

# 희귀 수종 미선나무(*Abeliophyllum distichum* Nakai.)의 기내 증식 및 발근에 미치는 LED (light emitting diode) 효과

이나념 · 최용의 · 문흥규

## Effect of LEDs on shoot multiplication and rooting of rare plant *Abeliophyllum distichum* Nakai

Na Nyum Lee · Yong Eui Choi · Heung Kyu Moon

Received: 11 June 2014 / Revised: 14 June 2014 / Accepted: 25 June 2014  
© Korean Society for Plant Biotechnology

**Abstract** This study was conducted to elucidate the effect of light sources and explant types on *in vitro* shoot multiplication and rooting of a rare and endangered plant *Abeliophyllum distichum*. Both apical buds and axillary buds were used as explants under 4 different light sources, cool white florescent light (F), 100% blue light-emitting diode (LED) (B), 50% blue and 50% red LED mixture (BR), and 100% red LED (R). Clear difference was observed in terms of shoot proliferation by light sources types but not by position-dependent explant types. Multiple shoot induction rates were enhanced under both B and BR light sources. Spontaneous rooting was induced in shoot induction medium under B light source. Both the rates of rooting and numbers of roots per explant were higher in apical bud explants compared to axillary bud explants. Interestingly R light source stimulated shoot elongation but inhibited root development. Therefore, our results suggest that the use of apical bud explants under B or BR light sources is suitable for *in vitro* micropropagation of a rare and endangered plant species, *Abeliophyllum distichum*.

**Keywords** Micropropagation, Lighting effect, Explants position, Conservation

N. N. Lee · H. K. Moon (✉)  
국립산림과학원 산림생명공학과  
(Division of Biotechnology, Korea Forest Research Institute,  
Suwon 441-350, Korea)  
e-mail: hkmoon@forest.go.kr

Y. E. Choi  
강원대학교 산림자원학과  
(Depart. of Forestry, Kangwon Nat'l University, Chuncheon  
200-701, Korea)

## 서론

미선나무는 물푸레나무과에 속하며 충북의 진천과 괴산에서 자라는 낙엽 활엽 관목으로 높이가 1.5 m에 달한다. 세계적으로 1속 1종밖에 없는 식물로 천연기념물 제 147, 220, 221호로 지정, 보호되고 있을 정도로 극히 제한된 지역에서만 생육하는 대표적인 희귀 수종중 하나이다(Lee 1976; 1990).

기내배양은 삼목과 같은 전통적인 무성번식법의 대안으로 유용한 수단이 되어 왔으며(Chen et al., 2006; Kartsonas and Papafortiou 2007). 액아(axillary bud), 혹은 정아(apical bud)를 이용한 미세번식(micropropagation) 기술이 가장 보편적인 방법으로 사용되었다. 이러한 기술은 국외에서 *Ceropegia candelabrum* 등 다수의 희귀 약용 식물에서 효과적인 번식법으로 사용되었으며(Beena and Martin, 2003), 국내에서도 망개나무 등 여러 희귀 식물의 미세번식 기술이 개발되었다(Youn et al. 1992; Moon et al. 2006; Park et al. 2003; Han et al. 2004).

광(light)은 식물 광합성의 에너지원으로써 식물의 생존 및 물질생산에 필수적이며, 성장과 형태형성 및 색소형성 등에 관여하는 조절인자로서 기능을 가진다. 특히 광질, 광량 그리고 광주기 등이 식물의 형태, 기관생장 및 물질생성에 밀접하게 관여하는 것으로 알려져 있다(Kozai et al. 1995; Han et al. 2001; Lee et al. 2007).

