

수출 접목선인장 산취 ‘희망’의 주·야 온도 및 LED광 처리가 모구 생육과 발색에 미치는 영향

남상용^{1*} · 박선미^{2,3} · 안동현^{2,4}

¹삼육대학교 원예학과, ²삼육대학교 자연과학연구소, ³서울시립대학교, ⁴한림대학교 의학과

Effect of Globe Growth and Chromogenic on Day and Night Temperature and the LED Light Treatment of Expert Grafted Cactus (*Chamecereus silvestrii* f. *variegata*) Cultivar ‘Hee-Mang’

Sang-Yong Nam^{1*}, Sun-Mi Park^{2,3}, and Dong-Hyun, Ahn^{2,4}

¹Department of Horticulture, Sahmyook University, Seoul 139-742, Korea

²Natural Science Research Institute, Sahmyook University, Seoul 139-742, Korea

³Department of Environmental Horticulture, Seoul University, Seoul 130-743, Korea

⁴Department of Pathology, Hallym University, Chuncheon 200-704, Korea

Abstract. This experiment was conducted to find the day and night temperature combination and the light-emitting diodes (LEDs) on the most effective globe coloration and growth of *Chamecereus silvestrii* f. *variegata* ‘Hee-Mang’. The L* value, a* value and b* value were all significant difference in the yellow globe color expression in the day and night temperature combination. Especially, the bright yellow color and visual value were the highest in the temperature combination, the day temperature of 20°C and night temperature of 20°C. Globe color quality was lowered from the day temperature of 25°C and night temperatures of 5°C and 10°C combination. In light-emitting diodes (LEDs) treatments, a* value and b* value are significant difference. A unique beautiful yellow coloration and globe quality were maintained the a* value of +5.23, b* value of +39.9 in a red LED. The optimum temperature range and light-emitting diodes (LEDs) on the globe color expression were the most effective the day temperature of 20°C and night temperature of 20°C and a red LED. In addition, the outer globe color quality of *Chamecereus silvestrii* f. *variegata* cultivation, rather than the light environment improvement is better in a proper temperature environment to keep. Especially, a unique globe color expression of yellow lines was most effective in a red LED.

Key words : globe diameter, globe height, lightness, redness, yellowness

서 론

국내 재배농가에서 집약 재배하는 수출 접목선인장은 모구의 형태와 색이 아름답고 다양하여 전량 해외로 수출하는 고부가가치의 화훼작물 중 하나로 해외 수출량은 비모란선인장(*Gymnocalycium mihanovichii* var. *frierdrichii*)이 약 90%이며 그 다음이 산취, 소정, 일반구 등으로 약 10%에 달한다(KREI, 2002). 이

중에서 고유의 재배기술과 신품종 육종기술에 의해 생산·수출하는 산취선인장(*Chamecereus silvestrii* f. *variegata*)은 *Chamecereus*속의 백단품종을 교배조합으로 품종화 하였는데 최근 이상기후로 온도 및 광 환경조건이 불안정하여 주년생산이 어려운 실정이다.

산취의 생육특성은 하절기에는 식물체 신장이 촉진됨으로 모구생육이 빨라 도장현상과 무름 현상 및 지구 탈립이 빈번하게 출현하여 상품 고유의 외적품질을 유지하기가 어려우며 동절기(11월~2월)에는 근권부의 지온이 낮아 발근 및 생육이 불량한 것으로 알려져 있다(MIFAFF, 2000). 산취선인장의 생육 적정온도는 비모란에 비해 일

*Corresponding author: namsy@syu.ac.kr
Received September 15, 2010; Revised September 26, 2010;
Accepted September 27, 2010

반적으로 낮아 농가에서 함께 재식할 때 효율적인 집약 재배가 어려워 출하량 증수가 어려운 실정이다(Choi 등, 2008). 재배 소요기간은 비모란 선인장에 비해 길며 3월에서 11월의 수출 최적기의 출하시기에 맞추어 생산하기가 어려워 산취선인장만 전문적으로 재배하는 농가는 드문 상황이다. 따라서 다수의 모구 확보, 이롭다운 모구색 유지 및 발색으로 외관특성이 뛰어나며 상품가치를 높일 수 있는 온도환경 제어기술 개발이 필요하다.

