

인공광 이용 식물공장형 육묘시스템의 환경 프로파일 및 오이 생장 평가

안세웅¹ · 이혜진² · 심하선² · 안수란² · 김성태³ · 김성겸^{4*}

¹국립원예특작과학원 채소과 농업연구사, ²경북대학교 대학원 원예과학과 대학원생,

³한국과기산업 대표이사, ⁴경북대학교 원예과학과 교수

Profiles of Environmental Parameters in a Plant Factory with Artificial Lighting and Evaluation on Growth of Cucumber Seedlings

Sewoong An¹, Hye Jin Lee², Ha Seon Sim², Su Ran Ahn², Sung Tae Kim³, and Sung Kyeom Kim^{4*}

¹Research Scientist, Vegetable Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, 100, Nongsaeangmyeong-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do 55365, Korea

²Graduate Student, Department of Horticultural Science, Graduate School of Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

³President, GAOOZ, Gosaek-dong 936, Gwonseon-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do 16643, Korea

⁴Professor, Department of Horticultural Science, College of Agricultural & Life Science, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

Abstract. Due to the climate change such as high temperature in summer and low sunlight in winter, vegetable seedling growers have been facing difficulties to produce uniform seedlings in all four seasons. A plant factory with an artificial lighting (PFAL) would be considered as an effective alternative tool in that it can control environment conditions and produce uniform seedlings without outside weather conditions. Therefore, this study investigated changes of environment parameters, such as light uniformity, temperature and the relative humidity and uniformity of seedlings cultivated in a PFAL to evaluate plant factory transplant production system with an artificial lighting. Cucumber seedlings were grown in a PFAL at the light intensity $250 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, the photoperiod 16/8h, the temperature 25/20°C and the relative humidity 70/85%. In the light intensity uniformity, as closer to the light source from 255 to 105mm, the amount of light increased by 11 and 23%, respectively, but the standard deviation increased by 1.8 times. For the temperature and the relative humidity by four different height positions (615, 980, 1,345, 1,710 mm distance from the floor), temperature did not show much difference at each location, 24.7/19.5, 24.6/19.5, 24.7/19.4 and 24.7/19.6°C, respectively. Also, the relative did not differ by locations (71/84%). Additionally, cucumber seedling characteristics of plant height, leaf area, fresh weight and dry weight of cucumber seedlings 8 days after sowing showed highly uniform quality, 4.1 ± 0.1 cm, 24.1 ± 3.7 cm², 0.7 ± 0.13 g and 0.05 ± 0.008 g, respectively. Considering the results of environment parameter profiling and cucumber seedling uniformity, vegetable seedling production in a PFAL can be a promise tool in the era of climate change.

Additional key words : PPFD, scion, sturdy transplants, plug tray

서 론

우리나라의 현대화된 공정육묘는 1990년대 초반 주년 생산을 위한 시설 원예의 발전과 더불어 연중 안정적인 모종 공급에 대한 필요성과 수요가 증가하여 도입되었으며(Lee 등, 2013), 전국적으로 300여 전문 육묘장과 195 ha의 육묘 면적으로 2,420억 원의 시장 규모를 보이고 있다(Park 등, 2014). 과거 30여 년간 산업적 규모뿐만 아니라, 파종기, 플러그 트레

이, 육묘용 상토, 접목 로봇, 접목 방법, 시비 및 환경관리, 인공광 이용 접목 활착 등 기술적으로도 눈부신 발전을 이루어 연중 안정적인 우량모 생산을 위한 육묘 기술이 확립되었다(Lee 등, 2010; Lee 등, 2013). 그러나 최근 들어 기후변화로 인하여 여름철 고온 및 겨울철 저일조 등의 이상 기상이 잦은 빈도로 발생하고 있어 사계절 균일한 규격의 채소 공정묘를 생산하는데 어려움이 증가하고 있다.

기후변화 시대에 안정적으로 원예작물을 생산할 수 있는 새로운 기술로 인공광을 이용하는 식물공장 기술이 긍정적으로 고려되고 있다(Kozai와 Niu, 2020). 인공광 식물공장 기술은 사계절 외부 기상의 영향을 받지 않고 광, 온도, 이산화탄소 등

*Corresponding author: skkim76@knu.ac.kr

Received April 14, 2021; Revised April 20, 2021;

Accepted April 20, 2021

의 환경 조건을 인위적으로 균일하게 조절할 수 있어, 전세계적으로 모종, 엽채류, 허브, 약용 작물 및 분화 등 다양한 원예 작물 생산에 적용하여 상업적으로 운영되고 있다(Dou 등, 2017; Jang 등, 2011; Kozai 등, 2016; Zobayed 등, 2005).

