 가습 입자의 크기에 미치는 영향을 검토하고자 가습기 토출구로부터의 거리를 각각 10, 20, 30 cm로 달리한 가운데 입자 크기를 분석하였다.

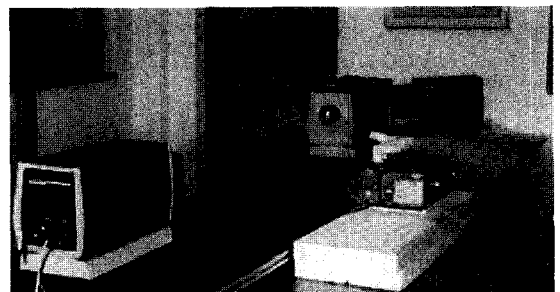


Fig. 1. Measurement of the mean size of droplets ejected from an ultrasonic humidifier using laser diffraction particle sizer.

초음파 가습기와 전극봉식 가습기를 Kim(2000)이 개발한 접목도 활착촉진 시스템에 설치하여 가습 방식에 따른 시스템 내의 상대습도 분포를 검토하였다. 상대습도를 측정하고자 활착촉진 시스템 내부에 고분자 박막 임피던스 검출 방식으로서 5~100±3%의 정밀도를 나타내는 습도센서(BEAM 2000N, 日本ビーム電子株式會社)를 활착촉진 시스템내의 입구측, 중앙부, 출구측에 바닥으로부터 수직방향으로 각각 0.4, 1.1, 1.8 m 떨어진 지점에 모두 9개 설치하였다. 습도 센서로부터의 출력은 데이터로거(23X, Campbell Scientific Inc.)에 의해서 10분 간격으로 저장되었다.

결과 및 고찰

가습기 토출구로부터 particle sizer의 laser beam에

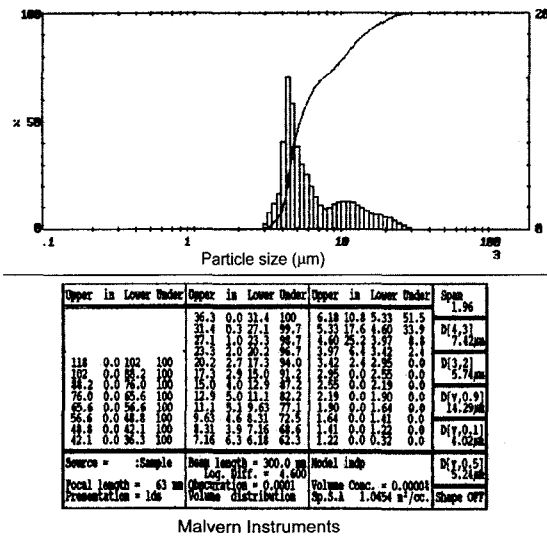


Fig. 2. An example of the particle size distributions.

이르는 거리를 20 cm로 고정된 가운데 측정된 초음파 식과 전극봉식의 가습 입자 크기 분포에 대한 출력은 Fig. 2와 같다. 도표에 입자 크기에 따른 크기별 분포와 누적 확율이 표시되어 있음을 알 수 있다. 측정된 입자 분포를 근거로 하여 계산된 입자 크기는 D[4,3], D[3,2]로 표시되는 데, 이것은 각각 가습 입자의 평균 직경(mean diameter)과 입자의 표면적에 대한 체적의 비율, 즉 Sauter mean diameter를 의미한다.

초음파식과 전극봉식 가습기에서 발생한 가습 입자의 평균 직경은 각각 7.58±0.14, 9.01±0.06 μm로서 두 방식 모두 10 μm 이하의 가습 입자를 발생하였으나, 전극봉식에 비해서 초음파 가습기에서 발생한 가습 입자의 평균 입경이 상대적으로 작게 나타났다(Table 1). 가습기에서 발생한 입자의 평균입경이 클수록 부유가 쉽지 않고 비산 거리가 짧으므로 상대습도의 공간 분포가 불균일하게 나타날 수 있다. 접목도로부터의 과도한 증발산을 억제하면서 접수와 대목의 원활한 결합을 위해서 활착촉진 시스템 내의 균일한 습도 분포가 요구되는 점을 고려할 때 가습 방식으로서 초음파식이 효과적인 것으로 판단된다.

