

## LED 광원과 광도에 따른 참외의 묘소질 및 정식 후 생육 변화

이지은<sup>1</sup> · 신용습<sup>1</sup> · 도한우<sup>1</sup> · 정종도<sup>1</sup> · 강영화<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>경상북도농업기술원 성주참외과채류연구소, <sup>2</sup>경북대학교 원예과학과

### Effect of Seedling Quality and Growth after Transplanting of Korean Melon Nursed under LED light Sources and Intensity

Ji Eun Lee<sup>1</sup>, Yong Seub Shin<sup>1</sup>, Han Woo Do<sup>1</sup>, Jong Do Cheung<sup>1</sup>, and Young Hwa Kang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Seongju Korean Melon Fruit Vegetable Research Institute, Gyeongsangbuk-do Agricultural Research & Extension Services, Seongju 40054, Korea

<sup>2</sup>Department of Horticultural science, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

**Abstract.** This study was conducted to analyze the seedling quality of korean melon and the growth after transplanting of korean melon nursed under the LED sources. LED sources were RB7 (Red:Blue=14:2), RB3 (Red:Blue=12:4) and Blue(B=16). Photosynthetic photon flux density(PPFD) was 50, 100 and 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . The lighting treatment was started after graft-taken and was applied for 20 days at 4 hours(05:30 and 07:30, 17:30 and 19:30) per day. Plant height and stem diameter of scion were longer and thicker under a high ratio of blue light condition. Dry matter ratio and compactness were highest in RB3 compared to the other LED sources treatments. CO<sub>2</sub> exchange rate increased 5.44 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  under RB7 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  and dropped to negative values under control. PPFD 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  of RB3 resulted in the longest plant height by 132.3cm and flowering ratio also was the highest by 75%.

**Additional key words :** supplemental lighting, photosynthetic photon flux density (PPFD)

## 서 론

참외는 다른 과채류 작목에 비해 높은 온도에서 육묘를 하기 때문에 비닐하우스에 전열온상을 만들어 자가육묘를 하고 있으며, 토양전염성 병에 강한 호박을 대목으로 이용하여 편엽합접 기술을 이용해 접목을 실시한다(Lee et al., 2016). 참외는 접목확차 후 집계판을 제거하고 20일 정도 육묘 후 정식한다. 참외 월별 가격 동향을 보면 단경기인 봄철에 높은 가격대를 형성한 후 5월 이후부터 급격하게 하락하여 7월 이후부터 완만한 하락세를 보인다. 따라서 봄철 많은 물량을 생산하기 위해 재배농가들이 정식 시기를 11~12월로 앞당기는 추세이며, 육묘시 겨울철 재배 환경이 불량하여 양질의 묘 생산에 어려움이 있다. 과채류의 묘소질은 정식 후 생육과 수량에 커다란 영향을 미칠 수 있다(Markovic et al., 2000). 생육 특성이 우수한 묘는 활착 환경에 쉽게 적응하거나, 재배과정에서 관리 노력을 적게 투입하여도 과실 수량의

증가 또는 품질을 향상시킬 수 있다(Kozai et al., 2000).

광은 다양한 환경요인 중에서 식물의 생육에 관여하는 주된 요소 중에 하나으로써, 광합성을 위한 주요 에너지원일 뿐만 아니라, 광질과 광도가 식물의 생장과 발달에 중요한 신호 자극원의 역할을 담당한다(Wang et al., 2009). 광은 광도, 광주기, 광질 등과 같은 몇 가지 형태로 식물에 영향을 주는데, 이 중 광질은 파장이 다른 여러 종류의 광선의 분포 비율로써 결정되며, 가시광선을 중심으로 자외선과 근적외선 영역까지의 파장대가 식물에게 민감하게 작용한다. 가시광선 파장영역에 속한 청색파장과 적색파장은 엽록소에 의해 효과적으로 흡수되어 광합성에 유용하게 이용된다(Carvalho et al., 2011).

자연광의 광도가 식물의 광합성에 필요한 최저 광도인 광보상점 이하로 낮아지는 경우에 이를 보충해 주기 위해 인공광원을 이용하며, 이러한 방법을 보광재배(supplemental lighting)라고 한다. 보광재배는 많은 전력과 설비 투자를 요하므로 육묘공장이나 식물공장 등에 국한되고 있다.

식물재배에 사용되는 인공광원 중에 발광다이오드(light emitting diode, LED)는 여러 가지 장점을 가지고 있어 최근에 시설작물의 보광 및 전조재배용으로 사용될

\*Corresponding author: youngh@knu.ac.kr

Received November 1, 2016; Revised November 21, 2016;

Accepted November 23, 2016

뿐만 아니라, 밀폐형 식물생산시스템의 인공광원으로 각광을 받고 있다. LED는 경제적인 측면에서 반영구적인 수명으로 오래 사용할 수 있고, 높은 에너지 전환율로 열 발생이 적어지면서 작물생산에 좀 더 효과적인 광원으로 사용이 가능하다(Son et al., 2012). LED가 다른 광원과 구분되는 특성은 소형으로 공간 활용이 용이하며, 특정 파장을 갖고 있는 LED의 조합으로 광질을 인위적으로 조절할 수 있다는 점이다(Yeh and Chung, 2009).

