

原著論文

沖縄県におけるトルコギキョウの保温長日処理による 開花前進化と2度切り栽培の可能性

亀山健太¹・座喜味利将²・儀間直哉³・関塚史朗¹
田場奏美⁴・石垣新¹・島袋正明¹

1 沖縄県農業研究センター 2 沖縄県中部農業改良普及センター

3 沖縄県農業大学校 4 沖縄県病害虫防除技術センター

要 約

沖縄県におけるトルコギキョウの作期拡大を目的に、早生～中生系品種を10月中旬に定植し、ハウス管理および白熱電球を用いた保温長日処理が草丈および開花に及ぼす影響を検討した結果、草丈伸長および開花促進が認められ、従来の3～5月出荷中心の作型から1月出荷への前進化が図られることを明らかにできた。また消費電力の少ない遠赤色光LEDを用いることで、白熱電球と同等の草丈伸長および開花促進効果を認め、低コストで出荷前進できる可能性を示せた。さらに本研究では、1番花収穫後の切り下株を利用した2番花が、保温長日処理を行うことにより、高単価が期待できる母の日を中心とした5月需要期に収穫できることを明らかにし、また2度切り栽培に適する品種を選定した。以上のことから、保温長日処理により、開花の前進化が図られ、また品種によっては2度切り栽培が可能となることから、冬春期をとおした作期拡大技術として有効な結果が得られた。

キーワード：保温長日、白熱電球、遠赤色光LED、2度切り栽培

緒 言

トルコギキョウ (*Eustoma grandiflorum*) は北アメリカ大陸原産、リンドウ科の宿根草である(大川, 1987)。切り花として冠婚葬祭から花束などのカジュアルアレンジまで幅広く使われるなど、周年をとおして需要が高く、高冷地の夏秋期出荷と暖地の冬春期出荷の産地リレーによる周年生産が行われている。

そのような中、沖縄県のトルコギキョウは近年、県外市場の高い需要と冬春期の温暖な栽培環境の利点から、生産農家戸数および栽培面積が増加し、東京都中央卸売市場の市場統計情報によると、沖縄県産トルコギキョウの取扱数量は2014年産が164千本であったのに対し、2020年産は996千本と著しく伸びている。主な作型は、定植が10月から11月上旬、収穫が3月から4月となっている。順調な生産拡大を背景に、生産者は冬春期をとおして安定した高単価を確保するため、1月から2月の収穫作型への前進化を図っているが、定植が高温・長日域である9月になるため、デバーナリによるロゼット化や着果節位の低下、草丈伸長不足等の問題があり、栽培上の課題が存在する。また3月から4月開花作型では、1月から2月の日照不足や低温などの影響により、計画出荷が不安定となり、労働負荷の大きい摘蕾作業などの栽培管理と出荷作業が集中し、管理作業の遅れによる出荷ロスの課題がある。今後、産地形成・拡大を図る上で、作期前進化と冬春期安定生産に向けた技術確立が求めら

れている。

トルコギキョウは長日条件下では短日条件下と比較して花芽形成が促進し、開花が早くなることが報告(大川, 2003)されており、福田ら(2012)は暖房による高昼温・低夜温管理と白熱電球を用いた長日処理を組み合わせることにより、開花の前進化と計画的な生産が可能であるとし、冬季計画生産マニュアルを作成した。これらの知見をもとに、秋植え作型の主産地である熊本、福岡県等では暖房変温管理による高昼温・低夜温管理と夜間電照による長日処理との組み合わせが実用化技術として定着している。

本研究では、沖縄県におけるトルコギキョウの作期前進化技術の確立を目的に、沖縄県の温暖な気候を活かした無加温ハウス管理栽培環境下において、高昼温を実現するハウス保温管理と、夜間電照による長日処理を検討した。試験1では、ハウス保温管理と白熱電球による長日処理の組み合わせがトルコギキョウの草丈伸長および開花促進に及ぼす影響を調査した。一方で、白熱電球による長日処理は消費電力が大きく、電気料金コストの負担増が課題となる。竹村ら(2014)は明期終了時の短時間遠赤色光照射処理と短時間昇温処理の併用で茎伸長と生育促進が可能であることを明らかにしている。そこで、試験2では、消費電力が小さいLEDを用いて、ハウス保温管理と遠赤色光LED(以下、FR電球)による電照の組み合わせがトルコギキョウの草丈伸長および開花促進に及ぼす影響を調査した。また保温・長日処理により、1

月から 2 月収穫が可能となれば、収穫後に切り下株より萌芽してくる芽を利用して、高単価である 5 月の母の日までに収穫できる 2 度切り栽培の可能性がある。本県の定植苗は県外の民間種苗会社から購入するため、経営費にかかる種苗費の占める割合が高く、2 度切り栽培による種苗の有効利用は農家所得向上に繋がる。工藤（2015）は熊本県の栽培環境下において、8 月に定植し、年内に 1 番花収穫後、切り下株のトンネル被覆処理、萌芽整理をすることで 5 月中旬から下旬に品質の高い切り花を生産できる 2 度切り技術を報告している。試験 3 では、2 度切りによる高収益栽培体系の構築を図るため、保温長日管理下で開花前進化した 1 番花を収穫後、引き続き保温長日管理を行い、切り下株から萌芽した 2 番花の生育および切り花品質を調査した。

材料および方法

試験 1. 白熱電球を用いた保温長日処理が草丈伸長および開花促進に及ぼす影響

沖縄県農業研究センター（糸満市真壁）内の雨よけハウス（間口 6.0m×奥行 24m, 土壌: ジャーガル）において、2017 年 10 月 16 日にトルコギキョウの購入苗（種子冷蔵、高冷地またはクーラー育苗）を 2.5 対葉の苗サイズ、シルバーマルチで被覆した幅 130cm, 長さ 15m の畝幅に 12cm×12cm の 6 目フラワーネットを利用して中央 2 条を空けた 4 条植えて定植した。供試品種は早生品種「ボレロホワイト」、中生品種「エンドレスラブ」で、試験区の構成は保温長日、保温、長日、慣行の 4 処理区を設け、各試験区とも品種あたり 32 本の 2 反復とした。保温管理は温度センサー（誠和、くるファミ ACEⅢ）を畝面から 1.5m の高さに設置し、35℃上限換気の自動巻き上げ機（誠和、くるファミ ACEⅢ）による側窓の自動開閉を行った（図 1）。長日処理は、福田ら（2012）の手法に従い、白熱電球（東



