

청색과 적색의 혼합LED광 처리가 인삼의 생육 및 진세노사이드 함량에 미치는 영향

성봉재* · 김현호* · 조진웅**†

*충청남도 농업기술원, **충남대학교 농업생명과학대학

The Effect of Blue and Red LEDs Irradiation on The Growth Characteristics and Ginsenoside Content of *Panax ginseng* C. A. Meyer

Bong-Jae Seong,* Hyun-Ho Kim,* and Jin-Woong Cho**†

*Chungnam Agricultural Research & Extension Service, Keumsan 312-804, Korea

**College of Agricultural and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

ABSTRACT An LED plant factory farm is an alternative way to grow crops regardless of weather, season, and blight in such times of climate change. In recent years, it is a currently active and vibrant research field. The industry, which ranges from leaf vegetables to high value products, is expanding. This study was conducted to test the response of LED (Light-emitting diode) irradiation on the growth characteristics and ginsenoside levels indoors, in order to find out suitable light conditions. Ginseng seedling was transplanted from a styrofoam pot (L×W×D:495×315×215 mm, inside diameter) into a closed plant production system in four blue LED (BL) and red LED (RL) different ratios of 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 in a temperature range of 20~25°C, relative humidity of between 55 and 65%, and a 12-hour photoperiod. The LED irradiation shows the highest levels were found at 1:1 of BL and RL ratio at 61.21 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$, 1:2 ratio 68.55 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$, 1:3 ratio 63.85 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ and 1:4 ratio 62.41 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ from highest to lowest respectively. After analyzing from shoot and root 2 years old ginseng plant which were cultivated under 1:3 irradiation of BL and RL ratio, it generally showed a positive effect under a 1:3 ratio of BL and RL.

Keywords : ginseng seedling, blue LED, red LED, ginsenoside

식물공장은 시설 내에 광, 온도, 습도, CO₂농도 등 환경 조건을 인공적으로 제어 하여 계절과 병해충, 장소에 관계없이 안정적으로 농산물을 공산품처럼 계획적으로 연속 생산할 수 있는 시스템으로 우리나라는 외국에 비해 30년 정도 늦은 1990년대부터 도입하기 시작하여 1993년 양액재배에

의한 시설채소의 육묘공장의 상업화, 농촌진흥청 고령농업 연구 센터에서 부분제어형 식물 공장 시스템으로 무병주 씨 감자를 생산하는 등으로 발전되어 왔다.

식물 공장은 시설에 대한 구성요소의 차이와 제어수준에 따라 부분제어형 식물공장과 완전제어형 식물공장 으로 구분 할 수 있지만(Kim, 1999; Kim, 2010), 식물 재배 시 경비가 많이 드는 단점에도 불구하고 실용화를 위하여 재배할 작물의 경제성 확보가 중요하여 고급야채류 또는 약용 식물 등의 고부가가치의 환금 작물을 재배하는 것이 중요하다고 할 수 있다.

인삼은 비교적 낮은 광도에서 재배되는 반음지성 작물로 작사광선, 고온과 과습 등의 환경장해와 근부병 등의 의한 연작장해가 매우 심한 작물로 재배면적이 2009년에 비하여 2013년에 약 20% 재배면적이 감소되는 경향을 보이고 있다(Seong *et al.*, 2014; MAFRA, 2014). 또한 인삼은 해가림으로 재배되고 있기 때문에 광 부족으로 동화작용이 부진하여 근부의 비대가 저조해지며 광량이 지나치게 많으면 엽록소의 분해로 근부의 비대가 저조하여 인삼의 뿌리 수량이 낮아지는 원인으로 알려져 있다(Cheon *et al.*, 1991). Lee (2007)는 인삼의 수확량을 높이기 위해서는 건전한 잎을 오래 지속시키고 광합성 작용에 최적 조건을 조성하여 물질 생산을 증대시키는 것이라고 하였으며 Kim *et al.* (2009)는 인삼의 건전한 잎을 오래 유지시키는 것 광합성 시간을 증가시키는 방법이 더욱 효과적일 것으로 하였는데 인삼잎의 광합성 기간의 연장을 위하여 인삼의 생육에 최적의 환경을 제어할 수 있는 완전 제어형 식물공장이 그 대안으로 대두

