

LED광을 이용한 눈꽃동충하초 생산

조유영* · 권해용 · 이광길 · 이희삼 · 여주홍
농촌진흥청 국립농업과학원 잠사양봉소재과

Effects of LED on the growth of *P. tenuipes*

You-Young Jo*, HaeYong Kweon, Kwang-Gill Lee, Heui-Sam Lee and Joo-Hong Yeo

Sericultural & Apicultural Materials Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-100, Korea

(Received April 11, 2014, Accepted June 03, 2014)

ABSTRACT

The effects of LED irradiation on growth and functional components of crops are actively being studied. We investigated the effects of red LED on the cordyceps cultivation because Cordyceps is very difficult to find in the wild and to cultivation. The synnemata formation rate of *P. tenuipes* was 100% under red LED. Also weight, length, and number of the synnemata were significantly increased. We expect that the red LED treatment will be of help to improve farm income.

Key words : Cordyceps, *P. tenuipes*, red LED

서 론

동충하초는 겨울에는 벌레상태로 있다가 여름에는 풀처럼 돋아 나오는 모습에서 연유된 이름으로 버섯의 일종이다. 예로부터 불로장생의 비약으로 알려진 동충하초는 중국동충하초(*Cordyceps sinensis*)를 지칭하는 것으로 중국의 티베트 등 히말라야의 해발 3천 ~ 4천미터의 고산지대에서 박쥐나방 유충을 기주로 하여 발생한다. 현재 알려진 동충하초는 세계적으로 800여종에 이르며, 이중 버섯을 형성하는 것은 약 400여종이 보고되었다(Sung et al. 1997). 하지만 국내에서 식품원료로 등재된 동충하초는 변태기동충하초(*Cordyceps militaris*)와 눈꽃 동충하초(*Paecilomyces tenuipes*, *Paecilomeces japonica*) 뿐이며, 한약재로는 중국 동충하초(*Cordyceps sinensis*)만이 사용되고 있는 실정이다. 동충하초는 혈당강하효과(Kim and Choe 2005), 면역력 증강효과(Kim et al. 2012), 간기능 개선효과(Jo et al. 2008), 비만 억제효과(Heo et al. 2009), 혈전용해 활성화(Ahn et al. 2012), 종양 억제효과(Park et al. 2000) 등 우수한 효능을 가지고 있다. 하지만, 생육조건이 까다로워 동충하초의 자실체를 채집하는 것은 매우 어렵기 때문에 세계적으로 그

생산량이 매우 적고, 고가이므로 대중식품으로 자리 잡는데 한계가 있다.

본 연구에서는 눈꽃동충하초의 생산에 대한 적색 LED(Light Emitting Diode)의 영향을 알아보기 위하여, 적색 LED 하에서 눈꽃동충하초를 재배하였으며, 균사체 생장 면적, 자실체 발생율, 자실체의 길이, 자실체 무게 등을 일반 형광등에서 재배 시와 비교하였다.

재료 및 방법

1. 시험균주

본 실험에서 사용한 동충하초 균주는 국립농업과학원 잠사양봉소재과 보존균주로 *P. tenuipes* J2(눈꽃동충하초) 균주를 사용하였다. 균주를 PDA(Potato Dextrose Agar) 배지에 접종하여 25°C 배양기에서 14일 동안 정치 배양하여 접종원으로 사용하였다.

2. *P. tenuipes* 균사체 배양

14시간 물에 침지하고 1시간 동안 체에 받쳐 물기를 제거한 현미를 삼각 플라스크에 분주하고 121°C에서 25분

*Corresponding author. E-mail: yyjo@korea.kr

떨균하였다. 여기에 14일 동안 PDA배지에서 배양된 *P. tenuipes* 균사체 콜로니를 접종하여 25°C에서 20일 이상 균사체를 배양하였다.