図 1 自動巻き上げ機による保温管理
A: 温度センサー B: 自動巻き上げ機

芝ライテック製 75W) を 12 m²あたりに 1 球、畝面から 1.8m の高さに設置し、17 時～22 時と 2 時～7 時に電照を行い、自然日長と合わせて 20 時間長日処理を行った。また慣行は農家従来の施設管理を基に、無電照、常時側窓開放とした。各試験区の温度管理および長日処理期間は、定植直後から収穫時期までとした。肥培管理は基肥で 10a あたり牛ふん完熟堆肥 2t, 緩効性肥料 (CDU 化成 S555, N: P₂O₅: K₂O=15: 15: 15) を N 成分 7kg 施用した。追肥は液肥（ポリフィード, N: P₂O₅: K₂O=19: 19: 19）を 500 倍で週 2 回、発蕾期までかん注した。仕立て方法は頂花摘蕾後、頂花節位から 1 段下までの側枝を残し、それより下位節から発生する側枝はすべて除去し、順次発生する小花を 3～4 回摘蕾を行い、1 枝に 1 花 1 蕾で調整し、小花の開花揃い時に収穫した。施設内温湿度は畝面から 1m の高さに通風筒（イノチオアグリ）を設置し、温度とりデータロガー（ティアンドデイ, RTR503）を用いて測定した。調査項目は発蕾日、草丈調査、主茎節数、主茎長、収穫日、切り花長、茎径、有効花蕾数とした。

試験 2. 保温管理下における長日処理方法の違いが草丈伸長、開花促進に及ぼす影響

沖縄県農業研究センター（糸満市真壁）内の雨よけハウス（間口 6.5m×奥行 18m, 土壌: ジャーガル）において、2018 年 10 月 24 日にトルコギキョウの購入苗（種子冷蔵、高冷地またはクーラー育苗）を試験 1 と同じ条件の下、定植した。供試品種は中早生品種「エンゲージホワイト」、中生品種「エンドレスラブ」で、試験区の構成は白熱電球による 20 時間長日処理（以下、20H- 白熱電球）、遠赤色光 LED（津力, 9W, 745nm）による 20 時間長日処理（以下、20H-FR 電球）、遠赤色光 LED による日没後 4 時間長日処理（以下、EOD-FR 電球）、無電照の 4 処理区を設け、各処理とも試験 1 と同様に保温管理、肥培管理および仕立てを行った。各試験区とも品種あたり 12 本の 3 反復とした。また分光放射照度計（栄弘, MS-720）を用いた白熱電球および FR 電球の分光分布は図 2 のように分布し、放射照度は白熱電球が 0.485～0.545 W・m⁻², FR 電球が

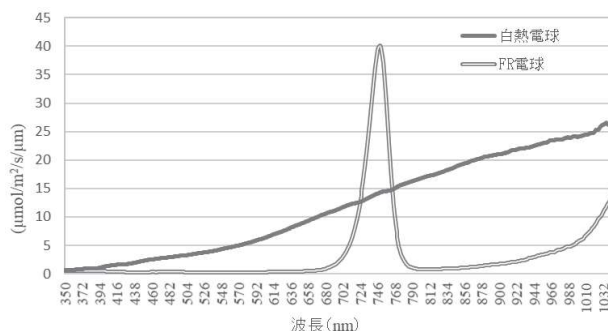
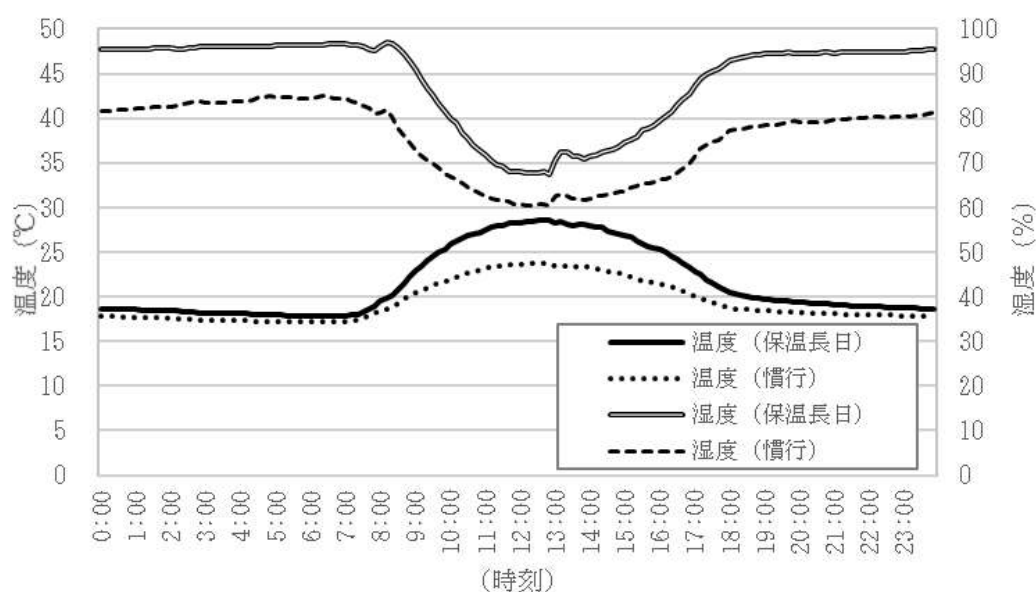


