

トルコギキョウ 3, 4 月出荷作型における発蕾期以降の温度および電照管理方法が開花, 切り花形質に及ぼす影響

近藤孝治*・國武利浩¹⁾・巢山拓郎・中村知佐子²⁾・谷川孝弘³⁾

トルコギキョウの 3, 4 月出荷作型における安定生産技術の確立のため, 「ボレロホワイト」, 「ピッコローサスノー」を用いて, 発蕾期以降の温度および電照管理方法が開花, 切り花形質に及ぼす影響を調査した。温度管理方法は, 発蕾期以降夜間管理温度を 5°C とすることで開花は遅れるが, 有効花蕾数は増加し, ブラスチング花蕾数は減少した。換気温度は, 25°C 設定とすると, 35°C 設定に比べ有効花蕾数は増加し, ブラスチング花蕾数は減少し, 未収穫株率は抑制された。電照管理方法は, 発蕾期以降, R/FR 比の小さい白熱灯等の光源を用い長日処理を行うことで, 開花の促進効果は小さいが, 未収穫株率は抑制され, ブラスチングの発生を軽減できた。電照時間帯については, 暗期中断 5 時間処理とすることで, 無電照に比べ有効花蕾数を多く確保できた。これらの管理方法を組み合わせることで, 3, 4 月出荷作型において, ブラスチングの発生を抑えつつ, 適切な切り花を収穫可能であることが明らかとなった。

[キーワード: ブラスチング, 長日処理, 温度管理, トルコギキョウ, 3, 4 月出荷作型]

Effects of Long-Day Treatment and Temperature Control after Flower Budding on the Cut Flower Quality and Flowering of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn in Spring Shipment. KONDOU Kouji, Toshihiro KUNITAKE, Takuro SUYAMA, Chisako NAKAMURA and Takahiro TANIGAWA (Fukuoka Agriculture and Forest Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. For. Res. Cent.* 5:83-91 (2019)

In the winter and spring shipment of cut *Eustoma grandiflorum* flower production, blasting of flower buds often occurs, resulting in a delay of the harvest time and cut flower quality degradation. We investigated the effect of long-day treatment and temperature control after flower budding on the cut flower quality and flowering of *Eustoma grandiflorum* in spring shipment. Night break treatment using low R/FR-ratio light (for example incandescent lamp) after flower budding decreased frequencies of blasting and increased the number of flower buds compared with those under a natural day length. Night temperature of 5°C delay flowering for two weeks compared with those 10°C, however increased the number of flower buds and decreased the number of flower buds blasting. Ventilation settings 25°C increased the number of flower buds and decreased the number of flower buds blasting compared with those 35°C. And when the flower bud developed, shut greenhouse side tightly in order to raise the temperature, the flower bud blasting was caused high frequency.

[Key words: blasting, *Eustoma*, long-day treatment, spring shipment, temperature control]

緒言

福岡県のトルコギキョウ (*Eustoma grandiflorum*) 生産は, 年間生産本数が約 950 万本で (平成 28 年花き生産出荷統計), 長野県, 熊本県に次ぐ西南暖地の有力産地であり, 主要な作型は, 吸水種子の低温処理 (谷川ら 2002) と冷房育苗の組み合わせによる 10~11 月の秋期出荷作型および 3~5 月の春期出荷作型である。しかし, 相対的長日植物であるトルコギキョウの自然開花期は 6~7 月であり (塚田ら 1982), 日長, 気温, 日射量などの気象条件が自然開花期とは異なる時期に生育, 花芽分化を行う 3, 4 月出荷作型では, 開花遅延や花蕾が生育途中で壊死するブラスチングが発生しやすく, 生産拡大および品質安定化を図るうえで問題となっている。

トルコギキョウのブラスチングを含む花蕾の発達停止が発生する要因としては, 植物ホルモンの関与 (大川ら 1991) や, 光合成同化産物の不足 (Aloni *et al.* 1996) などが報告されている。トルコギキョウの花蕾のブラスチングは, 雄蕊および雌蕊形成時に生殖器官の分化が進

まず, 花蕾の発達が停止することにより発生することが明らかにされており, 植物ホルモンの花蕾への点滴処理や高次小花蕾の摘除により発生を軽減できること (Kawakatsu *et al.* 2012), 発蕾後の窒素施肥濃度が高いほど増加すること (牛尾・福田 2010), 二酸化炭素の施用により軽減されること (牛尾・福田 2009), 主茎頂花蕾の発蕾期以降から白熱灯による明期延長処理を行うと軽減されること (工藤ら 2012) などが報告されており, 植物体内のホルモンバランスと光合成同化産物の不足が相互に関連していると推察される。

生産現場では, 草花類の花芽分化の制御を目的に, 白熱灯や電球型蛍光灯を用いた長日処理が行われているが, トルコギキョウでは長日処理に用いる光源により, 花成誘導反応が異なることが明らかにされている (山田 2010)。また, 冬春期の日射量が少なく, 温度が低い環境条件では, 日中の光合成速度は低下し同化産物の生産量が減少するため, 夜間の管理温度を 10°C 程度まで下げ, 夜間の呼吸による同化産物の消費を抑制させる管理方法も提言されている (福田ら 2012)。これらのことから, 栽

*連絡責任者 (苗木・花き部: kondou-k9149@pref.fukuoka.lg.jp)

受付 2018 年 8 月 1 日; 受理 2018 年 11 月 19 日

1) 現 福岡県農林水産部 経営技術支援課
2) 現 福岡県筑後農林事務所 南筑後普及指導センター
3) 前 福岡県農林業総合試験場 苗木・花き部

培期間中の温度管理や長日処理に用いる光源の光質、電照時間帯は、トルコギキョウの開花、切り花形質および花蕾のプラスチックの発生に影響を及ぼすと考えられる。

そこで、本試験では9月に定植し、年内に主茎頂花蕾を発蕾させ、冬季低温管理後、3、4月に出荷する「低コスト春期出荷作型」について、安定生産技術の確立を目的に、発蕾期以降の温度および電照管理方法が開花および切り花形質に及ぼす影響について調査検討した。

