

인공광하에서 접목묘의 증발산속도에 미치는 상대습도와 광합성유효광량자속의 효과

Evapotranspiration Rate of Grafted Seedlings Affected by Relative Humidity and Photosynthetic Photon Flux under Artificial Lighting

김용현 박현수
정희원 정희원
Y. H. Kim H. S. Park

SUMMARY

To enhance the smooth graft-taking of grafted seedlings, the excessive evapotranspiration from grafted seedlings just after grafting should be avoided. A measurement system of the evapotranspiration rate of grafted seedling under artificial lighting was set up to investigate the effect of physical environment on the evapotranspiration and graft-taking characteristics of grafted seedlings quantitatively. The evapotranspiration rate of grafted seedlings affected by relative humidity and light intensity were analyzed using the measurement system. The hypocotyl of watermelons (*Citrullus vulgaris* cv. Sweetdew, Hungnong Seed Co.) was slantly cut and then inserted into a hole on the stem of rootstock (*Lagenaria siceraria* cv. FR-King, Hungnong Seed Co.). Grafted seedlings were healed and joined for 5 days under cool-white fluorescent lamps (FL20SEX-d/18, Keumho Electric Co.) with photoperiod of 12h · d⁻¹ except dark period for one day after grafting in a closed graft-taking enhancement system developed by Kim(2000). The evapotranspiration rate and graft-taking of grafted seedling at air temperature of 23°C and air current speed of 0.1m · s⁻¹ was highly affected by relative humidity. But light intensity showed higher effect on the stem length of scion than relative humidity. In conclusion, it was suggested that relative humidity should be controlled at higher than 90% with photosynthetic photon flux of 50μmol · m⁻² · s⁻¹ to increase the survival of grafted seedlings and to produce healthy seedlings.

Keywords : Evapotranspiration rate, Grafted seedlings, Graft-taking, Artificial lighting, Physical environment.

This study was conducted by the research fund supported by MAF-SGRP (Ministry of Agriculture & Forestry-Special Grants Research Program) in Korea. The article was submitted for publication in April 2001; reviewed and approved by the editorial board of KSAM in June 2001. The authors are Yong Hyeon Kim, Associate Professor, Division of Bioresource Systems Engineering and Hyun Soo Park, Graduate Student, Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Chonbuk National University (Institute of Agricultural Science and Technology), Chonju, Korea. The corresponding author is Y. H. Kim, Associate Professor, Division of Bioresource Systems Engineering, Chonbuk National University, Chonju, 561-756, Korea. Email: <yhkim@moak.chonbuk.ac.kr>.

1. 서 론

과채류에 대한 접목은 연작장해를 방지하고, 耐病性 또는 耐暑性을 강화시킨 건묘의 생산 뿐만 아니라 식물의 조기생육 촉진 및 과실의 상품성 향상을 목적으로 육묘 과정에서 널리 사용되고 있다. 접목 방법에는 호접, 삽접, 할접, 편접 등이 있으나, 과채류의 종류 또는 재배농가의 접목 기술 수준에 따라 여러 가지 접목방법이 사용되고 있다 (渡部和 板木, 1990; Oda, 1995). 이 가운데 수박, 토마토 등에 널리 적용되는 삽접, 할접, 편접 등의 경우 접수의 끝 부분이 절단된 상태에서 접목이 이루어진다. 그러므로 접목 후 초기 3일 정도는 상대습도를 100%로 유지한 후 점차 상대습도를 낮추어야 증발산이 억제되면서 접목묘의 활착율이 증대될 것이다(Oda, 1995).

접목 초기에는 상대습도를 높여서 접수의 시듦을 방지하고 접목묘로부터의 증발산을 억제하면서 접수와 대목의 통도 부위가 원활하게 결합되도록 물리적 환경을 조성해 주는 것이 요구된다. 현재 접목묘를 생산하는 농가 또는 육묘공장에서는 온실 내의 베드 위에 터널 구조를 설치하고 폴리에틸렌 필름 또는 차광용 필름을 사용하여 베드 위로 투과되는 자연광을 상당히 차단시킨 가운데 활착이 요구되는 접목묘를 베드 위에 위치시킨다. 이 경우 폴리에틸렌 필름 또는 차광용 필름에 의해서 터널이 밀폐 상태를 이루고 배지로부터 수증기가 증발되므로 터널 내부의 상대습도는 거의 100%에 도달한다. 한편 외기온이 낮은 동계에는 베드 위에 전열선을 설치하여 가온을 실시하기도 한다. 이러한 환경을 2~3일 유지한 후에는 터널 내로 투과되는 광량을 서서히 증가시키며, 터널 내의 과습을 방지하고자 환기를 실시한다. 이후에는 환기 회수 및 시간을 늘려서 접목묘의 활착을 촉진하고, 출하 직전 단계에 이르면 차광을 실시하지 않는 가운데 접목묘의 순화 또는 경화률도모한다.