나. 분사 거리가 가습 입자의 평균 크기에 미치는 영향

가습기 토출구로부터 particle sizer의 laser beam에 이르는 거리가 가습 입자의 크기에 미치는 영향을 검토하고자 가습기 토출구로부터의 거리를 각각 10, 20, 30 cm로 달리한 가운데 입자 크기를 분석하였다. 가습기 종류에 따른 가습입자의 평균 직경과 Sauter mean diameter에 영향을 미치는 토출구로부터의 거리 효과는 Fig. 3과 같다.

초음파식 가습기에서 평균 직경은 토출구로부터 10, 20, 30 cm 떨어진 지점에서 각각 7.48, 7.58, 8.12 μm

Table 1. Comparison of particle size of droplets ejected from different type humidifiers.

Replication	Type	Particle size			
		Ultrasonic humidifier		Steam humidifier with electrodes	
		Mean diameter (μm)	Sauter mean diameter (μm)	Mean diameter (μm)	Sauter mean diameter (μm)
1		7.61	5.86	9.01	8.62
2		7.70	5.53	8.96	8.48
3		7.42	5.74	9.07	8.64
	Mean	7.58	5.71	9.01	8.58
	Standard deviation	0.14	0.17	0.06	0.09

가습 방식에 따른 가습입자의 평균 입경 및 활착촉진 시스템 내의 상대습도 분포

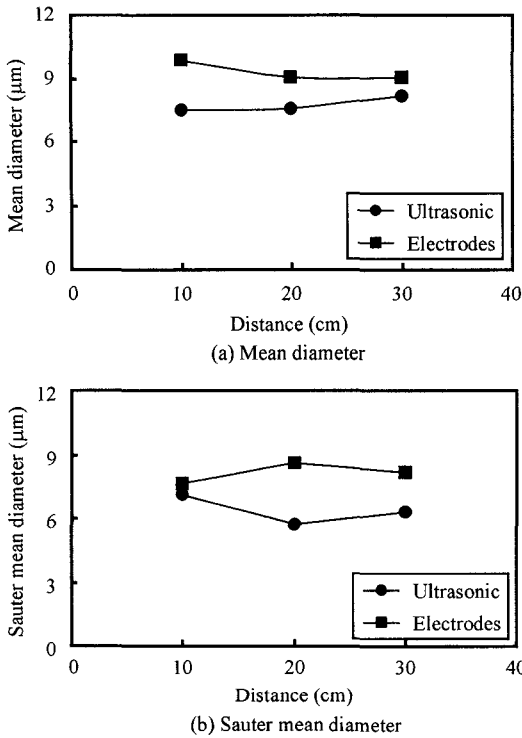


Fig. 3. Mean diameter of droplets as affected by the distance from the outlet of humidifiers.

로서 토출구로부터의 거리가 증가할수록 가습 입자의 크기가 조금씩 증가하는 것으로 나타났다. 전극봉식 가습기의 경우 토출구로부터 10, 20, 30 cm 떨어진 지점에서의 평균 직경은 각각 9.83, 9.01, 9.06 μm 로서 10 cm 떨어진 지점을 제외하면 토출구로부터의 거리가 증가할수록 가습 입자의 크기가 조금씩 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 가습기에서 발생된 입자가 토출구로부터 멀어질수록 입자 상호간의 결합에 의해서 입자 크기가 조금씩 증가함에 기인한 것으로 판단된다. 한편, 토출구로부터의 거리가 입자 크기에 미치는 영향은 평균 직경에 비해서 Sauter mean diameter에서 작게 나타났다.