材料および方法

本県で冬春期に生産の多い品種として「ボレロホワイト」を試験1～4に、花蕾のプラスチック発生が多い品種として「ピッコロサスノー」を試験1～3に供試した。播種は288穴セル成型トレイにメトロミックス350 (HYPONeX Japan) を充填し、1穴あたり1粒とした。かん水後播種し、10℃設定の冷蔵庫内で暗黒条件下28日間冷蔵処理を行った。その後昼温25℃/夜温15℃、14時間日長(6:00～20:00、植物育成用蛍光灯を用いた照明)管理の閉鎖型育苗装置(SILHOS、徳寿工業株式会社)を用いて8週間程度育苗を行い、本葉2～3対展開した苗を試験に用いた。全ての試験は土耕栽培で行い、定植は10cm角6目ネットに中2条空けた4条植えとした。施肥はロングトータル花き1号(N:P₂O₅:K₂O=13:16:10)を、1株あたり2g施用した。整枝は一次側枝数を3本とし、摘蕾は、試験1,3では二次小花蕾を開花輪、三次小花蕾を商品花蕾、試験2,4では三次小花蕾を開花輪、四次小花蕾を商品花蕾となるよう行った。主茎頂花蕾および開花輪以下の低次小花蕾は摘蕾し、商品花蕾以上の高次小花蕾は摘除せず、3輪開花した時点で収穫調査を行った。なお、試験終了までに収穫できなかった個体については収穫日や切り花形質の調査対象から除外し、未収穫株率に含めた。

試験1 発蕾期以降の夜間管理温度

苗は2013年9月20日に間口4m×長さ5mのパイプハウス2棟に定植し、定植から12月24日まで両ハウスともに最低夜温12℃で管理した。全処理区の5割以上の個体で頂花蕾が確認された12月25日から、それぞれのハウスにおける夜間管理温度を変更し、試験終了とした4月30日まで温度管理を継続した。電照は、試験期間を通して白熱灯による5時間(21:30～2:30)の暗期中断処理を実施した。

処理区は、発蕾期以降の夜間管理温度として、10℃および5℃の2区を設定し、昼間の温度管理は換気の設定温度を25℃換気とし、加温は行わず成り行きで管理した。試験規模は1区80株の2反復とし、各区各反復の生育の中庸な個体を20株抜き取り調査した。なお、未収穫株率については各区計80株を対象に調査を行い、平均値を算出した。また灯油消費量に関しては、12月25日から4月30日まで流量計を用いて計測した。試験期間中、温度とりJr. TR-51((株)T&D)を用いて、15分間隔でハウス内

温度の測定を行い、適宜加温温度の調整を行った。

試験2 発蕾期以降の昼間管理温度(換気温度)

苗は2014年9月12日に鉄骨フィルムハウスに定植し、定植から12月9日まで換気設定28℃、最低夜温12℃で管理した。主茎頂花蕾、一次小花蕾の摘除は12月10日に行った。処理区毎に温度制御できるサイド巻上げ式の小型トンネルを作成し、12月10日から試験終了とした3月31日まで昼間管理を行った。夜間は最低5℃で管理した。処理区は、発蕾期以降の昼間管理温度(換気温度)として、35℃、30℃および25℃換気の3区を設定した。昼間の管理はハウス全体の自動換気の設定を25℃とし、加温は行わず、成り行きで管理し、小型トンネルについても加温は行わず、設定温度を超える場合にトンネルサイドが開くよう設定した。試験規模は40株の2反復とし、各区各反復の生育の中庸な個体を20株抜き取り調査した。なお、未収穫株率については各区計40株を対象に調査を行い、平均値を算出した。試験期間中、温度とりJr. TR-51((株)T&D)を用いて、15分間隔で各トンネル内温度の測定を行い、適宜開閉設定温度の調整を行った。

試験3 発蕾期以降の白熱灯および電球型LEDを用いた電照

苗は2013年9月21日に鉄骨フィルムハウスに定植し、定植から12月24日まで白熱灯を用いた5時間(21:30～2:30)の暗期中断処理、夜間は最低12℃で管理した。全処理区の5割以上の個体で頂花蕾の発蕾が確認された12月25日から白熱灯を一部電球型LEDに付け替え、試験終了とした4月30日まで電球型LEDおよび白熱灯を用いて終夜電照処理を行い、夜間は最低8℃で管理した。昼間の換気設定温度は全期間25℃とした。

処理区は、発蕾期以降の電照光源として白熱灯、電球型赤色光LED(ピーク波長620～630nm、以下R-LED、R区)、電球型遠赤色光LED(同720～730nm、以下FR-LED、FR区)および無電照の4区を設定した。各光源の設置については、光強度が発蕾時の主茎先端部において、電球型LEDはピーク波長から±30nmの波長域の光子束密度(以下PFD)、白熱灯は380～800nmの波長域のPFDで4.0μmol/m²/sとなるよう高さを調節した。試験規模は、1区40株の2反復とし、各区各反復の生育の中庸な個体を20株抜き取り、切り花形質を調査した。未収穫株率については各区計40株を対象に調査を行い、平均値を算出した。処理区間は、光を通さない遮光資材で遮蔽し、朝夕開閉を行うことで、区間で相互に影響を及ぼさないようにした。

試験4 発蕾期以降の白熱灯による電照時間帯

苗は2014年9月12日に鉄骨フィルムハウスに定植し、定植から12月9日まで白熱灯を用いた5時間(21:30～2:30)の暗期中断処理、昼間の換気設定28℃、夜間最低12℃で管理した。主茎頂花蕾、一次小花蕾の摘除は、12月10日に行った。12月10日以降の電照は、試験終了とし