†Corresponding author: (Phone) +82-42-821-5725 (E-mail) jwcho@cnu.ac.kr

<Received 8 November, 2014; Revised 25 January, 2015; Accepted 25 February, 2015>

되고 있다(Kim *et al.*, 2009). 식물공장에서 재배한 인삼은 밭 인삼보다 생육기간의 단축(Cheon *et al.*, 1991), 사포닌 함량의 증대(Kim *et al.*, 2009)등의 보고가 있다. 또한 LED 청·적색 혼합 광 조사 시 다체의 어린잎 생육량을 증가시킬 뿐만 아니라 Penol, flavonoid 함량이 증가(Kim *et al.*, 2013), 고추냉이에서도 청·적색 혼합 광 조사할 때, 단색광에 비해 식물의 성장과 발달에 효과적이라 하였고(Kim *et al.*, 2013), Eucalyptus에 청·적색 혼합 광을 조사 하였더니 적색광에 비해 생체중, 엽수, 뿌리 발생률이 증가하였다고 한다(Tanaka, 1999). 따라서 본 실험은 LED 청·적색광을 혼합 조사하여 2년근 인삼의 생육과 진세노사이드 함량에 미치는 영향을 분석하여 식물공장에서 인삼을 재배할 때 적절한 청·적색 LED 혼합비율을 찾아 친환경적이며 고품질의 인삼을 생산할 수 있는 가능성을 알고자 실시하였다.

재료 및 방법

본 실험은 충청남도 농업기술원 금산 인삼약초 시험장에 구입한 묘삼(품종: 자경종)을 스티로폼 포트(L×W×D:495×315×215 mm)에 6×9 cm간격으로 2013년 3월 15일에 이식하였다. 재배시설은 4.4 m×5.8 m×3.8 m의 방안에 너비 1.6 m, 길이 2.6 m, 높이 2.4 m의 이중선반을 4등분하여 청색광(BL, 450 nm)과 적색광(RL, 660 nm)의 LED조명을 1:1, 1:2, 1:3, 그리고 1:4의 비율로 설치하였고 외부 빛 차단 및 빛의 반사율을 높이기 위해 흰색반사필름으로 둘러쌌다. LED조명을 점등한 시간은 오전 6시부터 오후 6시까지 12시간의 광주기로 하였으며, 재배시설 내부의 습도는 65~70%, 온도는 20~25°C로 유지하였다. 광량은 Quantum sensor (Li0190SA, U.S.A)를 이용하여 측정된 결과 Table 1과 같이 청색과 적색 LED 비율이 1:1은 61.21 μmol s⁻¹m⁻²였으며 1:2는 68.55 μmol s⁻¹m⁻², 1:3은 63.85 μmol s⁻¹m⁻², 그리고 1:4는 62.41 μmol s⁻¹m⁻²였다.

상토는 수분 50±10%, 용적밀도 0.3±0.15 mg/m³, PH는 5~7, ES는 0.6이하인 인삼전용상토를 사용하였다. 생육조사는 이식 후 약 4개월 후인 7월 15일에 경장, 경직경, 잎면적, 지

