

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

工 藤 陽 史
Kiyofumi KUDO

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

目 次

第1章 緒言	1
第2章 栽培温度がトルコギキョウの生育，開花，小花形質，切り花品質および 収穫後の日持ちに及ぼす影響	2
第1節 初期生育における昼温と昼夜間温度差（DIF）の影響	2
第2節 花芽形成期における日射量と栽培温度の影響	10
第3節 花芽成熟期における栽培温度の影響	21
第4節 低夜温管理における日中加温の影響	30
第3章 日長および電照による長日処理がトルコギキョウの開花および切り花品質 に及ぼす影響	39
第1節 発蕾期以降における電照の影響	39
第2節 発蕾期以降における日長の影響	47
第3節 電照時期の影響	51
第4節 発蕾期以降の電照における電照時間帯の影響	59
第4章 低夜温電照栽培の品種適応性	65
第5章 総合考察	76
摘 要	79
引用文献	82
Summary	84
謝 辞	86

第1章 緒 言

トルコギキョウ (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shim.) は、リンドウ科の双子葉類で、原種は北アメリカ大陸のロッキー山脈の東側にあるステップ気候地帯に自生する。トルコギキョウは、夏咲きの長日性の宿根草 (大川, 1987) であるが、園芸生産上は1年草として取り扱われている。園芸種は花色、花径の大小、八重咲きなどの小花形態が豊富で、スプレーフォーメーションなどの草姿にも変化があるため、切り花としてブライダル、葬儀、花束からアレンジと幅広い需要に応えられる有望な花きである。

トルコギキョウは、高温期に播種するとロゼット化する性質を有するため、11月～翌年3月まで切り花生産が困難となる問題を抱えていた。これに対して、ロゼットには、高温、特に夜温が関与すること (Ohkawa ら, 1991; 吾妻・犬伏, 1988)、ロゼット化した苗も10℃で5～6週間の低温処理で抽だい・開花すること (竹田, 1995)、吸水種子への低温処理 (10℃, 5週間, 暗黒条件下) が発芽や抽だい促進に作用すること (谷川ら, 2002) が明らかにされた。これらの知見を基に開発された低温処理とロゼット化しにくい品種とを組み合わせることで、現在は、6～10月に出荷する高冷地と10～6月に出荷する暖地の産地リレーによる周年生産が可能となっている。

トルコギキョウは、全国の作付け面積454ha、出荷本数は106,500千本でキク、バラ、ユリおよびカーネーションに次ぐ生産額第5位の重要な切り花品目である (2010年度農林水産省「花き生産出荷統計」)。

熊本県のトルコギキョウ栽培は、阿蘇地域などの準高冷地を中心に行われている夏秋出し作型、県内全域で行われている年内出しとその後の二度切りを5月中旬～7月上旬にかけて行う作型、平坦地を中心に行われている冬春期出しの作型があり、これら作型を組み合わせた地域リレーによる周年出荷体系が確立されている。2010年度の熊本県の作付け面積は44.9ha、出荷本数は11,400千本で全国2位 (農林水産省「花き生産出荷統計」) となっている。秋から春にかけては大消費地への出荷割合が高く、2011年11月～2012年4月の東京都中央卸売市場における熊本県産トルコギキョウの取扱本数は、648千本で全体の10.5%を担っている (東京都中央卸売市場年報)。しかし、熊本県の12月～2月の日照時間400時間程度、日最低気温の平均は2.9℃であるのに比べて、1～3月の東京都中央卸売市場におけるトルコギキョウの取扱本数が多い静岡県、高知県および関東地域は、日照時間は500時間以上あり、日最低気温の平均は静岡県が3.4℃、高知県が3.6℃

と高い (気象庁気象統計2004年～2009年)。これまで生産現場での冬出しの栽培管理は、これら熊本県に比べて気象条件の良い産地で行われている管理技術が参考にされてきた。トルコギキョウの夜間の生育適温とされる15℃前後 (塚田, 1982) を確保するためには、日照時間が劣り、気温が低い熊本県で同様な管理を行うと燃油消費量が多くなり、生産コストを押し上げる。また、花蕾の発達が途中で停止する現象であるブラスチング (竹崎, 2008) の発生により、冬に開花させる1～3月出し作型では計画的な出荷ができていない。品質面では切り花長および切り花として有効な分枝数の確保が難しい (嶋本, 1996)。さらに近年は、冬期に台湾産を中心とした輸入量が急激に増加している。これらの課題解決として、燃油消費量を削減したうえでの開花遅延とブラスチング発生を回避した計画生産、さらに輸入品との差別化が可能な品質の切り花生産が求められている。

そこで本研究では、熊本県の気象条件下での冬出し栽培において、開花遅延を回避した低コストで安定かつ高品質なトルコギキョウを生産する技術の開発を試みた。

本研究は、第1目標に「生産コスト削減と安定生産」、第2目標に「切り花品質の向上」、最終目標に「日持ちに優れた切り花の生産」を掲げて、第2章では栽培温度、第3章では電照を用いた長日処理について検討した。熊本県では12～2月が低温、短日、少日照となり、冬出し栽培では花芽分化期以降がこの時期にあたる。そこで、本研究においては、生育ステージを定植直後から花芽分化期までの生育初期と花芽形成期および花芽成熟期に分けて、栽培温度が低温、短日、低日照下でのトルコギキョウの生育および開花に及ぼす影響を検討した。また、花き類におけるこれまでの電照の効果に関する研究は、主に主茎の花芽分化の抑制または促進に主点をおいた報告が多い。しかし、トルコギキョウの慣行栽培では、主茎頂花は栽培中に摘蕾して、側枝頂花を商品花蕾として用いる。そこで、本研究では、主茎頂花発蕾期以降の日長、さらに電照を用いた長日処理が側枝頂花の開花および切り花品質に及ぼす影響を主に検討した。

なお、本研究は2009～2012年まで熊本県農業研究センター農産園芸研究所 (熊本県合志市) において行ったものであり、本論文はその成果を取りまとめたものである。

第2章 栽培温度がトルコギキョウの生育、開花、小花形質、切り花品質および収穫後の日持ちに及ぼす影響

トルコギキョウの生育・開花に及ぼす夜温の影響については、夜温 12～18℃の範囲では定植～発蕾までは高温ほど花芽分化、発達は早く、花芽分化～発蕾までは高温ほど花蕾数が少なく、切り花重が軽くなることが報告されている(塚田, 1991)。また、夜温の適正加温温度は、トルコギキョウの生育日数と切り花品質などを考慮した場合は 15℃前後とされている(塚田ら, 1982)。一方、昼温の適正な一定温度は、25～28℃程度とされている(大川, 2003)。しかし、花芽分化期～開花期が低温・短日となる冬期に収穫する作型では、このような温度を確保することは難しく、近年は、重油価格の高騰に伴い、コストがかかる作型となっている。また、生育および開花の遅延や蕾が発育途中で生育を停止し壊死するブラッシングの発生などにより計画生産が難しい。さらに品質面では、切り花長と花蕾数の確保が難しく、高単価が望めない現状にある。そこで、本章では低コストでかつ単価が安定する品質の切り花を商品化率良く生産する温度管理技術の開発を目的に 1. 初期生育における昼温と昼夜間温度差(DIF)の影響, 2. 花芽形成期における日射量と栽培温度の影響, 3. 花芽成熟期における栽培温度の影響, 4. 低夜温管理における日中加温の影響について順次検討した。

なお、本章では全ての実験で熊本県の冬出し栽培に利用されている中早生品種の‘ボレロホワイト’(八重咲き, ミヨシ)を用いた。

第1節 初期生育における昼温と昼夜間温度差(DIF)の影響

熊本県における冬(1～2月)出し作型の定植期は9月で、定植時は比較的高温かつ長日で日射量も豊富であるが、その後11～2月中旬は、薄明薄暮を含めた日長が12時間以下となり、冬季特有の曇天日が多くなる。渡辺・守田(2002)は、熊本県の平坦部でのトルコギキョウの栽培で低温短日期に向かう作型では、中生から晩生品種は開花が著しく遅れる可能性があるとして指摘している。しかし、早生品種を用いると着花節位が低くなるため草丈の確保が難しく、生産現場では定植後にジベレリン処理を行い下位節間の伸長を促している。

植物の草丈(草丈伸長, 茎伸長)を決定する重要な要因の一つは、昼夜間温度差(Difference between the day

temperature and the night temperature, 以下, DIF と略す)であると報告されている(Erwin ら, 1989)。また、生育速度は、いくつかの草花類で昼夜間温度差に関係なく、日平均気温が影響すると報告されている(Ito ら, 1997)。これらのことは、栽培温度管理により、切り花類の草丈と生育速度を制御できる可能性があることを示している。熊本平野で日最低気温の平均が15℃を下回るのは10月下旬以降で、熊本県の冬出しの作型では、定植後しばらくは暖房による加温を必要としない。そこで本節では、ハウスの換気で調節が可能な昼温に着目して、夜温15℃一定の温度制御条件下でのトルコギキョウの生育と花芽分化に及ぼす昼温とDIFの影響を明らかにし、次に実際栽培温室の換気温度を高く設定した場合の影響を検討した。

材料および方法

試験1. 温度制御条件下での昼温が生育と花芽分化に及ぼす影響

耕種概要

2009年6月24日に粒状育苗培土(くみあい園芸用育苗培土MKK野菜用1号, 南九州化学工業, N: P₂O₅: K₂O=200: 4,800: 200 mg・L⁻¹)とパーミキュライトを3:1(容量比)とした用土を詰めた288穴セルトレーに播種し、吸水種子低温処理(10℃, 35日間)後、夜間冷房育苗(16～8時の設定温度14℃, 8時間日長, 48日間)を行った。この苗を9月15日に粒状育苗培土とパーミキュライトを3:1(容量比)、基肥として緩効性肥料(CDU化成S555, ジェイカムアグリ, N: P₂O₅: K₂O=15: 15: 15)を窒素レベルで300 mg・L⁻¹となるように混合した用土0.5 Lを入れた直径12 cmのポット定植した。定植直後から下記のファイトトロンに搬入して温度処理を開始し、底面給水で管理した。なお、慣行栽培に従い、頂花着花節から2節下より下位節から発生した側枝は栽培中に取り除き、頂花は花蕾長が5 mm程度に成長したときに摘蕾した。

試験区の概要

熊本県農業研究センター(熊本県合志市)内の自然光型ファイトトロン(エスペック, TAE-700)を使用し、夜温15℃で昼温は25と30℃の2区を設けた。なお、夜温設定時間は19～6時、昼温設定時間は9～17時とし、夜温～昼温への昇温は3時間、昼温～夜温への降温は2時間とした

(図2-1-1). 温度処理は、定植から収穫まで継続した。光条件は自然日長とした。

調査項目

草丈、および主茎の伸長開始後の節数（以下、抽だい節数）を10日間隔で定植20～100日後まで、主茎の節間長を定植20、30および40日後と収穫時に、抽だい第1節間と主茎の先端から3節下の節間の茎径を定植30、45、60および130日後と収穫時に計測した。主茎頂花の花芽分化ステージは、定植20、30、45および60日後に検鏡により調査した。乾物重は、定植20、30、45、60、130日後および収穫時に、根を除く全草を採取して70℃で通風乾燥後に調査した。さらに、定植30日後の葉の乾物を粉碎した後、

風乾物の全炭素含量をVarioIII NCアナライザー (elementar) で測定した。切り花形質調査は、一次側枝頂花（以下、一次小花）の開花揃いに収穫し、切り花長、切り花重、抽だい節数、主茎長、有効側枝数、花蕾数を調査した。なお、以上の調査はすべて1区あたり10個体について行った。

試験2. 温室栽培における生育初期の昼温の影響

試験は、熊本県農業研究センター（熊本県合志市）内の自然日長のガラス温室に、基肥として試験1と同様の緩効性肥料を $N:P_2O_5:K_2O=1.5:1.5:1.5 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ 施肥し、上部幅 84 cm の畝に株間 12 cm、条間 12 cm、中央 1 条抜き の 6 条で定植して行った。

試験 2-1. 生育初期の換気設定温度が発蕾までの生育に及ぼす影響

購入苗（408 穴セルトレー、熊本マツヲ種苗）を 2008 年 9 月 22 日に並列した 2 棟のガラス温室に定植して、一方の温室の換気設定温度を終日 25℃、他方を終日 30℃とした 2 区を設けた。なお、試験期間中は暖房による加温は行わなかった。定植 46 日後（11 月 7 日）に草丈、主茎長、抽だい第 2 節間の茎径と主茎節数を、全て 1 区あたり 30 個体反復なしで測定し、さらに各個体の発蕾日を調査した後に実験を終了した。

試験 2-2. 生育初期の高昼温管理における異なる定植日が収穫期と切り花品質に及ぼす影響

耕種概要

試験 1 と同様の方法で播種し、吸水種子低温処理（10℃、35 日間）、夜間冷房育苗（16～8 時、設定温度 15℃、8 時間日長、50 日間）を行った苗を定植した。温室の換気設定温度は、定植時～10 月 21 日までを 30℃とし、その後発蕾期となった 11 月 12 日までを午前中を 30℃、午後

を 25℃、12 月 24 日までを終日 25℃、12 月 24 日～収穫までは午後の換気を目的に午前中 25℃、午後 22℃とした。暖房による加温は、10 月 21 日～収穫まで設定温度 15℃で行った。

試験区の概要

生育初期のハウス換気設定温度を 30℃にした場合の収穫期と切り花品質について、定植日 9 月 22 日と 9 月 29 日の 2 回の栽培で検討した。目標とする切り花品質は、2 月上旬収穫で切り口から開花小花の先端までの長さとする切り花長が、80 cm 以上かつ切り花重が 40g 以上とした。

調査項目

調査は、発蕾日、主茎長（発蕾時と収穫時）、主茎節数、さらに、慣行栽培に従い頂花および一次小花を花蕾長が 5 mm（萼片を含まない）程度に生長した時に摘蕾、四次側枝以上を四次側枝頂花が 5 mm 程度に生長した時に除去し、二次側枝頂花（以下、二次小花）の開花揃いに切り花を収穫して収穫日と切り花長（切り花基部から開花小花の先端までの長さ）、切り花重、主茎の下位節間長（抽だい第 1～5 節までの長さ）、頂花着花位置から 3 節下の節間の茎径、下垂（切り花長 75 cm に切り揃えた切り花の基部を、水平に持った時の水平面と切り花先端の距離）、有効側枝数（開花小花および長さが 3 cm 以上に生長した蕾をつけた一次側枝数）、商品花蕾数（開花小花と長さ 3 cm 以上に生長した蕾数）およびプラスチック蕾数をすべて 1 区あたり 24 個体反復なしで測定した。

結 果

温度制御条件下での昼温が生育と花芽分化に及ぼす影響（試験 1）

試験期間中のハウス内気温

本試験期間中の各試験区のファイトトロン内気温測定値の平均昼温／平均夜温は、昼温 30℃区で 27.7/15.2℃、昼温 25℃区で 24.1/15.6℃であった。

草丈、節数および茎径

草丈の伸長は定植～定植 100 日後まで、主茎節数の増加は定植～昼温 30℃区の発蕾後まで、昼温 30℃区が昼温 25℃区に比べて早かった（図 2-1-2）。茎径は、抽だい第 1 節間と主茎の先端から 3 節下の節間ともに、同一日の測定では昼温の違いによる有意な差はなかったが、測定日が異なる収穫時の測定では、昼温 25℃区が昼温 30℃区に比べて有意に大きかった（表 2-1-1）。

発蕾と切り花形質

発蕾日は 20 日程度、収穫日は 30 日程度、昼温 30℃区

が昼温 25℃区に比べて早く、昼温 25℃区では昼温 30℃区に比べて花芽分化が遅くなり、最終的な主茎の節数が多くなったため、主茎長と切り花長は長く、切り花重は重くなった（表 2-1-1, 2）。有効側枝数と花蕾数には、有意な差は認められなかった（表 2-1-2）。

節間長

収穫時の主茎の下部 5 節の節間長は、昼温 30℃区が昼温 25℃区に比べて長かった（表 2-1-2）。主茎の下部節間長の決定時期を明らかにするため、定植 20, 30 および 40 日後の下部節間長を収穫時のそれと比べた結果、定植 30 日後までに昼温にかかわらずに抽だい第 2 節間まで、定植 40 日後までに昼温 30℃区では抽だい 5 節間まで、昼温 25℃区では抽だい第 4 節間までの節間長がすでに決定されていた（図 2-1-3）。

乾物重

地上部の乾物重は、定植 20 日後では昼温の違いによる有意な差は認められなかったが、定植 30 日以降では昼温 30℃区が昼温 25℃区に比べて有意に重かった（表 2-1-3）。しかし、収穫時の乾物重は、栽培期間が長い昼温 25℃区が昼温 30℃区に比べて有意に重かった。乾物重/新鮮生体重で算出した乾物率は、定植後 60 日までは昼温 30℃区が昼温 25℃区に比べて高かったが、収穫時は昼温 25℃区が昼温 30℃区に比べて高かった（表 2-1-3）。定植 30 日後の葉の風乾物の全炭素含量は、昼温 30℃区が 978.3 mg・個体⁻¹、昼温 25℃区が 810.0 mg・個体⁻¹で、昼温 30℃区が昼温 25℃区に比べて有意に多かった。

生育初期の換気設定温度が発蕾までの生育に及ぼす影響（試験 2-1）

試験期間中のハウス内気温

換気設定温度 25℃または 30℃のハウス内気温測定値の平均昼温/平均夜温は、換気 30℃区で 27.3/18.1℃、換気 25℃区で 25.7/18.2℃で夜温に区間差は無く、昼温でのみ差が見られた（図 2-1-4）。

初期生育と発蕾

平均発蕾日の約 1 週間前となった定植 46 日後の生育調査では、換気 30℃区が換気 25℃区と比べて草丈は高く、主茎長と平均節間長は長く、主茎節数は多く、茎径は大きかった。主茎頂花の発蕾日は、換気 25℃区が 11 月 14 日、換気 30℃区が 11 月 15 日で有意な差は認められなかった（表 2-1-4）。

生育初期の換気設定温度 30℃管理での収穫期と切り花品質（試験 2-2）

試験期間中のハウス内気温

定植～発蕾日のハウス内気温測定値の平均昼温/平均夜温は、9 月 22 日定植が 27.0/18.2℃、9 月 29 日定植が 26.5/17.7℃であった。

発蕾と主茎伸長

定植日が 9 月 22 日と 9 月 29 日の栽培では、それぞれ主茎頂花の発蕾日は 11 月 9 日と 11 月 16 日で、主茎の抽だい節数はともに 9.1 節で差はなく、発蕾時の主茎長は 30.6 cm と 29.3 cm で、9 月 22 日定植が 9 月 29 日定植に比べて長かった。収穫時の主茎長は 51.2 cm と 47.9 cm で、切り口から抽だい第 5 節までの長さは 21.4 cm と 19.7 cm であり、9 月 22 日定植が 9 月 29 日定植に比べて長かった。

収穫日と切り花品質

収穫日は 2 月 3 日と 2 月 16 日で、定植～収穫日までの日数は 134 日と 136 日であった。切り花品質において、切り花長に差は無く、切り花重、茎径および下垂は、9 月 29 日定植が 9 月 22 日に比べて切り花重は重く、茎径は大きく、下垂は小さかった。有効側枝数に差はなく、花蕾数は 9 月 29 日定植が 9 月 22 日定植に比べて多かったが、ブラスチング発生率は 9 月 29 日定植が 9 月 22 日定植に比べて高く、商品花蕾数に差はなかった。両定植日ともに切り花長 80 cm 以上、切り花重 40 g 以上あった（表 2-1-5）。

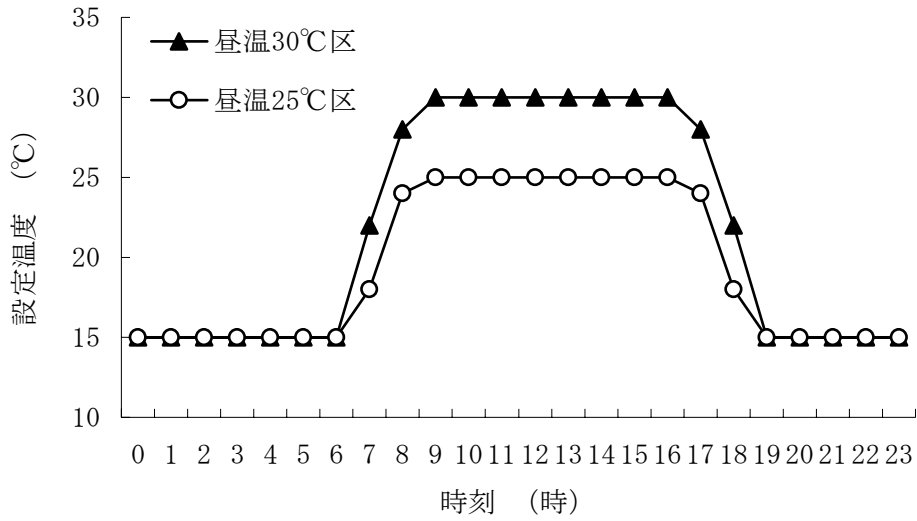


図2-1-1自然光型ファイトトロンを用いた実験での設定温度 (試験1)

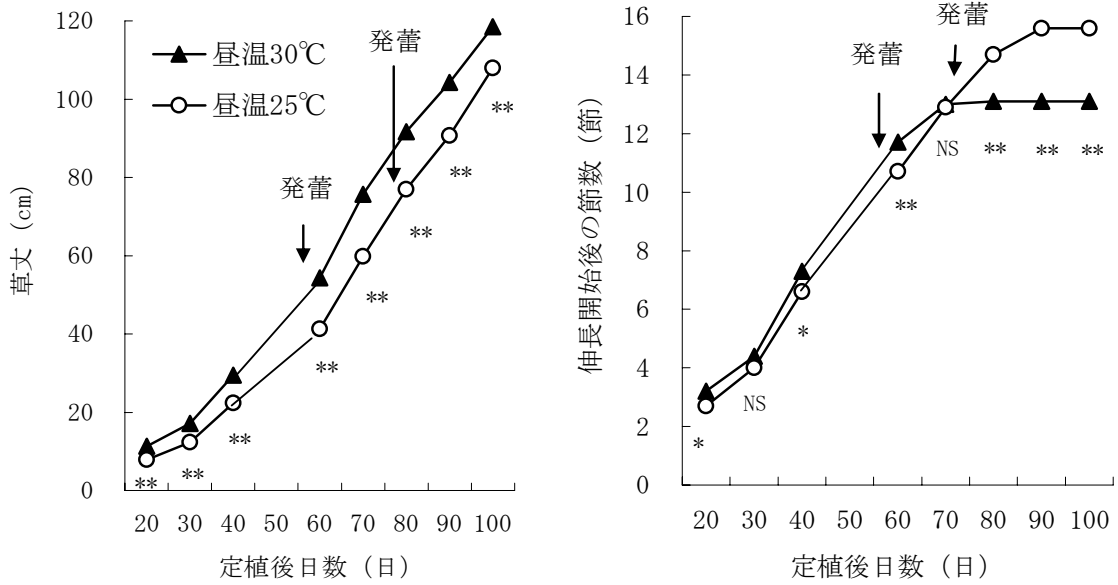


図2-1-2 温度制御条件下での昼温が草丈，主茎伸長及び伸長開始後の節数増加に及ぼす影響 (試験1)
同一測定日の値をt検定を用いて比較した**：1%水準で有意，*：5%水準で有意，NS：有意差

表 2-1-1 温度制御条件下での昼温が茎径と花芽分化に及ぼす影響 (試験 1)

定植後日数	昼温	茎径 ^z		花芽分化 ^y
		A (mm)	B (mm)	
30 日	30°C	2.4	-	0
	25°C	2.4	-	0
45 日	30°C	3.5	3.5	0.2
	25°C	3.3	3.6	0
60 日	30°C	4.2	4.1	2.7
	25°C	4.4	4.1	0.2
130 日	30°C	5.4	4.9	
	25°C	6.1	4.7	
収穫時 ^x	30°C	5.8	4.8	
	25°C	7.3	5.2	
t 検定	30 日後	NS	-	
	45 日後	NS	NS	
	60 日後	NS	NS	
	130 日後	NS	NS	
	収穫時	*	**	

^zA : 抽だい第 1 節間 B : 主茎の先端から 3 節下の節間

^y花芽分化ステージ

0 : 未分化 1 : 萼片形成始期 2 : 萼片伸長期 3 : 花卉形成期

^x平均収穫日 (1 次小花の開花揃い), 昼温 30°C 区は 1 月 3 日, 昼温 25°C 区は 2 月 1 日

^w** : 1% 水準で有意, * : 5% 水準で有意, NS : 有意差なし

表 2-1-2 温度制御条件下での異なる昼温が発蕾日および収穫日と切り花形質に及ぼす影響 (試験 1)

昼温	発蕾日	収穫日	切り花長	切り花重	抽だい 節数	主茎長	主茎下位 ^z 節間長	有効 ^y 側枝数	花蕾数 ^x
	(月. 日)	(月. 日)	(cm)	(g)	(節)	(cm)	(cm)	(本)	(個)
30°C	11. 13	1. 3	122. 9	65. 2	12. 9	81. 9	4. 1	2. 9	7. 3
25°C	12. 2	2. 1	137. 9	85. 2	15. 6	96. 9	3. 7	2. 9	6. 9
t 検定 ^w	**	**	*	**	**	**	**	NS	NS

^z伸長開始後の主茎下位 5 節 (抽だい第 1 節～第 5 節まで) の節間長の平均値

^y開花小花および長さが 3 cm 以上に生長した蕾をつけた一次側枝数

^xブラッシング蕾を含む一次小花と二次小花の総数

^w** : 1% 水準で有意, * : 5% 水準で有意, NS : 有意差なし

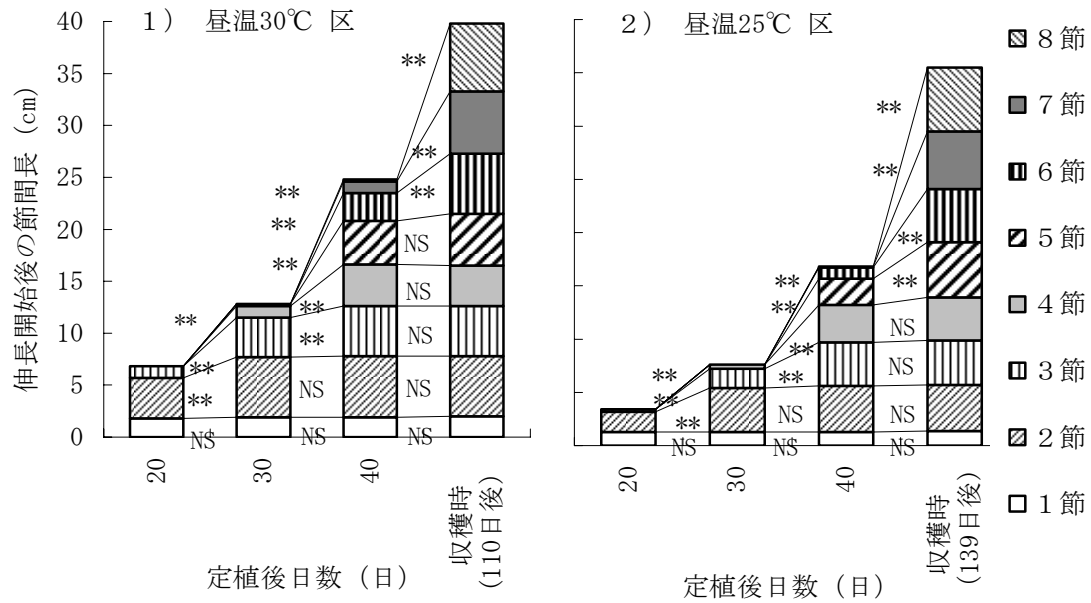


図2-1-3 温度制御条件下での異なる昼温下における下位節位の節間長の経時変化 (試験1)

同一節位の節間長を経時的にt検定を用いて比較した
 **: 1%水準で有意, *: 5%水準で有意, NS: 有意差なし

表 2-1-3 温度制御条件下での昼温が地上部の乾物重および乾物率に及ぼす影響 (試験1)

定植後日数 (日)		20	30	45	60	130	収穫時 ^z
乾物重 (g/本)	昼温 30°C	0.13	0.26	1.05	1.81	13.96	10.85
	昼温 25°C	0.10	0.20	0.75	1.44	10.69	15.26
	t 検定 ^x	NS	**	**	*	**	**
乾物率 ^y (%)	昼温 30°C	8.6	8.6	10.1	10.0	16.7	17.2
	昼温 25°C	7.6	8.1	9.4	9.6	16.7	17.9

^z1次小花の開花揃い日, 昼温 30°C区は1月3日, 昼温 25°C区は2月1日

^y乾物重/生体重×100

^x**: 1%水準で有意, *: 5%水準で有意, NS: 有意差なし

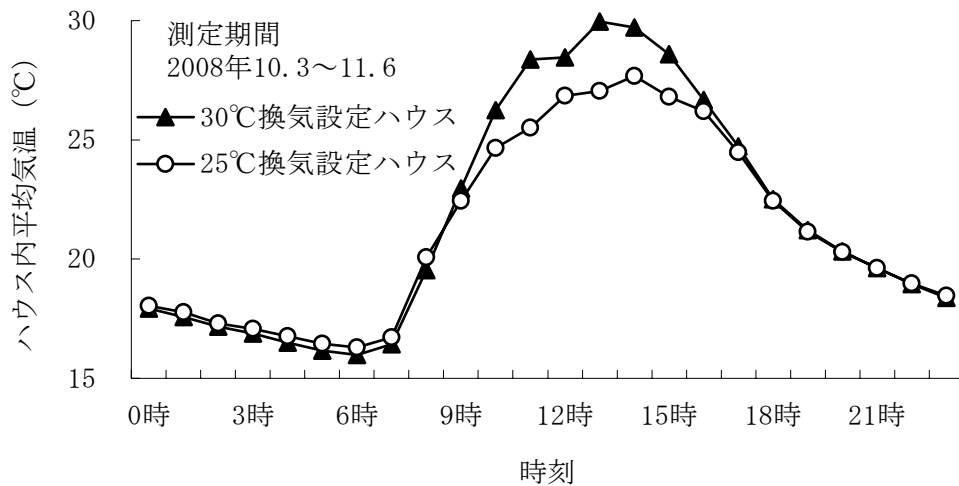


図2-1-4 異なる換気温度設定の施設における気温の日変化 (試験2-1)

表 2-1-4 施設の換気設定温度が初期生育と発蕾日に及ぼす影響 (試験 2-1)

ハウス換気 設定温度	定植 46 日後 (11 月 7 日) の形質					発蕾日 (月. 日)
	草丈 (cm)	主茎長 (cm)	抽だい節数 (節)	平均節間長 (cm)	茎径 ^z (mm)	
30°C	30.1	25.9	7.2	3.6	3.0	11.15
25°C	17.5	14.8	6.1	2.4	2.4	11.14
t 検定 ^y	**	**	**	**	**	NS

^z抽だい第 2 節間の茎径

^y** : 1%水準で有意, NS : 有意差なし

表 2-1-5 初期生育の 30℃換気管理における異なる定植時期が切り花品質に及ぼす影響 (試験 2-2)

定植日	収穫日	切り花長 ^z	切り花重	茎径 ^y	下垂 ^x	有効側枝数 ^w	花蕾数 ^v	商品花蕾数 ^u	ブラスチング ^t 発生率
(月. 日)	(月日)	(cm)	(g)	(mm)	(cm)	(本)	(個)	(個)	(%)
9. 22	2. 3 ±4. 8 ^s	82. 9	41. 3	4. 5	25. 4	2. 2	5. 7	4. 2	26. 3
9. 29	2. 16 ±7. 4	82. 9	52. 4	5. 0	20. 4	2. 4	6. 9	3. 8	45. 7
t 検定 ^f	**	NS	**	**	*	NS	*	NS	-

^z切り口から開花小花の先端までの長さ

^y頂花着花節から 3 節下の節間を測定

^x切り花長 75 cm に切り揃えた切り花の基部を水平に持った時の水平面から切り花先端までの距離

^w収穫時に開花小花および長さ 3 cm 以上に生長した蕾をつけた主茎からでての 1 次側枝数

^vブラスチング蕾を含む二次小花と三次小花の総数

^u開花小花と長さ 3 cm 以上に生長した蕾

^t二次小花と三次小花におけるブラスチング蕾数/全花蕾数で算出

^s標準偏差 (n=24)

^f** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

考 察

本節は、定植後の一定期間に暖房による加温を必要としない西南暖地の冬出し栽培において、ハウスの換気で温度調節が可能な昼温に着目し、高昼温管理による生育の促進と DIF の効果を明らかにした。さらに、実際栽培における収穫期の遅延回避と草丈の確保について検討した。