국내 과채류 육묘 생산 과정에서 LED 조명을 이용한 연구는 수박 접목묘의 증발산과 활착 촉진(Kim and Park, 2001; Kim and Lee, 2006), 폐쇄형 육묘 시설 내에서 적색, 청색, 적청색 및 형광등 광원이 토마토와 오이의 묘소질에 미치는 영향에서 LED의 이용 가능성을 검토(Um et al., 2009), 폐쇄형 육묘 시스템 내에서 광량 및 플러그 트레이 규격에 따른 접수 및 대목의 생육 특성(Jang et al., 2014), 인공광원 하에서 육묘된 파프리카의 묘소질 향상과 정식 후 초기 생육에 미치는 LED의 조명 효과(Lee et al., 2012), 광질과 광도에 따른 고추 접목활착 효과(Jang et al., 2013) 등이 보고되고 있다.

그러나 참외 육묘 단계에서 접목 활착 후 묘소질의 향상과 정식 후 초기 생육에 미치는 LED의 조명 효과에 관한 보고는 미흡한 실정이다. 본 연구는 참외 우량묘 생산을 위한 기술 개발을 목적으로 참외 육묘시 적합한 LED 광질 및 광도를 구명하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료 및 재배환경

본 실험은 2014년 3월 14일부터 2014년 5월 1일까지 경상북도농업기술원 성주참외과채류연구소 세대단축 온실에서 수행되었다. 실험에 사용된 재료는 오복플러스फल 참외(농우바이오, Korea)를 접수로 하고 에이스토파 호박(농우바이오, Korea)을 대목으로 하여 편엽합접을 실

시한 접목 활착 직후(집게핀 제거)의 모종을 사용하였다. 32공 연결트레이에 원예범용 상토(서울바이오, Korea)를 사용하였고, 수분 공급은 2~3일 간격으로 약대호스를 이용하여 두상관수하였다. 재배시설 내 소형터널(폭 1.7m × 높이 1.2m)을 설치하고 0.05mm 보온필름과 12온스 보온부직포로 일출 후와 일몰 전으로 개폐하였다. 야간 최저온도를 15°C로 유지하기 위해 전열선을 이용하여 가온하였다. 육묘 완료 후 2014년 4월 3일 단동형 비닐 하우스에 정식하였고, 재배관리는 농촌진흥청 농업기술 길잡이 참외재배에 준하여 관리하였다.

### 2. 인공광원과 광처리

실험에 사용된 LED 광원(KLB-20, KAST engineering Co. Ltd., Korea)은 적색광(665nm)과 청색광(445nm)이며, 1W 램프 소자를 RB7(R:B=14.:2), RB3(R:B=12:4), B(B=16) 비율로 조절하여 1m 막대형태의 PCB (Printed Circuit Board)기판에 부착하였다(Fig. 1). 광도는 참외 잎의 선단부에 PPF (Photosynthetic Photon Flux Density) 50, 100, 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 맞추기 위해 LED 광원의 수와 높이로 조절하였다. 광도는 휴대용 광도계(HD2101.2, DELTA, Italy) 및 광합성유효방사(Photosynthetic Active Radiation 400~700nm) 센서(LP471PAR, DELTA, Italy)를 이용하여 측정하였다. 광처리 기간은 접목 활착 후에서 정식 직전까지 20일(2014년 3월 14일~4월 3일)이며, 일출(7:30) 전 2시간과 일몰(17:30) 후 2시간씩 하루에 총 4시간을 처리하는 일장연장법을 이용하였다. 대조구는 광 처리를 하지 않았다. 모든 처리구는 낮에는 자연광이 투과되도록 하였으며, 광 처리를 할 때는 칸막이를 이용하여 광의 간섭을 차단하였다.

### 3. 생육조사

참외 접목묘의 묘소질 조사 시기는 광 처리 후 20일이며, 각 처리별 20주씩 조사하였고, 접수, 대목 및 뿌리

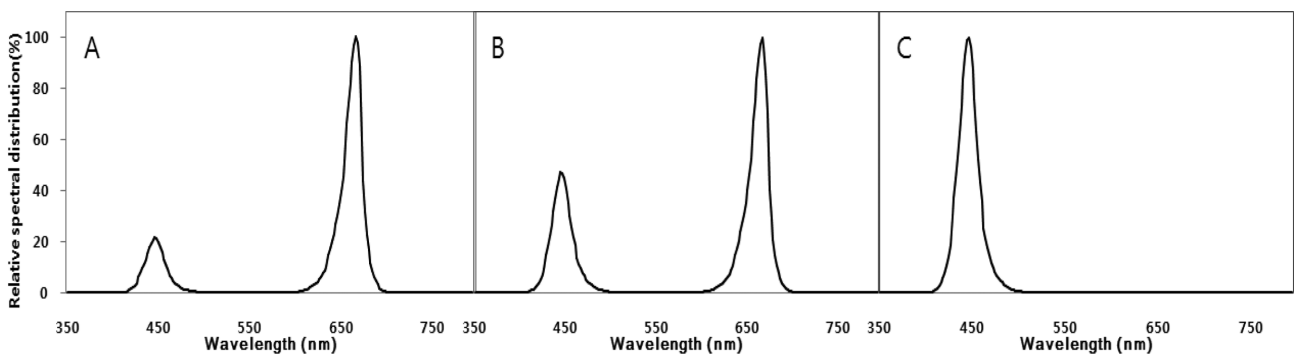


Fig. 1. Relative spectral distribution of RB7(R:B=14:2) LED (A), RB3(R:B=12:4) LED (B), and B(B=16) LED (C) used in this study. The peak wavelengths of blue and red lights were 445nm and 665nm, respectively.

