

광중단 처리에 있어서 광원 및 광질이 스탠다드 국화의 생육 및 개화에 미치는 영향

권영순 · 유봉식 · 정재아 · 박상근 · 신학기 · 길미정*

국립원예특작과학원 원예작물부 화훼과

Growth and Flowering of Standard Chrysanthemums according to the Light Source and Light Quality in Night Break Treatment

Young Soon Kwon, Bong Sik You, Jae A Jung, Sang Kun Park, Hak Ki Shin, and Mi Jung Kil*

Floriculture Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science,
Rural Development Administration, Suwon 440-441, Korea

Abstract. This research was performed to investigate the effect of light source and light quality in night break treatment on the growth and flowering of standard chrysanthemum. It was processed 4 hours (22:00-02:00) night break using LED 590, 610, 630, 660, 680nm and fluorescent lamp (mixed light of 480+540+610nm) in standard chrysanthemum 'Baekma' and 'Jinba' for 40 days from transplanting. The days to flower budding from short-day treatment of 'Baekma' were the longest at fluorescent treatment (21.3 days) and were the shortest at LED 590nm treatment (15.8 days) among all treatments. The days to flower budding from short-day treatment of 'Jinba' was longer with 18.0 days, 17.8 days, and 17.7 days at the fluorescent, LED 610nm, and 660nm treatments. And it was the shortest with 15.1 days in LED 590nm treatment. Similarly, the days to flowering from short-day treatment of 'Baekma' was the longest with 56.9 days at fluorescent treatment, and was the shortest in 51.6 days about LED 590 nm treatment. The days to flowering from short-day treatment of 'Jinba' was longer at fluorescent (56.0 days) and LED 660nm (56.7 days) treatments and was shortest at LED 590nm (52.9 days) among all treatments. Therefore, inhibition of flower bud initiation and flowering were the most effective under fluorescent treatment in case of 'Baekma', and fluorescent and LED 660nm treatments in case of 'Jinba'. The length and weight of cut flower of 'Baekma' and 'Jinba' were most excellent in fluorescent treatment in which the floral differentiation suppression effect was the best. Consequently, as to the growth and flowering of standard chrysanthemum, the treatment which was suitable as the light source and light quality for night break is regarded as the fluorescent lamp, and also under LED 660nm up to a certain level.

Additional key words: flower bud initiation, fluorescent, LED, wavelength

서 론

국화는 장미, 나리와 함께 우리나라의 3대 절화 중 하나로 2013년 재배면적은 489ha이고, 판매량은 233백만 본으로 절화류 중 가장 많으며, 생산액은 74,302백만원으로 장미 다음으로 높다(MAFRA, 2014). 일장이 짧아지면 생식생장기로 돌입하여 화이분화가 시작되고 개화하는 대표적인 단일성 식물로 광주기성을 변화시켜 개화를 조절할 수 있다. 절화국의 경우 절화의 길이와 중량이 상품성에 중요한 요인이 되므로 장일처리를 통해 줄

기의 신장을 확보한 후 단일처리를 하여 화이분화와 개화를 유도하게 된다. 국화의 장일처리는 긴 밤의 중간에 조명하여 화이분화를 억제하고 영양생장기간을 지속시키는 것을 의미하며 주로 백열등과 형광등을 광원으로 이용하고 있다(Higuchi 등, 2012). 식물재배용 인공광원으로는 형광등, 메탈할라이드등, 고압나트륨등, 수은등 및 백열등이 이용되고 있지만, 광의 이용효율이 낮고, 생산효율이 낮으며, 광선 중 열선을 포함하고 있다는 단점이 있다(Im 등, 2013). 최근 농업적 이용가능성에 대해 많은 검토 중에 있는 LED는 단색광으로서 특정 파장역의 광질을 선택적으로 조사할 수 있다는 것이 가장 큰 장점이며 식물의 광합성 촉진 및 개화 조절 그리고 당도와 사포닌 증가 등에 영향을 미친다고 보고되어 있다

*Corresponding author: peat1004@korea.kr
Received October 10, 2014; Revised October 29, 2014;
Accepted October 31, 2014