또한 광은 화학적 반응을 일으켜서 광형태 형성을 지배하는 경우에 반드시 광수용체에 의해 조절되는 데 광 수용체인 피토크롬(phytochromes)은 적색광과 근적색광에 대해서 식물체의 발육을 증대하는 것으로 알려져 있으며(Butler 등, 1964; Quail, 1991) 저광도에서 생육중인 식물체에 청색광 또는 적색광의 처리는 식물체의 형태형성을 극적으로 변화시킬 수 있다는 보고가 있다(Saebo 등, 1995). 최근 광질 환경 제어기술의 하나인 특정파장 영역의 광원만을 조사하는 발광다이오드(LEDs)는 콤팩트한 사이즈로 공간에 구애받지 않고 쉽게 탈 부착하는 인공조명으로 차광의 피해가 적으며, 램프부피와 무게가 적고 수명이 길며 에너지 효율이 높아 반영구적 사용이 가능할 뿐 만 아니라 기존 인공조명과 달리 열선을 방사하지 않아 열에 의한 농작물의 피해가 적어 안전하며 식물생장에 이상적인 빛을 지속적으로 공급함으로써 집약재배가 가능한 장점이 있다(Bula 등, 1991). LED광원을 이용한 식물체 생장과 형태형성 및 함량성분의 증대에 미치는 다양한 연구는 LED 및 인공광원이 단고추 착색(Choi 등, 2009), 인삼생육 및 사포닌 함량변화(Kim 등, 2006), 기내 가지오갈피의 생장 및 형태형성과 eleutheroside 함량 증수효과(Jeong 등, 2002), 잎 상추의 생육과 phytochemical의 증대효과(Qian 등, 2009)등의 원예작물을 대상으로 활발히 진행되고 있다.

따라서 본 연구는 발광다이오드(LEDs) 조사의 최적 시기 및 조사량의 적정수준과 생육 및 품질변화 등에 관한 보고가 전무한 산취선인장 '희망'을 공시작물로 선정하여 외관특성 및 외적품질에 영향을 주는 온도 및 광질 환경요인을 인위적으로 조절함으로 수량을 증진시키고 상품가치를 높여 수출 바이어들의 수요욕구를 극대화할 수 있는 주·야 온도의 적정범위 산출과 최적 발광다이오드(LEDs)광원을 선발하는 기초 연구 기술을 개발하고자 실시하였다.

재료 및 방법

본 실험은 수출 접목선인장인 산취선인장(*Chamecereus silvestrii* f. *variegata*) '희망'을 공시품종으로 9cm의 대목과 구직경 1.5cm 접수를 실험재료로 경기도 고양시 선인장 수출농가에서 구입하여 삼육대학교 원예학과 실험실에 있는 4개의 생육상(Plant Growth chamber; KGC-175VH, Korea)과 2개의 LEDs실(PL R24 B8, Dyne Bio, Korea)에서 2008년 10월부터 2009년 10월까지 총4회 실시하였다. 수출 접목선인장 산취는 육묘상자에 토분과 연탄재를 1:1 비율로 혼합한 토양을 넣은 트레이 위에 정식한 후 광주기는 주·야 각각 9시간과 15시간, 온도는 $20 \pm 5^\circ\text{C}$, 상대습도는 50~80%를 유지하였다.

온도환경은 주간온도가 20°C 와 25°C 에서 야간온도 5, 10, 15, 20°C 의 조합으로 처리하였으며 발광다이오드(LEDs)처리에 따른 광환경은 단색광인 적색LED는 630nm 파장과 $210\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 의 광량, 청색LED는 460nm 의 파장과 $160\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광량, 혼합광인 분홍LED는 630nm 의 적색LED와 460nm 의 청색LED의 파장과 $290\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광량, 백색광은 6,500K의 파장과 $340\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광량의 4가지 광원을 각각 조사하였으며 총10반복으로 실험하였다.

