

黄色蛍光LEDによるパルス光照射が数種小ギク品種の発蕾，開花および切り花形質に及ぼす影響

誌名	園芸学研究
ISSN	13472658
著者名	石倉, 聡 後藤, 丹十郎 梶原, 真二 東浦, 優
発行元	園芸学会
巻/号	12巻4号
巻号補足	
掲載ページ	p. 419-426
発行年月	2013年10月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



黄色蛍光 LED によるパルス光照射が数種小ギク品種の発蕾、 開花および切り花形質に及ぼす影響

石倉 聡^{1,2*}・後藤丹十郎³・梶原真二¹・東浦 優⁴

¹ 広島県立総合技術研究所農業技術センター 739-0151 広島県東広島市八本松町原

² 岡山大学大学院自然科学研究科 700-8530 岡山市北区津島中

³ 岡山大学大学院環境生命科学研究科 700-8530 岡山市北区津島中

⁴ 兵庫県立農林水産技術総合センター 679-0198 兵庫県加西市別府町

Effect of Pulsed Lighting from Yellow Fluorescent Light Emitting Diodes on the Budding, Flowering, and Flower Characteristics of Small-flowered Spray-type Chrysanthemums

Satoshi Ishikura^{1,2*}, Tanjuro Goto³, Shinji Kajihara¹ and Masaru Higashiura⁴

¹Hiroshima Prefectural Technology Research Center, Agricultural Technology Research Center, Hara, Hachihonmatsu, Higashihiroshima, Hiroshima 739-0151

²Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, Tsushima-naka, Kita-ku, Okayama 700-8530

³Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, Tsushima-naka, Kita-ku, Okayama 700-8530

⁴Hyogo Prefectural Technology Center for Agriculture, Forestry and Fisheries, Betsu, Kasai, Hyogo 679-0198

Abstract

We describe the use of pulsed lighting from yellow fluorescent light emitting diodes (LEDs) designed for moth control in the cultivation of small-flowered spray-type chrysanthemums. The pulses had a 20 ms pulse width and a 80 ms dark period. The effects of the irradiance of pulsed light (0, 20, 35 and 50 mW · m⁻²) on the flowering and the cut flower characteristics have been investigated. No significant differences were found in the number of days to flower budding and flowering, flower formation, and on the cut flower characteristics grown using an irradiance of 20 mW · m⁻². However, in some cultivars, the number of days to flowering and the cut flower length of plants exposed to 35 and 50 mW · m⁻² irradiance increased significantly compared to unexposed plants.

Key Words : artificial light, continuous lighting, insect pest control, irradiance, LED

キーワード : 害虫防除, 発光ダイオード, 放射照度, 人工光, 終夜照明

緒 言

我が国の小ギクは主に露地栽培されており、7～10月にはオオタバコガやハスモンヨトウなどのヤガ類幼虫による食害が多発する(石倉ら, 2010)。花きや野菜などの多くの園芸品目を加害するこれらのヤガ類は、市販されている化学合成農薬に対して薬剤抵抗性を獲得(遠藤ら, 2000; 小野本ら, 1996; 染谷・清水, 1997)しており、防除が難しいとされている。このため、化学合成農薬に替わる物理的防除法の確立が望まれている。バラやカーネーションでは、代替防除法の一つとして、黄色蛍光灯による夜間の連続照明が適用されている(八瀬ら, 1997)。しかし、キクでは、黄色蛍光灯で連続照明すると開花時期が著しく遅延することに加えて、切り花品質が低下する(石倉ら, 2000; 山中

ら, 1997) ため、その適用が困難であった。

筆者らは、防蛾効果に優れる黄色光をキク生産に利用する場合であっても、開花遅延させることなく適用できる照明技術の開発を目指している。具体的には、優れた応答速度を有する LED (谷, 2000) を用い、所定のパターンで点滅を繰り返す黄色パルス光の適用を検討している。これまでに、黄色光の点滅パターンを工夫することで、主要な秋ギク型輪ギク「神馬」の開花遅延を回避できることを明らかにした(石倉ら, 2010)。また、防蛾に有効とされる明期 20 ms / 暗期 80 ms で点滅を繰り返す黄色パルス光を適用する場合、「神馬」では、茎頂付近の放射照度を最大でも 35 mW · m⁻² に抑えることで、開花および切り花形質に有意な影響を及ぼさないことを報告した(石倉ら, 2010, 2012a, 2012c; 尹ら, 2012)。

一方、7～8月咲きの小ギク品種の中には、電照によって開花時期を制御することが可能な夏秋ギク型小ギク品種が存在することが報告されている(小山・和田, 2004; 森

2013年2月22日 受付。2013年7月2日 受理。

* Corresponding author. E-mail: s-ishikura82052@pref.hiroshima.lg.jp

ら, 2006; 小田ら, 2010; 角川ら, 2007). また, 10 ~ 11 月咲き小ギク品種のほとんどは, 川田・船越 (1988) の分類に基づいた場合, 限界日長を有する秋ギク型品種に属するものと考えられる. 従って, 品種によっては, 黄色パルス光下で開花遅延を誘発する危険性がある. さらに, 長日条件下では, 切り花形質の重要な構成要素の一つである花房の形状 (以下, 花房型) が乱れるとの指摘があるが (井水・本林, 2001), 黄色パルス光下での影響についての報告はみられない.

そこで, 本研究は, 開発中の防蛾照明技術を小ギク生産へ適用拡大するため, 光感受性の異なる数種の夏秋ギク型および秋ギク型小ギク品種に対し, 防蛾に有効とされる黄色パルス光を異なる放射照度で照射し, 発蕾, 開花および花房型を含む切り花形質に対する影響を明らかにしようとした.