이러한 인공광 이용 식물공장의 장점을 이용하여 연중 외부 기상의 영향을 받지 않고 균일한 모종을 생산하기 위해 인공광 이용 식물공장형 육묘시스템의 도입이 검토되고 있다. 국내 육묘 현장에 인공광 이용 식물공장형 육묘시스템을 적용하기 위해서는 식물공장형 육묘시스템 내의 안정적인 환경 유지와 모종의 균일도 등의 평가가 우선적으로 이루어져야 한다. 따라서, 본 연구에서는 인공광 이용 식물공장형 육묘시스템 내에서 오이 모종을 생산하면서 광, 온도 및 습도 환경 프로파일링과 오이 모종 균일도를 조사하였다.

재료 및 방법

1. 식물공장형 육묘시스템 제원

외부 기상 환경에 영향을 받지 않기 위해서 식물공장형 육묘시스템의 외부는 우레탄폼의 단열재(70mm)로 13.5m²(가로×세로: 4.5×3m)의 면적에 높이가 3m인 직육면체로 내부는 육묘 모듈, 공조시스템, 양액 공급 시스템 및 환경제어 프로그

램이 구성되었다(Fig. 1). 식물공장형 육묘시스템 내부에는 육묘 모듈이 총 6기 배치되었다. 각 육묘 모듈(가로×세로×높이: 1,408×650×1950mm)에는 28W 화이트 LEDs(Light emitting diodes)가(Future Green Co., Ltd., Korea) 벽면에서 60-60-215-65-65mm 간격으로 총 6개 배열되었다. 그리고 모종 생산을 위한 육묘상은 자체 개발한 스티로폼 베드(가로×세로×두께: 1,230×800×20mm)를 이용하였으며, 식물공장형 육묘시스템의 공조시스템은 유니트 쿨러가 중앙 상부 벽면에 설치되었다. 식물공장형 육묘시스템의 온도, 습도, 광, 관수 등 환경 제어를 위해서는 PLC 기반의 제어프로그램으로 시스템 내부의 기온, 상대습도, 광량 및 일장을 조절할 수 있도록 설계하였다.

2. 식물공장형 육묘시스템의 환경프로파일 방법

식물공장형 육묘시스템의 환경은 주/야기온은 25/20°C 및 상대습도는 70/85%로 설정하였다. 그리고 광 환경은 재배상(광원으로부터 수직방향으로 거리 255mm 이격)에서 광량이 250μmol·m⁻²·s⁻¹으로 설정하였고, 일장은 16h으로 제어하였다. 식물공장형 육묘시스템 내부의 환경 유지 안정성을 위한 프로파일링은 광질, 광량, 온도 및 습도 항목을 조사하였다(Fig. 2). 육묘상에서의 광질은 분광분석계(LI-180, LI-COR