상부 건물중을 측정하였으며 지하부는 6개월 후인 10월 중순에 근경, 근직경, 근중 등을 측정하였다. 사포닌 추출과 분석은 인삼분말시료 2 g에 50% MeOH을 30 ml 첨가하여 ultrasonic bath (Powersonic 410)에 넣은 후 15분 동안 초음파 추출한 후 여과 하였다. 같은 방법으로 총 2회 추출한 여과액을 100 ml 정용 플라스크에 담아 부피를 정확히 100 ml로 맞춘다. Sep-pak Plus c18 cartridge를 먼저 3 ml MeOH로 서서히 용출 시켜 조정후 다시 3 ml dd-H₂O로 2차 조정후 이전에 준비된 추출 시료액 1 ml를 cartridge에 loading 하고 10 ml dd-H₂O로 서서히 용출하여 극성이 높은 당류 등을 제거한 다음 이 cartridge에 2 ml MeOH를 처리하여 서서히 ginsenoside 성분을 용출 시키는데 이때 용출액 2 ml EP tube에 받은 다음 EP tube에 용출된 시료액을 포함하여 정확히 부피가 2 ml가 되도록 MeOH로 조절후 시료액은 0.45 μm membrane filter로 여과한 후 이 시료액을 autosampler vial에 옮겨 HPLC분석을 실시하였다. HPLC은 NS-4000 (Futecs, Korea)에 ELSD Detector 300s (Soft, USA)를 사용하였다. 칼럼은 Prontosil NC (250×4.6 mm)였으며, 시료는 5 μm PVDF filter (Whatman)로 여과한 후에 20 μl씩 주입하였으며 용매는 A (Water : Acetonitrile = 97 : 3), B (20 mM Ammonium acetate : Acetonitrile :Methanol = 55 : 40 : 5), C (Acetonitrile :Water =90 : 10)를 사용하였다. 이동상의 유속은 0.8 ml/min, 칼럼온도는 35°C로 분석하였다.

결과 및 고찰

인삼 지상부 및 지하부 생육 특성

광 처리에 따른 인삼 지상부 생육 변화는 Table 2와 같다. 경장은 BL과 RL의 비율이 1:4에서 8.74 cm를 보였고, 1:2 비율에서 8.66 cm, 1:1 비율은 8.37 cm, 그리고 1:3의 비율이 8.08 cm로 처리간에 유의한 차이를 보였으며 특히 BL과 RL의 비율이 1:4에서 다른 처리에 비하여 1~8% 증가하는 경향을 보였다. 경직경은 BL과 RL의 비율이 1:1과 1:2 처리가 상대적으로 두꺼운 경향을 보였다. 엽면적은 BL과 RL의 비율이 1:1 처리에서 63.29 cm²으로 가장 넓었으며, 1:3의 비율이 54.81 cm²로 가장 낮은 경향을 보였다. 또한 인삼의 지상부 건물중은 BL과 RL의 비율이 1:1에서 1.48 g로 1:2, 1:3 그리고 1:4 보다 상대적으로 높은 경향을 보였다.

한편, BL과 RL 비율에 따른 인삼 뿌리의 근장은 BL+RL 비율이 1:2에서 18.63 cm로 가장 길었으며 1:4 비율이 17.11 cm으로 가장 작았으며 근경은 4가지 처리 모두 유의적인 차이를 보이지 않았지만 인삼 근중은 BL+RL 비율이 1:3에서 3.94 g으로 가장 높았으며 상대적으로 BL과 RL 비율이

Table 1. Quantum for day-break in different light conditions.

BL : RL [†] ratio	Quantum (μmol s ⁻¹ m ⁻²)
1 : 1	61.21
1 : 2	68.55
1 : 3	63.85
1 : 4	62.41

[†]BL : Blue LED, RL : Red LED

Table 2. Growth characteristics of top parts of ginseng in different light-conditions.

BL : RL [†] ratio	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf area (cm ² plant ⁻¹)	Top dry matter (g plant ⁻¹)
1:1	8.27ab [‡]	2.03a	62.18a	1.48a
1:2	8.56a	2.02a	56.09b	1.30b
1:3	8.02b	1.80c	54.61c	1.22b
1:4	8.54a	1.93b	57.51b	1.30b

[†]BL : Blue LED, RL : Red LED

[‡]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

Table 3. Growth characteristics of ginseng root in different light-conditions.

BL : RL [†] ratio	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Root dry matter (g plant ⁻¹)
1:1	18.46a [‡]	9.52a	3.66b
1:2	18.63a	8.92b	3.13b
1:3	18.58a	10.09a	3.94a
1:4	17.11b	9.03a	3.43b

[†]BL : Blue LED, RL : Red LED

[‡]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

**Fig. 1.** Growth Characteristics of ginseng root by different blue and red LED light ratio.

1:2이나 1:4가 적게 나타나 인삼 묘삼의 LED 효과를 얻기 위해서는 청색광과 적색광의 비율이 1:3의 비율로 재배해야 할 것으로 생각되었다(Table 3, Fig. 1).

