

## LEDs 광조성 및 광도가 베이비채소의 생육 및 기능성물질에 미치는 영향

윤성탁\* · 정인호\* · 김영중\* · 한태규\* · 유제빈\* · 제은경\*\*

### Response of Growth and Functional Components in Baby Vegetable as Affected by LEDs Source and Luminous Intensity

Yoon, Seong-Tak · Jeong, In-Ho · Kim, Young-Jung ·  
Han, Tae-Kyu · Yu, Je-Bin · Jae, Eun-Kyung

This study was conducted to investigate the growth characteristics and functional materials of baby vegetables as affected by different LEDs and luminous intensity at Anseongsi, Gyeonggi Province, in 2014. Test crops were beet, chicory, spinach, red leaf lettuce, crown daisy and red mustard purchased from the seed company of Dongbu Hannong and Jinheung. Growth characteristics were measured and the content of functional materials was analyzed 40 days after seeding at plug plate. Treatment of Red+Blue (4:1) at  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  luminous intensity showed the highest number of leaves in five baby vegetables of beet, chicory, red leaf lettuce, crown daisy and red mustard. The highest shoot length of chicory, spinach, red leaf lettuce, crown daisy and red mustard was obtained from the treatment of Red+Blue (4:1) at  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  luminous intensity. Fresh weight and dry weight of all six baby vegetables were the highest in treatment of Red+Blue (4:1) at  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  luminous intensity. Content of chlorophyll a and chlorophyll b of spinach, red leaf lettuce and red mustard showed the highest in Fluorescent lamp at  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  luminous intensity whereas other crops did not show definite trend under different LEDs lights and luminous intensity. The highest total content of anthocyanins and polyphenol were obtained from the treatment of Red+Blue (4:1) at  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  luminous intensity in all six baby vegetables. Free radical scavenging activity was highest in all six vegetable crops at  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  luminous intensity, but it was not different significantly between LEDs. As a result, the growth and the content of functional material of baby vegetables are generally to be increased in Red+Blue (4:1) at  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  luminous intensity. Mixed light of Red+Blue is thought to give good effect on the growth

\* 단국대학교 식량생명공학과

\*\* Corresponding author, 단국대학교 생명자원과학과(eunkyung0806@hanmail.net)

and the content of functional material in baby vegetable crops. Because there are many differences in regard of LED lights, crop varieties, cultivation and experimental methods in their impact on the growth and functional materials of baby vegetables among researchers, it is considered that a more precise studies are needed for the crop responses to LED light and luminous intensity.

Key words : *baby vegetable, growth, functional components, LEDs*

## I. 서 언

베이비채소는 각종 채소류의 어린잎으로 약 20~30일 동안 재배하여 먹는 채소로써, 약 7일간 재배하여 생식하는 새싹채소보다는 영양성분이 다소 떨어지지만 다 자란 채소보다 기능성 물질이 많고 부드러운 맛의 특징을 가지고 있다(Park et al., 2003). 또한 유통 상태에서 수확하기 때문에 섬유소가 비교적 적어 질기지 않으며 다자란 채소에 비해 특유의 향이 적어 강한 향에 대해 거부감이 있는 사람들도 부담 없이 즐길 수 있어 대중화 되어 가고 있다. 미국에서는 이 같은 이유로 베이비채소가 색과 맛이 다양하여 요리의 재료로 쓰임이 많아 레스토랑이나 가정에서 인기가 많다(Moon, 2009). 베이비채소에 이용되는 종자는 유채, 무, 비료(肥料; manure, fertilizer)란 부식이나 필요한 무기원소를 포함하는 물질로서 작물의 생육을 조장하기 위해 토양이나 작물체에 공급되는 물질을 말하며, 비료를 주는 것을 시비(施肥; manuring, fertilization)라고 한다. 양배추, 클로버, 메밀, 녹두 및 겨자 등 다양한 종류가 이용되고 있으며 생식이나 요리에 있어 최소가공 형태로 소비되고, 아미노산, 탄수화물, 미네랄, 비타민 및 폴리페놀류와 같은 많은 기능성 물질들을 함유하고 있다(Bae et al., 2008; Feng, 1997).

베이비채소를 포함한 모든 식물들에게 있어서 태양광은 필수불가결한 요소이다. 기존의 백열등 및 형광 등의 인공조명은 식물생육에 불필요한 광영역까지 만들어내어 에너지효율이 낮기 때문에 LED가 주목받는 이유는 에너지 효율이 높으며, 반영구적인 수명으로 장기간 사용할 수 있고, 높은 에너지 전환율로 열발생이 적다(Son et al., 2012). 기능적인 측면에서는 소형으로 공간활용이 용이하며, 특정파장을 인위적으로 조합 조절할 수 있어 식물생육에 필요한 광영역을 선택적으로 이용할 수 있다는 점이 장점으로 꼽히고 있어 식물재배용 인공광원으로서 그 이용성이 크게 기대되고 있다(Yeh & Chung, 2009; Choi et al., 2012). 또한, 최근 식물공장형 재배방식의 빠른 보급과 함께 에너지 절약형 고효율 LED 광원의 농업적 관련 연구가 다양하게 시도되고 있고, 생육과 품질을 종합적으로 고려한 LED 이용기술 확립을 위하여 많은 연구가 시도되고 있으나, LEDs 광원 및 광도에 따른 베이비채소의 생육 및 주요 기능성물질 정보에 대한 연구결과는 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구는 LEDs 광원 및 광도에 따른 베이비채소의 생육 및 기능성물질 함량을 구명하기 위하여 수행되었다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시험품종 및 재배방법

