

ORIGINAL ARTICLE

LED 광질이 칼란코에의 생육과 개화에 미치는 영향

김소희 · 허유 · 황령환 · 박영훈 · 최영환 · 서정민¹⁾ · 강점순*

부산대학교 원예생명과학과, ¹⁾부산대학교 바이오환경에너지학과

Effect of LED Light Quality on Growth and Flowering of Kalanchoe

So-Hee Kim, You Heo, Ryeong-Hwan Hwang, Young-Hoon Park, Young-Whan Choi,
Jeong-Min Suh¹⁾, Jum-Soon Kang*

Department of Horticultural Bioscience, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

¹⁾*Department of Bio-Environmental Energy, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea*

Abstract

This study was conducted to examine the effect of LED light quality and supplemental LED light on growth and flowering for potted flowering plant of Kalanchoe. 1. Plant height of Kalanchoe was enhanced under Red, regardless of treatment time. 2. Root length and stem diameter of Kalanchoe were enhanced by Red+Blue. 3. The number of internodes was not influenced by LED light quality. Length of flower stalk of Kalanchoe increased under Red+Blue, but treatment time did not result in statistically significant differences. 4. Leaf area was not influenced by LED light quality in Kalanchoe. 5. The number of flower buds and open flowers was decreased by LED light treatment, but days to flowering was reduced by Red+Blue for 4 hr after sunset in Kalanchoe. 6. Chlorophyll and anthocyanin content was not significantly affected by LED light treatment, but anthocyanin content tended to increase by Blue 4 hr after sunset. 7. Fresh and dry weight did not increased by LED light treatment in Kalanchoe.

Key words : Kalanchoe, LED light quality, Growth, Flowering

1. 서론

일조량 부족으로 시설재배에 있어 광환경 문제가 뒤따른다. 현재 지구온난화로 인한 기후변화로 노지작물의 피해가 늘어남으로써 안정적인 작물생산을 위한 대응방안으로 식물공장이나 시설재배 등에 관한 연구가 활발히 이루어지면서 겨울철 보광에 대한 중요성이 커지고 있다. 보광은 작물의 생육에 필요한 태양광의 부족한 양을 보충하기 위하여 인공광으로 부족한 광량을 보

충해주는 경우와 장일조건을 만들어 주기 위한 일장조절을 위한 보광으로 나눌 수 있다(Jeong, 2008).

식물재배에 부족한 광을 충분히 공급하기 위해 형광등, 백열등, 메탈할라이드, 고압나트륨, 수은등 등의 인공광이 광원으로 사용되지만 수명이 짧거나 열이 지나치게 많은(Lee 등, 2010) 단점이 있다. 고효율 미래 인공광원으로 떠오르는 LED는 수명이 길고 열 발생이 적으며 태양광의 가시광선 영역을 거의 흡사하게 낼 수 있어 식물생장에 필요한 파장대 영역을 쉽게 조사할 수 있

Received 26 May, 2014; Revised 25 August, 2014;

Accepted 1 September, 2014

*Corresponding author : Jum-Soon Kang, Department of Horticultural Science, Pusan National University, Miryang, 627-706, Korea

Phone: +82-55-350-5523

E-mail: kangjs@pusan.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

다. LED의 적색광은 발아촉진, 생장조절, 줄기신장 (Shin 등, 2008), 엽면적 확대, 화아형성, 조기 개화, 광합성 등에 관여한다. 또한 청색광은 화아 형성, 엽록소 합성(Moreira da Silva와 Debergh, 1997), 잎의 형태형성, 굴광성, 곤충유인 등의 기능이 있다. 또한 LED의 적당한 비율로 합한 혼합광은 단일광의 기능보다 더 우수한 효능을 나타낼 수 있다. Song과 Song(2012)에 따르면 적색, 청색 혼합광LED를 이용하면 다육식물의 초장 및 엽수의 생장이 양호한 결과를 보였으며 Lee 등 (2010)은 적색, 청색의 혼합광원으로 변환할 경우 고품질의 상추 생산이 가능 하였다. 또한 LED의 광질은 생장 조절 뿐만 아니라 기능성 성분함량의 증가와 색소함량을 증진시킬 수 있다(Nishimura 등, 2008; Oh 등, 2009). 수확 직전 채소의 400nm 이하의 파장을 처리하여 작물의 함량성분의 증대(Nishimura 등, 2008)와 파프리카 수확 후 색소 함량 증진(Ordidge 등, 2010)등의 연구가 이루어졌다. 이외에도 광도, 광주기, 광원 효과에 관한 실험이 상추, 토마토(Kwon 등, 2011), 들깨, 고추, 칼랑코에(Noh와 Son, 2010), 스킨답서스 등 다양한 식물에서 연구되었다. 한편, 광질은 상추(Lee 등, 2010), 브로콜리, 점목선인장(Nam 등, 2010), 아게라툼, 아프리카 매리골드, 살비아 등에서 연구가 수행되었지만 분화식물에 관한 연구는 아직 부족한 실정이다. 특히, 칼랑코에(*Kalanchoeblossfeldiana*)는 다양한 품종을 가지는 분화식물(Chung과 Joung, 1996)로 분화용으로 인기가 있고 주요 소득원이 되고 있다. 최근 우리나라에서 분화식물에 대한 관심이 높아지고 있으며 가격이 저렴하고 쉽게 재배관리가 용이하기 때문에 다양한 종류가 판매되고 있다. 단일식물인 칼랑코에는 일장반응은 잎에서 개화 자극이 형성되며, 생장점에 도달해서 화아분화를 유도한다. 대부분의 품종들은 9~11시간 일장으로 3주 이상 처리하여 개화가 가능하며, 일장이 짧은 10월 중순~3월 초에는 밤에 전조처리하여 영양생장을 한다. 겨울 철 온실에서 보광은 칼랑코에의 생육과 개화를 촉진하며 LED 광질에 따른 다양한 효과를 도출할 것이라 생각된다.