인삼 잎과 뿌리의 진세노사이드 함량

이식 후 약 3개월 후인 7월 15일 측정한 BL과 RL LED 광 조건에 따른 인삼 잎의 saponin 함량을 살펴보면 총 함량은 BL과 RL의 비율이 1:1에서 58.27 g으로 가장 많았으

며 BL과 RL의 비율이 1:4에서 50.30 g으로 총 함량이 가장 낮았다(Table 4). 진세노사이드를 성분별로 살펴보면 대체적으로 BL과 RL 비율이 1:1에서 많았는데 특히 Rd와 Re 함량이 상대적으로 많았으며 Rb1 함량 역시 1:1 비율에서 많은 경향을 보였다. 대부분의 성분은 청색광 비율이 상대적으로 클 경우 높은 함량을 보였다.

한편, 적색광과 청색광 처리 비율에 따른 인삼 뿌리의 진세노사이드 함량을 살펴보면, 잎의 함량과는 달리 청색광과

Table 4. Ginsenoside composition of ginseng leaf by light-treatment.

BL : RL [†] ratio	Ginsenosides concentration (mg g ⁻¹ DM)								
	Rb1	Rb2	Rb3	Rd	Re	Rg1	Rg2	Rh1	Total
1:1	2.22a [‡]	4.87a	0.57a	16.16a	26.85a	7.01b	0.60a	0.12a	58.27a
1:2	2.00a	3.43b	0.39b	11.10b	23.36a	6.71b	0.61a	0.07a	51.33b
1:3	1.76b	3.78a	0.43b	13.45b	20.42b	6.68b	0.73a	0.11a	52.15b
1:4	1.76b	3.33b	0.36b	13.13b	19.48b	8.59a	0.50b	0.11a	50.30b

[†]BL : Blue LED, RL : Red LED

[‡]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

Table 5. Ginsenoside composition of ginseng root by light-treatment.

BL + RL [†] ratio	Ginsenosides concentration (mg g ⁻¹ DM)								
	Rb1	Rb2	Rb3	Rd	Re	Rg1	Rg2	Rh1	Total
1:1	1.62b [‡]	0.64b	0.16a	0.29a	2.09b	0.36a	0.08b	0.01	6.24b
1:2	2.17a	0.88a	0.18a	0.31a	2.32a	0.45a	0.11b	0.00	7.72a
1:3	2.01a	0.80a	0.18a	0.30a	2.58a	0.49a	0.17a	0.00	7.69a
1:4	2.05a	0.78a	0.17a	0.29a	2.51a	0.42a	0.13a	0.00	7.53a

[†]BL : Blue LED, RL : Red LED

[‡]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

다는 적색광의 비율이 높을 때 더 많은 함량을 보이는 경향을 보였다(Table 5). BL+RL의 1:1 비율이 약 6.24 mg을 보인 반면 1:2, 1:3 그리고 1:4의 광 비율은 7.53~7.72 mg/g 상대적으로 높은 함량을 보였는데 앞의 경우 1:1 비율에서 가장 높은 함량을 보였지만 뿌리는 청색광보다는 적색광의 비율이 높을 경우 진세노사이드 총 함량은 높아지는 경향을 보였다. 일반적으로 인삼 뿌리의 진세노사이드 함량은 투광량이 많은 조건에서 증가하는 경향을 보이고 있고 특히 잎의 생존기간이 중요한 역할을 담당한다고(Lee *et al.*, 1983; Lee *et al.*, 2007) 하였으며 Fournier *et al.* (2003)은 *Panax quinquefolius*의 임간재배에서 광량을 400 μmol/s/m²까지 증가시키면 총 사포닌의 함량은 계속 증가하였으며, 적색광과 원적색광도 사포닌 함량을 증가시켰다고 하였는데, 본 연구 결과 인삼 뿌리의 진세노사이드 함량 증가는 적색광의 영향으로 그 함량이 증가하는 것으로 생각된다.