이와 같이 자연광하에서 접목묘의 양호한 활착과 순화를 이루려면 세심한 관리가 요구된다. 그런데 농가 또는 육묘공장에서는 접목묘의 활착에 커다란 영향을 미치는 상대습도, 광, 기온, 기류속도 등의 물리적 환경을 계측하면서 활착 단계에 따라 적정 수준으로 관리하는 것이 아니라 관리자의 경험에 의존하여 활착을 실시하고 있다. 또한 접목묘의 활착이 자연광 조건하에서 이루어져 접

목묘의 활착 또는 품질이 외부 기상 영향을 쉽게 받을 우려가 있으며, 활착과 관련한 물리적 환경의 효과적인 제어가 근본적으로 불가능하다.

접목묘의 활착에 필요한 광원으로 자연광 대신에 인공광을 사용하면 광량의 제어가 용이하고, 선반을 이용한 다단 구조가 가능하여 활착실 공간을 효과적으로 활용할 수 있으며, 활착실 공간에 대한 밀폐가 가능하여 활착실 내의 물리적 환경을 손쉽게 제어할 수 있는 장점을 지니게 된다. 물론 인공광을 사용하면 조명과 광원으로부터의 발열에 따른 냉방부하의 경감을 위해서 적지 않은 전력이 소요되므로 전기 에너지를 절감할 수 있는 방안이 마련되어야 한다.

접목묘의 활착을 촉진시키고, 활착 관리에 요구되는 노력을 절감시키려면 접목묘에 대한 최적 환경조건이 제시되어야 하나, 이에 대한 연구는 전무한 실정이다. 인공광하에서 접목묘의 활착에 미치는 기온, 상대습도, 기류속도, 광 등의 물리적 환경요소의 영향을 구명하고자 시도된 본 연구의 구체적인 목적은 인공광하에서 접목묘의 증발산속도를 측정할 수 있는 계측 시스템을 구성하고, 증발산속도에 미치는 상대습도와 광량의 효과를 구명하는 데 있다.

2. 재료 및 방법

가. 인공광하에서 접목묘 증발산속도 계측 시스템의 구성

식물묘공장에서는 인공광원으로 형광등, 고압나트륨 램프, 메탈할라이드 램프 등이 사용되고 있다. 이 가운데 광합성유효광량자속, 광질 및 광원으로부터의 발열 등을 고려할 때 형광등이 접목묘의 활착촉진에 유효한 인공광원으로 제시된 바 (Kim and Lee, 1998), 본 연구에서는 인공광원으로 형광등(FL20SEX-D/18, Keumho Electric Co.)을 사용하였다.

접목묘의 증발산속도에 미치는 환경요소, 즉 기온, 상대습도, 기류속도, 광량 등의 영향을 정량적으로 살펴보고자 증발산속도 측정 시스템을 구성하였다. 즉 load cell을 이용하여 플러그트레이, 배지, 접목묘를 포함한 접목묘 개체군의 무게 변화를 연속적으로 측정할 수 있는 시스템을 구성하였다. Kim 등(1996)이 개발한 플러그묘 생산용 풍동의 생육실에 플러그트레이 1매가 놓여질 수 있는

알루미늄판을 제작하고, 알루미늄판 하부에 load cell(MLP-25, Transducer Techniques, USA)을 부착하였다.

나. 공시묘의 접목 및 활착

본 실험에 사용된 접목 방법은 편엽삽접으로서, 접수와 대목으로 수박(감로, 홍농종묘)과 박(FR King, 홍농종묘)이 사용되었다. 접수와 대목은 발아 후 기온이 명기와 암기에 각각 28℃, 18℃, 상대습도 70%, 광합성유효광량자속(photosynthetic photon flux) 300 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 유지되는 growth chamber에서 육묘 과정을 거쳤다. 이 때 광주기는 24시간으로서, 명기와 암기는 각각 12시간이었다. 접목은 접수의 자엽이 완전히 전개된 시기에 실시하였다.