지금까지 칼랑코에에서 광이 식물의 생장과 개화에 미치는 영향을 고찰한 연구는 빛의 세기에 국한한 것이고 광질에 대한 연구는 없었다. 이는 광질의 영향이 광도가 미치는 영향에 비해 중요도가 떨어지기 때문으로

해석된다. 따라서 본 연구는 일몰 후 LED의 다양한 광질 및 보광처리 시간이 칼랑코에의 생장과 개화에 미치는 영향을 조사하여 고품질의 식물을 생산하기 위해 수행되었다.

2. 재료 및 방법

2.1. 식물재료

본 연구의 식물재료인 칼랑코에(*Kalanchoe blossfeldiana*)에는 부산시 강서구 성인농장(품종명: Bingo)에서 삼목묘를 분양받아 사용했다. 삼목 후 90일 재인 2012년 2월 13일, 삼수 1개씩 직경 15 cm 화분에 평균 7~8 cm의 크기가 비슷한 삼목묘를 선택하여 정식하였다. 삼목묘는 정식 전까지 22.5±1℃로 환경제어된 첨단온실에서 생육하였다.

2.2. 재배환경

본 실험은 2012년 2월 13일부터 2012년 6월 12일 까지 120일 동안 부산대학교 첨단온실에서 수행되었다. 칼랑코에는 재배용기(1L)에 육묘용 혼합 상토(바이오그린상토, 흥농)를 충진한 후 22.5±1℃로 유지된 첨단온실에서 재배되었다. 관수는 저면관수 하였고, 그 외의 재배법은 농사재배법에 준하였다.

2.3. LED를 이용한 광질 처리

인공광으로 사용한 식물재배조명 LED(PARUS, Korea)는 전구형태로 일몰 후 보광광원으로 사용되었다. 광강도는 적색광은 954.6 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$, 청색광은 1051.8 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$, 적색+청색 혼합광은 867.3 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 였다(Fig. 1). 인공광원은 조사방법은 각각의 인공광원 처리구 마다 식물체의 25 cm 위에 인공광원을 설치하여 식물체와 수직이 되게 광을 비추었으며 식물이 성장함에 따라 LED의 높이를 조절하였다. 인공광원 처리구는 7수준 이었고, (1) 자연광만을 이용한 무처리구(Control), (2) 일몰 후 2시간의 적색(660 nm, R) LED 광 조사, (3) 일몰 후 2시간의 청색(430 nm, B) LED 광 조사, (4) 일몰 후 2시간의 적색+청색 혼합(R:B = 8:2, RB) LED 광 조사, (5) 일몰 후 4시간의 적색(660 nm, R) LED 광 조사, (6) 일몰 후 4시간의 청색(430 nm, B) LED 광 조사, (7) 일몰 후 4시간의 적색+청색 혼합(R:B = 8:2, RB) LED 광 조사였다.