3. *P. tenuipes* 자실체 형성에 미치는 영향







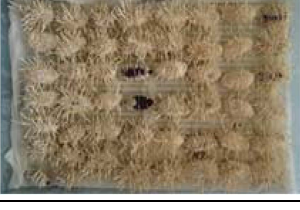

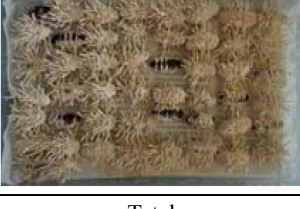

눈꽃동충하초의 자실체를 생산하기 위하여 배양된 *P. tenuipes*의 균사체의 수를 개수한 다음, 10⁷/mL의 농도로 5령기잠 누에에 접종하였다. 접종 7~8일 후 누에는 고치를 짓고, 다시 9~10일 경과 후 번데기가 동충하초균에 감염되어 경화되기 시작하여 노란 버섯 원기가 형성되기 시작하였다. 이 때, 누에고치를 절각하여 번데기를 분리

하고 재배상에 배치하여, 25°C 온도에서, 형광등과 LED 적색등 아래에서 각각 20일정도 배양하였다. 배양된 눈꽃동충하초의 자실체 발생율을 조사하였으며, 전체 무게, 번데기 당 자실체 무게, 자실체 길이, 자실체 개수 등을 조사하였다.

4. 통계학적 분석

각 실험은 최소 4회 이상 반복 실험을 수행하였다. 통계 분석 (STASTICA)은 mean ± SD로 표시하였고, t-TEST를 통하여 분석하였으며, P(T ≤ t) 양측검정을 실시하여 < 0.05에 대하여 *, < 0.01에 대하여 **, < 0.001은 ***로 나타냈다.

Table 1. Synnemata formation of *P. tenuipes* by light source

| Fluorescent | Synnemata formation | Red LED | Synnemata formation |
|---|---------------------|--|---------------------|
|  | 46/50 |  | 50/50 |
|  | 47/50 |  | 50/50 |
|  | 43/50 |  | 50/50 |
|  | 47/50 |  | 50/50 |
|  | 44/50 |  | 50/50 |
| Total | 197/250 | Total | 250/250 |

결과 및 고찰

LED광은 다양한 파장을 선택적으로 만들 수 있어, 보조광원으로 LED를 이용하여 많은 연구자들이 식물 성장과 기능성 물질의 변화에 관한 연구를 하였다. 식물 성장에 관한 연구로 나리(Lian et al. 2002), 들깨(Choi 2003), 상추(Hoenecke et al. 1992), 밀(Tripathy and Brown 1995), 지황(Han et al. 2000), 도라지(Eun et al. 2000), 딸기(Samuoliene et al. 2010) 등이 보고되었다. 또한 잎채소 품질 연구(Lee et al. 2010)와 민들레 항산화 활성 및 기능성분 함량(Ryu et al. 2012), 인삼사포닌 함량(Kim et al. 2009) 등 다양한 기능성 성분의 변화에 관한 연구를 수행하였다.

동충하초는 국내외에서 식품 및 기능성 소재로써 산업적 이용가치가 매우 높지만 인공적으로 자실체를 형성시키기가 매우 어렵고, 계대배양에 의해 활력이 저하되고 생산성이 떨어져 경제적 가치가 많이 저하되는 실정이다. 본 연구에서는 눈꽃동충하초 생산 시 형광등과 LED 적색광을 조사하여 눈꽃동충하초 생육에 대한 영향을 비교하였다. 표 1에 나타난 것처럼 적색 LED조명에서 재배된 눈꽃동충하초는 100% 자실체를 형성하였으나, 형광등 조명에서 재배된 눈꽃동충하초는 약 79%의 자실체 형성율을 보여 적색 LED의 조사가 눈꽃동충하초 자실체 형성에 크게 도움을 주어 자실체 발생율을 현저히 개선하였다. 그림 1에서 보는 것과 같이 형광등 조명에서 재배한 눈