전극봉식 가습기는 실린더내에 설치된 전극 사이로 전류가 흘러 수온을 상승시키는 가운데 고온의 스팀에 의해서 가습 입자가 발생되므로 작업자의 안전에 우선적으로 유의해야 한다. 또한, 전극봉식 가습기에서 발생된 스팀에 의해서 활착촉진 시스템 내의 다른 시설물이 영향을 받지 않도록 전극봉식 가습기를 설치할 때 적당한 공간을 확보하여야 한다. 더구나 스팀 토출

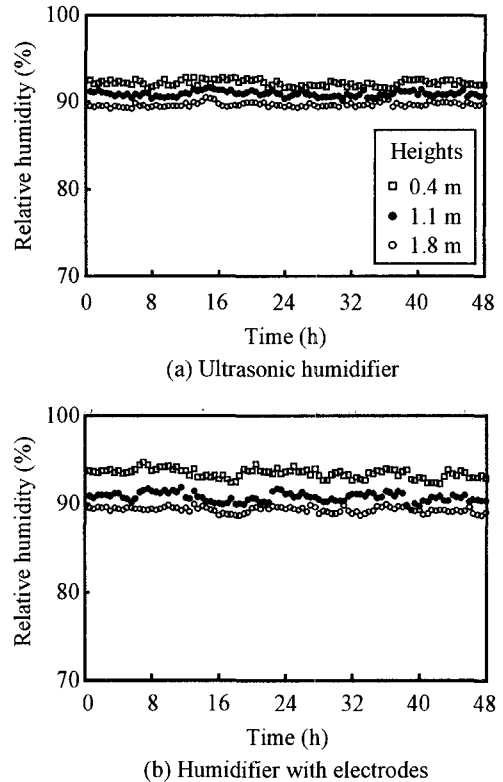


Fig. 4. Distribution of relative humidities in graft-taking enhancement system when (a) ultrasonic humidifier and (b) humidifier with electrodes were used.

구가 수평 방향과 평행하게 설치되거나 아래로 경사지게 설치될 경우 스팀의 분출이 제대로 이루어지지 않는 바 이 점에 유의하여야 한다. 한편 초음파 가습기는 바닥면이 수평을 이루도록 설치해야 하는 것 외에는 특별한 유의점이 없으므로 가습입자의 평균입경은 물론 작업자의 안전을 고려할 때 활착촉진 시스템 내의 상대습도 제어를 위해서 초음파 가습기의 이용이 유리할 것으로 판단된다.

Fig. 4는 활착촉진 시스템 내의 상대습도 제어에 사용된 가습기의 종류에 따른 습도분포를 나타낸 것으로서, 활착촉진 시스템 내의 기온과 상대습도를 각각 28°C, 90%로 설정한 조건에서 상대습도를 측정된 결과이다. 그림에서의 상대습도는 활착촉진 시스템 내의 바닥으로부터 수직방향으로 각각 0.4, 1.1, 1.8 m 떨어진 위치에서 동일한 높이의 입구측, 중앙부, 출구측에서 측정된 값의 평균치에 해당한다. 초음파 가습기를 사용한 경우 수직방향으로 각각 0.4, 1.1, 1.8 m 떨어