길이, 접수 및 대목직경, 엽수, 엽장, 엽폭, 엽면적을 조사하였다. 엽면적은 완전 전개한 잎(1cm 이상)을 채취하여 엽면적 측정기(SI700, SKYE, UK)로 측정하였다. 지상부(접수 및 대목)와 지하부의 생체중, 건물중, 건물률, T/R률(지상부 건물중/지하부 건물중), 조직의 충실도(건물중/지상부 길이)를 조사하였다. 정식 후 생육은 20일경 초장(자만 지제부에서 최장 덩굴의 길이), 엽수, 엽장, 엽폭을 20주씩 조사하였다. 개화율은 암꽃이 50% 이상 개화한 것을 기준으로 30일경에 조사하였다.

#### 4. 엽록소 함량 분석

엽록소 함량은 육묘 20일 후 대목의 떡잎을 제외한 참외 잎을 동결건조한 후 건물 0.1g을 채취하여 acetone 80% 용액 50mL로 마쇄하여 여과지(No.2, Whatman, UK)를 통과한 용액을 분석하였다. 추출액은 UV/VIS Spectrophotometer (UV-2001, Hitachi, Japan)를 이용하여 642.5, 660nm에서 흡광도를 측정한 후 chlorophyll a와 b의 함량을 아래와 같은 방법으로 계산하였으며, mg·g<sup>-1</sup> dry wt.로 표시하였다(RDA, 2012).

$$\begin{aligned} \text{Chlorophyll a} &= 9.93 A_{660} - 0.777 B_{642.5} \\ \text{Chlorophyll b} &= 17.6 A_{660} - 2.81 B_{642.5} \\ \text{Total chlorophyll} &= 7.12 A_{660} - 16.8 B_{642.5} \end{aligned}$$

#### 5. 광합성률 측정

보광 육묘시 광합성률을 알아보기 위해 정식 직전 17시 30분경에 완전 전개한 잎을 각 처리별 3주씩 휴대용 광합성 측정기(LI6400, LI-COR Inc., USA)로 조사하였다. 조건은 clear chamber (자연광)를 이용하였고, CO<sub>2</sub> 농도 400ppm, 온도 25°C, 유속 500μmol·s<sup>-1</sup>로 설정하여 측정하였다.

#### 6. 통계분석

통계분석은 SAS 통계프로그램(Statistical Analysis System Ver. 9. 1, SAS Inc., USA)을 이용하여 Duncan 다중검정(DMRT, P≤0.05)으로 유의성을 검정하였다.

### 결과 및 고찰

접수 길이는 청색광(B) 단독으로 처리시 다른 광원에 비해 길어지는 경향이었고, 광도가 높아질수록 대체적으로 길어졌다. 접수와 대목의 줄기 직경은 RB3 200μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> 처리구에서 4.97mm와 6.77mm로 가장 굵었다. 그러나 대목 및 뿌리 길이는 처리 간에 유의성이 없었다(Table 1). Heo et al.(2002) 연구에서 청색광 아래에서 자란 메리골드 유묘의 줄기가 신장되었고, Azad et al.(2011)의 고추 및 Hirai et al.(2006)의 가지와 상추 유묘에서도 이와 유사한 결과가 보고되었다.

참외 잎의 특성을 살펴본 결과(Table 2), 광도가 높을수록 엽수도 증가하는 경향이었으나, B 처리구에서는 200μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>에서 오히려 8.8배로 감소하였다. 엽장과 엽폭은 RB3 및 B 처리구에서는 광도가 높을수록 길어지는 경향이었으나, RB7 200μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>에서는 8.63cm와 8.75cm로 짧아졌다. 엽형은 광질과 광도에 상관없이 모든 처리구에서 유의성이 없었다. B 100μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> 처리구에서 다른 처리구에 비해 엽면적이 가장 넓은 것은 엽수의 증가에 의한 것으로 생각된다. 광형태형성 조절에는 일정량의 청색광과 적색광이 필요하다고 하였는데 (Britz and Sager, 1990; Hoenecke et al., 1992), 적색광은 식물체의 광합성에 관여하고, 청색광은 식물체 잎의 형태적인 건전한 생장에 필요하다고 하였다(Okamoto et al., 1996). 참외의 경우 광질과 광도 모두 복합적으로

**Table 1.** Growth characteristics of korean melon seedlings measured on 20 days under the LEDs.

Light source	PPFD (μmol·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	Scion length (cm)	Rootstock length (cm)	Root length (cm)	Scion stem diameter (mm)	Rootstock stem diameter (mm)
RB7	50	19.6 e <sup>z</sup>	3.9 a	22.5 a	4.85 ab	6.43 abcd
	100	20.7 cde	4.2 a	21.6 a	4.90 ab	6.40 bcd
	200	19.9 e	4.0 a	21.8 a	4.83 ab	6.50 abcd
RB3	50	20.5 de	4.0 a	22.4 a	4.81 ab	6.25 d
	100	21.6 cd	4.0 a	20.0 a	4.79 abc	6.47 abcd
	200	23.5 ab	3.7 a	23.0 a	4.97 a	6.77 a
B	50	22.2 bc	4.2 a	21.7 a	4.54 c	6.63 abc
	100	24.2 a	3.8 a	21.2 a	4.78 abc	6.72 ab
	200	24.4 a	3.9 a	22.7 a	4.93 a	6.55 abcd
Control	0	21.1 cde	3.6 a	21.3 a	4.64 bc	6.35 cd

<sup>z</sup>Means separation within columns by Duncan's multiple range test at P = 0.05.