温度制御条件を夜温 15℃一定にした場合、昼温 30℃では昼温 25℃と比較して定植から発蕾までの草丈の伸長と節数の増加が早くなり (図 2-1-2)、発蕾日と収穫日も早くなった (表 2-1-2)。植物の節間伸長の総和である草丈の伸長の大きさは、昼間と夜間の温度差 (DIF) が影響することが明らかにされている。昼温が夜温より高い正の DIF で草丈の伸長が促進され、昼温が夜温より低い負の DIF ではそれが抑制され、正の DIF では昼夜温の差が大きいかほど節間伸長が促進されることが、多くの植物で報告されている (腰岡・Moe, 1999)。本実験では、昼温 25℃区は +10℃DIF、昼温 30℃区は +15℃DIF となり、正の DIF 値が高い昼温 30℃区では、昼温 25℃区に比べて節間伸長が促進された (図 2-1-3, 表 2-1-1)。一方、植物の生育速度については、DIF の影響は小さく日平均気温が支配することがストック、キンギョソウ、パンジーおよびインパチェンスで明らかにされている (Ito ら, 1997)。本実験では、節数の増加が日平均気温 21.7℃の昼温 30℃

区で日平均気温 19.3℃の昼温 25℃区に比べて有意に早くなる傾向が認められた (図 2-1-2)。これら昼温 30℃区での節間伸長や節数増加の促進効果として、草丈の伸長が昼温 30℃区で昼温 25℃区に比べて早くなったと考えられる。また、実際の冬出し栽培においては、高昼温管理により、抽だい直後に伸びる下位節間長を伸長促進できることは、花芽分化の遅延を伴う主茎抽だい節数の増加がない状態での切り花長の確保に有効と考えられる。昼温 30℃区において、定植 40 日後の抽だい第 5 節間までの節間長が、収穫時の同位置の節間長と有意差が認められず、この間に節間長が決まっていると考えられた (図 2-1-3)。このことから、夜温 15℃の環境下では、昼温 30℃で定植後 40 日程度まで管理すると、下位節間長の伸長促進に有効と考えられる。

地上部の乾物重は、同時期の測定で昼温 30℃区が昼温 25℃区に比べて重く、乾物率は花芽分化期となった定植後 60 日まで、昼温 30℃区が昼温 25℃区に比べて高くなった (表 2-1-3)。また、定植 30 日後の葉の乾物中の全炭素含量は、昼温 30℃区が昼温 25℃区に比べて多くなった。これらのことから、昼温を 25℃から 30℃に高くすると生育が促進され、乾物生産も高まると考えられる。トルコギキョウの個葉光合成適温は、大気二酸化炭素濃度下では 25~30℃ (牛尾ら, 2007) と報告されていることから、高昼温管理で物質生産自体が高まったと推察される。

茎径は、試験1では同一日の測定では差は認められなかったが、収穫時の測定では、収穫日が遅かった昼温25℃区で昼温30℃区と比較して有意に大きくなった(表2-1-2)。この差は、茎の肥大成長が収穫時まで続くことによるものと考えられ、茎の肥大に対する昼温の影響は小さいと考えられた。一方、試験2では定植46日後の調査で、換気30℃区の茎径が換気25℃区に比べて有意に大きかった(表2-1-4)。試験1の定植45日後で茎径に差がなく、試験2で差が認められたのは、換気頻度の違いに伴う湿度や風などの昼夜の温度以外の環境要因によるものと考えられる。

有効側枝および花蕾数は、試験1で差は認められず、生育初期の昼温の影響は小さいと考えられる。

次に花芽分化と発蕾・開花についてみると、自然光型ファイトトロンで行った試験1では、昼温30℃区が昼温25℃区に比べて節数が少なく、発蕾日と開花日はともに早くなった(表2-1-1)。しかし、ガラス温室でハウス内の昼温を変えて行った試験2では、発蕾日に差が無かった(表2-1-4)。平均夜温は、試験2では18℃程度と試験1の15℃程度に比べて高かった。このため、試験2では花芽分化に及ぼす昼温の影響が小さかったと考えられる。これまでの報告では、‘あずまの粧’において定植直後からビニルでトンネル被覆した高昼温管理で、花芽分化促進が確認されている(坂井ら, 1994)。同じ‘あずまの粧’を活着後の生育初期に30℃換気で管理した報告では、25℃換気での管理と比較して開花は早い、収穫時の主茎の節数は1節多くなると報告されている(吾妻・高野, 1996)。一般に、DIFが花成反応自体に及ぼす影響は小さいとされている。しかし、アフリカンマリーゴールド(道園ら, 2010)およびトルコギキョウ(道園ら, 2006; 岸本ら, 2009)において、暗期開始時の短時間昇温処理を行うと、発蕾までの日数が短くなることが報告されている。試験1では、暗期に入ってから19時までは、昼温30℃区の気温が昼温25℃区に比べて高かった(図2-1-1)。一方、試験2では16時以降の気温に差がなかった(図2-1-4)。このように、試験1と試験2では、昼夜温度差とともに暗期開始時の温度および平均夜温の条件が異なっていたことが発蕾日に影響したとも考えられ、今後更に検討する必要がある。

実際に、生育初期のガラス温室の換気設定温度を30℃にした場合の収穫期と切り花品質を、定植日9月22日と9月29日の2回の栽培で検討した結果、収穫期は9月22日定植で2月上旬、9月29日定植で2月中旬、切り花品質は定植後のジベレリン処理なしで切り花長80cm以上、切り花重40g以上確保された。定植日の違いによる切り

花品質への影響は、商品花蕾数はプラスチング発生の影響で差はなかったが、9月29日定植が9月22日定植に比べて切り花重が重く、茎径は太く、切り花ボリュームに優れた。このことから、高昼温管理は日長が短く、夜温が低い時期での効果が高いと考えられる。

以上の結果から、トルコギキョウでは草丈の伸長に対して正のDIFの効果が認められ、夜温15℃の環境下では、定植後40日程度までの昼温を30℃で管理すると下位節間長の伸長促進に有効であること、高昼温管理で平均気温が確保され生育速度が早まるとともに物質生産自体が高まることが認められた。これらのことから、生育初期の高昼温管理は、冬出し栽培で問題となっている生育遅延回避と切り花長の確保に有効であることが示された。

第2節 花芽形成期における日射量と栽培温度の影響

前節において、トルコギキョウでは草丈の伸長に対して正のDIFの効果が認められ、夜温15℃の環境下では、定植後40日程度までの昼温を30℃で管理すると下位節間長の伸長促進に有効であること、高昼温管理で平均気温が確保され生育速度が早まるとともに物質生産自体が高まることが認められた。これらのことから、生育初期の高昼温管理は、冬出し栽培で問題となっている生育遅延回避と切り花長の確保に有効であることが示された。

しかし、花芽分化以降の栽培温度の影響についての詳細は未だ明らかになっていない。熊本県における冬出し栽培の花芽形成期は、低温、短日、低日照期に向かう10月下旬～12月中旬にあたり、年によって日射量および気温が異なる気候の年次変動が大きい季節である。そのため、この季節の日射量が少ない年や低温となる時期が早い年は、開花遅延またはプラスチング(図2-2-1)の発生による収穫期の遅延、さらに切り花品質の低下が問題となる。また、熊本平野で日最低気温の平均がトルコギキョウの夜温の適正加温とされている15℃(塚田ら, 1982)を下回るのは10月下旬以降で、冬出し栽培では花芽形成期以降に夜間の暖房による加温が必要となる。そこで本節では、気候の年次変動に対応できる花芽形成期の栽培温度管理を明らかにすることを目的に、発育ステージが花芽分化～蕾長8mm程度(萼片は含まない)までとした花芽形成期について、試験1では、花芽形成期が長日・高日照期となる8月上旬定植・11月出し作型で栽培温度および日射量が花芽発育速度、収穫時の切り花品質と小花形質およびプラスチングの発生に及ぼす影響を主茎頂花と一次小花で検証した。次ぎに試験2では、低温、短日、低日照期に向かう実際の冬出し作型・9月中

旬定植で栽培温度の影響について二次小花で検証した。さらに、試験3では、昼温30℃の遭遇時間と平均気温の影響について、試験4では30℃に遭遇する時間帯の影響について二次小花で検証した。

材料および方法

試験1. 栽培温度と日射量が開花と小花形質および切り花形質に及ぼす影響

耕種概要

2009年5月16日に粒状育苗培土(くみあい園芸用育苗培土MKK野菜用1号, 南九州化学工業, N: P₂O₅: K₂O=200: 4, 800: 200 mg・L⁻¹)とパーミキュライトを3:1(容量比)とした用土を詰めた288穴セルトレーに播種し, 吸水種子低温処理(10℃, 35日間)後, 夜間冷房育苗(16~8時の設定温度14℃, 8時間日長, 48日間)を行った。この苗を8月7日に粒状育苗培土とパーミキュライトを3:1(容量比), 基肥として緩効性肥料(CDU化成S555, ジェイカムアグリ, N: P₂O₅: K₂O=15: 15: 15)を窒素レベルで300 mg・L⁻¹となるように混合した用土を1.2 L入れた直径14 cmのポットに定植した。定植直後から上記のファイトトロンに搬入して, 底面給水で管理した。主茎頂花の蕾長が8 mm程度に達した日は, 昼温25℃/夜温20℃の遮光なしが10月7日, 遮光ありが10月12日, 昼温30℃/夜温15℃の遮光なしが10月9日, 遮光ありが10月13日, 昼温25℃/夜温15℃の遮光ありが10月18日であった。頂花着花節から2節下から発生した一次側枝と二次側枝より上位の側枝は, 慣行栽培に従い栽培中に摘枝した。

試験区の概要

第1節と同じ自然光型ファイトトロンを使用し, 変温の時間設定も同様とした。試験は, 定植28日後から主茎頂花の蕾が長さ8 mm程度(萼は含まない)に生育するまでの栽培温度を昼温25℃/夜温15℃(平均気温19.5℃), 昼温30℃/夜温15℃(平均気温21.5℃), 昼温25℃/夜温20℃(平均気温22.2℃)の3区, 日射量は遮光率50%の寒冷紗を被覆した50%遮光と遮光なしの2区, この組み合わせによる計6区で行った。なお, 定植後から28日間は昼温28℃/夜温20℃, 主茎頂花の蕾が長さ8 mm程度に生育した時~収穫時(一次小花開花揃い)までは昼温25℃/夜温15℃, 遮光なしで栽培した。日長条件は自然日長とした。

調査項目

調査は, 主茎頂花と一次小花で行い, 主茎頂花の発蕾日と開花日, 一次側枝の最初に開花する頂花(以下, 一次小花第1花)の開花日を測定した。収穫を主茎頂花と一次小花の開花揃いに行い, 切り花長(切り口から切り花

の先端までの長さ), 切り花重, 主茎長, 茎径, 主茎頂花着花節, 有効側枝数(収穫時に長さ3 cm以上の蕾を有した一次側枝), 商品花蕾数(開花小花および3 cm以上の蕾), プラスチング蕾数, 主茎頂花と一次小花の花弁数と花径を測定した。調査個体数は, すべて1区あたり16個体とした。

試験2. 栽培温度が開花と小花形質および切り花形質に及ぼす影響

耕種概要

2009年6月24日に粒状育苗培土(くみあい園芸用育苗培土MKK野菜用1号, 南九州化学工業, N: P₂O₅: K₂O=200: 4, 800: 200 mg・L⁻¹)とパーミキュライトを3:1(容量比)とした用土を詰めた288穴セルトレーに播種し, 吸水種子低温処理(10℃, 35日間)後, 夜間冷房育苗(16~8時の設定温度14℃, 8時間日長, 48日間)を行った。この苗を9月15日に粒状育苗培土とパーミキュライトを3:1(容量比), 基肥として緩効性肥料(CDU化成S555, ジェイカムアグリ, N: P₂O₅: K₂O=15: 15: 15)を窒素レベルで300 mg・L⁻¹となるように混合した用土を0.8 L入れた直径15 cmのポットに定植した。定植直後から上記のファイトトロンに搬入して, 底面給水で管理した。試験温度での栽培開始と終了は, ポットを移動することで実施した。試験温度で栽培した期間は, 昼温25℃/夜温15℃は11月24日開始, 昼温25℃/夜温10℃は11月19日~12月28日, 昼温30℃/夜温15℃は11月30日~1月2日, 昼温30℃/夜温10℃は11月19日~12月23日であった。光条件は自然日長とし, 慣行栽培に従い主茎頂花および一次側枝頂花は花蕾長が5 mm(萼片を含まない)程度に成長した時に摘蕾した(図2-2-2)。

試験区の概要

第1節と同じ自然光型ファイトトロンを使用し, 変温の時間設定も同様とした。本試験は, 二次小花の花芽分化期以降の栽培温度の影響を調査するため, 検鏡により二次側枝の最初に開花する頂花(以下, 二次小花第1花)が, 主茎頂花の発蕾時(萼片が見えたとき)に花芽分化開始時期(萼片形成期)であることを確認した(図2-2-2)。その上で, 主茎頂花の発蕾期から全ての二次小花の蕾が長さ8 mm程度(萼片は含まない)に生育するまでの栽培温度を昼温25℃/夜温10℃(平均気温16.7℃), 昼温30℃/夜温15℃(平均気温18.7℃), 昼温25℃/夜温15℃(平均気温19.5℃), 昼温30℃/夜温15℃(平均気温21.5℃)とした4区で行った。なお, 定植後から主茎頂花発蕾までは昼温30℃/夜温15℃, 二次小花の蕾長8 mm程度から収穫時(二次小花開花揃い)までは昼温25℃/夜温15℃で栽培し

た。

調査項目

調査は、二次小花で行い、主茎頂花の発蕾日および二次小花第1花の開花日、切り花形質は二次小花の開花揃いに収穫して、切り花長（切り口から切り花の先端までの長さ）、切り花重、主茎長、茎径、有効側枝数（収穫時に長さ3 cm以上の花蕾を有した一次側枝）、商品花蕾数（開花小花および3 cm以上の蕾）、プラスチック蕾数、二次小花の花弁数と花径を測定した。調査個体数は、すべて1区あたり16個体について行った。

試験3. 昼温30℃の遭遇時間と平均温度が開花と花弁数および切り花形質花弁数に及ぼす影響

耕種概要

2011年6月30日に粒状育苗培土（くみあい園芸用育苗培土MKK野菜用1号，南九州化学工業，N: P₂O₅: K₂O=200: 4,800: 200 mg・L⁻¹）とパーミキュライトを3: 1（容量比）とした用土を詰めた288穴セルトレーに播種し、吸水種子低温処理（10℃，35日間）後、夜間冷房育苗（16～8時の設定温度14℃，8時間日長，56日間）を行った。この苗を9月29日に粒状育苗培土とパーミキュライトを3: 1（容量比）、基肥として緩効性肥料（CDU化成S555，ジェイカムアグリ，N: P₂O₅: K₂O=15: 15: 15）を窒素レベルで300 mg・L⁻¹となるように混合した用土を0.8L入れた直径15 cmのポットに定植した。花芽分化を揃えることを目的に、電照を10月11日～10月26日まで、22～3時に白熱電球を点灯する5時間の暗期中断で行った。試験温度での栽培開始と終了は、ポットを移動することで実施した。なお、主茎頂花および一次側枝頂花は、花蕾長が5 mm（萼片を含まない）程度に成長した時に摘蕾した（図2-2-2）。

試験区の概要

二次小花の花芽分化期以降の昼温30℃の遭遇時間と平均温度が花弁数に及ぼす影響を調査するため、主茎頂花の発蕾期となった2011年11月18日までガラス温室で管理を行い、その後は、12時間日長（放射照度測定値: 約0.1 mW・cm⁻²）とした人工気象器（日本医化器械製LPH-3PH-SH）内で管理した。その際、検鏡により主茎頂花の発蕾期に二次小花第1花が花芽分化開始時期（萼片形成期）であることを確認した。試験は、主茎頂花発蕾（11月18日）から二次小花の蕾が長さ8 mm程度（萼片を含まない）に生育するまでを3台の人工気象器を用いて、図2-2-3で示した4つの異なる温度管理を行い、その後全ての植物は、25℃/20℃（明期/暗期）に設定した1台の人工気象器内で管理した。

調査項目

調査は、二次小花で行い、二次小花の花蕾長が8 mmに到達した日、二次小花第1～3花の開花日および花弁数、切り花形質は二次小花と三次小花の開花揃いに収穫して、切り花長（切り口から二次小花の先端までの長さ）、切り花重、主茎長、茎径、主茎頂花の着花節、商品花蕾数（開花小花および3 cm以上の蕾）、プラスチック蕾数を測定した。調査個体数は、すべて1区あたり24個体について行った。

試験4. 明期における昼温30℃の遭遇時間帯が開花と花弁数に及ぼす影響

耕種概要

試験3の試験終了株を用いた二度切り栽培とした。試験3の終了後に切り戻し、夜温10℃加温のガラス温室で管理を行い、2012年2月24日～3月8日までガラスハウス内に設置したビニルハウス内で蒸し込み処理を行い、その後は主茎頂花発蕾期となった4月11日まで夜間暖房設定温度を8℃としたガラス温室で管理した。試験温度での栽培開始と終了は、ポットを移動することで実施した。なお、主茎頂花および一次側枝頂花は、花蕾長が5 mm（萼片を含まない）程度に成長した時に摘蕾した（図2-2-2）。

試験区の概要

二次小花の花芽形成期の明期における昼温30℃の遭遇時間帯が開花と花弁数に及ぼす影響を調査するため、主茎頂花の発蕾期となった2012年4月11日までガラス温室で管理を行い、その後は、12時間日長（放射照度測定値: 約0.1 mW・cm⁻²）とした人工気象器（日本医化器械製LPH-3PH-SH）内で管理した。試験は、主茎頂花発蕾揃いとなった4月11日から二次小花の蕾が長さ8 mm程度（がくは含まない）に生育した5月11日までの1ヶ月間を2台の人工気象器を用いて、明期を5～19時（14時間）、暗期を19～5時（10時間）として、暗期は20℃一定とし、明期における30℃・4時間の遭遇時間帯を9～13時とした午前30℃遭遇区と15～19時とした午後30℃遭遇区の2区を設けた。なお、30℃遭遇時間帯以外の明期は25℃とした。その後は、25℃/20℃（明期/暗期）とした1台の人工気象器で管理した。

調査項目

調査は、二次小花で行い、二次小花第1花の開花日と全ての二次小花の花弁数を測定した。調査個体数は、すべて1区あたり14個体について行った。

結 果

栽培温度と日射量が開花と小花形質および切り花形質

に及ぼす影響（試験1）

試験期間中のハウス内気温

本試験期間中の各試験区のファイトロン内気温測定値の平均昼温/平均夜温は、昼温 25℃/夜温 15℃区で 24.8/15.4℃、昼温 30℃/夜温 15℃区で 28.7/14.8℃、昼温 25℃/夜温 20℃区で 25.0℃/20.1℃であった。

開花、小花形質および切り花形質

試験開始時（定植 28 日後）の草丈は 12.0 cm、主茎長は 8.1 cm、ロゼット節数が 3 節、抽だい節数が 3.7 節であった。主茎頂花の発蕾日と着花節に有意な差が認められなかった。開花日は、主茎頂花と一次小花第 1 花ともに栽培温度と日射量の影響を受け、栽培温度については平均気温が最も高い昼温 25℃/夜温 20℃区が最も早く、日射量についてはどの温度処理区も 100%が 50%に比べて早かった（表 2-2-1）。なお、主茎頂花と一次小花の開花揃いとした収穫期は、11 月 11 日～11 月 25 日となった。

切り花形質は、調査した全ての項目で栽培温度の影響を受け、昼温 25℃/夜温 15℃区で切り花長と主茎長は長く、切り花重は重く、茎径は太く、主茎頂花着花節は高く、商品花蕾数は多く、切り花ポリュウムに優れた。有効側枝数は、昼温 25℃/夜温 20℃区が他の区に比べて少なく、プラスチック花蕾数は、日射量 100%では試験区間に差は認められなかったが、日射量 50%では昼温 30℃/夜温 15℃区が多かった。日射量の影響は、茎径と商品花蕾数およびプラスチック蕾数で差が認められ、日射量 100%区が 50%区に比べて、茎径は太く、商品花蕾数は多く、プラスチック蕾数は少なくなる傾向が認められた（表 2-2-2）。

小花形質について見ると、花弁数は栽培温度の影響を受け、昼温 25℃/夜温 15℃区が最も多く、昼温 30℃/夜温 15℃区が最も少なかった。花径は、主茎頂花で栽培温度と日射量の影響を受け、栽培温度では昼温 25℃/夜温 15℃区が最も大きく、日射量 100%区が 50%区に比べて大きかった。プラスチックの発生率は、栽培温度は昼温 30℃/夜温 15℃区が最も多く、日射量は 50%区が 100%区に比べて多かった（表 2-2-3）。

栽培温度が開花と小花形質および切り花形質に及ぼす影響（試験2）

試験期間中のハウス内気温

本試験期間中の各試験区のファイトロン内気温測定値の平均昼温/平均夜温は、昼温 25℃/夜温 10℃区が 25.4/9.7℃、昼温 30℃/夜温 10℃区が 29.0/10.9℃、昼温 25℃/夜温 15℃区が 24.4℃/14.7℃、昼温 30℃/夜温 15℃区が 28.4℃/14.5℃であった。

開花、小花形質および切り花形質

主茎頂花発蕾日から二次小花第 1 花の開花までに要した日数は、昼温 30℃区が昼温 25℃区に比べて少なかった（表 2-2-4）。収穫期は 1 月 28 日～2 月 14 日となった。

切り花形質は、夜温 15℃区が夜温 10℃区に比べて切り花長と主茎長は長く、切り花重は重かった（表 2-2-5）。

二次小花第 1 花の小花形質について見ると、花弁数は昼温 25℃区が昼温 30℃区に比べて有意に多く、花径に有意な差は認められなかった。

プラスチック発生率は、昼温 25℃/夜温 15℃区が最も高く、昼温 25℃/夜温 10℃が最も低く、プラスチック蕾数は夜温 10℃区が夜温 15℃区に比べて有意に少なく、正常花蕾数は昼温 25℃/夜温 10℃が最も多く、昼温 25℃/夜温 15℃が最も少なかった（表 2-2-4）。

昼温30℃遭遇時間と平均気温が開花と花弁数および切り花形質に及ぼす影響（試験3）

主茎頂花発蕾～二次小花花蕾長が 8mm に生育するまでに要した日数は、明期 30℃・4 時間-25℃・8 時間/暗期 20℃区が最も多く、明期 30℃・8 時間-25℃・4 時間/暗期 25℃区が最も少なかった。開花日は、明期 30℃・4 時間-25℃・8 時間/暗期 20℃区が最も遅く、明期 30℃・8 時間-25℃・4 時間/暗期 25℃区が最も早かった（表 2-2-6）。

花弁数は、明期 30℃・4 時間-25℃・8 時間/暗期 20℃区が他の区に比べて有意に多かった（表 2-3-7）。

切り花形質は、明期 30℃・8 時間-25℃・4 時間/暗期 25℃区が、切り花長は長く、切り花重は重く、茎径は太く、正常花蕾数は多く、切り花ポリュウムに優れた（表 2-3-8）。

明期における昼温30℃の遭遇時間帯が開花と花弁数に及ぼす影響（試験4）

二次小花第 1 花の開花日と二次小花の花弁数は、試験区間に有意な差はなかった（表 2-2-9）。



図2-2-1 ブラスチング蕾 (右) とブラスチング発生株 (左)

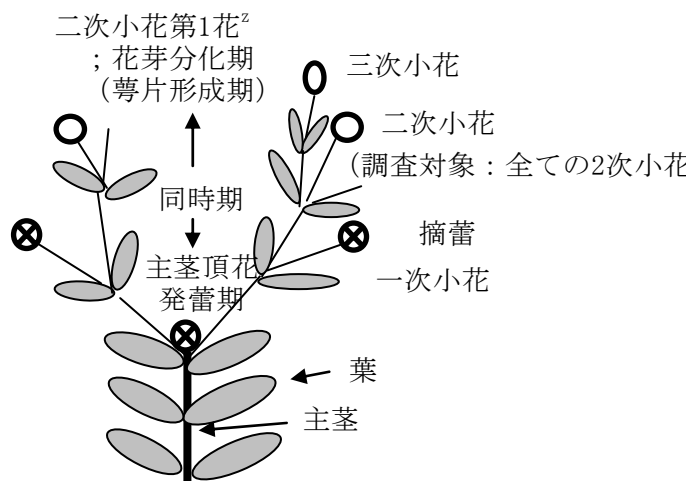


図2-2-2 熊本県における冬出し栽培トルコギキョウの
小花と発育ステージとの関係

²2次小花で最初に発蕾した小花を2次小花第1花とした

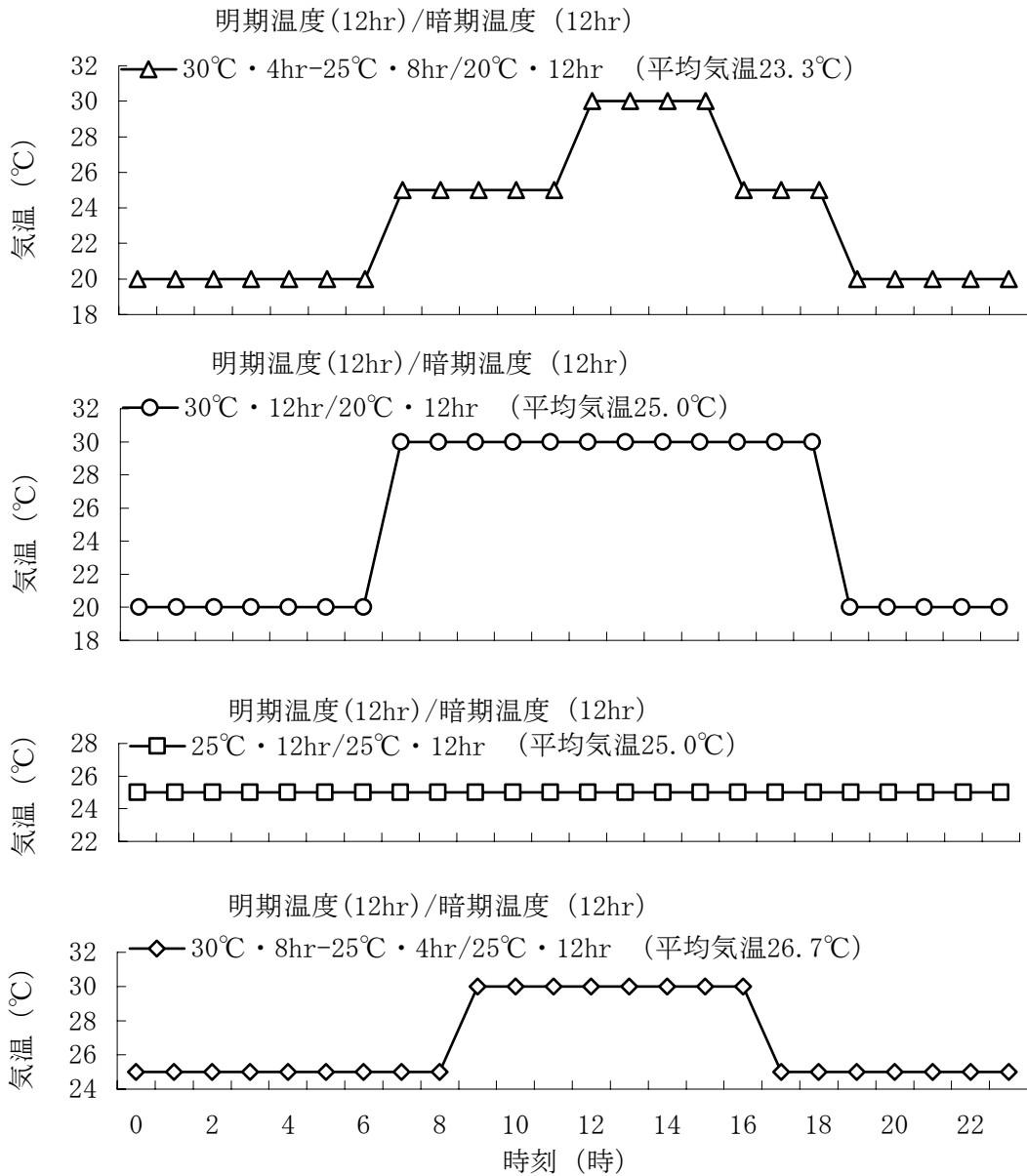


図2-2-3 人工気象器を用いた実験での設定温度 (試験3)

表2-2-1 主茎頂花の花芽形成期における栽培温度および日射量が主茎頂花着花節と発蕾および開花日に及ぼす影響（試験1）

試験区			主茎頂花 着花節	主茎頂花 発蕾日	主茎頂花 開花日	一次小花 第1花開花日
栽培温度 (昼温/夜温)	平均気温	日射量 ^z	(節)	(月.日)	(月.日)	(月.日)
25°C/15°C	19.5°C	100%	10.6	10.3	11.14 ab ^x	11.20 ab
		50%	10.6	10.3	11.18 a	11.21 a
30°C/15°C	21.5°C	100%	10.1	9.27	11.5 bc	11.13 bc
		50%	10.5	9.27	11.17 ab	11.19 ab
25°C/20°C	22.2°C	100%	9.7	9.28	11.2 c	11.8 c
		50%	10.1	9.29	11.10 abc	11.15 abc
F検定 ^y			NS	NS	**	**

^z自然日射量に対する日射量の割合 100%：遮光なし
50%：遮光率50%の寒冷紗による遮光

^x**：1%水準で有意，*：5%水準で有意，NS：有意差なし

^w異なる英小文字は，Tukey法で5%の有意差があることを示す

表2-2-2 主茎頂花の花芽形成期における栽培温度が切り花形質に及ぼす影響（試験1）

試験区			切り花長 ^z	切り花重	主茎長	茎径 ^y	有効 ^x 側枝数	商品 ^w 花蕾数	プラスチック ^v 蕾数
栽培温度 (昼温/夜温)	平均 気温	日射量	(cm)	(g)	(節)	(cm)	(本)	(個)	(個)
25°C/15°C	19.5°C	100%	103.9 a ^u	57.5 a	73.4 a	4.9 a	2.8	5.4 a	1.7 b
		50%	102.3 a	50.0 ab	75.0 a	4.6 ab	2.8	4.7 ab	2.8 ab
30°C/15°C	21.5°C	100%	100.0 ab	51.2 ab	71.8 ab	4.6 ab	2.8	5.3 a	1.7 b
		50%	99.9 ab	45.4 b	72.6 ab	4.3 b	3.0	3.6 c	4.3 a
25°C/20°C	22.2°C	100%	91.5 b	41.0 bc	63.7 b	4.3 b	2.3	4.8 abc	1.5 b
		50%	96.6 ab	43.6 b	68.8 ab	4.3 b	2.4	4.0 bc	2.0 b
F検定 ^y			**	**	**	**	NS	**	**

^z切り口から切り花の先端までの長さ

^y頂花着花節から3節下の節間を測定

^x収穫時に開花小花および長さ3 cm以上に生長した蕾をつけた主茎からでてくる一次側枝数

^w開花小花と長さ3 cm以上に生長した蕾

^v**：1%水準で有意，*：5%水準で有意，NS：有意差なし

^u異なる英小文字は，Tukey法で5%の有意差があることを示す

表2-2-3 主茎頂花の花芽形成期における栽培温度が主茎頂花と一次小花の
小花形質とプラスチックの発生に及ぼす影響 (試験1)

試験区			主茎頂花			一次小花		
栽培温度 (昼温/夜温)	平均 気温	日射量	花弁数 (枚)	花径 (mm)	プラスチック ^z 発生率 (%)	花弁数 ^y (枚)	花径 ^y (mm)	プラスチック ^x 発生率 (%)
25°C/15°C	19.5°C	100%	16.2 a ^v	82.5	6.3	15.7 a	75.6	11.4
		50%	14.2 ab	74.7	37.5	14.2 ab	67.3	24.4
30°C/15°C	21.5°C	100%	10.6 c	73.6	37.5	10.2 c	64.0	17.8
		50%	11.5 bc	71.2	71.4	11.7 bc	68.8	51.2
25°C/20°C	22.2°C	100%	12.7 bc	74.2	6.7	12.2 b	67.0	13.9
		50%	13.6 abc	70.7	56.3	13.4 ab	67.2	26.3
F検定 ^w			**	NS	-	**	NS	-

^zプラスチック発生株数/調査株数

^y一次小花第1花の花弁数および花径

^xプラスチック花蕾数/全花蕾数

^w** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^v異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

表2-2-4 二次小花花芽形成期の栽培温度が二次小花の開花と小花形質および
プラスチックの発生に及ぼす影響 (試験2)

試験区		発蕾日 ^z ～ 開花日	花弁数 ^y (枚)	花径 ^y (mm)	正常 花蕾数 (個)	プラスチック ^a 蕾数 (個)	プラスチック ^x 発生率 (%)
栽培温度 (昼温/夜温)	平均 気温	(日)					
25°C/10°C	16.7°C	70.3 a ^v	13.2 a	75.0	4.5 a	2.0 b	30.6
30°C/10°C	18.7°C	64.9 ab	10.9 b	78.7	3.8 ab	3.0 b	44.3
25°C/15°C	19.5°C	70.9 a	14.9 a	81.0	1.8 b	5.8 a	76.5
30°C/15°C	21.5°C	60.9 b	11.0 b	74.6	3.2 ab	5.8 a	64.2
F検定 ^w		**	**	NS	**	**	-

^z主茎頂花発蕾日～二次小花第1花開花日までの日数

^y二次小花第1花の花弁数および花径

^xプラスチック花蕾数/全花蕾数

^w** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^v異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

表2-2-5 二次小花花芽形成期の栽培温度が切り花形質に及ぼす影響 (試験2)