조사항목은 산취선인장 모구의 구고, 구직경을 측정하였으며 일주일 간격으로 총7회 생육조사를 실시하였다. 선인장의 구직경은 가장 넓은 폭을 측정하였고 구고는 자구의 높이가 가장 높은 길이를 측량기(mm)로 측정하였다. 또한 색도는 colorimeter(CM-2600d, Minolta, Japan)로 측정하였으며 Hunter value는 L^* 값 및 (+)값은 적색을 (-)값은 녹색을 나타내는 a^* 와 (+)황색을 (-)값은 청색을 나타내는 b^* 를 비교분석하였다. 통계분석 및 유의성 검증은 SAS 프로그램(Statistical Analysis System, V. 9.1, Cary, NC, USA)으로 Duncan's multiple range test(DMRT)의 다중검정에 의해 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 산취선인장 모구색 발현과 생육에 가장 효과적인 생육적온 선발

산취(*Chamecereus silvestrii* f. *variegata*)선인장 '희망'은 20°C 와 25°C 의 주간온도와 야간온도를 각각

Table 1. Effects of temperature on globe color of *Chamecereus silvestrii* f. *variegata* 'Hee-Mang' in 49 days after treatment.

Temperature combination		Hunter color value		
Day (°C)	Night (°C)	L* ^z value	a* value	b* value
20	5	66.06 a ^y	5.11 bc	27.54 b
	10	56.58 b	9.34 a	25.03 bc
	15	62.28 a	2.72 d	28.00 b
	20	65.11 a	3.26 c	39.36 a
25	5	50.88 c	3.62 c	20.09 dc
	10	51.65 c	3.97 c	20.35 dc
	15	58.22 b	6.16 ba	22.21 c
	20	55.28 b	4.71 b	21.04 c
Significance		*** ^x	***	***

^zL*, a* and b* represent lightness (100 = white, 0 = black), redness (- = green, + = red), and yellowness (- = blue, + = yellow), respectively.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range, P = 0.05.

^xNS,*** Nonsignificant or significant at P = 0.05 and 0.001, respectively.

$$^w \Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta B^*)^2}$$

5°C, 10°C, 15°C, 20°C의 온도조합으로 4개의 생육상에서 7주간 실험을 실시하였다. Jeong 등(2002)의 연구결과에 따르면 근권온도에 차이에 의한 상품 생산율은 비모란 Sun품종이 20°C, Pink품종은 25°C에서 가장 높아 상품생산성에 영향을 주나 구색이나 색소의 함량 변화에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 산취선인장 모구의 황색 유지는 L*값, a*값, b*값이 모두

유의성이 있으며 주간온도 20°C와 야간온도 20°C의 온도조합에서 L*값 +65.11, a*값 +3.26, b*값 +39.36 이었으며 주간온도 20°C와 야간온도 15°C 조합에서 L*값 +62.28, a*값 +2.72, b*값이 +28.00 순으로 가장 높았다. 반면 주간온도 25°C와 5°C, 10°C의 야간온도 조합에서는 b*값은 +20.09, +20.35로 다른 온도 조합보다 낮아 산취선인장의 모구색 외관품질은 낮은 야간온도에서 떨어지는 결과를 보였다. 또한 식물의 화색이나 안토시아닌 색소의 특이적 발현은 온도(Rabino와 Mancielli, 1986)와 광질(Maekawa 등, 1990)에 민감하게 작용하는데 Jeong(2002) 등은 a*값을 나타내는 적색 Betacyanins 색소함량과 비모란 Pink품종의 b*값은 근권온도가 높아질수록 증가하는 경향이 있었다. 산취선인장의 경우에도 야간온도 5~10°C보다 높은 15~20°C에서 황색도(b*값)가 더 높으며 모구의 황색발색이 안정적인 것으로 나타났다. 따라서 산취선인장은 주·야 온도 차이에 따라 산취 모구색의 황색유지와 색소의 함량변화에 영향을 주는 것으로 생각된다.