図 2 白熱電球と FR 電球の分光分布

表 1 白熱電球およびFR 電球の放射照度

資材	測定位置	放射照度 (W/m ²)
白熱電球	① (電球直下)	0.545
	② (2点間の真中)	0.498
	③ (2点对角線間の真中)	0.485
FR電球	① (電球直下)	0.253
	② (2点間の真中)	0.148
	③ (2点对角線間の真中)	0.120

注) 波長(400~800nm) の放射照度

図 3 栽培期間中における施設内温度および湿度の推移
(2017 年 10 月 16 日～2018 年 2 月 9 日)

0.120～0.253 W・m⁻²であった(表1)．調査項目は発蕾日，草丈調査，主茎節数，主茎長，収穫日，切り花長，茎径，下垂度，有効花蕾数，花径，花弁数とした．

試験 3. 保温長日管理下における 2 度切り栽培の切り花品質

試験 2 で用いた「エンゲージホワイト」，「エンドレスラブ」に加えて，早生品種「ボレロホワイト」，中早生品種「ボレロマリン」，中生品種「ロベラピンク」，中生品種「冬のマリア」を供試し，試験 2 と同じ条件の下，定植した．1 番花を収穫後，切り戻し管理を 2019 年 2 月 3 日に行い，1 本に仕立て，12 本 / 区の 3 区制とした．1 番花収穫後から 2 番花収穫まで，試験 1 と同様に保温長日処理，肥培管理および仕立てを行った．調査項目は発蕾日，収穫日，主茎長，切り花長，茎径，有効花蕾数，花径，花弁数，ロゼット発生率とした．

結果

試験 1. 白熱電球を用いた保温長日処理が草丈伸長および開花促進に及ぼす影響

保温管理下における栽培期間中の施設内温度は，日中(7 時～17 時)の平均温度と平均湿度は保温区が慣行区に比べて，それぞれ 3.6℃，11.7% 上昇し，夜間(17 時～7 時)はそれぞれ 1.0℃，13.9% 上昇した(図 3)．草丈は，定植後 43 日目の 11 月 28 日から差が認められ，保温長日区で最も長くなり，定植後 63 日目の 12 月 18 日に他の処理区との差が最も大きくなり，定植後 85 日目の 1 月 9 日は保温長日区および保温区が長く，慣行区が最も短かった(図 4)．保温および長日処理の違いが切り花品質に及ぼす影響をみると，いずれの品種とも発蕾日は保温長日区が最も早くなった(表 2)．主茎節数は，「ボレロホワイト」で保温長日区および長日区が保温区および慣行区に比べて有意に少なく，「エンドレスラブ」では保温長日

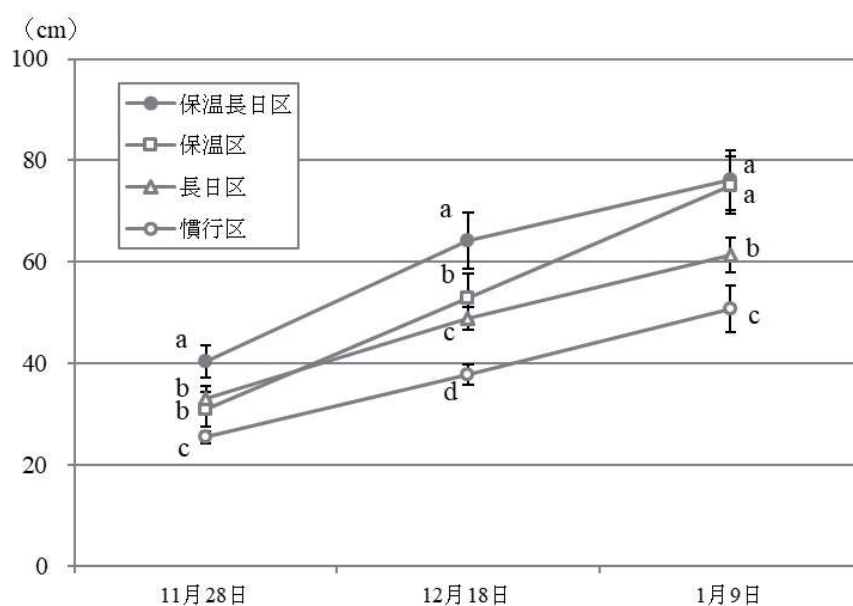


図4 草丈伸長の推移（品種：ボレロホワイト）

- 1) 定植時における苗の大きさは、各試験区とも2.5対葉である
- 2) 異なる英小文字間には Tukey の多重比較により、1%水準で有意差あり
- 3) エラーバーは標準偏差

表2 保温および長日処理の違いがトルコギキョウの切り花品質に及ぼす影響

品種名 (早晩生)	試験区	発蕾日 (月/日)	主茎 ^z 節数	主茎長 ^y (cm)	収穫日 (月/日)	到花 ^x 日数	切り花長 (cm)	茎径 (mm)	有効 花蕾数
ボレロホワイト (早生)	保温長日	11/15	10.1 b ^v	28.3 a	1/11	87 d	76.1 a	5.1 c	9.1 a
	保温	11/20	11.6 a	26.8 a	1/24	100 c	77.1 a	5.5 b	8.9 a
	長日	11/16	10.2 b	23.9 b	2/9	116 b	65.2 b	5.4 bc	6.9 b
	慣行	11/22	11.5 a	22.4 b	2/28	135 a	63.8 b	6.0 a	7.2 b
	有意性 ^w	-	*	*	-	*	*	*	*
エンドレスラブ (中生)	保温長日	11/30	13.0 d	53.1 b	1/18	94 d	95.7 b	5.7 b	7.1
	保温	12/19	16.2 b	61.0 a	2/6	113 c	103.2 a	6.2 ab	7.2
	長日	12/10	14.2 c	49.5 b	2/19	126 b	83.7 c	6.3 a	6.6
	慣行	1/3	18.0 a	52.3 b	3/7	142 a	84.6 c	6.3 a	7.5
	有意性	-	*	*	-	*	*	*	NS