試験区		収穫日 (月. 日)	切り花長 ^z (cm)	切り花重 (g)	主茎長 (cm)	茎径 ^y (mm)	有効 ^x 側枝数 (本)
栽培温度 (昼温/夜温)	平均 気温						
25°C/10°C	16.7°C	2. 7 a ^w	122.6 b	124.2 b	82.8 c	6.2	3.8
30°C/10°C	18.7°C	1.31 b	129.1 ab	126.5 b	87.5 bc	6.0	4.0
25°C/15°C	19.5°C	2.11 a	137.2 a	133.3 ab	97.7 ab	6.1	4.1
30°C/15°C	21.5°C	1. 3 b	140.1 a	156.4 a	102.7 a	6.3	4.7
F検定 ^x		**	**	**	**	NS	NS

^z切り口から切り花の先端までの長さ

^y頂花着花節から3節下の節間を測定

^x** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^w異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

表2-2-6 二次小花花芽形成期の栽培温度が二次小花の花芽発育および開花日に及ぼす影響 (試験3)

試験区		平均 気温	二次小花 花蕾長 8 mm到達日 (月. 日)	開花日		
栽培温度 (明期/暗期)				第1花 (月. 日)	第2花 (月. 日)	第3花 (月. 日)
30°C・4hr-25°C・8hr/20°C		23.3°C	12.12 a ^y	1. 3 a	1. 5 a	1. 8 a
30°C・12hr	/20°C	25.0°C	12.10 b	12.31 b	1. 2 b	1. 4 b
25°C・12hr	/25°C	25.0°C	12. 9 b	1. 1 ab	1. 3 b	1. 4 b
30°C・8hr-25°C・4hr/25°C		26.7°C	12. 8 c	12.28 c	12.29 c	12. 3 c
F検定 ^z			**	**	**	**

^z** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^y異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

表2-2-7 二次小花花芽形成期の栽培温度が二次小花の花弁数に及ぼす影響 (試験3)

試験区		花弁数				
栽培温度 (明期/暗期)	平均 気温	第1花 (枚)	第2花 (枚)	第3花 (枚)	2次小花 全花 (枚)	
30°C・4hr-25°C・8hr/20°C	23.3°C	16.3 a ^y	15.8 a	14.5 a	15.8 a	
30°C・12hr /20°C	25.0°C	14.0 b	12.0 b	12.7 b	12.9 bc	
25°C・12hr /25°C	25.0°C	14.5 b	13.3 b	12.8 b	13.4 b	
30°C・8hr-25°C・4hr/25°C	26.7°C	13.9 b	12.4 b	11.2 b	12.1 c	
F検定 ^z		**	**	**	**	

^z** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^y異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

表2-2-8 二次小花花芽形成期の栽培温度が切り花形質に及ぼす影響 (試験3)

試験区		切り花長 ^z (cm)	切り花重 (cm)	主茎長 (節)	茎径 ^y (cm)	主茎頂花 着花節 (節)	二次小花	
栽培温度 (明期/暗期)	平均 気温						正常 花蕾数 (cm)	プラスチック ^w 蕾数 (個)
30°C・4hr-25°C・8hr/20°C	23.3°C	73.5 ab ^w	41.0 a	45.7	4.0 ab	8.8	2.2 c	0.8
30°C・12hr /20°C	25.0°C	70.0 b	41.0 a	43.1	3.9 b	8.3	2.5 bc	0.6
25°C・12hr /25°C	25.0°C	76.7 a	45.1 a	44.6	4.3 a	8.3	3.1 b	0.6
30°C・8hr-25°C・4hr/25°C	26.7°C	75.8 a	50.8 a	43.7	4.3 a	8.5	4.1 a	0.5
F検定 ^x		**	*	NS	**	NS	**	NS

^z切り口から二次小花の先端までの長さ

^y頂花着花節から3節下の節間を測定

^x** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^w異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

表2-2-9 二次小花花芽形成期の明期における30℃遭遇時間帯が開花日と花弁数に及ぼす影響（試験4）

試験区	二次小花 第1花開花日 (月.日)	二次小花 花弁数 (枚)
午前30℃遭遇区	5.28	13.2
午後30℃遭遇区	5.29	13.0
F検定 ^z	NS	NS

^z** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし



花弁数正常
小花

花弁減少
小花

図2-2-4 花弁数正常小花と花弁減少小花
(品種‘ポレロホワイト’)

考 察

熊本県における冬出し栽培の花芽形成期は、低温、短日、低日照期に向かう10月下旬～12月中旬に当たり、この時期の日射量および気温は年によって変動が大きい。このため、この時期の栽培温度管理の適正化が低コスト安定生産に不可欠である。本節では、昼夜温と日射量が花芽発達と切り花品質に及ぼす影響、実際に冬出し作型期における低夜温と高昼温の組み合わせの影響、さらに高昼温管理における適切な高温遭遇時間と時間帯を順次検討した。

花芽形成期における種々の昼夜温の組み合わせを検討した本節の結果より、トルコギキョウの花芽発達速度は基本的に温度に依存していることが示された。昼夜温と日射量の間接関係を見ると、日射量が多い方が開花は早くな

るがその傾向は昼温が高いほど顕著であった(表2-2-1)。これは、適正な温度条件下では日射量は光合成量を直接左右し、一方、栽培温度は日中の葉温を介して光合成量に影響するものと推察された。さらに、夜温が同じであれば昼温が高いほど開花が早まった。昼温が25℃の場合、夜温15、20℃の間では夜温が高いほど開花が早まったが、夜温10、15℃の間では差は認められなかった(表2-2-1, 表2-2-4)。このことは、花芽発達が平均気温または昼温および夜温だけでなく、昼夜温の組み合わせの影響も受けることを示している。

プラスチング(図2-2-1)とは、花蕾の発達が途中で停止する現象である(竹崎, 2008)。

本節の結果は、トルコギキョウのプラスチング発生には日射量の影響が大きく、日射量の少ない条件で著しくプラスチングの発生率が高まることを示した。日射量の少

ない条件下で花芽の発達が途中で停止する現象は、バラのブラインド枝（大川，1999），グラジオラスのブラインド（小杉・住友，1956）などでも知られており，光合成産物の不足が花芽発達停止の要因の一つであると考えられた．さらに本節では，夜温 10℃におけるプラスチング発生率が夜温 15℃のそれより低いことが見出された．牛尾・福田（2010）は，主茎頂花発蕾後の窒素施肥濃度が高いほどプラスチング発生率も高くなると報告しており，外生的な窒素もまた要因の一つである．夜温 10℃管理の 0～7 時の地温は 10℃であり，この低地温が根の活性を低下させ，窒素吸収が抑制されたことによりプラスチングの発生が抑えられた可能性も考えられた．

切り花形質への影響は調査対象とした小花で異なり，頂花の花芽分化期～花芽形成期を試験期間とした試験 1 では，平均気温が最も低い昼温 25℃/15℃区が切り花重は重く，茎径は太く，商品花蕾数は多く，切り花ボリュームが優れた（表 2-2-2）．一方，主茎頂花発蕾以降の二次小花の花芽形成期を試験期間とした試験 2 では，平均温度が高いほど切り花長は長く，切り花重は重くなる傾向が認められた（表 2-2-5，表 2-2-7）．塚田（1991）は，トルコギキョウでは花芽分化後に，急速に茎伸長する特徴があり，加えて高温によりさらに上部の伸長は促進すると報告している．これらのことから，主茎頂花発蕾以降の主茎および側枝の伸長には平均温度の影響が大きく，与えられた温度条件と茎伸長は，どの器官の伸長時期にどのような温度が与えられるかによって異なり，最終的な切り花長を決定していると考えられた．

花卉数は，日射量の影響は小さく温度の影響が認められた．温度が花器官の形成，特に花卉数に影響することはよく知られており，花き作目においてもバラ（Moe and Kristoffersen, 1969, ; 林, 1998）やカーネーション（Garrod and Harris, 1974）において，より高い温度で花卉が減少することが報告されている．供試品種‘ボレロホワイト’の品種特性が発揮されるために必要最小限の花卉数は 15 枚であるのに対して，夜温に関係なく昼温 30℃の遭遇時間が長いと花卉数は減少した（図 2-2-4）．また，昼（明期）に 30℃遭遇時間がない昼温 25℃管理でも平均気温 25℃では，花卉数は減少した．しかし，明期 30℃の遭遇時間が 4 時間，夜温 20℃，平均気温 23.3℃では，花卉数は減少しなかった（表 2-2-3，表 2-2-4，表 2-2-6，表 2-2-8）．このことは，花卉の減少に栽培温度が関与すること，30℃遭遇時間とより強い関係があることを示している．さらに，平均気温も花卉数に影響するものと考えられた．

以上の結果から，花芽形成期の温度管理は，開花は平

均気温が高いほど早く，また，低夜温管理下では昼温は 25℃より 30℃で早くなること，昼温 30℃で有効側枝数の増加が図れることが示された．しかし，昼温 30℃管理では，夜温 15℃で日射量が少なくとプラスチング発生が高まること，30℃遭遇時間が長いと花卉数の減少することが明らかになり，30℃以上の遭遇時間は短くする必要性が示された．さらに，低温期は，夜温 10℃管理によりプラスチング発生が軽減されることが示された．

これらのことから，花芽形成期の温度管理は，短時間高昼温管理と夜温 10℃とする低夜温管理の組合せが有効であると考えられた．

第 3 節 花芽成熟期における栽培温度の影響

前節までに花芽形成期までの栽培温度について検証を行い，花芽形成期の温度管理は，開花は平均気温が高いほど早く，また，低夜温管理下では昼温は 25℃より 30℃で早くなること，昼温 30℃で有効側枝数の増加が図れることが示された．しかし，昼温 30℃管理では夜温 15℃で日射量が少なくとプラスチング発生が高まること，30℃遭遇時間が長いと夜温に関係なく花卉数の減少することが明らかになり，30℃以上の遭遇時間は短くする必要があることが示された．さらに，低温期は，夜温 10℃管理によりプラスチング発生が軽減されることが示された．これらのことから，短時間高昼温管理と夜温 10℃とする低夜温管理の組合せが有効であることを見出した．しかし，生産現場において低夜温管理を行った切り花は，側枝葉および小花と商品蕾が小さく切り花ボリューム不足が指摘されている．そこで，本節では，花芽形成期以降，すなわち花芽成熟期の栽培温度が及ぼす影響について，低夜温で管理した切り花の開花調節と品質向上を目的に開花，小花形質，切り花形質および収穫後の日持ちについて検証した．

材料および方法

試験 1. 二次小花の花芽成熟期における栽培温度および開花期における夜温が二次小花の開花と切り花形質に及ぼす影響

耕種概要

2009年6月24日に粒状育苗培土（くみあい園芸用育苗培土MKK野菜用1号，南九州化学工業，N: P₂O₅: K₂O=200: 4,800: 200 mg・L⁻¹）とパーミキュライトを3:1（容量比）とした用土を詰めた288穴セルトレーに播種し，吸水種子低温処理（10℃，35日間）後，夜間冷房育苗（16～8

時の設定温度14℃、8時間日長、48日間)を行った。この苗を9月15日に粒状育苗培土とバーミキュライトを3:1(容量比)、基肥として緩効性肥料(CDU化成S555, ジュイカムアグリ, N:P₂O₅:K₂O=15:15:15)を窒素レベルで300 mg・L⁻¹となるように混合した用土を0.8 L入れて、直径15 cmのポットに定植した。定植直後から上記のファイトトロンに搬入して、底面給水で管理した。試験温度での栽培開始と終了は、ポットを移動することで実施した。試験温度での栽培開始した平均日は、花芽成熟期における栽培温度の影響を検証した試験では12月23日、開花期における夜温の影響を検証した試験では2月1日であった。光条件は自然日長とし、主茎頂花および一次小花は、花蕾長が5 mm(萼片を含まない)程度に成長した時に摘蕾した(図2-2-1)。

試験区の概要

第1節と同じ自然光型ファイトトロンを使用し、変温の時間設定も同様とした。試験は、花芽成熟期すなわち二次小花の発蕾期～収穫までの栽培温度を昼温30℃/夜温15℃区(平均気温21.5℃)、昼温25℃/夜温15℃区(平均気温19.5℃)、昼温30℃/夜温10℃区(平均気温18.7℃)、昼温25℃/夜温10℃区(平均気温16.7℃)の4区で行った。さらに、開花期すなわち二次小花の蕾が萼片より長くなる時であり、蕾の色が白色に変わり出す、蕾が膨らみ始めた時～収穫までの栽培温度を昼温25℃/夜温15℃、昼温25℃/夜温10℃の2区で行った。定植後から主茎頂花発蕾までは昼温30℃/夜温15℃、主茎頂花発蕾から二次小花の蕾長8 mm程度までは昼温25℃/夜温15℃で栽培、開花期の夜温の影響を見た試験では、二次小花の蕾長8 mm程度～試験開始までは、昼温25℃/夜温10℃とした。

調査項目

調査は、主に二次小花を対象に行い、主茎頂花の発蕾日および二次小花第1花の開花日、切り花形質は二次小花の開花揃いに収穫して、切り花長(切り口から切り花の先端までの長さ)、切り花重、主茎長、茎径、有効側枝数(収穫時に長さ3 cm以上の蕾を有した一次側枝)、商品花蕾数(開花小花および3 cm以上の蕾)、プラスチック蕾数、二次小花の花弁数と花径を測定した。調査個体数は、すべて1区あたり16個体について行った。

試験2. 一次小花の花芽成熟期の夜温が開花と切り花品質および収穫後の日持ちに及ぼす影響

耕種概要

2010年7月10日に288穴セルトレーに播種し、種子低温処理(10℃、35日間)後、夜間冷房育苗(16～8時、15℃設定、50日間)を行った。この苗を9月29日に基

肥(N:P₂O₅:K₂O=1.5:1.5:1.5 kg・a⁻¹)を施肥した熊本県農業研究センター内のガラス温室に畝幅84 cm、株間12 cm、条間12 cmで、中央1条抜きの6条で定植した。温室の換気設定温度は、定植～10月21日は終日30℃、10月21日～11月12日は午前中30℃、午後25℃、11月12日～12月24日は終日25℃、その後は午前中25℃、午後22℃とした。暖房による加温は、10月21日～12月20日まで夜間10℃、11月12日～収穫まで日中加温(午前9時30分～午前11時30分の2時間を20℃設定)で行った。電照は、10月9日～試験を開始した12月20日までを光源として白熱電球(電照用みのりK-RD 100V 75W、松下電工)を用い、電球は試験区中央の地上120 cmの位置に設置して行った。なお、主茎頂花は蕾長が5 mm(萼片を含まない)程度に生長した時に摘蕾した。

試験区の概要

試験は、ガラス温室内に間口2.6 mのビニルハウスを設置して長さ4 mごとにしきりを設け、夜間暖房設定温度、10℃区、13℃区、15℃区、18℃区の4区を設けた。なお、13℃区、15℃区および18℃区はガラスハウス内のビニルハウスのサイドを17時に閉め、9時に開放して、17～9時は園芸用電気温風器SF-1008A(総和工業(株))にて加温した。10℃区は、ガラスハウス内のビニルハウスのサイドは開放したままとした。試験期間は、二次小花の全てが8 mmとなった12月20日～収穫までとした。

調査項目

調査は、発蕾日、主茎頂花着花節、一次小花第1花開花日、試験開始時(12月20日)と試験開始34日後(1月23日)に全ての一次小花および二次小花の萼片を含まない蕾長、収穫日(一次小花の開花揃)、収穫時に切り花長(切り花基部から開花小花の先端までの長さ)、切り花重、主茎長、茎径(頂花着花位置から3節下の節間を測定)、有効即枝数(開花小花および長さが3 cm以上に生長した蕾をつけた一次側枝)、商品花蕾数(開花小花と長さ3 cm以上に生長した蕾数)、プラスチック蕾数、一次小花第1花の花径、二次小花第1花の蕾長(萼片を含まない)および蕾幅、頂花着花節から発生した一次側枝とその一次側枝から発生した二次側枝のうち短い方の長さ、一次小花第1花と二次小花第1花の花柄長、これらをすべて1区あたり24個体で測定した。

収穫後の日持ちは、切り花長を75 cmに調整した切り花を500 mlの水道水に生け、25℃設定、1,000 Luxに調整した蛍光灯での明期12時間とした恒温温室に静置して、切り花生体重量と萎凋小花の発生数を毎日、すべて1区あたり10個体で測定した。なお、生け水は、測定時に毎日交換した。また、一次小花第1花の花径について生け花

5日後に目視で大きさの違いが確認できたため、再度、測定した。

試験3. 二次小花の花芽成熟期における夜間暖房設定温度を15℃に上げる時期が開花と切り花品質および収穫後の日持ちに及ぼす影響

耕種概要

2011年6月30日に288穴セルトレーに播種し、種子低温処理(10℃, 35日間)後、夜間冷房育苗(16~8時, 15℃設定, 48日間)を行った。この苗を9月21日に基肥(N:P₂O₅:K₂O=1.5:1.5:1.5 kg・a⁻¹)を施肥した熊本県農業研究センター内のガラス温室に畝幅60cm, 株間10cm, 条間10cmで、中央2条抜きの4条で定植した。温室の換気設定温度は、定植時~11月1日までを30℃, その後は23℃とした。暖房による加温は、11月17日~試験開始まで設定温度8℃, 11月17日~収穫まで午前8時30分から15分のみ設定温度20℃で行った。電照は、22~3時に点灯する5時間の暗期中断で、光源として白熱電球を用い10月1日~1月18日まで行った。なお、主茎頂花と二次小花は、蕾長が5mm(萼片を含まない)程度に生長した時に摘蕾した。

試験区の概要

試験は、最低夜温8℃に設定したガラス温室内に間口2.6mのビニルハウスを設置して長さ4mごとにしきりを設け、夜間暖房設定温度を15℃とする日で12月21日区, 1月4日区, 1月18日区および収穫まで8℃区の4区を設けた。12月21日以降は、ガラス温室内のビニルハウスのサイドを17時に閉め、9時に開放して、15℃加温は17~9時に園芸用電気温風器SF-1008A(総和工業(株))を用いて加温した。

調査項目

調査は、主茎頂花の発蕾日と着花節数、試験開始時に全ての二次小花と三次小花の蕾長(萼片は含まない)、二次小花の開花日を測定した。収穫は、二次小花の開花揃いに行い、収穫日と収穫時に切り花長(切り花基部から開花小花の先端までの長さ)、切り花重、主茎長、茎径(頂花着花位置から3節下の節間を測定)、有効側枝数(開花小花および長さが3cm以上に生長した蕾をつけた一次側枝)、商品花蕾数(開花小花と長さ3cm以上に生長した蕾数)、ブラスチング蕾数、一次小花第1花の花径、二次小花第1花の蕾長(萼片を含まない)、これらをすべて1区あたり24個体で測定した。

収穫後の日持ちは、切り花長を75cmに調整した切り花を500mlの水道水に生け、25℃設定、1,000Luxに調整した蛍光灯での明期12時間とした恒温温室に静置して、

切り花生体重と萎凋小花の発生数を毎日、1区あたり10個体で測定した。なお、生け水は、測定時に毎日交換した。

結 果

二次小花の花芽成熟期の栽培温度が開花と切り花形質に及ぼす影響(試験1)

二次小花花芽成熟期の栽培温度の影響(二次小花の発蕾期~収穫)

主茎頂花の発蕾日は、11月17~23日であった。主茎頂花発蕾日~二次小花開花日までの日数は、昼温25℃/夜温10℃区が最も多く、昼温30℃の区に比べて有意に多かった。収穫日は、昼温30℃/夜温15℃区が最も早く、昼温30℃/夜温10℃区と昼温25℃/夜温15℃区は同程度、最も遅かった昼温25℃/夜温10℃区は昼温30℃/夜温15℃区に比べて2週間遅かった(表2-3-1)。正常花蕾数およびブラスチング蕾数に差は無く、小花形質では、花弁数に差はなかったが、花径は夜温15℃区が夜温10℃区に比べて大きい傾向が見られ、同じ昼温では夜温15℃区が夜温10℃区に比べて有意に大きかった(表2-3-1)。切り花品質は、切り花長と主茎長で昼温30℃/夜温15℃が最も長く、最も短かった昼温25℃/夜温10℃に比べて有意に長かった。切り花重、茎径、有効側枝数に差はなかった(表2-3-2)。

二次小花開花期の夜温の影響(二次小花の蕾が萼片より長くなる時期~収穫)

主茎頂花発蕾日~二次小花開花日までの日数に差は無く、小花形質は、花弁数では差は無く、花径では夜温15℃区が夜温10℃区に比べて有意に大きかった(表2-3-3)。収穫日は、夜温10℃区が2月22日、夜温15℃区が2月20日であった(表2-3-4)。切り花品質は、切り花長では夜温15℃区が夜温10℃区に比べて有意に長かった。なお、切り花重および茎径では有意な差はなかった(表2-3-4)。

一次小花の花芽成熟期夜温が開花と切り花品質および収穫後の日持ちに及ぼす影響(試験2)

試験期間中の気温、湿度および日射量

試験期間中の日中のハウス内気温は試験区間に差は無く、夜間(18~8時)の平均気温は、夜温18℃区が17.6±0.2℃, 夜温15℃区が15.0±0.1℃, 夜温13℃区が12.8±0.4℃, 夜温10℃区が11.2±0.8℃であった。夜間(18~8時)の湿度は、夜温18℃区が67.8±2.1%, 夜温15℃区が81.2±1.9%, 夜温13℃区が91.0±1.2%, 夜温10℃

区が $92.1 \pm 9.3\%$ であった。10～13 時の平均日射量は、 $1,533.3 \sim 1,590.3 \text{ mw} \cdot \text{m}^2$ で試験区間に差は認められなかった。

蕾の生長および開花

試験開始時の平均蕾長は、一次小花が 1.7 cm、二次小花が 1.0 cm であった。

試験開始 34 日後の蕾の長さは、試験開始時の蕾長に関係なく、一次および二次小花ともに夜温 15℃区と夜温 18℃区が夜温 10℃区と夜温 13℃区に比べて有意に長かった(表 2-3-5, 図 2-3-1)。主茎頂花の発蕾日～一次小花第 1 花の開花日までの日数は、夜温 15℃区(69 日)と夜温 18℃区(65 日)が夜温 10℃区(79 日)と夜温 13℃区(75 日)に比べて有意に多く、さらに、夜温 10℃区が夜温 13℃区に比べても有意に多かった(表 2-3-6)。収穫日は、夜温 10℃区では 2 月 8 日、夜温 13℃区では 2 月 4 日、夜温 15℃区では 1 月 27 日、夜温 18℃区では 1 月 23 日となった。夜温 10℃区および 13℃区が夜温 15℃区および 18℃区に比べて収穫日は有意に遅く、夜温 10℃区および 13℃区が夜温 15℃区および 18℃区に比べて収穫適期の幅が大きかった(表 2-3-6)。

切り花品質

切り花長は夜温 15℃区が夜温 10℃区および 18℃区に比べて有意に短かった。茎径は夜温 13℃区が他区に比べて有意に小さく、一次側枝と花柄は夜温 10℃区で他区に比べて長くなる傾向が見られた。切り花重、主茎長、二次側枝長、主茎頂花着花節、有効側枝数、下垂、一次小花第 1 花の花径、二次小花第 1 花の萼片を含まない蕾長および蕾幅には、処理区間に差はなかった。しかし、生け花 5 日後の一次小花第 1 花の花径は、夜温 10℃区が 18℃区に比べて有意に小さかった(表 2-3-6, 図 2-3-2)。

収穫後の日持ち

生け花開始 1 日後の相対新鮮重は、夜温 10℃区の 107.5%が夜温 13℃区、15℃区および 18℃区の 113.0～114.6%に比べて低く、収穫後の水揚げは夜温 10℃区が夜温 13℃区、15℃区および 18℃区に比べて劣った。相対新鮮重の生け花開始 2 日目以降の推移は、夜温 15℃区が最も高く推移し、夜温 13℃区と夜温 18℃区は同程度、夜温 10℃区が最も低く推移した。収穫時に開花していた小花における萎凋小花の発生率は、試験区間に差が見られた生け花開始 11 日後で比べると夜温 18℃区が 90.9%と最も高く、次いで夜温 10℃区の 42.9%、夜温 13℃区の 39.1%で、夜温 15℃区が 33.3%と最も低かった(図 2-3-3)。

二次小花の花芽成熟期における夜間暖房設定温度を

15℃に上げる時期が開花と切り花品質および収穫後の日持ちに及ぼす影響(試験 3)

試験開始時の蕾長

試験開始時の二次および三次小花の第 1 花と全小花の平均蕾長はそれぞれ、12 月 21 日開始区では二次小花が第 1 花 1.7 cm と全小花 1.5 cm、三次小花が第 1 花 0.9 cm と全小花 0.8 cm、1 月 4 日開始区では二次小花が第 1 花 3.3 cm と全小花 2.8 cm、三次小花が第 1 花 1.6 cm と全小花 1.4 cm、1 月 18 日開始区では二次小花が 4.2 cm と全小花 3.7 cm、三次小花が第 1 花 2.3 cm と全小花 2.0 cm であった。

開花

二次小花第 1 花の開花日は、12 月 21 日開始区と 1 月 4 日開始区が 1 月 18 日開始区および収穫まで 8℃区と比べて有意に早かった。収穫日は、12 月 21 日区が 2 月 2 日、1 月 4 日開始区が 2 月 1 日、1 月 18 日開始区が 2 月 12 日、収穫まで 8℃区が 2 月 14 日となり、12 月 21 日開始区と 1 月 4 日開始区が 1 月 18 日開始区および収穫まで 8℃区に比べて有意に早かった(表 2-3-7)。

切り花品質

切り花長は、1 月 18 日開始区が最も長く、最も短かった収穫まで 8℃区に比べて有意に長かった。主茎長は試験区間に差は無かった。切り花重と茎径は、1 月 18 日開始区が他区に比べて切り花重は有意に重く、茎径は有意に大きかった。二次小花の花径は、収穫まで 8℃区が他区に比べて有意に小さかった。商品蕾長は、収穫まで 8℃区が 15℃での加温を行った他区に比べて有意に短かった(表 2-3-7)。

収穫後の日持ち

相対新鮮重は、生け花開始 1 日後およびその後の推移ともに 1 月 18 日開始区が最も高く、収穫時に開花していた小花における萎凋小花の発生率は、試験区間に差が見られた生け花開始 10 日後で比較すると 12 月 21 日開始区が 72.4%と最も高く、次いで 1 月 4 日開始区の 65.4%、収穫まで 8℃区の 63.0%で、1 月 18 日開始区が 46.2%と最も低かった(図 2-3-4)。

表2-3-1 二次小花花芽成熟期の栽培温度が二次小花の開花と小花形質およびブラッシングの発生に及ぼす影響 (試験1)

試験区		発蕾日 ^z ～ 開花日	収穫日	花弁数 ^y	花径 ^y	正常 花蕾数	ブラッシング ^g 蕾数	ブラッシング ^g ^x 発生率
栽培温度 (昼温/夜温)	平均 気温	(日)	(月.日)	(枚)	(mm)	(個)	(個)	(%)
25°C/10°C	16.7°C	87.5 a ^v	2.22	15.4	74.6 c	4.1	4.4	52.0
30°C/10°C	18.7°C	75.7 b	2.12	14.6	76.3 bc	4.6	4.5	49.3
25°C/15°C	19.5°C	79.5 ab	2.13	14.9	82.8 ab	3.0	5.5	64.7
30°C/15°C	21.5°C	70.7 b	2.8	15.0	87.1 a	3.6	4.4	55.0
F検定 ^v		**	-	NS	**	NS	NS	-

^z主茎頂花発蕾日～二次小花第1花開花日までの日数

^y二次小花第1花の花弁数および花径

^gブラッシング 花蕾数/全花蕾数

^{**}: 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^v異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

表2-3-2 二次小花花芽成熟期の栽培温度が切り花形質に及ぼす影響 (試験1)

試験区		切り花長 ^z	切り花重	主茎長	茎径 ^y	有効 ^x 側枝数
栽培温度 (昼温/夜温)	平均 気温	(cm)	(g)	(cm)	(mm)	(本)
25°C/10°C	16.7°C	127.6 b ^w	146.0	86.6 b	6.0	3.4
30°C/10°C	18.7°C	137.0 ab	136.2	92.8 ab	6.2	3.6
25°C/15°C	19.5°C	134.3 ab	144.8	89.6 ab	6.2	3.8
30°C/15°C	21.5°C	144.1 a	147.3	100.2 a	6.3	3.8
F検定 ^x		**	NS	**	NS	NS

^z切り口から切り花の先端までの長さ

^y頂花着花節から3節下の節間を測定

^{**}: 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^w異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

表2-3-3 二次小花開花期の夜間温度が2次小花の開花と小花形質に及ぼす影響 (試験1)

試験区		発蕾日 ^z ～ 開花日		花径 ^z
栽培温度 (昼温/夜温)	平均気温	(日)	(枚)	(mm)
25°C/10°C	16.7°C	87.5	15.4	74.6
25°C/15°C	19.5°C	84.9	15.2	81.6
F検定 ^y		NS	NS	**

^z主茎頂花発蕾日～二次小花第1花開花日までの日数

^z二次小花第1花の花弁数および花径

^y** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

表2-3-4 二次小花開花期の栽培温度が切り花形質に及ぼす影響 (試験1)

試験区		収穫日	切り花長 ^z	切り花重	茎径 ^y
栽培温度 (昼温/夜温)	平均気温	(月.日)	(cm)	(g)	(mm)
25°C/10°C	16.7°C	2.22	127.6	146.0	6.0
25°C/15°C	19.5°C	2.20	135.7	148.6	6.3
F検定 ^x		-	*	NS	NS

^z切り口から切り花の先端までの長さ

^y頂花着花節から3節下の節間を測定

^x** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

表2-3-5 試験開始から34日間の夜温が蕾の生長に及ぼす影響 (試験2)

夜温	試験開始時の蕾長 (mm)					
	一次小花				二次小花	
	1.1～1.3 (mm)	1.4～1.6 (mm)	1.7～1.9 (mm)	2.0～2.2 (mm)	0.8～1.0 (mm)	1.1～1.3 (mm)
10°C	2.5 b ^y	3.1 b	3.7 b	4.0 bc	1.8 c	2.4 b
13°C	2.3 b	3.1 b	3.6 b	4.0 c	1.7 c	2.5 b
15°C	3.0 a	3.4 a	3.9 ab	4.3 ab	2.1 b	2.8 a
18°C	3.2 a	3.6 a	4.1 a	4.5 a	2.5 a	3.0 a
F検定 ^z	**	**	**	**	**	**

^z** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^y異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

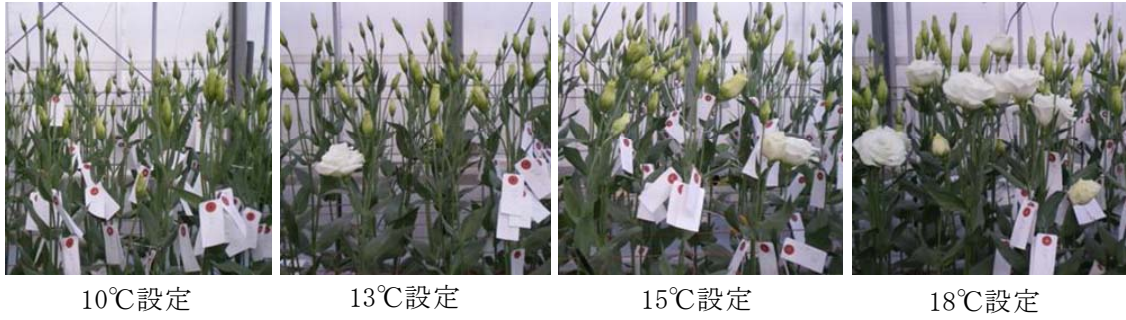


図2-3-1 花芽成熟期の夜温が生育に及ぼす影響
(試験2, 試験開始27日後, 1月16日の状況)

表2-3-6 一次小花花芽成熟期の夜温が一次小花の開花と収穫日および切り花品質に及ぼす影響 (試験2)

夜温	発蕾 ^z ～ 開花		収穫日		切り花長 ^y	切り花重	茎径 ^x	1次 側枝長	2次 側枝長	1次小花 花柄長	2次小花 花柄長	下垂	生け花5日後 一次小花 第1花花径
	(日)	(月.日)	標準偏差	(cm)	(g)	(mm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(mm)
10°C	79 a ^w	2. 8 a ^w	± 6.1	86.6 a	47.8	5.1 a	11.3 a	10.8	12.7 a	10.0 a	23.1	71.7 a	
13°C	75 b	2. 4 a	± 7.2	84.2 ab	45.2	4.8 b	10.1 b	11.0	12.2 ab	9.2 b	23.0	75.1 ab	
15°C	69 c	1.27 b	± 4.2	82.4 b	48.4	5.1 a	10.2 ab	10.3	11.5 b	8.4 c	20.9	75.0 ab	
18°C	67 c	1.23 b	± 4.9	86.4 a	48.9	5.2 a	10.3 ab	10.6	11.9 ab	8.6 bc	21.8	78.6 b	
F検定 ^w	**	**	**	NS	**	**	NS	**	**	NS	**		