접목이 이루어진 접목묘는 Kim(2000)이 개발한 접목묘의 활착촉진 시스템 내에서 5일 동안 활착되었다. 활착촉진 시스템 내의 기온은 23℃로 유지하였고 상대습도는 85%, 90% 및 95%의 3수준으로 제어하였으며, 광합성유효광량자속은 30 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 50 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 2수준으로 조절하였다. 본 실험에 적용된 처리조건은 표 1과 같다. 접목 후 초기 24시간은 암조건을 유지하였으며, 24시간이 경과한 이후부터 명기와 암기를 각각 12시간씩으로 조절하였다. 접목 후 초기 24시간을 암조건으로 유지한 것은 예비 실험에서 나타난 결과에 따른 것이다. 예비 실험에서 접목 직후부터 광을 조사한 결과 접수에서 위조 현상이 나타나, 접목 후 일정 시간이 경과한 후부터 광을 조사하는 것이 바람직함을 알 수 있었다. 한편, 활착 기간에 광을 전혀 조사하지 않더라도 활착 자체는 가능하나, 이 경우 광환경에 대한 적응이 이루어지지 않아 순화 단계에서 고사하거나 접수의 도장이 이루어지는 등 묘소질이 저하될 우려가 있다.

그러므로 본 연구에서는 상기의 문제점을 극복하고자 접목 후 요구되는 최소의 암조건을 24시간으로 설정하였다.

다. 측정 항목 및 방법

플러그트레이의 배지 표면에서 광합성유효광량자속이 각각 30 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 50 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 유지되도록 형광등이 설치된 2개의 풍동을 사용하여 접목묘의 무게 변화를 측정하였다. 각 Load cell로부터의 출력신호는 데이터로거(7V08, NEC San-ei Instruments, Ltd., Japan)에 의해서 1시간 간격으로 기록되었다. 접목묘의 증발산속도는 플러그트레이, 배지, 접목묘를 포함한 접목묘 개체군의 무게 변화를 연속적으로 측정 후 식(1)을 이용하여 결정하였다.

$$E = \frac{W}{S} \quad (1)$$

여기서, E : 접목묘의 증발산속도($\text{gH}_2\text{O} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$), W : 플러그트레이의 단위시간당 무게 변화($\text{gH}_2\text{O} \cdot \text{h}^{-1}$), S : 플러그트레이의 면적(cm^2)이다. 이 밖에 5일 후에 출고된 접목묘의 활착율과 접수의 성장 특성을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. Load cell의 교정

하중과 load cell의 출력 관계가 Fig. 1에 실려 있다. 회귀식은 $y = 0.0026x + 1.1556$ ($R^2=1.0$)으로서 직선성이 매우 높게 나타났다. 상기 회귀식에서 x, y는 각각 하중과 load cell로부터의 출력을 의미한다.

Table 1 Description of the experimental treatments.

Treatments	Relative humidity (%)	Photosynthetic photon flux ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Air temperature (°C)	Air current speed ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
RP10	85	30	23	0.1
RP20	90	30	23	0.1
RP30	95	30	23	0.1
RP11	85	50	23	0.1
RP21	90	50	23	0.1
RP31	95	50	23	0.1

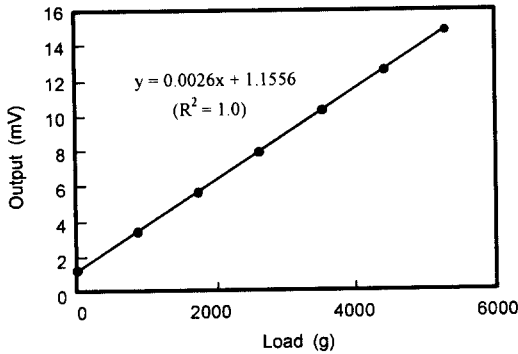


Fig. 1 Regressional relation between load and the output from load cell.