Jeong(2002) 등은 산취선인장의 정상적인 생육과 상품생산이 가능한 동절기 생육 적정온도는 초기 발근기에는 25°C로 관리한 후 수확기에는 20°C로 관리하는 것이 좋다고 보고하였으나 본 연구에서는 Nam(2009) 등의 연구결과와 같이 주간온도 20°C와 야간온도 15°C, 20°C의 온도조합에서 전체 뿌리내림이 좋으며 특히 주간온도 20°C가 뿌리내림에 가장 효과적이었다. 뿐만 아니라 모구의 고유색 유지 및 향상에 가장 효과적인 생육적온은 각각 20°C의 주·야 온도에서 좋았

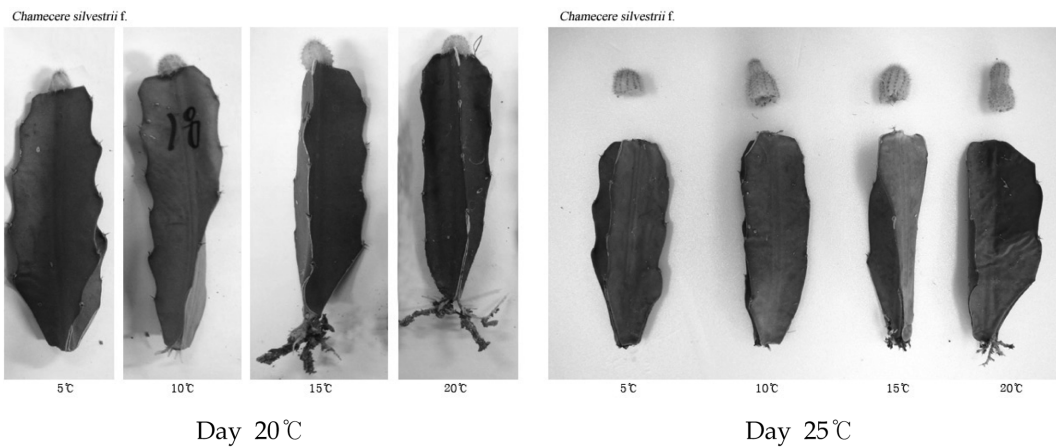


Fig. 1. Growth difference of temperature treatment in grafted cactus of *Chamecereus silvestrii* f. *variegata* 'Hee-Mang'.

는데 이는 지하부 발달과 생육이 선인장 모구색의 발색과 상호관계가 있는 것으로 판단된다.

또한 산취선인장은 높은 온도에서 에틸렌 발생이 많아 빨리 도장하여 접수 끝이 가늘어지는 생리적 특성이 있는데(Choi 등, 2005) 주간온도가 25°C일 때 줄기 끝이 신장한 도장개체가 일부 출현하였다. 산취선인장의 생육 적정온도는 비모란 선인장에 비하여 낮으며(Choi 등, 2008) 본 연구결과에서 외관품질을 좌우하는 모구품질의 적정 유지를 위한 주·야 온도는 주간온도가 25°C보다는 낮은 20°C가 더 좋은 것으로 나타났다. 따라서 산취선인장의 뿌리내림 및 모구의 고유색 발현은 25°C보다 낮은 20°C의 주간온도와 20°C의 야간온도범위에서 가장 좋았다.