LEDs (light-emitting diode)는 형광등의 대체 광원으로 최근 조식배양에 응용하여 좋은 결과를 얻고 있다(Shin et al. 2008; Gupta and Jatothu 2013). 여러가지 장점으로는, 1) 청색과 적색의 방사 최고점이 엽록소 a, b의 최대 흡수점과 밀접하게 일치하고, 파장이 최대의 광합성 효율을 지니는 점, 2) 내구성이 매우 높아 장기간 사용이 가능하여

비용이 절감되는 점, 3) 거의 열을 발산하지 않아 배양실 냉방으로 인한 전기료가 절약되고, 4) 대량번식 실용화에 적합하며, 5) 소형이어서 다루기가 쉽다는 장점 등이 있다(Nhut et al. 2003).

이러한 LED의 장점으로 인해 메리골드와 살비아(Heo et al. 2002) 등 여러 식물에서 다양하게 적용되어 왔다(Choi 2003; Lian et al. 2002; Han et al. 2000; Eun et al. 2000). 또한, 광질에 따른 연구로 광합성기구의 발달, 전분 생합성, 엽록소 및 엽록체의 발달, 기공세포의 개폐, 광형태형성 등에 미치는 영향도 밝혀진 바 있다(Gupta and Jatothu 2013).

미선나무의 조직배양은 액아배양의 선행 연구(Moon et al. 1999)가 있으나, 기내식물의 성장과 발근에 미치는 광질의 연구는 아직까지 수행되지 못했다. 본 연구는 새로운 식물 배양용 광원으로 부각되고 있는 LED 광원이 미선나무의 기내 성장에 미치는 영향을 조사하였다.

**재료 및 방법**

선행연구(Moon et al., 1999)를 통해 기내에서 약 1개월의 배양주기로 MS 기본 배지에서 유지하고 있는 미선나무 배양체를 실험재료로 사용하였다. 절편체는 정아가 있는 줄기와 정아가 없는 줄기로 나누어 마디는 2~3개, 잎은 3~4개가 붙도록 2.5 cm 길이로 절단하였다. 줄기 유도는 MS (Murashige and Skoog 1962) 배지에 BA 1.0 mg/L 처리하였고, 발근 유도는 1/2 GD (Gresshoff & Doy 1972) 배지에 IBA 0.5 mg/L 처리하였다. 탄소원으로는 3% sucrose, 배지의 경화는 0.3% gelrite로 하였다. 산도(pH)를 5.7로 맞추고 고압멸균하였다. 250 mL 배양병(64 × 110 mm)에 30 mL 씩 분주한 다음 처리 당 20개씩 5반복으로 실험하였다.

LED system은 GFPR-1600C (Good Feeling (주))로 100% 적색광 LED (R), 50% 적색광 LED+50% 청색광 LED 청색 (BR) 및 100% 청색광 LED (B)로 사용하였다. 분광특성은 각각 적색광 660 nm, 청색광 450 nm의 파장영역에서 광합성 유효광량자 유입밀도(PPFD, Photosynthetic Photon Flux Density)가 최대치를 나타내는 단색 LED 광원이며, 대조 광으로는 냉백색의 형광등(F)을 사용하였다. 이들 광원의 PPFD는 모두 40 μmol/m<sup>2</sup>/s 로 조정하였으며, 배양환경은 24±1°C, 16h 일장조건에서 4주간 배양하였다.

**통계분석**

본 실험의 모든 데이터는 통계프로그램 SPSS 12.0을 이용하여 산출하였다. 각 처리간 유의성 검정을 위해서는 one-way ANOVA를 실시하였고, 유의성이 있는 경우 Duncan's multiple range test로 차후검증을 실시하였다. 통계적 유의성은 P < 0.05로 설정하여 분석하였다.