^z 発蕾した節位

^y 発蕾時における地際から頂花基部までの長さ

^x 定植から平均収穫日（植付株数の50%収穫）までの日数

^w *は5%水準で有意差あり、NSは有意差なしを示す（n=3）

^v 表中の異なる英小文字は同じ品種、項目において、Bonferroni法により、5%水準で有意差がありを示す（n=3）

区が最も少なく、慣行区で最も多かった（表2）。主茎長は、「ボレロホワイト」で保温長日および保温区が長日および慣行区に比べて有意に長く、「エンドレスラブ」では保温区が他の3処理区に比べて有意に長かった（表2）。収穫日は、いずれの品種とも保温長日区が最も早く、到花日数をみると、慣行区に比べて48日前進化し、1月収穫が可能となった。切り花長は、いずれの品種とも保温長日および保温区が長日および慣行区に比べて有意に長くなった（表2）。茎径は、「ボレロホワイト」で保温長日、保温および長日区が慣行に比べて有意に細く、「エンドレ

スラブ」では保温長日区が他の3処理区に比べて細い傾向にあった（表2）。有効花蕾数は、「ボレロホワイト」で保温長日および保温区が長日および慣行区に比べて有意に多く、「エンドレスラブ」では各処理とも有意差はみられなかった（表2）。

試験 2. 保温管理下における長日処理方法の違いが草丈伸長および開花促進に及ぼす影響

保温管理下における栽培期間中の施設内温度は、日中（7～17時）の平均温度と平均湿度は保温長日区が慣行

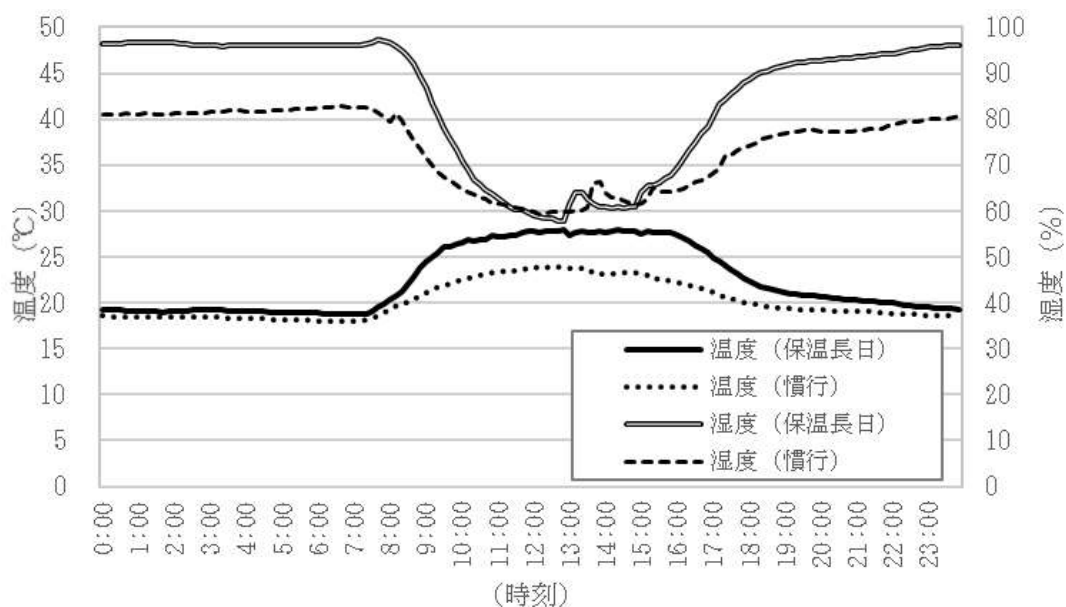


図5 栽培期間中における施設内温度および湿度の推移
(2018年10月27日～2019年1月31日)

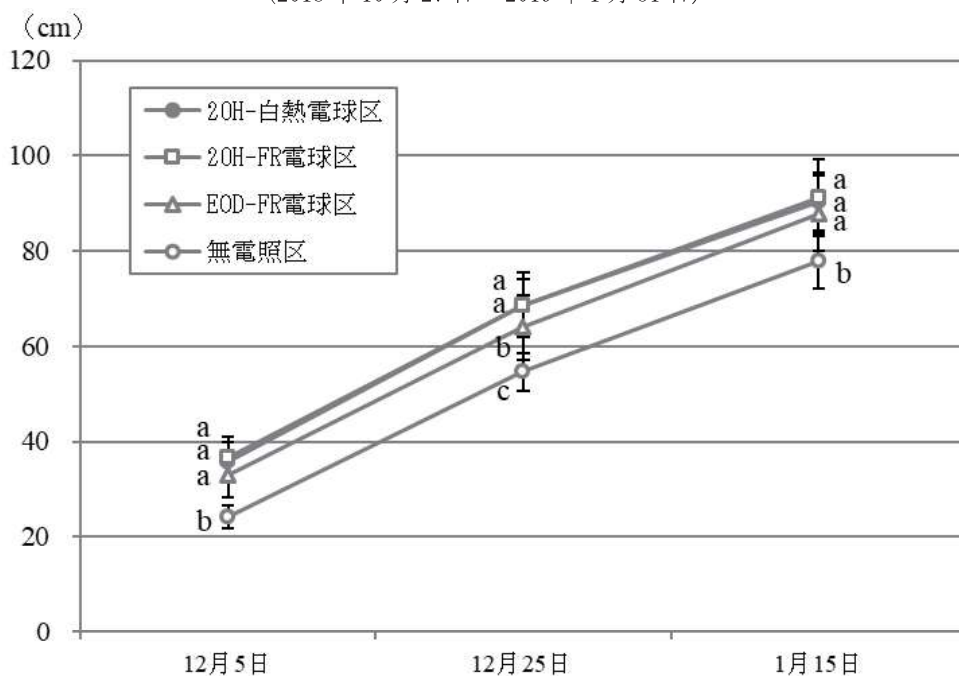


図6 草丈伸長の推移 (品種：エンドレスラブ)

- 1) 定植時における苗の大きさは、各試験区とも2.5対葉である
- 2) 異なる英小文字間には tukey の多重比較により、1%水準で有意差あり
- 3) エラーバーは標準偏差