꽃동충하초에 비해 적색 LED조명에서 재배한 눈꽃 동충하초의 자실체 길이와 자실체 크기가 증가하여 우수한 품질의 동충하초를 생산할 수 있음을 확인하였다. 구체적으로 살펴보면 적색 LED 조명을 조사할 경우, 눈꽃동충하초의 총 무게는 11% 정도 증가하였으며, 각 번데기 당 무게는 0.25 g에서 0.31 g으로 24% 증가하였다. 또한 자실체의 길이 15 cm에서 16.2 cm로 8%, 자실체 개수는 43개에

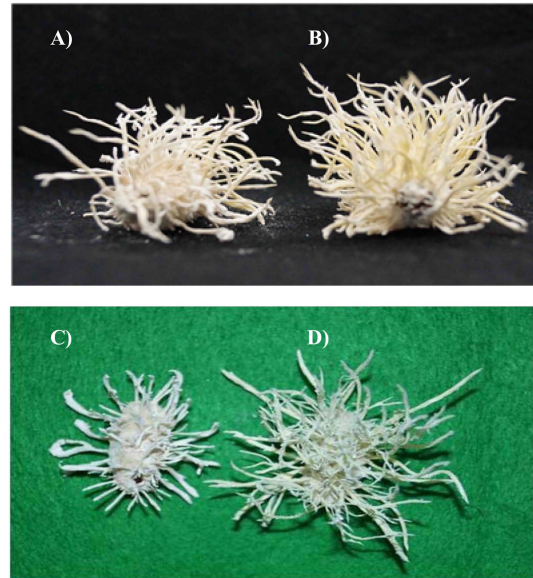


Fig. 1. Morphology of the *P. tenuipes* by light source. A) Fluorescent; B) Red LED; C) Blue LED; D) Dark

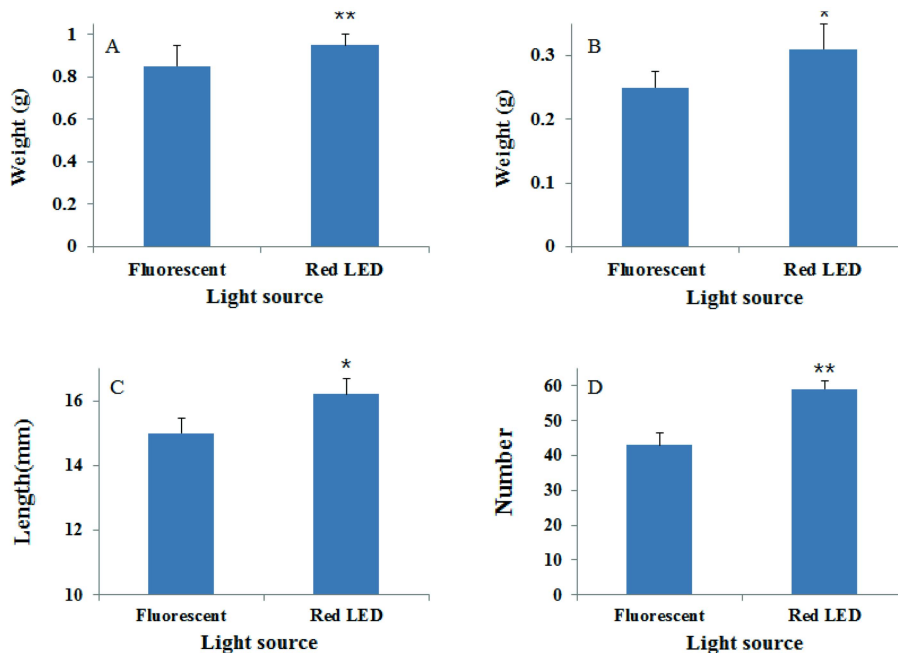


Fig. 2. Effects of light source on the *P. tenuipes* production. A: Total weight, B: synnemata weight, C: synnemata length, D: synnemata number

서 59개로 37%까지 증가하여 유의성 있게 동충하초 생산성이 향상됨을 확인하였다(그림 2). 각 번데기 당 무게의 증가는 자실체의 길이와 자실체 개수가 증가함에 따른 효과로 여겨진다.

