

# 인공광을 이용한 접목묘 활착촉진실의 시작품 설계

## Design of a prototype room for graft-taking enhancement of grafted seedlings using artificial lighting

김용현\*

정회원

Y.H. Kim

### 1. 서론

과채류 재배에서 접목은 연작장해를 방지하고, 耐病性 또는 耐暑性을 강화시킨 건묘의 생산 뿐만 아니라 식물의 조기생육 촉진 및 과실의 상품성 향상을 위해서 육묘 과정에 반드시 필요한 작업단계로서, 과채류의 종류 또는 재배농가의 접목 기술 상태에 따라 호접, 삼접, 할접, 편접 등 여러 가지 접목방법이 사용되고 있다(渡部와 板木, 1990; Oda, 1995).

수박, 토마토 등에 적용되는 편접 또는 삼접의 경우 접수의 끝 부분이 절단된 상태에서 접목이 이루어지므로 3일 정도 상대습도를 100%로 유지한 후 점차 상대습도를 낮추어야 증발산이 억제되면서 활착율이 증대될 것이다(Oda, 1995). 그런데 현재 접목묘를 생산하는 농가 또는 육묘공장에서는 정확한 습도 조절에 많은 어려움을 겪고 있다. 또한 접목묘의 활착은 대부분 자연광 조건하에서 이루어져 접목묘의 활착 또는 품질이 외부 기상의 영향을 쉽게 받기 때문에 활착 환경의 효과적인 제어가 불가능하다. 접목묘의 활착을 촉진시키고, 활착 관리에 요구되는 노력을 절감시키려면 접목묘에 대한 최적 환경조건이 제시되어야 한다. 접목묘의 활착이 진행됨에 따라 활착 환경이 다르게 요구되므로, 접목묘의 활착율을 증대시키려면 광, 기온, 상대습도 및 기류속도 등의 제어가 가능한 활착촉진실(이하 "활착실"로 칭함)을 이용하는 것이 바람직하나, 이에 대한 연구가 최근에 이루어지고 있는 실정이다.

기존의 식물 성장상(growth chamber)은 기온 또는 상대습도가 특정 범위에서 어느 정도 정확성을 유지하나, 고습이 유지되어야 하는 조건에서는 정확한 제어가 이루어지지 않고 있다. 또한 성장상 내의 수평 또는 수직방향으로 기온, 상대습도 등의 편차가 높게 나타나는 데, 이러한 문제점은 대형 성장장에서 심각하게 나타나고 있다. 이러한 이유로서 온·습도 제어 시스템의 성능 미흡, 고정도 센서의 미개발 등을 들 수 있다.

접목묘의 활착촉진 또는 증발산속도에 미치는 기온, 상대습도, 기류속도, 광 등과 같은 환경요소의 영향을 구명하고자 시도된 본 연구의 구체적인 목적은 인공광을 이용한 접목묘 활착실의 시작품 설계 가운데 프로그래머블 컨트롤러와 인버터를 이용하여 활착실내의 기류속도, 기온 및 상대습도를 제어하는 데 있다.

---

\* 본 연구는 1997년도 농림부 농림기술관리센터의 첨단기술개발과제로 수행되었음.

\* 전북대학교 생물자원시스템공학부(농업과학기술연구소)

## 2. 재료 및 방법

가. 인공광형 접목묘 활착실의 설계 및 제작

### 1) 접목묘 활착실

인공광을 이용한 접목묘 활착실의 주요 설계 대상으로 공기조화부, 제어부, 광원부 및 접목묘의 입고 능력 등을 들 수 있다. 표 1은 접목묘의 활착실의 기본 설계조건을 나타낸 것이다. 활착실의 내부 크기는 3.3m(W) x 2.8m(D) x 2.8m(H)로서, 활착실 내부에 다단 선반을 설치하고 플러그트레이를 선반에 위치시키킬 때 플러그트레이의 구멍 수에 따라 차이가 있으나, 활착실 내에 동시에 입고 가능한 접목묘는 최대 25,000본 정도이다. 본 연구에서 설계 및 제작된 대형 활착실의 공기조화부로서 용량이 각각 3kw, 5kw인 가열기와 공기압축기를 사용하였고, 가습기로서는 8 l/hr의 최대 가습능력을 지닌 초음파가습기를 설치하였다. 한편 활착실에서의 광량과 광질은 사용하고자 하는 임의의 광원에 대한 광합성유효광량자속밀도와 광질 분석에 대한 결과(김과 이, 1998)를 고려하여 선택하도록 하였다.

