

## Growth of Cucumber Plug Seedlings as Affected by Photoperiod and Photosynthetic Photon Flux<sup>+</sup>

Yong Hyeon Kim\* · Hyun Soo Park<sup>1</sup>

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

<sup>1</sup>Dept. of Agricultural Machinery Eng., Graduate School, Chonbuk National Univ., Jeonju, 561-756

### Abstract

A prototype of closed-type transplant production system(CTTPS) with fully environmental control was developed to produce massively quality transplants. Four photosynthetic photon flux(PPF) levels of 200, 300, 400 and 500  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , four photoperiod levels of 18/6 h, 12/12 h, 9/15 h and 6/18 h were provided to analyze the growth and development of cucumber plug seedlings(*Cucumis sativus* L., cv. Kyuewosalichungjang) as affected by PPF and photoperiod in a CTTPS. Effect of photoperiod on the growth and development of cucumber plug seedlings produced in a CTTPS was higher than PPF. Stem diameter, dry weight of shoot and root, number of leaves, leaf with and length, and SPAD value of cucumber plug seedlings produced in a CTTPS were significantly high as compared to the control. But stem length of plug seedlings produced in a CTTPS was shorter than those of the control. Growth characteristics of cucumber plug seedlings raised at photoperiod of 6/18 h and PPF of 200  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  were similar to the those of the control. These results suggest that cucumber quality transplant can be produced at relatively short photoperiod and low PPF. It means that the electric energy consumed for the production of cucumber plug seedlings in a CTTPS can be saved.

**Key words:** artificial lighting, quality transplant, closed-type transplant production system, environment control

\*Corresponding author

<sup>1</sup>본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2000-00391)지원으로 수행되었음.

## 서 론

최근 들어 육묘시설의 양적 증가와 육묘 기술 수준의 향상에 힘입어 플러그묘의 보급이 확대되고 있다. 더구나 육묘와 재배의 분업화가 진행되고, 고품질 묘의 안정된 수급에 대한 관심이 늘어나면서 육묘 산업에 대한 비중이 점차 증가하고 있다.

묘소질은 묘가 지녀야할 속성으로서 초장, 절간장, 엽색, 엽의 두께, 엽형, 괴근 형태 등은 묘의 외관과 관련된 묘소질에 해당하며, 광합성속도, 근활력, 엽록소 함량 등은 생리적 묘소질에 해당한다. 더구나 과채류 묘의 암꽃 착생율, 첫 번째 암꽃 착생절위 등은 수량에 직접적으로 영향을 미치는 묘소질에 해당한다. 묘소질이 우수한 묘, 즉 외관이 우수하며, 병충해에 오염되

지 않고, 생리·생태적 상태가 우수한 우량묘를 재배에 이용하면 정식 단계에서 활착 환경에 쉽게 적응하거나, 재배 과정에서 비료, 농약, 자재, 관리 노력 등을 적게 투입할지라도 수량이 증대되거나 품질 향상이 기대되므로 향후 우량묘에 대한 수요가 크게 증가할 것으로 예상된다. 그런데 묘소질은 묘생산 시스템 내의 기온, 상대습도, 광량, 기류속도, CO<sub>2</sub> 농도, 양분, 수분 등의 물리·화학적 환경 요인의 영향을 받게 된다(Kim과 Kozai, 1996). 따라서 우량묘를 생산하려면 육묘 과정에서 묘생산 시스템 내의 물리·화학적 환경 요인이 적정 수준으로 제어되어야 한다.

온실을 이용한 모든 육묘시설은 시스템 내부와 외부의 열, 공기, 물 등의 교환이 가능한 개방형 묘생산 시스템으로서, 육묘시설 내의 환경은 외부 기상 조건과

밀접한 관계를 이루며 변화하는 특성을 갖는다. 그런데 외부 기상은 수시로 변화하므로 개방형 묘생산 시스템 내의 기온, 상대습도, 광량, 기류속도, CO<sub>2</sub> 농도 등의 물리적 환경요인을 일정한 수준으로 제어하기가 쉽지 않다. 이 가운데 기온만을 예로 들면, 온실 내의 기온을 일정하게 유지하고자 할 때 여름철 또는 겨울철에 각각 냉방 또는 차광 장치, 가온 또는 장치가 요구된다. 그러므로 개방형 묘생산 시스템의 경우 온실 이외의 부대시설 설치에 따라 비용이 증가할 뿐만 아니라 묘생산 시스템내의 환경 요인을 적정 수준으로 제어하기가 곤란하여, 균일한 묘소질을 지닌 묘를 계획적으로 생산하는 것이 근본적으로 불가능하다. 예를 들면, 축성재배용으로 생산되는 청장계열의 오이는 정식시기를 고려하여 고온기에 육묘가 이루어진다. 그런데 고온기에 자연광 조건에서 육묘가 이루어질 때 도장하기 쉽고, 암꽃의 착생절위가 높아지며, 암꽃 착생율이 떨어지는 등 묘소질이 저하될 뿐만 아니라 정식 후 수량이 감소되는 문제점이 나타나고 있다(Kim 등, 2001).