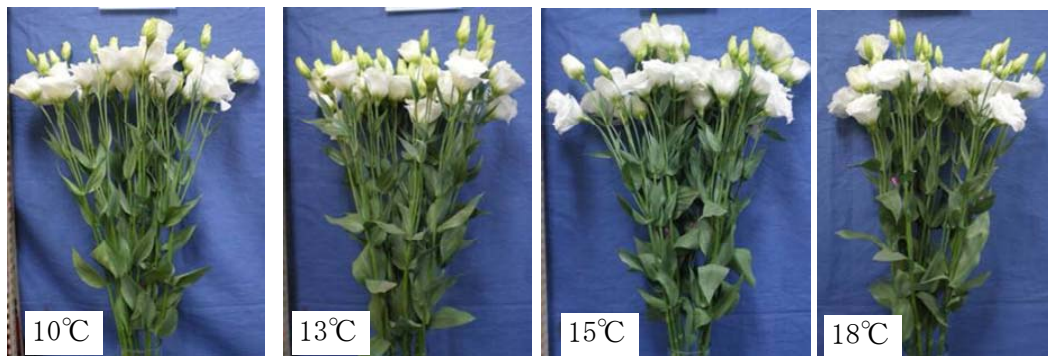
^z主茎頂花発蕾日～一次小花第1花開花日までの日数

^y切り口から切り花の先端までの長さ

^x頂花着花節から3節下の節間を測定

^w** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^v異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す



試験開始 (12月20日) から収穫日までの夜温設定温度

図2-3-2 開花期の夜温が切り花品質に及ぼす影響 (試験2)

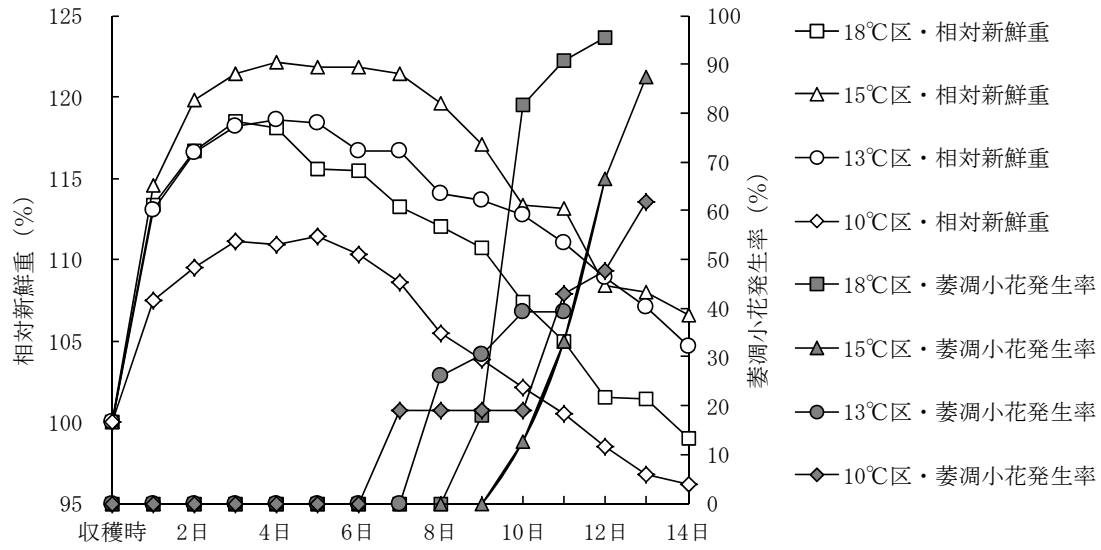


図2-3-3 一次小花花芽成熟期の夜温が生け花後の相対新鮮重および萎凋小花発生率に及ぼす影響 (試験2)

表2-3-7 夜温15°C加温開始時期の違いが開花日と収穫日および切り花品質に及ぼす影響 (試験3)

夜温15°C 開始日	二次小花		切り花長 ^γ (cm)	切り花重 (g)	主茎長 (cm)	茎径 ^γ (mm)	花径		商品花蕾長	
	第1花 開花日	収穫日					二次小花 第1花	全二次 小花	三次小花 第1花	全三次 小花
	(月.日)	(月.日)					(mm)	(mm)	(cm)	(cm)
12月21日	1. 27 b ^γ	2. 2 b	88.1 ab	43.4 b	57.0	4.3 b	66.4 a	65.6 ab	5.1 a	4.6 a
1月 4日	1. 24 b	2. 1 b	88.1 ab	50.3 b	56.8	4.6 b	68.4 a	63.9 b	5.1 a	4.8 a
1月18日	2. 3 a	2.12 a	91.4 a	60.0 a	58.5	5.1 a	69.9 a	67.4 a	5.1 a	4.7 a
収穫まで8°C	2. 6 a	2.14 a	86.4 b	49.0 b	56.3	4.7 b	60.1 b	56.3 c	4.7 a	4.2 b
F検定 ^z	**	**	**	NS	NS	**	**	**	*	**

^z** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^γ異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

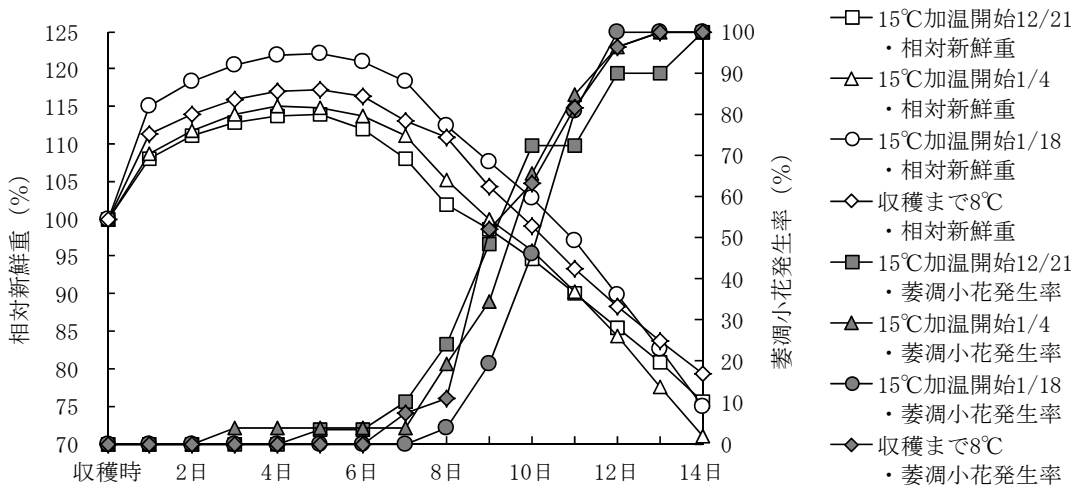


図2-3-4 夜温15°C加温開始時期の違いが生け花後の相対新鮮重および萎凋小花発生率に及ぼす影響 (試験3)

考 察

前節で主茎頂花の花芽分化期以降～花芽形成期までの栽培温度について検証を行い、短時間高昼温管理と夜温10°Cとする低夜温管理との組合せが有効であることを見出した。しかし、生産現場において低夜温管理を行うと収穫期の遅延および側枝葉、小花と商品蕾が小さい切り花ポリュームの不足が指摘されている。そこで、本節では、花芽形成期以降、すなわち花芽成熟期の栽培温度が及ぼす影響について、低夜温で管理した切り花の開花調節と品質向上を目的に開花、小花形質、切り花形質および収穫後の日持ちについて検証した。

花芽成熟期の種々の昼夜温の組み合わせを検討した本節の結果より、トルコギキョウの花芽成熟期の花芽の生育は花芽形成期の花芽の発達と同様に温度に依存していることが示された。試験1の二次小花花芽成熟期を試験期間とした試験では、主茎頂花発蕾～二次小花第1花の開花日までの日数は、昼温と夜温の組合せで異なり、同じ昼温では夜温が高い方が、同じ夜温では昼温が高い方が少なかった(表2-3-1)。一方、主茎頂花の発蕾期以降を夜温10°Cで管理を行い、その後の二次小花の開花期のみの夜温を10°Cと15°Cで比較した試験では、主茎頂花の発蕾日～二次小花開花日までの日数に差はなかった(表2-3-3)。夜温10°Cでの管理したトルコギキョウにおいて、一次小花の花芽成熟期の夜温の影響を検証した試験2では、夜温15°C区と18°C区が夜温10°C区と13°C区に比べて蕾の生育と開花が早かった(表2-3-5, 表2-3-6)。夜温8°C管理から夜温15°Cとする時期の影響を検証した試験3における二次小花第1花の開花日は、15°C加温を二

次小花第1花の蕾長が3.3 cmまでに開始した(12月21日開始区および1月4日開始区)区で15°C加温を二次小花第1花の蕾長が4.2cmから開始した(1月18日開始区)区および収穫まで8°C区に比べて有意に早かった(表2-3-7)。これらのことから、花芽形成期以降の開花に至るまでの日数に及ぼす影響は、蕾長3.3 cmまでの栽培温度の影響が大きく、この期間の夜温は10～18°Cでは高いほど早く、13°Cと15°Cの間で差が大きく、低夜温栽培後の高夜温管理による開花促進効果は、蕾長4.2 cm以降のステージでは夜温の影響は小さいことが明らかになった。

切り花品質に及ぼす影響は、切り花長で差が見られ、試験1の二次小花花芽成熟期における試験では、平均気温が高いほど長く、二次小花開花期における試験では、夜温の違いによる差はなかった。一方、試験2では夜温18°C区と10°C区で長く、試験3では、収穫まで8°C区が最も短かったが試験区間の差は小さかった。花芽分化が終了し、主茎節数が決定した後の切り花長は、主茎の節間長と側枝および花柄長が影響する。トルコギキョウにおける主茎節間長については、伸長する時期は限られおり、昼温30°Cは昼温25°Cに比べて主茎の節間伸長を促進し、正のDIFの効果があることを本研究の第2章第1節で報告している。また、塚田(1991)は、トルコギキョウは最低気温が高いほど茎の伸長が促進し、夜温12～18°Cの範囲では夜温が茎伸長に対して量的に作用し、花芽分化後は急速に茎の伸長が進む特性があることを報告している。これらのことから、試験1の二次小花花芽成熟期の温度管理では、昼温30°C/夜温15°C区で最も長くなったと考えられ、試験2の結果は、DIFと湿度の影響

で夜温 10℃区において一次側枝と花柄が長くなったと考えられ、試験 3 の結果は、主茎長に差が無かったことから、側枝と花柄伸長に夜温が主に影響したと考えられた。切り花重と茎径は、試験 1 および 2 では試験区間の差は小さかったが、15℃加温開始時期の影響を検討した試験 3 では、二次小花第 1 花の蕾長が 4.2 cm の開花期から 15℃加温を開始した (1 月 18 日開始) 区で他区と比べて切り花重は重く、茎径は太く、切り花ボリュームに優れた。小花形質は、花弁数には影響なく、花径に差が見られた。花径は、試験 1 と試験 3 の結果から、開花期の夜温の影響が大きいと考えられ、試験 2 の結果から、花弁の生育は 13℃より低い夜温で抑制されると考えられた。

収穫後の日持ちは、夜温は 10~18℃では 15℃が最も良く、夜温 10℃管理では短かった (図 2-3-3)。夜温を 15℃に上げる時期は、収穫時に開花小花となる小花の蕾長が 4.2cm 程度に生育した時期から良かった (図 2-3-4)。夜温 10℃で収穫時まで管理を行うと、側枝葉の生育が抑制され、側枝葉は細くなった (図 2-3-2)。また、夜温 10℃管理では、夜間平均湿度が 90%程度と高かった。これらのことが、収穫まで夜温 10℃管理した切り花の収穫後の新鮮相対重の増加を低くし、その後の減少を早くしていると考えられた。トルコギキョウ切り花の日持ちは、一次小花を開花小花とした栽培の方が二次小花を開花小花とした栽培より日持ちが良いことを、他の試験において確認している (工藤ら、未発表)。開花小花は、試験 2 では一次小花、試験 3 では二次小花として試験を行った。そのため、試験 2 の方が試験 3 より新鮮相対重の減少および萎凋小花の発生率が高くなる時期が遅く、日持ちに優れる結果となった。

本節では、花芽形成期までを低夜温で管理した切り花の品質向上を主に花芽成熟期の栽培温度が及ぼす影響について検証した。その結果、開花は花芽形成期までの花芽発達と同様に温度に依存すること、昼温と夜温の両方が影響を及ぼし、昼温と夜温ともに高いほど早くなること明らかになった。また、収穫期まで低夜温管理を行うと花径が小さくなること、収穫後の日持ちが短くなること明らかになった。さらに、夜温 15℃管理で収穫後の日持ちは良く、夜温 15℃管理は、収穫時に開花小花となる小花の蕾長が 4.2 cm 程度に生育した開花期に行くと開花を促進する効果は小さいが、切り花重が重く、茎径が太く、花径が大きくなり、切り花ボリュームと収穫後の日持ち向上が図られることが明らかになった。以上のことから、切り花品質の向上を優先すると、収穫時に開花小花とする小花の蕾長が 4.2cm 程度に達した後に夜温を 15℃で管理すると良いと考えられた。

第 4 節 低夜温管理における日中加温の影響

前節までに、花芽分化期~開花期が低温・短日期となる冬期に収穫する作型での各生育ステージにおける栽培温度の影響を検証した。その結果、第 2 節において主茎頂花発蕾期~開花期までは、短時間高昼温管理と夜温 10℃とする低夜温管理との組み合わせが有効であること見出している。しかし、花芽発育には夜温 10℃管理は夜温 15℃管理に比べて昼温確保の必要性が示唆された。第 2 節の結果は、ファイトトロンにおける昼温 25℃条件で栽培したものである。実際の栽培においては、冬期に昼温 25℃以上を常時確保することは難しい。昼温については、池田ら (2008) が光合成のためには好適葉温を維持することが重要な課題であり、施設環境としての地上部温度は、気温より葉温を重視すべきと指摘している。また、トルコギキョウの個葉光合成適温は、大気二酸化炭素濃度下では 25~30℃ (牛尾ら, 2007)、光合成速度は 10~13 時頃が高く、14 時以降は顕著に低下する (佐藤ら, 2001) ことが報告されている。低夜温管理を実施した場合、慣行の夜温 15℃管理と比べて厳寒期において午前 10 時までには個葉温度を 25~30℃まで上昇させることが難しいと予想される。園芸作物の生産においては、低温管理での生育量増大を図る有効な手段の一つとして早朝加温が広く用いられている (西, 1982)。しかし、早朝加温では、一日のうちで最も低温となる時間帯での加温となるため、燃油の消費量は増大する。本研究の目的の一つは、燃油消費量の削減である。そこで、効率的に 10~13 時の個葉温度確保することを目的に、日の出後の 9 時 30 分~11 時 30 分を暖房設定温度 20℃で 2 時間加温する日中加温を考案するとともに低夜温管理での日中加温の効果と燃油消費量を検証し、実際栽培における低夜温管理での切り花品質低下の回避、さらに品質の向上と燃油消費量の削減を試みた。

材料および方法

耕種概要

2009 年 6 月 24 日に 288 穴セルトレーに播種し、種子低温処理 (10℃, 35 日間) 後、夜間冷房育苗 (16~8 時, 14℃設定, 49 日間) を行った。この苗を 9 月 18 日に熊本県農業研究センター内の幅 8 m, 長さ 10 m (80 m²) の並列した 3 棟のガラス温室に、それぞれ基肥 (N:P₂O₅:K₂O=1.5:1.5:1.5 kg・a⁻¹) を施肥し、白黒ダブルマルチを被覆した上部幅 84 cm の畝に株間 12 cm, 条

間 12 cm, 中央 1 条抜き 6 条で定植して行った。温室の換気設定温度は、慣行区は定植～11 月 21 日まで、低夜温区と日中加温区は定植～11 月 30 日までを終日 30℃, その後は収穫まで終日 25℃で行った。なお、暖房による加温は 10 月 16 日からそれぞれの設定温度で、また内張カーテンは 11 月 16 日から 17～9 時の間閉めた。なお、慣行栽培に従い主茎頂花および一次小花は蕾長が 5 mm (萼片を含まない) 程度に生長した時に摘蕾した。

試験区の概要

試験は、暖房設定温度を慣行の終日 15℃とした慣行区、終日 10℃とした低夜温区、低夜温区と同様の 10℃設定のうち 11 月 30 日までは 10～13 時を暖房設定温度 25℃, 12 月 1 日～収穫までは 9 時 30 分～11 時 30 分を暖房設定温度 20℃で加温する低夜温/日中加温区の 3 区を設け、80 m²の並列する 3 つのガラス温室で行った。

調査項目

植物体表面温度を赤外線サーモグラフィ装置サーモトレーサ TH9100MLN/WLN (NEC 三栄) を用いて日中加温開始 10 分後と日中加温 1 時間後に測定した。測定は、気象庁調べにおける熊本市の天候が、雨時々曇一時みぞれで日照時間 0.6 時間であった 2010 年 1 月 15 日と晴れで日照時間 6.9 時間であった 2010 年 1 月 16 日に行った。

生育調査は、暖房開始時に草丈と主茎長および抽だいている主茎節数、日中加温の暖房設定温度と時間を変えた 12 月 1 日に草丈、主茎長、茎径、抽だいている主茎節数および生体重、さらに 70℃で通風乾燥後に乾物重をそれぞれ 1 区あたり 18 個体測定した。

花芽の生育・開花については、主茎頂花の発蕾日、主茎頂花着花節、二次小花第 1 花開花日さらに、二次小花の開花揃の収穫日をそれぞれ 1 区あたり 24 個体測定した。

切り花品質は、収穫時に切り花長 (切り花基部から開花小花の先端までの長さ)、切り花重、主茎長、茎径 (頂花着花位置から 3 節下の節間を測定)、有効側枝数 (開花小花および長さが 3 cm 以上に生長した蕾をつけた一次側枝数)、商品花蕾数 (開花小花と長さ 3 cm 以上に生長した蕾数)、プラスチック蕾数、頂花着花節から発生した一次～三次側枝のそれぞれの長さ、開花小花 (二次小花) と商品蕾 (三次小花) の花柄長、これらを 1 区あたり 24 個体の 2 反復で測定した。

収穫後の日持ちは、切り花長を 75cm に調整した切り花を 500ml の水道水に生け、25℃設定、1,000 Lux に調整した蛍光灯での明期 12 時間とした恒温温室に静置して、切り花生体重を 1 日おき (生け花 1 日後、3 日後、5 日後、7 日後、9 日後、11 日後) に 1 区あたり 10 個体で測定した。なお、生け水は、測定時に交換した

結 果

ハウス気温と日中加温時の植物体表面温度

ハウス内気温は、午前中の気温が日中加温区では慣行区および低夜温区に比べて高く推移した (図 2-4-1)。

植物体表面温度は、日中加温開始 10 分後の 9 時 40 分の測定では、慣行区では曇天日が 17℃程度、晴天日が 16℃程度で低夜温区の曇天日が 10℃程度、晴天日が 12℃程度に比べて高かった。晴天日の測定では、低夜温/日中加温区が低夜温区に比べて植物体表面温度の上昇が見られ、日中加温開始 1 時間後の 10 時 30 分の測定では、表面温度が 25℃まで上昇している部位が低夜温/日中加温区が植物体全体となっていたのに比べて、低夜温区では日が当たっている部位のみであった (図 3-4-2)。

生育

暖房による加温開始時の草丈は 12.1cm、主茎長は 8.5cm、ロゼット節は 3 節、抽だいている主茎節数は 4.9 節であった。12 月 1 日の調査では、抽だいている主茎の節数は低夜温/日中加温区が慣行区に比べて有意に多く、主茎長が慣行区および低夜温区に比べて有意に長く、茎径が慣行区および低夜温区に比べて有意に大きく、生体重が慣行区および低夜温区に比べて有意に重く、乾物重が低夜温に比べて有意に重かった。なお、草丈では差は無かった (表 3-4-1, 図 3-4-3)。

開花

発蕾は、慣行区が最も早く、次いで低夜温/日中加温区で低夜温区が最も遅かった。二次小花第 1 花の開花日と収穫日は、低夜温区と低夜温/日中加温区が慣行区に比べて有意に遅く、低夜温区と低夜温/日中加温区に差はなかった (表 2-4-2)。プラスチックの発生は、プラスチック蕾数は慣行区が最も少なく、発生率も慣行区が最も低く、低夜温/日中加温区はプラスチック蕾数が最も多く、発生率も最も高かった (表 2-4-2)。

切り花品質

低夜温/日中加温区は慣行区および低夜温区に比べて切り花長は長く、切り花重は重く、茎径が大きく、有効側枝数では低夜温区に比べて多かった。主茎頂花着花節は、低夜温区が最も高く、次いで低夜温/日中加温区で慣行区が最も低かった。主茎長は、慣行区が低夜温区および低夜温/日中加温区に比べて短かった。商品花蕾数に差はなかった (表 3-4-3, 図 2-4-4)。一次～三次側枝長は、低夜温/日中加温区が慣行区および低夜温区に比べて長く、二次～三次花柄長は、低夜温区が慣行区および低夜温/日中加温区に比べて短かった (表 3-4-4)。

収穫後の日持ち

生け花開始1日後の相対新鮮重に差はなかった。生け花開始2日目以降の推移は、低夜温/日中加温区が最も高く推移した(図2-4-5)。

燃油消費量

80 m²のガラス温室における収穫日までの燃油消費量は、慣行区が1月9日で829.6 L、低夜温区が2月5日で545.2 L、低夜温/日中加温区が2月4日で636.0 Lとなり、低夜温区が慣行区の65.7%、低夜温/日中加温区が

慣行区の76.7%であった。10~13時の暖房設定温度を25℃とした暖房開始~12月1日までの燃油消費量は、慣行区が247.0 L、低夜温区が34.0 L、低夜温/日中加温区が82.8 Lとなり、低夜温区が慣行区の13.8%、低夜温/日中加温区が慣行区の33.5%であった。厳寒期(1月1日~2月18日)の日平均燃油消費量は、低夜温区が慣行区の41.7%、低夜温/日中加温区で慣行区の51.3%であった。(図2-4-6)。

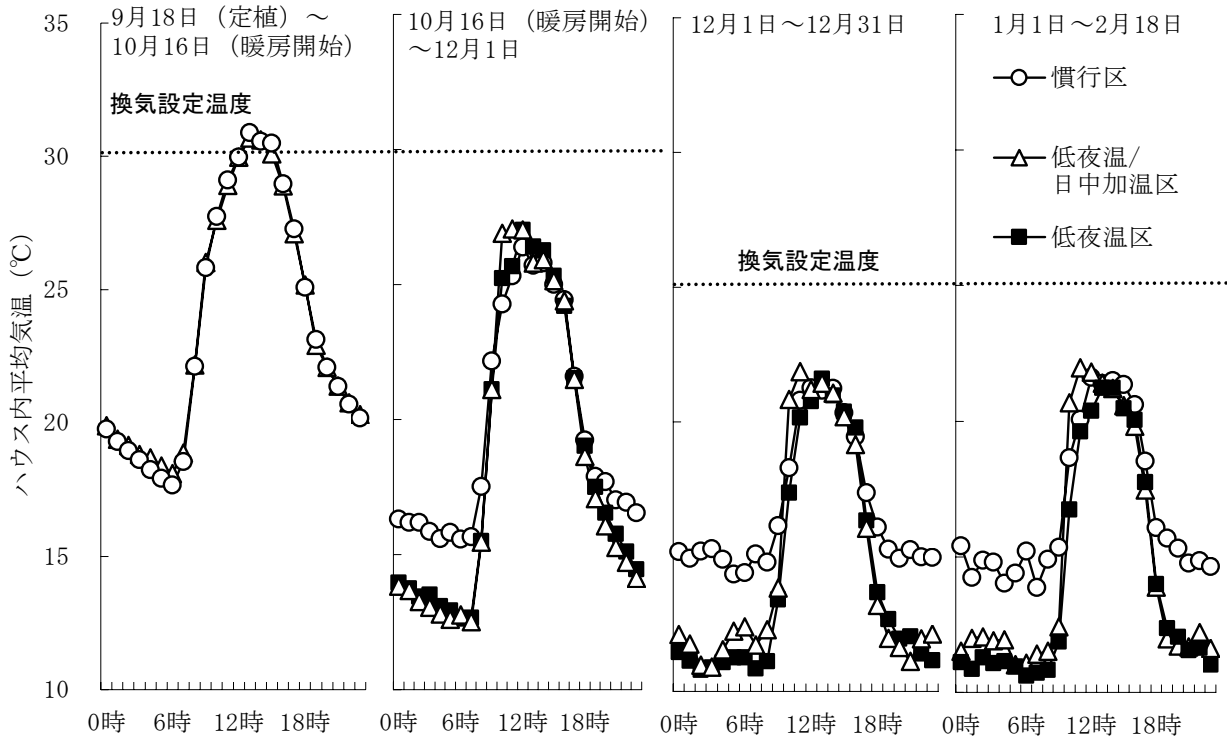


図2-4-1 試験中の温度管理の異なる施設における気温の日変化

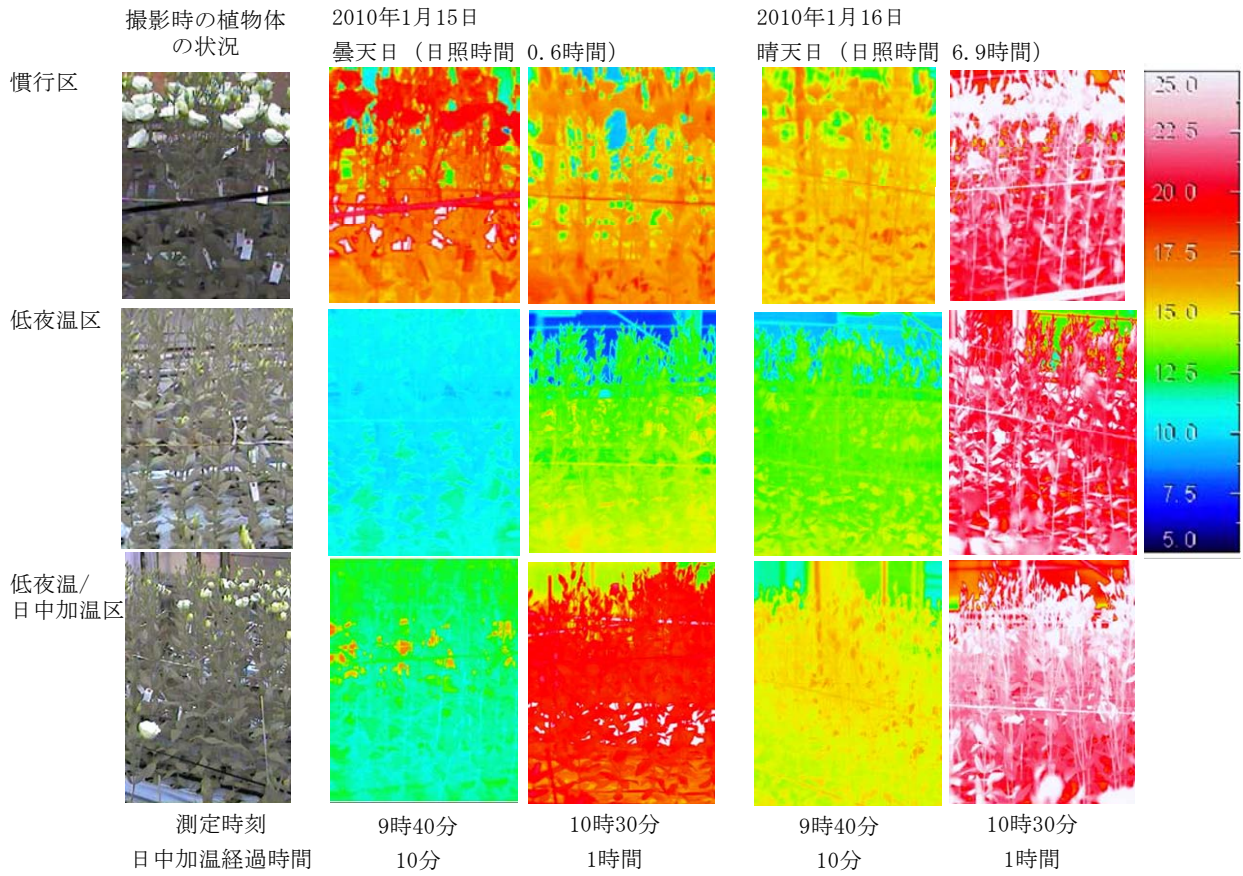


図2-4-2 暖房加温設定温度の違いが植物体表面温度に及ぼす影響

表2-4-1 日中加温が定植74日後（暖房開始から46日後）までの生育に及ぼす影響
(調査日：2009年12月1日)

試験区	草丈 (cm)	主茎長 (cm)	茎径 (mm)	抽だい節数 (節)	生体重 (g)	乾物重 (g)
慣行区	55.8	44.4 b ^y	3.8 b	8.0 b	18.3 b	2.4 ab
低夜温区	52.3	42.9 b	3.5 b	8.4 ab	14.5 c	2.2 b
低夜温/日中加温区	54.8	50.0 a	4.2 a	8.9 a	22.3 a	2.8 ab
F検定 ^z	NS	**	**	**	**	*

^z**：1%水準で有意，*：5%水準で有意，NS：有意差なし

^y異なる英小文字は，Tukey法で5%の有意差があることを示す



慣行区 低夜温区 低夜温/日中加温区

図2-4-3 日中加温が定植74日後（暖房開始から46日後）までの生育に及ぼす影響

表2-4-2 日中加温が主茎頂花の発蕾，二次小花の開花および二次～三次小花のブラスチング発生に及ぼす影響

試験区	主茎頂花 発蕾日 (月. 日)	二次小花 第1花 開花日 (月. 日)	収穫日 (月. 日)	二次～三次小花		
				総花蕾数 (個)	ブラスチング 蕾数 (個)	ブラスチング 発生率 (%)
慣行区	10. 26 c ^y	1. 2 b	1. 9 b	5. 2 b	2. 0 b	38. 5
低夜温区	11. 4 a	1. 25 a	2. 5 a	5. 5 a	2. 5 ab	45. 5
低夜温/日中加温区	10. 29 b	1. 25 a	2. 4 a	6. 0 a	3. 1 a	51. 6
F検定 ^z	**	**	**	**	*	-

^z** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^y異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

表2-4-3 日中加温が切り花品質に及ぼす影響

試験区	切り花長	切り花重	主茎長	茎径	主茎頂花 着花節	有効 側枝数	商品 花蕾数
	(cm)	(g)	(cm)	(mm)	(節)	(本)	(個)
慣行区	73.6 b ^y	36.4 b	40.2 b	4.2 b	7.6 c	2.2 ab	3.3
低夜温区	76.1 b	33.6 b	47.0 a	4.2 b	8.7 a	2.1 b	3.0
低夜温/日中加温区	83.1 a	48.4 a	45.4 a	4.6 a	8.0 b	2.4 a	2.9
F検定 ^z	**	**	**	**	**	**	NS

^z** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^y異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す