(Hyun 등, 2010; Kim과 You 등, 2013; Kim 등, 2005). 또한, 적색 LED, 청색 LED, 적색 + 청색 혼합 LED를 온시디움에 처리하였을 때 무처리와 백열등에 비해 잎의 엽록소 SPAD 값과 개화품질이 높았고, 적색 LED 처리는 식물체 전분함량을 높이는 결과를 보였다고 하며(Lee 등, 2011), 입과첸스는 청색광에서 초장 신장이 더 좋았으며, 적색광에서 개화가 촉진되었다고 한다(Kim 등, 2013). 국화는 청색 LED를 이용하여 보광했을 경우 꽃눈형성 억제에 영향을 미치지 않고 줄기와 마디 신장에 효과가 있어 절화국화 생산에 중요한 기술로 활용할 수 있다는 가능성이 제시된 바 있으며(Jeong 등, 2014), 적색 LED와 백색 LED를 백열등 대체 인공광원으로 국화 ‘신마’ 품종에 적용 가능하다는 결과도 보고되었다(Cho 등, 2011).

일반적으로 식물의 생장과 발육에 영향을 미치는 요소는 상대습도, 온도, 광도, 광질 등이며, 그 중 광질은 식물의 줄기신장, 측지 및 잎의 발생, 착색, 광합성 활동에 영향을 미친다(Heo 등, 2006). 광원과 특정 광질이 생육 및 개화에 미치는 영향은 작물 종류와 품종에 따라서 차이가 있으므로 작물에 따른 효과적인 광원과 광질에 대해 구명할 필요성이 있다(Kwon 등, 2013b). 또한, 국화는 화이분화를 억제하기 위해서 밤시간에 조명하여 광중단 처리를 하는데, 광중단에 이용하는 광원과 특정 광질에 대한 화이분화 억제 효과 구명과 화이분화를 억제하기 위한 광원과 광질이 국화의 생육에 미치는 영향에 대한 연구가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 국화의 광중단에 사용되는 특정 광원과 광질이 스탠다드 국화 ‘백마’, ‘신마’ 품종의 생육과 개화에 미치는 영향을 구명하고, 국화 전조재배에 적합하고 효율적인 광원과 광질을 알아보고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구를 위해 스탠다드 국화 ‘백마’와 ‘신마’ 품종의 삽목발근묘를 구입하여 2013년 4월 30일 사각화분(W 40cm × D 60cm × H 20cm)에 원예용 상토(바이오상토, Heungnong Bio, Dongbo Farm Hannong, Seoul)로 충진 후 화분 당 15주씩 정식하였다. 정식한 화분은 지표면으로부터 높이 1m, 넓이 4m²의 베드 위에 품종별로 베드 당 5개씩 배치하였다. 광중단 처리는 원추형 LED(BLTECH Co., LTD., Korea)를 사용하여 590, 610, 630, 660nm와 680nm의 광질 5처리와 480+540+610nm의 혼합광의 전구식 형광등(556X-D, A-LIM Industrial Co., Korea)을 대조구로 처리하였다. 6개의 베드를 이용하여 베드별로 각각 다른 광원 및 광질을 처리하였고, 처리하는 밤시간 동안 처리간 빛의 간섭이 없도록 베드 사이를 암막으로

완전히 차단하였다. 분광복사계(International Light, US/RPS-900-R, USA)로 각 처리의 광질을 조사하였으며, 광질 조사 후 높이를 조절하여 모든 처리가 1.0-1.5 μmol/m²/s⁻¹ 이상이 되도록 하였다. 일장은 암막을 개폐하여 13시간(07-18시)으로 하였고, 단일처리는 정식 40일 후 실시하였다. 정식 후 단일처리를 실시하기 전까지 1일 4시간(22-02시)동안 광중단 처리를 하였다.