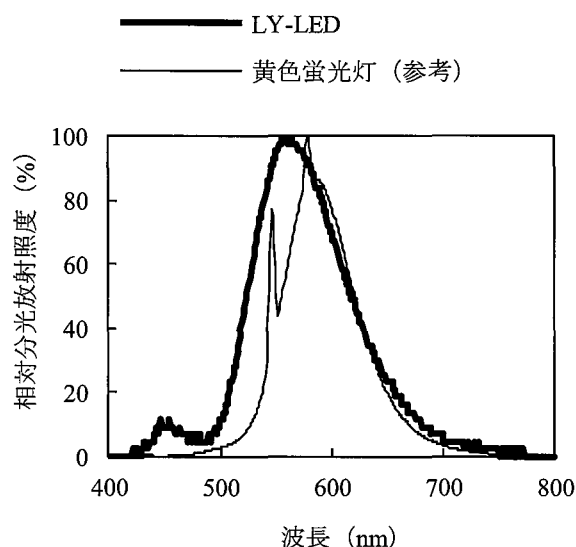
材料および方法

1. 夏秋ギク型小ギク品種の発蕾, 開花および切り花形質に及ぼす黄色パルス光の放射照度の影響 (実験 1)

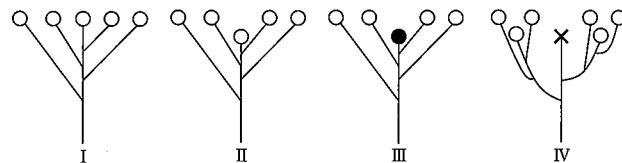
実験には, 予備実験の結果に基づき, 電照による開花制御が可能な夏秋ギク型小ギクである花色が白色の '白鳥', 赤色の 'やよい' および '花秀美' の 3 品種を用いた. 白熱電球 (K-RD100V75W, パナソニック) で 22:00 ~ 2:00 の暗期中断を行って育苗した親株から, 2012 年 4 月 28 日に採穂および挿し芽を行った. 5 月 15 日に株間 12 cm, 条間 12 cm の 5 列 × 5 条で, 成り行き温度管理下のプラスチックハウス内の地床へ 25 株ずつ発根苗を定植し, 8 月 17 日 (94 日間) まで無摘み栽培した. 定植 7 日後に $N:P_2O_5:K_2O = 7:6:6$ の有機質複合肥料 (いい花つくろう 766, 広島県製肥) を 25 株当たり 50 g 施与した.

実験には, 防蛾用黄色蛍光灯に類似した相対分光放射照度を有する黄色蛍光 LED (LY-LED, シャープ専用開発品, 第 1 図) を供試した. 既報 (石倉ら, 2010, 2012b) と同様に, 24 個の LY-LED を実装したモジュールを光源とし, 発光面が下向きになるように植物体上に配置した. 実験期間中は, 所定の放射照度を確保するため, モジュールからキク茎頂までの距離が約 50 cm となるように, 成長に合わせて毎週 1 回調整した.

黄色パルス光は, 電子制御により LY-LED を短時間で繰り返し点滅させることで発生する. このときの点灯時間 (明期) と消灯時間 (暗期) を黄色パルス光の時間構造と定義し, 本稿では明期/暗期として表記する. 黄色パルス光の時間構造は, 防蛾に有効とされる明期 20 ms / 暗期 80 ms (石倉ら, 2012c; 尹ら, 2012) に設定した. 既報 (石倉ら, 2012a) を踏まえて, キクの茎頂付近において 20, 35 および 50 $mW \cdot m^{-2}$ の 3 水準の放射照度を設定した. 放射照度の測定には, 400 ~ 800 nm の波長域の分光応答度がフラットレスポンスであるスペクトロラジオメータ (センサ RW-3703-4 および本体 X1-1, Gigahertz-Optik) を用いた. なお,



第 1 図 供試した LY-LED および黄色蛍光灯 (FL20S・Y-F, パナソニック) の相対分光放射照度



第 2 図 花房型の模式図 (森ら (2007) の図を一部改変)
○: 開花, ●: 未開花, ×: 発育停止

使用したスペクトロラジオメータは, 設定したパルス光の点滅速度に追従 (応答) できない. そこで, 各処理区の放射照度は LY-LED を連続点灯した状態で測定した. 定植日以降の実験期間中は, 無処理区を除き, 18:00 ~ 6:00 に, 所定の放射照度で毎日パルス点灯した. 対照として, 定植日以降を自然日長下で管理する無処理区 ($0 mW \cdot m^{-2}$) を設けた. 各区の周縁部の 16 株を除く 9 株について調査し, 頂花蕾が視認できた日を発蕾日とした. また, 花房の中で開花が最も早い頭花の舌状花が開き始め, 花芯が視認でき, 開花のステージが「2」(フローリスト編集部, 1983) となった日を開花日とした. 定植日から発蕾, 開花までの日数をそれぞれ発蕾所要日数および到花日数とした. 第 1 表に示す切り花形質については, 開花日に地際部で切り取って調査した. なお, 花房型は, 森ら (2007) の小ギクに関する報告に基づいて分類 (第 2 図) した. また, 道園ら (2012) のスプレーギクについての報告に準じ, 一次側枝数, 第 4 側枝長, 第 4 側枝と主茎との着生角度を調査した. 花色は, 目視により確認した.

2. 秋ギク型小ギク品種の発蕾, 開花および切り花形質に及ぼす黄色パルス光の放射照度の影響 (実験 2)

実験には, 秋ギク型小ギクで花色が黄色の '金秀' および 'お吉', 花色が赤色の '沖の乙女' および '沖ピンク' の 4 品種を用いた. 実験 1 と同じ白熱電球で 22:00 ~ 2:00

の暗期中断を行い、成り行きの温度下で育苗した親株から、8月27日に採穂および挿し芽を行った。9月12日に容量6.2 L (D32 cm × W15 cm × H13 cm) のプランターへ3株ずつ発根苗を定植し、11月22日までの71日間、無摘心栽培した。培地には、沖積土：ピートモスを3:1 (v/v) で混合して用いた。実験1と同じ肥料を定植7日後に1プランター当たり5 g 施与した。区制は1区3プランターで3反復とした。定植日以降の実験期間中は、無処理区を除き、16:30～7:30に、所定の放射照度で毎日パルス点灯した。実験は最低気温が15℃を下回らないように加温したプラスチックハウス内で行った。その他の方法は、実験1に準じた。