低夜温区



低夜温/日中加温区

図2-4-4 切り花における低夜温管理での日中加温の効果

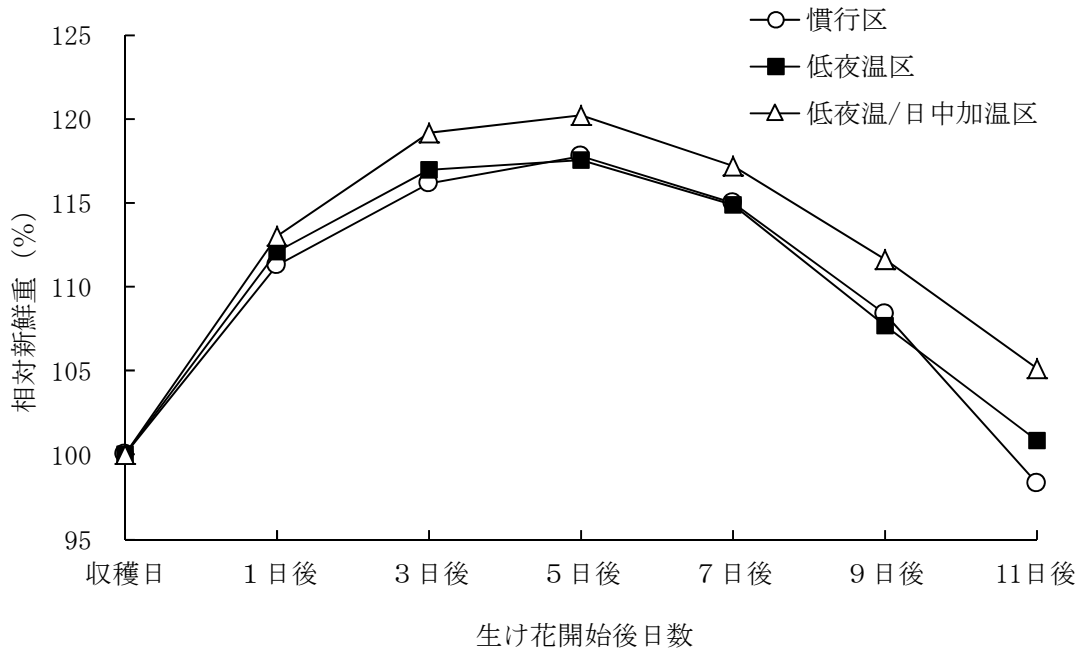


図2-4-5 日中加温が収穫後の相対新鮮重の推移に及ぼす影響

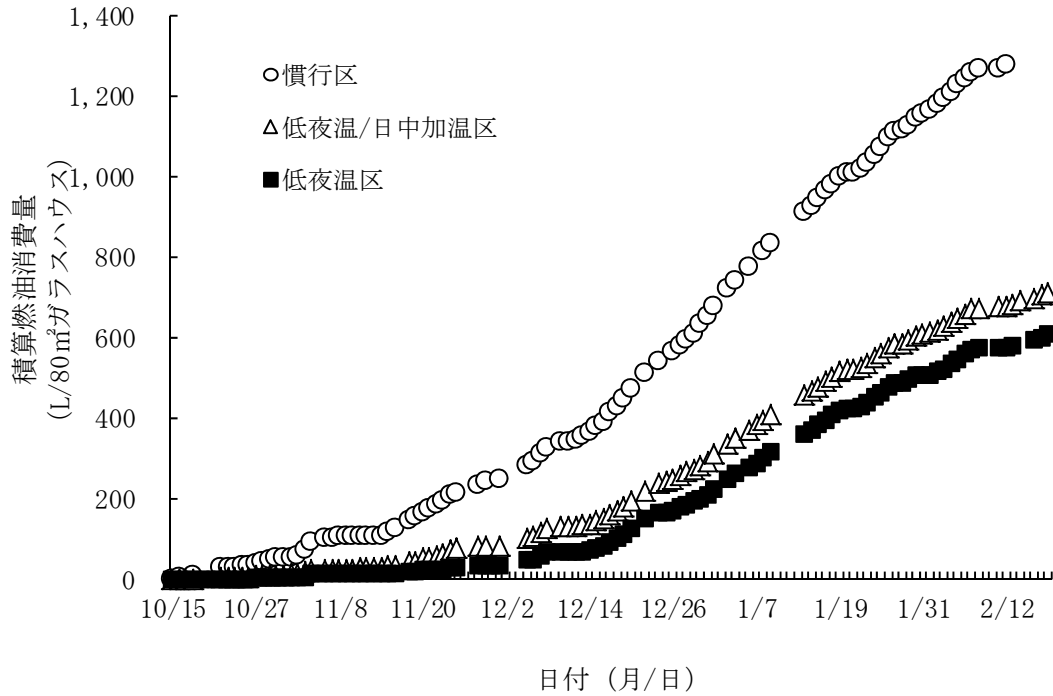


図2-4-6 低夜温管理における日中加温が積算燃油消費量に及ぼす影響

考 察

本節では、低夜温管理における切り花品質低下を防ぎ、さらに品質の向上を図ることを目的に試験を行った。赤外線サーモグラフィ装置サーモトレーサを用いて植物体表面温度を測定した結果、曇天日の植物体表面の温度は暖房設定温度に近かった。晴天日では、25℃以上となっている植物体表面の面積が暖房設定温度で異なり、低夜温区では日が当たっている部位のみであった。一方、低夜温/日中加温区では植物体全体となっていた。定植 74 日後の生育調査では、低夜温/日中加温区が低夜温区、さらには慣行区に比べて生体重および乾物重は重く、茎径は太く、生育は促進されていた(表 3-4-1)。このことは、夜温 10℃管理が慣行の 15℃管理に比べて呼吸量が抑えられ、日中加温により個葉光合成適温となる葉は多く、時間は長くなり、光合成が促進された結果として低夜温/日中加温区で生育が旺盛となったと考えられた。

次に、開花について見ると、主茎頂花の発蕾日は、慣行夜温区が最も早く、低夜温/日中加温区が低夜温区に比べて有意に早かった(表 2-4-2)。二次小花第 1 花開花日と収穫日は、慣行区が低夜温区および低夜温/日中加温区に比べて有意に早く、低夜温区と低夜温/日中加温区に差はなかった(表 2-4-2)。本章第 3 節では、花芽分化以降の開花に至るまでの日数は、蕾長 3.3 cm までは栽培温度の影響が大きく、この期間の夜温は 10~18℃では高いほど早いことを報告している。昼温の影響は、花芽分化、形成および発達ともにファイトトロン試験では昼温 30℃が 25℃と比べて早くなることを本章第 1~3 節で報告した。本節の主茎頂花の発蕾日に及ぼす栽培温度の影響は、塚田ら(1991)の報告および本章 1 節のファイトトロン試験結果と同じ傾向を示している。一方、主茎頂花発蕾以降の結果は、夜温が高い慣行区で花芽発達が早く、日中加温による花芽発達促進効果は得られなかった。このことは、夜温 10℃加温における 9 時 30 分~11 時 30 分を 20℃で加温することによる昼温確保による手法では、花芽発達に対する効果は低いことを示している。

収穫時の調査では、低夜温/日中加温区では、慣行区および低夜温区と比べて側枝伸長が良く、側枝の生育が促進されていた(表 2-4-4)。その結果として、切り花品質において、低夜温/日中加温区では、慣行区および低夜温区と比べて切り花長は長く、切り花重は重くなったと考えられた。さらに、低夜温/日中加温区では、慣行区および低夜温区と比べて茎径は太く、有効側枝数も多く、切り花ポリュームに優れた(表 3-4-3)。これらの結果は、日中加温により光合成が促進されたことと、夜間の呼吸による消耗が抑えられたことによると考えられた。

商品花蕾数については、総花蕾数は、低夜温/日中加温区が最も多く、慣行区に比べて有意に多かったが、ブラスチング発生率が低夜温/日中加温区で最も高く、その結果として商品花蕾数の増加は図られなかった(表 2-4-2, 表 2-4-3)。本章第 2 節のファイトトロンでの試験において、花芽形成期を夜温 10℃管理とすると夜温 15℃管理と比べてブラスチングの発生が少なくなることを報告した。本章の試験結果は、慣行区が低夜温区および低夜温/日中加温区と比べて花芽形成期となった時期が早く、慣行区と低夜温区および低夜温/日中加温区との花芽形成期の気候の違いが、本章第 2 節の結果との違いと考えられた。しかし、低夜温/日中加温区では低夜温区と比べて、ブラスチングの発生率が高く、日中加温を用いた低夜温管理では、ブラスチングの発生抑制には効果が低いと考えられ、冬期に安定的にトルコギキョウを生産するためには、温度管理以外でのブラスチング発生を軽減する方法の検討が必要であると考えられた。

収穫後の切り花の日持ちを生け花後の新鮮相対重の推移で見ると、新鮮重の増加率は低夜温/日中加温区が慣行区および低夜温区に比べて高く、その後の減少率も低く日持ちに優れた(図 3-4-5)。新鮮重の増加は、生け花後の水揚げと開花小花の発達と蕾の開花に伴うところが大きい。本試験の結果では、生け花 1 日後の増加率に差はなく、その後の増加率に差が見られた。このことから、低夜温/日中加温区では、小花の発達・開花に優れたと考えられた。また、新鮮重の減少は、葉および花の萎れに伴うところが大きい。生け花後の小花の発達・開花および組織の萎れには、収穫時に葉が保有する光合成産物量との関係が推察される。日中加温により光合成が促進されたことと、低夜温管理による光合成産物の消費抑制によって、低夜温/日中加温区が収穫後の日持ちに優れたと考えられた。

収穫日までの燃油消費量は、低夜温区と低夜温/日中加温区が慣行区に比べて、それぞれ 65.7%と 76.7%、厳寒期の日平均燃油消費量は低夜温区と低夜温/日中加温区が慣行区に比べて、それぞれ 41.7%と 51.3%で、低夜温管理での日中加温は慣行の夜温 15℃管理に対して燃油消費量の削減効果は高かった(図 2-4-6)。日中加温は、最大でも 2 時間の加温で、天気次第で加温時間の長さは異なる。夜間を 18~8 時と考えると最大で 14 時間となり、夜間の設定温度が 5℃変わると暖房の稼働時間は大きく変わる。そのため夜間設定温度を 15℃から 10℃へ変更した燃油消費量の削減率が、日中加温による燃油消費量の増加率と比べて高くなったと考えられた。しかし、収穫日は低夜温/日中加温区が慣行区に比べて 26 日遅れた。そのため、収穫日までの燃油消費量の削減率は日平均の

削減率より劣った。花芽分化・発育は、夜温 18℃まででは夜温が高いほど早いことは既に述べた。今後、低夜温管理での収穫期の遅延防止技術を検討することで、さらなる燃油消費量の削減が期待される。

本節の結果から、日中加温は、低夜温管理での生育の促進、特に側枝の生育促進に効果が高く、冬期の切り花ボリュームの増大と収穫後の日持ち向上、さらに燃油消費量の削減に有効であることが明らかになった。しかし、日中加温は、低温管理による開花遅延回避と少日照期のプラスチング発生軽減には効果が低かったことから、開花遅延およびプラスチング発生の回避には、温度管理以外での技術開発が必要であると考えられた。

第3章 日長および電照による長日処理がトルコギキョウの開花および切り花品質に及ぼす影響

す影響

園芸作物の生産においては、電照が低温・短日期の生育・開花調節の有効な手段の一つとして広く用いられている(久松, 2011)。トルコギキョウへの電照の影響は、白熱電球を用いると花芽分化と主茎の節間伸長が促進され(塚田ら, 1982; 山田ら, 2008), 福岡県の初秋出し栽培では、赤色光を多く含む電照ギク用の電球形蛍光灯を用いると花芽分化が遅延し、主茎の節間伸長が抑制される(山田ら, 2009)。また、側枝頂花への影響については、山形県の秋冬出し栽培で遠赤色の照射光量が $0.7 \cdot \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上で、第2花以降の花蕾の発達と開花促進(佐藤ら, 2009)が報告されている。一方、山田ら(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。これまでの報告においては、主茎頂花の開花反応を主体に見ており、その後開花する側枝の開花反応や花柄の伸長に及ぼす電照の影響についての報告は少ない。主茎頂花の発蕾期以降が短日期となる熊本県のトルコギキョウ冬出し栽培においては、主茎頂花と一次小花を栽培中に摘蕾し、二次小花と三次小花を商品花蕾とする栽培方法が一般的である。そこで、この栽培方法に対応した栽培技術開発を、熊本県における冬出し栽培に利用されている中早生品種の‘ボレロホワイト’(八重咲き, ミヨシ)を供試して試みた。

第1節 発蕾期以降の電照の影響

本節では、主茎頂花発蕾以降の電照が開花と花蕾のプラスチックおよび茎伸長に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、白熱電球と3波長型蛍光灯を用いて検討した。

材料および方法

耕種概要

播種は2009年6月30日に288穴セルトレーに行い、種子低温処理(10°C, 35日間)後、夜間冷房育苗(16~8時の設定温度14°C, 8時間日長, 45日間)を行った。この苗を9月18日に、粒状育苗培土(くみあい園芸育苗培土MKK野菜用1号, 南九州化学工業, N:P₂O₅:K₂O=200:4,800:200 mg・L⁻¹)とバーミキュライトを3:1(容量比)、および基肥として緩効性肥料(CDU化成S555, ジェイカムア

グリ, N:P₂O₅:K₂O=15:15:15)を窒素レベルで300 mg・L⁻¹となるように混合し、これを0.8 L入れた直径15 cmのポットに定植した。その後は、ガラス温室内で底面吸水を行い管理した。温度管理は、換気設定温度を25°C, 加温は10月16日~収穫終了時まで設定温度15°Cで行った。電照には白熱電球または蛍光灯を用い、地表面から120 cmの高さに0.81 m²(90 cm×90 cm)当たり1本設置し、16~22時と2~8時に点灯する明期延長で、20時間日長とした。二次側枝の最初に開花する頂花を二次小花第1花とし、主茎頂花の発蕾時(萼片が見えたとき)に、検鏡により二次小花第1花が花芽分化開始時期(萼片形成期)であることを確認した。このことに基づき二次小花の花芽分化期以降の電照期間の影響を調査するため、主茎頂花の発蕾期から電照を開始した。なお、主茎頂花および一次小花は、花蕾長が5 mm(萼片を含まない)程度に成長した時に摘蕾した(図2-2-1)。

試験区の概要

電照期間を区分するための花芽の生育ステージは、主茎頂花の発蕾期~二次小花第1花の花蕾長が8 mm(萼片を含まない)までを“二次小花の花芽形成期”、二次小花第1花の花蕾長8 mm~収穫期までを“二次小花の花芽成熟期”とし、主茎頂花の発蕾期~収穫期までを“二次小花の花芽発達全期”とした(図3-1-2)。花芽発達全期および花芽形成期に電照する区では、発蕾株数が半数に達した10月28日に電照を開始した。なお、電照開始から3日以上経過した後主茎頂花の発蕾が確認された株は、花芽分化前の電照による影響を考慮してデータから除いた。花芽成熟期の電照開始と花芽形成期の消灯は、二次小花第1花の花蕾長が8 mmに達したときに、ポットをそれぞれ電照下および自然日長下に移動することで実施した。試験区は、電照しない自然日長区(12株)、白熱電球-花芽形成期区(12株)、白熱電球-花芽成熟期区(14株)、白熱電球-花芽発達全期区(9株)、蛍光灯-花芽発達全期区(10株)の5区とした。なお、白熱電球-花芽成熟期区の電照開始は11月25±5日(平均値±標準偏差, 以下同じ)、白熱電球-花芽形成期区の消灯は11月24±4日であった。

調査項目

調査は、全ての二次小花のうち、プラスチック花蕾以外の小花の開花が揃った時点で収穫して収穫日と表し、切り花形質、二次小花のプラスチック発生率と小花形質、プラスチックしていない側枝長および花柄長を測定した。

乾物重は花蕾、葉および茎を収穫時に、根は収穫後に採取して、70℃で通風乾燥後に測定した。電照開始時と収穫時の主茎節間長は、自然日長区と白熱電球-花芽発達全期区および蛍光灯-花芽発達全期区で測定した。

電照光源とその特性

実験には、電照用みのり K-RD 100 V 75 W (松下電工、以下白熱電球とする) および 3 波長型蛍光灯バルックボールスパイラル EFA25EL/22 (松下電工、以下蛍光灯とする) を用いた。それぞれの光源について、光源直下 90 cm の位置における水平面の分光放射特性と波長域 400~700 nm の光合成有効光量子密度 (PPFD) を、それぞれ携帯型分光放射計 MS-720 およびシリコンフォトダイオードアレイ (英弘精機) で計測した。この際の PPFD は、それぞれ白熱電球が $3.52 \cdot \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、蛍光灯が $2.42 \cdot \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ であった。白熱電球および蛍光灯の分光放射特性は、赤色光 (600~700 nm) / 遠赤色光 (700~780 nm) 比 (以下 R/FR 比とする) が、白熱電球で 0.82、蛍光灯で 9.25 であった (図 3-1-1)。

結 果

試験開始時の草丈および抽だい節数

試験開始時の植物体は、草丈が 30.6 ± 3.0 cm、抽だい節数が 7.9 ± 0.4 節であった (データ略)。

収穫日

収穫日は 1 月 7~12 日であった。主茎頂花の発蕾~二次小花第 1 花開花までの日数は、白熱電球では電照期間にかかわらず、自然日長区との明確な違いはみられなかった。一方、蛍光灯では、自然日長や白熱電球処理と比べて有意にこの日数が増加した (表 3-1-1)。

切り花形質と乾物重

切り花長は、白熱電球による花芽形成期の明期延長で長く、切り花重、茎径、有効側枝数、総花蕾数および小花の花弁数と花径は処理区間に差がなかった (表 3-1-2、一部データ略)。プラスチック発生率は、白熱電球による明期延長で低下し、商品花蕾数が多くなった (表 3-1-2、図 3-1-5、図 3-1-6)。

花蕾の乾物重は、白熱電球による花芽形成期の明期延長により有意に重くなった。葉、茎および根の乾物重には差がなかった。地上部の花蕾への乾物分配率は、白熱電球による明期延長で高く、蛍光灯による明期延長で低くなった。乾物率は、花蕾では自然日長下と比べて電照で低くなり、電照を行った中では白熱電球による花芽形成期のみ明期延長が最も高かった (表 3-1-3)。

主茎の節間長は、白熱電球区の電照開始以降に伸長した節で長く、蛍光灯区では差がなかった (図 3-1-4)。三次側枝長は、白熱電球による明期延長で長くなり (図 3-1-5)、花柄長は二次小花で差はなく、三次小花では花芽形成期のみ電照で短く、花芽成熟期のみ電照で長かった。 (表 3-1-4)。

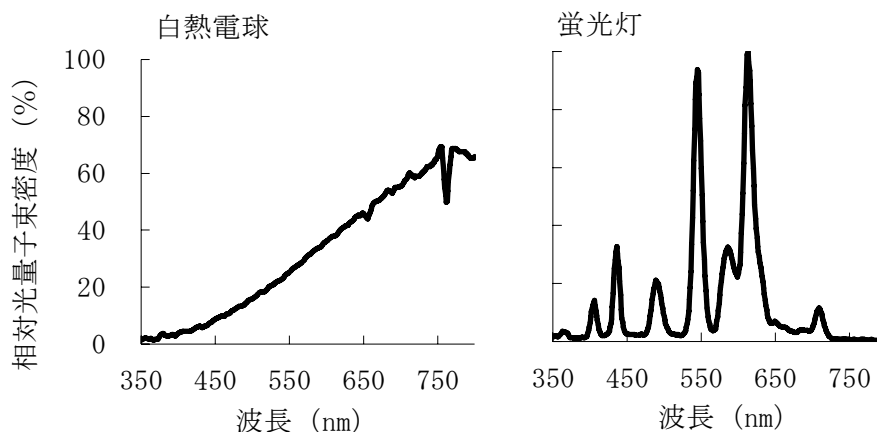


図3-1-1 光源の分光放射特性

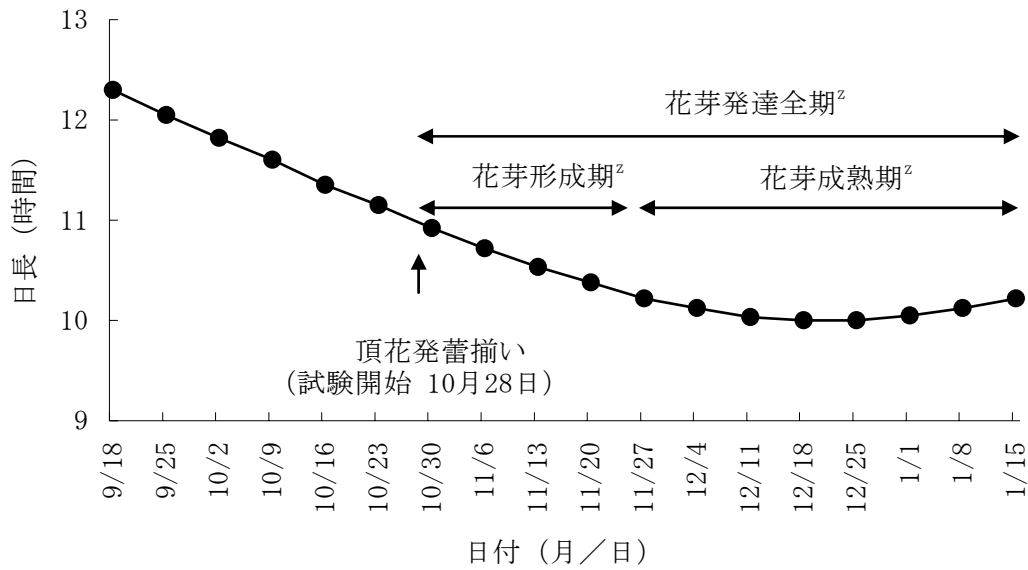


図3-1-2 試験栽培中の自然日長^yと電照期間

^z二次小花の生育ステージにおける電照処理期間

^y大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台調べにおける熊本市の日の出～日の入りまで

表3-1-1 開花と収穫日に及ぼす光源と電照時期の影響

処理区		主茎頂花 発蕾日	二次小花 第1花開花日 ^z	収穫日	発蕾日～開花日 ^y
光源	電照期間	(月日)	(月日)	(月日)	(日)
自然日長	-	10.24 ± 2 ^x	12.28 ± 5	1.7 ± 6	65.1 b ^y
	花芽形成期	10.26 ± 3	12.31 ± 5	1.10 ± 6	66.0 b
白熱電球	花芽成熟期	10.24 ± 2	12.31 ± 4	1.9 ± 6	68.1 b
	花芽発達全期	10.25 ± 2	1.1 ± 5	1.11 ± 5	67.6 b
蛍光灯	花芽発達全期	10.24 ± 1	1.4 ± 4	1.12 ± 4	72.4 a
F検定 ^w		-	-	-	**

^z各株の最初に開花した二次小花の開花日

^y主茎頂花発蕾日～二次小花第1花開花日までの日数

^x** : 標準偏差 (n=9~14)

^w** : 1%水準で有意

^y異なる英小文字は、Tukey法で5%の有意差があることを示す

表3-1-2 切り花形質および二次小花のプラスチック発生率に及ぼす光源と電照時期の影響

処理区		草丈 ^z (cm)	切り花長 ^y (cm)	切り花重 (g)	茎径 (mm)	有効 側枝数 (本)	二次～三次小花			二次小花 プラスチック 発生率 (%)
光源	電照期間						総 花蕾数 ^x (個)	商品 花蕾数 (個)	プラスチック 花蕾数 (個)	
自然日長	-	90.5 ab	80.0 b ^w	69.8	5.4	2.7	9.5	4.8 bc	4.5 ab	40.7
	花芽形成期	93.2 ab	85.8 a	72.8	5.3	3.0	10.3	7.0 a	3.3 ab	20.3
白熱電球	花芽成熟期	92.7 ab	81.8 ab	74.9	5.3	3.0	9.3	6.4 ab	2.9 b	20.0
	花芽発達全期	96.3 a	85.8 a	69.7	5.1	3.0	9.2	6.6 ab	2.6 b	15.4
蛍光灯	花芽発達全期	88.3 b	78.9 b	66.4	5.3	2.5	9.0	4.0 c	5.0 a	37.2
F検定 ^x		*	**	NS	NS	NS	NS	**	**	-

^z切り花基部～先端までの長さ

^y切り花基部～3次小花直下までの長さ

^{x**}: 1%水準で有意, *: 5%水準で有意, NS: 有意差なし

^w異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

表3-1-3 乾物重と花蕾への乾物分配率および乾物率に及ぼす光源と電照時期の影響

処理区		切り花1本当たり乾物重						花蕾への ^z 乾物分配率 (%)	乾物率 ^y		
光源	電照期間	花蕾 (g)	葉 (g)	茎 (g)	根 (g)	地上部 (g)	全体 (g)		花蕾 (%)	葉 (%)	茎 (%)
自然日長	-	2.2 bc ^w	3.6	5.5	2.1	11.3	13.5	16.4	16.8	12.3	21.1
	花芽形成期	3.1 a	3.6	6.0	2.1	12.8	14.9	21.0	16.1	13.1	21.3
白熱電球	花芽成熟期	2.8 ab	3.6	6.1	2.1	12.2	14.5	19.2	14.8	11.5	21.5
	花芽発達全期	2.8 ab	3.1	5.6	1.6	11.5	13.1	21.5	15.1	11.1	19.3
蛍光灯	花芽発達全期	1.9 c	3.6	5.4	1.8	10.8	12.8	15.0	15.4	11.6	23.1
F検定 ^x		**	NS	NS	NS	NS	NS	-	-	-	-

^z花蕾乾物重/全地上部乾物重で算出

^y乾物重/新鮮重で算出

^{x**}: 1%水準で有意, NS: 有意差なし

^w異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

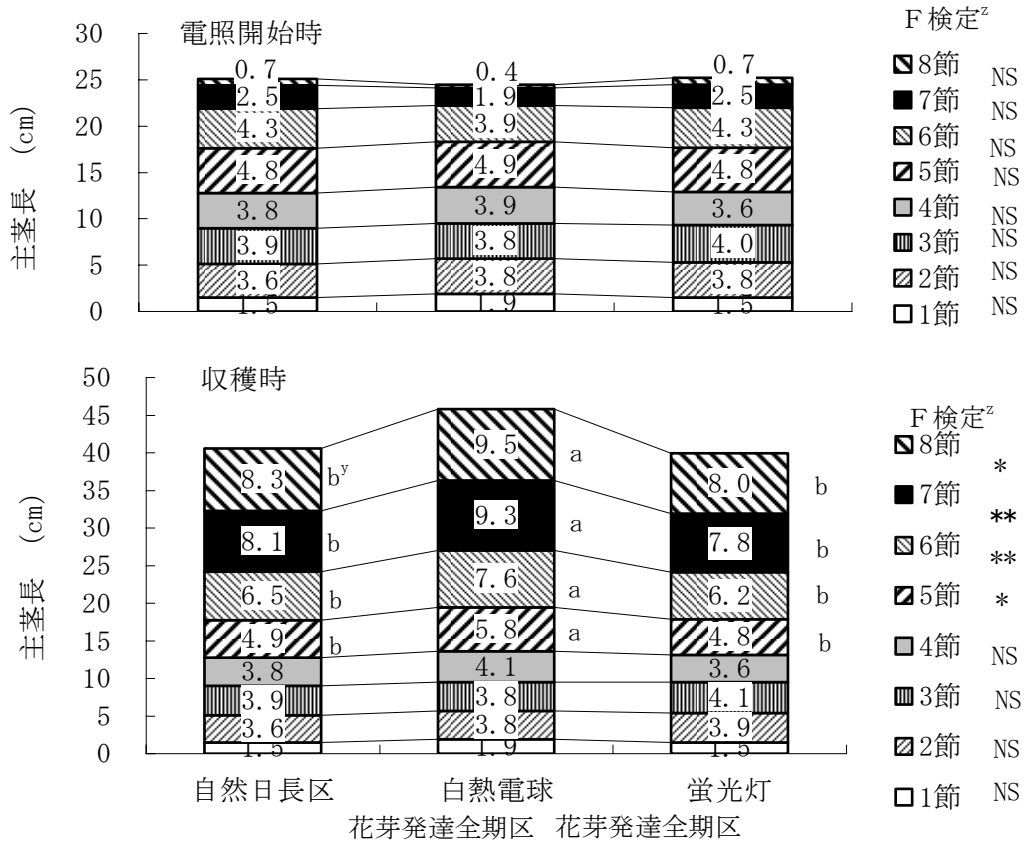


図3-1-3 収穫時の主茎長および節間長に及ぼす
発蕾期以降の電照と光源の影響

図中の数値は各節間長を示す
 第8節間長は、抽だい節数が8節以上の株について測定した
^z** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし
^y異なる英小文字は、Tukey法で5%の有意差があることを示す

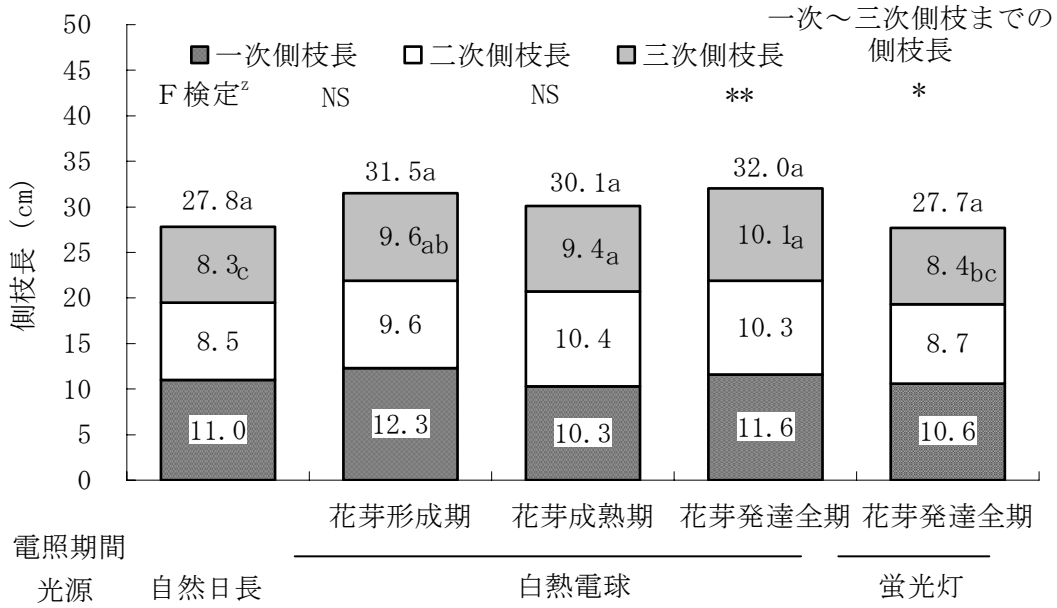


図3-1-4 収穫時の側枝長に及ぼす光源と電照時期の影響

^z** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし
異なる英小文字は, Tukey法で1%の有意差があることを示す
グラフ上の数値は, 三次側枝までの側枝長

表3-1-4 収穫時の花柄長に及ぼす光源と電照時期の影響

処理区		二次小花 花柄長 (cm)	三次小花 花柄長 (cm)
光源	電照期間	(cm)	(cm)
自然日長	-	11.9	10.8 ab ^y
白熱電球	花芽形成期	11.9	9.2 b
	花芽成熟期	12.1	11.3 a
	花芽発達全期	12.2	10.2 ab
蛍光灯	花芽発達全期	11.1	9.9 ab
F検定 ^z		NS	*

^z** : 1%水準で有意, NS : 有意差なし

^y異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す



白熱電球区 自然日長区 蛍光灯区

図3-1-5 トルコギキョウ‘ボレロホワイト’の切り花品質
に及ぼす発蕾以降の電照と光源の影響



自然日長区 花芽成熟期区 花芽形成期区 花芽発達全期

図3-1-6 トルコギキョウ‘ボレロホワイト’の切り花品質
に及ぼす白熱電球での電照期間の影響

考 察

本節は、発蕾期以降が短日期となる熊本県のトルコギキョウ冬出し栽培において、白熱電球(R/FR比0.82)と蛍光灯(R/FR比9.25)を使用した電照が、収穫時に商品花蕾となる側枝頂花の開花、花蕾のプラスチックおよび茎と花柄の伸長に及ぼす影響について検討したものである。

トルコギキョウは相対的長日植物であり、塚田(1982)は、長野県の短日期に白熱電球を用いた電照で開花が促進されることを報告している。山田ら(2008)は、福岡県の10月8日定植において、定植直後～収穫期まで白熱電球を用いて電照を行い、着花節位の低下と早期開花を認めた。佐藤ら(2009)は、山形県における7月30日定植において、日長9時間の短日処理を8月31日まで行い、その後9月10日～収穫期まで電照を行った実験で、遠赤色光電球形蛍光ランプと白熱電球で第2花の開花が促進され、反対に赤色光電球形蛍光ランプでは遅れるとした。また、山田ら(2008)は、白熱電球を用いた電照を行い、主茎頂花が雌蕊形成期以降では開花促進効果がないと報告している。本試験では、中早生品種の‘ボレロホワイト’を9月18日に定植して、電照は明期延長(20時間日長)で主茎頂花の発蕾期から行った。その結果、二次小花の開花日は、自然日長下と比較して白熱電球では差はなく、蛍光灯では遅れる傾向が認められた(表3-1-1)。二次小花の花芽分化～開花までの期間を明期延長した場合、白熱電球では開花時期の影響は見いだせなかったものの、蛍光灯では開花が遅延した。山田ら(2008)の報告では、暗期中断期の雌蕊形成期は11月10日で、本試験の電照開始は10月28日であった。このことが白熱電球を用いた電照での開花促進効果に影響したとも考えられた。

冬季のトルコギキョウ切り花生産において、プラスチックの発生は出荷時期の遅延と品質の低下を招く大きな問題である。本研究では、この作型において白熱電球を用いて電照を主茎頂花の発蕾期からの明期延長で行うと、プラスチックの発生が低下することが認められた(表3-1-2)。

牛尾・福田(2010)は、花蕾よりも茎葉への乾物分配が優先されることが、プラスチック発生原因の一つであるとした。花蕾の乾物重は、白熱電球で電照した区で重く、花蕾への分配率も高かった(表3-1-3)。これは、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結果である。すなわち、直ちに白熱電球による電照により、発達中の小花蕾のシンク能が維持されたことを支持するものではないと考えられた。

本試験において、白熱電球による電照でプラスチック花蕾を含む総花蕾数は、自然日長に対して増加しなかった。しかし、プラスチックの発生が抑えられた結果として、商品花蕾数が増加した(表3-1-2)。佐藤ら(2009)は、主茎の花芽分化後に遠赤色光電球形蛍光ランプ、白熱電球および赤色光電球形蛍光ランプによる電照を行い、遠赤色光電球形蛍光ランプと白熱電球で商品花蕾数の増加を認め、これを側枝の花蕾の発達が進んだためとした。すなわち、熊本県のトルコギキョウ冬出し栽培においても、白熱電球を使用した電照を行うことにより、花蕾を正常に発達させる効果が期待できると考えられる。

茎の伸長、中でも節間や花柄の伸長は、切り花品質を左右する重要な要因の一つである。R/FR比の小さい光条件下で植物の茎伸長が促進される現象は、フィトクローム反応の一つである避陰反応として知られている(Öpik・Rolf, 2005)。Yamadaら(2008)は、トルコギキョウの主茎の節間伸長は、定植時からの電照では用いた光源のR/FR比の影響を受け、R/FR比が小さいと茎伸長が促進され、R/FR比が大きいと茎伸長が抑制されることを報告している。本試験において、白熱電球による明期延長を主茎頂花の発蕾期以降に行うと、3次側枝と三次小花花柄の伸長に影響し、三次側枝長はいずれの時期の電照においても長くなるが、花柄長は花芽形成期の電照で短く、花芽成熟期の電照で長くなった。このことから、白熱電球の消灯時期により、消灯後に伸長する花柄の伸長を制御できる可能性が考えられた。