묘의 생육에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

Table 3은 참외 묘의 생체중과 조직의 충실도 등을 조사한 것으로 접수와 대목을 포함한 지상부의 생체중은 B 100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서 17.6g으로 가장 무거웠고 다음으로 RB3 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이 16.6g으로 무거웠다. 청색광의 비율이 높아질수록 지상부의 생체중은 증가하는 경향이었으나, 지하부의 생체중은 청색광의 비율이 낮을수록 증가하는 경향이었고, 광량이 높을수록 증가하였다. 지하부의 생육은 광 처리를 하지 않은 대조구에 비해 LED 광원을 처리한 것이 더욱 왕성하였다.

지상부의 건물중은 RB3 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이 1.3g으로 가장 무거웠고, 건물중 또한 7.73%로 높은 비율을 유지하였다. 100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  이하의 광도에서는 광원에 상관

없이 무처리보다 낮은 건물중과 건물률을 나타내었다. 지하부의 건물중은 모든 광 처리구가 대조구보다 무거웠고 청색광 단일처리보다 적청색 혼합광원이 건물률을 높이는 경향을 나타내었다. Um et al.(2009)의 연구에서도 오이 묘의 경우 청색광 처리구에서 뿌리의 성장량이 가장 적었고, Kim et al.(2008)의 연구에서도 일몰 후 적색광을 처리하였을 때 오이와 토마토 유묘의 뿌리 생육이 촉진된다는 연구결과와 유사하였다. 참외도 다른 과채류 작물과 같이 청색광을 단독으로 처리했을 때 보다 적색광을 섞어 처리하였을 때 광합성 효율이 높아져서 생육이 증가되는 것으로 생각된다.

일반적으로 과채류 묘의 품질은 지상부와 지하부의 건물중 비율을 의미하는 T/R률과 전체 건물중에 지상부의

**Table 2.** Leaf characteristics of korean melon seedlings measured on 20 days under the LEDs.

Light source	PPFD ( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	No. of leaves (ea)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf shape index <sup>2</sup>	Leaf area (cm <sup>2</sup> )
RB7	50	9.3 b <sup>1</sup>	8.35 e	8.66 d	0.96 a	194.8 b
	100	9.7 ab	9.00 abcd	9.25 abc	0.97 a	205.4 b
	200	9.8 ab	8.63 cde	8.75 cd	0.99 a	187.6 b
RB3	50	9.0 b	8.52 de	8.88 cd	0.97 a	179.8 b
	100	9.2 b	9.15 abc	9.35 ab	0.98 a	204.2 b
	200	10.8 a	9.45 a	9.61 a	0.98 a	213.2 b
B	50	9.0 b	8.79 bcde	8.93 bcd	0.99 a	197.7 b
	100	10.8 a	9.23 ab	9.44 ab	0.98 a	250.1 a
	200	8.8 b	9.23 ab	9.48 a	0.97 a	215.4 b
Control	0	9.7 ab	8.77 bcde	9.11 abcd	0.96 a	195.0 b

<sup>2</sup>Leaf length divided by leaf width.

<sup>1</sup>Means separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

**Table 3.** Dry matter and compactness of korean melon seedlings measured on 20 days under the LEDs.

Light source	PPFD ( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)		Dry matter (%)		T/R ratio	Compactnessz (mg·cm <sup>-1</sup> )
		Top	Root	Top	Root	Top	Root		
RB7	50	13.9 de <sup>y</sup>	4.1 a	0.98 d	0.244 abc	6.99 de	5.93 b	4.0 e	51.5 bc
	100	14.4 cde	4.2 a	1.05 cd	0.246 abc	7.26 bcd	5.88 bc	4.3 d	51.7 abc
	200	14.6 cde	4.5 a	1.10 bcd	0.275 a	7.48 abc	6.09 b	4.0 e	57.3 a
RB3	50	13.4 e	3.6 b	1.01 d	0.232 c	7.52 b	6.41 a	4.4 d	50.4 c
	100	15.8 bc	4.4 a	1.13 bcd	0.269 ab	7.10 cde	6.03 b	4.2 de	54.4 abc
	200	16.6 ab	4.3 a	1.30 a	0.263 abc	7.73 a	6.12 b	4.9 c	56.8 ab
B	50	14.3 cde	3.6 b	0.99 d	0.189 d	6.84 e	5.25 e	5.3 b	44.2 d
	100	17.6 a	4.2 a	1.24 ab	0.239 bc	7.04 de	5.67 cd	5.2 b	52.8 abc
	200	15.5 bed	4.1 a	1.21 abc	0.245 abc	7.79 a	6.03 b	4.9 c	51.1 bc
Control	0	14.7 cde	3.4 b	1.12 bcd	0.193 d	7.56 ab	5.53 d	5.8 a	52.5 abc

<sup>z</sup>Compactness is the values of the dry weight divided by the plug height.