区に比べて、それぞれ3.6℃、5.3%上昇し、夜間(17～7時)がそれぞれ1.2℃、14.9%で推移した(図5)。草丈は、定植後42日目の12月5日から差が認められ、20H-白熱電球、20H-FR電球およびEOD-FR電球区が無電照区に比べて長く、定植後62日目の12月25日は20H-白熱電球および20H-FR電球区がEOD-FR電球区および無電照区に比べて長く、定植後84日目の1月15日は20H-白熱電球、20H-FR電球およびEOD-FR電球区が無電照区に比べて長かった(図6)。長日処理方法の違いが発芽に及ぼす影響

をみると、発芽日は、「エンゲージホワイト」で20H-白熱電球区が最も早く、「エンドレスラブ」では20H-白熱電球および20H-FR電球区がEOD-FR電球区および無電照区に比べて早かった(表3)。発芽日数は、いずれの品種とも20H-白熱電球および20H-FR電球区が無電照区に比べて短かった(表3)。主茎節数は、いずれの品種とも20H-白熱電球、20H-FR電球およびEOD-FR電球区が無電照区に比べて少なく、主茎長は20H-FR電球およびEOD-FR電球区が20H-白熱電球および無電照区に比べて

表 3 長日処理方法の違いが発蕾に及ぼす影響

品種名 (早晩性)	試験区	発蕾日 (月/日)	発蕾 ^z 日数	主茎 ^y 節数	主茎長 ^x (cm)
エンゲージホワイト (中早生)	20H-白熱電球	11/26	33.2 c ^w	11.4 c	31.4 b
	20H-FR電球	11/30	36.6 b	12.0 b	37.9 a
	EOD-FR電球	12/1	38.0 ab	12.2 b	39.6 a
	無電照	12/2	39.2 a	12.6 a	31.4 b
エンドレスラブ (中生)	20H-白熱電球	12/5	41.6 b	12.9 b	49.1 b
	20H-FR電球	12/5	41.7 b	13.0 b	54.5 a
	EOD-FR電球	12/8	45.0 ab	13.1 b	53.8 a
	無電照	12/10	47.3 a	13.8 a	44.0 c

^z 発蕾した節位^y 発蕾時における地際から頂花基部までの長さ^x 収穫時の主茎長から発蕾時の主茎長を引いた差^w 表中の異なる英小文字は同じ品種、項目において、Tukey法により、5%水準で有意差があることを示す (n=3)

表 4 長日処理方法の違いが切り花品質に及ぼす影響

品種名 (早晩性)	試験区	収穫日 (月/日)	到花 ^z 日数	切り花長 (cm)	茎径 (mm)	下垂度 ^y (°)	有効 花蕾数	花径 ^x (mm)	花弁数 ^w
エンゲージホワイト (中早生)	20H-白熱電球	1/22	90 b ^u	80.1 b	4.2	7.1	4.5	69.7	12.3
	20H-FR電球	1/28	96 b	84.9 ab	4.0	10.2	4.6	74.6	13.8
	EOD-FR電球	2/1	100 ab	88.2 a	4.0	9.9	4.5	73.2	14.0
	無電照	2/4	103 a	86.4 a	4.4	7.9	5.3	71.4	14.5
	有意性 ^v	-	*	*	NS	NS	NS	NS	NS
エンドレスラブ (中生)	20H-白熱電球	1/24	92 b	88.8 b	4.3	6.9	4.7	79.4	12.6
	20H-FR電球	1/30	98 b	96.2 a	4.3	8.5	4.6	79.6	13.6
	EOD-FR電球	2/2	101 a	96.2 a	4.2	8.5	4.9	76.5	12.6
	無電照	2/5	104 a	87.1 b	4.6	6.1	5.1	77.2	13.2
	有意性	-	*	*	NS	NS	NS	NS	NS

^z 定植日から平均収穫日までの日数^y 切り花長70cmに調整した切り花の基部を水平に持ったときの水平面からの角度^x 最大分枝の第1小花の最大径^w 最大分枝の第1小花の花弁数^v *は5%水準で有意差あり、NSは有意差なしを示す(n=3)^u 表中の異なる英小文字は同じ品種、項目において、Tukey法により、5%水準で有意差ありを示す(n=3)

長かった(表3)。また長日処理方法の違いが切り花品質に及ぼす影響をみると、いずれの品種とも到花日数は20H-白熱電球および20H-FR電球区が無電照区に比べて有意に短かった。切り花長は、「エンゲージホワイト」でEOD-FR電球区が最も長く、「エンドレスラブ」では20H-FR電球およびEOD-FR電球区が20H-白熱電球および無電照区に比べて長かった。茎径、下垂度、有効花蕾数、花径および花弁数はいずれの処理も差がみられなかった(表4)。一方で、下垂度はいずれの品種とも20H-FRおよびEOD-FRが慣行に比べて大きい傾向にあり、軟弱徒長気味であった(表4)。また長日処理方法のコスト比較は20H-白熱電球区を100とした場合、20H-FR電球区は69.4、EOD-FR電球区は64.5であり、約3割程度のコス

ト低減が可能であった(表5)。

試験3. 保温管理下における2度切り栽培の切り花品質

保温管理下における1番花収穫後の切り戻し管理から2番花収穫までの施設内温度は12.8～33.1℃で推移した(図7)。「ボレロホワイト」および「ロベラピンク」は5月上中旬に収穫が可能で、出荷基準である切り花長70cm以上を確保し、5月の母の日需要向け品種に適した(表6)。また「エンゲージホワイト」および「冬のマリア」は生育が遅れたが、5月向け品種に適した(表6)。「ボレロマリン」および「エンドレスラブ」は1番花収穫後における切り下株のロゼット発生率が高く、草丈が伸長せず、生育が大幅に遅れたため、2度切り栽培には適さな