2. 산취선인장 모구색 발현과 생육에 가장 효과적인 인 발광다이오드(LEDs) 선발

광질 환경의 최신 제어기술로 특정파장 영역의 광원만을 조사하는 발광다이오드(LEDs)조사는 Moon과 Park(2008)의 연구에서 덩굴용담이 단일 청색LED에서 발근율이 억제된 반면 적색LED에서 발근이 빠르며 발근율이 양호하였는데, 산취선인장의 지하부 생육은 적색LED가 발근에 용이한 것으로 나타났다. 또한 4종의 발광다이오드(LEDs) 조사에 따른 산취선인장의 구고 생육은 유의적 차이가 있으나 구직경 신장에는 유의성이 없었다. 식물생장에 있어서 뿌리발달은 중요한 상관관계가 있는데 뿌리 끝에서 형성된 사이토키닌은 신초의 정단생장을 촉진하고 신초의 정단 또는 어린잎에서 생성된 옥신은 뿌리 생장을 촉진시킨다(Sachs, 1971). 따라서 적색LED처리로 인한 산취선인장 구고의 왕성

한 신장은 식물생장호르몬인 사이토키닌과 옥신의 피드백 조절에 의해 뿌리생장이 보다 촉진되어 나타난 것으로 보인다.

또한 Qian과 Kubota(2009)는 잎 상추에서 영양성분의 증대와 생육증진에 가장 효과적인 광원은 백색LED이며 UV-A 또는 B에서 안토시아닌 색소침착이 현저한 수준으로 높아지며 근적외선에서 바이오매스(biomass)는 증가하나 피토케미컬(phytochemical)함량이 감소하는 경향을 보였는데 산취선인장 생육에서는 적색LED와 백색LED의 순으로 뿌리발육 및 세근발달의 지하부생육과 모구신장에 가장 효과적인 광원이었다. Tanaka(1999)는 *Eucalyptus*와 딸기를 적색광과 청색광의 비율을 다르게 처리한 결과 적색광은 식물체의 초장을 도장시키는 결과를 가져 왔으며 *Eucalyptus pellita* 기내 줄기묘의 청색광 단독 처리 시에 줄기가 도장지의 형태로 성장하여 이로 인해 다른 처리에 비해 성장요소가 좋았음에도 불구하고 식물체가 유약한 상태로 자라는 단점이 나타났다(Kim과 Moon, 2006). 또한 Hahn 등(2000)은 지황을 식물재료로 적색광 혹은 청색광의 단독 처리가 혼합광의 처리보다 더 양호한 줄기생장을 가져왔다고 하였으나 단독 처리 시에는 형광등 혹은 혼합광의 처리보다 도장지가 나타날 확률이 높아 식물체가 연약하게 자라는 단점이 있었다. 적색LED에서 산취선인장은 모구의 높이가 71.25mm로 가장 크게 신장하였다. 청색LED는 56.99mm, 분홍LED(Red + Blue)가 55.40mm로 460nm 피크파장의 청색광이 모구신장을 다소 억제하는 효과를 보였는데 이는 청색LED가 국화의 초장생육을 억제시키는 Rajapakse와 Kelly(1992)의 결과와 일치하였다. 식물의 성장반응을 보다 증진시키기 위해서는 재배목적과 생육단계에 맞는 적절한 광원처리의 순차적 조사가 필요하며 처리 광원에 대한 식물 생리반응 및 기작구명은 아주 중요하다고 생각된다. 다른 선인장에 비해 산취선인장은 하절기 모구생육이 빨라 말단 부위가 과도하게 신장하는 도장현상이 빈번하며 출하시기에 품질유지가 어려운 단점이 있는데 청색LED와 분홍LED광원의 조사가 고품질 유지에 효과적이라 판단된다.

산취선인장 모구의 외관품질에 가장 효과적인 광원은 적색LED로서 a*값과 b*값은 유의적 차이가 있으며 a*값은 +5.23, b*값은 +39.9로 선명한 황색으로 모구색 품질의 관상가치가 높아 가장 좋았다. 반면 L*값은

Table 2. Effect of light emitting diodes (LEDs) on globe growth of grafted cactus, *Chamecereus silvestrii* f. *variegata* ‘Hee-Mang’ in 49 days after treatment.

Light source	Globe height (mm)	Globe diameter (mm)
Blue	56.99 b ^z	19.59 a
Pink	55.40 b	17.90 a
Red	71.25 a	18.94 a
White	63.12 ba	19.63 a
Significance	*** ^y	NS

^zMean separation within columns by Duncan’s multiple range test, *P* = 0.05.