<sup>y</sup>Means separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

길이를 나눈 값으로 조직충실도를 나타내는데(Park et al., 1996; Zhang et al., 2003) T/R율이 낮을수록 조직충실도가 높을수록 묘의 품질이 우수하다고 하였다. T/R률은 지하부의 감소로 인해 대조구가 5.8로 가장 높았고, 청색광의 비율이 낮을수록 T/R률이 낮아지는 경향이였다. 참외의 유묘는 정식 후 저온 저일조의 불량환경 하에서 생존해야하기 때문에 조직충실도가 무거워야 이식 몸살이 적을 것으로 생각된다. 조직의 충실도는 RB3과 RB7의 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 처리구에서 56.8과 57.3으로 대조구에 비해 8.2%와 9.1%로 향상되었다.

광질은 식물의 신초 신장, 잎의 형태 등의 생장 및 형태형성 그리고 엽록소 함량에 영향을 미친다고 보고되었다(Wongnok et al., 2008). 청색광은 엽록소 합성에 중요한 요인으로 알려져 있고(Senger, 1982), 기공개폐, 효소합성, 광합성률에도 영향을 미친다(Tibbitts et al., 1983). Son et al. (2012)의 연구에서도 청색광을 포함한 광원에서 엽록소 함량과 밀접한 관계가 있음을 유추할

수 있었고, 이전의 연구결과에서도 청색광에서 자란 오이, 상추, 시금치, 고추 등 다수의 작물에서 엽록소 함량이 증가되었다고 보고된 바 있다(Azad et al., 2011; Hogewoning et al., 2010; Johkan et al., 2010). 그러나 Kim et al. (2013)의 연구에서는 임파첸스의 생장에 LED 광질과 보광시간에 따른 엽록소 함량을 조사해보니 적색광, 청색광 및 혼합광보다 대조구에 엽록소 함량이 더 높았다고 보고하였다. 본 실험에서 엽록소 함량(Fig. 2)도 대조구에서 4.0 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  dry wt로 가장 높게 나타났으며, 광 처리구에서 엽록소 함량이 더 낮은 결과를 나타내었다. 그러나 광 처리구 간의 비교에서 청색광이 엽록소 함량이 영향을 미치는 듯 했으나 명확한 원인을 구명하기 위해 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Hogewoning et al. (2007)은 LED 광원의 파장에 따라서 광합성률이 달라지며 670nm 파장대에서 가장 유효하다고 하였고, Choi et al. (2003) 또한 청색광보다 적색광에서 광합성률이 높다고 하였다. Jeong et al. (2014)의 연

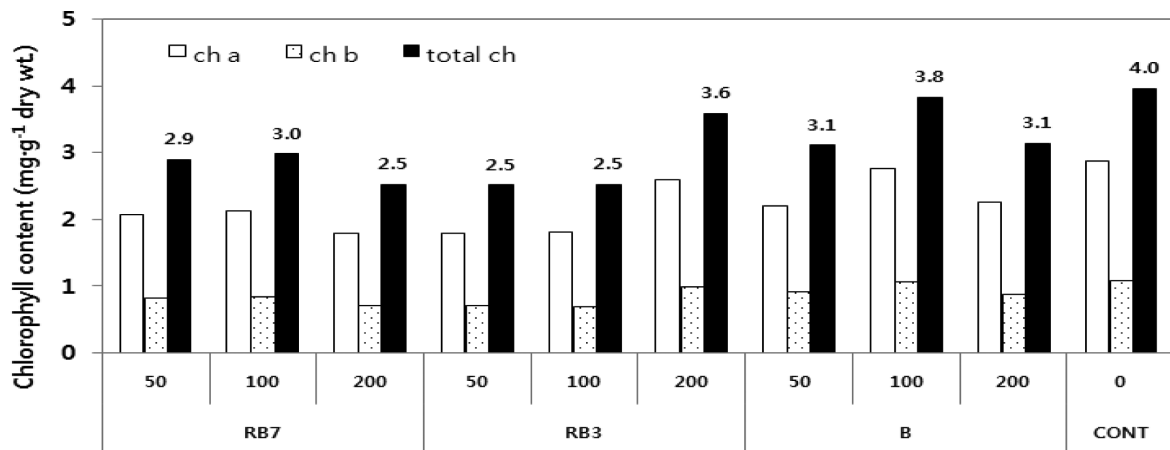


Fig. 2. Chlorophyll content of korean melon seedlings plant measured on 20 days under the LEDs and non-treatment.