Table 1. Specifications of a room for graft-taking enhancement of grafted seedlings.

Item	Specifications
Power	3 phase, 220V
Size	In ; 3300(W) x 2800(D) x 2800(H) Out ; 3500(W) x 3000(D) x 3000(H)
Panel	Polyurethane 100mm thick
Heater	3 kw
Compressor	5 kw
Humidifier	Ultrasonic type, 8 l/hr
Light source	Fluorescent 18W(FL20SEX-D/18, Kumho Electric, Inc.)
Fan	Diameter ; 300 mm Air flow rate ; 20 m <sup>3</sup> /min x 2 unit
Inverter	MOSCON-G3(SAMSUNG) Input ; AC 3PH 200~230V/60Hz Output ; AC 3PH 0~230V 2.1kVA 5.4A
Controller	UP750(YOKOGAWA)

### 2) 프로그래머블 컨트롤러와 인버터를 이용한 활착실 내의 기류속도, 기온 및 상대습도 제어

기존의 생장상에서는 실내의 기류속도 제어가 불가능할 뿐만 아니라 상하층간의 기온 및 상대습도 분포가 불균일하게 나타나는 단점을 지니고 있다. 그러므로 본 연구에서는 대형 활착실 내의 기온, 상대습도, 기류속도, 광주기의 제어는 물론 기온, 상대습도 분포의 균일성

을 확보하고자 touch screen 방식의 프로그래머블 컨트롤러(UP750, Yokogawa)와 가변전압 가변주파수(variable voltage variable frequency, VVVF) 방식의 인버터(MOSCON-G3, SAMAUNG)를 사용하였다.

#### 나. 측정 항목 및 방법

##### 1) 기류속도

활착실 내부의 기류속도를 일정한 크기로 유지하고자 인버터를 사용하여 송풍기의 회전속도를 제어하였다. 송풍기의 회전속도를 제어하는 데 요구되는 4~20mA의 전류는 인버터에 연결된 프로그래머블 컨트롤러(programmable controller, UP750)의 프로그램 설정 화면을 통하여 입력된다. 즉 입력전류의 최저치인 4mA로부터 입력전류의 최대치인 20mA까지 1mA 씩 증가시켜 가면서 송풍기의 회전속도를 제어하는 가운데 활착실 내의 좌우 벽면 근처 및 중앙의 3개 부위와 각 부위의 수직방향으로 3점(활착실 바닥으로부터 각각 0.4m, 1.1m, 1.8m에 해당되는 높이), 즉 전부 9개 지점에서 기류속도를 측정하였다. 기류속도를 측정할 때 저속 정밀 측정용 풍속계(Climomaster 6521, KANOMAX)를 사용하여 기류속도를 측정하였다.

##### 2) 기온 및 상대습도 제어

일반적으로 활착실 내부에서 나타나는 기온 또는 상대습도의 측정 위치에 따른 편차는 기류속도의 크기에 따라 다르게 나타난다. 본 연구에서는 기류속도 제어 방법에 기초하여 기류속도의 크기가 활착실 내부의 기온 분포에 미치는 영향을 살펴보았다.

활착실 내에서 기온의 측정 높이는 기류속도의 측정 높이(활착실의 바닥으로부터 각각 0.4m, 1.1m, 1.8m에 해당되는 높이)와 동일하나, 기온측정용 센서는 활착실 내의 4벽면 근처 및 중앙의 5개 부위에 설치하였다. 그러므로 기온측정용 센서는 전부 15개 지점에 설치되었다. 기온측정용 센서로서 직경 0.3mm의 T-type 열전대를 사용하였으며, hybrid recorder를 사용하여 1시간 간격으로 측정하였다.