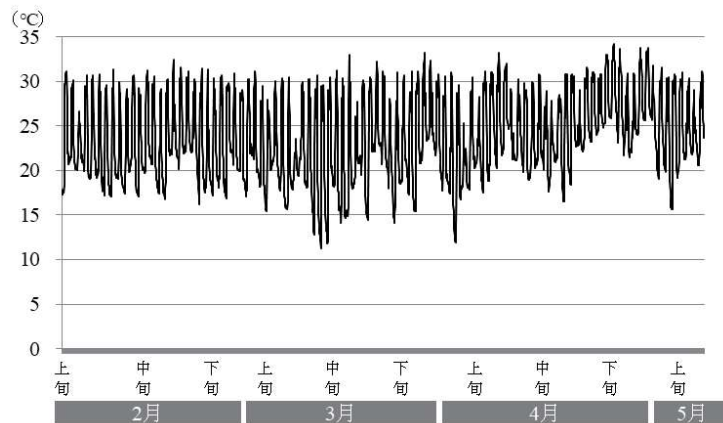


図7 栽培期間中における施設内温度の推移

表5 長日処理方法のコスト比

試験区	1球あたりの 電球代 ^z (円)	1球あたりの 電気代 ^y (円)	計	コスト比較 ^x	備考
20H-白熱電球	468	939	1,407	100	白熱電球: 単価468円(税込)
20H-FR電球	858	119	977	69.4	FR電球: 単価4,290(税込)
EOD-FR電球	858	50	908	64.5	電気料金単価: 13.91円/kWh

注) 品種「エンゲージホワイト」で算定

^z 白熱電球の耐用年数を1年、FR電球の耐用年数を5年で算定

^y 処理時間×到花日数で消費電力を算定

^x 20H-白熱電球を100とした割合

表6 保温長日処理下での2度切り栽培における各品種の切り花品質

品種名 (早晩性)	発蕾日 (月/日)	収穫日 (月/日)	主茎長 (cm)	切り花長 (cm)	茎径 (mm)	有効 花蕾数	花径 (mm)	花弁数	ロゼット ^z 発生率(%)
ボレロホワイト (早生)	3/9	5/8	25.6 ±1.3 ^y	77.1 ±1.0	5.7 ±0.2	6.0 ±0.3	62.1 ±2.9	10.7 ±0.4	0.0
ロベラピンク (中生)	3/22	5/15	23.8 ±2.3	78.1 ±1.5	5.4 ±0.2	5.6 ±0.3	64.1 ±3.0	15.8 ±0.7	2.8
エンゲージ ホワイト (中早生)	3/24	5/22	20.3 ±1.2	70.7 ±2.5	5.5 ±0.2	5.6 ±0.6	60.7 ±2.2	12.1 ±0.5	5.6
冬のマリア (中生)	3/23	5/24	16.9 ±1.9	68.9 ±3.0	4.9 ±0.2	5.8 ±0.7	61.7 ±2.4	10.4 ±0.4	13.9
ボレロマリン (中早生)	-	-	-	-	-	-	-	-	19.4
エンドレスラブ (中生)	-	-	-	-	-	-	-	-	72.2

注) 「ボレロマリン」、「エンドレスラブ」はロゼット発生率が高かったため、データ省略

^z 植付本数に対するロゼットおよび半ロゼットの発生割合

^y 標準誤差

かった(表6)。

考察

沖縄県におけるトルコギキョウ作期前進化を目的に、温暖な気候を活かしたハウスの保温管理と、白熱電球、FR電球による電照を組み合わせた保温長日処理が草丈伸長および開花促進に及ぼす影響を明らかにした。さらに、

収穫の前進化が図られることにより、2度切り栽培の可能性を検討した。

試験1において、側窓自動巻き上げ機を用いた35℃上限換気による保温管理と17時～22時、2時～7時に白熱電球で明期延長した20時間日長を組み合わせた保温長日処理は、初期生育が促進され、発蕾が早くなるとともに、主茎長が伸長した。また慣行区と比べて収穫日は保温長

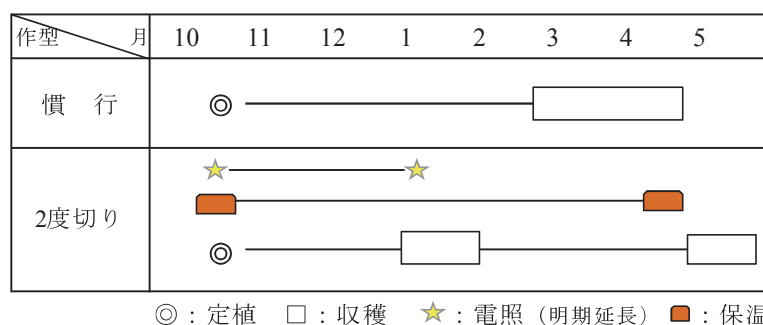


図 8 保温長日処理を利用した 2 度切り栽培作型

日区が最も早く、切り花長は保温長日および保温区で長くなり、草丈伸長および開花促進効果が認められた。これは生育初期の高昼温管理によって、定植から発蕾までの草丈伸長と節数の増加が早くなり、発蕾日と収穫日が早くなること（工藤ら，2012），また白熱電球で明期延長した 20 時間日長により，花芽分化と開花促進効果がある（農研機構花き研究所，2012）ことが，本県の栽培環境下でも同様に発現することが明らかとなった。しかし，茎径は，保温長日，保温および長日区が慣行区に比べて有意に細く，その中で，保温長日区が最も細かった。工藤ら（2012）は茎の肥大は収穫時まで成長し，昼温の影響は小さいことを報告している。このことから収穫の前進化により，栽培期間が最も短い保温長日区において，茎の肥大成長が十分でなかったことが大きく影響していると考えられた。また冬出し栽培では，花蕾の発達が途中で停止するプラスチック現象（竹崎，2008）の発生が問題となるが，本試験では「ボレロホワイト」の有効花蕾数は保温長日および保温が長日および慣行に比べて有意に多かった。工藤ら（2012）は主茎頂花の発蕾期からの白熱電球を用いた明期延長により，プラスチックの発生が少なく，正常花蕾に発達する蕾の数が増えたと報告している。しかし，本試験の結果では，有効花蕾数は，いずれの品種とも長日区が少ない傾向にあることから，温度と長日の組み合わせによる影響が大きいと考えられるが，その要因解析については，さらなる調査が必要である。試験 2 では，FR 電球を用いた長日処理を組み合わせた保温長日が草丈伸長および開花促進に及ぼす影響を調査した。その結果，20H- 白熱電球区は発蕾日が早く，主茎節数が少ない傾向にあった。20H-FR 電球および EOD-FR 電球区は 20H- 白熱電球および無電照区に比べて，主茎長が長く，また草丈の推移は 20H-FR 電球，EOD-FR 電球および 20H- 白熱電球区で差はみられず，FR 電球の長日処理は白熱電球と同等以上の草丈伸長効果が認められた。竹村ら（2014）は遠赤色蛍光灯を用いた照射処理を日没直前（EOD-FR）から放射照度 0.143W/m² で 3 時間行うことで，非照射区に比べて主茎伸長が促進されると報告しており，FR 照射処理を日没直前から放射照度 0.120～0.253 W/m²