た 3 月 31 日まで白熱灯を用いて処理区毎に異なる時間帯に行った。また、昼間の換気設定 25℃、夜間は最低 5℃で管理した。

処理区は、電照時間を 5 時間で固定し、発蕾期以降の白熱灯を用いた電照時間帯として、日没から夜明けまでの暗期の中間に電照を行う暗期中断処理、日没後および夜明前にそれぞれ 2.5 時間ずつ電照を行う明期延長処理、夜明前に電照を行う夜明前電照処理、日没後から電照を行う日没後電照処理および無電照の 5 区を設定した。各処理区は、日長の変化に合わせて 2 週間毎に電照時間帯の調節を行った。試験規模は、1 区 40 株の 3 反復とし、各区各反復の生育の中庸な個体を 20 株抜き取り調査した。なお、未収穫株率については各区計 40 株を対象に調査を行い、平均値を算出した。処理区間の遮蔽に関しては、試験 3 と同様に実施した。

結果

試験 1 発蕾期以降の夜間管理温度

試験結果を第 1 表、第 1 図に示した。「ボレロホワイト」の収穫日は、10℃区で 3 月 27 日、5℃区で 4 月 11 日であり、「ピッコローサスノー」の収穫日は、10℃区で 3 月 30 日、5℃区で 4 月 13 日であり、両品種ともに 5℃区は 10℃区に比べ収穫が 14~15 日遅かった（第 1 表、第 1 図）。

栽培夜温が 10℃区および 5℃区の切り花形質については、「ボレロホワイト」の切り花重はそれぞれ 71.1 g および 114.8 g、有効花蕾数は 5.4 個および 10.0 個、プラス蕾数は 4.8 個および 8.7 個、プラスチング花蕾数は 3.6 個および 1.9 個であり、5℃区で切り花重は重く、有効花蕾は多く、プラスチング花蕾数は少なかった。また、未収

第 1 表 発蕾期以降の夜間管理温度が開花および切り花形質に及ぼす影響

品種	処理区	収穫日 ¹⁾ 月/日 ±SE	切り花形質										未収穫 ¹⁾ 株率 (%)	灯油 ⁵⁾ 消費量 (L)
			切り花長 (cm)	切り花重 (g)	主茎		有効 ²⁾ 側枝数 (本)	花径 (cm)	花首長 (cm)	有効 ³⁾ 花蕾数 (個)	プラスチング ⁴⁾ 花蕾数 (個)	総花蕾数 (個)		
ボレロ	10℃	3/27 ±1.1	87.3	71.1	49.3	12.7	2.6	7.5	9.6	5.4	2.9	8.3	13.8	394.3
ホワイト	5℃	4/11 ±1.4	96.5	114.8	57.8	13.0	2.9	8.1	10.3	10.0	1.2	11.2	2.5	61.3
統計解析 ⁶⁾			n. s.	**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	*	*	n. s.	**	
ピッコローサ	10℃	3/30 ±3.0	71.9	72.2	34.7	11.3	1.9	7.0	11.8	4.8	3.6	8.4	15.6	394.3
スノー	5℃	4/13 ±0.3	76.1	107.4	42.4	11.6	2.6	6.6	12.2	8.7	1.9	10.6	3.1	61.3
統計解析			*	**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	**	*	n. s.	**	

- 1) 3 輪開花に至った日の平均および試験開始 (12 月 25 日) から収穫までの所要日数の標準誤差
- 2) 開花蕾を有する二次側枝の数
- 3) 蕾長 2cm 以上の正常な花蕾の数
- 4) 4 月 30 日までに収穫に至らなかった株の割合
- 5) 試験開始から 4 月 30 日までの灯油消費量
- 6) t 検定により**, *はそれぞれ 1%, 5%水準で有意差あり, n. s. は有意差なし
未収穫株率については, χ^2 検定により, **は 1%水準で有意差あり



第 1 図 発蕾期以降の夜間管理温度が開花に及ぼす影響

- 1) 撮影日: 2014 年 3 月 14 日
- 2) 品 種: 「ボレロホワイト (BW)」 「ピッコローサスノー (PS)」
各畦それぞれ半分ずつ各品種を定植

第2表 発蕾期以降の換気温度が開花および切り花形質に及ぼす影響

品種	処理区	収穫日 ¹⁾ 月/日 ±SE	切り花形質							未収穫 ⁴⁾ 株率 (%)
			切り花長 (cm)	切り花重 (g)	有効 ²⁾ 側枝数 (本)	花径 (cm)	花首長 (cm)	有効 ³⁾ 花蕾数 (個)	ブラスチング 花蕾数 (個)	
ポレロ ホワイト	35℃換気	2/17 ±5.2	89.6	73.7 b ⁶⁾	2.5	7.4 a	8.6	4.9 b	8.1 a	20.0
	30℃換気	2/25 ±2.3	91.8	67.3 c	2.4	7.1 ab	9.3	5.0 b	7.3 ab	22.5
	25℃換気	2/24 ±2.1	89.3	78.9 a	2.6	6.7 b	8.0	5.9 a	6.2 b	2.5
分散分析 ⁵⁾			n. s.	**	n. s.	*	n. s.	*	*	n. s.
ピッコローサ スノー	35℃換気	2/28 ±5.0	91.1 a	75.8	1.9	6.5 a	9.4	3.5 b	6.5 a	60.0 a
	30℃換気	2/17 ±1.7	86.3 b	63.0	1.8	6.2 ab	10.6	5.7 ab	3.9 b	55.0 a
	25℃換気	2/27 ±1.1	83.9 b	77.1	1.8	5.8 b	9.3	5.9 a	3.8 b	12.5 b
分散分析			**	n. s.	n. s.	*	n. s.	*	*	**