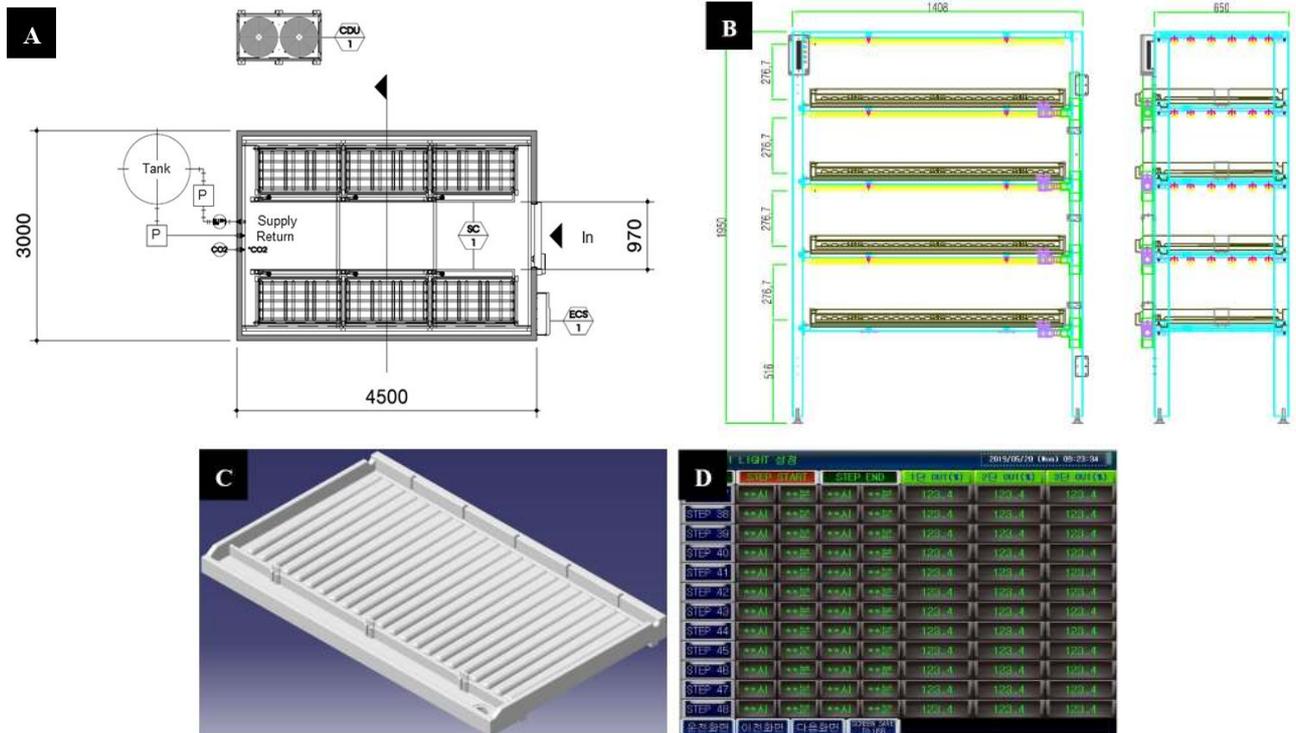


Fig. 1. The plant factory transplant production system with an artificial lightings (LEDs). A; Lay of a plant factory transplant production system, B; Seedling production module, C; Styrofoam bed of seedling production, D; Environment control program.



Fig. 2. Profiling of environment parameters and cucumber seedlings cultivated in a plant factory transplant production system with an artificial lighting.

Co., Inc., USA)을 이용하여 380-780nm 파장영역에서 1nm 단위별로 광합성유효광량자속(PPFD: Photosynthetic photon flux density)을 측정하였다. 광량은 광도계(LI-250, LI-COR Co., Inc., USA)를 이용하여 광원으로부터 수직방향 255, 205 및 105mm에서 육묘 모듈 재배상의 수평으로 총 45점(가로×세로: 150×150mm 간격)을 측정하여 프로파일 하였다. 기온 및 상대습도는 고분자박막 임피던스식 계측기(HoBo U23 Pro v2, ONSET, USA)를 지면으로부터 615(bottom), 980(low), 1,345(middle) 및 1,710(high)mm 높이의 육묘실 내부에 각각 1개의 센서를 배치하여 측정하였다.

3. 식물공장형 육묘시스템에서 오이 성장 검증

접수 생산을 위하여 오이 ‘조은백다다기’ (Farm Hannong Co. Ltd., Korea) 를 162공 셀 트레이(2.5×2.5cm, 15mL/셀)에 육묘용 상토(Bio Plug, Farm Hannong Co. Ltd., Korea)를 충전한 후 파종하였다. 파종 후 발아실로 옮겨져 기온 28°C 그리고 상대습도 90% 조건에서 1.5일 발아시켰다. 발아 후 식물 공장형 육묘시스템으로 옮겨져 환경프로파일을 수행하던 조건(기온 25/20°C, 상대습도 70/85%, 광량 150μmol·m⁻²·s⁻¹,

일장16/8h)에서 8일간 육묘하였다. 육묘시 한국원시 1배액으로(EC 1.4 dS/m 및 pH 5.8) 1회 지면 관수 하였다. 오이의 성장 조사는 초장, 엽수, 엽면적, 생체중 및 건물중을 조사하였다. 초장은 지체부로부터 성장점까지의 거리를 측정하였고, 엽면적은 엽면적측정기(LI-3100c, LI-COR Co., Inc., USA)을 이용하였다. 그리고 각 오이 모종 개체별로 생체중을 측정 한 후 85°C에서 3일간 건조한 후 건물중을 측정하였다.

4. 통계 분석

난괴법 4반복으로 트레이에서 임의로 각 5주의 오이 성장 데이터를 SAS 프로그램(Statistical analysis system ver.9.4, USA)을 이용하여 산술 통계 값들을 구하였고, 모종의 균일성을 판단하기 위하여 오이 초장의 변이 계수 값을 구하였다.

결과 및 고찰

1. 식물공장형 육묘시스템의 환경프로파일

육묘 모듈에 설치된 LEDs 광원의 광질을 분석하였다 (Table 1). LEDs 특성상 UV는 0.2μmol·m⁻²·s⁻¹로 미미하였고, 광합성유효광량자속은 전체 광량 대비 88%를 차지하였다. 그리고 청색, 녹색 및 적색의 광량은 각각 27.2, 68.6 및 82.1μmol·m⁻²·s⁻¹였다. 또한, 적색과 근적색광의 비율은 3.6였다. LEDs의 PPFD를 250μmol·m⁻²·s⁻¹으로 설정하여 광질 분석을 한 결과 전체 광량은 222.8μmol·m⁻²·s⁻¹로 설정한 값보다는 다소 낮았다. 태양광과의 광질을 비교하면 LEDs 광원의 UV는 현저하게 작았으나, 전체 광량 대비 PPFD 파장 영역대의 비율은 태양광보다는 LEDs가 약 10%정도 상대적으로 높았다. 그리고 LEDs의 적색광/근적색광 비율은 태양광(1.6)과 비교하였을 때보다 3.6으로 약 2배 높았다(Fig. 3). 식물공장형육묘시스템에 채택된 LEDs의 광질을 종합적으로 판단하였을 때, 모종 생산에 있어 배축의 신장 억제가 가능할 것으로 판단되며, 광합성에 유효한 파장대 영역에서 효율이 높아 모종 성장 속도를 증가시킬 것으로 기대된다(Demotes-Mainard 등, 2016).

