

LED光源を用いたカトレア開花抑制技術の確立

寺内信秀・小玉雅晴・小倉乃里子¹⁾・鈴木保彦²⁾・船山卓也³⁾

摘要：カトレアの開花抑制に有効なLED電照技術の確立を目的として、LED光源の波長域、光強度、電照時間帯および電照時間の長さが開花抑制に与える影響について検討した。その結果、赤色LED(ピーク波長633nm)の波長域が最も高い抑制効果を示した。電照条件は、光強度が光子束密度 $0.5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 以上の暗期中断処理を22:00から2時間以上行うことで、慣行の白熱電球による22:00から4時間の暗期中断と同程度の開花抑制効果が得られると考えられた。

キーワード：カトレア, LED, 開花抑制

Suppression Technology for Flowering of Cattleya Using LED

Nobuhide TERAUCHI, Masaharu KODAMA, Noriko OGURA
Yasuhiko SUZUKI and Takuya FUNAYAMA

Summary: The present study was carried out to establish the irradiation method using light emitting diode (LED) which can suppress the flowering of cattleya. Of 5 types of LEDs, only red LED with 633 nm of peak wavelength was effective on the suppression, which was almost the same as incandescent light bulb, a conventional light source. When red LED with $0.5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ of photon flux density was used, 2 hours from 22:00 of dark period interruption procedure allowed the effect equivalent to 4 hours from 22:00 of that using the conventional light source.

Key words: Cattleya, LED, Flowering suppression technology

I 緒言

カトレア属は中央アメリカから南アメリカの熱帯に約65種が分布する着生ランの一種である(加古, 1986)。花被の形や色彩のバリエーションや草姿の優美さから人気があり、ランの女王とも呼ばれる。カトレア属は、洋ランの中でも最も育種の進んでいるグループで *Cattleya* 属の種間及び *Brasavola* 属, *Laelie* 属, *Sophranitis* 属等との間に属間交雑により多くの交配種が育成されてきた(唐沢, 1988)。

栃木県の洋ラン生産は、1970年代以降稲作から施設園芸への転換を契機に若い農業後継者を中心に導入され、大消費地に近い有利な立地条件を背景に大規模で企業的な経営体により平成初期に大きく生産が伸びた(久地井ら, 1989, 久地井, 2000)。県内で栽培されている主要な品種は、複雑な種族間交配によるものが多く、久地井らはこれらを大きく3つにグループ分けし、発育習性を解明することで生産安定に寄与してきた。栃木県のカトレア生産は主として業務用の切り花として出荷されている。2019年の栃木県のカトレアを含む洋ラン類の生産額は鉢物が約17億円、切り花が約2億円となっている(農林水産省, 2021, 栃木県, 2021)。

カトレア属は、その品種の開花する時期で、春咲き、夏咲き、秋咲き、冬咲きに分類される(松井, 久地井ら, 1989)。冬咲き品種、春咲き品種は短日期に花芽が分化するため、キクの施設栽培と同様に、短日期に電照による長日処理を行うことで、花芽の分化を抑制し、開花をコントロールすることが可能である。カトレアの消費動向から、11月下旬～12月と6～7月に出荷のピークを迎える出荷体制がとられ、出荷時期や出荷量の調整を目的に電照およびシェード処理による開花抑制処理が行われている。一般的に電照処理には白熱電球が用いられている(永田)が、消費電力の大きさ、白熱電球生産中止の懸念や、電球の寿命の短さなどが課題となっている。一方で近年は、節電効果が高く、電球の寿命も長いLED光源が普及している。農業の生産現場における白熱電球の代替光源に関する研究は、石倉ら(2009)がキク類の花芽分化抑制に対して、電球型蛍光灯や白色および赤色LEDが高い効果を示すことを確認し、白山ら(2013)が輪ギクに有効なLEDの波長を明らかにしている。久松ら(2014)は、数種の植物においてLEDを利用した生育コントロールを報告している。また、栃木農試ではオーエムシー株式会社との研究において、キクの花芽分化抑制に効果のあるLED電照装置を開発した(嘉島ら, 2015)。本研究では、白熱電球に代わる新たな光源として我々が開発したLED装置を用いて、カトレアの花芽分化抑制に対して効果の高い光の波長、強度および電照時間帯、および電照時間の長さで花芽分化抑制の関係について検討したので報告する。