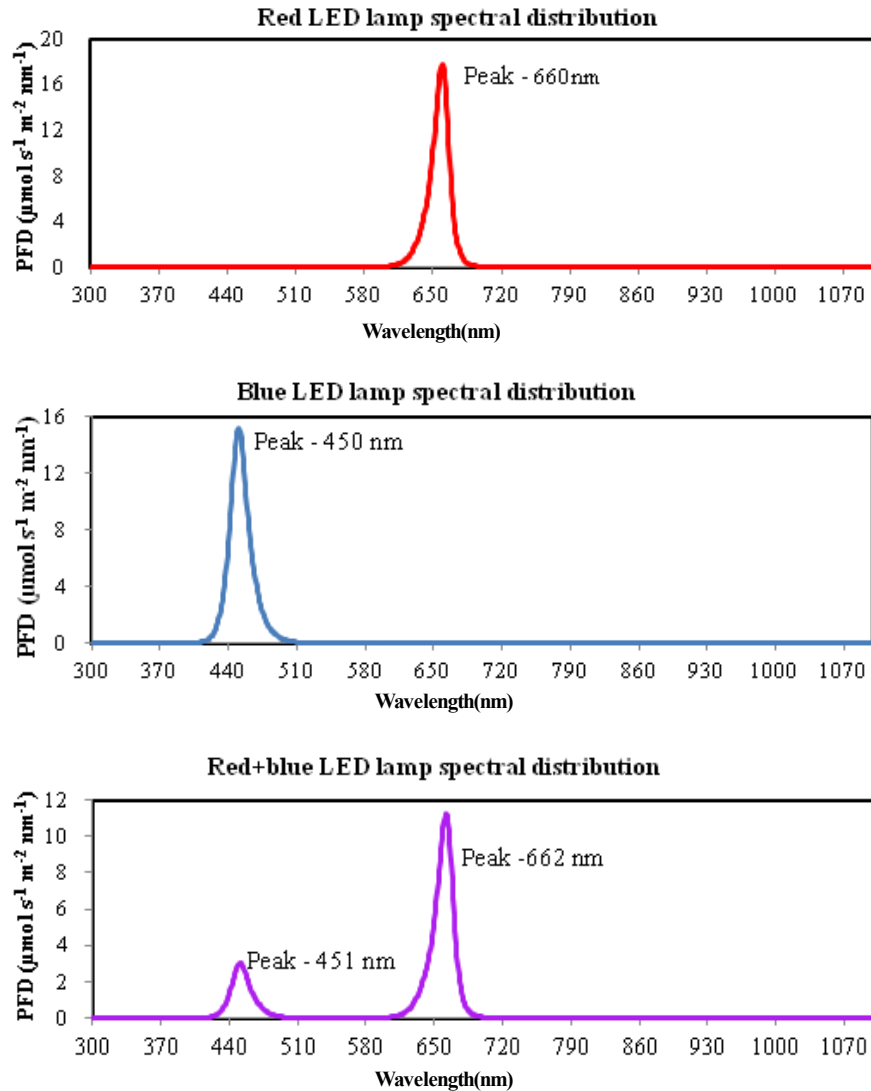


Fig. 1. Red, Blue and Red+blue LED spectral distribution related to photon flux.

각 처리구는 낮에는 자연광을 받도록 하였으며 일몰 후에는 칸막이를 이용하여 서로의 빛이 혼합되지 않도록 하였다.

2.4. 생육조사

본 실험의 시험구는 처리당 12개체로 하였고, 시험구는 완전임의배치 3반복이었다. 일몰 후 LED 광질처리가 시기별 생육 및 개화반응에 미치는 영향을 조사하였다.

생육 및 개화반응 조사는 실험개시 후 30일 간격으로 식물체의 초장, 엽수, 마디수, 직경, 꽃대길이, 색도, 엽록소 함량, 안토시아닌 함량을 측정하였고, 꽃봉오리 생성 이후부터는 꽃봉오리수, 개화수, 개화소요일수를 측정하였다. 초장은 분화 식물체의 길이를 수직으로, 직경은 버니어캘리퍼스(Mitutoyo Corp. ABSOLUTE DIGIMATIC, Japan)로 측정하였다. 또한, 실험 최종일에 엽면적계(LI-COR, inc. LI-3100 AREA METER, USA)를 이용해 엽면적

을 측정하였고, 이올러 생체, 건물중을 측정하였다. 건물중은 70℃의 항온건조기에서 72시간 건조 후 측정하였다.

2.5. 색도측정

식물체의 엽색은 처리구마다 칼랑코에의 평균 색도를 가지는 잎을 지정한 후 생육 30일(Before)과 생육 60일(After)의 같은 위치에서 색차색도계(Nippon Denshoku, INC. CO. LTD. Model No. NR-3000, Japan)를 이용하여 Hunter L, a, b 값을 측정하였다.

2.6. Chlorophyll 함량

칼랑코에의 정아에서 3번째 아래잎을 채취하여 생체 시료 100 mg을 80%(v/v) Acetone 5 ml에 넣고 추출한 후 5분간 2,000 rpm에서 원심분리(Hanil, MICRO 17TR, KR)하여 상등액을 취하고 남은 침전물을 다시 80%(v/v) Acetone 5 ml에 현탁시켜 원심분리 한 후 상등액을 앞의 상등액과 합하였다. 상등액을 균일하게 섞은 후, Spectrophotometer (MECASYS, OPTIZEN 3220 UVbio, KR)를 이용하여 645, 663 nm에서 흡광도를 측정하고 엽록소 농도를 계산하였다.