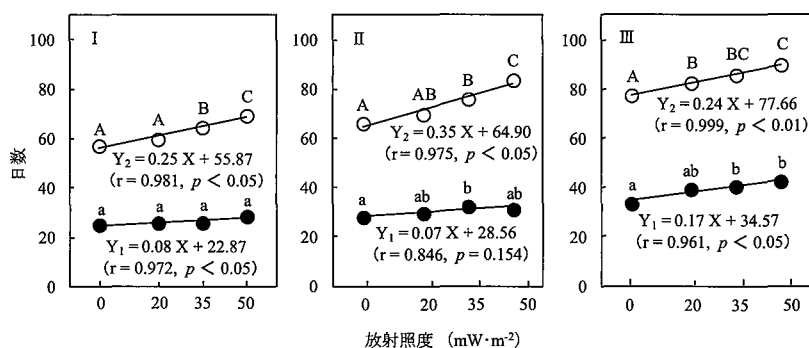
結 果

1. 夏秋ギク型小ギク品種の発蕾、開花および切り花形質に及ぼす黄色パルス光の放射照度の影響 (実験1)

放射照度と発蕾所要日数との関係における品種間差を定

量することを意図して回帰直線を推定した。‘白鳥’、‘やよい’および‘花秀美’の発蕾所要日数 Y_1 (日) と茎頂付近の放射照度 X ($\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$) の関係は、一次回帰式で近似できた (第3図)。しかしながら、‘白鳥’ (第3図I) では、各処理区間に有意な差はみられなかった。‘やよい’ (第3図II) では、0 $\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$ 区と比較して、35 $\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$ 区で4.4日大きかったものの、20, 35および50 $\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$ 区の3処理区間に有意な差はみられなかった。‘花秀美’ (第3図III) では、0 $\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$ 区と比較して、35 $\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$ 区で7.0日、50 $\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$ 区では9.0日大きく、有意な差がみられた。

到花日数 Y_2 (日) と茎頂付近の放射照度 X ($\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$) の関係は、発蕾所要日数と同様に、一次回帰式で近似できた (第3図)。なお、‘白鳥’ (第3図I) では、0 $\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$ 区と比較して20 $\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$ 区に有意な差はみられず、35 $\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$ 区で7.5日、50 $\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$ 区では12.4日の遅延がみられた。‘やよい’ (第3図II) でも、0 $\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$ 区と比較して、



第3図 明期20 ms / 暗期80 ms の時間構造を有する黄色パルス光の放射照度が夏秋ギク型小ギク品種の発蕾所要日数および到花日数に及ぼす影響

I ‘白鳥’, II ‘やよい’, III ‘花秀美’, ○発蕾所要日数, ●到花日数

同一品種内における同一英大文字間および同一英小文字間には Tukey の HSD 検定により 5%水準で有意な差がないことを示す ($n=9$)

放射照度は LY-LED モジュールを一時的に連続点灯させたときのキク茎頂付近における値を示す

第1表 明期20 ms / 暗期80 ms の時間構造を有する黄色パルス光の放射照度が夏秋ギク型小ギク品種の切り花形質に及ぼす影響

品種	放射照度 ² ($\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	主茎節数	一次側枝数 (本)	総花蕾数 (個)	花房型 ³ (%)			
							I	II	III	IV
白鳥	0	76.4 a ¹	57.3 a	33.2 a	7.8 a	9.6 a	33	67	0	0
	20	81.0 a	63.4 a	33.6 a	6.4 a	10.4 a	0	100	0	0
	35	85.1 a	69.3 a	36.7 a	7.3 a	14.1 a	11	89	0	0
	50	95.4 b	70.7 a	38.2 b	7.3 a	12.9 a	11	89	0	0
やよい	0	100.7 a	72.1 ab	39.2 a	8.4 b	33.1 a	0	100	0	0
	20	105.5 a	67.9 a	39.3 a	7.7 b	32.2 a	0	89	0	11
	35	119.1 b	75.1 ab	42.6 b	7.1 ab	41.7 ab	0	56	0	44
	50	123.3 b	86.9 b	41.2 ab	5.8 a	60.4 b	0	11	0	89
花秀美	0	113.7 a	77.6 a	37.1 a	4.3 a	33.0 a	0	11	0	89
	20	121.7 b	86.3 a	43.4 ab	5.2 b	29.8 a	0	22	0	78
	35	125.7 bc	92.8 a	44.9 b	4.7 ab	28.8 a	0	33	0	67
	50	130.7 c	88.0 a	47.1 b	5.1 ab	28.3 a	0	11	0	89

² LY-LED モジュールを一時的に連続点灯させたときのキク茎頂付近における放射照度を示す

¹ 同一品種内における同一カラム内の同一英小文字間には Tukey の HSD 検定により 5%水準で有意な差がないことを示す ($n=9$)

³ 第2図の花房型を示す

20 mW・m⁻² 区に有意な差はみられず、35 mW・m⁻² 区で 9.9 日、50 mW・m⁻² 区では 17.6 日の遅延がみられた。‘花秀美’ (第 3 図 III) では、0 mW・m⁻² 区と比較して、20 mW・m⁻² 区で 5.0 日、35 mW・m⁻² 区で 8.2 日、50 mW・m⁻² 区では 12.3 日遅延し、有意な差がみられた。

切り花長は、放射照度が高いほど大きく、‘白鳥’ では 50 mW・m⁻² 区で、‘やよい’ では 35 および 50 mW・m⁻² 区で、‘花秀美’ では 20、35 および 50 mW・m⁻² 区で、0 mW・m⁻² 区との間に有意な差がみられた (第 1 表)。

切り花重は、‘やよい’ では 20 mW・m⁻² 区と 50 mW・m⁻² 区との間に有意な差がみられたものの、すべての品種において、0 mW・m⁻² 区とその他の処理区間に有意な差はみられなかった (第 1 表)。

主茎節数は、‘白鳥’ では 50 mW・m⁻² 区で、‘花秀美’ では 35 および 50 mW・m⁻² 区で、0 mW・m⁻² 区との間に有意な差がみられ、放射照度が高いほど大きかった (第 1 表)。
‘やよい’ では、0 および 35 mW・m⁻² 区間に有意な差がみられたものの、20、30 および 50 mW・m⁻² 区の 3 処理区間に有意な差はみられなかった。