외부 기상 변화에 상관없이 묘소질이 균일한 묘를 대량으로 생산하려면 자연광에 의존한 현재의 개방형 묘생산 방식 대신에 인공광을 이용한 공장적 생산 방식의 폐쇄형 묘생산 시스템이 개발되어야 한다. 인공광을 이용한 폐쇄형 묘생산 시스템에서 시스템의 경계에 해당하는 외벽은 자연광의 투과가 불가능한 단열재로 구성되어, 시스템 내부와 외부의 열, 공기, 물 등의 교환이 근본적으로 제한된다. 인공광형 묘생산 시스템에서 묘를 생산하는 목적은 최소의 자원과 에너지를 투입하되 제어된 환경 하에서 양질의 묘를 생산하고, 묘의 정식 후 재배기간 동안 인위적인 에너지와 자원의 사용량을 경감하고 수량을 증대시키는 데 있다(Kozai et al., 2000). 그러므로 균일한 양질묘를 대량으로 생산할 수 있는 인공광형 묘생산 시스템에서 에너지 절감, 자원 절감 및 생력화 방안이 제시된다면 폐쇄형 묘생산 시스템은 육묘산업의 발전에 크게 기여할 것이다.

본 연구의 목적은 오이 플러그묘를 대상으로 하여 폐쇄형 묘생산 시스템의 개발 가능성을 탐색하는 데 있다. 구체적으로 묘소질이 우수한 청장계열의 오이 플러그묘를 생산하는 데 필요한 적정 광환경 조건을 확립하고자, 즉 플러그묘의 생장에 미치는 광량과 광주기의 영향을 구명하기 위해서 본 연구가 시도되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시 품종 및 실험 조건

본 실험에 사용된 오이 품종은 축성재배용으로서 저온 신장성이 강한 ‘겨우살이청장’(홍농종묘)이다. 육묘 용기로서 50공 플러그 트레이(범농)를 사용하였고, 배지로서 피트모스, 펠라이트 및 버미큘라이트가 적합하게 조성된 혼합배지(BM2, Berger Co.)를 사용하였다. 발아실에서 발아된 오이 육묘는 인공광형 묘생산 시스템으로 옮겨 22일간 육묘 되었다. 실험 기간동안 양액은 육묘전용의 복합비료(한방 A, B제; 코셀)로서 조성하여 저면관수에 의해서 공급하였다. 조성된 양액의 전기전도도와 pH는 각각 1.2~1.4 mS·cm<sup>-1</sup>, 6.5로 나타났다.

인공광하에서 묘소질에 미치는 광량과 광주기의 영향을 구명하고자 플러그 트레이 표면을 기준으로 광합성유효광량자속 4수준(200, 300, 400, 500 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>), 광주기 4수준(18/6 h, 12/12 h, 9/15 h, 6/18 h)을 설정하였다. 기온은 명기와 암기에 각각 25°C, 15°C로 조절하였으며, 상대습도는 일정하게 70%로 조절하였다. 광원으로 근접조명이 가능한 3파장 형광등(DULUXL55W/21-840, OSRAM)을 사용하였다(Kim과 Lee, 1999). 대조구로서 전북 고창군 대산 육묘장에서 2000년 10월 11일~11월 3일까지 23일간 육묘된 오이 플러그묘를 사용하였다. 이 기간의 일장은 10~11 h·d<sup>-1</sup>이며, 9~17시 사이에 온실내의 평균광합성유효광량자속은 410±170 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>로 나타났다.

### 2. 생장조사

공시품종의 파종 후 13일째에 1차 생장조사를 실시하였고, 그 후 5일 간격으로 2차, 3차 생장조사를 실시하였다. 생장조사는 지상부(배축직경, 배축길이, 엽수, 엽폭, 엽길이, 엽면적, 생체중, 건물중, 엽록소함량, 광합성속도)와 지하부(생체중, 건물중)로 나누어 실시하되, 각 처리 당을 임의로 5주씩 측정하였다.