2.7. Anthocyanin 함량

칼랑코에의 정아에서 3번째 아래잎을 채취하여 생체 중 1 g에 95% ethanol과 1.5N HCl, 85:15(v/v)용액에 넣어 추출하고, 15분간 1446 g의 속도로 원심분리하여 상등액을 취하였다. 상등액 0.4 ml에 두 개의 다른 buffer 용액으로 희석한 후, 520, 700 nm에서 흡광도를 측정하였다(Giusti와 Wrolstad, 2005; Huang 등, 2009;

Li와 Kubota, 2009). Buffer 용액은 Potassium chloride buffer(0.025M, pH1.0)과 Sodium acetate buffer(0.4M, pH4.5)이다(Giusti와 Wrolstad, 2005).

2.7. 통계분석

칼랑코에의 생육조사 및 함량 분석은 SPSS 프로그램(PASW Statistics 18.0)을 이용하여 처리 간 차이를 Duncan의 다중검정으로 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 생육특성

LED 광질과 일몰 후 보광시간에 따른 생육 특성을 비교해 보면(Table 1), 칼랑코에의 초장은 처리시간과 관계없이 적색광에 의해 촉진되었다. 작물의 보광시 적색광에서 초장신장이 촉진되었으나 청색광에서 억제된다고 알려진 바 있다(Park 등, 2011; Ku 등, 2011). 절간 길이는 일몰 후 2시간의 적색광에서 2.0 cm로 가장 길었으며, 무처리에서는 1.4 cm로 광처리와 무처리간의 차이를 보였다. 그러나 광질과 보광 시간이 절간 수에는 큰 영향을 미치지 못했다. 이것은 절간의 수 보다는 절간의 길이가 식물의 초장에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 뿌리길이는 일몰 후 4시간의 적색+청색 혼합광 처리에서 12.5 cm로 좋았다. 칼랑코에의 줄기 직경생장은 광질에 관계없이 전반적으로 일몰 후 2시간의 보광 처리가 좋았으나, 최적 직경생장을 보인 처리구는 일몰 후 4시간 적색+청색의 혼합광 처리였다. 반면 적색 및 청색광 처리에서는 무처리구에 비해 줄기의 직경생장

Table 1. Growth characteristics of Kalanchoe grown under different light quality and supplemental time during treatment periods

Treatment Time (hr)	Light quality	Plant height (cm)	No. of internodes	Internodes length (cm)	Root length (cm)	Length of flower stalk (cm)	Stem diameter (mm)
2	Red	24.6 a ²	12.2 a	2.0 a	11.4 ab	9.9 a	9.36 ab
	Blue	21.2 b	13.6 a	1.5 cd	10.0 ab	12.6 a	9.16 ab
	Red+Blue	23.4 ab	11.8 a	1.9 ab	10.9 ab	14.4 a	9.05 ab
4	Red	22.6 ab	13.0 a	1.6 c	10.7 ab	11.4 a	8.31 b
	Blue	21.6 b	12.2 a	1.7 bc	8.8 b	12.5 a	8.33 b
	Red+Blue	22.0 ab	13.2 a	1.7 bc	12.5 a	11.5 a	9.79 a
Control		20.5 b	14.6 a	1.4 d	11.5 ab	11.8 a	8.72 ab

²Means separation in columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

이 낮았다.

3.2. 잎의 특성 및 생체중, 건물중

칼란코에의 엽면적은 무처리구에서 가장 높았고 광질처리에 의해 엽면적이 억제되었다. 특히 적색, 청색 단일광에서 그 결과가 현저하였다. 칼란코에의 엽수는 적색, 청색, 적색+청색의 혼합광 처리보다 무처리구에서 많았다. 광질의 보광처리 시간은 일몰 후 4시간보다 2시간 처리에서 엽수가 증가하는 경향이였다. 생체중은 무처리구에서 가장 높았으며, 다음으로 일몰 후 2시간의 적색광, 일몰 후 4시간의 적색+청색 혼합광 처리 순이었다. Ku 등(2011)은 상추의 생체중 건물중 증가에 있어 적색광이 효율적이라 하였으나, 본 실험에서도 광질이 칼란코에의 생체중, 건물중 증가에는 큰 효과가 없었다.

3.3. 개화특성

LED 광질과 일몰 후 보광처리 시간에 따른 칼란코에의 개화 특성 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 광질의 종류에 따라 개화반응이 각각 달라는데, 단일성 작물인 칼란코에 일몰 후 광질처리는 무처리구에 비해 개화가 억제되는 경향을 보였다. 특히 청색광은 보광처리 시간에 관계없이 화아수와 개화수가 억제되는 정도가 높았다.