LED 590, 610, 630, 660, 680nm와 형광등(Fluorescent, 480+540+610nm의 혼합광)으로 광중단 처리 후 ‘백마’와 ‘신마’ 품종의 생육 및 개화에 미치는 영향 알아보기 위해 단일처리 개시일의 초장, 발퇴일의 초장, 발퇴소요일수와 개화소요일수 등을 조사하였다. 발퇴일은 육안으로 화아형성의 기부가 확인되는 첫 번째 날짜를 기록하였고, 개화일은 외측 꽃잎이 수평이 된 시기를 기준으로 하였다. 발퇴소요일수는 단일처리 개시일로부터 발퇴일까지 소요된 일수이며, 개화소요일수는 단일처리 개시일로부터 개화일까지 소요된 일수로 하였다. 광중단은 화이분화를 억제하여 영양생장기간을 지속시키므로 단일처리일부터 발퇴일까지 초장신장량을 조사하고 발퇴소요일수와 회귀분석하여 화이분화 억제에 효과적인 광원과 광질을 한 번 더 검증하고자 하였다. 절화 특성은 외측 꽃잎이 수평으로 전개되었을 때, 지체부에서 절화한 후 절화장, 생체중, 경경, 꽃목길이, 화경, 엽수 등을 조사하였으며, 이때 경경은 절화한 줄기의 중앙 부분을 측정하였다. 회귀분석과 통계분석은 SPSS 21.0 프로그램을 사용하여 각각 Durbin Watson 검정과 Duncan의 다중검정(DMRT)을 실시하였으며, 5% 수준에서 각 처리간의 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

광중단에 이용한 5처리의 LED와 형광등의 광질을 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. LED는 590, 610, 630, 660, 680nm의 처리하고자 하는 특정 파장역이 가장 많이 조사되고 있음이 확인되었고, 형광등은 넓은 파장역(400~750nm)을 포함하고 있었지만 480, 540, 610nm 부근의 파장이 특히 많이 조사되고 있음이 확인되었다. 넓은 파장역을 포함하는 형광등은 흰색에 가깝고, LED 590nm는 노란색에 가까우며 나머지 처리는 적색에 가까운 빛이 조사되었다.

스탠다드 국화 ‘백마’와 ‘신마’ 품종에 LED 광질 5처리와 형광등을 이용하여 광중단 후 화이분화에 미치는 영향을 조사하였다. ‘백마’ 품종은 발퇴소요일수가 21.3일로 가장 길었던 형광등 처리에서 화이분화 억제에 가장 효과적임을 알 수 있었고, 이는 발퇴소요일수가 가장 짧았던 LED 590nm 처리에 비해 5.6일 길었다. ‘신마’

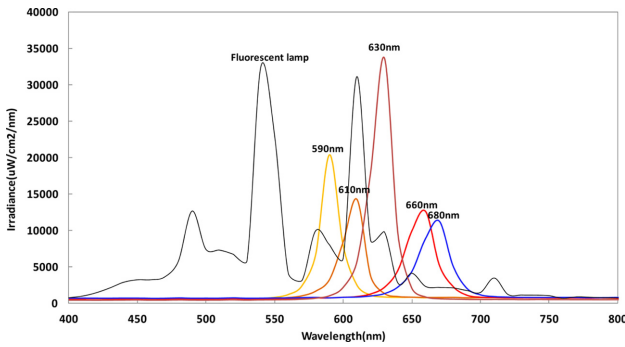


Fig. 1. Wavelength of fluorescent lamp and 5 light quality treatments of LED.

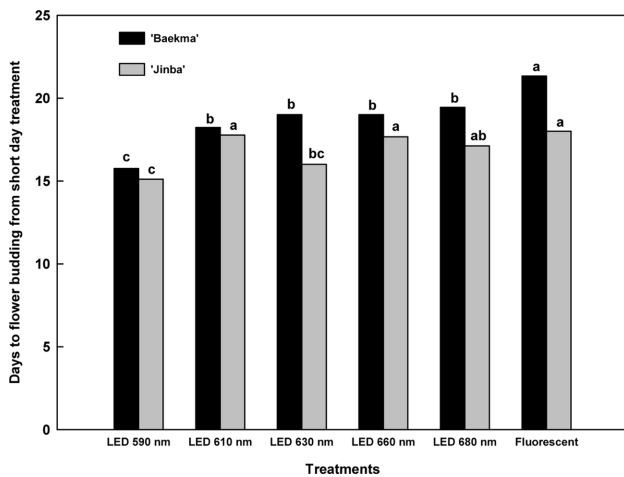


Fig. 2. Days to flower budding from short-day treatment in standard chrysanthemum 'Baekma' and 'Jinba'.