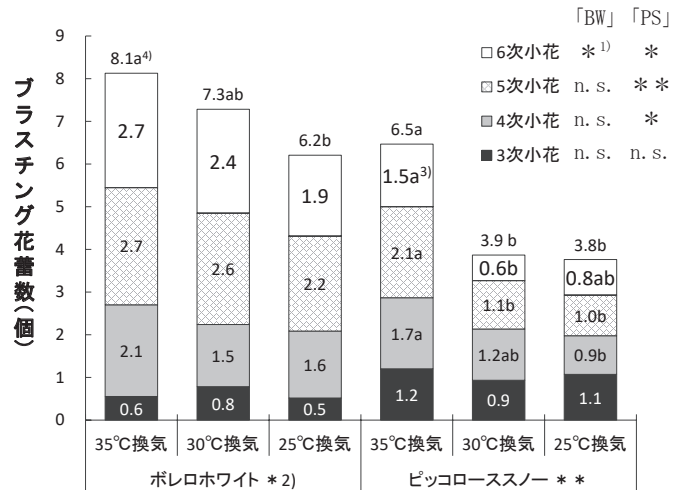
- 1) 3輪開花に至った日の平均および試験開始(12月10日)から収穫までの所要日数における標準誤差
- 2) 開花蕾を有する二次側枝の数
- 3) 蕾長 2cm以上の正常な花蕾の数
- 4) 3月31日までに収穫に至らなかった株の割合
- 5) 分散分析により**, *はそれぞれ1%, 5%水準で有意差あり, n. s.は有意差なし
未収穫株率については, 逆正弦変換後に分散分析を実施
- 6) Tukeyの多重比較検定により, 同列異文字間で有意差あり

穫株率は, 5℃区が10℃区に比べ低かった。なお, 温度処理を開始した12月25日から4月30日までの各試験ハウスにおける灯油消費量は, 5℃区が61.3Lであったのに対し, 10℃区は394.3Lであり, 約6倍の消費量であった(第1表)。

試験2 発蕾期以降の昼間管理温度(換気温度)

試験結果を第2表, 第2図に示した。12月10日以降, 「ポレロホワイト」および「ピッコローサスノー」における各処理区の設定温度を上回った時間数は, 25℃区でそれぞれ145時間および131.5時間(平均138.25時間), 30℃区でそれぞれ23.25時間および18.5時間(平均20.88時間), 35℃区で3時間および1.25時間(平均2.13時間)であった。「ポレロホワイト」の収穫日は35℃区が2月17日, 30℃区が2月25日, 25℃区が2月24日であり, 「ピッコローサスノー」の収穫日は35℃区が2月28日, 30℃区が2月17日, 25℃区が2月27日であり, 供試した2品種で一定の傾向は認められなかった。また35℃区では「ポレロホワイト」および「ピッコローサスノー」における到花日数の標準誤差は5.2, 5.0日であり, 開花期の幅が最も広がった(第2表)。

切り花形質に関して, 切り花長は「ポレロホワイト」で処理区間に有意な差がなかったのに対し, 「ピッコローサスノー」では35℃区が91.1cmと最も長かった。一方, 切り花重は「ポレロホワイト」では25℃区が78.9gと最も重かったのに対し, 「ピッコローサスノー」では処理区間で有意差は認められず, 切り花長および切り花重に関しては, 両品種に一定の傾向は認められなかった。花径, 有効花蕾数およびブラスチング花蕾数については, 両品種



第2図 発蕾期以降の換気温度が各次小花のブラスチング花蕾数に及ぼす影響

- 1) 分散分析により, 「ポレロホワイト (BW)」および「ピッコローサスノー (PS)」の同次小花のブラスチング花蕾数において換気温度間に**, *は, それぞれ1%, 5%水準で有意差あり, n. s.は有意差なし
- 2) 分散分析により, 各品種の総ブラスチング花蕾数において, 換気温度間に**, *は, それぞれ1%, 5%水準で有意差あり
- 3) Tukeyの多重比較検定により, 「ピッコローサスノー」の同次小花蕾数間において異文字間で有意差あり
- 4) 棒グラフ上部の数値は各品種における換気温度別の総ブラスチング花蕾数を示し, Tukeyの多重比較検定により, 各品種の換気温度間において異文字間で有意差あり

第 3 表 発蕾期以降の白熱灯および電球型 LED による終夜照明が開花および切り花形質に及ぼす影響

品種	処理区	収穫日 ¹⁾ 月/日 ±SE	切り花形質								未収穫 ⁴⁾ 株率 (%)
			切り花長 (cm)	切り花重 (g)	有効 ²⁾ 側枝数 (本)	花径 (cm)	花首長 (cm) ±SE	有効 ³⁾ 花蕾数 (個)	プラスチック ⁴⁾ 花蕾数 (個)		
ボレロ	R-LED	3/30 ±0.3	99.2	81.4	2.2	8.0	9.7 ±0.9	5.2	3.7	5.0	
	FR-LED	3/30 ±2.0	97.0	81.4	2.4	8.2	11.4 ±1.7	6.8	2.3	1.3	
ホワイト	白熱灯	3/28 ±0.1	96.1	80.9	2.5	8.0	9.9 ±1.0	7.0	2.4	2.5	
	無電照	4/5 ±1.7	95.4	80.7	2.2	7.9	9.8 ±1.9	5.8	3.6	8.8	
分散分析 ⁵⁾			n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
ピッコローサスノー	R-LED	4/11 ±0.7	74.6	79.6	1.5 b ⁶⁾	6.8	9.3 ±0.6	3.6 b	4.7 a	32.5 ab	
	FR-LED	4/9 ±0.4	80.6	87.3	1.9 a	6.9	12.3 ±1.7	5.3 a	3.5 ab	8.8 c	
	白熱灯	4/5 ±2.0	76.8	82.2	1.8 ab	6.9	9.6 ±1.7	5.0 ab	3.1 b	12.5 bc	
	無電照	4/11 ±6.4	78.0	85.1	1.7 ab	6.8	11.1 ±1.8	4.2 ab	3.7 ab	40.0 a	
分散分析			n. s.	n. s.	*	n. s.	n. s.	*	*	*	