그러나 일몰 후 4시간의 청색광 처리는 화아수와 개화수는 억제되었으나 개화율은 100% 였고, 무처리 및 일몰 후 2시간의 적색, 청색 단일광 및 적색+청색 혼합광 처리에서는 90%의 개화를 보였다. 반면 일몰 후 4시

간의 적색 단일광 및 적색+청색 혼합광 처리에서는 75%의 개화율을 나타내었다.

광질처리가 개화소요일수에 미치는 영향을 조사한 결과 무처리구의 칼란코에는 화퇴출현일수가 68일, 그리고 개화소요일수는 51일 이었다. 칼란코에를 일몰 후에 광질처리하면 화퇴출현일수와 개화소요일수가 단축되어 개화가 촉진되는 경향이였으나, 유의성은 없었다. 특히, 일몰 후 4시간의 적색+청색 혼합광 처리에서는 개화소요일수가 66일로 무처리의 69일보다 개화일수가 3일 빨랐다. 화퇴출현일수도 이와 유사한 경향을 보였다. 반면 일몰 후 4시간의 적색광 처리에서는 무처리와 뚜렷한 차이는 없었다.

미니 시클라멘을 대상으로 한 선행 연구에서도 적색+청색 혼합광 처리에서 개화소요일수가 단축되었다고 하였다(Baek, 2003). 그리고 *Arabidopsis*, 메리골드, 셀비아, 아게라툼은 적색광, 청색광에서 개화가 지연되었다고 하였다(Baek, 2003). 이는 광질에 따른 개화반응은 작물의 종류에 따라 다양함을 제시하고 있다.

또한 단일식물인 칼란코에는 일몰 후 광질처리는 화아수와 개화수 등 전반적인 개화반응은 억제되었으나, 개화소요일수는 단축되어 개화촉진을 유도하였다. 특히, 일몰 후 4시간의 적색+청색 혼합광 처리에서는 개화촉진 효과가 높았다.

이러한 원인은 이는 보광처리에 의해 광합성이 촉진되고, 이로 인해 식물체내에 축적된 탄수화물이 개화를 촉진한 것으로 해석된다.

Table 2. Leaf characteristics, Fresh and dry weight of *Kalanchoe* grown under different light quality and supplemental time during treatment periods

Treatment Time (hr)	Light quality	Leaf area (cm ²)	No. of leaves	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)		T/R
				Top	Root	Top	Root	
2	Red	779.02 a ^z	122.4 b	114.57 a	7.58 a	7.52 a	1.27 a	6.05 c
	Blue	616.15 a	102.0 b	91.03 a	4.35 b	5.70 a	0.77 b	7.38 b
	Red+Blue	817.56 a	138.4 b	100.08 a	5.49 ab	6.62 a	0.82 ab	8.32 ab
4	Red	533.80 a	92.2 b	79.95 a	4.34 b	5.24 a	0.60 b	8.80 ab
	Blue	663.48 a	110.6 b	87.90 a	4.51 b	5.83 a	0.68 b	8.63 ab
	Red+Blue	779.95 a	109.2 ab	112.46 a	5.75 ab	7.96 a	0.92 ab	9.05 a
Control		853.83 a	175.6 a	117.65 a	5.93 ab	8.37 a	1.02 ab	8.23 ab