적색 LED의 파장은 650 nm 근처로 광합성기구의 발달 및 전분 생합성에 관여하며(Saebo et al. 1995), 청색 LED의 파장은 450 nm 근처로 chlorophyll, chloroplast 발달, 기공세포의 개폐, 광형태형성 등에 영향을 준다는 사실이 밝혀지고 있다(Cosgrove 1981). 본 연구에서, 눈꽃동충하초의 자실체 발생율이 증가할 뿐 아니라, 자실체의 무게와 길이 모두 증가되는 결과를 보였지만, 청색 LED를 조사할 경우 자실체 길이와 자실체 개수 등 더 낮은 생육을 나타내었다(그림 1). 이러한 결과는 도라지 기내배양 유묘에 형광등, 청색, 적색 LED를 조사하고 초장을 비교한 결과 청색광에서는 형광등에서와 비슷한 생육을 보인 반면 적색광 조사 시 초장이 형광등 조사구보다 3배 이상 신장되어 도장된 유묘의 생육상태를 보였다고 발표한 보고와 일치한 결과이다(Eun et al. 2000). 가시오갈피 생장에 대한 LED의 영향에서 나타난 식물체 발근율은 LED 조사 시 90%이상으로 높았지만 청색광에서는 뿌리가 굵고 세근이 발달되었으나 적색광에서는 뿌리 생육이 저조했다는 보고(Jeong et al. 2009)가 있다. 또한 덩굴용담의 경우, 적색광에서 발근이 빠르게 이루어졌고 발근율도 양호하였다고 보고되었고(Moon and Park 2008), 도라지의 경우 뿌리생장에 적색광 처리구가 청색광보다 저조하다고 보고 하여서(Eun et al. 2000) 식물체 및 재배되는 작물에 따라 광질 효과에 차이가 있음을 알 수 있었다. 따라서 재배되는 작물에 맞춘 최적 광원의 공급이 작물의 생육과 활성물질 함량증대에 크게 기여할 것으로 여겨진다.

눈꽃동충하초 재배 시, 적색 LED의 이용은 눈꽃동충하초 자실체 발생을 뿐 만 아니라 전반적인 생육의 활성을 높여 생산성을 향상시키므로 동충하초 재배농가의 경제적 가치를 향상시킬 것으로 기대된다.

적 요

최근 다양한 파장의 LED를 이용한 작물의 성장과 기능성 물질의 변화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 LED 조사가 눈꽃동충하초 생산에 미치는 영향을 알아보고자, 청색 LED, 적색 LED, 형광등 아래에서 눈꽃동충하초를 재배하여, 자실체 형성율, 자실체 개수, 자실체 길이 등을 관찰하였다. 그 결과, 적색 LED 광에서 재배한 눈꽃동충하초의 자실체 발생율은 100%에 달하였으며, 뿐만 아니라 형성된 자실체의 개수가 37%까지 증가하는 등 자실체 무게, 자실체 길이 등 모든 항목에서

우수한 결과를 보여주었다. 하지만 청색 LED광에서는 오히려 생육을 저해하는 결과를 나타내었다. 따라서, 눈꽃동충하초 재배 시, 적색 LED를 조사한다면 농가의 소득 향상에 도움을 줄 것으로 여겨진다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ008559012014)의 지원에 의해 이루어졌으므로 이에 감사드립니다.