1) 3 輪開花に至った日の平均および試験開始(12 月 25 日)から収穫までの所要日数における標準誤差

2) 開花蕾を有する二次側枝の数

3) 蕾長 2cm 以上の正常な花蕾の数

4) 4 月 30 日までに収穫に至らなかった株の割合

5) 分散分析により*は 5%水準で有意差あり, n. s. は有意差なし

未収穫株率については, 逆正弦変換後に分散分析を実施

6) Tukey の多重比較検定により, 同列異文字間で有意差あり

でほぼ同様の傾向であり, 「ボレロホワイト」および「ピッコローサスノー」における花径は, 25°C区がそれぞれ 6.7cm および 5.8cm で 35°C区の 7.4cm および 6.5cm に比べ小さく, 有効花蕾数は 25°C区がともに 5.9 個で 35°C区の 4.9 個および 3.5 個に比べ多く, プラスチック花蕾数は 25°C区が 6.2 個および 3.8 個で 35°C区の 8.1 個および 6.5 個に比べ少なかった。また, 「ピッコローサスノー」では, 未収穫株率が 25°C区の 12.5%に比べ, 30°C, 35°C区はそれぞれ 55.0%, 60.0%と高かった(第 2 表)。

各次小花別のプラスチック花蕾数は, 「ボレロホワイト」では, 有意な差は認められなかったが, 「ピッコローサスノー」では, 四次小花, 五次小花で, 25°C区で 35°C区に比べ少なかった(第 2 図)。

試験 3 発蕾期以降の白熱灯および電球型 LED を用いた電照

試験結果を第 3 表に示した。「ボレロホワイト」の収穫日は白熱灯区で 3 月 28 日, FR 区で 3 月 30 日であり, 無電照区に比べ, それぞれ 8 日および 6 日早い傾向であり, 「ピッコローサスノー」の収穫日は白熱灯区で 4 月 5 日, FR 区で 4 月 9 日であり, 無電照区に比べ, それぞれ 6 日および 2 日早い傾向であった。また, R 区では「ボレロホワイト」が 3 月 30 日で無電照区に比べ 6 日早い傾向であったが, 「ピッコローサスノー」では, 4 月 11 日で無電照区と同日であった(第 3 表)。

切り花形質については, 「ボレロホワイト」では, FR 区, 白熱灯区で R 区や無電照区に比べ, 有効花蕾数が増加し, プラスチック花蕾数が減少する傾向が見られたが, 有意な差は認められず, 未収穫株率についても有意な差は認められなかった。「ピッコローサスノー」では切り花長,

切り花重などは処理区間で差は認められなかった。花首長は FR 区で長い傾向であったが, 有意な差は認められなかった。有効側枝数, 有効花蕾数は, FR 区でそれぞれ 1.9 本, 5.3 個であり, R 区の 1.5 本, 3.6 個に比べ多かったが, 無電照区との差は認められなかった。プラスチック花蕾数は, FR 区で 3.5 個であり, R 区の 4.7 個と有意な差は認められなかったが, 白熱灯区では 3.1 個であり, R 区に比べ少なかった。また, 未収穫株率は FR 区, 白熱灯区でそれぞれ 8.8%, 12.5%であり, 無電照区の 40.0%に比べ低かった(第 3 表)。

また, 無電照区および R 区では, 未収穫株の中に高次小花蕾を分化していない個体が散見された(第 3 図)。

試験 4 発蕾期以降の白熱灯による電照時間帯

試験結果を第 4 表, 第 4 図に示した。収穫日は, 暗期中断区で 3 月 12 日, 明期延長区で 18 日, 夜明前電照区で 19 日, 日没後電照区で 21 日であり, 暗期中断区で他の長日処理区に比べ早い傾向であった。しかし, 暗期中断区における到花日数の標準誤差は 2.1 日であり, 開花期の幅が最も広がった(第 4 表)。

切り花形質については, 切り花長, 切り花重などの切り花形質は処理区間で差は認められなかった。有効花蕾数は暗期中断区で 6.3 個であり, 無電照区の 4.5 個より多かったが, 明期延長区で 5.3 個, 夜明前電照区で 5.9 個, 日没後電照区で 4.8 個であり, 各長日処理区間で有意な差は認められなかった。プラスチック花蕾数は明期延長区で多い傾向であったが, 有意な差は認められなかった。未収穫株率は, 各長日処理区で 0%であったが, 無電照区では 33.3%と高かった(第 4 表)。

各次小花別のプラスチック花蕾数は, 各長日処理区間



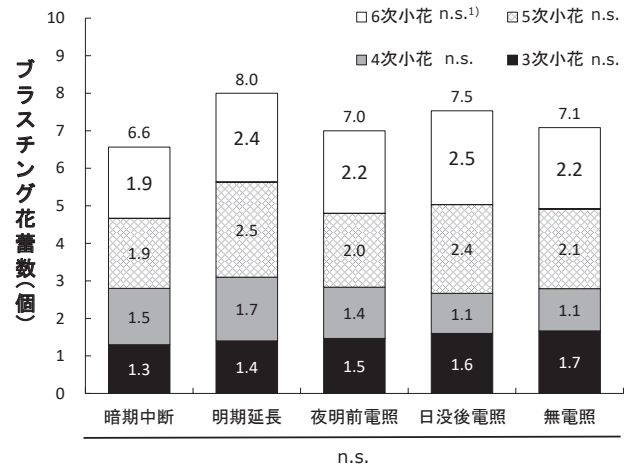
第3図 「ピッコローサスノー」で発生した高次小花蕾の分化を停止した個体

1) 白点線で囲んだ部分は高次小花蕾の分化停止個体

において、三次～六次小花蕾の全てで有意な差は認められなかった(第4図)。

考 察

トルコギキョウの自然開花期は6～7月であり、生育期間が低温短日条件となる3、4月出荷作型では、開花遅延、ブラスチングの発生が問題となりやすいが、工藤(2012)は二次小花の花芽形成期の夜間管理温度を10℃で管理すると、15℃管理に比べ有効花蕾数が増加し、ブラスチング花蕾数が減少したと報告している。試験1では、発蕾期以降の夜間管理温度を10℃、5℃とし、開花、切り