**결 과**

**줄기증식**

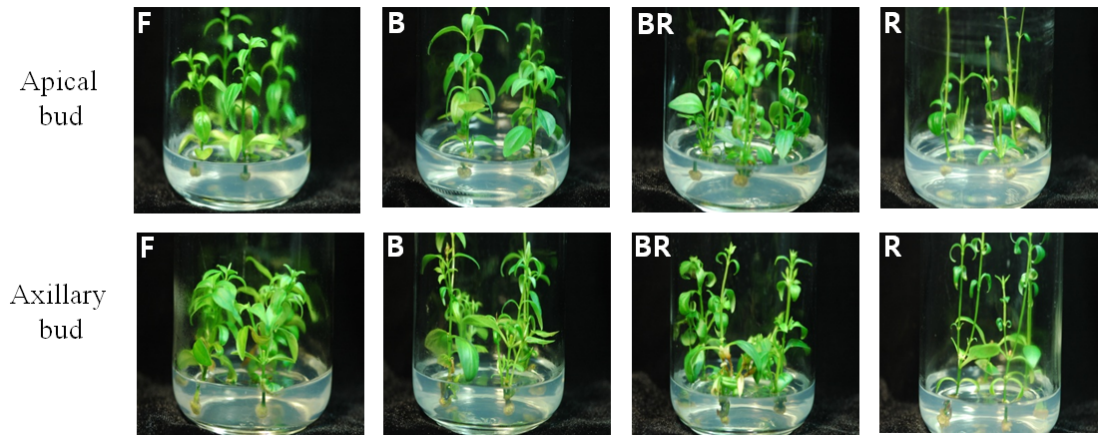
정아와 액아 절편체를 각각의 광질 하에서 4주간 배양한 결과는 Table 1 및 Figure 1과 같다. 증식에 있어 절편에 따른 뚜렷한 차이는 관찰되지 않았으나 광질에 따라서는 차이가 있었다. 두 가지 절편에서 청색광(B) 및 혼합광(BR)에서 증식이 촉진되는 것으로 나타났으며, 정아 절편에서는 형광등과 적색광보다 유의적인 차이를 보였다(Table 1). 액아 절편에서는 청색광에서만 유의적인 차이를 보였고, 절편 당 4.1개의 줄기가 유도되어 가장 좋은 결과를 보였다.

**Table 1** Effect of explant position and LEDs on shoot multiplication and elongation. Cultures were maintained on MS medium supplemented with 1.0 mg/L BA

Explants	Lighting <sup>x</sup>	No. of shoots/explant	Shoot length (cm)	Rooting (%)	No. of roots/explant
Apical bud	F	1.8±1.2 a <sup>y</sup>	2.4±0.9 a	-	-
	B	3.4±1.9 b	2.2±0.7 a	10.0	3.0
	BR	3.6±1.3 b	2.1±0.9 a	-	-
	R	2.0±0.8 a	3.7±0.8 b	-	-
Axillary bud	F	2.4±0.8 a	2.9±0.7 a	-	-
	B	4.1±1.5 b	2.9±0.7 a	5.0	1.0
	BR	2.6±1.0 a	3.0±0.8 a	-	-
	R	2.5±0.8 a	3.4±0.8 b	-	-

<sup>x</sup>F- Fluorescent light; B- 100% blue LED; BR- 50% blue + 50% red LED; R- 100% red LED.

<sup>y</sup>Mean( ± SD) separation within column by Duncan's multiple range test (P=0.05)



**Fig. 1** Shoot growth pattern under different lightings : F - cool white fluorescent light; B-100% blue LED; BR - 50% blue LED + 50% red LED ; R- 100% red LED

**Table 2** Effect of explant position and LEDs on *in vitro* rooting. Cultures were maintained on half-strength GD medium supplemented with 0.5 mg/L IBA