LEDs의 광량을 250μmol·m⁻²·s⁻¹ PPFD로 설정하고, 광원

Table 1. The characteristics of LEDs light quality by light intensity (μmol·m⁻²·s⁻¹).

Light sources	UV (380-400 nm)	PPFD (400-700 nm)	Blue (400-500 nm)	Green (400-600 nm)	Red (620-700 nm)	Far-red (700-750 nm)	R/Fr	Total (380-780 nm)
LEDs ^z	0.2	195.5	27.2	68.6	82.1	22.7	3.6	222.8
Sun light ^y	11.8	597.8	160.9	216.5	179.8	111.0	1.6	779.0

^zLEDs light intensity set at 250 μmol·m⁻²·s⁻¹ PPFD.

^yThe spectrum of sun light was measured under a Venlo type greenhouse at noon in spring time.

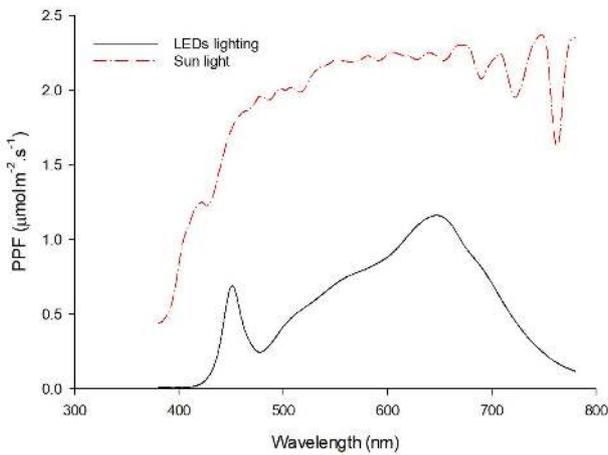


Fig. 3. Comparison of LEDs light and sun light spectrums. The spectrum of sun light was measured under a Venlo type greenhouse at noon in spring time.

으로부터 거리가 255 및 205mm인 지점에서 수평적으로 광량을 프로파일 하였다(Fig. 4A와 B). 광량의 평균, 표준편차, 최댓값 및 최솟값이 각각 167.2/183.1, 35.7/34.8, 216.0/235.4 및 95.2/101.2 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPFD였다. 육묘 모듈에 설정한 광량보다는 약 10 및 15%정도 높게 측정되었으나 변이계수가 20%로 균일한 수평적 광량 프로파일을 얻을 수 있었다. 최댓값과 최솟값의 차이가 약 120.0 및 134.2 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPFD 였으나, 육묘 재배상에서 사각 지점에서 상대적으로 매우 낮은 광량이었기 때문이다. 이는 재배상의 사각부위에서부터 일정 간격(약 5cm 정도)을 이격 하여 모종의 트레이를 배치하면 균일한 수평적 광량 분포 하에서 모종을 생산할 수 있을 것이다. 광원으로부터 거리가 매우 가까운 지점인 105mm인 지점에서 수평적으로 광량을 프로파일 하였다(Fig. 4C). 광량의 평균, 표준편차, 최댓값 및 최솟값이 각각 205.0, 65.1, 303.6