접목묘의 활착을 촉진시키려면 접목 후 활착이 이루어지기까지 접수의 증발산속도를 억제하기 위해서 90~100% 정도의 높은 상대습도를 유지하는 것이 필요하다. 그런데 기존의 상대습도 측정용 센서를 사용하면 90% 이하의 상대습도 범위에서는 비교적 정확성을 유지하나, 90% 이상의 고습도 환경하에서는 정확성이 급격하게 저하되거나 재현성이 저하되는 문제점이 나타나기 쉽다. 그러므로 본 연구에서는 활착실 내부의 상대습도를 측정하고자 90% 이상의 고습도 환경하에서도 정확성과 재현성을 높게 유지하면서 직선성이 매우 우수한 습도센서(BEAM 2000N, Japan Beam Electronics Co., Ltd)를 사용하였으며, 습도센서의 교정을 위해서 포화염 용액법을 적용하였다. 즉 기지의 상대습도와 습도센서로부터의 출력과의 회귀식을 결정하기 위해서  $MgCl_2$ ,  $NaCl$ ,  $K_2SO_4$ 를 증류수에 포화 상태로 용해시켜 각각 33%, 75%, 95%의 상대습도 환경을 조성하였다.

교정이 완료된 습도센서 4개를 활착실 내에 설치하여 활착실 내의 상대습도 분포 및 기류속도가 상대습도 분포에 미치는 영향을 검토하였다. 습도센서는 활착실의 벽면근처에서 수직방향으로 3점, 즉 바닥면으로부터 0.4m, 1.1m, 1.8m 떨어진 지점에 설치하였다. 센서로부

터의 출력은 퍼스널컴퓨터에 장착된 A/D 변환기를 거쳐 플로피디스크에 저장하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 활착실내의 기류속도

그림 1은 활착실의 바닥으로부터 각각 0.4m, 1.1m, 1.8m의 높이에서의 평균 기류속도를 나타낸 것이다. 1개 지점에서의 기류속도는 30초 동안 측정된 값의 평균치에 해당된다. 그림 1로부터 입력전류가 증가할수록 활착실 내의 기류속도가 거의 직선적으로 증가하여 인버터에 의한 송풍기의 회전속도 제어가 효과적으로 이루어짐을 알 수 있다. 이와 같은 결과는

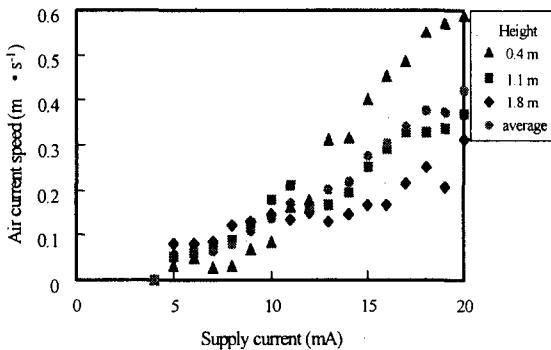


Fig. 1. Relation between current supplied to inverter and air current speed.

인버터에 의한 송풍기의 회전속도 제어에 의해서 활착실 내의 기류속도가 균일하게 유지될 수 있음을 의미하는 것이다. 높이에 따른 기류속도를 살펴보면 입력전류가 10mA 이하에서는 기류속도의 차이가 거의 없었으나, 10mA 이상에서는 활착실의 바닥면을 향할수록 기류속도가 높게 나타났다. 또한, 1.1m에서의 기류속도는 높이별 기류속도의 평균치와 거의 유사하게 나타났다. 이밖에 0.1m/s 정도의 낮은 기류속도를 나타내는 데 필요한 입력전류는 8~9mA로 나타났다.