적 요

LED 청색광과 적색광을 2년근 인삼에 대하여 혼합 처리하여 생육 반응과 진세노사이드 함량에 미치는 영향을 알아본 결과 인삼의 지상부의 엽면적과 건물중은 청색광과 적색광의 비율이 1:1 처리에서 상대적으로 가장 높았으나 인삼

뿌리의 건물중은 1:3 비율이 가장 컸다. 진세노사이드 함량은 지상부는 청색광과 적색광 비율이 1:1에서 가장 높았지만 인삼 뿌리의 함량은 1:1 비율이 가장 낮았다.

사 사

본 연구는 2014년도 충남대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

인용문헌(REFERENCES)

Cheon, S. K., S. K. Mok, S. S. Lee, and D. Y. Shin. 1991. Effects of light intensity and quality on the growth and quality of Korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) I. Effects of light intensity on the growth and yield of ginseng plants. Korean J. Ginseng Sci. 15 : 21-30.

Fournier, A. R., J. T. A. Proctor, L. Gauthier, S. Khanizadeh, A. Belanger, A. Gosselin, and M. Dorais. 2003. Understory light and root ginsenosides in forest-grown *Panax quinquefolius*. Phytochemistry. 3 : 777-782.

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 factory. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 31(4) : 415-422.

Kim, J. H. 2010. Trend and direction for plant factory system. J.

- Plant Biotech. 37 : 442-455.
- Kim, M. J., S. K. Lee, J. S. Han, S. E. Lee, and J. E. Choi. 2009. Effect of Blue and Red LED irradiation on Growth Characteristics and Saponin Contents in *Panax Ginseng* C. A. Meyer. Korean J. Medi. Crop Sci. 17 : 187-191.
- Kim, W. B., H. J. Cho, J. G. Lee, J. W. Choi, J. G. Kim, and M. H. Park. 2013. Baby Leaves Growth, Minerals, Phenol, and Flavonoid Content of *Brassica campestris* L. According to LED Red/Blue Light. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 31(S I) : 60-61.
- Kim, Y. H. 1999. Plant growth and morphogenesis control in transplant production system using light-emitting diodes (LEDs) as artificial light source. Spectral characteristics and light intensity of LEDs. J. Kor. Soc. Agri. Mach. 24 : 115-122.
- Kim, M. J., X. Li, J. S. Han, S. E. Lee, and J. E. Choi. 2009. Effect of Blue and Red LED irradiation on Growth Characteristics and Saponin Contents in *Panax Ginseng* C. A. Meyer. Korean J. Medicinal Crop Sci. 17(3) : 187-191.
- Lee, J. C., J. H. Choi, S. K. Cheon, C. H. Lee, and J. S. Jo. 1983. Studies on the optimal light intensity for growth of *Panax ginseng*. II. Effect of light intensity on the contents of saponin and free sugar in the *inseng* leaf. Korean J. Ginseng Res. 29(s) : 3-18.
- Lee, S. S., John T. A. Proctor, and K. T. Choi. 1999. Influence of monochromatic light on photosynthesis and leaf bleaching in *Panax* species. J. Ginseng Res. 23 : 1-7.
- Lee, S. W., G. S. Kim, N. J. Lee, D. Y. Hyun, C. G. Park, H. G. Park, and S. W. Cha. 2007. Effects of blue and yellow polyethylene shading net on growth characteristics and ginsenoside contents in *panax inseng* C.A. Meyer. Korean J. Crop Sci. 15(3) : 194-198.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2014. Statistical source book of ginseng 2013. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong, Korea. pp. 2-3.
- Seong, B. J., S. H. Han, S. I. Kim, G. H. Kim, K. S. Lee, H. H. Kim, J. Y. Won, J. D. S, and J. W. Cho. 2014. Growth characteristics and ginsenoside contents of Korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) by green manure crops. Korean J. Crop Sci. 59 : 364-368.
- Tanaka, M. 1999. the use of light-emiting didoes(LED) as a novel light source for micropropagation. Proc. of The Korean-Japan joint Symp. on Transplant production in Horticultural Plant 1-2 nov. Chungbuk Nat'l Univ., pp. 43-52.