II 材料および方法

1. 栽培の概要

カトレアの品種は‘ドラムビート’(冬咲き系品種)を用い、6号黒ポリポットに植え込んだ株を供試した。植え込み培地は、ニュージーランド産バークのサイズ規格 No. 5を用いた。試験用LED装置は、オーエムシー(株)製 *saisou* の長さ1mライン型(第1図)を使用し、電照期間は8月3日から10月31日までとした。

温度管理は、10月20日まで最低温度15℃以下にならないように保温し、以降は15℃を目標に加温した。

施肥は、ピータース N:P₂O₅:K₂O=15:30:15を3000倍にした液肥を週2回施用した。

日射管理は、8月～9月末までガラス温室内に内部遮光(50%遮光)を二重に展開した。10月以降は内部遮光を1枚とし、11月以降は内部遮光を外し、保温カーテン(約20%遮光)を常時展開した。

いずれの試験も照射期間終了から開花日までの到花日数、開花形質を調査した。

試験1. 波長の違いによる花芽分化の影響

LEDのピーク波長の違いが開花抑制に及ぼす影響を調査した。LEDの種類(ピーク波長)は、青色(463nm)、緑色(512nm)、橙色(596nm)、赤色(633nm)、遠赤色(734nm)を用いた。光強度は光量子束密度1.0 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、遠赤色は放射照度0.1 Wm^{-2} とし、22:00～2:00の4時間暗期中断電照を行った。対照は白熱電球を使用した。

試験2. 光強度および電照時間帯の花芽分化への影響

試験1で開花抑制に効果のあった赤色LED(633nm)を用いて、光強度と照射時間帯が開花抑制に及ぼす影響を調査した。光強度は、0.25, 0.5, 1.0 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ の光量子束密度とし、それぞれ18:00～22:00, 22:00～2:00, 2:00～6:00の時間帯で4時間電照した。

対照は白熱電球で22:00～2:00に電照した。

試験3. 電照時間と花芽分化抑制の検討

赤色LED(633nm)を用い、光強度は光量子束密度0.5 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ とし、22:00～24:00の2時間、22:00～1:00の3時間、22:00～2:00の4時間の条件で暗期中断電照した。

III 結果

試験1. 波長の違いによる花芽分化の影響

消灯18日後の花芽の発達状況は、赤色区が白熱電球(慣行)と同程度で花芽分化は抑制された。青色区と緑色区は、

無処理区と同程度に分化した(第2図)。消灯からの到花日数は赤色区が120日で白熱電球と同程度となり開花抑制効果が認められた(第1表)。青色区と緑色区の到花日数は50~55日程度で無処理区と同程度、オレンジ区と遠赤色区は無処理区よりわずかに開花は遅れ、到花日数は65~75日程度であったが、十分な開花抑制効果は認められなかった(第1表)。

いずれの処理区においても花の大きさ、小花梗長、花梗長に差はみられなかった(第1表)。

試験2. 光強度および電照時間帯の花芽分化への影響

電照時間帯は、22:00~2:00の暗期中断が、他の時間帯と比べて開花抑制効果が高かった。また、光強度は、 $0.5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 以上で到花日数が130日程度となり、白熱電球と同程度の開花抑制効果が認められた(第2表)。

18:00~22:00の電照時間帯の開花は、各光強度とも無処理区より1~2か月程度遅れ、到花日数は80~100日程度で

あったが、白熱電球より開花抑制効果は低かった。2:00~6:00の電照時間帯では、 $1\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ の電照でも到花日数94日で無処理区より1ヶ月半程度遅れた。 $0.25, 0.5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ では到花日数が50~60日と無処理区と同程度で開花抑制効果は認められなかった(第2表)。

いずれの処理区においても花の大きさ、小花梗長、花梗長に差はみられなかった(第2表)。

試験3. 電照時間と花芽分化抑制の検討

電照時間の長さは、22:00からの2時間処理区で到花日数134日、3時間処理で137日、4時間処理で137日であり、22:00から2時間の電照でもLEDまたは白熱電球で4時間処理と同程度の開花抑制効果が認められた(第3表)。