Explants	Lighting <sup>x</sup>	Rooting (%)	No. of roots/explant	Fresh weight of root (mg)	Root length (cm)	No. of shoots/explant	Shoot length (cm)
Apical bud	F	100.0 b <sup>Y</sup>	3.1±0.9 b	26.4±9.1 b	5.28±0.6 c	1.0±0.0	1.8±0.2 ab
	B	100.0 b	3.3±1.3 b	27.7±5.8 b	5.92±1.2 d	1.0±0.0	1.8±0.4 ab
	BR	85.0 a	2.3±1.0 a	26.4±6.5 b	3.35±0.5 b	1.0±0.0	1.7±0.4 a
	R	100.0 b	3.0±0.9 b	9.90±2.0 a	2.70±0.5 a	1.0±0.0	2.1±0.6 b
Axillary bud	F	95.0 a	1.9±0.9 a	22.5±7.3 b	4.97±1.3 c	1.2±0.4 b	1.8±0.2 a
	B	85.0 a	2.0±0.9 a	24.2±6.5 b	3.75±0.9 b	1.1±0.2 a	2.2±0.4 b
	BR	90.0 a	1.9±0.7 a	35.7±9.3 c	3.76±0.8 b	1.0±0.0 a	2.1±0.5 ab
	R	95.0 a	2.8±1.0 b	9.80±2.3 a	2.30±0.6 a	1.0±0.2 a	3.3±0.7 c

<sup>x</sup>F- Fluorescent light; B- 100% blue LED; BR- 50% blue + 50% red LED; R- 100% red LED.

<sup>y</sup>Mean( ± SD) separation within column by Duncan's multiple range test ( $P=0.05$ )

줄기의 생장은 적색광에서 촉진되었으며 다른 광질과 유의적인 차이를 보였다. 전반적으로 형광등, 청색광 및 혼합광에서 줄기의 성장과 함께 잎의 발달이 정상적으로 이루어진 반면, 적색광에서는 줄기의 신장이 촉진되거나 잎의 발달은 저조하게 나타났다. 어느 절편에서나 절편의 기부에서는 약 0.3 cm의 캘러스가 형성되었고 특히 청색광에서는 일부 절편에서 발근이 이루어 졌다.

#### 발근유도

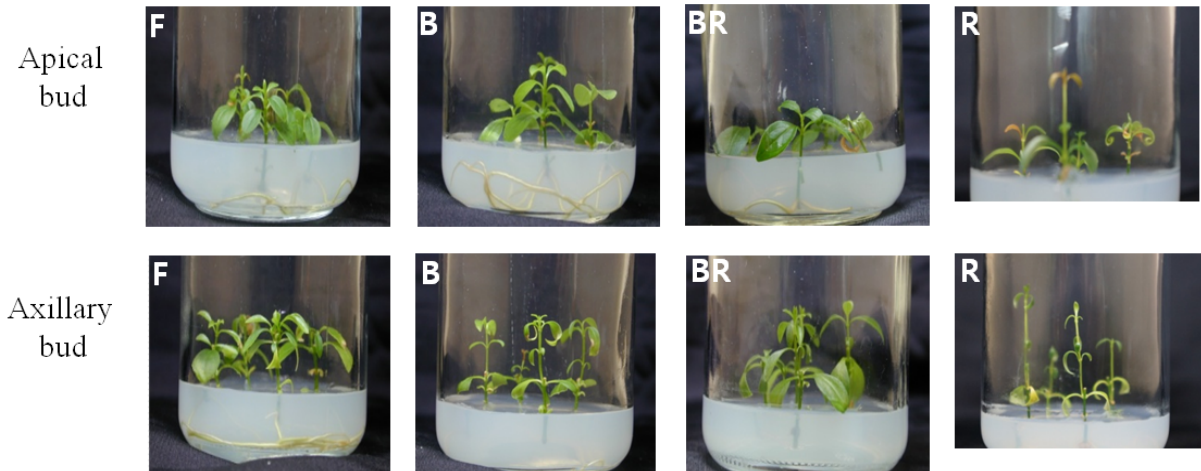
대체적으로 정아지 절편이 액아지 절편보다 양호한 발근을 보였다(Table 2 및 Fig. 2). 그러나 정아지의 혼합광에서는 다른 광질보다 저조한 발근을 나타내어 유의적인 차이를 보였다. 뿌리 수에 있어서도 광질에 관계없이 정아지 절편이 액아지 절편보다 양호하게 나타났으나 정아지의 청색광에서는 뿌리 수가 저조하고 반면 액아지의 적색광에서는 뿌리수가 양호하게 나타났다. 적색광에서

유도된 뿌리는 생장이 매우 저조하여 뿌리 생중량 및 길이생장에 있어 다른 광질보다 매우 저조하였다.