품종은 형광등, LED 610nm와 660nm 처리에서 각각 18.0일, 17.8일, 17.7일로 발효소요일수가 가장 길게 조사되어 화이분화 억제에 가장 효과적인 것으로 판단된다. LED 590nm 처리는 '백마' 품종의 결과와 같이 '신마' 품종의 화이분화 억제에도 가장 효과적이지 못한 것으로 생각된다(Fig. 2). 스프레이국화 '프로기' 품종에 LED 590, 610, 630, 660, 680nm 및 470~750nm(백색)의 파장과 삼파장형광등 처리 시 LED보다 삼파장형광등에서 발효소요일수가 0.5-7일 더 소요된 연구결과와 비슷한 경향을 보였다(Kwon 등, 2013a).

광원과 광질 처리가 스탠다드 국화 '백마', '신마' 품종의 개화에 미치는 영향은 다음과 같았다. '백마' 품종의 개화소요일수는 56.9일로 형광등 처리에서 가장 길었고, 가장 짧았던 LED 590nm 처리 보다는 5.3일 길었다. '신마' 품종에서는 형광등과 LED 660nm 처리가 각각 56.0일, 56.7일로 개화소요일수가 가장 길었고, 680nm = 630nm > 610nm = 590nm 처리 순으로 파장이 길어질수록 개화소요일수가 길었다(Fig. 3). 두 품종 모두 발효

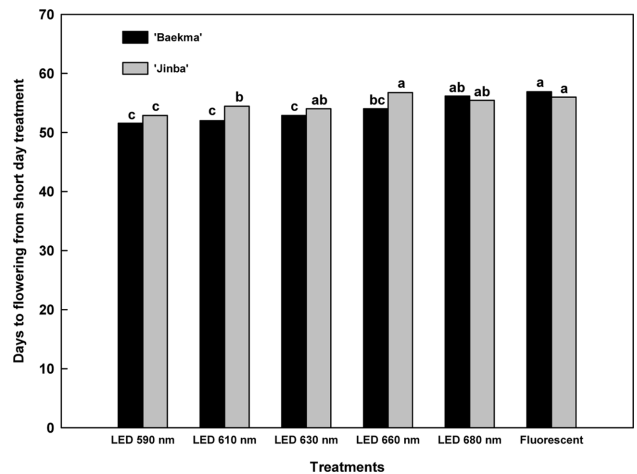


Fig. 3. Days to flowering from short-day treatment in standard chrysanthemum 'Baekma' and 'Jinba'.

소요일수의 결과와 유사하게 '백마' 품종은 형광등 처리에서, '신마' 품종은 형광등과 LED 660nm 처리에서 개화억제 효과가 가장 좋았고, LED 590nm 처리에서 가장 좋지 못했다. 형광등과 혼합(적색 및 청색) LED를 이용한 광증단 처리는 국화의 화이분화 억제에 가장 효과적이며, 적색 LED 처리에서도 화이분화 억제에 어느 정도 효과가 있다는 연구 결과(Choi 등, 2012)와 유사하였다. 또한, 660nm의 적색 LED와 형광등의 심야 광증단 처리 시간에 따른 국화 '백마', '신마'의 화이분화 및 생육특성에서도 적색 LED 3시간, 4시간, 5시간 처리에 비해 형광등 4시간 처리가 효과적이라고 보고된 연구와 비슷한 경향으로 나타났다(Kwon 등, 2013b). 따라서, 스탠다드 국화 화이분화 및 개화 조절은 '백마' 품종은 형광등 처리가 가장 효과적이며, '신마' 품종은 LED 660nm와 형광등 처리 모두 효과적인 것으로 생각된다.

일반적으로 580~660nm 부근의 적색광이 국화의 화이분화 억제에 가장 효과적인 파장으로 알려져 있는데 (Choi와 Shin, 2002), 본 연구에서는 다른 처리에 비해 넓은 파장역을 포함하고 있는 형광등이 화이분화 및 개화 억제에 효과적이었으며, LED 광질 처리 중에서는 660nm 처리가 가장 효과적이었다. 광원과 특정 광질이 생육 및 개화에 미치는 영향은 작물 종류와 품종에 따라서 차이가 있으며(Kwon 등, 2013b), 재배하는 시기와 환경에 따라 결과가 달라질 수 있는 가능성도 있기 때문에 향후 이 부분을 밝히기 위해서는 좀 더 심도 있는 연구가 수행되어야 할 필요성이 있을 것으로 생각된다.