본 시험에 사용된 베이비채소 품종은 시금치(*Spinacia oleracea* L.; 블랙킹), 적상추(*Lactuca sativa* L.; 적치마), 쪽갓(*Chrysanthemum coronarium* L.; 중엽), 겨자(*Brassica juncea* var. *crispifolia* L. H. Bailey; 진홍), 비트(*Beta vulgaris* L.; 디트로이트 다크 레드), 치커리(*Cichorium intybus* L.; 진홍)를 사용하였으며 종자는 동부한농, (주)진홍종묘에서 구입하여 사용하였다. 본 시험은 2014년 5월부터 2014년 9월까지 경기도 안성에서 실시하였다. 50공 트레이(다인케미칼)에 친환경 원예상토(한농원예범용, (주)동부팜한농)를 사용하여 파종하였으며 온도 24/18°C(주/야), 일장 18/6 hr(주/야), 습도 45~60%인 재배환경에서 40일동안 재배하였다. 수분공급은 접 일정한 시간에 맞추어 이를 한번 꼴로 적정 수분이 유지되도록 일정한 양을 일정한 간격으로 관수하였다. 실험은 3반복으로 시행하였으며 통계분석은 SAS 프로그램(SAS Institute Inc., Ver. 9.1, Clay, NC, USA)을 이용하였다.

### 2. LED 처리방법

LEDs (Light Emitting Diodes)는 본 시험을 위해 S&B Industry사에서 74.6 cm (W)×73 cm (L)의 크기로 3세트를 제작하였다. LED 파장은 그 동안 베이비채소 재배에 유효하다고 인정된 Red (660 nm), Blue (450 nm)를 사용하였다(Son et al., 2012; Wu et al., 2007; Wang et al., 2009) 식물재배용 조명 조절기를 사용하여 Red (660 nm)+Blue (450 nm) 1:1, Red+Blue 2:1, Red+Blue 4:1로 조절하였으며 대조구를 형광등(Fluorescent lamp)으로 설정하여 각 처리구별로 생육 및 기능성물질을 비교하였다. 또한 광도에 따른 베이비채소의 생육 및 기능성물질 비교를 위해 대조구를 포함한 모든 처리구별로 각각 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , 125  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 로 동일하게 설정하였다(Table 1).

LED는 상부에서 빛을 조사할 수 있는 형태로 식물체로부터 약 35 cm 위에 설치하였으며 각 처리구별로 다른 광원이 유입되지 않도록 차광막을 설치하였다.

Table 1. Treatment of LED lights and luminous intensity

LEDs	Luminous Intensity ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
Fluorescent lamp (Control)	100
	125
	150

LEDs	Luminous Intensity ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
Red+Blue 1:1	100
	125
	150
Red+Blue 2:1	100
	125
	150
Red+Blue 4:1	100
	125
	150

### 3. 생육조사

LEDs 광원에 따른 베이비채소의 생육 특성은 파종 후 40일째에 수확하여 Fluorescent lamp ( $100, 125, 150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), Red+Blue 1:1 ( $100, 125, 150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), Red+Blue 2:1 ( $100, 125, 150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), Red+Blue 4:1 ( $100, 125, 150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )로 처리한 6가지 작물에서 각각 5주씩 선별하여 엽수, 초장, 생체중, 건물중을 조사하였다. 건물중은 수확 후  $40^\circ\text{C}$  열풍건조기에서 72시간동안 건조시킨 후 측정하였다.

### 4. 기능성물질 분석

엽록소함량 분석은 Inskeep과 Bloom (1985)의 방법을 약간 변형하여 이용하였다. 분쇄시료 0.1 g에 N,N-Dimethylformamide (Sigma Co., USA) 10 ml 첨가 후  $4^\circ\text{C}$  암소에서 24시간 방치하였다. 여과지(Whatman No. 1)로 거른 후 시료로 사용하여 647 nm와 664.5 nm에서 동시에 흡광도를 측정(Optizen pop, Mecasys(주))하였으며 측정된 흡광도를 아래의 식에 대입하여 엽록소 a와 엽록소 b의 함량을 구하였다.

$$\text{Chlorophyll a (mg/g)} = 12.70A_{664.5} - 2.79A_{647}$$

$$\text{Chlorophyll b (mg/g)} = 20.70A_{647} - 4.62A_{664.5}$$

총 안토시아닌 함량 분석은 Yang (2010) 등의 방법을 변형하여 이용하였다. 분쇄시료 0.2 g에 80% Methanol 5 ml과 0.1 N Hydrochloric acid (DUKSAN, Korea) 5 ml을 혼합한 뒤 상온에서 24시간 동안 shaking (SK-300, JEIO TECH, Korea)하여 여과지(Whatman No. 1)로 거른

후 시료로 사용하였다. 시료는 520 nm에서 분광광도계(Optizen pop, Mecasys(주))로 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로 Kuromanin chloride(Sigma Co., USA)를 사용하여 검량선을 작성하였다.

베이비채소의 전자공여능 측정은 Blois (1958)의 방법을 변형하여 수행하였다. DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)는 안정된 radical로써 원래는 보라색을 띠고 있지만 항산화 활성이 있는 성분과 반응하면 원래의 색을 잃어 노란색으로 변하게 된다. 분쇄시료 0.5 g에 80% Ethanol 12.5 ml을 가해 상온에서 24시간 동안 shaking (SK-300, JEIO TECH, Korea)하여 여과지(Whatman No. 1)로 거른 후 시료로 사용하였다. 그 후, 0.2 mM의 DPPH용액(갈색 flask에서 99% Ethanol에 녹임, Sigma Co., USA) 3 ml에 시료 300 µl를 혼합하여 30분 후에 517 nm에서 흡광도를 측정(Optizen pop, Mecasys(주))하였으며 표준용액은 L-ascorbic acid(Sigma Co., USA)를 사용하였다. 전자공여능 효과는 시료를 첨가하기 전과 후의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다.