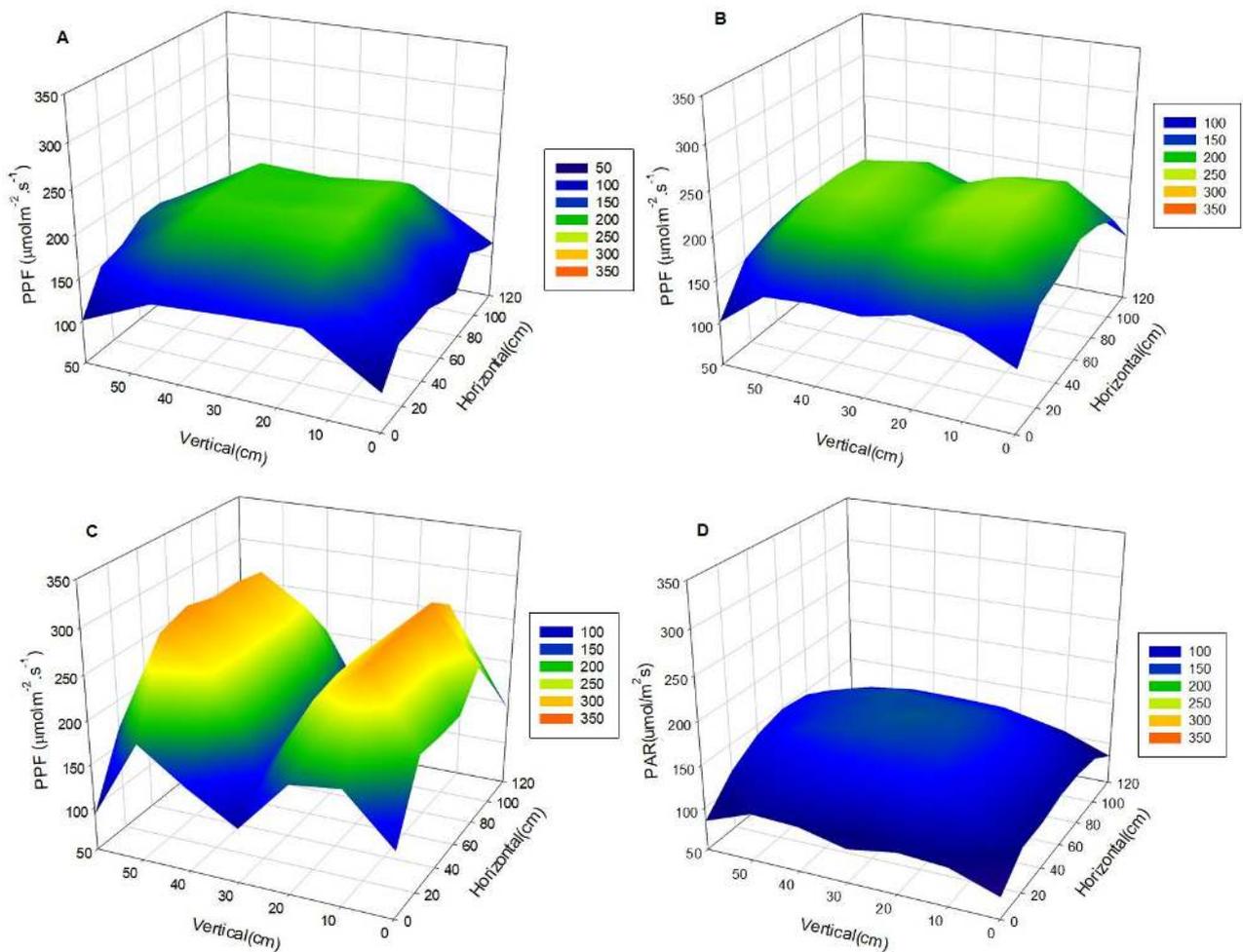


Fig. 4. Profiles of light intensity ($250 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) according to distance from light source at the transplant modules. A; 255 mm, B; 205 mm, C; 105 mm, D; Reflected light.

및 $91.6 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ PPFD였다. 비록 평균 광량은 설정한 값보다 23% 증가하였으나, 표준 편차가 광원으로부터 거리가 먼 곳(255 및 205mm)에서 측정된 값보다 1.8배 증가하였다. 그리고 변이 계수도 약 32%로 증가하였다. 이는 LEDs는 빛의 직진성이 강하고 배광 각도(120°)가 좁기 때문에(Mitchell 등, 2015) 광원의 배열에서 수직적으로 LEDs가 비어 있는 공간에서 상대적으로 광량이 매우 낮아져서 그 차이가 $212 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 약 3.3배의 차이가 났다. 그리고 광원으로부터

거리가 255mm 지점에서 반사 광량을 측정하여 수평적으로 프로파일하였다(Fig. 4D). 광량의 평균, 표준편차, 최댓값 및 최솟값이 각각 130.5, 27.6, 172.0 및 $75.3 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ PPFD였다. 반사 광량의 표준편차가 가장 낮았고 최대 광량과 최소 광량의 차이도 $96.7 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ PPFD로 가장 낮았다.

육묘 모듈의 수직 위치(바닥으로부터)에 따른 주/야 평균기온은 각각 24.7/19.5, 24.7/19.4, 24.8/19.3 및 24.9/19.4°C였다(Fig. 5A). 식물공장형 육묘시스템 주/야간 기온 설정한 값과 매우 유사하게 잘 제어되었다. 육묘 모듈의 높이에 의한 기온의 차이는 없었으며, 각 육묘 모듈의 층위 별 주간/야간의 온도 편차는 0.1°C로 매우 균일하였다. 이는 식물공장형 육묘시스템의 천장형 유니트쿨러의 연속적인 작동으로 층위별 공기 유동을 시켜 강제 대류현상으로 기온 분포를 육묘모듈별로 균일하게 할 수 있었다. 그러나 야간에는 기온을 하강시키는 시간(랙타임)이 있어 시간대별 기온 편차는 0.7°C였다. 육묘 모듈의 바닥으로부터 수직 위치에 따른 주/야 상대습도 각각 71.0/83.3, 70.6/83.5, 71.3/85.2 및 71.5/85.2%였다(Fig. 5B). 식물공장형 육묘시스템 주/야간 기온 설정한 값과 매우 유사하게 잘 제어되었다. 상대습도 또한 주간에는 육묘 모듈 층위별로 0.4% 미만의 표준편차로 매우 수직 공간 내에서 균일하게 제어되었다.