진 위치에서의 상대습도는 각각 92.1 ± 5.3 , 90.9 ± 5.6 , $89.7 \pm 6.8\%$ 로서 시스템 내의 바닥면 부근에서 높게 나타났고, 천장으로 향할수록 조금씩 감소하였으나 전체적으로 상대습도의 설정치에 해당하는 90%에 근사한 분포를 나타내었다. 특히 중앙부에서의 상대습도 분포가 설정치에 해당하는 90.9%로 나타나, 본 연구에서 균일한 상대습도 분포를 얻고자 적용된 상대습도 제어 방식과 제어에 사용된 각종 기기들이 효과적인 것으로 나타났다. 한편, 전극봉식 가습기를 사용하였을 경우 상대습도는 0.4, 1.1, 1.8 m 떨어진 위치에서 각각 93.4 ± 5.4 , 90.7 ± 5.9 , $89.3 \pm 7.0\%$ 로 나타났다. 초음파 가습기와 전극봉식 가습기를 사용하였을 때 시스템내의 바닥면에서 상대습도가 높게 나타났는데 이것은 가습입자에 작용한 중력에 의해서 상대적으로 많은 가습입자가 시스템내의 상부에 비해서 바닥면 부근을 통과하였기 때문으로 판단된다. 실제로 전극봉식 가습기를 사용하였을 때 바닥면에서의 상대습도는 $93.4 \pm 5.4\%$ 로서 초음파 가습기가 사용된 경우의 $92.1 \pm 5.3\%$ 에 비해서 하부에서의 상대습도가 높게 나타났다. 또한 시스템 내의 평균 상대습도는 초음파식과 전극봉식 가습기를 사용한 경우에서 각각 90.9%, 91.2%로 나타나 초음파 가습기를 사용하였을 때 균일한 상대습도 분포가 확보되었다. 이러한 결과는 가습기의 입자 분포 결과와 관련이 있는 것으로 판단된다. 즉 Table 1의 결과에서 알 수 있듯이 초음파 가습기에서 발생된 가습 입자가 전극봉식에 비해서 다소 작기 때문에 부유가 쉽게 이루어져 상대습도의 공간 분포가 균일하게 나타난 것으로 판단된다. 활착촉진 시스템 내에서 고습도의 균일한 분포가 요구되는 점을 고려할 때 가습 방식으로 초음파식이 효과적인 것으로 판단된다.

적 요

접목묘의 활착촉진을 위해서 활착촉진 시스템 내의 상대습도가 90% 이상으로 균일하게 조절되어야 하는 바, 본 연구에서는 초음파 가습기와 전극봉식 가습기를 이용하여 상대습도를 조절할 때 가습방식에 따른 가습 입자의 평균 입경과 활착촉진 시스템 내의 상대습도

분포를 분석하였다. 초음파 가습기와 전극봉식 가습기로부터 발생된 가습 입자의 평균 입경은 각각 7.58 ± 0.14 , $9.01 \pm 0.06 \mu\text{m}$ 로 나타났다. 한편 가습기 토출구로부터의 거리가 증가할수록 가습 입자의 크기가 조금씩 증가하였는데, 이것은 가습기에서 발생된 입자가 토출구로부터 멀어질수록 입자가 서로 결합되어 가습입자의 크기가 조금씩 증가한 것으로 판단된다. 활착촉진 시스템 내의 상대습도를 90%로 설정한 조건에서 초음파 가습기와 전극봉식 가습기를 사용하였을 때 0.4, 1.1, 1.8 m 높이에서의 상대습도는 초음파식의 경우 각각 92.1 ± 5.3 , 90.9 ± 5.6 , $89.7 \pm 6.8\%$, 전극봉식의 경우 각각 93.4 ± 5.4 , 90.7 ± 5.9 , $89.3 \pm 7.0\%$ 로 나타났다. 초음파 가습기에서 발생된 가습 입자가 전극봉식에 비해서 다소 작기 때문에 부유가 쉽게 이루어져 시스템 내에서 상대습도의 공간 분포가 균일하게 나타난 것으로 판단된다.

주제어 : 가습기, 접목묘, 활착, 상대습도

인 용 문 헌

1. Kim, Y.H. 2000a. Design of a prototype system for graft-taking enhancement of grafted seedlings using artificial lighting. Effect of air current speed on the distribution of air temperature and relative humidity in a graft-taking enhancement system. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery 25:213-220 (in Korean).
2. Kim, Y.H. 2000b. Effects of air temperature, relative humidity and photosynthetic photon flux on the evapotranspiration rate of grafted seedlings under artificial lighting. Transplant production in the 21st century. pp. 91-97, Kluwer Academic Publishers.
3. Kim, Y.H., C.S. Kim, J.W. Lee, and S.G. Lee. 2001. Effect of vapor pressure deficit on the evapotranspiration rate and graft-taking of grafted seedlings population under artificial lighting. J. of Bio-Environment Control 10:232-236 (in Korean).
4. Kim, Y.H. and Y.S. Park. 2001. Evapotranspiration rate of grafted seedlings affected by relative humidity and photosynthetic photon flux under artificial lighting. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery 26:379-384 (in Korean).