第4図 発蕾期以降の白熱灯を用いた電照時間帯が「ボレロホワイト」の各次小花のブラスチング花蕾数に及ぼす影響

- 1) 分散分析により、同次小花のブラスチング花蕾数において、電照時間帯に n. s. は有意差なし
- 2) 棒グラフ上部の数値は各電照時間帯別の総ブラスチング花蕾数を示し、分散分析により、総ブラスチング花蕾数において、電照時間帯に n. s. は有意差なし

花形質に及ぼす影響を調査した。収穫日は、5℃では10℃に比べ「ボレロホワイト」、「ピッコローサスノー」とともに2週間程度遅くなった。塚田ら(1991)は、花芽分化開始以降、夜温を18℃から12℃に下げると、生育が著しく抑制されたとしているが、本試験は主茎頂花蕾の発蕾以降

第4表 発蕾期以降の白熱灯を用いた電照時間帯が「ボレロホワイト」の開花および切り花形質に及ぼす影響

処理区	収穫日 ¹⁾ 月/日 ± SE	切り花形質						ブラスチング花蕾数 (個) ± SE	未収穫株率 ⁴⁾ (%)
		切り花長 (cm)	切り花重 (g)	有効 ²⁾ 側枝数	花径 (cm)	花首長 (cm)	有効 ³⁾ 花蕾数 (個)		
暗期中断	3/12 ± 2.1	90.2	81.0	2.5	7.1	7.5	6.3 a ⁶⁾	6.6 ± 0.7	0.0 a
明期延長	3/18 ± 1.0	86.7	71.9	2.5	7.3	7.0	5.3 ab	8.0 ± 0.6	0.0 a
夜明前電照	3/19 ± 0.6	86.1	79.2	2.7	7.2	7.2	5.9 ab	7.0 ± 0.5	0.0 a
日没後電照	3/21 ± 1.6	86.1	69.0	2.4	7.3	7.1	4.8 ab	7.5 ± 0.5	0.0 a
無電照	3/19 ± 0.7	86.5	70.2	2.4	7.2	7.2	4.5 b	7.1 ± 0.2	33.3 b
分散分析 ⁵⁾		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	*	n. s.	**

1) 3輪開花に至った日の平均および試験開始(12月10日)から収穫までの所要日数における標準誤差
 2) 開花蕾を有する二次側枝の数
 3) 蕾長2cm以上の正常な花蕾の数
 4) 3月31日までに収穫に至らなかった株の割合
 5) 分散分析により**, *は、それぞれ1%, 5%水準で有意差あり, n. s. は有意差なし
 未収穫株率については、逆正弦変換後に分散分析を実施
 6) Tukeyの多重比較検定により、同列異文字間で有意差あり

に夜間管理温度の処理を開始したため、一次、二次小花はすでに分化を開始しており、この程度の遅れに収まったものと考えられる。切り花形質については、切り花重は、夜間管理温度 5°C が 10°C より重くなり、ボリューム感に優れる切り花となった。塚田ら (1991) は、到花日数と切り花形質は高い正の相関があるとしており、収穫が遅く、到花日数が長くなったことで、切り花形質が向上したものと考えられる。また、本試験では供試した 2 品種ともに夜間管理温度 5°C で 10°C より有効花蕾数は増加し、ブラスチング花蕾数は減少した。夜間管理温度の低下とブラスチング軽減のメカニズムについては、今後詳細な試験研究が待たれるところであるが、工藤 (2012) は夜間 15°C 管理に比べ 10°C 管理でブラスチング花蕾数が減少したことの要因を、夜間呼吸量の低下による光合成同化産物の消費抑制ではないかと推察している。本試験では工藤 (2012) の試験よりさらに低温の夜間 5°C 管理で処理を行っており、同様の理由からブラスチングの軽減につながった可能性が考えられる。

夜間管理温度を低く抑えると、ブラスチングの発生は軽減されるが、収穫が遅れる問題が生じる。そのため、試験 2 では、昼間の管理温度 (換気温度) が開花および切り花品質に及ぼす影響を調査した。収穫日は、供試した 2 品種において一定の傾向は認められず、開花に及ぼす影響は判然としなかった。しかし、25°C 換気に比べ 30°C、35°C 換気では未収穫株率が高い傾向であり、ブラスチングの発生しやすい「ピッコローサスノー」では、30°C、35°C 換気で半数以上の切り花が収穫に至らなかった。今回の試験では、3 輪開花に至らなかった切り花は収穫日、切り花形質の調査の対象外としたため、差が判然としなかった可能性が考えられる。また、切り花形質については、25°C 換気では、35°C 換気に比べ花径が小さかった。工藤 (2012) は、夜温を 10°C 設定とし、昼温を 30°C および 25°C とした場合、30°C で花径が大きかったものの、花弁数は減少したことを報告している。今回花弁数は調査していないが、夜温 5°C という低温管理条件下であっても換気温度が高いことで、花径の増大には効果があったものと考えられる。しかし、35°C 換気では、25°C 換気に比べ供試した両品種で有効花蕾数は減少し、ブラスチング花蕾数は増加した。また、「ピッコローサスノー」では、処理開始後に花芽分化を開始したと考えられる四～五次小花蕾においてブラスチングが多く発生していた。本試験は、ハウス内に小型のトンネルを作成して処理を行ったものであり、各区の設定温度以上となった時間数は、30°C、35°C 換気では 25°C 換気に比べ、それぞれ 15%、1.5% と少なく、トンネルのサイド部が開かず、密閉状態となることが多かったと考えられる。牛尾ら (2018) は、冬季曇雨天日の園芸ハウス内二酸化炭素濃度は積極的に換気が行われる晴天日と異なり、9 時頃の 800ppm を最大として直線的に減少し、13 時頃に 200ppm となり、その後 16 時頃まで 220ppm 程度で推移したと報告しており、冬春季における二酸化炭素施用の重要性を指摘している。今回は、容積が小さい空間における試験であったため、二酸化炭素が不足する