광증단은 화이분화를 억제하여 영양생장기간을 지속시키므로 단일처리일부터 발효일까지 초장신장량을 조사하였다. '백마', '신마' 두 품종 모두 발효소요일수와 개화소요일수의 결과와 유사하게 화이분화 및 개화 억제에 효과적인 처리에서 초장신장량도 큰 결과를 보였다. '백

마' 품종은 형광등 처리에서 초장신장량이 31.4cm로 가장 컸으며, 가장 작았던 LED 590nm 처리에 비해 4.2cm 더 컸다. '신마' 품종에서도 형광등 처리에서 30.8cm로 초장신장량이 가장 컸으며, 가장 작았던 LED 590nm 처리에 비해 7.1cm 더 컸다(Fig. 4).

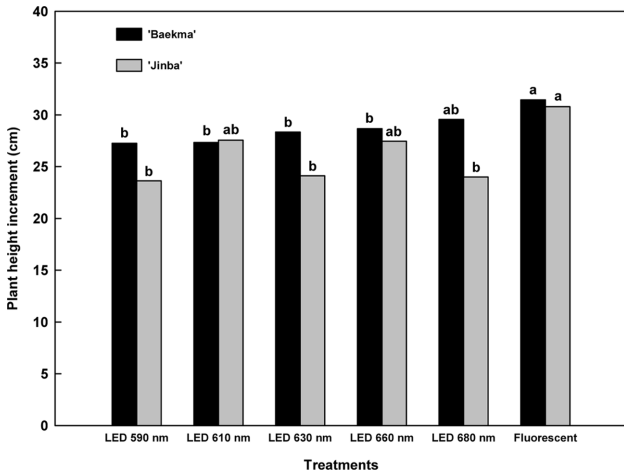


Fig. 4. Plant height increment from short-day treatment to flower budding stage in standard chrysanthemum 'Baekma' and 'Jinba'.

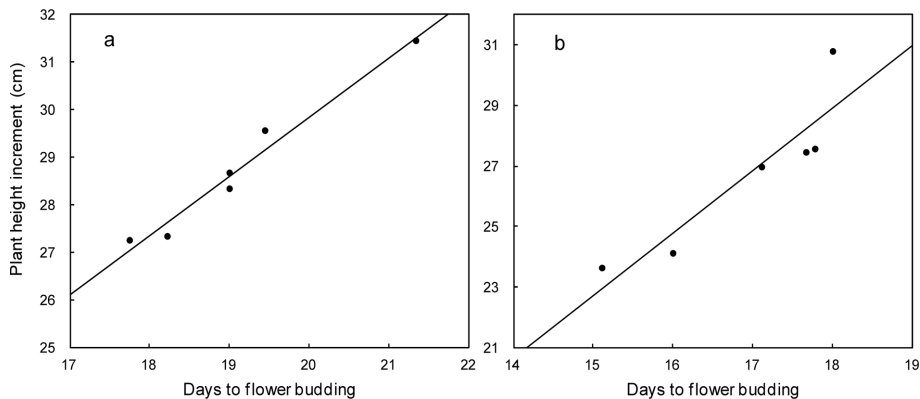


Fig. 5. A simple regression analysis between days to flower budding from short day treatment (X axis) and the plant height increment to flower budding stage from short day treatment (Y axis). Regressive equation of 'Baekma' (a) and 'Jinba' (b) were $y = 1.2457x + 4.9396$ ($R^2 = 0.970^{***}$) and $y = 2.0693x - 8.3182$ ($R^2 = 0.829^{***}$).

Table 1. Growth characteristics of cut-flower affected by the light source and light quality in *Chrysanthemum* cv. 'Baekma'.