뿌리의 발달은 혼합광의 액아 절편에서 가장 양호하여 유의적인 차이를 나타내었고, 뿌리의 생장은 형광등 하에서 가장 좋아 다른 광질과 유의적인 차이를 보였다. 한편 발근 배지에서 줄기의 생장은 주로 1개의 줄기로 자랐고, 적색광에서 줄기 신장이 촉진되었다. 다만 적색광에서는 증식시험에서 관찰된 것처럼 잎의 발달이 저조하고 일부 절편에서는 정단괴저가 생기는 단점이 있었다. 이상의 결과로 볼 때 미션나무의 기내발근은 정아지를 절편으로 청색광에서 배양함이 좋을 것으로 나타났다.

#### 고찰

기내배양에서 LED를 이용한 광질의 효과는 식물에 따라 매우 다르며 주로 초본 식물을 재료로 많은 연구가 수행



**Fig. 2** Root induction under different lightings : F - cool white fluorescent light; B-100% blue LED; BR - 50% blue LED + 50% red LED ; R- 100% red LED

되었다. 감자의 기내배양에서 청색광은 액아 수를 증가시켰는데 이는 광도에 따라 차이가 있으며, 적색광은 정아 우세(apical dominance)를 감소시켰으나 광도와는 무관하였다(Seabrook 2005). Muleo 등(2001, 2006)은 *Prunus cerasifera* 에서 대체적으로 청색광은 액아의 형성을 촉진한 반면, 적색광은 액아에서 줄기의 발달을 촉진한다고 하였다. 또한 청색광은 마디 수를 증가시켰으나 절간 신장을 억제하였고, 적색광은 절간 신장이 촉진되는 결과를 보였다고 하였다. 도라지에서 청색광은 형광등과 비슷한 생장을 보인 반면 적색광은 초장을 3배 이상 증가시켜 도장된 상태를 보였다(Eun et al. 2000).

Budiarto (2010)은 적색광 보다는 청색광에서 *Anthurium* 의 더 많은 줄기를 얻었고, Lin 등(2010)은 청색광에서 *Dendrobium officinale* PLBs 줄기 형성을 촉진함을, Heo 등(2002)은 청색광에서 marigold의 최고 줄기 신장을 얻었다. 그러나 포도에서 청색광 처리는 생중량 혹은 건중량의 유의적인 증가가 없어 식물에 따른 차이를 보여주었다(Heo et al. 2006). Kim 등(2004c)은 적색광에서 절간 길이의 촉진효과를 보인 반면, Hahn 등(2000)은 *Rehmannia glutinosa* 의 줄기생장에서 적색광의 억제효과를 얻었다.

본 실험에서 청색광은 줄기 유도를 촉진하는 유의적인 효과를 보여 절편 당 3~4개의 줄기가 유도되었다. 줄기 신장은 광질에 따른 차이가 없었다(Table 1). 혼합광의 효과는 절편에 따라 다르게 나타나 정아절편은 혼합광(BR) 하에서 최대 줄기 수를 얻은 반면, 액아절편에서는 청색광 하에서 가장 좋은 결과를 보였다. 대체적으로 미선나무의 건전한 줄기 성장 및 잎의 발달은 청색광 및 혼합광에서 관찰되었다.