#### 다. 활착실내의 기온 및 상대습도 제어 특성

##### 1) 기온 제어

그림 2는 활착실 내의 상대습도를 65%로 유지시킨 가운데 인버터의 입력전류를 4, 8, 12, 16 및 20mA로 설정한 조건에서 측정한 활착실 내의 기온 분포를 나타낸 것이다. 그림에 표시된 기온은 활착실의 바닥면으로부터 0.4m, 1.1m, 1.8m 떨어진 높이의 서로 다른 위치에서 측정된 5개 지점에서의 기온 평균치에 해당된다. 인공광원의 광주기는 24시간으로서 명기와 암기는 각각 16시간, 8시간이었다. 기온의 설정치는 명기와 암기에서 각각 25℃, 20℃이다. 입력전류가 4mA, 즉 송풍기가 구동되지 않는 조건에서는 활착실 내에서 기류의 이동이 오직 자연대류에 의해서만 이루어지므로 명기의 경우에 기온의 측정치가 설정치에 비해서 0.4~3.9℃ 정도 낮게 나타났을 뿐만 아니라 시간에 따른 기온의 변화가 크게 나타났다. 그런데 입력전류가 8mA일 때, 즉 활착실 내의 기류속도가 0.1m/s를 나타내는 조건에서 기온의 측정치는 설정치에 근사하게 나타났으며, 입력전류가 증가할수록 기온의 편차는 더욱 감소하는 것으로 나타났다. 결국 활착실 내의 기류속도 조절에 의해서 균일한 기온 분포가 얻어짐을 알 수 있다. 한편, 암기의 측정치는 입력전류의 크기에 따른 영향을 명기에 비해서 적게 받는 가운데 거의 균일하게 나타났다.

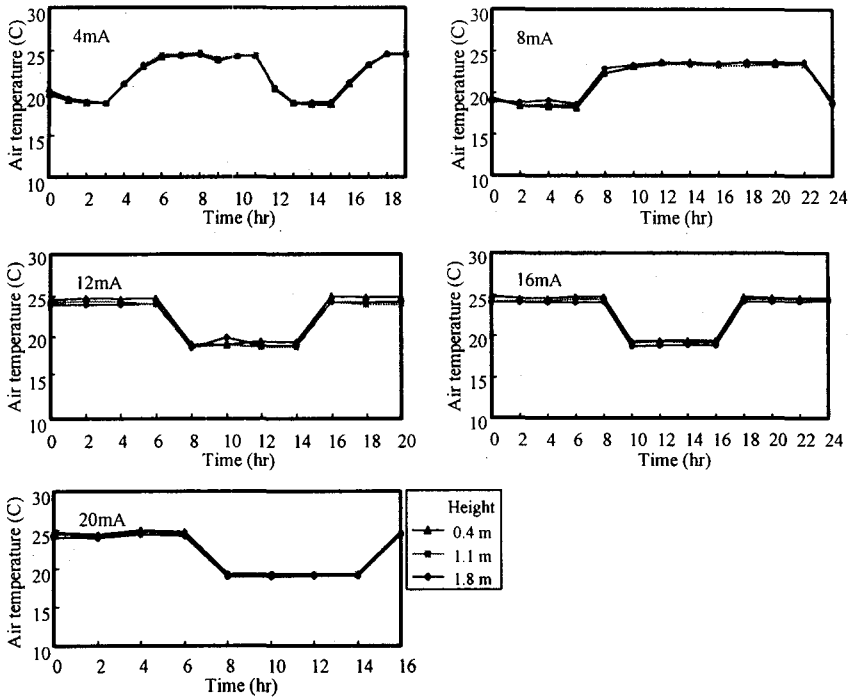


Fig. 3. Variation of air temperature at different current supplied to inverter

## 2) 상대습도 제어

그림 3은 상대습도 계측에 사용된 센서를 대상으로 센서로부터의 출력과 실제 상대습도와 의 회귀관계를 나타낸 것이다. 그림으로부터 센서의 출력과 상대습도 사이에 직선성이 매우 높음을 알 수 있다.

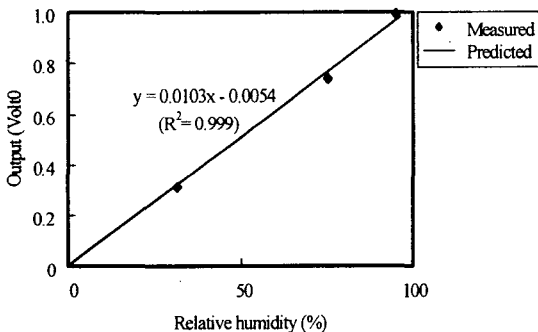


Fig. 3. Regressional relation between the output from humidity sensor and relative humidity.