本試験では、切り花の下垂度など剛直性に関する調査は行わなかった。このため、乾物率を切り花の充実度を推る一定の目安とした。自然日長と比較して白熱電球による主茎頂花の発蕾期～収穫までの明期延長で、乾物率は低くなる傾向を示した。しかし、花芽形成期のみ明期延長では、乾物率は高くなる傾向が示された(表3-1-3)。

本節では、主茎頂花発蕾以降の電照が開花と花蕾のプラスチックおよび茎伸長に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、白熱電球と3波長型蛍光灯を用いて検討した。その結果、主茎頂花発蕾以降の白熱電球を用いた電照でプラスチックの発生が減少し、商品花蕾が多く得られること、茎伸長は白熱電球を用いた電照で促進されることが明らかになった。さらに、白熱電球を用いた電照における消灯時期により、消灯後に伸長する花柄の伸長を制御できる可能性が考えられた。これらのことから、定植後に低温、短日、低日照期に向かう熊本県の冬出し栽培でのプラスチック発生軽減を目的とした電照には、白熱電球若しくはそれに相当するR/FR比の光源を用い

るのが適当であると考えられた。このため、本研究の以下の試験では、白熱電球を用いた電照における栽培温度、電照の時期および時間帯について順次検討することとした。

第2節 発蕾期以降の日長の影響

第1節では、トルコギキョウの冬出し栽培において、主茎頂花の発蕾期以降に白熱電球を用いた電照を行うことで、プラスチックの発生が減少し、商品花蕾が多く得られることを明らかにした。トルコギキョウにおける主茎頂花の発蕾期以降の日長の影響については、塚田ら

(1982)は、長野県の早生系品種を用いた12月5日定植で、定植後～収穫までを短日処理した8時間日長と白熱電球で電照した16時間日長および自然日長を比較した試験において、花芽分化後は花芽発達への影響は少なく中性的な日長反応を示すこと、日長は節間伸長に影響すること、さらに自然日長と比較して8時間日長と16時間日長で側枝の発生が少なくなることを報告している。しかしこれまで、プラスチックの発生に日長が関与するという報告はない。

本節では、日射量の影響が小さいと考えられる高日照期に短日処理(12時間日長および8時間日長)を主茎頂花発蕾～収穫まで行い、日長がプラスチック発生および切り花形質に及ぼす影響を検証した。

材料および方法

耕種概要

2010年4月22日に288穴セルトレーに播種し、種子低温処理(10℃, 35日間)後、夜間冷房育苗(16～8時, 14℃設定, 49日間)を行った。この苗を7月15日に粒状育苗培土(くみあい園芸用育苗培土MKK野菜用1号, 南九州化学工業, N:P₂O₅:K₂O=200:4,800:200 mg・L⁻¹)とパーミキュライトを3:1(容量比)、基肥として緩効性肥料(CDU化成S555, チッソ旭肥料, N:P₂O₅:K₂O=15:15:15)を窒素レベルで300 mg・L⁻¹となるように混合した培養土を0.8 L入れた直径15 cmのポットに定植した。定植後20日間は、株の充実と花芽分化期を揃えることを目的に、17～9時までは冷房設定温度20℃とした夜間冷房下での短日処理を行った9時間日長下で栽培した。その後、22℃換気設定のガラス温室内で主茎頂花の発蕾揃いとなった8月24日まで管理を行った。栽培中は底面給水で管理を行い、主茎頂花は蕾長5mm程度に成長した時に摘蕾した。

試験区の概要

試験期間(主茎頂花の発蕾～収穫)中は、22℃換気設

定のガラス温室で自然日長区, 12時間日長区および8時間日長区を設けた(図3-2-1)。短日処理は12時間日長区:5～6時と18～20時, 8時間日長区:5～9時と17～20時に遮光を行い、遮光中は自然日長区との温度差を小さくするために冷房設定温度28℃とした(図3-2-2)。

調査項目

収穫は、一次小花の開花揃い時に行った。切り花形質は、切り花長(切り口から開花小花の先端まで)、切り花重、頂花着花節、主茎長、主茎の節間長、茎径(頂花着花位置から3節下の節間を測定)、有効側枝数(開花小花および長さが3 cm以上に生長した蕾をつけた一次側枝数)、一次側枝と二次側枝の長さ、一次小花第1花と二次小花第1花の花柄長、商品花蕾数(開花小花と長さ3 cm以上に生長した蕾数)、一次～三次小花の正常花蕾数とプラスチック蕾数を自然日長区15個体, 12時間日長区13個体, 8時間日長区15個体で測定した。

結果

試験期間中の自然日長

試験期間中(8月24日～9月30日)の薄暮時間として日の出～日の入りまでの時間に1時間を加えた自然日長の平均時間は13時間30分であった(図3-2-1)。

収穫日

収穫日は、自然日長区が9月25日, 12時間日長区が9月23日, 8時間日長区が9月26日であった。

切り花形質

切り花長と主茎長は、短日処理を行った区が自然日長区に比べて有意に短く、商品花蕾数は8時間日長区が自然日長および12時間日長区に比べて有意に少なく、切り花重, 75cm調整重, 主茎頂花節, 茎径, 有効側枝数に差は無かった(表3-2-1)。主茎節間長は、7節より上位の節間で差が見られ、短日処理を行った区が自然日長区に比べて有意に短かった(表3-2-2)。側枝長は、一次側枝と二側枝ともに試験区間に差は見られなかった。花柄長は、一次小花第1花と二次小花第1花ともに12時間日長区が自然日長区と8時間日長区に比べて短かった(表3-2-3)。

プラスチックの発生

一次～三次小花においてプラスチック蕾数では差は無かったが、プラスチック発生率は、8時間日長区が自然日長区と12時間日長区に比べて高く、総花蕾数と小花の正常花蕾数は、二次小花と三次小花において8時間日長区が自然日長区と12時間日長区に比べて有意に少なかった(図3-2-3)。

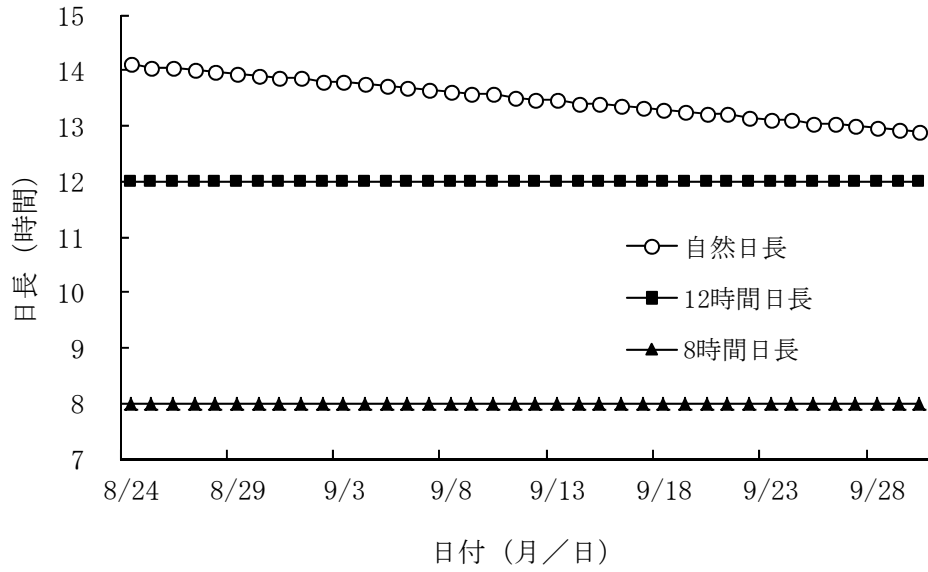


図3-2-1 試験栽培中の自然日長²と短日処理区の日長

²大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台調べにおける熊本市の日の出から日の入りまでに薄暮時間として1時間加えた

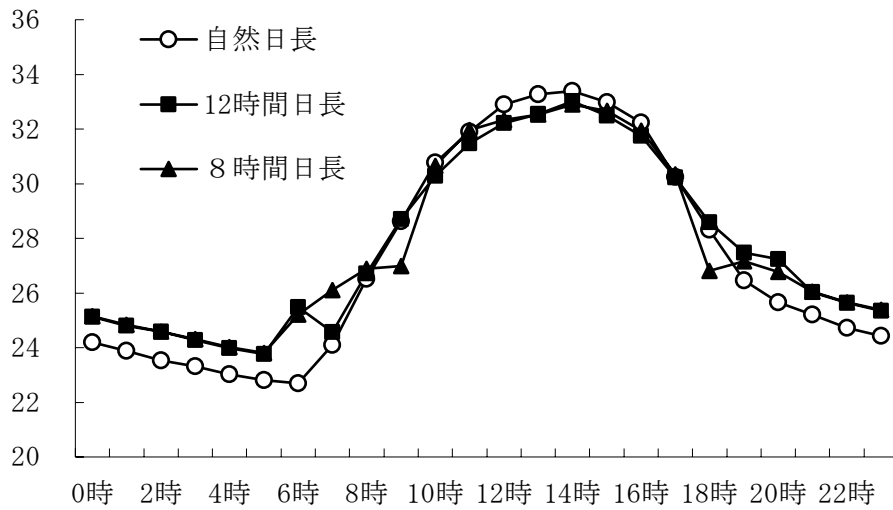


図3-2-2 試験期間中 (H22. 8. 24～収穫時) の気温の日変化

表3-2-1 主茎頂花発蕾以降の日長が切り花形質に及ぼす影響

試験区	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	75cm ^z 調整重 (g)	主茎頂花 着花節 (節)	主茎長 (cm)	茎径 (mm)	有効 側枝数 (本)	商品 花蕾数 (個)
自然日長	92.2 a ^x	55.0	31.4	10.3	64.9 a	4.7	3.9	9.6 a
12時間日長	88.0 b	53.8	32.1	10.3	60.7 b	4.6	4.2	9.7 a
8時間日長	87.0 b	49.1	30.0	10.4	60.3 b	4.4	3.4	7.5 b
F検定 ^y	**	NS	NS	NS	**	NS	NS	**

^z 切り花長75cm, 切り口から30cmの葉と商品花蕾以外の蕾を除去した切り花の重さ

^y **: 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^x 異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

表3-2-2 収穫時の主茎節間長に及ぼす主茎頂花発蕾以降の日長の影響

試験区	1節	2節	3節	4節	5節	6節	7節	8節	9節	10節
自然日長	1.6	3.6	4.4	4.7	5.0	5.6	7.5 a ^y	9.3 a	10.8 a	9.5 a
12時間日長	1.7	3.8	4.5	4.7	5.0	5.6	6.7 ab	7.9 b	9.5 b	9.0 b
8時間日長	1.5	3.5	4.4	4.6	4.9	5.4	6.6 b	7.8 b	8.8 b	9.1 b
F検定 ^z	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	**	**	**

^z **: 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^y 異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

表3-2-3 収穫時の側枝および花柄の長さに及ぼす主茎頂花発蕾以降の日長の影響

試験区	側枝長		花柄長	
	一次	二次	一次小花 第1花	二次小花 第1花
自然日長	10.9	9.2	8.0 b ^y	6.8 a
12時間日長	10.6	9.0	7.5 b	5.8 b
8時間日長	10.7	9.0	8.7 a	7.2 a
F検定 ^z	NS	NS	**	**

^z **: 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^y 異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

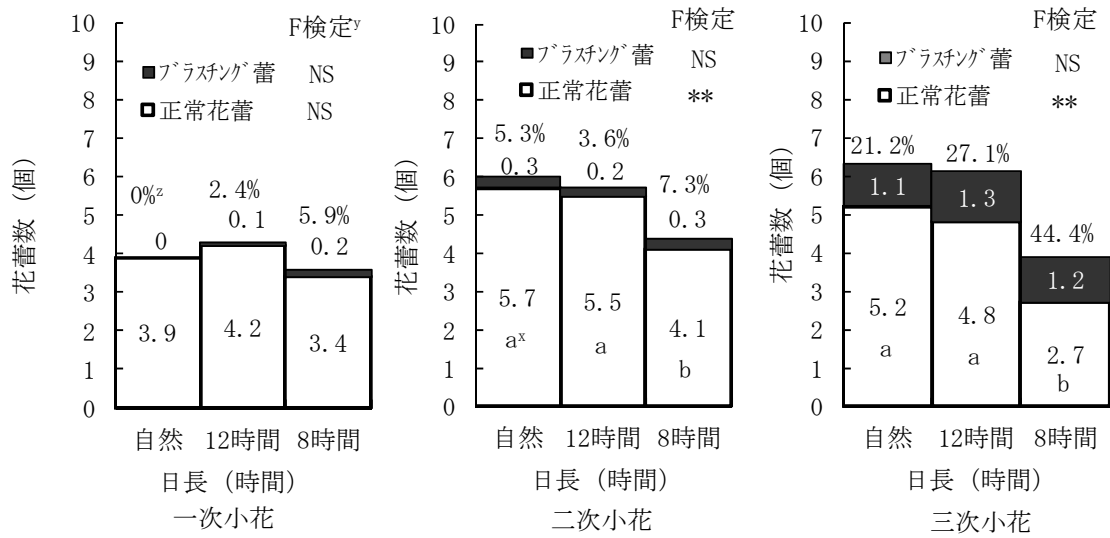


図3-2-3 正常花蕾数とプラスチング蕾数に及ぼす影響

^zプラスチング発生率

^y** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^x異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

考 察

本節では、主茎頂花発蕾以降の日長がプラスチング発生と切り花形質に及ぼす影響を高日照・長日区に遮光による短日処理で検証した。

一次～三次小花において、プラスチングの発生数は試験区間に差は見られなかったが、プラスチング発生率は、8時間日長区が自然日長区と12時間日長区に比べて有意に多く、正常花蕾数は、二次～三次小花において8時間日長区が自然日長区と12時間日長区に比べて有意に少なかった(図3-2-3)。塚田ら(1982)は、短日(8時間日長)条件では、側枝の分化が抑制され自然日長より側枝数と花蕾数が減少すると報告している。本試験では、二次～三次小花における総花蕾数が8時間日長区で自然日長区および12時間日長区に比べて減少した(図3-2-3)。本試験では主茎頂花の発蕾期は二次小花第1花の萼片形成期であることを検鏡により確認している(図2-2-1)。このことは、短日処理開始後に花芽分化期となった二次小花第1花～三次小花では、8時間日長で花芽分化が抑制されたことを示している。このことから、側枝頂花の花芽分化にも日長が関与しており、8時間日長では側枝の花芽分化は抑制されると考えられた。なお、本試験の場合、日長(明期の時間)でトルコギキョウが受ける受光量は異なり、8時間日長区は自然日長区および12時間日長区に比べて少なくなった。しかし、本試験での短日処理を行った

期間は、8月24日～9月30日の高日照期であり、かつ8時間日長区の明期は9～17時であり、トルコギキョウで光合成速度が高いとされる10～13時(佐藤ら2001)は明期である。このことから、本試験で得られた結果は、受光量の違いによる光合成産物量の違いよりも日長の違いに帰すると考えられた。塚田ら(1996)は、‘シナノオーキト’を供試した長野県における8～9月開花作型で、主茎頂花の花芽分化以降を短日(9時間日長)条件とするとブラインド蕾の発生率が高くなることを報告している。これらのことから、花芽分化以降の日長は、花芽の発育にも影響していると考えられた。

花蕾数以外の切り花形質では、切り花長と主茎長に日長による差が見られた(表3-2-1)。本試験は、頂花発蕾以降の試験で、試験開始までは同様に栽培しているため主茎頂花着花節に差はなく、主茎長の差は節間伸長の差によるものであった。収穫時の主茎節間長は、短日処理開始後に伸長したと考えられる7節より上位の節で12時間日長と8時間日長は自然日長に比べて有意に短かった(表3-2-2)。このことから、12時間以下の日長で主茎節間の伸長が抑制されることが示された。また、側枝長では差は無く、側枝伸長に対する日長の影響は小さいと考えられた(表3-2-3)。一方、花柄長は、12時間日長が自然日長区と8時間日長区に比べて有意に短かった(表3-2-3)。本研究の第1節の結果では、消灯時に伸長期であった花柄の収穫時の長さは、自然日長区の花柄

長と比較して短かった。このことから、花柄伸長に日長は関与していると推察されるが、日長の長さとの関係は明確ではなく、今後更に検討する必要がある。

本節では、日長がプラスチングの発生および切り花品質に及ぼす影響を検証した。その結果、側枝頂花の花芽分化に日長が関与しており、8時間日長では12時間日長に比べて側枝頂花の花芽分化と発育が抑制され、その結果としてプラスチング発生率は8時間日長が12時間日長に比べて高くなること、主茎の節間伸長は12時間日長でも抑制されることが示された。

第3節 電照時期の影響

トルコギキョウの白熱電球を用いた電照に関しては、これまでに花芽分化が促進する、主茎の節間が長くなる(塚田ら, 1982; 山田ら, 2008)ことが報告されている。さらに、第3章第1節では、トルコギキョウ冬出し栽培において白熱電球を用いた電照で自然日長に対してプラスチング花蕾の発生率が低くなり商品花蕾数が増えること、花芽形成期のみ電照でもプラスチング花蕾の発生は低くなること、電照期間中に伸長する茎の節間は長く、消灯時が伸長期の花柄では消灯後の伸長が抑制されることを明らかにした。山田ら(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ため、主茎頂花発蕾(以下発蕾とする)の確認後は長日処理を終了することが望ましいと指摘している。そこで、まず試験1で、熊本県の冬出し栽培における花芽分化の促進を目的とした電照開始時期を検証した。次に試験2で、プラスチング花蕾の発生軽減を目的とした白熱電球を用いた電照における消灯のタイミングを、出荷時に商品蕾とする小花の花蕾長で示すことを目的に、定植日を1週間ずらした生育ステージの異なるトルコギキョウを用いて、消灯日を変えて消灯時の花蕾長とプラスチングの関係を検証した。さらに、消灯した時期の環境がプラスチング発生に及ぼす影響について検証した。試験3では、低夜温と日中加温を組み合わせた温度管理での実際の冬出し栽培における電照開始と消灯時期および再電照が花芽分化とプラスチングおよび切り花品質に及ぼす影響を検証した。

材料および方法

試験1. 電照開始時期の影響

耕種概要

2010年7月7日に288穴セルトレーに播種し、種子低温処

理(10℃, 35日間)後、夜間冷房育苗(16~8時, 15℃設定, 49日間)を行った。この苗を9月29日に粒状育苗培土(くみあい園芸用育苗培土MKK野菜用1号, 南九州化学工業, N: P₂O₅: K₂O=200: 4, 800: 200 mg・L⁻¹)とパーミキュライトを3: 1(容量比)、基肥として緩効性肥料(CDU化成S555, チッソ旭肥料, N: P₂O₅: K₂O=15: 15: 15)を窒素レベルで300 mg・L⁻¹となるように混合した培養土を0.8 L入れた直径15 cmのポットに定植した後、ガラス温室内で底面吸水を行い管理した。温度管理は、換気設定温度を25℃, 加温は10月21日~収穫時まで設定温度15℃で行った。電照は、栽培面積0.81 m²(90 cm×90 cm)の中央の地表面から120 cmの高さに白熱電球を設置し、16~22時と2~8時に点灯した20時間日長(明期延長)で1月7日まで行った。なお、頂花は、蕾長5 mm程度に成長した時に摘蕾した。

試験区の概要

電照開始は定植日の9月29日と定植10日後の10月9日および定植30日後の10月29日とした。

試験区は、自然日長区(13株)、電照定植日以降区(14株)、電照定植10日後以降区(15株)、電照定植30日後以降区(13株)の4区を設けた。

調査項目

ロゼット節、主茎頂花の着花節および発蕾日を測定した。さらに、一次小花と二次小花の発達程度を収穫時に測定し、プラスチング花蕾数/全花蕾数でプラスチング発生率を算出した。

試験2. 消灯時期の影響

耕種概要

2010年6月30日と7月7日に288穴セルトレーに播種し、種子低温処理(10℃, 35日間)後、夜間冷房育苗(16~8時, 15℃設定, 49日間)を行った。この苗を粒状育苗培土(くみあい園芸用育苗培土MKK野菜用1号, 南九州化学工業, N: P₂O₅: K₂O=200: 4, 800: 200 mg・L⁻¹)とパーミキュライトを3: 1(容量比)、基肥として緩効性肥料(CDU化成S555, ジェイムズケリ, N: P₂O₅: K₂O=15: 15: 15)を窒素レベルで300 mg・L⁻¹となるように混合した培養土を0.8 L入れた直径15 cmのポットに定植した後、ガラス温室内で底面吸水を行い管理した。温室の換気設定温度は、定植時から10月21日までを30℃としてその後発蕾期となった11月12日までを午前中を30℃, 午後を25℃, 12月24日までを終日25℃, 12月24日から収穫までは午後の換気を目的に午前中25℃, 午後22℃とした。暖房による加温は10月21日から収穫まで設定温度15℃で行った。電照は、栽培面積0.81 m²(90 cm×90 cm)の中央の地表面から120 cmの高さに電照用みのりK-RD 100V 75W(松下電工, 以下

白熱電球とする)を設置し、16~22時と2~8時に点灯した明期延長(20時間日長)を10月9日から行った。なお、主茎頂花は蕾長5 mm(萼片を含まない)程度に生長した時に摘蕾した。

試験区の概要

試験は、電照消灯時の蕾の大きさと消灯後の環境が花蕾のプラスチックの関係性を調査するため、定植日を9月22日と9月29日として、電照の消灯日を12月1日と12月24日とした。試験区は、9月22日定植-自然日長区(6株)、9月22日定植-12月1日消灯区(9株)、9月22日定植-12月24日消灯区(7株)、9月29日定植-自然日長区(13株)、9月29日定植-12月1日消灯区(7株)、9月29日定植-12月24日消灯区(7株)の6区を設けた。

調査項目

電照が花芽分化に及ぼす影響を確認するため、主茎頂花の発蕾日を調査した。次に、消灯時の蕾の大きさが消灯後のプラスチック発生に及ぼす影響を明らかにするため、一次~三次小花を調査対象として、消灯時に萼片を含まない花蕾長を測定し、収穫時にプラスチックの発生を調査した。なお、9月29日定植-自然日長区は開花期の遅延とプラスチックの発生が著しかったため、3月1日に一斉に収穫してプラスチックの発生を測定した。他の区は、一次小花の開花揃いに切り花を収穫して、収穫日と切り花長(切り花基部から開花小花の先端までの長さ)、切り花重、主茎長、茎径(頂花着花位置から3節下節間を測定)、有効側枝数(開花小花および萼片を含まない長さ3cm以上に生長した蕾をつけた一次側枝数)、商品花蕾数(開花小花および萼片を含まない長さ3cm以上に生長した蕾数)を測定した。

試験3. 電照時期の影響

耕種概要

2011年6月30日に288穴セルトレーに播種し、種子低温処理(10℃, 35日間)後、夜間冷房育苗(16~8時, 15℃設定, 48日間)を行った。この苗を9月21日に基肥(N:P₂O₅:K₂O=1.5:1.5:1.5 kg・a⁻¹)を施肥した熊本県農業研究センター内のガラス温室に畝幅60 cm, 株間10 cm, 条間10 cmで、中央2条抜きの4条で定植した。温室の換気設定温度は、定植時~11月1日までを25℃, その後は23℃とした。暖房による加温は、11月17日~1月21日まで設定温度8℃, 1月25日~収穫までは設定温度15℃, 11月17日~収穫まで午前8時30分から15分間のみ設定温度20℃で行った。電照は、22~3時に点灯する5時間の暗期中断で行った。光源として白熱電球を用い、地上120 cmに150 cm間隔で設置した。なお、慣行栽培に従い頂花および一次小花を花蕾長が5 mm(萼片を

含まない)程度に生長した時に摘蕾した。

試験区の概要

試験区は、本節の試験1と2および第3章第2節の結果から、電照開始は、花芽分化促進に効果があった定植10日後(10月1日)と発蕾期でかつ日長が白簿(1時間)を含めて12時間より短くなる(表3-1-2)定植40日後(10月31日)の2区、消灯時期は、花芽分化が終了したと考えられる定植30日後(10月21日)と三次小花の蕾長が18 mmに達した定植122日後(1月25日)の2区とした。これらの組み合わせにより、自然日長区、電照定植10~122日後区、電照定植40~122日後区、電照定植10~30日後区および電照を定植後10~30日と定植後40~122日に行う再電照区の5区を設けた。

調査項目

ロゼット節、主茎頂花着花節、発蕾日、二次小花第1花開花日さらに、収穫日(二次小花の開花揃い)を測定した。切り花形質は、収穫時に切り花長(切り花基部から開花小花の先端までの長さ)、切り花重、主茎長、主茎の節間長、茎径(頂花着花位置から3節下の節間を測定)、開花小花および長さが3 cm以上に生長した蕾をつけた一次側枝と二次側枝数、商品花蕾数(開花小花と長さ3 cm以上に生長した蕾数)、プラスチック蕾数、頂花着花節から発生した一次側枝とその一次側枝から発生した二次側枝のうち短い方の長さ、二次小花(開花小花)と三次小花(商品蕾)の花柄長を株当たり各3本、これらをすべて1区あたり24個体で測定した。

結果

電照開始時期の影響(試験1)

ロゼット節数

ロゼット節に有意な差はなく、電照開始時期が抽だい開始に及ぼす影響は小さかった。

主茎頂花の着花節および発蕾日

主茎頂花着花節は、電照定植日以降区および電照定植10日後以降区が自然日長区および電照定植30日後以降区に比べて有意に低かった。発蕾日は、電照定植日以降区および電照定植10日後以降区が自然日長区と電照定植30日後以降区に比べて有意に早かった。(表3-3-1)。

プラスチック発生

プラスチック発生率は、自然日長区の58.9%に対して電照定植日以降区で18.4%であった。

消灯時期の影響(試験2)

定植日の違いと発蕾日

発蕾日は、9月22日定植では電照の有無による有意差

は認められなかったが、9月29日定植では電照を行った区が自然日長区と比べて有意に早かった(表3-3-2)。

消灯時の蕾の大きさと花蕾のプラスチック発生との関係

プラスチック発生率は、電照を行った区では自然日長区と比べて低く、電照を行った区では9月22日定植区が9月29日定植区と比べて低く、消灯日の比較では9月22日定植区では差は無かったが、9月29日定植区では12月24日消灯日区が12月1日消灯区と比べて低かった(表3-3-3)。プラスチックが発生した花蕾の電照消灯時の花蕾長は、12月1日消灯区では1~5mm、12月24日消灯区では0~18mmであった。なお、電照消灯時にそれ以上の長さに成長していた花蕾は正常に成長していた(図3-3-1)。

定植日と消灯日の違いと切り花品質

切り花品質は、商品花蕾数は、9月29日定植の12月1日消灯区が9月22日定植の12月1日消灯区と12月24日消灯区に比べて有意に少なかった(表3-3-3)。

電照時期の影響(試験3)

ロゼット節数

ロゼット節数は全ての区が3節で、差は無かった。

主茎頂花の着花節と発蕾日および二次小花の第1花開花日と開花揃い(収穫日)

頂花着花節数は、自然日長区および電照定植40~122日後区が電照を定植10日後から開始した区に比べて多く、電照定植40~122日後区は自然日長区に比べて多かった。発蕾日は、自然日長区および電照定植40~122日

後区が電照を定植10日後から開始した区に比べて遅く、二次小花第1花の開花日と収穫日は、電照定植10~122日後区が最も早く、自然日長区が最も遅く、電照定植40~122日後区、電照定植10~30日後区および再電照区に有意差は無かった。主茎頂花の発蕾日~二次小花第1花の開花日までに要した日数は、電照区が自然日長区に比べて少なく、電照定植10~30日後区は他の電照区に比べて有意に多く、電照定植10~122日後区と電照定植40~122日後区は同程度であった(表3-3-4)。

プラスチック発生

プラスチック発生率は、定植40~122日後の期間に電照を行った区がこの期間を自然日長とした区に比べて低かった(表3-3-6)。

切り花品質

電照定植40~122日後区が他の区に比べて、切り花長および主茎長が有意に長く、切り花重が有意に重く、茎径が有意に太く、有効側枝数および商品花蕾数が有意に多かった(表3-3-5)。主茎の節間伸長は、4節までは定植10日後から電照を開始した区が自然日長区および電照定植40~122日後区に比べて有意に長く、5~8節は再電照区が最も長く、5~7節では再電照区が自然日長区、電照定植40~122日後区および電照定植10~30日後区に比べて有意に長かった(表3-3-6)。側枝長は、定植後40~122日後の期間に電照を行った区がこの期間を自然日長とした区に比べて長くなる傾向が観られた。花柄長は、電照定植40~122日後区が最も長く、自然日長区および電照定植10~30日後に比べて有意に長かった(表3-3-7)。

表3-3-1 抽だいおよび花芽分化と発蕾に及ぼす電照開始時期の影響

試験区	主茎節数		主茎頂花 発蕾日 (月.日)	標準偏差	定植~発蕾 までの日数 (日)
	ロゼット (節)	頂花着花節数 ^z (節)			
自然日長区	3.1	10.3 a	11.20	± 6.0	52.4 a
電照定植日以降	3.1	8.2 b	11.6	± 1.2	38.0 b
電照定植10日後以降	3.1	8.5 b	11.8	± 1.1	40.5 b
電照定植30日後以降	3.4	10.0 a	11.17	± 6.5	49.9 a
F検定 ^y	NS	**	-	-	**

^zロゼット節数を含まない

^y** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

表3-3-2 花芽分化と開花に及ぼす消灯日の影響

試験区	主茎頂花 発蕾日 (月. 日)	主茎頂花 着花節数 (節)	収穫日 (月. 日)
9月22日定植-自然日長	11. 8	9. 6	1. 18
9月22日定植-12月1日消灯	11. 5	9. 4	1. 14
9月22日定植-12月24日消灯	11. 4	9. 3	1. 15
F検定 ^z	NS	NS	NS
9月29日定植-自然日長	11. 20 a ^y	10. 3 a	-
9月29日定植-12月1日消灯	11. 9 b	8. 7 b	1. 23
9月29日定植-12月24日消灯	11. 8 b	8. 5 b	1. 21
F検定 ^z	**	**	NS

^z** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^y異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

表3-3-3 切り花形質に及ぼす定植日と消灯日の影響

試験区	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	主茎長 (cm)	茎径 (mm)	有効 側枝数 (本)	商品 花蕾数 (個)
9月22日定植-自然日長	89. 3	101. 8	56. 5	6. 7	3. 6	6. 8 ab ^y
9月22日定植-12月1日消灯	90. 3	96. 9	61. 6	6. 5	3. 9	8. 2 a
9月22日定植-12月24日消灯	92. 1	95. 3	62. 0	6. 5	3. 4	8. 1 a
9月29日定植-12月1日消灯	84. 8	88. 9	56. 7	6. 1	3. 0	5. 7 b
9月29日定植-12月24日消灯	86. 6	83. 6	56. 4	6. 0	3. 2	6. 3 ab
F検定 ^z	NS	NS	NS	NS	NS	**

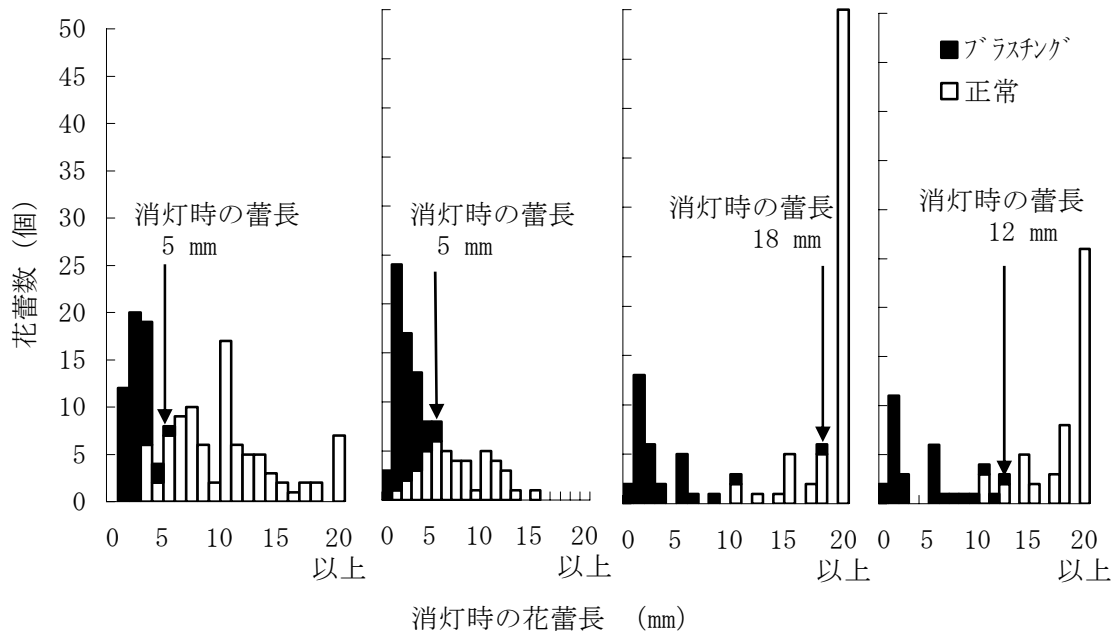
^z** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^y異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