나. 접목묘의 증발산 특성

(1) 인공광하에서 접목묘의 무게 변화와 증발산 속도

그림 2는 처리구 RP31, 즉 기온, 상대습도, 광합성유효광량자속 및 기류속도가 각각 23℃, 95%, 50μmol·mol⁻¹, 0.1m·s⁻¹로 제어된 조건에서 접목묘의 무게 변화와 증발산속도를 나타낸 것이다. 접목 후 초기 24시간은 암조건이 유지되므로 접목묘의 무게 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 이에 따라 증발산속도는 매우 낮게 나타났으며, 이후 명기와 암기의 반복에 따라 증발산속도의 변화가 크게 나타났다.

(2) 접목묘의 증발산속도에 미치는 상대습도와 광량의 효과

접목묘의 증발산속도에 미치는 각 처리구의 효과는 그림 3과 그림 4와 같다.

그림 3은 상대적인 약광, 즉 광합성유효광량자속이 30μmol·m⁻²·s⁻¹인 조건에서의 증발산속도로서, 상대습도에 따라 접목묘의 증발산속도 특성이 다르게 나타남을 알 수 있다. 처리구 RP10, 즉 상대습도가 85%로서 낮게 유지된 조건에서 접목 후 초기 24시간 동안의 증발산속도는 약 23g·m⁻²·h⁻¹로서, 처리구 RP20 또는 RP30의 경우에 비해서 2~4배 높게 나타났다. 이후 12시간의 주기로 반복되는 명기와 암기에 따라 증발산속도의 변화가 분명하게 나타났으나, 증발산속도는 점차 감소하였다. 처리구 RP20 또는 RP30으로 제어되는 조건에서 접목 초기에 증발산속도가 낮은 수준을 유지하였으나, 시간이 경과할수록 증발산속도가 점

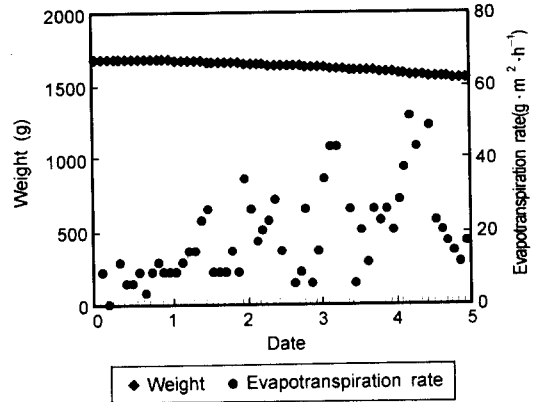


Fig. 2 Typical variation of the weight and evapotranspiration rate of grafted seedlings under artificial lighting at the air temperature of 23℃, relative humidity of 95% and air current speed of 0.1m·s⁻¹.

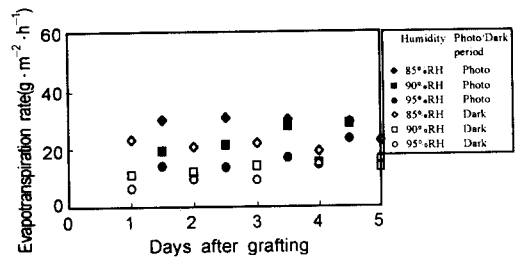


Fig. 3 Effect of relative humidity on the evapotranspiration rate of grafted seedlings at the air temperature of 23℃, photosynthetic photon flux of 30μmol·m⁻²·s⁻¹ and air current speed of 0.1m·s⁻¹.

차 증가하는 것으로 나타났다.

그림 4는 상대적인 강광, 즉 광합성유효광량자속이 50μmol·m⁻²·s⁻¹인 조건에서 증발산속도에 미치는 상대습도의 영향을 나타낸 것이다. 강광 조건하에서 증발산속도의 변화 특성은 약광 조건에서의 특성과 유사하게 나타났으나, 약광 조건에 비해서 증발산속도가 다소 높게 나타났다. 이러한 결과는 광강도가 낮게 유지된 조건에서의 결과와 마찬가지로 접목묘에서 접수와 대목의 결합 상태에 따른 것으로 판단된다. 본 연구에서는 편엽삽접에 의해서 접목을 실시한 바, 접수와 대목의 통도조직이 결합되기 전에 상대습도가 낮게 유지되