で 4 時間行った本試験結果とほぼ一致した。また 20H-FR 電球区は無電照区と比べて，到花日数が短く，開花促進効果はみられたが，20H- 白熱電球区に比べて効果は劣る傾向にあった。ただし，20H-FR 電球および EOD-FR 電球区は 20H- 白熱電球区より切り花長が長くなる傾向があるため，摘蕾回数を減らし，仕立てによって収穫を早くすることで，白熱電球と同等の開花促進の可能性がある。一方で，山田（2010）は，遠赤色光量の多い光源により収穫期まで電照した場合，側枝や花柄の徒長・軟弱化を引き起こし，品種によっては切り花品質を低下させると指摘している。今回の試験においても，FR 電球の長日処理で軟弱徒長の傾向がみられるため，今後，FR 電球における長日処理に適した品種選定，また栽培全期間の FR 照射ではなく，生育ステージ別の FR 照射による草丈伸長および開花促進効果のある長日処理方法を検討する必要があると考える。

試験 1 および試験 2 により，保温長日処理は大幅に収穫を前進化させ，1 月収穫が可能であることが示されたことから，高単価が期待できる 5 月の母の日需要に向けた 2 度切り栽培の可能性が示唆された。試験 3 では，保温長日管理下における 2 度切り栽培の切り花品質を調査した。その結果，「ボレロホワイト」，「ロベラピンク」は 5 月上中旬に収穫が可能で，切り花品質が出荷基準を十分に満たし，2 度切り栽培に適する品種であることがわかった。長崎県（2017）では，頂花発蕾までの日中蒸し込み（35℃換気）と開花期までの EOD-heating により，頂花発蕾日，収穫日が早くなり，5 月末までの採花率は慣行と比べて高いと報告している。試験 3 の結果から，本県においても，適品種を用いれば，温暖な気候を活かしたハウス管理により，母の日需要までの 2 番花収穫は可能であり，図 8 に 2 度切り栽培の作型をまとめた。一方で，一部の品種で 1 番花の切り下株のロゼット化により，大幅に生育が遅れることがあることも示された。なおトルコギキョウのロゼット打破には一定期間の低温が必要と報告されているが，2 度切り栽培における切り下株でのロゼット打破の方法に関する知見は報告されていない。今後は 1 番花収穫後のロゼット化要因の解明とロゼット

打破方法の検討および 2 度切り栽培向け適品種を選定する課題が残る。

謝 辞

本研究の推進にあたり、沖縄県農業研究センター野菜花き班の皆様のご協力をいただきまして心より感謝申し上げます。本研究は「野菜花き類の施設管理高度化技術開発事業（沖縄振興特別推進交付金事業）」および「先端技術を結集した園芸品目競争力強化事業（沖縄振興特別推進交付金事業）」の一課題として実施された。

引用文献

- 福田直子 (2013) 冬季の低コスト計画生産，農業技術体系 第 8 巻，追録 15 号，p. 452 の 31
- 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・駒形智幸・原坦利 (2012) トルコギキョウの低コスト冬季計画生産技術の考え方と基本マニュアル，（独）農業・食品産業技術総合研究機構花き研究所，p4-5
- 工藤陽史 (2015) トルコギキョウ切り花における二度切りでの 5 月出し栽培技術，熊本県農林水産部農業の新しい技術，No. 679:p1-2
- 工藤陽史・山口 茂・福田直子・菊池竜也・佐渡 旭・深井誠一 (2012) トルコギキョウの冬出し栽培における生育初期の昼温が生育速度と主茎伸長および花芽分化に及ぼす影響，園学研，11(3):p343-349
- 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(3):p363-369
- 長崎県農林技術開発センター (2017) トルコギキョウ「レイナホワイト」の 2 度切り作型における早期開花温度管理技術
- 大川 清 (1987) トルコギキョウの自生地における生育状況，園学要旨，昭和 62 春:p456-457
- 大川 清 (2003) トルコギキョウ栽培管理と開花調節，誠文堂新光社，P. 133-134
- 竹村圭弘・黒木克翁・間 奈月・前田香那子・岸本真幸・田村文男 (2014) 明期終了時の遠赤色光照射処理および昇温処理がトルコギキョウの生育に及ぼす影響，園学研，13(3):p255-260
- 竹崎あかね (2008) すぐに役立つハウス栽培新技術，農業電化協会，p213
- 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(3):p407-412

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:p35-44.