表3-3-4 プラスチング発生率に及ぼす電照の有無と消灯日の影響

試験区	主茎頂花 発蕾日 (月.日)	調査日 (月.日)	プラスチング発生率 (%)			
			一次 小花	二次 小花	三次 小花	一次～三次 小花
9月22日定植-自然日長	11. 8 ± 3.7 ²	1. 18	9. 1	51. 3	74. 2	48. 9
9月22日定植-12月1日消灯	11. 5 ± 2. 3	1. 18	5. 4	25. 0	64. 7	34. 3
9月22日定植-12月24日消灯	11. 4 ± 2. 6	1. 18	5. 3	22. 4	66. 7	32. 7
9月29日定植-自然日長	11. 20 ± 6. 0	3. 1	36. 6	75. 7	94. 1	71. 6
9月29日定植-12月1日消灯	11. 9 ± 0. 3	2. 2	12. 5	51. 4	85. 0	55. 4
9月29日定植-12月24日消灯	11. 8 ± 0. 9	2. 2	4. 8	27. 6	59. 3	32. 5

²標準偏差



9月22日定植 12月1日消灯区 9月29日定植 12月1日消灯区 9月22日定植 12月24日消灯区 9月29日定植 12月24日消灯区

図3-3-1 電照消灯時の蕾の大きさとプラスチング発生の関係

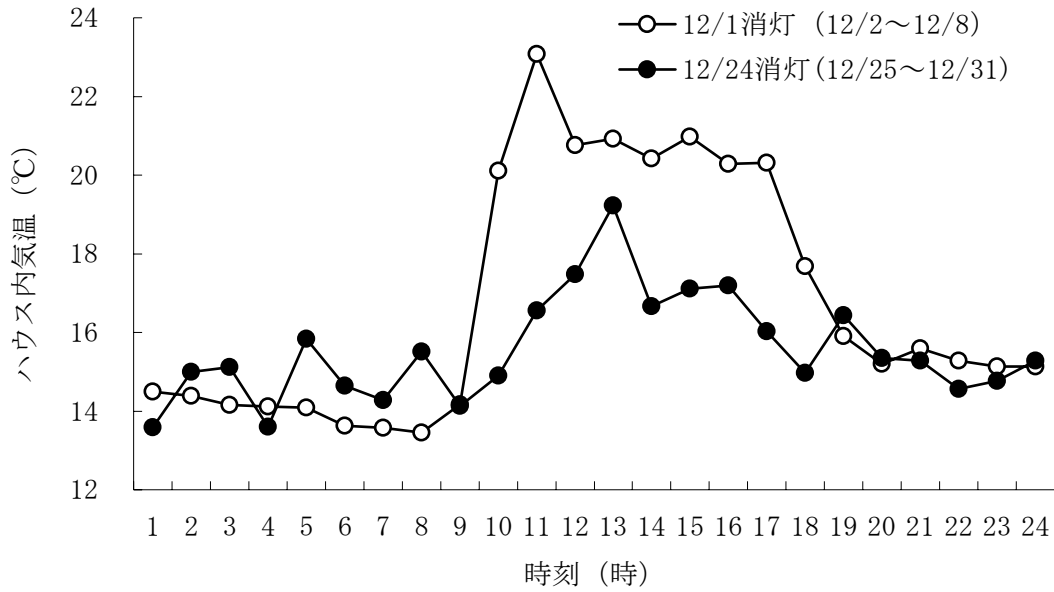


図3-3-2 消灯後1週間のハウス内気温の日変化

表3-3-5 花芽分化および開花に及ぼす電照時期の影響

試験区	主茎頂花 着花節数 (節)	A 主茎頂花 発蕾日 (月.日)	B 二次小花 第1花 開花日 (月.日)	収穫日 (月.日)	B-A	
					発蕾日 ~ 開花日 (日)	
自然日長	9.5 b ^y	11.16 a	3.11 a	3.14 a	115.8 a	
電照定植10日~122日後	8.6 c	11.6 b	2.14 c	2.23 c	99.9 c	
電照定植40日~122日後	10.0 a	11.13 a	2.20 b	2.29 b	99.0 c	
電照定植10~30日後	8.6 c	11.5 b	2.19 bc	2.26 bc	105.5 b	
再電照	8.6 c	11.5 b	2.17 bc	2.25 bc	103.7 bc	
F検定 ^z	**	**	**	**	**	**

^z** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^y異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

表3-3-6 切り花品質に及ぼす電照時期の影響

試験区	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	80cm ^z 調整重 (g)	主茎長 (cm)	茎径 (mm)	一次 側枝数 (本)	二次 側枝数 (本)	商品 花蕾数 (個)	フラスチンク ^g 蕾数 (個)	フラスチンク ^g 発生率 (%)
自然日長	85.2 d ^x	47.1 b	33.0 b	56.4 bc	4.6 b	2.0 b	2.2 b	3.0 d	2.2 a	42.3
電照定植10日～122日後	89.5 bc	47.9 b	35.1 b	56.1 bc	4.7 b	1.9 b	2.5 b	4.2 bc	1.5 a	26.3
電照定植40日～122日後	93.4 a	79.7 a	59.0 a	61.8 a	5.6 a	2.6 a	3.4 a	7.1 a	1.5 a	17.4
電照定植10～30日後	87.4 cd	50.1 b	34.9 b	54.2 c	4.8 b	1.8 b	2.2 b	3.1 cd	2.1 a	40.4
再電照	91.8 ab	54.3 b	37.5 b	57.8 b	5.0 b	2.0 b	2.7 b	4.3 b	1.4 a	24.5
F検定 ^y	**	**	**	**	**	**	**	**	*	—

^z 切り花長80cm, 切り口から30cmの葉と商品花蕾以外の蕾を除去した切り花の重さ

^y **: 1%水準で有意, *: 5%水準で有意, NS: 有意差なし

^x 異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

表3-3-7 収穫時の主茎節間長に及ぼす電照時期の影響

試験区	1節	2節	3節	4節	5節	6節	7節	8節	9節	10節
自然日長	0.5 b ^y	3.7 b	5.1 b	5.7 cd	6.7 b	7.5 c	7.3 d	7.6 b	8.2	—
電照定植10日～122日後	0.9 ab	4.4 a	5.7 a	6.1 ab	7.0 ab	8.3 ab	9.5 ab	9.3 a	—	—
電照定植40日～122日後	0.5 b	3.4 b	4.9 b	5.5 d	6.6 b	8.0 b	8.1 c	7.6 b	8.3	9.0
電照定植10～30日後	0.9 ab	4.5 a	5.7 a	5.9 bc	6.7 b	8.0 bc	9.1 b	8.8 a	—	—
再電照	1.0 a	4.4 a	5.9 a	6.4 a	7.4 a	8.5 a	9.7 a	9.5 a	—	—
F検定 ^z	**	**	**	**	**	**	**	**	NS	—

^z **: 1%水準で有意, *: 5%水準で有意, NS: 有意差なし

^y 異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

表3-3-8 収穫時の側枝および花柄の長さに及ぼす電照時期の影響 (c m)

試験区	側枝長			花柄長	
	一次	二次	一次～二次	二次小花 (開花小花)	三次小花 (商品蕾)
自然日長	9.1 a ^y	7.5 b	9.9 b	9.9 b	8.5 bc
電照定植10日～122日後	9.9 a	7.9 ab	9.8 b	9.8 b	8.0 c
電照定植40日～122日後	10.1 a	8.3 a	11.6 a	11.6 a	9.5 a
電照定植10～30日後	9.1 a	7.6 ab	10.3 b	10.3 b	8.7 b
再電照	9.7 a	8.2 ab	10.4 b	10.4 b	8.7 b
F検定 ^y	*	*	**	**	**

^y **: 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^x 異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

考 察

相対的長日植物とされるトルコギキョウの開花に対して, 短日期の白熱電球による電照が開花を促進することは以前より報告されている(塚田, 1982). 山田ら(2008)は, 10品種のトルコギキョウを用い, 10月8日定植において定植直後から収穫まで白熱電球による電照を行い, 全ての品種で自然日長下に対して着花節位の低下と早期開花を認めた. 本節の試験1では, 9月29日定植で電照の開始時期を変えた結果, 定植後または定植10日後から電照を行った区で自然日長区に対して着花節位の低下と早期発蕾を認めた(表3-3-1). このことから, 9月下旬に定植を行う熊本県の冬出し栽培において, 花芽分化の促進を目的に白熱電球を用いて電照を行う場合は, 定植10日後までの電照開始で良いと考えられた.

試験2において消灯時の花蕾長とプラスチングの関係を検証した. その結果, 12月1日消灯では, 消灯時に蕾長5mm以上に成長していた蕾ではプラスチングの発生は見られなかった(図3-3-1). 一方, 12月24日消灯では, 消灯時の蕾長が5mmより長い蕾長18mmの蕾でも消灯後のプラスチングが確認された. しかし, 消灯時に蕾長が18mmより長かった蕾では, プラスチングの発生は見られなかった. さらに, 12月24日消灯での商品花蕾数は, 9月22日定植が9月29日定植に比べて多く, 消灯時に蕾長18mmより成長した花蕾は9月22日定植が9月29日定植に比べて多かった. 福田ら(2006)は, 極早生八重品種の‘ニューリネーションホワイト’(サカタのタネ(株))を10時間日長, 明期20℃/暗期15℃, 明期の平均光量 $118 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ とした人工気象器で栽培を行い,

短日・低照度下でのプラスチングの発生は雌ずいの形成遅延を伴うことを見出している. さらに, Kawakatsuら(2012)は, プラスチング誘導条件および非誘導条件における花器官発生の詳細な観察を行い, プラスチング現象が生殖器官の分化および発達の決定的な抑制であることを見出している. これらのことは, ある程度発達した蕾であれば, プラスチングを起こす危険性が小さくなることを示している.

12月1日と12月24日の消灯後1週間の環境を比較すると, 大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台調べにおける熊本市の日の出から日の入りまでの時間で見た一日の平均日長では, 12月1日消灯区が10.1時間, 12月24日消灯区が10.0時間と差は小さく, 気象庁調べにおける熊本市の日射量で見た消灯後1週間の積算日射量は, 12月1日消灯区78.8MJ・m²が12月24日消灯区57.9MJ・m²に比べて多く, 日中(9～16時)のハウス内平均気温は, 12月1日消灯区20.9℃が12月24日消灯区16.9℃に比べて高かった(図3-4-2). 牛尾ら(2007)大気二酸化炭素濃度下でのトルコギキョウの個葉光合成適温25～30℃と報告している. これらのことから, 12月24日消灯区が12月1日消灯区に比べて消灯後の日射量が少なく, 気温が低い時期となったため, 12月24日消灯区が12月1日消灯区に比べてより大きな花蕾でもプラスチングしたと考えられた. これらのことから, 白熱電球を用いた電照によるプラスチング軽減は, 蕾長5mmまでの電照で効果が高く, 消灯する時期が低温かつ低日照となる時期では, 蕾長18mm程度まで電照期間を延長することでプラスチング発生を軽減し, 商品花蕾の確保が出来ると考えられた.

試験3において、実際の栽培での電照期間の影響を9月21日定植で検証した。その結果、定植10日後からの電照開始した区が自然日長区および定植40日後からの電照開始区に比べて、頂花着花節数は有意に低く、発蕾日も有意に早く、花芽分化が促進した。この結果は、本節の試験1の結果と同じであった。

主茎頂花の発蕾日～二次小花第1花の開花日までの日数は、電照区が自然日長区に比べて早く、中でも電照定植10日～122日後区と電照定植40日～122日後区が早く、両区間に差はなかった(表3-4-5)。このことは、定植40日後からの白熱電球を用いた電照で二次小花の発育が促進されたことを示している。主茎頂花の発蕾期から白熱電球を用いた電照を20時間日長とする明期延長で行った第3章第1節では、主茎頂花の発蕾日～二次小花第1花の開花日までの日数は、自然日長区と電照区に有意な差は見られなかった。本節試験3の定植40日後は10月31日、電照定植40日～122日後区の主茎頂花の発蕾日は11月13日であった。つまり、電照開始時の生育ステージは本節の試験3が第3章第1節に比べて早かったことを示している。このことから、電照定植40日～122日後区では、二次小花の花芽分化および早いステージでの発育が自然日長区に比べて促進されたと考えられた。主茎頂花の着花節と発蕾日に差がなかった電照定植10～30日後区および定植30日後～40日後の期間を消灯した再電照区が電照定植10日～122日後区に比べて主茎頂花の発蕾日～二次小花第1花の開花日までの日数が多かったことから、白熱電球を用いた5時間の暗期中断で、二次小花における花芽分化および早いステージでの発育は促進されたと考えられた。

切り花品質は、電照定植40～122日後区が他の区に比べて切り花長および主茎長が有意に長く、切り花重が有意に重く、茎径が有意に太く、有効側枝数および商品花蕾数が有意に多く切り花ボリュームに優れた。主茎節間長は、電照期間が伸長期であったと考えられる節間で自然日長に比べて有意に長く、電照による伸長促進が見られた。一方、側枝長と花柄長は、電照定植40日～122日後区のみ自然日長に比べて有意に長かった。このことから、白熱電球を用いた電照での茎伸長に及ぼす影響は生育ステージによって異なり、側枝および花柄の伸長には、電照開始時期がそれぞれの伸長期に入る時期に近いほど伸長促進に働くと考えられた。

さらに、ブラスチング発生率は、定植40～122日後の期間に電照を行った区がこの期間を自然日長とした区に比べて低かった(表3-3-5)。また、再電照区と電照を継続した区の切り花品質に有意な差は見られず、主茎花芽分化後10日間消灯が生育に及ぼす影響は小さいと考え

られた。これらのことから、熊本県における冬出し栽培では、定植40日後から白熱電球を用いた電照を行うことで、開花遅延とブラスチングの発生を軽減し、かつ切り花長、切り花重、茎径、有効側枝数、商品花蕾を確保したボリュームに優れた切り花を生産できることが明らかになった。

塚田(1996)は、‘シナノオーキト’を供試した長野県における8～9月開花作型で、生育ステージを定植～花芽分化、花芽分化～出蕾、出蕾～開花に分けて、それぞれの期間を遮光と白熱電球を用いた電照で作りに出した9時間日長と16時間日長で栽培を行い、生育日数は、花芽分化まで16時間日長で栽培した場合は、その後の日長による影響は小さい、しかし、花芽分化まで9時間日長で栽培した場合は、その後を16時間日長とすることで促進されること、茎径と切り花重は、出蕾～開花の16時間日長で増大が図られること、分枝数と花蕾数は、花芽分化まで9時間日長、その後16時間日長で多くなること、さらに、ブラインドは、花芽分化～出蕾または出蕾～開花を9時間日長とすると発生し、ブラインド発生率は、花芽分化まで16時間日長、その後9時間日長区が最も高く、次いで全期間9時間日長であると報告している。以上のように塚田の報告は高冷地の夏出し作型であるが、本試験の結果と同じ傾向を示している。

以上の結果から、熊本県の冬出し栽培では、主茎頂花の花芽分化は定植10日後までに白熱電球を用いた電照を開始すると促進すること、さらに、主茎頂花の花芽分化期までは自然日長とし、その後商品蕾の長さが5mmに達するまで、若しくは、低日照期は商品蕾の長さが18mm程度に達した時まで白熱電球を用いた電照を行うことで、開花遅延とブラスチング発生を回避し、さらに、切り花長、切り花重および商品花蕾数を確保したボリュームに優れた切り花の生産が可能であることが明らかになった。

第4節 発蕾期以降の電照における電照時間帯の影響

前節までに、トルコギキョウでは、12時間以下の日長で主茎の節間伸長が抑制され、8時間日長では側枝頂花の花芽分化と発達が抑制される(第3章第2節)。また、白熱電球を用いた電照で花芽分化および主茎の節間伸長が促進される、主茎頂花発蕾期以降に白熱電球を用いた電照で開花遅延とブラスチングが発生を軽減し、切り花長、切り花重および商品花蕾を確保したボリュームに優れた切り花を冬期に生産できる(第3章第1節、第3章第3節)。さらに、ブラスチング発生回避には花芽分化～出荷時に商品蕾とする蕾の長さが5mmに達するまで、低日照期は

蕾長18 mm程度に達するまで行くと効果が高い(第3章第3節)ことを明らかにした。しかし、冬出し作型における一日の中での電照を行う時間帯が開花と切り花品質に及ぼす影響については、まだ明らかにしていない。

電照を行う時間帯による効果の違いは多く報告されている。トルコギキョウの電照に関しては、福岡県における9月26日定植で、早生品種‘ネイルピーチネオ’を用いて、定植～第1花開花まで白熱電球を用いた5時間の電照を日没後、暗期中断、日の出前の3つの時間帯で第1花を調査対象として行い、開花促進効果は暗期中断と日の出前で優れ、日没後では劣る、さらに、節間の伸長は電照処理で自然日長より促進されるが電照の時間帯による差はないことが報告されている(山田ら, 2008)。一方、鳥取県における10月23日定植で、早生品種‘ネイルピーチネオ’および‘一番星’を用いて、活着後～開花期まで遠赤色光蛍光灯を用いた3時間の日没後と日の出前の電照および終夜電照で行い、開花は終夜電照と日没後電照が同程度、次いで日の出前電照でいずれも自然日長と比べて1ヶ月早くなり、切り花品質は、終夜電照、日没後電照、日の出前電照、自然日長の順に切り花長は長く、切り花重は重く、プラスチックの発生率は、終夜電照と日没後電照で自然日長と比べて有意に低下することが報告されている(岸本ら, 2009)。また、スプレーギクで花芽抑制のための暗期中断終了後からの遠赤色光蛍光灯を用いた1時間の電照を日没後、暗期中断、日の出前の3つの時間帯で行うと、茎伸長効果は日没後および暗期中断で高く、日の出前で低いことが報告されている(島ら, 2009)。

本節では、低夜温・日中加温管理での実際の冬出し栽培における白熱電球を用いた電照期間を主茎頂花発蕾期～三次小花の蕾長が18 mmに達するまでとして、5時間の電照時間を暗期中断、日の出前、日没後の3つの時間帯で行い、その影響を検証した。

材料および方法

耕種概要

2011年6月30日に288穴セルトレーに播種し、種子低温処理(10℃, 35日間)後、夜間冷房育苗(16～8時, 15℃設定, 48日間)を行った。この苗を9月21日に基肥(N:P₂O₅:K₂O=1.5:1.5:1.5 kg・a⁻¹)を施肥した熊本県農業研究センター内のガラス温室に畝幅60 cm, 株間10 cm, 条間10 cmで、中央2条抜き4条で定植した。温室の換気設定温度は、定植時～11月1日までを30℃, その後は23℃とした。暖房による加温は、11月17日～1月21日まで設定温度8℃, 1月21日～収穫までは設定温度

15℃, 11月17日～収穫まで午前8時30分から15分間のみ設定温度20℃で行った。電照期間は、主茎頂花発蕾期となった11月1日～三次小花の蕾長が18 mmに達した1月21日までとした。光源として白熱電球を用い、地上120 cmに150 cm間隔で設置した。なお、慣行栽培に従い頂花および一次小花を花蕾長が5 mm(萼片を含まない)程度に生長した時に摘蕾した。

試験区の概要

試験は、対照区として自然日長区と20時間日長区(電照時間:17～22時と2～8時)を設け、試験区として日没後電照区(17～22時), 暗期中断区(22～3時), 日の出前区(3～8時)を設けた。

調査項目

発蕾日, 主茎頂花着花節, 二次小花第1花開花日さらに、収穫日(二次小花の開花揃)を測定した。切り花品質は、収穫時に切り花長(切り花基部から開花小花の先端までの長さ), 切り花重, 主茎長, 主茎の節間長, 茎径(頂花着花位置から3節下の節間を測定), 開花小花および長さが3 cm以上に生長した蕾をつけた一次側枝と二次側枝数, 商品花蕾数(開花小花と長さ3 cm以上に生長した蕾数), プラスチック蕾数, 頂花着花節から発生した一次側枝とその一次側枝から発生した二次側枝のうち短い方の長さ, 二次小花と三次小花の花柄長を株当たり各3本, これらをすべて1区あたり24個体で測定した。

結 果

頂花着花節, 発蕾日, 開花日および収穫日

電照時間を変えた3つの試験区(以下, 5時間電照区)の頂花着花節数は8.4～8.9節で、日没後電照区と暗期中断区が20時間日長区に比べて有意に高かった。発蕾日は、5時間電照区が自然日長区に比べて有意に早かった。二次小花第1花の開花日は、5時間電照区が自然日長区および20時間日長区に比べて有意に早く、主茎頂花発蕾日～二次小花第1花開花までに要した日数は、5時間電照区が自然日長区および20時間日長区に比べて有意に少なく、自然日長より9.4～11.0日, 20時間日長より5.6～7.2日少なかった。電照処理を行った区では自然日長区と比べて収穫日が有意に早く、日没後電照区と暗期中断区が20時間日長区に比べて有意に早かった(表3-4-1)。

切り花品質

切り花長は5時間電照区が自然日長区に比べて有意に長く、中でも日没後電照区が最も長かった。主茎長は、日没後電照区および暗期中断区が他の区に比べて有意に長かった。その他の切り花形質では、日没後電照区で他

の区と比べて有意に切り花重および80 cm調整重が重く、茎径が大きく、一次側枝数、二次側枝数および商品花蕾数が多く、優れた形質を示した(表3-4-2)。主茎の節間伸長は、4節までの節間長に区の差は無く、20時間日長では5~7節、日没後電照区では6~7節、暗期中断区では8節で自然日長区と比べて有意に長く、日の出前電照区は自然日長区と全ての節間で有意差は無く、5~8節までの主茎長で見ると20時間日長区、日没後電照区および暗期中断区が自然日長区に比べて有意に長く、中でも日

没後電照区が最も長かった(表3-4-3)。側枝長は、日没後電照区および暗期中断区が自然日長に比べて有意に長く、花柄長は、日没後電照区が最も長く、自然日長と比べて有意に長かった(表3-4-4)。

ブラスチング発生

ブラスチング蕾数に有意な差はなかったが、ブラスチング発生率は、5時間電照区では13.4~16.0%で自然日長区の31.3%に比べて低く、中でも日没後電照区が最も低かった(表3-4-2)。

表3-4-1 花芽分化および開花に及ぼす電照時期の影響

試験区	主茎頂花 着花節 (節)	A		B		収穫日 (月.日)	B-A 発蕾~開花 日数 (日)
		主茎頂花 発蕾日 (月.日)		二次小花 第1花 開花日 (月.日)			
自然日長	8.7 ab ^y	11.8 a		2.22 a		3. 1 a	105.6 a
20時間日長	8.4 b	11.6 ab		2.16 a		2.24 b	101.8 a
日没後電照	8.8 a	11.4 b		2. 8 b		2.17 c	95.8 b
暗期中断	8.9 a	11.6 b		2. 9 b		2.10 c	94.6 b
日の出前電照	8.8 ab	11.6 b		2.10 b		2.20 bc	96.2 b
F検定 ^z	*	**		**		**	**

^z** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^y異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

表3-4-2 切り花品質に及ぼす電照時期の影響

試験区	切り花長	切り花重	80cm ² 調整重	主茎長	茎径	一次 側枝数	二次 側枝数	商品 花蕾数	プラスチック ^g 蕾数	プラスチック ^g 発生率
	(月・日)	(g)	(g)	(cm)	(mm)	(本)	(本)	(個)	(個)	(%)
自然日長	81.6 d ^x	35.9 d	27.4 c	51.2 b	4.3 cd	2.0 b	2.3 b	3.3 b	1.5	31.3
20時間日長	83.3 cd	39.2 cd	31.4 bc	51.3 b	4.3 d	2.0 b	2.3 b	4.2 b	0.8	16.0
日没後電照	92.8 a	78.5 a	58.0 a	56.5 a	5.6 a	2.4 a	3.3 a	7.1 a	1.1	13.4
暗期中断	88.9 ab	47.6 bc	36.1 b	55.6 a	4.6 bc	2.1 ab	2.7 b	5.3 b	1.0	15.9
日の出前電照	86.5 bc	50.2 b	37.5 b	52.6 b	4.6 bc	1.9 b	2.3 b	5.0 b	0.9	15.3
F検定 ^y	**	**	**	**	**	**	**	**	NS	-

^z 切り花長80cm, 切り口から30cmの葉と商品花蕾以外の蕾を除去した切り花の重さ

^y **: 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^x 異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

表3-4-3 収穫時の主茎節間長に及ぼす電照時期の影響

試験区	(cm)								
	1節	2節	3節	4節	5節	6節	7節	8節	5~8節
自然日長	0.6	3.7	5.1	5.6	6.6 b ^y	7.7 b	8.2 b	8.2 b	30.8 c
20時間日長	0.6	3.7	4.9	5.7	7.2 a	8.4 a	8.9 b	8.4 b	32.8 ab
日没後電照	0.7	3.5	5.0	5.8	6.8 ab	8.5 a	9.6 a	9.4 a	34.3 a
暗期中断	0.8	3.4	5.0	5.9	6.8 ab	7.9 b	8.9 b	9.4 a	33.0 ab
日の出前電照	0.6	3.3	4.0	5.7	6.3 b	7.6 b	8.7 b	9.1 ab	31.7 bc
F検定 ^z	NS	*	NS	NS	**	**	**	**	**

^z **: 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^y 異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

表3-4-4 収穫時の側枝および花柄の長さに及ぼす電照時期の影響 (cm)

試験区	側枝長			花柄長	
	一次	二次	一次～二次	二次小花 (開花小花)	三次小花 (商品蕾)
自然日長	9.2 b ^y	7.9 b	17.1 c	10.0 bc	8.2 b
20時間日長	9.4 b	7.2 b	16.6 c	9.5 c	8.0 b
日没後電照	10.5 a	9.0 a	19.5 a	11.5 a	9.7 a
暗期中断	10.3 a	8.7 a	19.0 ab	10.3 b	7.7 b
日の出前電照	9.8 ab	7.8 b	17.6 bc	10.3 b	8.2 b
F検定 ^z	**	**	**	**	**

^z** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, NS : 有意差なし

^y異なる英小文字は, Tukey法で5%の有意差があることを示す

考 察

本節では, 低夜温・日中加温管理での実際の冬出し栽培における主茎頂花発蕾～三次小花の蕾長が18 mmに達するまでの期間の電照時間帯の影響を検証した。

二次小花第1花の花芽発育に及ぼす影響を主茎頂花の発蕾日～二次小花第1花の開花までに要する日数で見ると, 5時間電照区で自然日長区および20時間日長区に比べて有意に少なかった。第3章第1節の結果でも, 主茎頂花発蕾期以降の白熱電球を用いた20時間日長で二次小花の開花促進効果は低かった。このことは, 電照を5時間行うと時間帯に関係なく二次小花第1花の花芽発育は促進されること, 一方, 20時間日長とすると花芽発育促進効果は低いことを示している。

収穫日は, 電照処理を行った区で自然日長区に比べて有意に早く, 電照処理区間で比べると日没後電照区と暗期中断区は20時間日長区に比べて有意に早かった。各電照処理区は, 発蕾日が自然日長区に比べて早く, 発蕾日の前進は収穫日が早くなった要因の一つと考えられた。さらに, 5時間電照区では, 二次小花第1花以外の二次小花についても上記のように花芽の発育が促進された結果, 20時間日長よりもさらに収穫日が早くなったものと考えられた(表3-4-1)。

切り花品質は, 切り花長では電照処理区が自然日長区に比べて有意に長く, 中でも日没後電照が最も長く, 電照開始後に伸長した主茎の5節～8節節間長と側枝および花柄は, 日没後電照区が最も長く, 日の出前電照区は自然日長区と有意な差は無かった(表3-4-2, 表3-4-3,

表3-4-4)。このことは, 茎伸長促進効果は, 日没後電照で効果が高く, 日の出前電照では効果が低いことを示している。山田ら(2008)は, トルコギキョウの定植時からの電照では, 電照による茎伸長促進は高いが, 時間帯による差は小さいとしている。一方, スプレーギクにおける花芽分化期以降の電照の時間帯が茎伸長に及ぼす影響を検証した島ら(2009)の報告では, 茎伸長効果は日没後および暗期中断で高く, 日の出前で低いとしている。植物の茎伸長に対する日長反応が生育ステージで異なる報告はなく, 明確ではない。しかし, 本研究の第3章第1～4節の結果からトルコギキョウにおける白熱電球を用いた電照では, 主茎の節間伸長促進を伴うことは確実である。側枝と花柄の伸長は, 本研究の第3章第1節および第3節の試験3と本節の結果から, それぞれの伸長期の日長が影響していると考えられる。

切り花重は, 日没後電照区が他の区に比べて有意に重く, 日没後電照区が他の区に比べて切り花ボリュームに優れた。これは, 他の区に比べて茎の肥大が良く, 側枝の発生が多く, 花蕾数も多く, さらにプラスチック蕾の発生率が低かったことによるもので, 日没後電照処理がトルコギキョウの生育促進に有効であることを示している。岸本ら(2009)は, 10月23日定植のトルコギキョウへの活着後からの白熱電球を用いた日没後3時間の電照で, 終夜電照とほぼ同等に自然日長に比べて側枝数が多く, プラスチックの発生が少なく, 商品花蕾が増加すると報告している。頂花発蕾期から電照を開始した本節の試験では, 20時間日長では5時間電照処理区と比べて切り花重は軽く, 切り花ボリュームは劣った。この点で

は、岸本らの報告と異なった。しかし、日没後電照が短
日期におけるトルコギキョウの生育促進、側枝の生育促
進およびブラスチングの発生抑制に効果が高い点は同様
であった。短日期の日没後電照による茎肥大と側枝の発
生の促進およびブラスチング発生抑制のメカニズムにつ
いては、今後検証していく必要がある。

本節の試験結果から、熊本県のトルコギキョウ冬出し
栽培では、主茎頂花発蕾期から白熱電球を用いた電照を
日没後に5時間行うと開花遅延とブラスチング発生の回
避および切り花ボリュームの確保に有効であることが示
された。なお、本節では、日没後電照で最低限必要な電
照時間は検証していない。深夜電力を使用できない日没
後電照では、電気料金の削減からも電照時間について検
証する必要がある。

第4章 低夜温電照栽培の品種適応性

前章までに熊本県の冬出し栽培に利用されている中早生品種の‘ボレロホワイト’（八重咲き，ミヨシ（株））を用いて，短日・低日照期におけるトルコギキョウ栽培におけるステージごとの栽培温度の影響と白熱電球を用いた電照の効果を明らかにした．本研究の実用的な目的は，冬期に燃油消費量を削減して，低コストで品質の良いトルコギキョウ切り花を安定生産することであり，低温・短日期の電照による長日処理の効果について総合的に検証する必要がある．そこで，本研究で構築した燃油消費量を削減できる低夜温と日中加温を組み合わせた温度管理における，白熱電球を用いた電照栽培の品種適応性を検証した．試験は，白熱電球による明期延長（20時間日長）が，花芽分化，開花，花蕾のプラスチック，茎伸長および切り花品質に及ぼす影響を定植日9月22日と9月29日の2回の栽培で，‘ボレロホワイト’を含めた極早生～中晩生の4品種を用いて品種の早晚性の影響を検証するとともに，2月中旬に切り花長80 cm以上，切り花重40 g以上，茎径5 mm以上，商品花蕾数5個以上の切り花生産を目標に実施した．

材料および方法

耕種概要

極早生品種‘ニューリネーションホワイト’（八重咲き，（株）サカタのタネ），中早生品種‘ボレロホワイト’（八重咲き，ミヨシ（株）），中生品種‘海ほのか’（八重咲き，スミカ（株）），中晩生品種‘パレオピンク’（八重咲き，タキイ種苗（株））の4品種を供試した．4品種とも，2010年7月2日と7月6日に288穴セルトレーに播種し，種子低温処理（10℃，35日間）後，夜間冷房育苗（16～8時，15℃設定）をそれぞれ47日間と50日間行った苗を9月22日と9月29日に基肥（N:P₂O₅:K₂O=1.5:1.5:1.5 kg・a⁻¹）を施肥した熊本県農業研究センター内の並列したガラス温室2棟に畝幅84 cm，株間12 cm，条間12 cmで，中央1条抜き6条で定植した．換気は図4-1で示した設定温度で行った．なお，慣行栽培に従い頂花および一次小花を花蕾長が5 mm（萼片を含まない）程度に生長した時に摘蕾した．

試験区の概要

試験は，日長で自然日長区と電照区の2区，温度管理で慣行夜温区と低夜温区の2区，定植日で9月22日区と9月29日区の2区を組み合わせた8区を設けた．

暖房による加温設定は，慣行夜温区は，10月21日～収

穫まで終日15℃，低夜温区は，第2章の結果から花芽形成期の10月21日～1月21日まで夜間は10℃，昼温25℃確保が難しくなった11月12日～1月21日まで日中加温（午前9時30分～午前11時30分の2時間を20℃設定），1月21日～収穫まで終日15℃とした．

電照は，活着が確認された10月9日に開始して，第3章1節の結果に従い収穫時の商品蕾にあたる全ての三次小花蕾長が8 mm以上となった1月7日までを光源として白熱電球を用い，地上120 cmに150 cm間隔で設置して，明期延長（20時間日長）で行った．