그림 4는 활착실 내의 기온과 상대습도의 설정치가 각각 28℃, 65%이고, 명기와 암기가 각각 16시간, 8시간이며 inverter의 입력전류가 4mA와 12mA 일 때 측정 높이에 따른 상대습도 분포를 나타낸 것이다. 입력전류가 4mA로서 송풍기가 작동하지 않을 때 1.8m 높에서 상대습도는 65% 정도를 유지하나, 0.4m와 1.1m 높이에서는 설정치보다 약 5~7% 정도 높게 나타났다. 입력전류가 12mA로서 활착실 내의 평균 기류속도가 0.16m/s 일 때 1.1m와 1.8m 높에서 상대습도는 66~67% 정도를 유지하였으며, 0.4m 높이에서는 1.1m와 1.8m 높이에 비해서 상대습도가 3~4% 정도 높게 나타나 높이에 따른 상대습

도의 편차가 감소함을 알 수 있다. 전체적으로 12mA의 입력전류에서 명기 또는 암기에 모두 일정한 상대습도가 나타났다. 그러므로 일정한 상대습도의 유지를 위해서 최소한의 기류 속도가 요구됨을 알 수 있다. 한편, 암기에는 높이에 따른 상대습도의 편차가 명기에 비해서 크게 감소하였다. 이러한 결과는 암기에 인공광원으로 사용된 형광등으로부터의 발열이 전무하였기 때문인 것으로 판단된다.

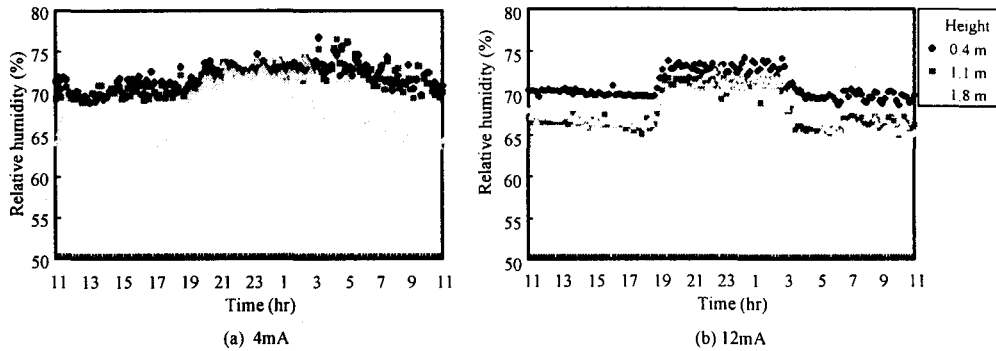


Fig. 4. Variation of relative humidity at different current supplied to inverter.

#### 4. 요약 및 결론

접목묘의 활착촉진 또는 증발산속도에 미치는 기온, 상대습도, 기류속도, 광 등과 같은 환경요소의 영향을 구명하고자 인공광을 이용한 접목묘 활착실의 시작품을 설계 및 제작하였다. 프로그래머블 컨트롤러와 인버터를 이용하여 활착실 내의 기류속도, 기온 및 상대습도를 제어한 결과 제어 결과가 양호하게 나타났다. 또한 활착실 내의 균일한 기온과 상대습도 분포를 얻기 위해서 0.1m/s 이상의 기류속도가 요구되는 것으로 나타났다. 본 연구에서 제작된 활착실은 기본적으로 인공광하에서 접목묘의 활착을 촉진시키기 위한 장치로 설계되었으나, 활착실 내부의 기온, 상대습도, 기류속도, 광 등의 환경제어가 가능하므로 인공광을 이용한 육묘실 또는 발아실로서의 활용이 가능하다.

#### 5. 참고문헌

1. 김용현, 이종호. 1998. 식물묘공장의 근접조명용 인공광원으로서 형광등의 광강도 및 분광 특성. 한국농업기계학회지 23(6):591-598.
2. M. Oda, 1995. New grafting methods for fruit-bearing vegetables in Japan. JARQ 29:187-194.
3. 渡部一郎, 板木利隆. 1990. 電気利用による野菜の育苗と栽培. 社団法人 農業電化協會 pp.116-137.