いずれの処理区においても花の大きさや小花梗長、花梗長に差は見られなかった(第3表)。

第1表 LEDの波長の違いが花芽分化および開花に与える影響

LED種類	ピーク波長 (nm)	花芽の大きさ ¹ (mm)		開花日 (月/日)	到花日数 ³ (日)	花の大きさ		小花梗長 (cm)	花梗長 (cm)
		消灯時 ²	消灯18日後 ²			縦 (cm)	横 (cm)		
青色	463	10.5	25.3	12月24日	54.0 ± 0.5 c ⁵	17.4 ab	16.0 ab	7.0	14.4
緑色	512	10.7	30.4	12月21日	51.8 ± 0.8 c	16.7 b	15.3 ab	7.1	14.9
オレンジ	596	9.0	5.9~18.0	1月15日	76.4 ± 4.8 b	18.2 a	16.3 ab	7.5	15.9
赤色	633	3.6	4.6	2月28日	120.4 ± 6.5 a	17.8 a	16.3 ab	7.6	16.1
遠赤色	734	5.7	5.6~13.0	1月5日	66.1 ± 4.9 bc	18.1 a	16.5 a	7.3	15.8
無処理		11.5	30.3	12月22日	52.6 ± 1.6 c	16.7 b	15.2 b	7.2	14.0
白熱電球		4.0	5.3	3月11日	131.4 ± 2.5 a	17.2 ab	16.3 ab	7.2	15.6
有意性 ⁴					**	**	*	ns	ns

注1. 花芽の大きさは、葉基部からの茎頂部位または花芽の高さを測定

2. 調査株数は、消灯時が1株、消灯18日後が2株

3. 到花日数は、消灯日(10月31日)から開花までの日数

4. 有意性は、**は1%水準*は5%水準で有意差あり。nsは有意差なし

5. 多重比較は、Tukey法により同符号間に5%水準で有意差なし



第1図 試験用LED装置(赤)



青色 緑色 オレンジ 赤色 遠赤色 無処理 白熱電球

第2図 消灯18日後の花芽の発達状況



青色 緑色 オレンジ 赤色 遠赤色 無処理 白熱電球

第3図 無処理区の開花盛期における各処理区の比較

第2表 赤色LEDの電照時間帯および光強度が花芽分化および開花に与える影響

電照時間帯	光子束密度 ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	花芽の大きさ (mm)	開花日 (月/日)	到花日数 ² (日)	花の大きさ		小花梗長 (cm)	花梗長 (cm)	
					縦(cm)	横(cm)			
18:00~22:00	1	49.71	2月16日	107.4 ± 12.4	ab	17.8	16.2	7.5	15.6
	0.5	43.25	1月20日	80.0 ± 8.7	a	17.4	16.3	7.3	15.7
	0.25	36.42	2月1日	92.3 ± 13.9	a	17.1	16.3	7.3	15.4
22:00~2:00	1	16.25	3月9日	128.3 ± 4.1	cd ⁴	17.5	16.3	7.5	15.8
	0.5	20.71	3月11日	130.7 ± 7.6	cd	17.2	16.3	7.5	15.9
	0.25	19.40	2月22日	113.5 ± 3.9	bcd	17.5	16.2	7.6	15.6
2:00~6:00	1	39.20	2月3日	94.0 ± 11.9	abc	17.1	16.2	7.2	15.3
	0.5	37.57	12月29日	58.0 ± 5.0	a	16.7	15.9	7.2	15.3
	0.25	50.66	12月23日	52.4 ± 5.3	a	16.9	15.9	7.2	15.2
	無処理	47.75	12月18日	47.6 ± 17.6	a	16.8	15.5	7.2	14.6
22:00~2:00	白熱電球	11.94	3月19日	138.7 ± 1.5	d	17.3	16.5	7.3	15.8
有意性 ³				**		ns	ns	ns	ns

注1. 花芽の大きさは、消灯27日後に1株調査。葉基部からの茎頂部位または花芽の高さを測定

2. 到花日数は消灯日(10月31日)から開花までの日数

3. 有意性は、**は1%水準で有意差あり。nsは有意差なし

4. 多重比較は、Tukey法により同符号間に5%水準で有意差なし

第3表 赤色LEDの電照時間(暗期中断)の長さが花芽分化および開花に与える影響

光条件	電照時間帯	開花日 (月/日)	到花日数 ¹ (日)	花数 ² (輪)	花の大きさ		小花梗長 (cm)	花梗長 (cm)
					縦(cm)	横(cm)		
LED2時間	22:00-24:00	3月14日	134.4 b ⁴	2	17.5	16.3	7.4	15.3
LED3時間	22:00-1:00	3月17日	137.3 b	2	17.4	16.3	7.5	15.7
LED4時間	22:00-2:00	3月17日	137.7 b	1.9	17.2	16.3	7.5	15.9
白熱電球	22:00-2:00	3月21日	141.7 b	2.2	17.3	15.9	7.2	15.7
	無処理区	2月5日	97.3 a	1.9	16.9	16.5	7.4	14.9
有意性 ³			**	ns	ns	ns	ns	ns