References

- Ahn HY, Lee JH, Kang MJ, Cha JY, Cho YS (2012) Fibrinolytic activity and chemical properties of cordycepin-enriched *Cordyceps militaris* JLM 0636. *Journal of life science* **22**, 226-231.
- Choi YW (2003) Effect of red, blue, and far-red LEDs for night break on growth, flowering, and photosynthetic rate in *perilla ocyroides*. *J Kor Horticultural Sci* **44**, 442-446.
- Cosgrove DJ (1981) Rapid suppression of growth by blue light. *Plant Physiology* **67**, 584-590.
- Eun JS, Kim YS, Kim YH (2000) Effects of light emitting diodes on growth and morphogenesis of *in vitro* seedlings in *Platycodon grandiflorum*. *Korean Journal of Plant Tissue Culture* **27**, 71-75.
- Han EJ, Kozai T, Raek KY (2000) Blue and red light emitting diodes with or without sucrose and ventilation affects *in vitro* growth of *Rehmania glutinosa* plantlets. *J Plant Biology* **43**, 247-250.
- Heo K, Myoung KS, Lee JH, Huh CS (2009) Anti-obestic effects of cathepsin S inhibitory fraction derived from *paecilomyces tenuipes* in mice fed a high-fat diet. *Korean J Food Sci Technol* **41**, 446-451.
- Hoenecke ME, Bula RJ, Tibbitts TW (1992) Importance of blue photon levels for lettuce seedlings grown under red-light-emitting diodes. *HortScience* **27**, 427-430.
- Jeong JH, Kim YS, Moon HK, Hwang SJ, Choi YE (2009) Effects of LED on growth, morphogenesis and eleutheroside contents of *in vitro* cultured plantlets of *Elutherococcus senticosus* maxim. *Korean J Medicinal Crop Sci* **17**, 39-45.
- Jo WS, Nam BH, Oh SJ, Choi YJ, Kang EY, Hong SK, Lee SH, Jeong MH (2008) Hepatic protective effect and single-dose toxicity study of water extract of *cordyceps militaris* grown upon *protaetia dreujtarsis*. *Korean J Food Sci Technol* **40**, 106-110.
- Kim HJ, Lee TH, Kwon YS, Son MW, Kim CK (2012) Immunomodulatory activities of ethanol extract of *cordyceps militaris* in immunocompromised mice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **41**, 494-500.
- Kim HS, Choe M (2005) Hypoglycemic effect of *Paecilomyces japonica* in NIDDM patients. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **34**, 821-824.

- Kim MJ, Li X, Han SJ, Lee SE, Choi JE (2009) Effect of blue and red LED irradiation on growth characteristics and saponin contents in *panax ginseng* C.A. Meyer. Korean J Medical Crop Sci **17**, 187~191.
- Lee JG, Oh SS, Cha SH, Jang YA, Kim SY, Um YC, Cheong SR (2010) Effect of red/blue light ratio and short-term light quality conversion on growth and anthocyanin contents of baby leaf lettuce. J Bio-Environ Control **19**, 351~359.
- Lian ML, Murthy HN, Paek KY (2002) Effects of light emitting diodes (LEDs) on the *in vitro* induction and growth of bulblets of *Lilium* oriental hybrid 'Pesaro'. Scientia Horticulturae **94**, 365~370.
- Moon HK, Park SY (2008) Effect of different light sources and ventilation on *in vitro* shoot growth and rooting of a rare and endangered species, Tsuru-rindo (*Triplerospermum japonicum*). Journal of Plant Biotechnology **35**, 215~221.
- Park KH, Moon EK, Shin YK, Bae MA, Kim JG, Kim YH (2000) Antitumor activity of *Paecilomyces japonica* is mediated by apoptotic cell death. J Microbiol Biotechnol **10**, 16~24.
- Ryu JH, Seo KS, Kuk YI, Moon JH, Ma KH, Choi SK, Rha ES, Lee SC, Bae CH (2012) Effect of LED treatment on antioxidant activities and functional components in *taraxacum officinale*. Korean J Medical Crop Sci **20**, 165~170.
- Saebo A, Krekling T, Appelgren M (1995) Light quality affects photosynthesis and leaf anatomy of brich plantlets *in vitro*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture **41**, 177~185.
- Samuoliene G, Brazaityte A, Urbonaviciute G, Sabajevienene, Duchovskis P (2010) The effect of red and blue light component on the growth and development of frigo strawberries. Zemdirbyste-Agr **97**, 99~104.
- Sung JM, Lee HK, Choi YS, Kim YY, Kim SH, Sung GH (1997) Distribution and taxonomy of entomopathogenic fungal species from Korea. Kor J Mycol **25**, 239~252.
- Tripathy BC, Brown CS (1995) Root-shoot interaction in the greening of wheat seedlings grown under red light. Plant Physiology **39**, 85~92.