一次側枝数は、‘白鳥’ では、各処理区間に有意な差はみられなかった。
‘やよい’ では、0 mW・m⁻² 区と比較して、20 および 35 mW・m⁻² 区に有意な差はみられなかったが、50 mW・m⁻² 区は、有意に小さかった (第 1 表)。
‘花秀美’ では、0 および 20 mW・m⁻² 区間に有意な差がみられたものの、20、35 および 50 mW・m⁻² 区の 3 処理区間に有意な差はみられなかった。

総花蕾数は、‘白鳥’ および ‘花秀美’ では、各処理区間に有意な差はみられなかった。
‘やよい’ では、0 mW・m⁻² 区と比較して 20 および 35 mW・m⁻² 区に有意な差はみられなかったが、50 mW・m⁻² 区では、有意に大きかった (第 1 表)。

花房型は、‘白鳥’ および ‘花秀美’ では、処理区による一定の傾向はみられなかったが、‘やよい’ では、放射照度が高いほど、II 型が減少し、IV 型が増加する傾向がみられた (第 1 表)。

花色は、すべての品種において、処理区による差がないことを目視により確認した。

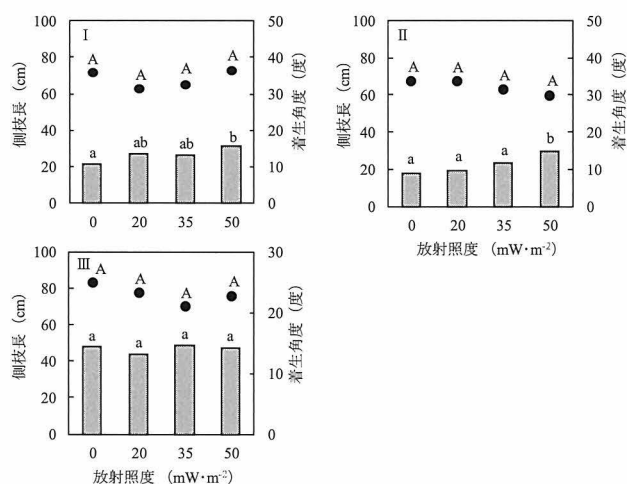
第 4 側枝長は、‘白鳥’ (第 4 図 I) および ‘やよい’ (第 4 図 II) では、0 mW・m⁻² 区と比較して 20 および 35 mW・m⁻² 区に有意な差はみられなかったが、50 mW・m⁻² 区では、有意に大きかった。
‘花秀美’ (第 4 図 III) では、各処理区間に有意な差はみられなかった。

第 4 側枝着生角度は、すべての品種において、0 mW・m⁻² 区とその他の処理区間に有意な差はみられなかった (第 4 図 I, II, III)。

2. 秋ギク型小ギク品種の発蕾、開花および切り花形質に

及ぼす黄色パルス光の放射照度の影響 (実験 2)

秋ギク型小ギク品種についても、夏秋ギク型小ギク品種と同様に、放射照度と発蕾所要日数との関係における品種間差を定量することを意図して回帰直線を推定した。‘金



第 4 図 明期 20 ms / 暗期 80 ms の時間構造を有する黄色パルス光の放射照度が夏秋ギク型小ギク品種の第 4 側枝長および第 4 側枝着生角度に及ぼす影響

I ‘白鳥’, II ‘やよい’, III ‘花秀美’, ■ 第 4 側枝長, ● 第 4 側枝着生角度

同一品種内における同一英大文字間および同一英小文字間には Tukey の HSD 検定により 5% 水準で有意な差がないことを示す ($n=9$)

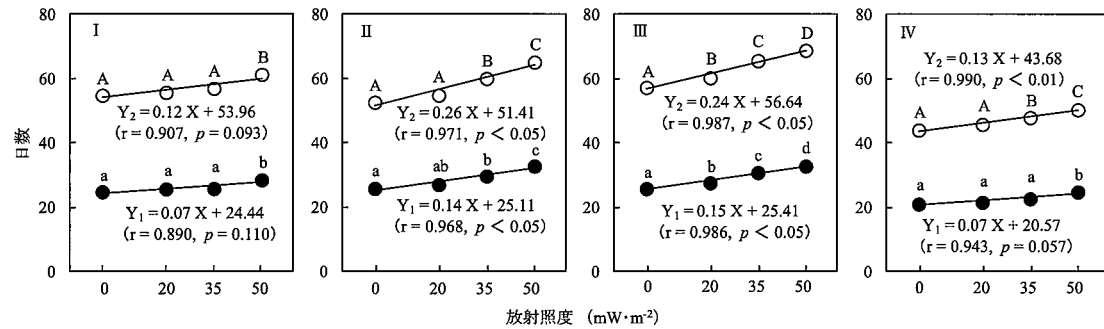
放射照度は LY-LED モジュールを一時的に連続点灯させたときのキク茎頂付近における値を示す

秀’, ‘お吉’, ‘沖の乙女’ および ‘沖ピンク’ の発蕾所要日数 Y_1 (日) と茎頂付近の放射照度 X (mW・m⁻²) の関係は、一回帰式で近似できた (第 5 図)。
‘金秀’ (第 5 図 I) および ‘沖ピンク’ (第 5 図 IV) では、0 mW・m⁻² 区と比較して、50 mW・m⁻² 区で 3.6 ~ 3.8 日大きく、有意な差がみられた。
‘お吉’ (第 5 図 II) では、0 mW・m⁻² 区と比較して、35 mW・m⁻² 区で 3.9 日、50 mW・m⁻² 区では 7.0 日遅延し、有意な差がみられた。
‘沖の乙女’ (第 5 図 III) では、0 mW・m⁻² 区と比較して、20 mW・m⁻² 区で 1.8 日、35 mW・m⁻² 区で 5.0 日、50 mW・m⁻² 区では 7.0 日遅延し、有意な差がみられた。