状態に陥り、ブラスチングが多発した可能性が否定できないが、園芸ハウスにおいても換気設定温度を過度に高く設定することは、ハウス内の二酸化炭素濃度を確保するためにも望ましくないと考えられる。

試験 1, 2 の結果から発蕾期以降において、夜間管理温度 5°C とすることで、収穫は 2 週間ほど遅れるもののブラスチング花蕾数は減少し、切り花長が長く、切り花重は重い適切な切り花を確保できる。また、昼間換気温度は開花に及ぼす影響は小さく、換気温度を 25°C とすることで、3 月末までの未収穫株率を低く抑えることができ、目的とする 3, 4 月出荷が可能となると考えられる。試験 1, 2 では、管理温度が花蕾のブラスチング発生に及ぼす影響を調査するため、収穫まで温度設定を変更しなかった。但し、開花期における低温管理は夜間のハウス内湿度を上昇させ、病害発生を助長する可能性が考えられることから、適切な時期から管理温度を上げることが推奨されている。工藤 (2012) も開花期においては、10°C 管理に比べ 15°C 管理で切り花重が重く、花径が大きい切り花を生産できるとしている。しかし、ブラスチングの発生と花蕾の発達段階における気温の関連を調査した事例は見当たらないことや、早晚性の異なる多数の品種を同一ハウスに定植することなどを考慮すると、品種や生育段階に応じた温度管理を行うことは現実的には難しく、目標とする出荷時期に応じた温度管理を実践していくことが望ましいと考えられる。

トルコギキョウは相対的長日植物であり、長日処理の影響については、山田ら (2008) および山田 (2010) は FR 光を多く含む白熱灯を用いると花芽分化が促進される一方、10, 11 月出荷作型において、R 光の割合が大きい電照ギク用の電球形蛍光灯を用いると花芽分化が抑制されることを報告している。試験 3 では、発蕾期以降の電照光源として FR-LED (R/FR 比 0.01) および R-LED (R/FR 比 245.72) を用いて、終夜電照における各波長域の光が開花、切り花形質に及ぼす影響を調査した。収穫日は、無電照と比べ、白熱灯および FR-LED 処理区で 2～6 日程度早かったが、本試験は主茎頂花蕾の発蕾が確認された後から処理を開始しており、山田ら (2008) の花芽発達期における長日処理の開花促進効果は低いという報告と一致しているものと考えられる。生産現場において花蕾のブラスチングが発生しやすいと経験的に知られている「ピッコローサスノー」では、有効花蕾数は FR-LED で R-LED より増加したが、ブラスチング花蕾数に差は認められなかった。今回の試験では、4 月 30 日までに 3 輪開花に至らなかった株については切り花形質の調査を行わなかったが、未収穫株率が多い傾向であった R-LED や無電照では、ブラスチング花蕾数が増加していた可能性が考えられる。工藤ら (2012) は発蕾期以降に白熱灯 (R/FR 比 0.82)、3 波長型蛍光灯 (R/FR 比 9.25) を用いて 20 時間日長の明期延長処理を行ったところ、二次小花におけるブラスチング小花率 (ブラスチング花蕾数/全小花蕾数×100) は白熱灯で低く、3 波長型蛍光灯で高い傾向であったことを報告している。本試験とは電照時間帯や光源などの相違は

あるがFR光の割合が大きい白熱灯やFR-LEDでプラスチングの発生が低くなる傾向が見られたことから、発蕾期以降におけるFR光の割合が大きい光源による長日処理は花蕾のプラスチング発生の軽減効果が期待できるものと考えられる。一方で、R光の割合が大きい光源による長日処理では、プラスチングの軽減効果は認められず、一部個体では、栄養生長状態に転換した個体が散見された。山田(2010)の報告では、10, 11月出荷作型においてR/FR比が大きい電照ギク用の電球形蛍光灯を光源として用い、長日処理を行った場合、花芽分化節位が無処理に比べ1節程度増加し、花芽分化の抑制効果が認められたとしている。今回、使用したR-LEDはR/FR比が245と大きいこと、3, 4月出荷作型は低温短日条件であり、トルコギキョウの花芽分化に適する環境条件でないことなどから、前述のような現象が発生したのと考えられる。生産現場においても、主茎頂花蕾が発蕾した後であっても、多肥条件、寡日照条件などが継続することにより、生殖生長から栄養生長へ転換する可能性があることが経験的に知られており、発蕾期以降においてR光の割合が大きい光源による長日処理は、適切ではない可能性が示唆された。一方、「ボレロホワイト」については、上記の結果が判然としなかった。試験3は夜間の管理温度が8℃と低く、プラスチングが発生しにくい条件下で試験を行ったため、有効花蕾数、プラスチング花蕾数および未収穫株率などに処理区間での差が出にくかったと考えられる。今回は収穫まで各光源を用いて長日処理を行ったが、工藤ら(2012)の報告にある花首の過剰伸長など切り花品質の低下は明確には認められなかった。これは、夜間管理温度の影響、あるいは終夜電照という電照時間帯の影響によるものか判然とせず、今後の調査が必要である。