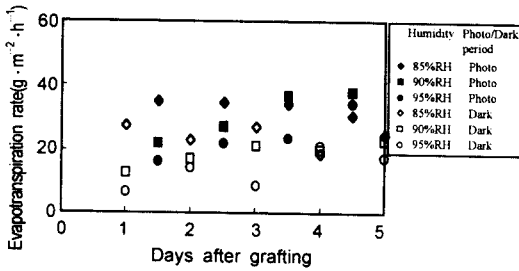


Fig. 4 Effect of relative humidity on the evapotranspiration rate of grafted seedlings at the air temperature of 23°C, photosynthetic photon flux of 50 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ and air current speed of 0.1 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

면 증발산속도가 증가하면서 접수가 쉽게 시들게 된다. 그러므로 낮은 상대습도의 영향으로 초기에는 증발산속도가 증가하나, 접수가 시들기 시작하면서 증발산속도는 감소하였다. 한편 상대습도가 90% 또는 95%를 유지하는 조건에서 접목 초기의 증발산속도는 낮은 수준을 유지하였다. 그러나 시간이 경과함에 따라 증발산속도가 점차 증가하였으며, 접목 후 3~4일이 경과한 시점에서 증발산속도가 크게 증가하였다.

상기의 결과로부터 접목묘의 증발산속도에 미치는 상대습도와 광량의 효과 가운데 상대습도의 영향이 보다 높게 나타남을 알 수 있다. 또한 인공광하에서 편엽삽접을 실시할 경우 접수와 대목의 통도조직이 결합되기까지 최소 3~4일이 소요되는 것으로 판단된다. 아울러 접목 초기에 상대습도를 90% 이상으로 조절해 주어야 접목묘로부터의 증발산이 억제되면서 접목묘의 활착이 제대로 진행될 것으로 판단된다.

다. 접목묘의 활착 특성

그림 5와 그림 6은 상기의 실험 조건으로 제어된 환경하에서 활착된 접목묘의 활착율과 접수부의 성장 특성을 나타낸 것이다. 그림 5에서 상대습도가 85%로서 상대적으로 낮게 설정된 활착 조건, 즉 RP10(약광조건)과 RP11(강광조건)에서의 활착율은 각각 72%, 80%로서 작게 나타났다. 이것은 상대습도가 낮게 유지되어 접목 초기에 접목묘로부터의 증발산이 활발하게 이루어지면서 접수와 대목의 통도조직이 결합되기 전에 접수가 시들었기 때문인 것으로 판단된다. 그런데 상대습도가

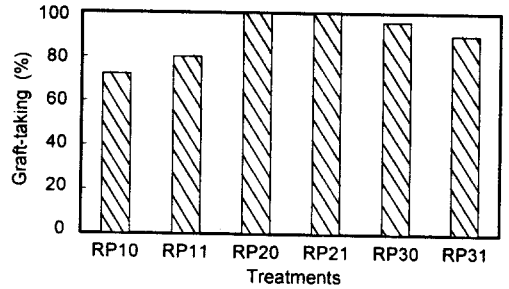


Fig. 5 Effect of relative humidity and photosynthetic photon flux on the graft-taking of grafted seedlings at the air temperature of 23°C and air current speed of 0.1 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

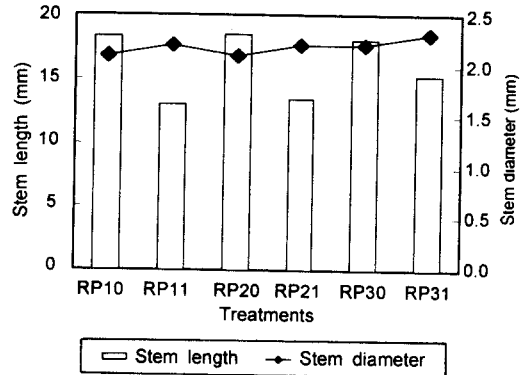


Fig. 6 Effect of relative humidity and photosynthetic photon flux on the growth of grafted seedlings at the air temperature of 23°C and air current speed of 0.1 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

90%를 유지한 조건 RP20(약광조건)과 RP21(강광조건)에서는 광량과 무관하게 활착율이 모두 100%로 나타났다. 한편 상대습도가 95%로 설정된 활착 조건, 즉 RP30(약광조건)과 RP31(강광조건)에서는 활착율이 각각 96%, 90%로 나타났다.