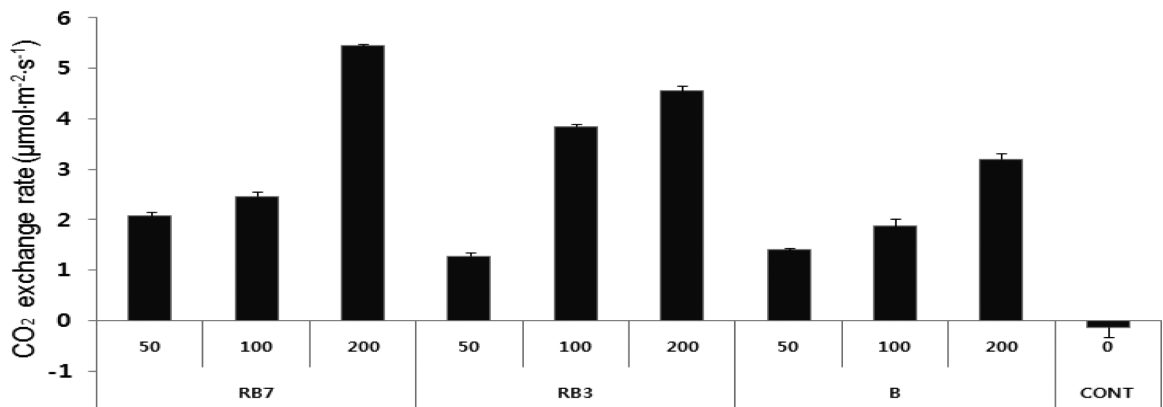
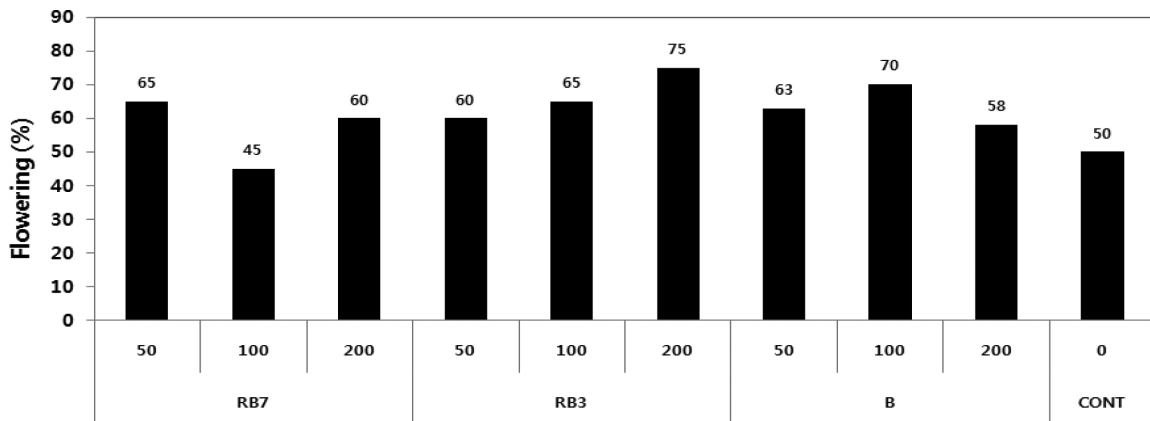


Fig. 3. CO<sub>2</sub> exchange rate of korean melon seedlings measured on 20 days under the LEDs.

**Table 4.** Growth characteristics of korean melon plants on 20 days after transplanting.

Light source	PPFD ( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	Plant height (cm)	No. of nodes (ea)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
RB7	50	113.6 bc <sup>z</sup>	21.5 abc	13.4 bc	13.4 bc
	100	97.9 d	19.2 d	12.7 c	12.8 c
	200	111.2 bcd	20.7 bcd	13.3 bc	13.2 bc
RB3	50	108.9 cd	20.9 bcd	12.9 c	13.0 c
	100	119.1 abc	22.0 ab	14.2 ab	14.4 ab
	200	132.3 a	22.7 a	15.0 a	15.3 a
B	50	112.0 bcd	21.5 abc	12.6 c	12.9 c
	100	125.7 ab	22.3 ab	15.0 a	15.0 a
	200	112.9 bc	21.1 abc	13.5 bc	13.7 bc
Control	0	104.0 cd	19.9 cd	13.0 bc	13.1 c

<sup>z</sup>Means separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

**Fig. 4.** Flowering ratio of korean melon plants on 30 days after transplanting.

구에서는 절화용 국화 보광재배에서 청색광의 단색광원보다는 적청색 혼합광원에서 광합성량이 가장 높게 유지되었다. 본 연구 결과에서도 RB7 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이 5.44 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 광합성률이 가장 높았고, 적색광의 비율이 높아질수록 광합성률도 높아지는 경향이였다(Fig. 3).

본 연구에서는 참외 보광 육묘시 대조구는 일몰 전 야간 보온을 위해 터널용 보온덮개가 덮혀져 암상태이므로 광합성률이 -0.12 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 호흡 상태였지만 광처리구에서는 광도가 50 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서도 광보상점 이상의 광합성률을 나타내었고 광도가 높아질수록 광합성률도 증가하였다.

보광육묘 처리한 모종을 단동형 비닐하우스에 정식 후 20일경 조사한 결과(Table 4), RB3 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  처리구의 초장이 132.3cm로 가장 길었고, 마디수가 22.7개로 가장 많았으며, 엽장과 엽폭 또한 가장 넓었다. 엽수, 건물물, 조직충실도 등의 요인으로 인해 정식 초기에 충분

한 엽면적 확보와 뿌리 활착으로 인해 지상부 생육이 왕성했을 것으로 생각된다.

정식 후 30일경 개화율을 조사한 결과(Fig. 4) 초기 생육이 가장 왕성했던 RB3 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이 75%로 대조구 대비 25% 높았고, 생육이 가장 저조한 RB7 50 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이 45%로 대조구보다 5% 낮았다. 이로 인해 수확소요일수와 초기 수량에도 영향을 미칠 것으로 생각된다. Lee et al.(2012)의 연구에서 LED 또는 형광등을 이용하여 육묘한 파프리카의 경우 엽수의 증가로 충분한 엽면적이 확보되어 정식 후 초기 생육이 양호하였고, 수확기 또한 1주일 정도 단축된 결과를 나타내었다.