$$\text{DPPH radical 소거활성(\%)} = (\text{control}^1 - \text{sample}^2) / \text{control} \times 100$$

<sup>1)</sup> 시료 대신 Ethanol을 첨가한 반응액의 흡광도

<sup>2)</sup> 시료를 첨가한 반응액의 흡광도

총 폴리페놀 함량은 페놀성물질인 phosphomolybdic acid와 반응하여 청남색으로 변하는 것을 이용한 Folin-Ciocalteu (Dewanto et al., 2002) 방법을 약간 변형하여 수행하였다. 분쇄 시료 0.5 g에 80% Methanol 12.5 ml을 혼합한 뒤 상온에서 24시간동안 shaking (SK-300, JEIO TECH, Korea) 하여 여과지(Whatman No. 1)로 거른 후 시료로 사용하였다. 시료 300 µl에 1 N-folin ciocalteu reagent (Sigma Co., USA) 300 µl를 첨가하고 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (DUKSAN, Korea) 600 µl를 가한 뒤 증류수 2400 µl를 더해 주었다. 30분 후에 760 nm에서 흡광도를 측정(Optizen pop, Mecasys(주))하였으며 표준용액은 gallic acid (Sigma Co., USA)를 사용하여 얻은 검정곡선으로부터 총 폴리페놀의 함량을 계산하였다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 베이비채소의 생육특성 및 기능성물질 함량

##### 1) 비트

LEDs 광원 및 광도에 따른 비트의 생육과 기능성물질 함량을 조사한 결과 Red+Blue

(2:1)  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 과 Red+Blue (4:1)  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 엽수는 5.3개로 가장 많았으며 대조구인 Fluorescent lamp  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 3.3개로 가장 적었다. 초장은 Red+Blue (4:1)  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 9.87 cm로 가장 컸으며 Fluorescent lamp  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 6.83 cm로 가장 작았다. 생체중은 Red+Blue (4:1)  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 1.88 g/plant로 가장 높았으며 Fluorescent lamp  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 0.74 g/plant로 가장 낮았고 건물중은 Red+Blue (4:1)  $125 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 와  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 0.18 g/plant로 가장 높았으며 Fluorescent lamp  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 0.07 g/plant로 가장 낮았다. 같은 작물은 아니나 Kim et al. (2013)은 고추 냉이의 생육이 혼합광과 적색광에서 월등하다고 하였는데 이는 본 시험과 일치하는 경향이였다.

엽록소 a와 b는 Fluorescent lamp  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 각각  $31 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,  $15.35 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 높은 함량을 나타냈으며 Red+Blue (4:1)  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 각각  $11.22 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,  $3.03 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 낮은 함량을 나타냈다. 총 안토시아닌 함량은 Red+Blue (4:1)  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $131.60 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 높았으며 Fluorescent lamp  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $41.31 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 낮았다. Free radical 소거능은 Fluorescent lamp  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 71.99%로 가장 높았으며 Red+Blue (1:1)  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 59.15%로 가장 낮았고 총 폴리페놀 함량은 Red+Blue (4:1)  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $3.23 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 높았으며 Fluorescent lamp  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $1.82 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 낮았다. Lee et al. (2005)은 비트의 DPPH radical 소거능이 우수하고 phenol 함량이 높아 이들 사이에 양의 상관관계가 적용되어 산화적 스트레스 개선효과가 높다고 하였는데 본 시험에서도 비트는 70% 이상의 DPPH radical 소거능을 보여 상기의 연구 결과와 일치하는 경향이였다(Table 2).

Table 2. Growth characteristics and functional components of beet as affected by LEDs source and luminous intensity at 40 days after seeding

LEDs	Luminous intensity ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	No. of leaves	Shoot length (cm)	Fresh weight ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	Dry weight ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	Chlorophyll content ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )		Total anthocyanin content ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	DPPH free radical scavenging activity(%)	Total polyphenol content ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )
						a	b			
Fluorescent lamp	100	3.33	6.83	0.74	0.07	31.00	15.35	41.31	68.04	1.82
	125	4.00	9.00	1.08	0.11	29.49	12.93	52.41	69.84	1.90
	150	4.00	9.30	1.40	0.13	23.71	11.69	61.88	71.99	2.51
Red+Blue (1:1)	100	4.00	7.10	0.80	0.08	20.91	6.62	72.51	59.15	2.77
	125	4.00	9.17	1.23	0.11	15.78	4.14	72.98	63.66	2.81
	150	4.00	9.63	1.62	0.15	11.83	3.04	84.13	68.05	2.87

LEDs	Luminous intensity ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	No. of leaves	Shoot length (cm)	Fresh weight ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	Dry weight ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	Chlorophyll content ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )		Total anthocyanin content ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	DPPH free radical scavenging activity(%)	Total polyphenol content ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )
						a	b			
Red+Blue (2:1)	100	4.67	8.40	0.92	0.09	23.53	8.38	91.61	61.28	2.92
	125	4.33	9.67	1.26	0.15	18.71	5.51	92.99	62.31	2.78
	150	5.33	9.17	1.59	0.15	11.60	3.85	103.35	66.05	2.97
Red+Blue (4:1)	100	4.67	9.87	1.37	0.14	15.52	4.67	122.50	60.49	3.03
	125	5.00	9.50	1.86	0.18	12.18	3.72	123.23	62.17	3.09
	150	5.33	9.37	1.88	0.18	11.22	3.03	131.60	62.89	3.23
LSD(.05) bet. LEDs source (A)		0.40	0.36	0.15	0.02	1.21	1.24	1.84	1.94	0.10
LSD(.05) bet. Luminous intensity (B)		0.34	0.32	0.13	0.02	1.05	1.08	1.59	1.68	0.09
LSD(.05) bet. (A) × (B)		NS <sup>1)</sup>	*** <sup>2)</sup>	NS	NS	**	NS	**	NS	**

<sup>1)</sup> NS: Non-significant at 0.05 probability level.