단일 LED 광원보다는 혼합광의 효과가 많이 발표되고 있는데, Nhut 등(2000, 2003)은 청색광과 적색광의 혼용처리로 생중량 및 건중량의 증가를 가져왔으며, Lin 등(2010)

은 혼합광에서 Upland cotton의 줄기 성장 촉진으로 최대 생중량, 건중량을 나타냈다. Shin 등(2008)도 혼합광 하에서 잎의 발달, 뿌리형성, 생중량, 건중량, 잎의 면적이 커짐을 관찰했다. Kim 등(2004a; 2004b; 2004c)은 이러한 차이는 청색과 적색의 광수용체(크립토크롬 혹은 피토크롬)의 서로 다른 종류의 시너지 상호작용으로 인해 줄기 신장의 촉진 혹은 억제가 나타나며, 이것은 식물종에 따라 달라지는 것으로 추론하였다.

광질에 따른 발근 및 식물생장 역시 식물에 따라 반응이 다르게 보고된다. 덩굴용담에서 청색광은 발근을 억제한 반면 적색광은 발근을 촉진하였고(Moon and Park 2008), 도라지에서는 적색광에서 뿌리의 생장이 억제되었다(Eun et al. 2000). 정 등 (2009)은 가시오갈피의 배양에서 적색, 청색 LED 및 형광등 하에서 발근율이 90% 이상으로 높고, 특히 청색광에서는 뿌리가 굵고 솜털같은 세균이 발달되나, 원적색광(far-red LED)에서는 발근율이 48%로 낮고, 뿌리의 생육 또한 저조하여 광질에 따른 차이를 보여주었다. 본 실험에서 광질에 따른 발근 효과는 대체적으로 정아지 절편에서 양호하여 미선나무의 발근 시에는 고려해야 될 내용으로 생각되며, 특히 적색광 단일 LED 하에서는 뿌리의 형성 및 발달이 저조하여 피해야 할 것으로 나타났다. Morrow (2008)는 LED의 광파장이 식물의 광수용체에 일치할 때 형태형성의 적정 반응을 가져올 수 있다고 하였는데, 그러나 광질의 효과는 식물종, 식물의 발달단계, PPF와 같은 환경조건, 배지의 조성, 환기조건에 따라 달라지기 때문에 기내 배양의 형태형성을 조절하는 광질의 효과는 여전히 모호하다고 볼 수 있다(Gupta and Jatothu 2013).

이상의 결과를 볼 때 미선나무의 기내배양은 단일 청색광 LED 혹은 청색광 및 적색광의 혼합광 LED 에서 증식 효과를 가져올 수 있으며, 발근은 형광등 및 청색광

단일 LED 하에서 효과적임을 보여 주었다. 그러나 이러한 효과는 절편에 따라 반응이 다르게 나타나서 광원의 선택과 함께 절편체도 고려해야함을 시사하며 미선나무는 증식 및 발근에서 액아지 보다는 정아지를 절편으로 하고 특히 발근 유도시 단일 적색광이 부적합한 것으로 나타났다. 한편 Nhut 등(2003)은 혼합광 LED에서 생장이 촉진된 식물이 차후 토양 이식 후에도 생장이 좋은 것으로 관찰하였는데 이러한 결과는 앞으로 미선나무에서도 검토해야될 내용이다.

## 적 요

희귀 멸종위기 식물인 미선나무를 재료로 기내 증식 및 발근에 미치는 광질 및 절편체(정아지 및 액아지) 효과를 조사하였다. 광질은 냉백색 형광등(F), 100% 청색광 LED (B), 혼합광(BR; 50% blue LED+50% red LED) 및 100% 적색광(R)을 사용하였다. 줄기의 증식은 절편체 종류에 따른 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나 광질에 따른 차이를 보였다. 전반적으로 줄기의 증식은 청색광 및 혼합광에서 촉진되는 것으로 나타났으며, 특히 청색광에서는 일부 절편에서 발근이 이루어 졌다. 줄기의 생장 역시 광질에 따른 현저한 차이가 없었다. 적색광에서 줄기 신장이 촉진된 반면 잎의 발달은 저조하였다. 발근은 전반적으로 광질에 관계없이 정아지가 액아지보다 양호하였고, 뿌리수도 증가하였으나 혼합광에서는 발근이 억제되었다. 한편 적색광에서는 뿌리의 발달이 매우 부진하여 다른 광질과 유의적인 차이를 보였다. 발근유도 시 줄기는 주로 단일 줄기로 자랐다. 이상의 결과를 볼 때 LED를 이용한 미선나무의 기내번식은 정아지를 절편으로 청색광 및 혼합광 LED (BR) 하에서 배양함이 좋은 것으로 나타났다.