到花日数 Y_2 (日) と茎頂付近の放射照度 X (mW・m⁻²) の関係は、発蕾所要日数と同様に、一回帰式で近似できた (第 5 図)。
0 mW・m⁻² 区と比較して、‘金秀’ (第 5 図 I) では 50 mW・m⁻² 区で 6.4 日、‘お吉’ (第 5 図 II) および ‘沖ピンク’ (第 5 図 IV) では 35 および 50 mW・m⁻² 区で 7.4 ~ 12.6 日、‘沖の乙女’ (第 5 図 III) では 20、35 および 50 mW・m⁻² 区で 3.0 ~ 11.6 日遅延し、有意な差がみられた。

切り花長は、すべての品種において放射照度が高いほど大きく、0 mW・m⁻² 区と 35 および 50 mW・m⁻² 区間に有意な差がみられた (第 2 表)。

切り花重は、‘金秀’ および ‘沖の乙女’ では、各処理区間に有意な差はみられなかった。
‘お吉’ および ‘沖ピンク’ では、0 mW・m⁻² 区と比較して 50 mW・m⁻² 区で有意に大きかった (第 2 表)。



第5図 明期 20 ms / 暗期 80 ms の時間構造を有する黄色パルス光の放射照度が秋ギク型小ギク品種の発蕾所要日数および到花日数に及ぼす影響

I ‘金秀’, II ‘お吉’, III ‘沖の乙女’, IV ‘沖ピンク’, ○発蕾所要日数, ●到花日数

同一品種内における同一英大文字間および同一英小文字間には Tukey の HSD 検定により 5%水準で有意な差がないことを示す ($n=3$)

放射照度は LY-LED モジュールを一時的に連続点灯させたときのキク茎頂付近における値を示す

第2表 明期 20 ms / 暗期 80 ms の時間構造を有する黄色パルス光の放射照度が秋ギク型小ギク品種の切り花形質に及ぼす影響

品種	放射照度 ² (mW · m ⁻²)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	主茎節数	一次側枝数 (本)	総花蕾数 (個)	花房型 ³ (%)			
							I	II	III	IV
金秀	0	55.4 a ^y	39.3 a	30.1 a	10.8 a	16.0 a	22	78	0	0
	20	58.4 a	44.7 a	30.6 a	10.9 a	17.8 a	33	67	0	0
	35	62.2 b	47.3 a	30.7 a	10.1 a	18.3 a	0	100	0	0
	50	69.1 c	48.4 a	33.2 b	8.9 a	15.2 a	0	100	0	0
お吉	0	54.2 a	46.5 a	31.2 a	16.2 a	45.7 a	11	89	0	0
	20	58.5 ab	47.3 a	32.1 a	16.7 a	45.9 a	11	89	0	0
	35	65.8 b	55.9 ab	34.0 ab	13.3 a	43.2 a	0	100	0	0
	50	76.3 c	61.6 b	36.9 b	12.9 a	41.8 a	0	100	0	0
沖の乙女	0	67.3 a	61.8 a	29.9 a	10.7 b	26.6 a	0	100	0	0
	20	69.2 a	58.9 a	30.6 a	8.9 ab	20.7 a	0	100	0	0
	35	77.1 b	64.6 a	32.7 b	6.8 a	20.7 a	0	100	0	0
	50	77.4 b	65.8 a	35.8 c	6.1 a	19.2 a	0	100	0	0
沖ピンク	0	62.3 a	39.2 a	29.9 a	13.4 a	22.3 a	100	0	0	0
	20	66.8 ab	44.2 ab	30.1 a	12.9 a	23.8 a	100	0	0	0
	35	70.2 bc	47.1 ab	30.8 ab	11.7 a	25.7 a	56	44	0	0
	50	74.8 c	52.0 b	31.4 b	11.6 a	28.6 a	22	78	0	0

² LY-LED モジュールを一時的に連続点灯させたときのキク茎頂付近における放射照度を示す

^y 同一品種における同一カラム内の同一英小文字間には Tukey の HSD 検定により 5%水準で有意な差がないことを示す ($n=3$)

³ 第2図の花房型を示す

主茎節数は, ‘金秀’, ‘お吉’ および ‘沖ピンク’ では, 0 mW · m⁻² 区と比較して 50 mW · m⁻² 区で有意に大きかった. ‘沖の乙女’ では, 0 mW · m⁻² 区と比較して 35 および 50 mW · m⁻² 区で放射照度が高いほど有意に大きかった (第2表).

一次側枝数は, ‘金秀’, ‘お吉’ および ‘沖ピンク’ では, 各処理区間に有意な差はみられなかった. ‘沖の乙女’ では, 0 mW · m⁻² 区と比較して 35 および 50 mW · m⁻² 区では有意に小さかった (第2表).

総花蕾数は, すべての品種において, 各処理区間に有意な差はみられなかった (第2表).

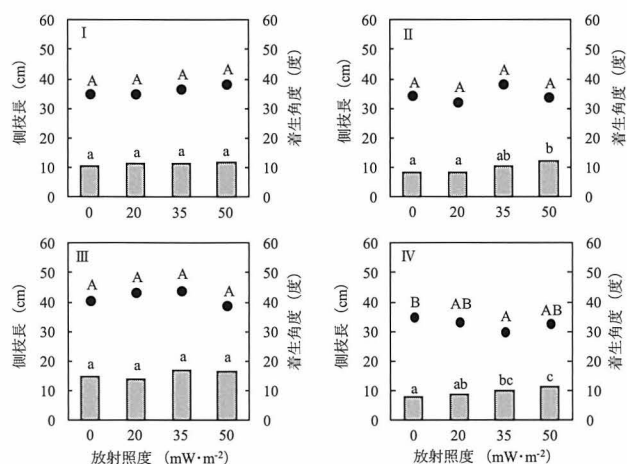
花房型は, ‘金秀’, ‘お吉’ および ‘沖ピンク’ では, 35 および 50 mW · m⁻² 区で, II 型の割合が増加する傾向がみ

られた. ‘沖の乙女’ では, いずれの処理区においても II 型となり, 処理による影響はみられなかった (第2表).

花色は, すべての品種において, 処理による差がないことを目視で確認した.