<sup>2)</sup> \*\*, \*\*\*: Significant at  $P=0.01$  or  $0.001$  respectively.

비트의 경우 분석한 관련 형질 중 건물중을 제외하고 광원 및 광도에 따른 생육 차이는 없었으나 광원과 광도의 상호간 생육은 초장에서 고도의 유의차가 확인되었으며, 엽록소 a 와 총 안토시아닌 및 폴리페놀 함량에 대한 기능성 물질 분석에서도 상호간 유의성이 인정되었다.

## 2) 치커리

LEDs 광원 및 광도에 따른 치커리의 생육과 기능성물질 함량을 조사한 결과 Red+Blue (2:1) 125  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 와 Red+Blue (4:1) 100, 125, 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 엽수는 6.7개로 가장 많았으며 대조구인 Fluorescent lamp 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 4.3개로 가장 적었다. 초장은 Red+Blue (4:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 11.73 cm로 가장 컸으며 Fluorescent lamp 125  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 7.9 cm로 가장 작았다. 생체중은 Red+Blue (4:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 3.19 g/plant로 가장 높았으며 Fluorescent lamp 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 1.92 g/plant로 가장 낮았고 건물중은 Red+Blue (4:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 0.31 g/plant로 가장 높았으며 Fluorescent lamp 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 0.18 g/plant로 가장 낮았다. Pyo et al. (2010)은 치커리를 적색+청색 혼합광 하에서 발아시킨 후 각각 적색광으로 옮겨 재배한 결과 엽수, 무게, 건물중 등은 단색 LED광에 비해 적색+청색 혼합광 하에서 좋았다고 하였고 색이 진하고 선명하며 광택이 있다고

하였다. 본 시험에서도 Red+Blue (4:1) 광원에서 가장 좋은 생육 반응을 보여 상기의 연구 결과와 일치하는 경향이였다.

엽록소 a는 Red+Blue (1:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 30.52  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 엽록소 b는 Red+Blue (4:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 13.25  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 높은 함량을 나타냈으며 Red+Blue (2:1) 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 각각 23.43  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 5.85  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 낮은 함량을 나타냈다. 총 안토시아닌 함량은 Red+Blue (4:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 3.66  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 높았으며 Fluorescent lamp 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 1.11  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 낮았다. Free radical 소거능은 Red+Blue (1:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 82.21%로 가장 높았으며 Red+Blue (2:1) 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 77.22%로 가장 낮았고 총 폴리페놀 함량은 Red+Blue (4:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 3.22  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 높았으며

Table 3. Growth characteristics and functional components of chicory as affected by LEDs source and luminous intensity at 40 days after seeding

LEDs	Luminous intensity ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	No. of leaves	Shoot length (cm)	Fresh weight ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	Dry weight ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	Chlorophyll content ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )		Total anthocyanin content ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	DPPH free radical scavenging activity(%)	Total polyphenol content ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )
						a	b			
Fluorescent lamp	100	4.33	7.93	1.92	0.18	29.05	8.65	1.11	78.42	1.34
	125	5.00	7.90	2.24	0.21	27.90	8.50	2.43	80.10	1.66
	150	5.00	8.10	2.36	0.23	26.05	7.22	2.54	81.68	2.09
Red+Blue (1:1)	100	5.00	8.17	2.14	0.21	27.72	9.71	2.46	81.06	2.14
	125	5.00	8.13	2.38	0.23	30.26	10.31	2.56	81.50	2.45
	150	6.00	8.83	2.51	0.24	30.52	10.75	3.49	82.21	2.48
Red+Blue (2:1)	100	6.00	8.30	2.51	0.25	23.43	5.85	2.06	77.22	2.52
	125	6.67	9.13	2.51	0.28	28.75	9.45	2.48	77.54	2.57
	150	6.33	10.77	2.83	0.28	29.50	10.59	3.44	78.12	2.57
Red+Blue (4:1)	100	6.67	10.37	2.71	0.24	29.14	9.43	2.61	79.63	2.63
	125	6.67	10.77	2.78	0.28	30.14	10.33	2.56	80.01	2.72
	150	6.67	11.73	3.19	0.31	30.16	13.25	3.66	81.17	3.22
LSD(.05) bet. LEDs source (A)		0.33	0.30	0.15	0.02	2.10	1.13	0.74	1.47	0.12
LSD(.05) bet. Luminous intensity (B)		0.28	0.26	0.13	0.01	1.82	0.98	0.64	1.27	0.10
LSD(.05) bet. (A) × (B)		* <sup>2)</sup>	***	NS <sup>1)</sup>	NS	NS	**	NS	NS	**

<sup>1)</sup> NS: Non-significant at 0.05 probability level.

<sup>2)</sup> \*, \*\*, \*\*\*: Significant at  $P=0.05$ ,  $0.01$  or  $0.001$  respectively.



Fluorescent lamp  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $1.34 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 낮았다(Table 3). Kim et al. (2011)의 연구결과에서 발아 후 8~18일간 상토에서 생육된 청치커리는 생체중 g 당  $0.5 \text{ mg}$  이하의 낮은 폴리페놀 함량을 보였다고 하였는데 본 시험에서는  $1\sim 3 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  내외의 폴리페놀 함량을 보였다. 이는 본 시험에서 사용된 Folin-Ciocalteu 시약과 반응하는 탄수화물, 단백질, amine류 등의 환원성 물질에서의 차이가 있어 나온 결과로 보여진다.