^zMeans separation in columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

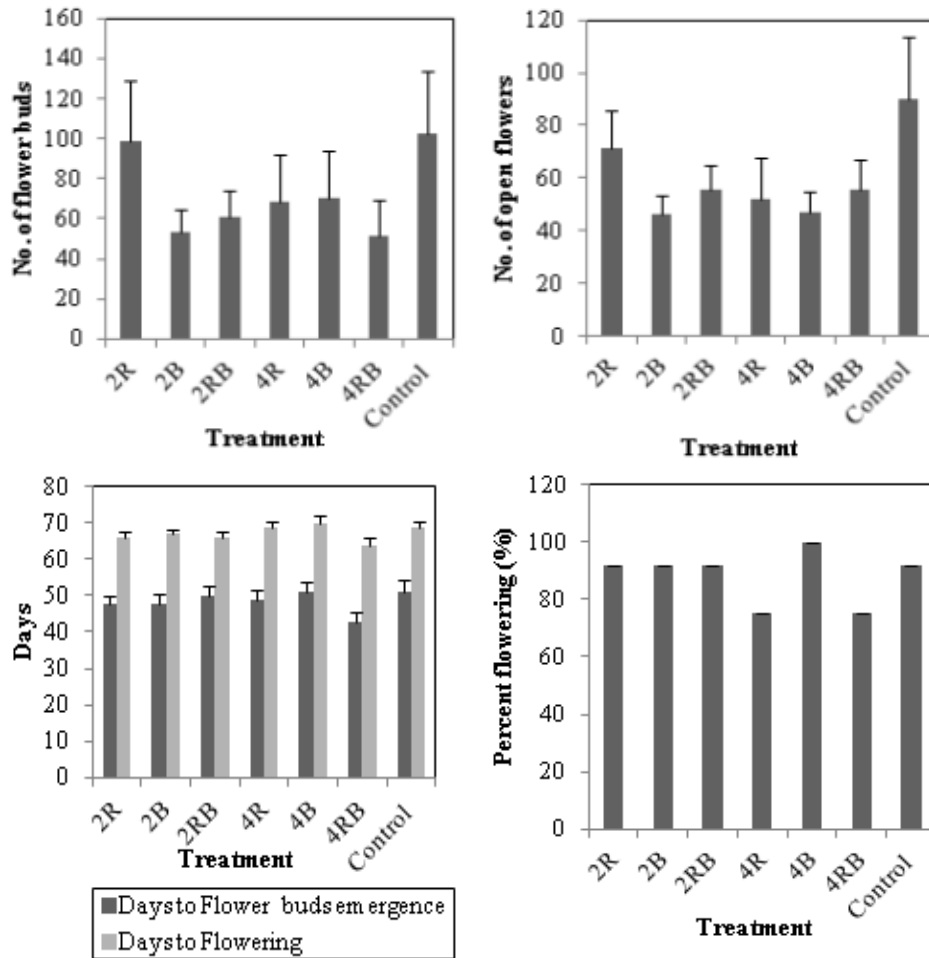


Fig. 2. Flowering characteristics of Kalanchoe grown under different light quality during treatment periods.

3.4. 엽록소 및 안토시아닌 함량

LED 광질과 일몰 후 보광 처리시간에 따른 칼랑코에의 엽록소 및 안토시아닌 함량 변화에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 칼랑코에의 엽록소 함량은 처리시간과 관계없이 적색광 처리에서 높았다. 반면 인삼 모상근의 클로로필 생성은 청색파장에서 높았다고 하였다(Yang 등, 1997). 또한 Zantedeschia 유묘는 청색광에 의해 엽록소 함량이 높아졌으며, 청색광은 엽록소의 발달을 촉진한다고 하였다. 본 실험에서는 적색광에서 엽록소 함량이 증가하였는데 이는 광합성 촉진에 의한 것으로 해석된다. 엽록소 a/b 비율은 값이 2 내외 였

으며, 적색+청색 혼합광 처리에서 가장 높았다. Lee(2007)는 *Acacia mangium* 유묘와 산수국의 유묘의 엽록소 a/b가 청색광에서 높았다고 하였다. 이와 같이 광질처리에 의한 식물체내의 안토시아닌 함량의 차이는 작물의 종류에 의한 차이로 해석된다.

한편, 칼랑코에의 안토시아닌 함량은 보광처리 시간에 따라 달랐으며, 유의성은 없었으나 일몰 후 2시간의 광질처리가 4시간의 광질처리보다 높은 경향이었다. 특히, 2시간의 청색광이 다른 광질에 비해 안토시아닌 함량이 높은 경향이었으나 유의성은 없었다. 안토시아닌의 선행 연구인 토마토(Giliberto 등, 2005), 아마란스,

Table 3. Chlorophyll and Anthocyanin of Kalanchoe grown under different light quality and supplemental time during treatment periods

Treatment Time (hr)	Light quality	Chlorophyll (mg/mg-fw)			Anthocyanin ($\mu\text{g/g-fw}$)
		Chl. a	Chl. b	Chl. a/b	
2	Red	0.008 a ^z	0.004 a	2.274 ab	0.481 a
	Blue	0.006 b	0.003 a	2.323 ab	0.658 a
	Red+Blue	0.008 ab	0.003 a	2.272 ab	0.582 a
4	Red	0.007 ab	0.004 a	2.152 ab	0.329 a
	Blue	0.008 a	0.004 a	2.236 ab	0.354 a
	Red+Blue	0.007 ab	0.003 a	2.510 a	0.127 a
Control		0.006 b	0.003 a	1.946 b	0.228 a