## 결과 및 고찰

본 연구에 사용된 오이 플러그묘의 10일째 생장 특성이 Fig. 1에 실려 있다. 배축길이를 제외하면 인공광하에서 육묘된 처리구의 생장 특성이 대조구에 비해

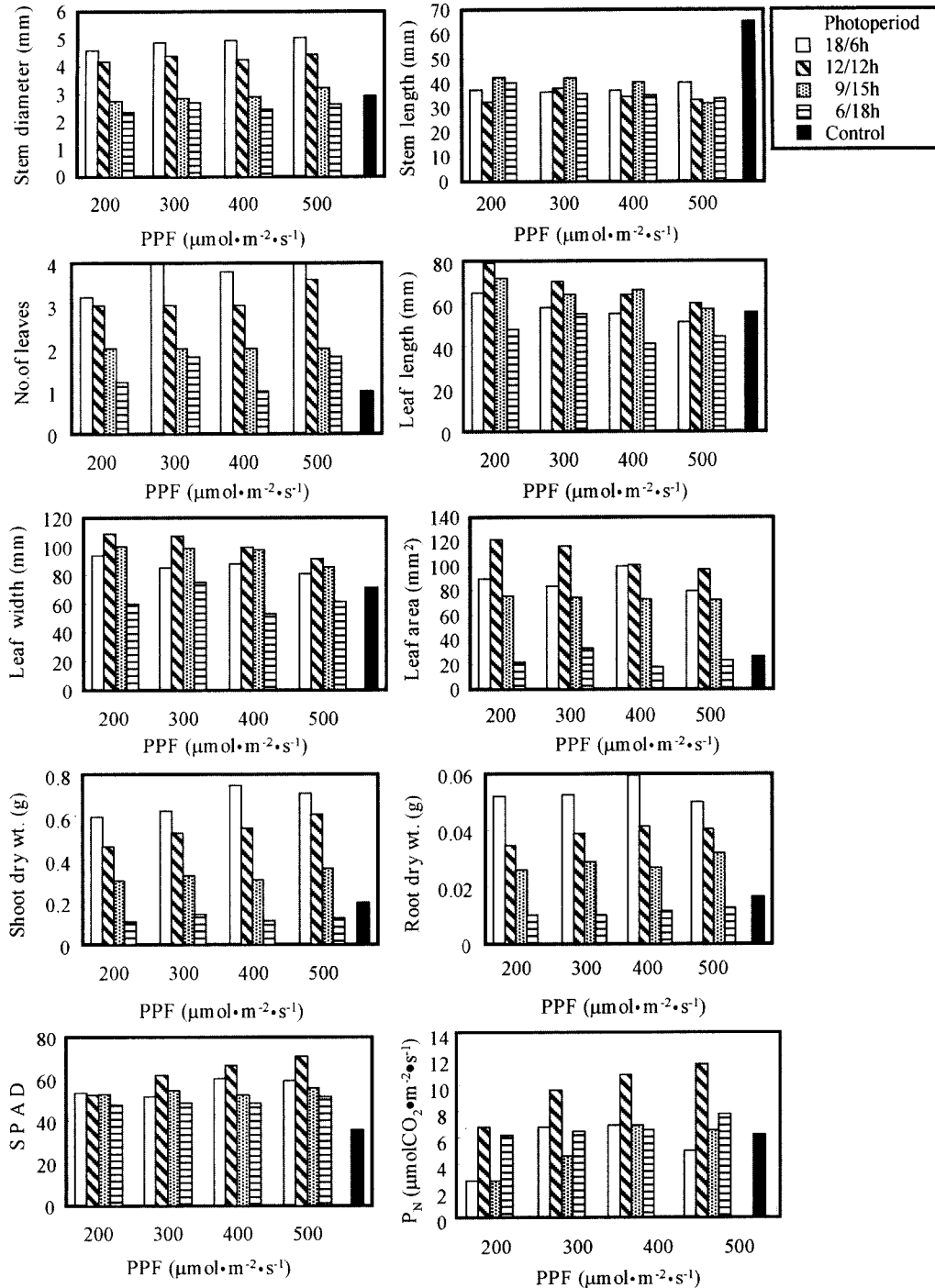


Fig. 1. Effects of photosynthetic photon flux(PPF) and photoperiod on the growth of cucumber plug seedlings.