Light		Length of cut-flower (cm)	Fresh wt. of cut-flower (g)	Diameter of stem (mm)	Length of flower neck (cm)	Diameter of flower (cm)	No. of leaves (ea)
Source	Quality (nm)						
LED	590	82.0 b ^z	50.8 a	6.91 b	2.8 a	6.7 b	50.3 ab
	610	79.9 b	58.9 a	7.29 ab	2.2 a	7.6 a	51.8 ab
	630	78.4 b	55.2 a	7.78 a	2.3 a	6.4 b	52.4 a
	660	82.1 b	43.4 b	6.21 c	2.6 a	7.7 a	49.4 b
	680	89.9 a	45.8 b	5.76 c	2.8 a	7.2 ab	49.3 b
Fluorescent	480 + 540 + 610	92.7 a	61.9 a	7.28 ab	2.3 a	8.1 a	52.8 a

Table 2. Growth characteristics of cut-flower affected by the light source and light quality in *Chrysanthemum* cv. 'Jinba'.

Light		Length of cut-flower (cm)	Fresh wt. of cut-flower (g)	Diameter of stem (mm)	Length of flower neck (cm)	Diameter of flower (cm)	No. of leaves (ea)
Source	Quality (nm)						
LED	590	100.7 b ^z	52.3 c	7.89 a	2.2 ab	9.2 ab	59.7 c
	610	105.3 b	57.1 bc	7.64 a	1.6 b	9.0 ab	64.9 a
	630	93.4 c	69.8 ab	7.80 a	2.3 a	9.4 ab	54.1 d
	660	106.4 b	59.6 abc	7.23 a	1.7 ab	9.9 a	64.0 ab
	680	102.3 b	51.1 c	7.37 a	1.8 ab	8.1 b	59.9 bc
Fluorescent	480 + 540 + 610	114.6 a	71.3 a	7.98 a	1.8 ab	8.7 ab	65.4 a

7.29mm, 7.28mm로 두꺼웠다. 꽃목길이는 모든 처리에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 화경은 형광등, LED 660nm와 610nm 처리에서 각각 8.1cm, 7.7cm, 7.6cm로 다른 처리에 비해 우수했다. 엽수는 LED 660nm와 680nm 처리에서 가장 적었으나, 형광등 처리에서 52.8개로 가장 많았다. 따라서 '백마' 품종은 절화 특성을 종합하여 볼 때 형광등 처리가 가장 우수한 것으로 생각된다.

'신마' 품종의 절화특성은 Table 2와 같다. 절화장은 '백마' 품종의 결과와 유사하게 화이분화 억제 효과가 가장 좋았던 형광등 처리에서 114.6cm로 가장 컸으며 가장 작았던 LED 630nm 처리에 비해 21.2cm 더 컸다. 절화중에 있어서도 형광등 처리가 71.3g으로 가장 무거웠으며, 가장 가벼운 LED 680nm 처리에 비해 20.2g 더 무거워 처리간의 차이가 다소 큰 것으로 조사되었다. 경경은 모든 처리에서 통계적으로 유의한 차이가 없었으며, 꽃목길이는 LED 630nm 처리에서 2.3mm로 다른 처리구 보다 다소 길게 조사되었다. 화경은 가장 작았던 LED 680nm 처리를 제외하고 나머지 처리에서 비슷한 경향을 보였으나 660nm에서 9.9cm로 가장 큰 것으로 조사되었다. 엽수는 형광등과 LED 610nm 처리에서 각각 65.4개, 64.9개로 가장 많았다. 따라서, '신마' 품종도 '백마' 품종과 유사하게 형광등 처리에서 절화특성이 우수한 것으로 생각된다.

적 요

본 연구는 광중단 처리에 있어서 광원 및 광질이 스탠다드 국화의 생육 및 개화에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행하였다. 스탠다드 국화 '백마', '신마' 품종에 LED 590, 610, 630, 660, 680nm와 형광등 480+540+610nm의 혼합광을 정식 후부터 단일처리일 전까지 40일간 1일 4시간(22-02시) 광중단 처리하였다. '백마'의 발육소요일수는 형광등 처리에서 21.3일로 가장 길었으며, LED 590nm 처리는 15.8일로 가장 짧았다. '신마'는