^zMeans separation in columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

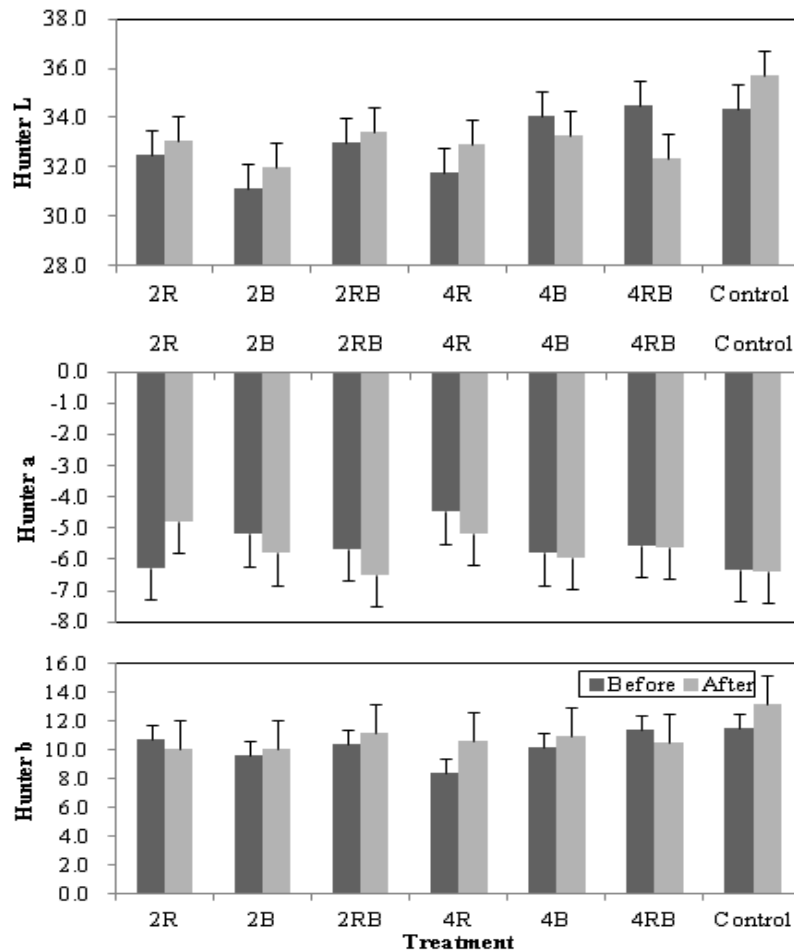


Fig. 3. Hunter L, a and b of Kalanchoe grown under different light quality and supplemental time during treatment periods.

고추묘에서도 안토시아닌의 조절에 관여하는 것은 청색광이라고 하였다.

3.5. Hunter L, a, b

LED 광질과 일몰 후 보광 처리시간에 따른 칼라코에 앞의 Hunter L, a, b 미치는 영향을 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. Hunter L값이 커질수록 명도가 높아지고, 작을수록 명도가 낮아지는데, 무처리구에서 35.73으로 높았으며 일몰 후 2시간의 청색광에서 가장 낮았다. Hunter a값은 커질수록 적색을 나타내고, 음의 값일수록 녹색을 나타낸다. 일몰 후 2시간의 적색+청색 혼합광과 무처리구는 -6.48 및 -6.38로 녹색 정도가 가장 강했다. b값은 커질수록 황색을 나타내고 음의 값일수록 청색을 나타낸다. a값과 마찬가지로 각각 13.18, 11.16으로 황색 정도가 다른 처리구에 비해 강하게 나타났다.

4. 결론

본 연구는 일몰 후 LED의 다양한 광질 및 보광처리 시간이 칼라코에의 생장과 개화에 미치는 영향을 조사하여 고품질의 식물을 생산하기 위해 수행되었다. 칼라코에는 일몰 후 2시간의 적색광에서 식물의 초장, 경직경, 지하부 생체중 및 건물중이 증가하였다. 초장은 절간의 수보다는 절간의 길이에 의해 영향을 받았다.

단일성 작물인 칼라코에 일몰 후 광질처리는 무처리구에 비해 개화가 억제되는 경향을 보였다. 특히 청색광은 보광처리 시간에 관계없이 화아수와 개화수가 억제되는 정도가 높았다. 칼라코에를 일몰 후에 광질처리는 개화소요일수가 단축되어 개화가 촉진되는 경향이었고, 특히, 일몰 후 4시간의 적색+청색 혼합광 처리는 무처리에 비해 개화소요일수가 3일 빨랐다.

또한 일몰 후 4시간의 적색+청색 혼합광에서 Hunter L, a, b 값도 우수하여 색택이 좋았다. 엽록소 함량은 일몰 후의 광질처리에 크게 영향을 받지 않았으나, 안토시아닌 함량은 청색광 처리에서 증가하였다.

감사의 글

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었습니다.