서 대부분 높게 나타났다. 배축직경은 명기가 길수록 크게 나타난 가운데 18/6h에서 가장 높게 나타났다.

광주기가 상대적으로 가장 작은 6/18h의 처리구와 자연광에서 육묘된 대조구에서의 배축직경을 비교할 때

오이 플러그묘의 생장에 미치는 광주기와 광합성유효광량지속의 영향

자연광에서 육묘된 것이 다소 크게 나타났다.

인공광하에서 육묘된 플러그묘의 배축은 과도하지 않게 신장되었으나, 대조구에서는 배축이 지나치게 신장되어 처리구에 비해서 매우 높게 나타났다. 인공광 조건에서 육묘된 묘의 배축길이에 미치는 광주기의 영향은 광합성유효광량지속에 비해서 높게 나타났다. 이러한 결과는 인공광하에서 광주기를 이용할 경우 플러그묘의 배축 신장 조절이 효과적임을 암시하는 것이다.

엽수는 인공광하에서 명기가 길수록, 광량이 클수록 많게 나타났다. 엽장과 엽폭에 미치는 광량의 효과가 분명하게 나타난 가운데 광량이 작을수록 크게 나타났다. 명기가 길수록 엽장과 엽폭이 커지는 경향을 나타낸 가운데 12/12 h에서 가장 크게 나타났다. 명기가 길고, 광량이 작을수록 오이 플러그묘의 잎이 광폭화되어, 잎의 형태 조절에 광주기와 광량 처리가 유효함을 알 수 있다. 상기 결과로 인하여 엽면적은 광량이 작을수록 증가하는 가운데, 12/12 h의 광주기에서 가장 크게 나타났다.

지상부와 지하부의 건물중은 명기가 길수록 높게 나타난 가운데,  $400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광합성유효광량속에서 가장 크게 나타났다. 대조구의 지상부와 지하부 건물중은 6/18 h의 광주기를 제외한 나머지 처리구에 비해서 낮게 나타났다.

엽록소함량의 비파괴적 측정의 척도로 사용된 SPAD 값은 광량이 증가할수록 높게 나타났으며, 12/12 h의 광주기 처리구에서 가장 높게 나타났다. 대조구의 엽색은 처리구에 비해서 분명한 차이를 느낄 만큼 연하게

나타난 가운데 모든 처리구에 비해서 SPAD 값이 작게 나타났다. 광합성속도는 광량이 커질수록 높게 나타난 가운데 12/12 h의 처리구에서 가장 높게 나타났다.

광주기와 광합성유효광량지속이 오이의 육묘 특성에 미치는 효과에 대한 SAS의 Duncan 다중검정 결과가 Table 1에 실려 있다. Table 1로부터 오이묘의 생장에 미치는 광주기의 효과는 모든 항목에서 고도의 유의성이 인정됨을 알 수 있다.

광량의 처리 효과는 배축직경, 엽수, 엽장, 엽폭, 지상부 건물중, 엽록소함량(SPAD), 광합성속도에서 1% 수준에서 유의성이 인정되었고, 배축길이를 제외한 엽면적과 지하부 건물중은 5% 수준에서 유의성이 인정되었다.

상기의 내용들을 종합해보면 인공광하에서 육묘된 청장계 오이 플러그묘의 생장에 미치는 광주기의 영향이 광합성유효광량지속보다 더 크다는 것을 알 수 있다. 광합성유효광량지속이 상대적으로 낮은  $200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 에서 오이묘의 성장 특성은 대조구의 경우와 비슷하거나 다소 높게 나타났다. 그러므로 인공광하에서 오이 플러그묘를 생산할 때 적정 광합성유효광량속으로  $200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  정도를 확보하면 충분할 것으로 판단된다. 한편, 자연광 조건에서 육묘된 대조구의 성장 특성은 6/18 h의 광주기 처리에 비해서는 다소 높게 나타났으나, 9/15 h의 경우에 비해서는 낮게 나타났다. 오이가 단일식물의 특성을 지니고 있음을 고려할 때 상기 결과는 명기가 짧은 조건에서 청장계 오이 플러그묘의 생산이 가능함과 아울러 인공광을 이

Table 1. Result of statistical analysis for the growth of cucumber plug seedlings.