FR-LEDはFR光を照射可能なLED素子が高価であるため、光源の単価も高額となり、一般流通としては入手が難しいという問題がある。そのため試験4では、生産現場で導入が可能であり、FR光の割合が大きい光源として白熱灯を選定し、電照時間帯が開花、切り花形質に及ぼす影響について調査した。電照時間帯の影響については、工藤(2012)は、発蕾期以降から日没後5時間の電照を行うことで、暗期中断処理など他の時間帯に比べ、開花遅延、プラスチングの回避が可能であったと報告している。本結果では、切り花長、切り花重などの切り花形質は処理間で差は認められず、有効花蕾数は暗期中断処理において無電照に比べ増加したが、他の時間帯が異なる長日処理と比べ、明確な差は認められなかった。また、プラスチング花蕾数は、無電照を含めて処理間で差は認められなかったが、無電照では3月31日までに収穫の基準とした3輪開花に至らなかった株が33%発生した。今回の試験では、これらの切り花は調査対象から除いており、無電照条件における実際のプラスチング花蕾数はより多かった可能性が考えられる。福田・牛尾(2007)は、8, 10, 12時間日長では日長が短いほどプラスチング小花率が高い傾向であること、福島・小島(2004)は18時間日長以上で管理することにより、有効花蕾数を確保可能で、プラスチ

ングの発生を軽減できると報告している。これらの知見や、プラスチングは複数の要因が影響して発生していると推察されることなどから、電照時間帯については、プラスチングの発生に及ぼす影響は小さく、相対的長日植物であるトルコギキョウの場合、電照により長日条件を作り出すことがプラスチングの軽減に重要であると考えられる。長日処理によるプラスチングの軽減に関わるメカニズムについては今後の詳細な研究が待たれるが、伊藤ら(2009)は、二酸化炭素の施用および長日処理の複合処理により、花器官の乾物重が増加したことを報告しており、日長管理などの花成誘導が光合成同化産物の転流に及ぼす影響を調査することは要因解明の一助になると考えられる。

試験3, 4の結果から、発蕾期以降においてR/FR比の小さい白熱灯等の光源を用い長日処理を行うことで、開花の促進効果は小さいが、プラスチングの発生を軽減し、未収穫株率を低く抑えることができ、目的とする3, 4月出荷が可能となると考えられる。電照時間帯については、本試験では適切な処理時間は判然とせず、暗期中断処理が有効花蕾数を確保する上で最も有望と考えられたが、今後さらなる試験事例の積み上げおよび詳細な調査が必要である。

以上の試験結果から、トルコギキョウの3, 4月出荷作型の発蕾期以降は、R/FR比の小さい白熱灯等の光源を用い、暗期中断処理を5時間行い、夜間管理温度を5℃、昼間換気温度を25℃とすることで、開花促進の効果は小さいが、プラスチングの発生を軽減し、未収穫株率を低く抑えることが可能で、適切な品質の切り花を収穫できることが明らかとなった。

引用文献

- Aloni B, Karni L, Zaidman Z, Schaffer AA (1996) Changes of carbohydrates in pepper (*Capsicum annuum* L.) flowers in relation to their abscission under different shading regimes. *Ann. Bot.* 78 : 163-168.
- 福島啓吾・小島正至(2004)トルコギキョウのプラスチングの発生に及ぼす日長の影響. *園学雑* 73 別2 : 626.
- 福田直子・牛尾亜由子(2007)トルコギキョウ八重品種における冬季型プラスチング再現実験系の構築. *園学研* 6 別1 : 226.
- 福田直子・牛尾亜由子・川勝恭子・福島啓吾・工藤陽史・内田智子・原 担利(2012)トルコギキョウの低コスト冬季計画生産の考え方と基本マニュアル. p. 13, 19-20.
- 伊藤純樹・中野善公・福島啓吾(2009)トルコギキョウの出蕾期以降の二酸化炭素施用と長日処理が地上部の各器官の乾物重および炭素・窒素量に及ぼす影響. *園学研* 8 別1 : 241.
- Kawakatsu K, Ushio A, Fukuta N (2012) Anatomical characterization of flower-bud blasting and

- suppression following hormone application in *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. Japan. Soc. Hort. Sci. 81 : 101-108.
- 工藤陽史 (2012) 西南暖地におけるトルコギキョウ切り花の冬期安定生産技術の開発に関する研究. 熊本県農業研究センター研究報告 第 20 号特別号博士号論文: 1-86.
- 工藤陽史・山口 茂・佐渡 旭・栗山孝浩・深井誠一 (2012) 熊本県のトルコギキョウ冬出し栽培における電照が開花と花蕾のブラスチングおよび茎伸長に及ぼす影響. 園学研 11 : 363-369.
- 大川 清・石原義啓・兵藤 宏・狩野 敦 (1991) スイートピーの落らいに及ぼすエチレンの影響. 園学雑 60 : 405-408.
- 谷川孝弘・黒柳直彦・國武利浩 (2002) トルコギキョウの発芽と抽だいを促進する吸水種子の低温処理方法. 園学雑 71 : 697-701.
- 塚田晃久・小林 隆・長瀬嘉迪 (1982) トルコギキョウの生理的特性と栽培に関する研究 (第 2 報) 生育・開花に及ぼす温度、日長の影響. 長野野菜花き試報 2 : 77-88.
- 塚田晃久 (1991) トルコギキョウの生理的特性と栽培に関する研究 (第 5 報) 夜温の生育期別変温管理が生育・開花に及ぼす影響. 長野野菜花き試報 6 : 23-30.
- 牛尾亜由子・福田直子 (2009) 低照度下における二酸化炭素施用および昼温がトルコギキョウのブラスチングに与える影響. 園学研 8 別 2 : 341.
- 牛尾亜由子・福田直子 (2010) トルコギキョウ冬季開花における発蕾前後の窒素施肥濃度が花蕾のブラスチングに及ぼす影響. 園学研 9 : 191-196.
- 牛尾亜由子・島地英夫・福田直子 (2018) 冬季温暖高日照地域における二酸化炭素施用がトルコギキョウの切り花品質と経済性に与える影響. 植環工 30 : 103-114.
- 山田明日香・谷川孝弘・巢山拓郎・松野孝敏・國武利浩 (2008) トルコギキョウの冬春出し栽培における開花促進のための長日処理方法. 園学研 7 : 407-412.
- 山田明日香 (2010) 光形態形成反応を活用したトルコギキョウの開花調節および切り花品質の向上に関する研究. 福岡農試特報 30 : 35-44.