Flowering advance and possibility of double-cut cultivation by heat insulation long-day treatment of *Eustoma grandiflorum* in Okinawa Prefecture

Kenta Kameyama¹, Toshiyuki Zakimi², Naoya Gima³, Humiaki Sekizuka¹,
Kanami Taba⁴, Arata Ishigaki¹ and Masaaki Shimabukuro¹

1 Okinawa Prefectural Agricultural Research Center

2 Okinawa Prefectural Chubu Agricultural Development Center

3 Okinawa Prefectural Agricultural College

4 Okinawa Prefectural Plant Protection Center

Abstract

For the purpose of having an earlier cropping season of *Eustoma grandiflorum* in Okinawa Prefecture, early to middle varieties were planted in mid-October, and the effects of house management and long-day heat retention treatment using incandescent light bulbs on plant height growth and flowering promotion were investigated. The plant height growth and flowering promotion effects were achieved, and it became possible to advance from the conventional cropping type, which is usually mainly shipped from March to May, to January shipping. In addition, by using a far-red light LED with low power consumption, we were able to obtain the same effect of growing plant height and promoting flowering as incandescent light bulbs, suggesting the possibility of earlier, lower-cost shipping.

We also investigated a second flower, using the cut-off strain after the first flower was harvested. It can be harvested during the May demand period centered on Mother's Day - where high unit prices can be expected - by performing heat retention long-day treatment. We selected varieties suitable for double-cut cultivation. We found that the long-day heat insulation treatment allowed for earlier shipments, depending on the variety, and it could be cultivated twice, which is effective as a cropping season expansion technology throughout the winter and spring.

Keywords: Long-day heat retention, Incandescent light bulb, Far-red light LED, Double-cut cultivation

原著論文

ニガウリ種子由来の DNA を用いたマーカー選抜

伊礼彩夏・儀間康造・宮城牧・太郎良和彦

沖縄県農業研究センター

要 約

ニガウリ (*Momordica charantia* L.) の DNA マーカー選抜育種法 (Marker assisted selection, MAS) の効率化を目的として、ニガウリ種子から抽出した DNA を用いた遺伝子型判定を実施した。種子は、突起部分に胚軸および幼根があり、大部分を胚が占める無胚乳種子であった。雌性型遺伝子座連鎖マーカーを用いて種皮、胚およびその表皮の遺伝子型を調べた結果、種皮は母親由来で、胚およびその表皮は胚由来であった。雌性型系統 OHB61-5 と混性型系統 OHB95-1A の F₂ 種子 (96 個体) の胚の一部 (2 ~ 3 mm) から DNA を抽出し、同マーカーを用いて DNA を実施した。その結果、供試した全個体で遺伝子型を決定することができ、遺伝子型は発芽個体の本葉から抽出した DNA を用いた遺伝子型と 100% 一致した。一部を切除した胚の発芽率は、対照区と有意な差は認められず、少なくとも切除後 3 ヶ月は 85% 以上を示し、その後の生育にも影響はなかった。本手法は、ニガウリの MAS を実施する際、播種前に遺伝子型を判定することが可能のため、多検体を取り扱うことができる。加えて、求められる遺伝子型を持つ種子のみを選抜し播種することで、育苗コストを軽減することができる。

キーワード：種子, DNA マーカー, MAS

緒 言

ニガウリ (*Momordica charantia* L.) は沖縄県の主要な品目で、おきなわブランドの確立と生産供給体制の強化が図られている。沖縄県における 2018 年の産出額は 20 億円、収穫量が 7,346 t で、国内シェアは 40.6% で 1 位であるものの、宮崎県や鹿児島県の台頭が著しく産地間競争が激化している (沖縄県農林水産部, 2021)。そのため、沖縄県農業研究センターでは、県独自の優良品種の育成や栽培技術の開発が行われている。しかし、育種には数年 ~ 10 年以上の長い年月を必要とする。そこで、農業研究センターでは育種効率化のために幼苗の段階でそれぞれの重要形質について選抜を行える DNA マーカーの開発に取り組んでいる。Urasaki *et al.* (2017) は、農業研究センターが保有するニガウリ混性型系統 OHB3-1 のゲノムを解読し、遺伝子同定や DNA マーカー開発のための基盤を整備した。また、沖縄県育成 F1 品種の母本として用いられている雌性型系統 OHB61-5 については、雌花節率を制御する量の遺伝子座が見いだされ、雌性型遺伝子座領域が特定されている (Matsumura *et al.*, 2014, 2020)。このように、本県が保有するニガウリ系統を用いたゲノム解析が急速に進展し、現在、一塩基多型や塩基の挿入または欠失 (Indel) などのゲノム多型情報が容易に利用できる環境が整っている。

すでに沖縄県では、ニガウリ雌性型や耐病性などの重要形質について、実際の育種において DNA マーカー選抜

種法 (Marker assisted selection, MAS) による個体選抜を実施している。現在、幼苗期に葉から DNA を抽出し、温室への定植までの 2 週間内に MAS を実施している。しかし DNA 抽出が律速作業となっており、一人で遺伝子型判定をする場合、当センターの実験機器などの環境下では、検体数は約 300 個体と限られている。更なる MAS の推進のためには、発芽から定植までの限られた時間内に処理できる検体数を増やす必要がある。MAS を実施するタイミングは、定植前、定植後、収穫後の 3 つに分けられる。定植前に実施する場合、目的の遺伝子型を持つ個体のみを選んで圃場に移植できるが、定植適期までに MAS を完了させるという時間的制約が問題となる (林ら, 2014)。

この問題を解決するためには、二つの方法が考えられる。一つ目は簡易な DNA 抽出法の開発である。イネ (*Oryza sativa* L.) (Chen and Ronald, 1999) や レタス (*Lactuca sativa* L.) (関, 2019) で MAS に利用可能な DNA の抽出方法が報告されている。これらの方法は、ガラス繊維濾紙を入れたマイクロチップと DNA 抽出バッファーを用いて、ピペッティング操作のみで葉から DNA を抽出する方法で迅速かつ簡易な DNA 抽出方法であるため、検体数の増加が期待できる。しかし作業期間が発芽から定植までの期間に限られ、育苗コストは低減できない。二つ目は、種子の一部組織から DNA を抽出する方法で、イネとコムギ (*Triticum aestivum* L.) で種子の半分の組織から抽出する方法 (Chunwongse *et al.*, 1993)、ダイズ (*Glycine max* (L.) Merr.) で種子をドリルで穿孔し、その