참고문헌

- Baek, K. Y., 2003, Effect of light emitting diodes(LED) on the growth and photomorphogenesis in horticultural plants, Ministry of Agriculture and Forestry, South Korea.
- Chung, B. N., Joung, M. I., 1996, Flowering and plant height response as influenced by daylength in *Kalanchoe blossfeldiana*, RDA. J. Agri. Sci., 38, 594-597.
- Giliberto, L., Perrotta, G., Pallata, P., Weller, J. L., Fraser, P. D., Bramley, P. M., Fiore, A., Tavazza, M., Giuliano, G., 2005, Manipulation of the blue light photoreceptor cryptochrome 2 in tomato affects vegetative development, flowering time and fruit antioxidant content, Plant Physiol, 137, 199-208.
- Giusti, M. M., Wrolstad, R. E., 2005, Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible spectroscopy, In: Wrolstad, R.E., Acree, T. E., Decker, E. A., Penner, M. H. Reid, D. S., Schwartz, S. J., Shoemaker, C. F., Smith, D., Sporns, P.(Eds.), Handbook of Food Analytical Chemistry: Pigments, Colorants, Flavors, Texture, and Bioactive Food Components. John Wiley & Sons, Hoboken, N. J., 19-31.
- Huang, Z., Wang, B., Williams, P., Pace, R. D., 2009, Identification of anthocyanins in muscadine grapes with HPLC-ESI-MS, LWT-Food Science and Technology, 42, 819-824.
- Jeong, W. J., Kang, I. K., Lee, J. Y., Park, S. H., Kim, H. S., Myoung, D. J., Kim, G. T., Lee, J. H., 2008, Study of dry and bio-mass of sweet pepper fruit and yield between glasshouse and plastic greenhouse, Kor. J. Bio-Environ. Control, 17, 541-544.
- Ku, Y. G., Kim, E. J., Lee, J. H., 2011, Effect of different LED treatments on the plant growth and photosynthetic responses of lettuce, Kor. J. Hort. Sci. Technol., 29, 88-88.
- Kwon, J. K., Park, K. S., Kang, Y. I., Choi, H. G., 2011, Effect of LED light source and intensity on growth and quality of greenhouse grown tomato, Kor. J. Hort. Sci. Technol., 29, 74-74.
- Lee J. G., Oh, S. S., Cha, S. H., Jung, Y. A., Kim, S. Y., Um, Y. C., Cheong, S. R., 2010, Effects of red/blue light ratio and short-term light quality conversion on growth and anthocyanin contents of baby leaf lettuce, J.

- Bio-Env. Con., 19, 351-359.
- Li, Q., Kubota, C., 2009, Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce, *Environmental and Experimental Botany.*, 67, 59-64.
- Moreisra da Silva, M. H., Debergh, P. C., 1997, The effect of light quality on the morphogenesis of invitro cultures of *Azorenavidalii*(Wats.)Feer, *Plant Cell, Tissue Organ Culture*, 51:187-193.
- Nam. S. Y., Park, S. M., Ahn, D. H., 2010, Effect of globe growth and chromogenic on day and night temperature and the LED light treatment of expert grafted cactus (*Chamecereussilvestriif.variegata*) cultivar 'Hee-Mang', *J. Bio-Env. Cont.*, 19, 140-146.
- Nishimura, T., Phiyama, K., Goto, E., Inagaki, N., Morota, T., 2008, Ultraviolet B radiation suppressed the growth and anthocyanin production of *Perilla* plants grown under controlled environments with artificial light. *Acta Hort.*, 797, 425-429.
- Noh, Y. J., Son, J. E., 2010, Plant growth and nutrient uptake of kalanchoe plants(*Kalanchoe blossfeldiana* 'NewAlter') and nutrient accumulation of grwoing media with grwoth stage at different nutrient strengths in ebb and flow subirrigation Systems, *Kor. J. Hort. Sci. Technol.*, 28, 973-979.
- Oh. M. M., Edward, E. C., Rajashekar, C. B., 2009, Environmental stresses induce health-promoting phytochemicals in lettuce, *Plant physiol. Biochem.*, 47, 578-583.
- Ordidge, M., Garcia-Macias, P., Battey, N. H., Gordon, M. H., Hadley, P., John, P., Lovegrove, J. A., Vysini, E., Wagstaffe, A., 2010, Phenolic contents of lettuce, strawberry, raspberry, and blueberry crops cultivated under plastic films varying in ultraviolet trasparency, *Food Chemisty*, 119, 1224-1227.
- Park, J. S., Lim, J. T., Yoon, S. W., Hwangbo, J. K., 2011, Effects of red/blue LED light ratio on seedling growth of several horticultural plants, *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 29, 84-84.
- Shin, K. S., Murthy, H. N., Heo, J. W., Hahn, E. J., Paek, K. Y., 2008, The effect of light quality on the growth and development of invitro cultured *Doritaenopsis* plants. *Acta Physiol. Plant*, 30, 339-343.
- Song, C. Y., Song, E. K., 2012, Effects of indoor position and LED on growth of two grafted cacti and one succulent planted in a pot, *Flower Res. J.*, 20, 64-70.
- Wongnok, A., Piluek, C., Tantivivat, S., 2008, Effects of light emitting diodes on micropropatation of *Phalaenopsis* orchids. *Acta Hort.*, 788, 149-156.
- Yang, D. C., Choi, H. Y., Kim, Y. H., Yun, K. Y., Yang, D. C., 1997, Effects of light on the pigment production and chloroplast development of ginseng hair roots, *Kor. J. Ginseng Sci.*, 21, 28-34.