^yNS,*,***Nonsignificant or significant at *P* = 0.05 and 0.001, respectively.

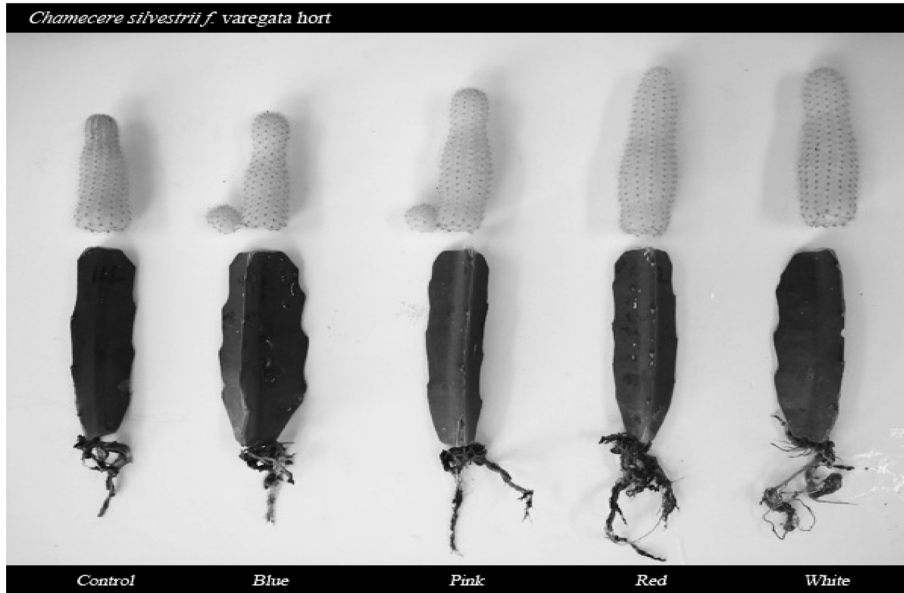


Fig. 2. Growth difference of light emitting diodes (LEDs) treatment in grafted cactus of *Chamecereus silvestrii* f. *variegata* 'Hee-Mang'.

4종의 발광다이오드(LEDs) 처리에 따라 유의성이 없는 것으로 나타났다. 기간경과에 따른 발광다이오드(LEDs) 처리는 L*값은 5주째에 가장 높은 피크를 나타내며 이후 감소하였고 2주째부터는 a*값은 분홍LED에서 감소하고 백색LED에서 증가하였으며 b*값은 백색LED에서 2주째에 급격히 증가하여 가장 높아 황색유지가 가능하며 분홍LED에서는 서서히 계속 증가하는 양상을 보였다. Choi 등 (2009)에 의하면 황색품종 'Helsinki'의 착색정도를 나타내는 b*값 모두 저광도보다 고광도에서 높은 값을 나타내며 착색 증진 효과를 나타내었으며 청색광, 적색광, UVa 순으로 착색변

화가 빠르게 진행되었다. 본 연구에 사용한 LEDs 제품은 모두 고광도로 산취선인장 모구색의 황색 발색에 보다 효과적이며 관상가치가 뛰어난 결과를 나타내었다.

결론적으로 수출접목선인장은 동계(12월~1월)를 제외하고 연중수출 하는데 최근 수출증대로 물량확보가 어려운 상황이다. 따라서 수출 증대를 위한 재배환경 개선은 시급하며 수출 출하시기에 맞는 제품별 적정 온도 및 광 환경 기술 개발 및 유지가 중요한데 산취선인장의 외적품질에 영향을 주는 최적온도는 주간온도 20°C와 야간온도 20°C이며 단색광인 적색LED에