차세대 광원인 LED를 이용한 육묘는 미래에 가장 바람직한 광원으로 인식되고 있으나 좁은 스펙트럼 밴드가 식물의 영양생장과 생식생장의 균형에 얼마나 유효하지에 대한 이해는 부족한 실정이다(Hogewoning et al., 2007). 광질과 광도에 따른 식물의 반응은 품종, 생육단

계, 육묘 환경 등에 따라 다양한 결과가 나오고, 정식 후의 생육과 생산성을 최상으로 유지할 수 있는 참외의 묘소질에 대한 기준도 부족한 실정이다.

본 연구에서 참외를 기존 육묘시설 내에서 접목활착 후 20일 육묘함에 있어서 적청색 혼합광원(RB3)을 이용하여 광도  $200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 처리한 결과, 과채류 묘소질의 중요한 지표 중에 하나인 건물률과 조직충실도에서 다른 광원에 비해 우수한 결과를 나타내어 양질의 묘생산이 가능할 것으로 판단되고, 정식 후에도 왕성한 생육을 유지하면서 개화율이 빨라 높은 가격을 받을 수 있는 봄철 초기 수량에 영향을 미칠 것으로 생각된다.

## 적 요

참외 육묘 시설 내에서 우수한 품질의 모종을 생산하기 위한 LED 광원의 이용 가능성을 검토하기 위해 접목 활착 후 20일 동안 광원과 광도를 달리하여 묘소질과 정식 후 생육을 비교하였다. 광원은 청색광(B), 적청색 혼합광원(RB3, RB7)을 이용하였고, 광도(PPFD)는 50, 100,  $200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 처리하였다. 조명시간은 일출(7:30) 전 2시간과 일몰(17:30) 후 2시간씩 하루에 총 4시간을 처리하는 일장연장법을 이용하였다. 참외 지상부의 생장지표인 접수 길이와 줄기직경은 청색광의 비율이 높을수록 길어지고 굵어지는 경향을 나타내었다. 적청색 혼합광원(RB3)이 다른 광원들에 비해 건물률과 조직의 충실도가 높은 경향이였다. 광합성률은 적청색광의 비율이 높을수록 증가하였으며, RB7  $200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  처리구에서  $5.44\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 가장 높았다. 정식 후 RB3  $200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  처리구의 초장이 132.3cm로 가장 길었고, 마디수가 22.7개로 가장 많았으며 개화율도 75%로 가장 높았다. 청색광(B) 단독으로 처리한 것보다는 적청색 혼합광원(RB3)으로 처리한 것이 묘소질을 양호하게 하였고, 광도를  $200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 높이는 것이 우량묘 생산에 유리할 것으로 판단되었다.

**추가주제어** : 보광재배, PPFD(광합성유효광량지속)

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 지역특화작목기술개발과제(PJ010208)의 지원에 의해 수행되었음.

## Literature Cited

Azad, O.K., I.J. Chun, J.H. Jeong, S.T. Kwon, and J.M. Hwang. 2011. Response of the growth characteristics and

phytochemical contents of pepper (*Capsicum annuum* L.) seedling with supplemental LED light in glass house. *J. Bio-Environ. Con.* 20:182-188.

Britz, S.J. and J.C. Sager. 1990. Photomorphogenesis and photoassimilation in soybean and sorghum grown under broad spectrum or blue-deficient light sources. *Plant Physiol.* 94:448-454.

Carvalho, R.F., M. Takaki, and R.A. Azevedo. 2011. Plant pigments: The many faces of light perception. *Acta Physiol. Plant* 33:241-248.

Choi, Y.H., C.K. Ahn, J.S. Kang, B.G. Son, I.S. Choi, Y.C. Kim, Y.G. Lee, K.K. Kim, and K.W. Son. 2003. Growth, photomorphogenesis, and photosynthesis of perilla grown under red, blue light emitting diodes and light intensities. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44:281-286 (in Korean).

Heo, J.W., C.W. Lee, D. Chakrabarty, and K.Y. Paek. 2002. Growth responses of marigold and salvia bedding plants as affected by monochromatic or mixture radiation provided by a Light-Emitting Diode(LED). *Plant Growth Regul.* 38:225-230.

Hirai, T., W. Amaki, and H. Watanabe. 2006. Action of blue or red monochromatic light on stem internodal growth depends on plant species. *Acta Hort.* 711:345-350.

Hoenecke, M.E., R.J. Bula, and T.W. Tibbitts. 1992. Importance of blue photon levels for lettuce seedlings grown under red-light-emitting diodes. *HortScience* 27:427-430.

Hogewoning, S.W., G. Trouwborst, G.J. Engbers, J. Harbinson, W. van Ieperen, J. Ruijsch, and O. van Kooten. 2007. Plants physiological acclimation to irradiation by light-emitting diodes(LEDs). *Acta Hort.* 761:183-191.

Hogewoning, S.W., G. Trouwborst, H. Maljaars, H. Poorter, W. van Ieperen, and J. Harbinson. 2010. Blue light dose-responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of *Cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light. *J. Expt. Bot.* 61:3107-3117.

Jang, Y.A., B.H. Mun, T.C. Seo, J.G. Lee, S.S. Oh, and C.H. Chun. 2013. Effects of light quality and intensity on the carbon dioxide exchange rate, growth, and morphogenesis of grafted pepper transplants during healing and acclimatization. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 31:14-23.