### 3) 시금치

LEDs 광원 및 광도에 따른 시금치의 생육과 기능성물질 함량을 조사한 결과 Red+Blue (2:1)  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 엽수는 9.7개로 가장 많았으며 대조구인 Fluorescent lamp 100,  $125 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 와 Red+Blue (2:1)  $125 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 7개로 가장 적었다. 초장은 Red+Blue (4:1)  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $11.57 \text{ cm}$ 로 가장 컸으며 Fluorescent lamp  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $7.8 \text{ cm}$ 로 가장 작았다. 생체중은 Red+Blue (4:1)  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $2.84 \text{ g/plant}$ 로 가장 높았으며 Fluorescent lamp  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $1.47 \text{ g/plant}$ 로 가장 낮았고 건물중은 Red+Blue (4:1) 125,  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $0.27 \text{ g/plant}$ 로 가장 높았으며 Fluorescent lamp  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , Red+Blue (1:1)  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $0.14 \text{ g/plant}$ 로 가장 낮았다.

엽록소 a와 b는 Fluorescent lamp  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 각각  $30.51 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,  $15.12 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 높은 함량을 나타냈으며 Red+Blue (4:1)  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 엽록소 a는  $20.86 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , Red+Blue (2:1)  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 엽록소 b는  $4.33 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 낮은 함량을 나타냈다. 총 안토시아닌 함량은 Red+Blue (4:1)  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $3.65 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 높았으며 Fluorescent lamp  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $1.32 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 낮았다. Free radical 소거능은 Red+Blue (2:1)  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 9.71%로 가장 높았으며 Fluorescent lamp  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 1.51%로 가장 낮았고 총 폴리페놀 함량은 Red+Blue (4:1)  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $0.34 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 높았으며 Fluorescent lamp  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , Red+Blue (2:1)  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $0.23 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 낮았다(Table 4). Lee et al. (2005)은 시금치의 phenol 함량과 DPPH radical 소거능을 분석한 결과 phenol 함량은 약  $80 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 로 높았던 반면에 DPPH radical 소거능은 그다지 우수하지 못했다고 하였다. 본 시험에서 사용된 시금치는 10% 내외의 낮은 DPPH radical 소거능을 보여 상기의 연구 결과와 일치하는 경향이었지만 총 폴리페놀 함량은  $1 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  내외의 함량을 보여 다소 차이가 나는 경향이였다. 이는 본 시험에서 사용된 Folin-Ciocalteu 시약과 반응하는 탄수화물, 단백질, amine류 등의 환원성 물질에서의 차이가 있어 나온 결과로 보여진다.

Table 4. Growth characteristics and functional components of spinach as affected by LEDs source and luminous intensity at 40 days after seeding

LEDs	Luminous intensity ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	No. of leaves	Shoot length (cm)	Fresh weight ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	Dry weight ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	Chlorophyll content ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )		Total anthocyanin content ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	DPPH free radical scavenging activity(%)	Total polyphenol content ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )
						a	b			
Fluorescent lamp	100	7.00	7.80	1.47	0.14	29.05	13.55	1.32	1.51	0.23
	125	7.00	8.10	1.61	0.15	30.12	14.23	1.38	1.54	0.25
	150	7.67	8.27	1.94	0.18	30.51	15.12	2.14	1.66	0.29
Red+Blue (1:1)	100	7.33	8.07	1.49	0.14	26.80	9.32	2.14	6.64	0.28
	125	8.00	8.43	1.72	0.17	27.31	9.91	2.11	6.76	0.28
	150	8.00	8.63	1.99	0.19	29.03	12.35	2.31	6.79	0.29
Red+Blue (2:1)	100	9.67	8.83	1.66	0.17	21.14	4.33	2.45	9.30	0.23
	125	7.00	8.73	2.36	0.23	21.60	5.40	2.56	9.44	0.25
	150	8.33	8.67	2.41	0.22	24.18	6.40	3.19	9.71	0.29
Red+Blue (4:1)	100	8.33	10.70	2.01	0.20	20.86	4.47	2.33	4.06	0.29
	125	9.00	11.13	2.74	0.27	21.01	5.61	2.46	4.13	0.31
	150	9.33	11.57	2.84	0.27	25.23	7.85	3.65	4.46	0.34
LSD(.05) bet. LEDs source (A)		0.48	0.37	0.10	0.05	2.38	1.02	0.72	1.22	0.04
LSD(.05) bet. Luminous intensity (B)		0.41	0.32	0.08	0.04	2.06	0.88	0.62	1.06	0.03
LSD(.05) bet. (A) $\times$ (B)		**** <sup>2)</sup>	NS <sup>1)</sup>	***	***	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>1)</sup> NS: Non-significant at 0.05 probability level. <sup>2)</sup> \*\*\*: Significant at  $P=0.001$  respectively.

#### 4) 적상추

LEDs 광원 및 광도에 따른 적상추의 생육과 기능성물질 함량을 조사한 결과 Red+Blue (2:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 과 Red+Blue (4:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 엽수는 7.7개로 가장 많았으며 대조구인 Fluorescent lamp 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 5.3개로 가장 적었다. Shin et al. (2013)은 청치마 상추의 엽수는 적색+청색광 하에서 가장 많았다고 하였는데 이는 본 시험과 일치하는 경향이었다. 초장은 Red+Blue (4:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 9 cm로 가장 컸으며 Fluorescent lamp 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 6.87 cm로 가장 작았다. 생체중은 Red+Blue (4:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 3.93 g/plant로 가장 높았으며 Fluorescent lamp 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 2.06 g/plant로 가장 낮았고 건물중은 Red+Blue (4:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 0.39 g/plant로 가장 높았으며 Fluor-

rescent lamp  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $0.2 \text{ g/plant}$ 로 가장 낮았다. Lee et al. (2010)의 보고에 따르면, 적색광 처리구에서의 상추 생육이 청색광 처리구보다 좋다고 하였는데 이는 본 시험과 일치하는 경향을 보였다.