注1. 到花日数は消灯日(10月31日)から開花までの日数

2. 花数は1シーズ当たりの平均開花数

3. 有意性は、**は1%水準で有意差あり。nsは有意差なし

4. 多重比較は、Tukey法により同符号間に5%水準で有意差なし

第4表 宇都宮市における試験期間中の日の出、日の入り時刻

	日の出	日の入り	日長
8月1日	4:46	18:47	14h01m
9月1日	5:12	18:09	12h57m
10月1日	5:36	17:24	11h48m
10月31日	6:03	16:45	10h42m

注. 国立天文台HPより引用

第5表 試験期間の各処理区の暗期の長さ

電照時間帯	18:00~22:00		22:00~24:00		22:00~1:00		22:00~2:00		2:00~6:00		
	電照前/後	前暗期	後暗期	前暗期	後暗期	前暗期	後暗期	前暗期	後暗期	前暗期	後暗期
8月1日		0h00m	6h46m	3h13m	4h46m	3h13m	3h46m	3h13m	2h46m	7h13m	0h00m
9月1日		0h00m	7h12m	3h51m	5h12m	3h51m	4h12m	3h51m	3h12m	7h51m	0h00m
10月1日		0h36m	7h36m	4h36m	5h36m	4h36m	4h36m	4h36m	3h36m	8h36m	0h00m
10月31日		1h15m	8h03m	5h15m	6h03m	5h15m	5h03m	5h15m	4h03m	9h15m	0h03m

IV 考察

カトレア‘ドラムビート’の開花抑制効果について、LED光源のピーク波長の違いを検討した結果、橙色(596nm)、遠赤色(734nm)では、開花抑制効果が低く、赤色(633nm)において十分開花抑制された。このことから、633nm 近辺の波長がカトレアの花芽分化抑制に効果が高く、開花をコントロールするのに有効であると考えられた。キクでは LED を用いた花芽分化抑制に、630nm 付近の波長が最も効果が高い(白山, 2013)と報告されており、カトレアも同様の光応答反応を示すと考えられた。

光強度は、強い方が抑制に効果が高かったが、22:00～2:00 電照の処理区では、 $0.5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ と $1.0\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ に差は認められなかった。電照時間帯の違いにおいては、18:00～22:00, 2:00～6:00 の電照では、開花抑制効果が低かった。カトレアの電照栽培は、日長 16 時間を目標に 22:00～2:00 の暗期中断の電照を行う(今井, 1988)ことが一般的である。暗期中断の考え方としては、長い暗期の中心付近で電照処理を行うことが最も効果的であるとされ、広く支持されてきた(リュンガー, 1978, 米村, 1993)。これは光強度より電照時間帯(暗期の長さ)の方が開花抑制に与える影響が大きく、暗期を短時間の電照で分断することにより、連続した暗期の長さが短くなり花成が抑制されることを示している。22:00～2:00 の暗期中断では連続した暗期が 2 時間 30 分～5 時間程度なのに対して 18:00～22:00, 2:00～6:00 の電照では 6 時間 30 分～7 時間以上暗期が連続する(第4表, 第5表)。このことから、カトレアの開花抑制のためには、連続した暗期を 5～6 時間以下にすることが効果的であるとと考えられた。

また、電照時間の長さは、暗期中断では 22:00 からの 2 時間でも十分な開花抑制効果が認められた。この場合も連続した暗期は、暗期中断後に 6 時間程度であった(第4表, 第5表)。キクにおいて、効果的な花芽分化抑制の電照には、暗期開始後に一定時間の連続した暗期を確保することが必要とされ(Cathey・Borthwick, 1970)、キクの花芽分化抑制に効果の高い暗期中断の時間帯は、概ね暗期開始 4 時間後から品種固有の限界暗期長 + 1 時間の範囲とされている(白山, 2014, 2017)。暗期開始を 18:00 とした場合 22:00 以降が抑制効果の高い時間帯となり、カトレア‘ドラムビート’も同様の反応を示すことが示唆された。

LED は白熱電球と比較して、消費電力はおおよそ 1/10、耐用時間はおおよそ 40 倍といわれている。しかし、これまでは初期導入コストの大きさや、実績の少なさから十分な花芽抑制効果が得られるのか不安視する生産者が多く、導入が進まなかった(農林水産省委託プロジェクト, 2014)。現在は導入価格も下がり、様々な試験により LED の効果が明らかとなって