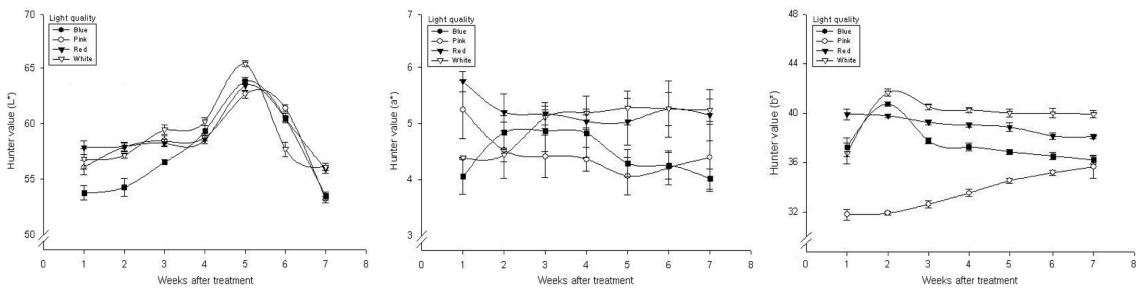


Fig. 3. Changes of globe color by light emitting diodes (LEDs) treatment in *Chamecereus silvestrii* f. *variegata* 'Hee-Mang'. Vertical bars represent \pm SD.

서 황색계통의 모구의 색 발현에 가장 효과적이며 특히 모구길이 신장에 효과적인 것으로 나타났다. 피토크미컬(phytochemical) 발현에 있어서 모구의 외적 품질은 적정 온도 유지보다는 광 처리가 보다 효율적이었다. 또한 산취선인장 '희망'은 주·야간온도가 각각 20°C와 적색LED가 모구의 신장증진을 위해서 효과적이었으며 도장억제를 위해서는 청색LED조사가 효과적인 것으로 나타났다. 따라서 본 연구를 근간으로 특정 발광다이오드(LEDs)를 일정시기에 조사하는 것이 상품 출하 전 인위적 생육조절에 효과적이며 상품성의 외관 품질 향상에 기여하는 바가 크리라 생각된다.

적 요

본 연구는 4개의 생육상에서 주간온도 20°C와 25°C, 야간온도 5, 10, 15, 20°C의 주·야 온도 조합과 적색LED, 청색LED, 분홍LED(청색LED+적색LED), 백색LED 4종의 발광다이오드(LEDs)를 조사하여 산취(*Chamaecereus silvestrii* f. *variegata*)선인장 '희망'의 모구 생육 및 발색에 가장 효과적인 재배환경을 찾고자 실시하였다.

주·야 온도처리가 황색 모구의 고유색 발현에 미치는 영향은 명도(L*값), 적색도(a*값), 황색도(b*값)가 모두 유의성이 있으며 특히 주간온도 20°C와 야간온도 20°C에서 모구색이 선명한 황색으로 관상가치가 가장 높았고, 주간온도 25°C와 5°C, 10°C 각각의 야간온도에서 모구색 품질이 저하되는 것으로 나타났다. 발광다이오드(LEDs) 처리는 a*값과 b*값에서 유의적 차이가 있으며 적색LED에서 a*값은 +5.23, b*값은 +39.9로 산취선인장의 고유의 아름다운 황색 발색을 유지하며 구색품질이 가장 좋았다.

따라서 산취선인장의 모구색 발현에 영향을 주는 최적 온도범위와 발광다이오드(LEDs)는 주간온도 20°C와 야간온도 20°C이며 단색광인 적색LED에서 가장 효과적이었다. 또한 산취선인장 재배에서 모구색의 외적 품질 향상은 적정 온도 환경 유지보다는 광질 환경을 개선하는 것이 보다 효율적이며 특히 발광다이오드(LEDs) 적색LED가 황색계통의 고유한 모구색 발현에 효과적인 것으로 나타났다.