엽록소 a와 b는 Fluorescent lamp  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 각각  $29.2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,  $12.52 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 높은 함량을 나타냈으며 Red+Blue (4:1)  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 각각  $19.35 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,  $5.47 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 낮은 함량을 나타냈다. 총 안토시아닌 함량은 Red+Blue (4:1)  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $46.26 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 높았으며 Fluorescent lamp  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $19.91 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 낮았다. Free radical 소거능은 Red+Blue (4:1)  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 73.42%로 가장 높았으며 Fluorescent lamp  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 52.48%로 가장 낮았고 총 폴리페놀 함량은 Red+Blue (4:1)  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $1.34 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 높았으며 Fluorescent lamp  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $1.05 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 낮았다(Table 5).

Table 5. Growth characteristics and functional components of red leaf lettuce as affected by LEDs source and luminous intensity at 40 days after seeding

LEDs	Luminous intensity ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	No. of leaves	Shoot length (cm)	Fresh weight ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	Dry weight ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	Chlorophyll content ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )		Total anthocyanin content ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	DPPH free radical scavenging activity(%)	Total polyphenol content ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )
						a	b			
Fluorescent lamp	100	5.33	6.87	2.06	0.20	27.10	11.06	19.91	53.34	1.05
	125	5.67	7.00	2.17	0.21	28.73	12.09	20.19	55.70	1.08
	150	6.67	7.27	2.36	0.23	29.20	12.52	20.91	52.48	1.10
Red+Blue (1:1)	100	5.67	6.90	2.16	0.22	24.29	9.01	25.23	59.42	1.17
	125	6.00	7.10	2.25	0.23	25.15	9.70	26.57	52.72	1.21
	150	6.67	7.43	2.64	0.25	29.05	12.40	28.42	54.51	1.21
Red+Blue (2:1)	100	6.33	7.13	2.18	0.22	20.28	6.33	30.39	62.06	1.23
	125	6.00	7.67	2.37	0.23	27.36	11.45	32.14	65.16	1.22
	150	7.67	8.57	2.99	0.30	27.42	11.93	35.35	67.37	1.24
Red+Blue (4:1)	100	6.33	8.17	3.38	0.33	19.35	5.47	41.39	70.19	1.31
	125	6.33	8.67	3.43	0.36	20.66	5.93	43.44	71.32	1.33
	150	7.67	9.00	3.93	0.39	22.56	7.78	46.26	73.42	1.34
LSD(.05) bet. LEDs source (A)		0.56	0.26	0.13	0.02	4.10	2.07	3.01	3.20	0.05
LSD(.05) bet. Luminous intensity (B)		0.49	0.23	0.11	0.01	3.55	1.79	2.61	2.77	0.04
LSD(.05) bet. (A) × (B)		NS <sup>1)</sup>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>1)</sup> NS: Non-significant at 0.05 probability level.

## 5) 싹갓

LEDs 광원 및 광도에 따른 싹갓의 생육과 기능성물질 함량을 조사한 결과 Red+Blue (4:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 엽수는 13개로 가장 많았으며 대조구인 Fluorescent lamp 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 8.3개로 가장 적었다. 초장은 Red+Blue (4:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 11.83 cm로 가장 컸으며 Fluorescent lamp 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 7.3 cm로 가장 작았다. 생체중은 Red+Blue (4:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 3.99 g/plant로 가장 높았으며 Fluorescent lamp 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 2.57 g/plant로 가장 낮았고 건물중은 Red+Blue (4:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 0.39 g/plant로 가장 높았으며 Fluorescent lamp 100, 125  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 와 Red+Blue (1:1) 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 0.25 g/plant로 가장 낮았다.

Table 6. Growth characteristics and functional components of crown daisy as affected by LEDs source and luminous intensity at 40 days after seeding

LEDs	Luminous intensity ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	No. of leaves	Shoot length (cm)	Fresh weight ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	Dry weight ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	Chlorophyll content ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )		Total anthocyanin content ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	DPPH free radical scavenging activity(%)	Total polyphenol content ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )
						a	b			
Fluorescent lamp	100	8.33	7.30	2.57	0.25	17.30	5.73	2.01	71.09	1.53
	125	9.00	7.53	2.62	0.25	20.23	6.28	2.03	72.56	1.54
	150	10.67	8.33	2.91	0.28	20.48	6.78	2.04	75.35	1.54
Red+Blue (1:1)	100	9.00	7.77	2.62	0.25	17.38	5.47	2.08	82.12	1.57
	125	10.00	7.83	2.78	0.27	20.21	6.25	2.14	83.31	1.59
	150	11.67	8.97	3.01	0.29	20.29	6.87	2.13	83.86	1.61
Red+Blue (2:1)	100	9.33	8.50	2.90	0.29	14.01	4.07	2.26	76.32	1.63
	125	10.67	8.60	3.09	0.30	17.22	5.67	2.22	76.54	1.64
	150	12.67	10.70	3.33	0.32	19.55	6.16	2.28	78.67	1.63
Red+Blue (4:1)	100	10.67	11.50	3.85	0.38	9.64	3.38	3.14	76.23	1.69
	125	12.00	11.70	3.85	0.37	10.21	3.71	3.51	76.92	1.72
	150	13.00	11.83	3.99	0.39	10.25	3.92	3.82	78.42	1.72
LSD(.05) bet. LEDs source (A)		0.66	0.34	0.13	0.02	1.30	1.31	0.84	1.99	0.03
LSD(.05) bet. Luminous intensity (B)		0.57	0.30	0.12	0.01	1.13	1.14	0.73	1.72	0.03
LSD(.05) bet. (A) × (B)		NS <sup>1)</sup>	** <sup>2)</sup>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>1)</sup> NS: Non-significant at 0.05 probability level. <sup>2)</sup> \*\*: Significant at P=0.01 respectively.