그림 6은 활착 조건에 따른 접수의 배축길이에 대해 배축직경을 비교하여 나타낸 것이다. 활착율과 다르게 접수의 배축길이에 미치는 상대습도의 영향은 크지 않으나, 광량의 영향은 높게 나타났다. 즉 30 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 약광하에서 활착된 접수의 배축길이는 약 18mm이나, 50 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 강광조건에서 활착된 경우 배축 길이가 13~15mm로서 작게 나타났다. 상기의 결과로부터 기온과 기류속

도가 각각 23℃, 0.1m·s⁻¹로 제어된 활착 조건에서 3수준(85%, 90%, 95%)의 상대습도가 활착율에 미치는 영향은 비교적 크며, 상대습도가 90%를 유지할 때 활착율이 가장 높게 나타남을 알 수 있다. 한편, 2수준(30μmol·m⁻²·s⁻¹, 50μmol·m⁻²·s⁻¹)의 광량이 활착율에 미치는 영향은 비교적 작게 나타났으나, 접수의 배축길이에 미치는 광량의 영향은 높게 나타났다. 접목묘의 활착율과 접수의 생장 특성을 고려할 때 기온과 기류속도가 각각 23℃, 0.1m·s⁻¹로 제어된 활착 조건에서 상대습도와 광량의 적정 조건은 각각 90%, 50μmol·m⁻²·s⁻¹로 판단된다. 본 연구에서 처리된 30μmol·m⁻²·s⁻¹, 50μmol·m⁻²·s⁻¹의 광량은 예비 실험 결과에 따른 것이다. 즉 예비 실험과정에서 광량을 75 μmol·m⁻²·s⁻¹으로 설정하여 활착을 실시한 결과 접수에서 적지 않은 위조가 나타났다. 그러므로 본 실험에서 처리된 50μmol·m⁻²·s⁻¹은 편엽삽접된 수박 접목묘의 초기 활착 단계에서 접수가 시들지 않으며, 접수와 대목이 원활하게 결합할 수 있는 한계 광량 조건으로 판단된다.

4. 요약 및 결론

접목묘의 활착, 즉 접수와 대목의 원활한 결합을 촉진하려면 접목 직후 접수로부터의 과도한 증발산이 이루어지지 않도록 접목묘 주위의 환경을 조절하여야 한다. 본 연구에서는 인공광하에서 수박 접목묘의 활착과 증발산 특성에 미치는 물리적 환경요소의 영향을 정량적으로 구명하고자 접목묘의 증발산속도를 측정할 수 있는 계측 시스템을 구성하였으며, 접목묘의 증발산 특성에 미치는 상대습도와 광강도의 효과를 구명하였다. 김(2000)이 개발한 접목묘의 활착촉진 시스템 내에서 5일 동안 기온과 기류속도를 각각 23℃, 0.1m·s⁻¹로 제어한 가운데 상대습도 3수준(85%, 90%, 95%), 광합성유효광량자속 2수준(30μmol·m⁻²·s⁻¹, 50μmol

·m⁻²·s⁻¹)이 편엽삽접된 접목묘의 증발산속도와 활착에 미치는 효과를 구명한 결과, 상대습도의 영향이 광량에 비해서 높게 나타났다. 한편 활착 단계에서 접수의 배축길이에 미치는 물리적 환경의 영향은 상대습도에 비해서 광량에서 높게 나타났다. 결론적으로 인공광하에서 편엽삽접된 수박 접목묘의 활착을 촉진하면서 생존율을 높이고, 튼튼한 접목묘를 생산하기 위한 환경조건으로 90% 이상의 상대습도와 50μmol·m⁻²·s⁻¹의 광합성유효광량자속이 요구됨을 알 수 있다.

참고 문헌

1. Kim, Y. H. 2000. 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(3):213-220.
2. Kim, Y. H. and C. H. Lee. 1998. Light intensity and spectral characteristics of fluorescent lamps as artificial light source for close illumination in transplant production factory. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery 23(6):591-598.
3. Kim, Y. H., T. Kozai, C. Kubota and Y. Kitaya. 1996. Design of a wind tunnel for plug seedlings production under artificial lighting. Acta Horticulturae 440:153-158.
4. Oda, M. 1995. New grafting methods for fruit-bearing vegetables in Japan. JARQ 29: 187-194.
5. 渡部 一郎, 板木利隆. 1990. 電氣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.