## References

- Beena MR, Martin KP. 2003. *In vitro* propagation of the rare medicinal plant *Ceropegia candelabrum* L. through somatic embryogenesis. *In Vitro Cell Dev Biol-Plant* 39:510-513
- Budiarto K. 2010. Spectral quality affects morphogenesis on *Anthurium* plantlet during *in vitro* culture. *Agrivita* 32:234-240
- Chen UC, Hsia CN, Yeh MS, Agrawal DC, Rsay HS. 2006. *In vitro* micropropagation and *ex vitro* acclimation of *Bulpleurum* Kaoi – an endangered medicinal plant native to Taiwan, *In Vitro Cell Dev Biol-Plant* 42:128-133
- Choi YW. 2003. Effect of red, blue and far-red LEDs for night break on growth, flowering, and photosynthetic rate in *Perilla ocymoides*. *J Kor Soc Horticult Sci* 44:442-446
- Eun JS, Kim YS and Kim YH. 2000. Effects of light emitting diodes on growth and morphogenesis of *in vitro* seedlings in *Platycodon grandiflorum*. *Korean J Plant Tiss Cult* 27:71-75
- Gresshoff PM, Doy CH. 1972. Development and differentiation of haploid *Lycopersicon esculentum* (tomato). *Plant (Berl.)* 107:161-170
- Gupta SD, Jatothu B. 2013. Fundamentals and applications of light-emitting diodes (LEDs) in *in vitro* plant growth and morphogenesis. *Plant Biotechnol Rep* 7:211-220
- Hahn EJ, Kozai T., Paek KY. 2000. Blue and red light-emitting diodes with or without sucrose and ventilation affect *in vitro* growth of *Rehmannia glutinosa* plantlets. *J Plant Biol* 43:247-250
- Han EJ, Kozai T and Paek KY. 2000. Blue and red light emitting diodes with or without sucrose and ventilation affects *in vitro* growth of *Rehmania glutinosa* plantlets. *J Plant Biol* 43:247-250
- Han JS, Kim SK, Kim SW and Kim YJ. 2001. Effects of shading treatments and harvesting methods on the growth of *Eleutherococcus senticosus* Maxim. *Korean J Medi Crop Sci* 9:1-7
- Han MS, Moon HK, Kang YJ, Kim WW, Kang BS, Byun KO. 2004. Micropropagation of an endangered species, *Stellera rosea* N. by tissue culture. *Korean J Plant Biotechnol* 31(1):31-35
- Heo JW, Lee CW, Chakrabarty D and Paek KY. 2002. Growth responses of marigold and salvia bedding plants as affected by monochromic or mixture radiation provided by a Light-Emitting Diode (LED). *Plant Growth Regul* 38:225-230
- Heo JW, Shin KS, Paek KY. 2006. Light quality affects *in vitro* growth of grape 'Teleki 5BB7'. *J Plant Biol* 49:276-280
- 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 *Eleutherococcus senticosus* Maxim. *Korean J Medicinal Crop Sci* 17(1):39-45
- Kartsonas E, Papafotiou M. 2007. Mother plant age and seasonal influence on *in vitro* propagation of *Quercus euboica* Pap., an endemic, rare and endangered oak species of Greece. *Plant Cell Tiss Org Cult* 90:111-116
- Kim HH, Goins GD, Wheeler RM, Sager JC. 2004a. Green light supplementation for enhanced lettuce growth under red and blue light emitting diodes. *HortSci* 39:1617-1622
- Kim HH, Goins GD, Wheeler RM, Sager JC. 2004b. Stomatal conductance of lettuce grown under or exposed to different light qualities. *Ann Bot* 94:691-697
- Kim HH, Goins GD, Wheeler RM, Sager JC. 2004c. Effects of LEDs on net photosynthetic rate, growth and leaf stomata of *Chrysanthemum* plantlets *in vitro*. *Sci Horticult* 101:143-151
- Kozai T, Watanabe K and Jeong BR. 1995. Stem elongation and growth of *Solanum tuberosum* L. *in vitro* in response to photosynthetic photon flux, photoperiod and difference in photoperiod and dark period temperatures. *Sci Horticult* 64:1-9
- Lee TB. 1976. Studies on conservation of endemic species-*Abeliophyllum distichum* N. *Nature Conservation* 12:6-10
- Lee TB. 1990. Conservation of threatened plants in Korea. *Bull Kwanak Arboretum* 3:190-196
- Lee SW, Kim GS, Lee MJ, Hyun DY, Park CG, Park HK and Cha SW. 2007. Effect of blue and yellow polyethylene shading net