엽록소 a는 Fluorescent lamp 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 20.48  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 엽록소 b는 Red+Blue (1:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 6.87  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 높은 함량을 나타냈으며 Red+Blue (4:1) 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 각각 9.64  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 3.38  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 낮은 함량을 나타냈다. 총 안토시아닌 함량은 Red+Blue (4:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 3.82  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 높았으며 Fluorescent lamp 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 2.01  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 낮았다. Free radical 소거능은 Red+Blue (1:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 83.86%로 가장 높았으며 Fluorescent lamp 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 71.09%로 가장 낮았고 총 폴리페놀 함량은 Red+Blue (4:1) 125, 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 1.72  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 높았으며 Fluorescent lamp 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 1.53  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 낮았다(Table 6). Kim et al. (2011)의 연구결과에서 발아 후 8~18일간 상토에서 생육된 썩갠 생체중 g 당 0.5 mg 이하의 낮은 폴리페놀 함량을 보이고 free radical 소거능은 14% 내외였다고 하였는데 본 시험에서는 1~2  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  내의 폴리페놀 함량과 70~80% 내외의 free radical 소거능을 보였다. 이는 본 시험에서 사용된 썩갠의 품종, 재배기간 및 실험방법이 상기 연구에 사용된 썩갠과 서로 상이하여 나온 결과로 생각된다.

## 6) 겨자

LEDs 광원 및 광도에 따른 겨자의 생육과 기능성물질 함량을 조사한 결과 Red+Blue (4:1) 125, 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 엽수는 5개로 가장 많았으며 대조구인 Fluorescent lamp 100, 125  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , Red+Blue (2:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 4개로 가장 적었다. 초장은 Red+Blue (4:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 11.77 cm로 가장 컸으며 Fluorescent lamp 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 9.1 cm로 가장 작았다. 생체중은 Red+Blue (4:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 3.29 g/plant로 가장 높았으며 Fluorescent lamp 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 1.79 g/plant로 가장 낮았고 건물중은 Red+Blue (4:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 0.32 g/plant로 가장 높았으며 Fluorescent lamp 100, 125  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 와 Red+Blue (1:1) 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 0.18 g/plant로 가장 낮았다. Pyo et al. (2010)은 청겨자를 적색+청색 혼합광 하에서 발아시킨 후 각각 파장의 적색광으로 옮겨 재배한 결과 엽수, 무게, 건물중 등은 단색 LED광에 비해 적색+청색 혼합광 하에서 좋았다고 하였고 색이 진하고 선명하며 광택이 있다고 하였다. 본 시험에서도 Red+Blue (4:1) 광원에서 가장 좋은 생육 반응을 보여 상기의 연구 결과와 일치하는 경향이였다.

엽록소 a와 b는 Fluorescent lamp 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 각각 29.39  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 12.33  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 높은 함량을 나타냈으며 Red+Blue (1:1) 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 각각 10.12  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 2.91  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 낮은 함량을 나타냈다. 총 안토시아닌 함량은 Red+Blue (4:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 12.6  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 높았으며 Fluorescent lamp 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 4.86  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 낮았다. Free radical 소거능은 Red+Blue (2:1) 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 28.76%로 가장 높았으며 Fluorescent lamp 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 20.63%로 가장 낮았고 총 폴리페놀 함량은 Red+Blue (4:1) 125, 150  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 0.36  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 높았으며 Fluorescent lamp 100, 125

$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 와 Red+Blue (2:1)  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서  $0.25 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 낮았다(Table 7).

Table 7. Growth characteristics and functional components of red mustard as affected by LEDs source and luminous intensity at 40 days after seeding

LEDs	Luminous intensity ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	No. of leaves	Shoot length (cm)	Fresh weight ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	Dry weight ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	Chlorophyll content ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )		Total anthocyanin content ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	DPPH free radical scavenging activity(%)	Total polyphenol content ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )
						a	b			
Fluorescent lamp	100	4.00	9.10	1.79	0.18	20.51	5.21	4.86	20.63	0.25
	125	4.00	9.30	1.91	0.18	25.26	8.24	5.10	24.71	0.25
	150	4.33	9.67	2.21	0.21	29.39	12.33	6.22	26.48	0.26
Red+Blue (1:1)	100	4.33	9.40	1.92	0.18	10.12	2.91	7.26	22.13	0.30
	125	4.33	9.83	2.04	0.20	15.07	3.47	7.25	26.73	0.30
	150	4.33	10.47	2.43	0.23	18.10	5.98	9.34	25.04	0.32
Red+Blue (2:1)	100	4.67	10.00	2.09	0.21	16.41	4.55	9.32	23.38	0.25
	125	4.67	10.50	2.16	0.21	21.08	6.19	9.35	27.56	0.27
	150	4.00	11.53	2.81	0.27	23.34	6.73	9.35	28.76	0.31
Red+Blue (4:1)	100	4.67	10.93	2.36	0.25	18.70	4.33	11.51	22.14	0.35
	125	5.00	11.10	3.13	0.30	21.05	6.13	11.78	22.71	0.36
	150	5.00	11.77	3.29	0.32	21.46	6.20	12.60	21.47	0.36
LSD(.05) bet. LEDs source (A)		0.49	0.25	0.07	0.01	1.97	1.54	1.36	2.39	0.02
LSD(.05) bet. Luminous intensity (B)		0.43	0.22	0.06	0.01	1.71	1.34	1.18	2.07	0.02
LSD(.05) bet. (A) × (B)		NS <sup>1)</sup>	NS	*** <sup>2)</sup>	**	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>1)</sup> NS: Non-significant at 0.05 probability level. <sup>2)</sup> \*\*, \*\*\*: Significant at  $P=0.01$  or  $0.001$  respectively.