おり(久松, 2014)、今後 LED の普及が進んでいくものと思われる。

以上のことから、冬咲き系カトレア‘ドラムビート’は赤色 LED (ピーク波長 633nm)を用い、光強度は光量子束密度 $0.5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 以上で暗期中断を 22:00 から 2 時間以上行うことで、慣行の白熱電球による電照と同程度の開花抑制効果が得られた。赤色 LED は、白熱電球に代わる光源として利用可能であると考えられた。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、栃木県農業試験場の堀井数己技査、高崎恭子技査ならびに花き研究室のパート職員の皆様には、試験圃場の管理、調査、分析等において多大なるご尽力をいただいた。また、本稿を執筆するに当たり、花き研究室をはじめ関係者の方々には貴重なご助言、ご指導をいただいた。試験材料のカトレアは渡辺ラン園代表渡辺武夫氏に協力いただいた。ここに記して心から感謝の意を表する。

引用文献

- Cathey, H. M. and H. A. Borthwick.(1970)
Photoreactions controlling flowering of *Chrysanthemum morifolium* (Ramat. and Hemfl.) illuminated with fluorescent lamps. *Plant Physiol.*45:235-239
- 白山 竜次・永吉 実孝(2013)キクの花芽分化抑制における暗期中断電照の波長の影響. *園芸研.* 12:173-178
- 白山 竜次・郡山啓作(2014)キクにおける限界日長と花芽分化抑制に効果の高い暗期中断の時間帯との関係. *園学研.* 13:357-363.
- 白山 竜次・木戸君枝(2017)キクの電照栽培における最適な電照の長さ及び照射時間帯. *園学研.* 16:309-315.
- 久松完 (2014) 電照栽培の基礎と実践 光の質・量・タイミングで植物をコントロール. 誠文堂新光社
- 今井忠(1988)洋ラン栽培の新技术上巻(農耕と園芸編/村井千里監修)カトレア電照抑制栽培. P113-120. 誠文堂新光社
- 石倉 聡・梶原真二・原田秀人・福島啓吾(2009)キクの電照抑制栽培に用いる白熱電球代替光源としての電球形蛍光灯およびLEDの光エネルギー特性と開花抑制効果. *広島農技セ研報.* 84:1-6
- 加古舜二(1986)花卉園芸の事典. Pp562-572. 朝倉書店. 東京.
- 嘉島芳井・渡辺 強・菊地直美・坂本あすか・小倉勝興・小倉乃里子・鈴木保彦・赤澤利明(2015) キク類の花芽

- 分化抑制に効果的な波長および光強度の解明とLED電照装置の開発. 栃木農試研報 No73:45-58.
- 唐沢耕司(1988)世界の野生蘭. Pp40-50. 八坂書房. 東京.
- 久地井恵美・峯岸長利・福田法子・山中昭雄(1989)カトレア類の発育習性解明による生産安定化技術の確立 第1報 栃木県内における主要品種の発育特性について. 栃木農試研報. 36:109-117
- 久地井恵美・峯岸長利・山中昭雄(1989)カトレア類の発育習性解明による生産安定化技術の確立 第2報 カトレア類の発育形態. 栃木農試研報. 36:118-122
- 久地井恵美・峯岸長利・山中昭雄(1989)カトレア類の発育習性解明による生産安定化技術の確立 第3報 カトレア類の成長と分化. 栃木農試研報. 36:123-127
- 久地井恵美・峯岸長利・山中昭雄(1989)カトレア類の発育習性解明による生産安定化技術の確立 第4報 施肥管理が生育・開花及び切り花の日持ちに及ぼす影響. 栃木農試研報. 36:128-138
- 久地井恵美(2000)カトレア類の発育特性と生産安定化技術の確立に関する研究. 博士論文 p1
- 松井鑄一郎. 農業技術大系(花卉編)第12巻. 319-333.
- 永田治彦. 農業技術大系(花卉編)第12巻. 337-340.
- 農林水産省委託プロジェクト「国産農産物の革新的低コスト実現プロジェクト」「光花きコンソーシアム」編(2014)キク電照栽培用光源選定導入のてびき光源の特性と花芽分化抑制効果を理解するために. P29-32
- 農林水産省(2021)生産農業所得統計
- 栃木県(2021)栃木県花き振興計画.p3
- リュンガーW(1978)園芸植物の開花生理と栽培(浅平端・中村英司訳). 誠文堂新光社
- 米村浩次(1993)農業技術大系(花卉編)第1巻 147-154.