- on growth characteristics and ginsenoside contents in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean J Med Crop Sci 15:194-198
- Lian ML, Murthy HN and Paek KY. 2002. Effects of light emitting diodes (LEDs) on the in vitro induction and growth of bulblets of *Lilium* oriental hybrid 'Pesaro'. Sci Horticult 94:365-370
- Lin Y, Li J, Li B, He T, Chun Z. 2010. Effects of light quality on growth and development of protocorm-like bodies of *Dendrobium officinale* in vitro. Plant Cell Tiss Org Cult 105:329-335
- Moon HK and 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 (*Tripterospermon japonicum*). J Plant Biotech 35:215-221
- Moon HK, Park SY, Kim YW and Kim CS. 2006. Growth of Tsuru-rindo (*Tripterospermon japonicum*) cultured in vitro under various sources of light-emitting diode (LED) irradiation. J Plant Biol 49:174-179
- Moon HK, Suk GY, Kwon YJ, Son SH. 1999. Micropropagation of a rare species, *Abeliophyllum distichum* Nakai. via axillary bud culture. Korean J Plant Tiss Cult 26(2):133-136
- Morrow RC. 2008. LED lighting in horticulture. HortSci 43: 1947-1950
- Muleo R., Morini S, Casano S. 2001. Photoregulation of growth and branching of plum shoots: physiological action of two photosystems. In Vitro Cell Dev Biol-Plant 37:609-617
- Muleo R., Morini S. 2006. Light quality regulates shoot cluster growth and development of MM 106 apple genotype in in vitro culture. Sci Hort 108(4):364-307
- Murashige T, Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol Plant 15:473-497
- Nhut DT, Hong LTA, Watanabe H, Goi M, Tanaka M. 2000. Growth of banana plantlets cultured in vitro under red and blue light-emitting diode (LED) irradiation source. Acta Hort 575:7-23
- Nhut DT, Takamura T, Watanabe H, Okamoto K, Tanaka M. 2003. Response of strawberry plantlets cultured in vitro under superbright red and blue light-emitting diodes (LEDs). Plant Cell Tiss Org Cult 73:43-52
- Park SY, Ahn JK, Lee WY. 2003. High frequency shoot induction from root segments of *Albizia coreana*. J Kor For Soc 92(6):626-631
- Seabrook JEA. 2005. Light effects on the growth and morphogenesis of potato (*Solanum tuberosum*) in vitro: a review. Amer J Potato Res 82:353-367
- Shin KS, Murthy HN, Heo JW, Hahn EJ, Paek KY. 2008. The effect of light quality on the growth and development of in vitro cultured *Doritaenopsis* plants. Acta Physiol Plant 30:339-343
- Youn Y, Lee SK, Park JI. 1992. In vitro propagation of a rare species-*Berchemia berchemiaefolia*. Res Rep For Gen Res Inst Kor 28:63-67