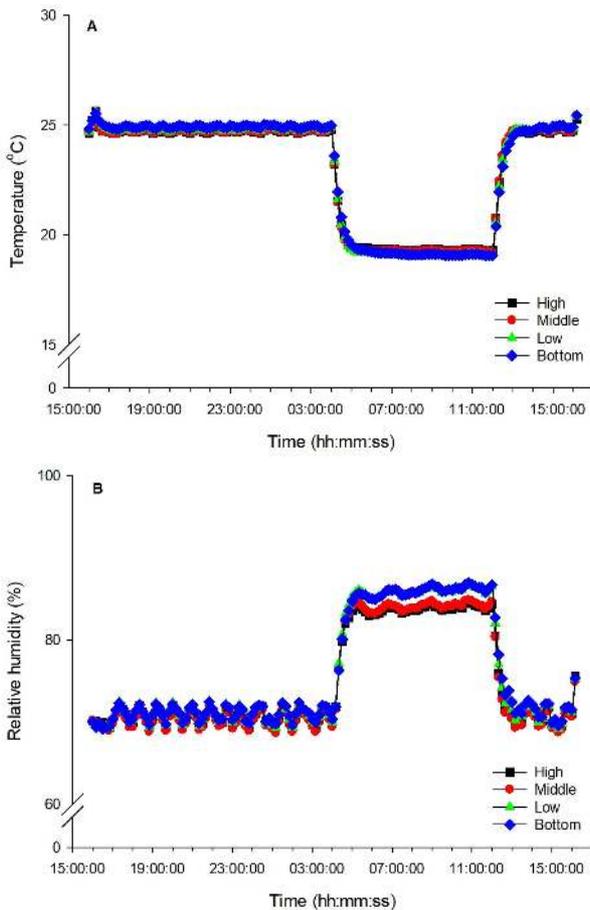


Fig. 5. Changes in air temperature (A) and relative humidity (B) as a vertical position in terms of bottom (615 mm distance from base line), low (980 mm), middle (1,345 mm), and high (1,710 mm).

2. 식물공장형 육묘시스템에서 오이 접수 성장 실증

파종 8일 후 오이 모종의 엽수와 엽면적의 평균 및 표준편차는 각각 $2.7 \pm 0.49/\text{plant}$ 및 $24.9 \pm 2.97 \text{cm}^2/\text{plant}$ 였다(Table 2). 그리고 두개의 성장 변수의 변이 계수가 각각 10 및 12%로 일정공간안에서 관행으로 육묘하였을 때 보다도 균일한 오이 접수를 생산하였다고 판단된다. 인공광으로 육묘하였을 때 문제가 될 수 있는 성장 변수 중에 하나인 초장은 $3.7 \pm 0.38 \text{cm}/\text{plant}$ 로, 오이 접수를 조절하기에 매우 알맞은 크기였다. 겨울철 또는 여름철에 오이 접수 생산에서 초장은 접수 조제 부위를 결정하는 주요한 변수이기 때문에 균일하면서 규격(초장 3.5-4.0cm)이 맞는 것을 생산하는 것이 중요하다. 본인공광 이용 식물공장형 육묘시스템에서 생산된 접수의 건물중은 $0.1 \pm 0.01 \text{g}/\text{plant}$ 로 관행 대비 짧은 육묘 기간에도 불구하고

Table 2. Growth of cucumber seedlings at the 8 days after sowing (n=20).

Statistical value	Number of leaves (/plant)	Plant height (cm/plant)	Leaf area (cm^2/plant)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
Mean \pm SD ^z	2.7 ± 0.49	3.7 ± 0.38	24.9 ± 2.97	0.7 ± 0.11	0.1 ± 0.01
CV ^y (%)	10	18	12	16	25

^zSD: standard deviation.

^yCV: coefficient of variation.

고 건물생산량이 높았으며, 파종 8일 후 오이 접수의 생체중 기준 비엽중은 $35.6\text{cm}^2/\text{g}$ 로 보통 접목묘 생산 시기(파종 후 45일)에 비해 3배정도 높았다.

인공광 이용 식물공장형 육묘시스템을 이용하여 토마토, 고추, 오이, 수박 등의 접수 및 대목 생산을 위한 적합한 광질, 광량, 광주기, 온도 및 관수량 등 환경 조건 구명 선행 연구에서도 인공광 이용 식물공장형 육묘시스템을 이용한 과채류 접수 및 대목 생산의 가능성을 긍정적으로 검토 하였다(An 등, 2020; Hwang 등 2019; Hwang 등 2020). 본 연구를 통해 오이 접수 생산에 대한 가능성을 실증해본 결과 현장에서 접목묘 생산을 위한 접수 조제 시 인공광 이용 식물공장형 육묘시스템에서 생산하여도 문제가 없을 것으로 판단되었다. 또한, An 등 (2017)에 따르면 일반적으로 유리 온실 또는 비닐하우스에서 관행적으로 생산 되는 오이 접수의 육묘 일수는 계절에 따라 파종 후 9일(여름)에서 14일(겨울)이 소요된다. 인공광 이용 식물공장형 육묘시스템을 이용한 오이 접수 육묘 일수는 연중 파종 후 9.5일로 육묘 일수를 단축하고 안정적으로 생산할 수 있을 것으로 사료되었다.