第4側枝長は, ‘金秀’ (第6図 I) および ‘沖の乙女’ (第6図 III) では, 各処理区間に有意な差はみられなかった. ‘お吉’ (第6図 II) では, 0 mW · m⁻² 区と比較して, 50 mW · m⁻² 区で有意に大きかった. ‘沖ピンク’ (第6図 IV) では, 0 mW · m⁻² 区と比較して, 35 および 50 mW · m⁻² 区では有意に大きかった.

第4側枝着生角度は, ‘金秀’, ‘お吉’ および ‘沖の乙女’ の3品種 (第6図 I, II, III) では, 各処理区間に有意な差はみられなかった. ‘沖ピンク’ (第6図 IV) では,



第6図 明期20 ms/暗期80 msの時間構造を有する黄色パルス光の放射照度が秋ギク型小ギク品種の第4側枝長および第4側枝着生角度に及ぼす影響
I '金秀', II 'お吉', III '沖の乙女', IV '沖ピンク', ■第4側枝長, ●第4側枝着生角度
同一品種内における同一英大文字間および同一英小文字間には Tukey の HSD 検定により 5%水準で有意な差がないことを示す ($n=3$)
放射照度はLY-LEDモジュールを一時的に連続点灯させたときのキク茎頂付近における値を示す

0 mW·m⁻²区と比較して、35 mW·m⁻²区で有意に小さかったが、20, 35 および 50 mW·m⁻² 区間に有意な差はみられなかった。

考 察

白熱電球を光源とする電照に対し、キクが示す開花反応は品種によって異なる(岡田, 1963)が、「白熱電球で 50 lx (360 mW·m⁻² 相当)」は、電照抑制栽培のための一つの基準(木村, 1974; 米村, 1993)とされている。一方、防蛾に有効な最低照度は 1 ~ 2 lx (1.2 ~ 3.2 mW·m⁻² 相当)以上とされ(内田ら, 1978; 藪, 1999), 本報で設定した放射照度 20, 35 および 50 mW·m⁻² は、防蛾に有効とされる下限値よりはるかに大きいものの、キクの電照抑制栽培の基準とされる放射照度の 6 ~ 14% にすぎない。しかし、質的にみた場合、供試した LY-LED から放射される光は、白熱電球と比較して、単位放射照度当たりの開花抑制作用が強い(石倉ら, 2009, 2011)。また、量的にみた場合、白熱電球による電照は通常 4 ~ 5 時間の暗期中断で行われているのに対して、防蛾用照明では、最大の防蛾効果を得る観点から終夜照明が採用されている(島内ら, 2010; 八瀬, 2004)。このように、黄色光による終夜照明は、キクの開花に対し、質的にも量的にも影響が大きい照明条件と考えられる。

これを踏まえて、本報では、防蛾に有効とされる明期 20 ms/暗期 80 ms の時間構造を有する黄色パルス光(石倉ら, 2012c; 尹ら, 2012)を、数種の夏秋ギク型および秋ギク型小ギク品種に照射する場合、開花遅延や花房型などの切り花形質の低下を起こすことなく適用できる放射照度

の範囲を検討した。なお、キクの発蕾を完全に抑制できる照度が品種によって異なる(岡田, 1963)ことを考慮して、供試品種は、電照により開花制御が可能であること、または、それぞれ発蕾を抑制できる照度が異なっていると証明された品種であることを基準に選定した。

実験 1 における夏秋ギク型小ギク品種の発蕾所要日数は、供試した 3 品種で、茎頂付近の放射照度 0 および 20 mW·m⁻² 区間に有意な差がなかった(第 3 図)。到花日数は、「花秀美」(第 3 図 III)においてのみ、0 および 20 mW·m⁻² 区間に有意な差がみられたが、その差は 5.0 日であった。一方、実験 2 における秋ギク型小ギク品種の発蕾所要日数および到花日数は、「沖の乙女」を除く 3 品種(第 5 図)では、夏秋ギク型小ギク品種と同様に、茎頂付近の放射照度が 0 および 20 mW·m⁻² 区間に有意な差はなかった。「沖の乙女」(第 5 図 III)のみ、0 および 20 mW·m⁻² 区間に有意な差がみられ、その差は発蕾所要日数で 1.8 日、到花日数で 3.0 日であった。

川田・船越(1988)は、キクでは花卉の着色期まで日長が開花期に影響を及ぼすことを指摘している。計画的な開花抑制を目的とする通常の電照ギク栽培では、発蕾期以降が限界日長を超える日長となるように電照することはない。一方、黄色光による防蛾効果は、終夜照明下で最大となる(島内ら, 2010; 八瀬, 2004)ことが示唆・指摘されている。従って、防蛾には、発蕾期以降も終夜照明する必要がある、長い日長とならざるをえない。「白鳥」(第 3 図 I)の 35 および 50 mW·m⁻² 区、「花秀美」(第 3 図 III)の 20 mW·m⁻² 区および「沖ピンク」(第 5 図 IV)の 35 mW·m⁻² 区において、発蕾所要日数では 0 mW·m⁻² 区との間に有意な差がみられなかったが、到花日数には有意な差がみられた。これらの結果は、実験 1 および 2 において、終夜照明が発蕾期以降も継続されたことにより、花蕾の発達抑制されたためと推察された。

発蕾までの黄色パルス光に対するキクの感受性は、発蕾所要日数 Y_1 と茎頂付近の放射照度 X の関係を示す近似式の傾きの大小から推定できると考えた。夏秋ギク型小ギク品種では、近似式の傾きが 0.17 と最も大きい「花秀美」(第 3 図 III)が最も敏感で、次いで 0.08 の「白鳥」(第 3 図 I) および 0.07 の「やよい」(第 3 図 II) がほぼ同等でそれに続くと推察された。同様に、秋ギク型小ギク品種では、0.15 の「沖の乙女」(第 5 図 III)が最も敏感で、次いで 0.14 の「お吉」(第 5 図 II) となり、0.07 の「沖ピンク」(第 5 図 IV) および「金秀」(第 5 図 I) がほぼ同等でそれに続くと推察された。ところが、発蕾所要日数と同様に、到花日数 Y_2 と茎頂付近の放射照度 X の関係を示す近似式の傾きから感受性を推定した場合、夏秋ギク型小ギク品種では、「やよい」(第 3 図 II) が最も敏感で、次いで「白鳥」(第 3 図 I) および「花秀美」(第 3 図 III) がほぼ同等でそれに続いた。秋ギク型小ギク品種では、「お吉」(第 5 図 II) が最も敏感で、次いで「沖の乙女」(第 5 図 III) となり、「沖ピンク」(第 5 図