#### IV. 적 요

LEDs 광원 및 광도에 따른 베이비채소 6작물의 생육 특성과 기능성물질 함량을 구명하고자 Fluorescent lamp ( $100, 125, 150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), Red+Blue 1:1 ( $100, 125, 150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), Red+Blue 2:1 ( $100, 125, 150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), Red+Blue 4:1 ( $100, 125, 150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) 광원 하에서 파종 40일 후에 수확하여 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 베이비채소의 엽수는 시금치를 제외한 비트, 치커리, 적상추, 쪽갓, 겨자에서 Red+Blue (4:1)  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  처리에서 가장 많았다.
2. 초장은 비트를 제외한 치커리, 시금치, 적상추, 쪽갓, 겨자에서 Red+Blue(4:1)  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  처리에서 가장 높았다.
3. 생체중과 건물중은 비트, 치커리, 시금치, 적상추, 쪽갓, 겨자에서 Red+Blue(4:1)  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  처리에서 가장 높았다.
4. 엽록소 a, 엽록소 b 함량은 시금치, 적상추, 겨자가 대조구인 Fluorescent lamp  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 가장 높았다.
5. 총 안토시아닌과 총 폴리페놀 함량은 비트, 치커리, 시금치, 적상추, 쪽갓, 겨자에서 Red+Blue(4:1)  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  처리에서 가장 높았다.
6. Free radical 소거능은 비트, 치커리, 시금치, 적상추, 쪽갓, 겨자의  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 높았지만 LEDs 광원별로는 차이를 보이지 않았다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 비트, 치커리, 시금치, 적상추, 쪽갓, 겨자의 베이비 채소를 Red+Blue (4:1)  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 재배한다면 더욱 좋은 생육 효과를 기대할 수 있고 기능성 물질 함량도 다른 광도와 비교하여 상대적으로 좋았으므로 추후 상기의 베이비채소 생산 시 유용한 기초자료가 될 것으로 생각된다.

[Submitted, July. 15, 2015 ; Revised, August. 31, 2015 ; Accepted, September. 8, 2015]

## Reference

1. Bae, J. H., J. Y. Cho, B. W. Kim, H. G. Jang, and B. G. Heo. 2008. Effects of storage humidity on the sprout growth of mulberry cut twigs. *J. Bio-Environment Control*. 17: 20-25.
2. Blois, M. S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 26: 1199-1200.
3. Choi, S. Y., M. J. Kil, Y. S. Kwon, J. A. Jung, and S. K. Park. 2012. Effect of Different Light Emitting Diode (LED) on Growth and Flowering in Chrysanthemum. *Flower Res. J.* 20(3): 128-133.
4. Dewanto, V., X. Wu, K. K. Adom, and R. H. Liu. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidative activity. *J. Agric. Food Chem.* 50: 3010-3015.

5. Feng, P. 1997. A summary of background information and foodborne illness associated with the consumption of sprouts. Center for Food Safety and Applied Nutrition, Washington, DC.
6. Inskeep, W. P. and P. R. Bloom. 1985. Extinction coefficients of chlorophyll a and b in N,N-dimethylformamide and 80% acetone. *Plant Physiol.* 77: 483-485.
7. Kim, H. R. and Y. H. You. 2013. Effects of red, blue, white, and far-red LED source on growth responses of wasabia japonica seedlings in plant in plant factory. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 31(4): 415-422.
8. Kim, J. S., and K. W. Kim. 2011. Total polyphenol contents and antioxidant activities of MeOH extracts from baby vegetables. *Korean Journal of Plant Resources*, 2011(4).
9. Lee, H. S. and Y. W. Park. 2005. Antioxidant activity and antibacterial activities from different parts of broccoli extracts under high temperature. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 34(6): 759-764.
10. Lee, J. G., S. S. Oh, S. H. Cha, Y. A. Jang, S. Y. Kim, Y. C. Um, and S. R. Cheong. 2010. Effects of Red/Blue light ratio and short-term light quality conversion on growth and anthocyanin contents of baby leaf lettuce. *J. of Bio-Environment Control.* 19(4): 351-359.
11. Moon, H. S. 2009. Studies on the production and antimicrobial, anticancer activities of baby vegetables. PhD Diss., Korea Univ. Seoul.
12. Park, K. W., D. K. Hwang, and H. M. Kang. 2003. Leafy lettuce production using baby vegetable in hydroponic system with non-woven fabric mat. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 21(3): 175-180.
13. Pyo, H. J., Y. H. Kim, H. M. Lee, S. W. Park, and J. H. Lee. 2010. Effect of LED light on baby leafy vegetables growth and quality. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28 (SUPPL. 1) May.
14. Shin, Y. S., M. J. Lee, E. S. Lee, Y. S. Lim, J. H. Ahn, J. H. Lim, Y. C. Um, S. D. Park, and J. H. Chea. 2013. Effect of single and mixed LEDs irradiation on growth and mineral absorption of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 31 (SUPPL. 1) May.
15. Son, K. H., J. H. Park, D. 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(6): 664-672.
16. Wang, H. M. G. J. Cui, K. Shi, T. Zhou, and J. 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. Photochem. Photobiol.* B.96: 30-37.
17. Wu, M. C., C. Y. Hou, C. M. Jiang, Y. T. Wang, C. Y. Wang, H. H. Chen, and H. M. Chang. 2007. A novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of



- pea seedlings. *Food Chem.* 101: 1753-1758.
18. Yang, Z. D. and W. W. Zhai. 2010. Optimization of microwave-assisted extraction of anthocyanins from purple corn (*Zea mays* L.) cob and identification with HPLC-MS. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 11(3): 471-476.
  19. Yeh, N. and J. P. Chung. 2009. High-brightness LEDs-energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation. *Renewable Sustainable Energy Rev.* 13: 2175-2180.