Jang, Y.A., H.J. Lee, C.S. Choi, Y.C. Um, and S.G. Lee. 2014. Growth characteristics of cucumber scion and pumpkin rootstock under different levels of light intensity and plug cell size under an artificial lighting condition. *J. Bio-Environ. Con.* 23:383-390 (in Korean).

Jeong, S.W., S.W. Hogewoning, and W. van Ieperen. 2014. Responses of supplemental blue light on flowering and stem extension growth of cut chrysanthemum. *Scientia Horticulturae* 165:69-74.

Johkan, M., K. Shoji, F. Goto, S. Hashida, and T. Yoshihara. 2010. Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. *HortScience* 45:1809-1814.

- Kim, I.S., C. Zhang, H.M. Kang, and B. Mackay. 2008. Control of stretching of cucumber and tomato plug seedlings using supplemental light. *Hort. Environ. Bio.* 49:287-292.
- Kim, S.H., Y.H. Heo, H.C. Rhee, and J.S. Kang. 2013. Effect of LED light quality and supplemental time on the growth and flowering of impatiens. *J. Bio-Environ. Con.* 22:214-219 (in Korean).
- Kim, Y.H. and H.S. Park. 2001. Graft-taking characteristics of watermelon grafted seedlings as affected by blue, red and far-red light-emitting diodes. *J. of the Korean Society for Agricultural Machinery* 28:151-156 (in Korean).
- Kim, Y.H. and S.H. Lee. 2006. Variation of plant temperature at joining parts of grafted watermelon seedlings graft-taken under different light quality. *Biosystems Engineering* 31:449-453.
- Kozai, T., C. Kubota, C. Chun, K. Ohyama, and F. Afreen. 2000. Necessity and concept of the closed transplant production system, in: Kubota, C. and Chun, C. (eds.), *Transplant production in the 21<sup>st</sup> century*. Kluwer Academic publisher, Dordrecht, pp. 3-19.
- Lee, J.E., Y.S. Shin, H.W. Do, H.R. Sohn, J.D. Cheung, S.H. Oh, and M.K. Kim. 2016. *Manual of hight quality seedling production for korean melon*. Seongju Korean Melon Fruit Vegetable Research Institute Press. pp. 94 (in Korean).
- Lee, J.S., H.I. Lee, and Y.H. Kim. 2012. Seedling quality and early yield after transplanting of papricka nursed under light-emitting diodes, fluorescent lamps and natural light. *J. Bio-Environ. Con.* 21:220-227 (in Korean).
- Markovic, V., M. Djurovka, Z. Ilin, and B. Lazic. 2000. Effect of seedling quality on yield characters of plant and fruits of sweet pepper. *Acta Hort.* 533:113-120.
- Okamoto, K., T. Yanagi, S. Takita, M. Tanaka, T. Higuchi, Y. Ushida, and H. Watanabe. 1996. Development of plant growth apparatus using blue and red LED as artificial light source. *Acta Hort.* 440:111-116.
- Park, H.Y., K.C. Son, E.G. Gu, K.B. Lim, and B.H. Kim. 1996. Effect of different day and night temperature regimes on the growth of hot pepper plug seedlings. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 37:617-621.
- Rural Development Administration(RDA), Republic of Korea. 2012. *Research analysis criteria of agricultural science and technology*. Fifth edition. RDA Press. pp. 508 (in Korean).
- Senger, H. 1982. The effect of blue light on plants and microorganisms. *Photochemistry and Photobiology.* 35:911-920.
- Son, K.H., J.H. Park, D.I. Kim, and M.M. Oh. 2012. Leaf shape index, growth, and phytochemicals in two leaf lettuce cultivars grown under monochromatic light-emitting diodes. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 30:664-672.
- Tibbitts, T.W., D.C. Morgan, and J.J. Warrington. 1983. Growth of lettuce, spinach, mustard and wheat plants under four combinations of high pressure sodium, metal halide and tungsten halogen lamps at equal PPFD. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108:622-630.
- Um, Y.C., Y.A. Jang, J.G. Lee, S.Y. Kim, S.R. Cheong, S.S. Oh, S.H. Cha, and S.C. Hong. 2009. Effects of selective light sources on seedling quality of tomato and cucumber in closed nursery system. *J. Bio-Environ. Con.* 18:370-376.
- Wang, H., M. Gu, J.X. Cui, K. Shi, Y.H. Zhou, and J.Q. Yu. 2009. Effects of light quality on CO<sub>2</sub> assimilation, chlorophyll-fluorescence quenching, expression of calvin cycle genes and carbohydrate accumulation in *Cucumis sativus*. *J. Photochemistry and photobiology B: Biology* 96:30-37.
- Wongnok, A., C. Piluek, T. Techasipitak, and S. Tantivivat. 2008. Effects of light emitting diodes on micropropagation of Phalaenopsis orchids. *Acta Hort.* 788:149-156.
- Yeh, N. and J.P. Chung. 2009. High-brightness LEDs-energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation. *Renewable and Sustainable Energy Rev.* 13:2175-2180.
- Zhang, C.H., I.J. Chun, Y.C. Park, and I.S. Kim. 2003. Effect of timings and light intensities of supplemental red light on the growth characteristics of cucumber and tomato plug seedlings. *J. Bio-Environ. Con.* 12:173-179 (in Korean).