결 론

광량은 광원으로부터 거리가 가까워질 수록 각 11, 23% 증가하였으나 표준 편차가 1.8배 증가하였고, 적색광/근적색광의 비율은 3.7이었다. 육묘 모듈의 수직 위치 별 주/야 기온은 각각 $24.7/19.5$, $24.6/19.5$, $24.7/19.4$ 및 $24.7/19.6^\circ\text{C}$ 로서, 모듈의 높이에 의한 기온의 차이는 없었으며, 상대습도 또한 1% 미만의 표준편차로 매우 정밀하게 제어되었다. 파종 8일 후 오이 모종의 초장, 엽면적, 생체중 및 건물중은 각각 $4.1 \pm 0.1\text{cm}$, $24.1 \pm 3.7\text{cm}^2$, $0.7 \pm 0.13\text{g}$ 및 $0.05 \pm 0.008\text{g}$ 이었으며, 초장의 변이 계수가 약 2.4%이하로 매우 균일한 오이 모종을 생산하였다. 모종 생산에 영향을 미치는 환경요인들이 매우 정밀하며 균일한 제어가 가능하였으며, 본 인공광 이용 식물공장형 육묘시스템을 이용한다면 연중 균일한 우량 접목묘 생산을 위한 접수·대목을 육묘 할 수 있을 것으로 기대된다.

적 요

기후변화로 인하여 이상 기상이 잦은 빈도로 발생하고 있어 사계절 균일한 규격의 채소 접목묘를 생산하기 위한 새로운 시스템이 필요하다. 인공광 이용 식물공장형 육묘시스템은 사계절 외부 기상의 영향을 받지 않고 균일한 모종을 생산할 수 있어 공정육묘장에서 도입을 검토하고 있다. 인공광 이용 식물공장형 육묘시스템의 환경 프로파일을 위하여 광량(수직

분포; 광원으로부터의 거리 255, 205 및 105mm, 수평 분포; $150 \times 150\text{mm}$ 간격으로 총 45점), 광질, 기온 및 상대습도(수직 분포; 지면으로부터 615, 980, 1,345 및 1,710mm, 총 12개 지점)에 대하여 프로파일을 하였다. 오이 육묘 및 환경 프로파일 기간 육묘 모듈의 광량은 $150\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 일장은 16/8h, 기온은 $25/20^\circ\text{C}$ 및 상대습도는 70/85%로 설정하였다. 인공광 이용 식물공장형 육묘시스템이 균일한 모종을 생산하는지 평가하기 위하여 ‘조은백다다기’ 오이를 파종 후 8일에 생장을 조사하였다(n=20). 육묘 모듈의 광량은 광원으로부터 거리가 255mm였을 때 167.2 ± 35.7 였으며 설정치와 유사하였다. 광원으로부터 거리가 가까워진 곳에서 광량은 각각 11과 23% 증가하였으나, 표준편차가 1.8배 증가하였다. 인공 광원의 적색광/근적색광의 비율은 3.6이었다. 지면으로부터 615, 980, 1345 및 1710mm 떨어진 곳에서 육묘 모듈의 주/야 기온은 각각 $24.7/19.5$, $24.6/19.5$, $24.7/19.4$ 및 $24.7/19.6^\circ\text{C}$ 였다. 육묘 모듈의 높이에 의한 위치별 기온의 차이는 없었으나, 주/야 기온의 설정 값과는 각각 0.3 및 0.5°C 의 차이는 있었다. 육묘 모듈의 상대습도도 위치별로 차이가 없었으며(71/84%), 상대습도의 설정값과 비교해도 1%의 차이로 매우 정밀하게 제어되었다. 파종 8일 후 오이 모종의 초장, 엽면적, 생체중 및 건물중은 각각 $4.1 \pm 0.1\text{cm}$, $24.1 \pm 3.7\text{cm}^2$, $0.7 \pm 0.13\text{g}$ 및 $0.05 \pm 0.008\text{g}$ 이었으며, 초장의 변이 계수가 약 2.4%이하로 매우 균일한 오이 모종을 생산하였다. 인공광 이용 식물공장형 육묘시스템에서 모종 생산에 큰 영향을 미치는 환경요인들을 수직·수평으로 프로파일하여 분석하였을 때 기온 및 상대습도는 매우 정밀하고 정확하게 제어되었으며, 광량 및 광질도 오이 모종을 생산하기에 충분히 적절 하였다. 본 인공광 이용 식물공장형 육묘시스템을 보급한다면, 연중 균일한 우량 접목묘 생산을 위한 접수·대목을 육묘 할 수 있을 것으로 기대된다.