IV) および‘金秀’ (第5図I) がほぼ同等でそれに続き、開花までの感受性が発蕾までのそれと異なる結果となった。このことから、黄色パルス光の放射照度に対する開花反応は、発蕾までの感受性だけでなく、発蕾から開花までの感受性によっても大きく影響されることが示唆された。

夏秋ギク型および秋ギク型小ギク品種の切り花形質のうち、切り花長は‘花秀美’を除き、また、切り花重、主茎節数および総花蕾数ではすべての品種において、0および $20 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ 区との間に有意な差はないことが示された (第1, 2表)。唯一、‘花秀美’では、切り花長において両区間に有意な差がみられた。開発中の防蛾照明技術の導入が想定される生産者は場における露地ギク季咲き栽培では、夏秋ギク型、および秋ギク型小ギク品種を問わず、同一作型内の開花日で1週間程度、切り花長で十数 cm 程度の差が発生しうることをこれまでに確認している。従って、照射照度 $20 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ 区においてみられた到花日数で3～5日、切り花長で8 cm の増加は、厳密な開花制御を必要とする物日出荷などでは考慮すべき点も残されているが、実用上の問題とはならない範囲にあると考えられた。しかしながら、これらの結果は、プランター栽培、加温栽培、あるいは無摘心栽培により得られたものである。このため、より普遍的な結論を導き出すためには、地床栽培、成り行きの温度管理下の季咲き栽培、摘心栽培など、実際の栽培に即した条件下においても再検証する必要があると考えている。

キクの花色の発現に関与する主な色素は、カロチノイドとアントシアニンの2種類であり (服部, 1991), パラヤイチゴではアントシアニンの発現に紫外光が強く関与している (赤松ら, 2004; 東尾ら, 2009) とされている。黄色光とキクの花色発現に関する知見は見あたらないが、本研究で設定したいずれの放射照度においても、花色への影響は視認できなかった。これは、本研究で用いた LY-LED が 400 nm 以下の紫外光を放射していないためであろう。

井水・本林 (2001) は、長日条件下で小ギクの花房型が乱れることを指摘している。本研究においても、夏秋ギク型小ギク品種では、特に‘やよい’において、放射照度が大きいほど、IV型で示される花房型の割合が増加し、切り花形質の低下傾向がみられた (第1表)。一方、秋ギク型小ギク品種の‘金秀’、‘お吉’および‘沖ピンク’では、放射照度が大きいほど、I型の割合が減少し、II型の割合が増加する傾向がみられたが、 $0 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ 区と $20 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ 区の間には、大きな差はみられなかった (第2表)。このため、放射照度は最大でも $20 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ に抑える必要があると考えられた。甲斐ら (1995) は、スプレーギクの切り花品質を評価するうえで、花柄長、花柄と主茎の成す角度である花柄角が重要な特徴量であることを報告している。これに基づき、道園ら (2012) は、一次側枝数、第4側枝長および第4側枝着生角度を切り花品質の評価指標として用いている。本研究でもこれらを評価指標として用いた。一次側枝数は、‘花秀美’を除き、また、第4側枝長および第

4側枝着生角度は、いずれの夏秋ギク型および秋ギク型小ギク品種においても、0および $20 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ 区との間に有意な差はなかった (第1, 2表, 第4, 6図)。唯一、‘花秀美’では一次側枝数において両区間に有意な差がみられたが、総花蕾数においては有意な差がみられなかった。このことから、一次側枝数の0.9本の増加は、切り花形質に影響を及ぼさないと考えられた。

以上のことから、夏秋ギク型および秋ギク型小ギク品種に対し、防蛾に有効な明期 20 ms / 暗期 80 ms の時間構造を有する黄色パルス光を終夜照明した場合、茎頂付近の放射照度を $20 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ に制御すれば、発蕾所要日数、到花日数、花房型などの切り花形質に大きな影響はみられないことを示すことができた。しかしながら、 $20 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ であっても、一部の品種で発蕾所要日数および到花日数に数日の増加がみられたことから、本技術の適用にあたっては、品種の選択に注意を払う必要があることが示唆された。今後は、照明に対する感受性が敏感な品種を中心に、より多くの品種を供試するとともに、作型の影響にも考慮しつつ、実用的に適用可能な照射方法を開発する必要がある。

摘 要

明期 20 ms / 暗期 80 ms の時間構造を有する防蛾用黄色パルス光を小ギク生産で用いるために、放射照度 (0, 20, 35 および $50 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$) が数種の夏秋ギク型と秋ギク型小ギク品種の開花および切り花形質に及ぼす影響を調査した。茎頂付近の放射照度が $20 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ では、すべての品種で、発蕾所要日数、到花日数、花房型などの切り花形質に大きな影響はみられなかった。しかし、35 および $50 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ で栽培すると、これらの放射照度に対して敏感に反応し、開花までの日数で9.9～17.6日、切り花長で18.4～22.7 cm 増加した品種がみられた。

謝 辞 本研究を実施するにあたり、沖縄県農業研究センターから同県の育成品種である‘沖の乙女’および‘沖ピンク’をご分譲いただいたことに感謝の意を表します。

引用文献

- 赤松幸佳・C. K. Hennayake・金地通生・宇野雄一・稲垣昇. 2004. 色変わりパラの開花に伴う紫外線受光の差異がアントシアニン生合成に及ぼす影響. 園学雑. 73 (別2): 226.
- 道園美弦・久松 完・大宮あけみ・市村一雄・柴田道夫. 2012. 低温期のスプレーギク施設栽培における EOD-heating の有効性. 園学研. 11: 505–513.
- 遠藤正樹・加藤浩生・清水喜一. 2000. 関東東山病虫研報. 47: 129–131.
- フローリスト編集部. 1983. 花の切り前. フローリスト編集部編. p. 24–27. 誠文堂新光社. 東京.
- 服部一三. 1991. キクのカロチノイドによる花色の遺伝. 育学雑. 41: 1–9.