Class	Stem dia. (mm)	Stem length (mm)	No. of leaves	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)
PPF	**	N.S.	**	**	**
Photoperiod	**z	**	**	**	**
PPF Photoperiod	N.S. <sup>y</sup>	N.S.	**	**	**

<sup>z</sup>significant at the level of 1%

<sup>y</sup>not significant

Table 1(Continued). Result of statistical analysis for the growth of cucumber plug seedlings.

Class	Leaf area (mm <sup>2</sup> )	Shoot dry wt. (g)	Root dry wt. (g)	SPAD	P <sub>N</sub> ( $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )
PPF	**z	**	*	**	**
Photoperiod	**y	**	**	**	**
PPF Photoperiod	**	**	*	**	**

<sup>z</sup>significant at the level of 5%

<sup>y</sup>significant at the level of 1%

용한 묘생산 시스템에서 조명에 투입되는 전기에너지를 절감시킬 수 있음을 시사하는 것이다. 인공광하에서 식물묘를 생산할 경우 소비전력의 60~70%가 조명기구에 소요됨을 고려할 때(Ohyama와 Kozai, 1998), 상기 결과는 인공광형 묘생산 시스템을 이용한 오이 플러그묘의 생산에서 소비전력의 절감 방안에 해당하는 것으로서, 폐쇄형 묘생산 시스템의 실용화 가능성을 높여주는 결과로 판단된다.

### Literature cited

1. 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 (in Korean).
2. Kim, Y.H., H.S. Park, J.W. Lee and Y.M. Yu. 2001. Growth and first female flower setting node of cucumber as affected by photoperiod and photosynthetic photon flux. Horticultural Science & Technology Vol. 19 Supplement I:37 (in Korean).
3. Kim, Y.H. and T. Kozai. 1996. Effects of air current speed on the microclimates of the plug stand under artificial lighting. J. Bio. Fac. Env. 5(2):160-166 (in Korean).
4. Kozai, T., C. Kubota, C. Chun, F. Afreen and K. Ohyama. 2000. Necessity and concept of the closed transplant production system. In; C. Kubota and C. Chun (eds.) Transplant Production in the 21st Century edited by Kluwer Academic Publishers. pp.3-19.
5. Ohyama, K. and T. Kozai. 1998. Estimating electric energy consumption and its cost in a transplant production factory with artificial lighting: A case study. SHITA 10(2):96-107 (in Japanese).

## 오이 플러그묘의 생장에 미치는 광주기와 광합성유효광량자속의 영향\*

김용현\* · 박현수<sup>1</sup>

전북대학교 농과대학 생물자원시스템공학부 (농업과학기술연구소)

<sup>1</sup>전북대학교 대학원 농업기계공학과

### 적 요

플러그묘를 대량으로 생산할 수 있는 폐쇄형 묘생산 시스템을 개발하고자 본 연구가 수행되었다. 또한 묘소질이 우수한 청장계 오이 플러그묘를 생산하는 데 필요한 적정 광환경 조건을 확립하고자 오이묘의 생장에 미치는 4수준의 광주기(18/6 h, 12/12 h, 9/15 h, 6/18 h)와 4수준의 광합성유효광량자속(200, 300, 400, 500  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )의 영향을 구명하였다. 인공광하에서 오이 플러그묘의 생장에 미치는 광주기의 영향은 광합성유효광량자속에 비해서 더 크게 나타났다. 폐쇄형 묘생산 시스템에서 생산된 오이묘의 줄기 직경, 지상부와 지하부 건물중, 엽수, 엽폭, 엽장 및 엽록소함량은 대조구에 비해서 유의성이 높게 나타났다. 한편 배축은 대조구에 비해서 유의성이 인정될 만큼 짧게 나타났다. 6/18 h의 광주기와 200  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광합성유효광량자속에서 생산된 오이묘의 성장 특성은 자연광하에서 육묘된 경우와 유사하게 나타났다. 단일 식물인 오이의 특성을 고려할 때 상기 결과는 짧은 명기와 낮은 광량에서 묘소질이 균일한 청장계 오이 플러그묘의 생산이 가능함을 의미하는 것이다. 인공광하에서 식물묘를 생산할 경우 소비전력의 60~70%가 조명기구에 소요됨을 고려할 때 이러한 결과는 인공광형 묘생산 시스템을 이용한 오이 플러그묘의 생산에서 소비전력의 절감 방안에 해당하는 것이다.

**주제어** : 인공광, 우량묘, 폐쇄형 묘생산 시스템, 환경제어