추가주제어: 접수, 우량묘, 플러그 트레이

사 사

본 연구는 농림식품기술기획평가원 연구사업(세부과제번호: 320088-1)의 지원에 의해 이루어진 것임.

Literature Cited

An S., D.H. Kang, S.K. Kim, Y. Kwack, J. Lee, T.C. Seo, and H. Chun 2017, Grafted fruit vegetable transplants production practices in 2017. Horticultural Science and Technology

- 35:117-118.
- An S., S.W. Park, and Y. Kwack 2020, Growth of Cucumber Scions, Rootstocks, and Grafted Seedlings as Affected by Different Irrigation Regimes during Cultivation of 'Joenbaekdadagi' and 'Heukjong' Seedlings in a Plant Factory with Artificial Lighting. *Agronomy* 10:1943. doi:10.3390/agronomy10121943
- Demotes-Mainard S., T. Péron, A. Corot, J. Bertheloot, J.L. Gourrierc, S. Pelleschi-Travier, L. Crespel, P. Morel, L. Huché-Thélier, R. Boumaza, A. Vian, V. Guérin, N. Leduc, and S. Sakr 2016, Plant responses to red and far-red lights, applications in horticulture. *Environmental and Experimental Botany* 121:4-21. doi:10.1016/j.envexpbot.2015.05.010
- Dou H., G. Niu, M. Gu, and J.G. Masabni 2017, Effects of light quality on growth and phytonutrient accumulation of herbs under controlled environments. *Horticulturae* 3:36. doi:10.3390/horticulturae3020036
- Hwang H., S. An, B. Lee, and C. Chun 2020, Improvement of Growth and Morphology of Vegetable Seedlings with Supplemental Far-Red Enriched LED Lights in a Plant Factory. *Horticulturae* 6:109. doi:10.3390/horticulturae6040109
- Hwang H., S. An, M.D. Pham, M. Cui, and C. Chun 2020, The Combined Conditions of Photoperiod, Light Intensity, and Air Temperature Control the Growth and Development of Tomato and Red Pepper Seedlings in a Closed Transplant Production System. *Sustainability* 12:9939. doi:10.3390/su12239939
- Jang Y., E. Goto, Y. Ishigami, B. Mun, and C. Chun 2011, Effects of light intensity and relative humidity on photosynthesis, growth and graft-take of grafted cucumber seedlings during healing and acclimatization. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 52:331-338. doi:10.1007/s13580-011-0009-8
- Kozai T., and G. Niu 2020, Role of the plant factory with artificial lighting (PFAL) in urban area. In *Plant factory An indoor vertical farming system for efficient quality food production*, 2nd ed.; Kozai, T., Niu, G., Takagaki, M. Eds.; Academic Press, United Kingdom, pp 237-269. doi:10.1016/C2018-0-00969-X
- Kozai T., W. Fang, C. Chun, Y. Tong, Q. Yang, W. Chintakovid, K. Supaibulwatan, and C. Kubota 2016, PFAL business and R&D in the world: Current status and perspectives. In *Plant factory An indoor vertical farming system for efficient quality food production*, 1st ed.; Kozai, T., Niu, G., Takagaki, M. Eds.; Elsevier: London, UK, pp 35-68. doi:10.1016/C2014-0-01039-8
- Lee J.M., C. Kuboda, S.J. Tsao, Z. Bie, P. Hoyos Echevarria, L. Morra, and M. Oda 2010, Current status of fruit vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. *Sci Hortic* 127:93-105. doi:10.1016/j.scienta.2010.08.003
- Lee J.W., Y. Jang, Y.C. Kim, and C. Chun 2013, The history of Korean horticulture, Korea Society for Horticultural Science: Suwon, Republic of Korea, pp 127-133. (in Korean)
- Mitchell C.A., M.P. Dzakovich, C. Gomez, R. Lopez, J.F. Burr, R. Hernández, C. Kubota, C.J. Currey, Q. Meng, E.S. Runkle, and C.M. Bourget 2015, Light-emitting diodes in horticulture. *Horticultural reviews* 43:1-87. doi:10.1002/9781119107781.ch01
- Park K.H., S.C. Sin, Y.S. Lee, and S.L. Kim 2014, Studies on the establishment of administrative crop nursery system and legislation for the protection and promotion, Korea Rural Economic Institute. Seoul, Republic of Korea, pp 17-22. (in Korean)
- Zobayed S.M., F. Afreen, and T. Kozai 2005, Necessity and production of medicinal plants under controlled environments. *Environmental Control in Biology* 43:243-252. doi:10.2525/ecb.43.243