형광등, LED 610nm와 660nm 처리에서 발육소요일수가 각각 18.0일, 17.8일, 17.7일로 가장 길었으며, LED 590nm 처리에서 15.1일로 가장 짧았다. '백마'의 개화소요일수는 형광등처리에서 56.9일로 가장 길었고, LED 590nm 처리에서 51.6일로 가장 짧았다. '신마'는 형광등과 LED 660nm 처리에서 각각 56.0일, 56.7일로 가장 길었고, LED 590nm 처리에서 52.9일로 가장 짧았다. 따라서, 스탠다드 국화의 화이분화 및 개화조절에 가장 효과적인 광원 및 광질은 '백마' 품종의 경우 형광등 처리가 가장 효과적이며, '신마' 품종은 형광등과 LED 660nm 처리가 가장 효과적이라고 생각된다. '백마' 품종의 절화장과 절화중은 화이분화 억제효과가 가장 좋았던 형광등 처리에서 각각 92.7cm, 61.9g으로 우수하였으며, '신마' 품종의 경우에도 형광등 처리에서 절화장, 절화중이 각각 114.6cm, 71.3g으로 우수하였다. 결과적으로 스탠다드 국화의 생육 및 개화에 있어서 광중단 광원 및 광질로 형광등 처리가 우수하였으며, LED 660nm 처리도 효과가 있는 것으로 생각된다.

추가주제어 : 광중단, 발광다이오드, 파장, 형광등

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업의 지원에 의해 수행되었습니다(과제번호 : PJ00843701).

Literature Cited

Cho, K.C., I.T. Hwang, G.Y. Gi, H.G. Kim, B.K. Yun, K.J. Choi, and J.H. Lee. 2011. Effect of wavelength and lighting time of light emitting diode (LED) on flowering control of cut chrysanthemum 'Shinma'. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 29 SUPPL. (May 2011):153-154. (in Korean)

Choi, S.Y. and H.K. Shin. 2002. Chrysanthemum cultivation. pp.92-93. RDA Publishing, Korea.

Choi, S.Y., M.J. Kil, Y.S. Kwon, J.A. Jung, and S.K. Park.

2012. Effect of different light emitting diode (LED) of growth and flowering in chrysanthemum. *Flower Res. J.* 20:128-133. (in Korean)
- Heo, J.W., C.W. Lee, and K.Y. Paek. 2006. Influence of mixed LED radiation on the growth of annual plants. *J. Plant Biol.* 49(4):286-290.
- Higuchia, Y., K. Sumitomoa, A. Odaa, H. Shimizub, and T. Hisamatsu. 2012. Day light quality affects the night-break response in the short-day plant chrysanthemum, suggesting differential phytochrome-mediated regulation of flowering. *J. Plant Physiol.* 169:1789-1796.
- Im, J.U., Y.C. Yoon, K.W. Seo, K.H. Kim, A.K. Moon, and H.T. Kim. 2013. Effect of LED light wavelength on chrysanthemum growth. *Protected Hort. Plant Fac.* 22(1):49-54. (in Korean)
- Jeong, S.W., S.W. Hogewoning, and W. Ieperen, 2014. Responses of supplemental blue light on flowering and stem extension growth of cut chrysanthemum. *Scientia Hort.* 165:69-74.
- Kim, H.R. and Y.H. You. 2013. Effect 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. (in Korean)
- Kim, S.H., Y. Heo, H.C. Rhee, and J.S. Kang. 2013. Effect of LED light quality and supplemental time on the growth and flowering of Impatiens. *Protected Hort. Plant Fac.* 22(3):214-219. (in Korean)
- Kwon, Y.S., J.A. Jung, S.K. Park, M.J. Kil, and B.S. You. 2013a. Flower bud differentiation and growth characteristics of chrysanthemums according to different wavelength treatments of LED. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 31(Suppl. II):154-154. (in Korean)
- Kwon, Y.S., S.Y. Choi, M.J. Kil, B.S. You, J.A. Jung, and S.K. Park. 2013b. Effect of night break treatment using red LED(660nm) on flower bud initiation and growth characteristics of chrysanthemum cv. 'Baekma', and cv. 'Jinba'. *CNU J. Agr. Sci.* 40(4):297-303. (in Korean)
- Lee, J.W., J.H. Kim, S.D. Kim, T.J. Kim, S.D. Kim, and K.Y. Paek. 2011. Effect of LED as light quality on growth and flowering of *Oncidium*. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 29(Suppl. II):153-154. (in Korean)
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2014. Annual report of floriculture in 2013. MAFRA, p. 12-13. (in Korean)