- 東尾久雄・廣野久子・佐藤文生・徳田進一・浦上敦子. 2009. ブラックライト蛍光灯の照射がイチゴ果実の着色および果実硬度に及ぼす影響. 園学研. 8: 503-507.
- 井水清智・本林成元. 2001. 暗期中断電照による八月咲き小ギクの開花調節に関する研究(第2報) 暗期中断電照が八月咲き小ギクの草姿に及ぼす影響. 園学雑. 70(別1): 143.
- 石倉 聡・福島啓吾・那波邦彦. 2000. 防蛾用黄色蛍光灯による終夜照明が秋ギクの開花に及ぼす影響. 近畿中国農研. 100: 50-54.
- 石倉 聡・後藤丹十郎・平間淳司・山下真一・野村昌史・尹 丁梵. 2012a. 黄色 LED パルス光を用いた秋ギクの害虫防除光源装置の開発—秋ギク生産に適用可能な放射照度の範囲の特定—. 植物環境工学. 24: 244-251.
- 石倉 聡・後藤丹十郎・梶原真二・原田秀人・福島啓吾. 2012b. ヤガ類の飛翔行動抑制に有効な黄色パルス光が夏秋ギク「岩の白扇」の発蕾, 開花および切り花品質に及ぼす影響. 園学研. 11(別2): 577.
- 石倉 聡・後藤丹十郎・山下真一・梶原真二・平間淳司・野村昌史・尹 丁梵. 2012c. 秋ギクにおける害虫防除効果, 蕾径および草丈に及ぼす黄色 LED ランプのパルス照明の影響. 園学研. 11(別2): 263.
- 石倉 聡・平間淳司・野村昌史・山下真一・東浦 優・岩井豊通・二井清友・山中正仁. 2010. 黄色 LED パルス光を用いた秋ギクの害虫防除光源装置の開発—開花の遅延を回避できる光照射技術—. 植物環境工学. 22: 167-174.
- 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. 広島総研農技セ研報. 84: 1-6.
- 石倉 聡・梶原真二・原田秀人・福島啓吾・後藤丹十郎. 2011. 秋ギクの電照抑制栽培における黄色 LED の発蕾抑制効果. 園学研. 10(別2): 614.
- 甲斐和広・近藤 直・林 孝洋・芝野保徳・小西国義・門田充司. 1995. スプレーギクの花房フォーメーションの評価アルゴリズムに関する研究(第1報)—着花位置を決定する特徴量の抽出—. 生物環境調節. 33: 253-259.
- 川田稷一・船越桂市. 1988. キクの生態的特性による分類. 農業および園芸. 63: 985-990.
- 木村喜久夫. 1974. 施設ギクの周年切り花生産. p. 131-132. 誠文堂新光社. 東京.
- 小山佳彦・和田 修. 2004. 7 月咲きコギクの暗期中断処理による開花調節—高需要期に合わせた計画生産—. 園学研. 3: 63-66.
- 森 義雄・小川浩太郎・鴻野信輔. 2007. 夏秋小ギクの開花時期及び切り花品質に対するエセフォンとジベレリンの併用効果. 岡山農試研報. 25: 61-64.
- 森 義雄・住友克彦・木山聡美. 2006. 岡山県南部の電照盆出し作型に適するコギク品種. 岡山農試研報. 24: 49-54.
- 小田 篤・住友克彦・常見高士・道園美弦・本図竹司・久松 完. 2010. 7 月・8 月咲きコギクの花芽分化・発達における日長反応の品種間差. 園学研. 9: 93-98.
- 岡田正順. 1963. 菊の花芽分化および開花に関する研究. 東京教育大農紀要. 9: 87-97.
- 小野本徳人・根来淳一・柴尾 学・田中 寛. 1996. 人工飼料浸漬法によるオオタバコガの薬剤殺虫効果. 関西病虫研報. 38: 23-24.
- 島内円夏・上和田秀美・福田 健・津田勝男・坂巻祥孝・櫛下町鉦敏. 2010. 性フェロモントラップによるハスモンヨトウ雄成虫の捕獲に対する風速の影響. 南太平洋研究. 30: 13-21.
- 染谷 淳・清水喜一. 1997. 千葉県におけるオオタバコガの発生生態と薬剤感受性. 関東東山病虫研報. 44: 241-248.
- 角川由加・仲 照史・前田茂一. 2007. 暗期中断およびエセフォン処理による小ギクの開花抑制程度の品種間差異—計画的な8月上旬出荷適応品種の探索—. 奈良農総セ研報. 38: 47-51.
- 谷 善平. 2000. オプト・デバイス入門. p. 23. 谷 善平編著. 新版オプト・デバイス応用ノウハウ. CQ出版. 東京.
- 内田正人・福田博年・宇田川英夫. 1978. ナシを加害する果実吸蛾類の生態と防除に関する研究. 鳥取果試研報. 8: 1-29.
- 藪 哲男. 1999. 発光ダイオードを利用した害虫防除技術—黄色夜間照明がオオタバコガの行動に及ぼす影響を中心にして—. 植物防疫. 53: 209-211.
- 山中正仁・八瀬順也・宇田 明・藤井 紘. 1997. 防蛾用黄色蛍光灯がカーネーションとキクの生長および開花に及ぼす影響. 近畿中国農研. 93: 71-75.
- 八瀬順也. 2004. 黄色灯による害虫管理—花き, 野菜類のガ類を中心として—. p. 33-45. 江村 薫ら編著. 話題の新技术 黄色灯による農業害虫防除. (社)農業電化協会. 東京.
- 八瀬順也・山中正仁・藤井 紘・向阪信一. 1997. 黄色蛍光灯によるカーネーション, パラおよびキクのタバコガ・ヨトウムシ類防除技術. 近畿中国農研. 93: 10-14.
- 米村浩次. 1993. 農業技術大系花卉編 1—生長・開花その調節—. p. 147-153. 農文協. 東京.
- 尹 丁梵・野村昌史・石倉 聡. 2012. 黄色 LED 点滅光によるオオタバコガの飛翔抑制. 応動昆. 56: 151-156.