주제어 : 구고, 구직경, 명도, 적색도, 황색도

인 용 문 헌

1. Bula, R.J., T.W. Morrow, T.W. Tibbitts, D.J. Barta, R.W. Ignatius, and T.S. Martin. 1991. Light-emitting diodes as a radiation source for plants. *HortScience*. 120:808-813.
2. Butler, S.J., S.B. Hendricks, and H.W. Siegelman. 1964. Action spectra of phytochrome *in vitro* photochem. *Photobiol.* 3:521-528.
3. Choi, I.L., J.H. Won, H.J. Jung, and H.M. Kang. 2009. Effect of red LED, blue LED and UVa light sources on coloration of paprika fruits. *J. Bio-Env. Con.* 18:431-435.
4. Choi, I.J., C.H. Lee, and J.H. Cho. 2008. Effects of CPPU, TDZ, and BAP on tubercle proliferation of *Chamaecereus silvestrii* f. *variegata*. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 26:124-128.
5. Choi, I.J., M.I. Jeong, and M.S. Kim. 2008. Effect of CCC and diniconazole on the growth retarding of grafted cactus. *Flower Res. J.* 16:234-238.
6. Choi, I.J., M.I. Jeong, C.H. Lee, J.Y. Kim, and S.T. Choi. 2005. Influence of 1-methylcyclopropene and silver thiosulfate treatment on the quality of graft cactus, *Chamaecereus silvestrii* f. *variegata* 'Hong-wol', as product for export. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 46:64-68.
7. Hahn, E.J., T. Kozai, and K.Y. Paek, 2000. Blue and red light-emitting diodes with or without sucrose and ventilation affects *in vitro* growth of *Rehmannia glutinosa* plantlets. *Journal of Plant Biology.* 43:247-250.
8. Jeong M.I., B.N. Chung, and J.Y. Kim. 2002. Effect of root-zone temperature on the growth and quality of *Gymnocalycium mihanovichii* in winter season growing. *J. Kor. Flower. Res. Soc.* 10:55-60.
9. Kim, J.A. and H.K. Moon. 2006. Effect of light-emitting diodes (LEDs) and ventilation on the *in vitro* shoot growth of *Eucalyptus pellita*. *J. Korea For. Soc.* 95:716-722.
10. Korea Rural Economic Institute. 2002. International market research and strategy of korean cactus for enlargement of export. pp. 16-17.
11. Maekawa, S., M. Terabun, and N. Nakamura. 1980. Effect of ultraviolet and visible light on flower pigmentation of 'Ehigasa' rose. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 49:251-259.
12. Moon H.K. and S.Y. Park. 2008. Effect of different light sources and ventilation on *in vitro* shoot and rooting of a rare and endangered species, *Tsururindo* (*Tripterispermum japonicum*). *Journal of Plant Biotechnology.* 35:215-221.
13. Nam, S.Y., C.H. Soh, S.M. Park, C.H. Cho, and I.T. Park. 2009. Effect of temperature on winter growth grafted cactus (*Chamaecereus silvestrii*) 'Hee-Mang'. *Flower Res. J.* 17:141-145.

14. Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MFAFF). 2000. Flower cultivation present condition. pp. 1-91.
15. Quail, P.H. 1991. Phytochrome: A light-activated molecular switch that regulates plant gene expression. *Annul. Rev. Genet.* 25:389-409.
16. Quan Li and C. Kubota. 2009. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. *Environmental and Experimental Botany* 67:59-64.
17. Rabino, I. and A.L. Mancinelli. 1986. Light, temperature and anthocyanin production. *Plant Physiol.* 81: 922-924.
18. Rajapakse, N.C. and J.W. Kelly. 1992. Regulation of chrysanthemum growth by spectra -l filters. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:481-485.
19. Sachs, T. 1971. The induction of fiber differentiation. *Annals of Botany.* 36:189-197.
20. Saebo, A., T. Krekling, and M. Appelgren. 1995. Light quality affects photosynthesis and leaf anatomy of birch plantlets *in vitro*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 41:177-185.
21. Tanaka, M. 1999. The use of light-emitting diodes (LED) as a novel light source for micropropagation. *Proc. Kor-Jap. Joint Symposium on Transplant Production in Horticultural Plants. Nov. Chungbuk Nat'l. Univ.* pp. 43-52.