調査項目

調査は，定植時の苗の大きさ，ロゼット節，主茎頂花着花節，発蕾日，開花日（二次小花第1花開花日），収穫日（二次小花の開花揃い）を行った．切り花品質は，収穫時に切り花長（切り花基部から開花小花の先端までの長さ），切り花重，主茎長，主茎の節間長，茎径（頂花着花位置から3節下の節間を測定），有効側枝数（開花小花および長さが3 cm以上に生長した蕾をつけた一次側枝数），商品花蕾数（開花小花と長さ3 cm以上に生長した蕾数），二次と三次小花の正常花蕾数とプラスチック蕾数，切り花の剛直性の指標とした下垂（切り花長75 cmに切り揃えた切り花の基部を水平に持ったときの水平面と切り花先端の距離），さらに，‘ボレロホワイト’では頂花着花節から発生した一次～三次側枝の長さ，二次小花（開花小花）と三次小花（商品蕾）の花柄長を株当たり1本，これらをすべて1区あたり24個体で測定した．なお，‘パレオピンク’はロゼット株が多く発生したため，切り花品質調査は行わなかった．さらに，試験期間中のハウス内気温と湿度および10月21日～1月21日までの燃油消費量を測定した．

結 果

試験期間中のハウス内環境

ハウス内気温は，換気および暖房による加温設定温度と同程度で推移した（図4-2）．夜間の湿度は，11月21日まで90%以上で推移し，11月12日～12月24日は低夜温区では平均85.7%と慣行夜温区の平均78.0%に比べてと高く，12月24日～1月21日は低夜温区では平均85.7%と慣行夜温区の平均64.0%に比べてと高かった（図4-3）．暖房による加温開始～開花期まで（10月21日～1月21日）の80 m²のガラスハウスでの燃油消費量は，低夜温区は599.9 Lで慣行夜温区の1147.8 Lに比べ

て少なく、低夜温区の慣行夜温区に対する燃油消費量の削減率は、47.7%であった(図4-4)。なお、1月21日～2月12日(収穫)までを15℃とした収穫期までの燃油消費量の削減率は35.1%であった。

定植時の苗の大きさ

本葉展開数で見ると2.9～3.3対で、それぞれの品種の定植時の苗の生育ステージは定植日による違いはなかった(表4-1)。

抽だい

抽だい率は、極早生品種‘ニューリネーションホワイト’、中早生品種‘ボレロホワイト’および中生品種‘海ほのか’では100%であった。一方、中晩生品種‘パレオピンク’では、自然日長は定植日と温度管理に関係なく全ての試験区0%、電照を行った区でも、慣行夜温・9月22日定植区54.2%、低夜温・9月22日定植区70.8%、慣行夜温・9月29日定植区83.3%、低夜温・9月29日定植区66.7%であった。

抽だい率が100%であった3品種のロゼット節は、極早生品種‘ニューリネーションホワイト’および中生品種の‘海ほのか’では試験区間に差はなかった。一方、中早生品種‘ボレロホワイト’では9月22日定植区が9月29日定植区に比べて多かった(表4-2)。

主茎頂花着花節、発蕾日、開花日、収穫日および栽培期間

主茎頂花着花節について見ると、中早生品種‘ボレロホワイト’では9月29日定植で電照区が自然日長区に比べて、自然日長で慣行夜温区が低夜温区に比べて少なかった。一方、極早生品種‘ニューリネーションホワイト’と中生品種‘海ほのか’では、9月22日定植と9月29日定植ともに電照区が自然日長区に比べて少なく、温度での差はなかった(表4-2)。

発蕾日は、供試した3品種とも電照区が自然日長区に比べて早く、9月22日定植が9月29日定植に比べて早く、温度は自然日長区でのみ慣行夜温区が低夜温区に比べて早く、電照区では差はなかった(表4-2)。

開花日および収穫日は、供試した3品種とも電照区が自然日長区に比べて、慣行夜温区が低夜温区に比べて、9月22日定植が9月29日定植に比べて早く、自然日長では低夜温区が慣行夜温区に比べて大幅に遅れたが、電照区での遅れは自然日長区に比べて小さかった(表4-2)。

発蕾日～開花日までの日数は、慣行夜温区が低夜温区に比べて少なく、極早生品種‘ニューリネーションホワイト’と中早生品種‘ボレロホワイト’では、低夜温区において電照区が自然日長区に比べて少なかったが、中生品種‘海ほのか’では差がなかった(表4-2)。

定植日～収穫日の栽培期間は、供試した3品種とも定

植日による差は小さく、電照処理の有無と温度管理の組合せで異なり、電照・慣行夜温区、自然日長・慣行夜温区、電照・低夜温区、自然日長・低夜温区の順に少なかった(表4-2)。

切り花品質

切り花長は、極早生品種‘ニューリネーションホワイト’では9月22日定植が9月29日定植に比べて長く、中早生品種‘ボレロホワイト’では電照区が自然日長区に比べて長く、中生品種‘海ほのか’では電照区において慣行夜温区が低夜温区に比べて長かった(表4-3)。

切り花重は、極早生品種‘ニューリネーションホワイト’では低夜温区が慣行区に比べて重く、中早生品種‘ボレロホワイト’では9月29日定植区が9月22日定植区に比べて、さらに低夜温区が慣行区に比べて重く、中生品種‘海ほのか’では自然日長区が電照区に比べて重かった(表4-3)。

茎径は、極早生品種‘ニューリネーションホワイト’では低夜温区が慣行夜温区に比べて、さらに自然日長区が電照区に比べて大きく、中早生品種‘ボレロホワイト’では低夜温区が慣行夜温区に比べて大きく、中生品種‘海ほのか’では自然日長区において低夜温区が慣行区に比べて大きかった(表4-3)。

有効側枝数は、極早生品種‘ニューリネーションホワイト’と中早生品種‘ボレロホワイト’では低夜温区が慣行夜温区に比べて多く、中生品種‘海ほのか’では大きな差はなかった(表4-3)。

商品花蕾数は、極早生品種‘ニューリネーションホワイト’では低夜温区が慣行夜温区に比べて多く、中早生品種‘ボレロホワイト’では電照区が自然日長区に比べて多く、中生品種‘海ほのか’では、自然日長区において9月29日定植が9月22日定植に比べて多かった(表4-3)。

切り花の剛直さを示す下垂は、極早生品種‘ニューリネーションホワイト’中生品種‘海ほのか’では大きな差はなかったが、中早生品種‘ボレロホワイト’では低夜温区が慣行区に比べて小さく硬かった(表4-3)。

プラスチック発生率

プラスチック発生率は、供試した3品種とも電照区が自然日長区に比べて低かった(表4-4)。

‘ボレロホワイト’における主茎と側枝および花柄の伸長

主茎長は、電照区が自然日長区に比べて、低夜温区が慣行夜温区に比べて、9月22日定植区が9月29日定植区に比べて長く、発蕾時の測定では温度管理の影響が大きく、収穫時の測定では電照の影響が大きかった(表4-5)。

主茎の節間長は、電照区が自然日長区に比べて、9月22日定植区が9月29日定植区に比べて長く、温度管理による差はなかった(表4-5).

一次～三次側枝の長さは、電照区が自然日長区に比べて、慣行夜温区が低夜温区に比べて長く、定植日による差はなく、電照・慣行夜温・9月22日定植が最も長く、

最も短かった自然日長・低夜温・9月29日定植と9cmの差があった(表4-6).

花柄長は、二次小花では電照区が自然日長区に比べて長く、三次小花では9月22日定植の電照区と9月29日定植の自然日長区で、慣行夜温区が低夜温区に比べて長かった(表4-6).

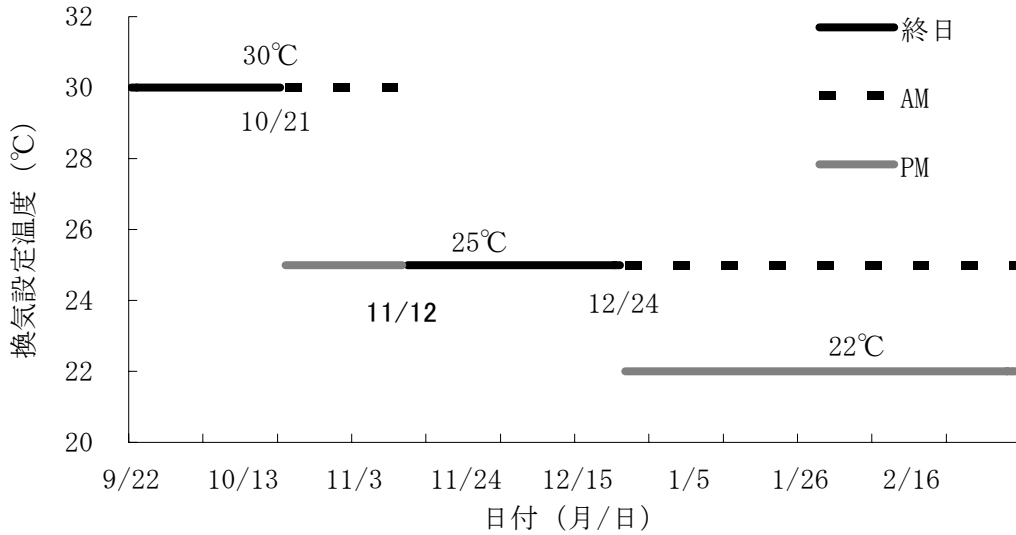


図4-1 換気設定温度

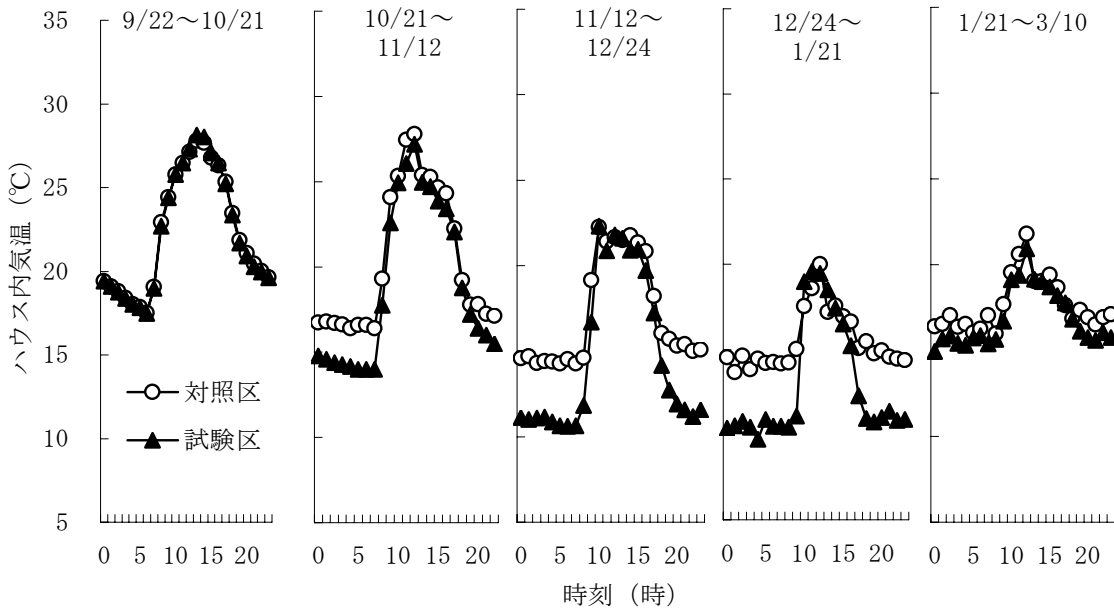


図4-2 試験期間中のハウス内気温

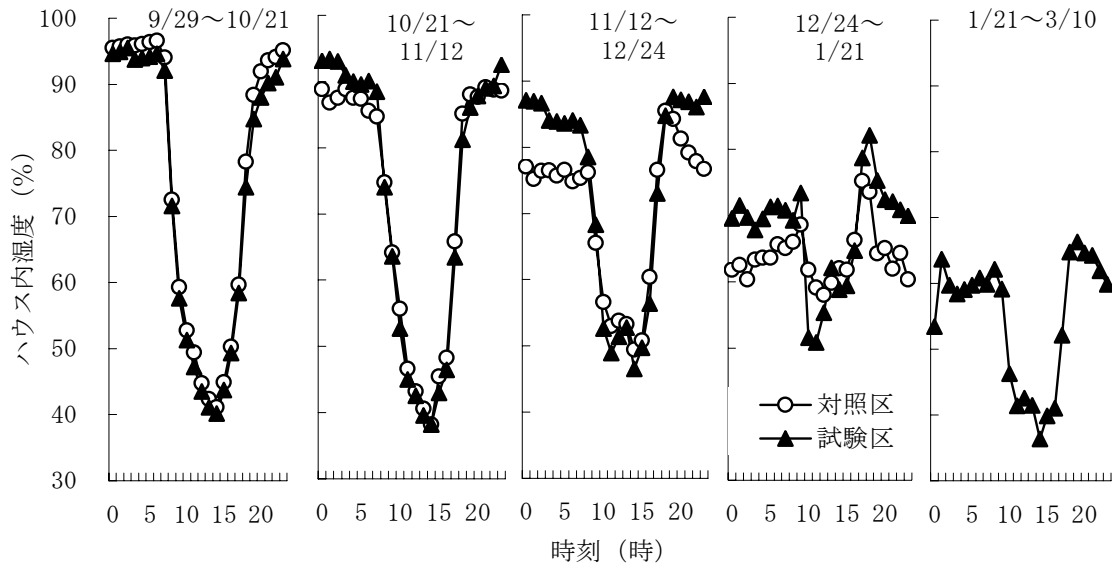


図4-3 試験期間中のハウス内湿度

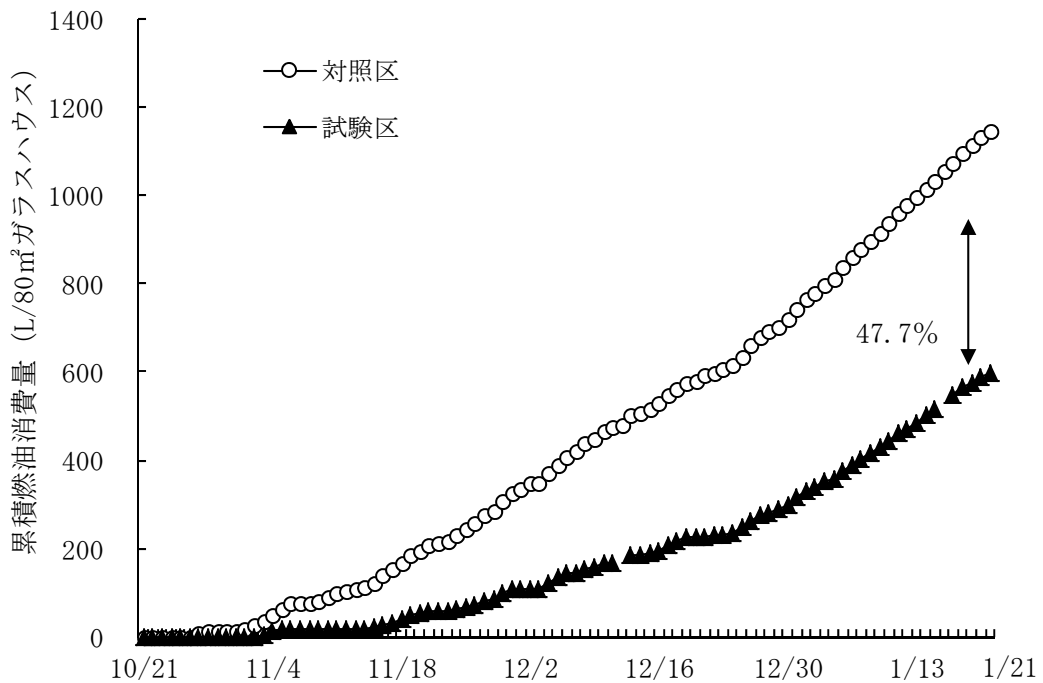


図4-4 試験期間中の累積燃油消費量

表4-1 定植時の苗の大きさ

品種	定植日	本葉展開数 (対)	株幅 (mm)	最大葉長 (mm)
‘ニューリネーションホワイト’ (極早生品種)	9月22日	3.0	38.7	2.2
	9月29日	3.1	37.3	2.1
‘ボレロホワイト’ (中早生品種)	9月22日	3.3	50.3	2.8
	9月29日	3.2	47.3	2.5
‘海ほのか’ (中生品種)	9月22日	3.3	43.6	2.5
	9月29日	3.2	39.0	2.5
‘パレオピンク’ (中晩生品種)	9月22日	2.9	44.2	2.4
	9月29日	2.9	42.0	2.4

表4-2 白熱電球を用いた電照栽培における栽培温度と定植日が主茎節数と発蕾日、開花日および収穫日に及ぼす影響
品種‘ボレロホワイト’ (中早生品種)

試験区			主茎節数		主茎頂花 発蕾日 (月.日)	二次小花 第1花開花日 (月.日)	収穫日 (月/日)	発蕾日 ~ 開花日 (日)	栽培日数 (定植~収穫) (日)
電照	温度管理	定植日 (月.日)	ロゼット 節数 (節)	主茎頂花 ^z 着花節 (節)					
自然日長	慣行夜温 (15℃)	9.22	3.4 a	9.1 b	11.9±2.0 ^y d ^x	1.28±6.6 c	2.3±4.8 d	80.3 cd	134 c
		9.29	3.1 a	9.1 b	11.16±3.7 b	2.8±8.5 b	2.12±7.4 c	82.7 c	136 c
	低夜温 (10℃)	9.22	3.4 a	9.1 b	11.14±1.9 bc	2.28±8.5 a	3.4±7.4 a	106.6 a	164 a
		9.29	3.1 a	9.9 a	11.21±4.8 a	3.3±7.7 a	3.9±7.4 a	101.9 a	161 a
電照	慣行夜温 (15℃)	9.22	3.4 a	8.7 bc	11.5±2.1 e	1.19±4.7 d	1.27±5.5 e	75.5 d	128 d
		9.29	3.1 a	8.4 c	11.10±1.0 cd	1.26±5.6 c	2.2±4.2 d	77.0 d	126 d
	低夜温 (10℃)	9.22	3.4 a	8.9 b	11.5±1.5 e	2.6±4.7 b	2.14±4.6 bc	94.0 b	145 b
		9.29	3.1 a	8.3 c	11.11±1.9 d	2.12±4.0 b	2.18±3.1 b	93.4 b	142 b
F検定 ^v			**	**	**	**	**	**	**

^zロゼット節を含まない主茎の頂花着花節までの節数

^y標準偏差 (n=24)

^x異なる英小文字はTukey法で5%の有意差があることを示す

** 1%水準で有意、* 5%水準で有意、NS 有意差なし

品種‘ニューリネーションホワイト’ (極早生品種)

試験区			主茎節数		主茎頂花 発蕾日 (月.日)	二次小花 第1花開花日 (月.日)	収穫日 (月/日)	発蕾日 ~ 開花日 (日)	栽培日数 (定植~収穫) (日)
電照	温度管理	定植日 (月.日)	ロゼット 節数 (節)	主茎頂花 ^z 着花節 (節)					
自然日長	慣行夜温 (15℃)	9.22	3.3	9.0 a	11.10±1.8 c	1.20±8.5 d	1.25±6.5 d	71.2 d	126 c
		9.29	3.6	8.3 b	11.14±4.1 b	1.23±6.5 cd	1.29±7.4 cd	69.7 de	123 cd
	低夜温 (10℃)	9.22	3.5	9.0 a	11.13±4.3 b	2.12±8.6 a	2.17±8.4 a	90.9 a	149 a
		9.29	3.5	8.4 ab	11.19±5.4 a	2.18±7.1 a	2.22±6.7 a	91.5 a	147 a
電照	慣行夜温 (15℃)	9.22	3.3	7.7 c	11.5±1.7 e	1.12±5.9 e	1.17±5.8 e	68.2 de	117 de
		9.29	3.4	7.4 cd	11.9±1.8 cd	1.14±4.4 e	1.19±5.4 e	65.7 c	112 e
	低夜温 (10℃)	9.22	3.3	8.0 bc	11.6±2.1 de	1.30±6.6 b	2.6±7.6 b	84.5 b	138 b
		9.29	3.6	7.1 d	11.9±2.2 c	1.27±7.4 bc	2.2±5.9 bc	79.0 c	127 c
F検定 ^v			NS	**	**	**	**	**	**

^zロゼット節を含まない主茎の頂花着花節までの節数

^y標準偏差 (n=24)

^x異なる英小文字はTukey法で5%の有意差があることを示す

** 1%水準で有意、* 5%水準で有意、NS 有意差なし

品種‘海ほのか’ (中生品種)

試験区			主茎節数		主茎頂花 発蕾日 (月.日)	二次小花 第1花開花日 (月.日)	収穫日 (月/日)	発蕾日 ~ 開花日 (日)	栽培日数 (定植~収穫) (日)
電照	温度管理	定植日 (月.日)	ロゼット 節数 (節)	主茎頂花 ^z 着花節 (節)					
自然日長	慣行夜温 (15℃)	9.22	3.5	11.7 b	11.27±5.4 c	2.22±6.4 c	2.26±7.2 c	87.6 b	157 c
		9.29	3.6	12.6 a	12.10±5.2 b	3.1±7.9 b	3.4±7.6 b	80.9 c	164 b
	低夜温 (10℃)	9.22	3.3	12.5 a	12.10±9.3 b	3.20±8.9 a	3.26±7.3 a	101.0 a	186 a
		9.29	3.5	12.4 a	12.18±7.9 a	3.25±5.2 a	3.30±4.9 a	98.2 a	189 a
電照	慣行夜温 (15℃)	9.22	3.4	9.9 cd	11.12±3.6 d	2.2±7.5 d	2.7±6.6 d	81.5 c	139 d
		9.29	3.4	9.4 cd	11.14±1.6 d	2.3±4.8 d	2.7±5.1 d	81.2 c	138 d
	低夜温 (10℃)	9.22	3.5	10.0 c	11.14±1.5 d	2.25±6.3 bc	2.28±6.6 bc	102.6 a	160 bc
		9.29	3.7	9.3 d	11.17±3.3 d	2.22±3.7 c	2.24±3.9 c	97.7 a	156 c
F検定 ^v			NS	**	**	**	**	**	**

^zロゼット節を含まない主茎の頂花着花節までの節数

^y標準偏差 (n=24)

^x異なる英小文字はTukey法で5%の有意差があることを示す

** 1%水準で有意、* 5%水準で有意、NS 有意差なし

表4-3 白熱電球を用いた電照栽培における栽培温度と定植日が切り花品質に及ぼす影響

品種‘ボレロホワイト’ (中早生品種)

試験区		定植日 (月, 日)	切花長 (cm)	切花重 (g)	茎径 (mm)	有効 側枝数 (本)	商品 花蕾数 (個)	下垂 (cm)
電照	温度							
自然日長	慣行夜温 (15℃)	9.22	82.9 c	41.3 d	4.5 c	2.2 b	4.2 bcd	25.4 a
		9.29	82.9 c	52.4 bc	5.0 bc	2.4 ab	3.8 c	20.4 b
	低夜温 (10℃)	9.22	85.4 bc	53.0 bc	5.1 b	2.3 ab	3.3 d	18.7 b
		9.29	88.5 b	66.0 a	5.8 a	2.7 a	4.6 abc	17.3 b
電照	慣行夜温 (15℃)	9.22	94.1 a	53.8 bc	4.8 bc	2.3 ab	4.9 ab	26.3 a
		9.29	89.3 b	49.5 cd	4.6 c	2.5 ab	5.3 a	29.7 a
	低夜温 (10℃)	9.22	93.9 a	57.0 abc	5.0 b	2.7 ab	5.0 ab	20.9 b
		9.29	89.2 b	59.2 ab	5.2 b	2.3 ab	5.0 ab	21.0 b
F検定 ^w			**	**	**	*	**	**

^x異なる英小文字はTukey法で5%の有意差があることを示す

^w** 1%水準で有意、* 5%水準で有意、NS 有意差なし

品種‘ニューリネーションホワイト’ (極早生品種)

試験区		定植日 (月, 日)	切花長 (cm)	切花重 (g)	茎径 (mm)	有効 側枝数 (本)	商品 花蕾数 (個)	下垂 (cm)
電照	温度							
自然日長	慣行夜温 (15℃)	9.22	83.7 ab	41.9 cd	4.4 bc	2.2 cd	3.5 cd	25.8 b
		9.29	81.8 bc	59.0 b	4.8 b	2.5 bc	4.2 bcd	27.2 ab
	低夜温 (10℃)	9.22	83.3 ab	72.5 a	5.3 a	3.0 ab	5.6 a	25.2 b
		9.29	76.9 d	59.4 b	4.8 b	3.2 a	5.2 ab	26.9 ab
電照	慣行夜温 (15℃)	9.22	85.1 ab	36.2 d	4.0 d	1.9 d	3.2 d	29.3 ab
		9.29	82.9 abc	41.4 cd	4.3 cd	2.3 cd	4.1 dbc	28.7 ab
	低夜温 (10℃)	9.22	86.0 a	53.7 b	4.7 b	2.7 abc	4.5 abc	29.5 ab
		9.29	78.9 cd	51.6 bc	4.5 bc	2.5 c	4.7 ab	30.6 a
F検定 ^w			**	**	**	**	**	**

^x異なる英小文字はTukey法で5%の有意差があることを示す

^w** 1%水準で有意、* 5%水準で有意、NS 有意差なし

品種‘海ほのか’ (中生品種)

試験区		定植日 (月, 日)	切花長 (cm)	切花重 (g)	茎径 (mm)	有効 側枝数 (本)	商品 花蕾数 (個)	下垂 (cm)
電照	温度							
自然日長	慣行夜温 (15℃)	9.22	82.5 cd	47.0 d	4.8 d	2.1 ab	3.2 d	22.4
		9.29	87.6 ab	69.2 abc	5.5 bc	2.4 ab	4.7 ab	21.2
	低夜温 (10℃)	9.22	82.4 cd	69.5 ab	5.7 ab	2.4 ab	4.2 bc	22.3
		9.29	84.4 bcd	78.2 a	6.0 a	2.5 a	5.0 a	20.4
電照	慣行夜温 (15℃)	9.22	88.5 a	61.7 c	5.3 c	2.1 ab	3.7 cd	22.6
		9.29	85.3 abc	60.5 c	5.4 bc	2.1 b	4.0 bcd	22.5
	低夜温 (10℃)	9.22	82.7 cd	57.7 c	5.6 bc	2.3 ab	3.3 d	21.2
		9.29	80.9 d	61.3 bc	5.7 ab	2.2 ab	3.7 cd	19.9
F検定 ^w			**	**	**	*	**	NS

^x異なる英小文字はTukey法で5%の有意差があることを示す

^w** 1%水準で有意、* 5%水準で有意、NS 有意差なし

表4-4 白熱電球を用いた電照栽培における栽培温度と定植日が正常花蕾数およびプラスチング蕾の発生に及ぼす影響

品種‘ボレロホワイト’ (中早生品種)

試験区		正常花蕾数		プラスチング ¹⁾ 蕾数		プラスチング ¹⁾ 発生率			
電照	温度	定植日 (月.日)	二次小花 (個)	三次小花 (個)	二次小花 (個)	三次小花 (個)	二次小花 (%)	三次小花 (%)	二次～三次 小花 (%)
自然日長	慣行夜温 (15℃)	9.22	2.6 abc ²⁾	1.6 bcd	0.3 cd	1.2	10.3	42.9	26.3
		9.29	2.6 abc	1.2 d	0.9 bc	2.3	25.7	65.7	45.7
	低夜温 (10℃)	9.22	2.0 c	1.4 cd	1.1 ab	1.8	35.5	56.3	46.0
		9.29	2.3 bc	2.5 a	1.5 a	1.8	39.5	41.9	40.7
電照	慣行夜温 (15℃)	9.22	3.0 ab	2.0 abc	0.3 cd	1.2	9.1	37.5	23.1
		9.29	3.3 a	2.1 ab	0 d	1.5	0	41.7	21.7
	低夜温 (10℃)	9.22	3.3 a	1.8 bcd	0.2 d	1.6	5.7	47.1	26.1
		9.29	3.1 a	1.9 abc	0.2 d	1.7	6.1	47.2	27.5
F検定 ³⁾			**	**	**	NS	-	-	-

²⁾異なる英小文字はTukey法で5%の有意差があることを示す

³⁾** 1%水準で有意 * 5%水準で有意 NS 有意差なし

品種‘ニューリネーションホワイト’ (極早生品種)

試験区		正常花蕾数		プラスチング ¹⁾ 蕾数		プラスチング ¹⁾ 発生率			
電照	温度	定植日 (月.日)	二次小花 (個)	三次小花 (個)	二次小花 (個)	三次小花 (個)	二次小花 (%)	三次小花 (%)	二次～三次 小花 (%)
自然日長	慣行夜温 (15℃)	9.22	2.1 b ²⁾	1.7 cd	0.2 b	0.3 b	7.7	14.9	11.1
		9.29	2.5 ab	2.3 abc	0.4 b	0.4 ab	14.3	15.2	14.7
	低夜温 (10℃)	9.22	2.9 a	2.8 a	0.4 b	0.5 ab	11.5	14.1	12.8
		9.29	2.7 ab	2.5 ab	1.1 a	1.0 a	29.7	28.6	28.8
電照	慣行夜温 (15℃)	9.22	1.9 ab	1.4 d	0.1 b	0.5 ab	6.3	25.0	15.4
		9.29	2.3 ab	1.8 bc	0 b	0.5 ab	0	20.0	10.0
	低夜温 (10℃)	9.22	2.5 ab	2.3 abc	0.2 b	0.4 ab	7.7	15.4	11.5
		9.29	2.5 ab	2.3 abc	0 b	0.3 ab	1.6	10.0	5.8
F検定 ³⁾			**	**	**	*	-	-	-

²⁾異なる英小文字はTukey法で5%の有意差があることを示す

³⁾** 1%水準で有意 * 5%水準で有意 NS 有意差なし

品種‘海ほのか’ (中生品種)

試験区		正常花蕾数		プラスチング ¹⁾ 蕾数		プラスチング ¹⁾ 発生率			
電照	温度	定植日 (月.日)	二次小花 (個)	三次小花 (個)	二次小花 (個)	三次小花 (個)	二次小花 (%)	三次小花 (%)	二次～三次 小花 (%)
自然日長	慣行夜温 (15℃)	9.22	2.0 bc	1.2 b	0.2 ab	1.1 ab	10.0	48.0	29.0
		9.29	2.5 ab	2.2 a	0.3 ab	0.6 ab	9.4	22.2	15.9
	低夜温 (10℃)	9.22	2.3 abc	1.9 ab	0.5 a	1.0 ab	19.0	33.9	26.4
		9.29	2.9 a	2.1 ab	0.5 ab	1.5 a	14.9	41.8	28.8
電照	慣行夜温 (15℃)	9.22	2.1 bc	1.7 ab	0.1 ab	0.5 ab	5.6	23.1	14.2
		9.29	2.1 bc	1.9 ab	0.1 b	0.3 b	3.7	13.0	8.3
	低夜温 (10℃)	9.22	1.8 c	1.4 b	0.5 ab	0.8 ab	21.4	35.4	28.0
		9.29	2.1 bc	1.6 ab	0.1 ab	0.7 ab	5.9	30.2	18.3
F検定 ³⁾			**	**	**	**	-	-	-

²⁾異なる英小文字はTukey法で5%の有意差があることを示す

³⁾** 1%水準で有意 * 5%水準で有意 NS 有意差なし

表4-5 白熱電球を用いた電照栽培における栽培温度と定植日が主茎伸長に及ぼす影響
品種‘ボレロホワイト’ (中早生品種)

試験区		主茎長			収穫時の主茎節間長							
電照	温度	定植日 (月・日)	発蕾時 (cm)	収穫時 (cm)	2節 (cm)	3節 (cm)	4節 (cm)	5節 (cm)	6節 (cm)	7節 (cm)	8節 (cm)	
自然日長	慣行夜温 (15°C)	9.22	30.6 c ^z	51.2 de	2.9 c	4.2 e	5.5 b	6.1 b	6.4 c	7.0 c	8.4 bc	
		9.29	29.3 c	47.9 e	2.8 c	4.5 de	5.0 b	4.9 c	5.7 d	6.9 c	8.1 c	
	低夜温 (10°C)	9.22	32.1 bc	52.9 cd	3.1 bc	4.4 de	5.4 b	6.0 b	6.6 c	7.3 c	8.7 bc	
		9.29	33.5 ab	56.7 ab	3.2 bc	4.7 cde	5.5 b	5.3 c	5.9 d	6.8 c	8.1 c	
電照	慣行夜温 (15°C)	9.22	33.6 ab	56.8 ab	3.3 bc	5.1 cd	6.9 a	7.7 a	7.9 a	8.2 b	9.8 ab	
		9.29	29.2 c	54.6 bc	4.4 a	5.9 ab	6.5 a	6.4 b	7.2 b	9.2 a	10.1 a	
	低夜温 (10°C)	9.22	35.9 a	59.2 a	3.7 ab	5.2 bc	7.0 a	7.0 a	8.1 a	8.3 b	9.2 b	
		9.29	31.7 bc	54.0 bcd	4.1 a	6.0 a	6.8 a	6.5 b	7.1 bc	8.7 a	9.8 a	
F検定 ^y			**	**	**	**	**	**	**	**	**	

^z異なる英小文字はTukey法で5%の有意差があることを示す

^y** 1%水準で有意 * 5%水準で有意 NS 有意差なし

表4-6 白熱電球を用いた電照栽培における栽培温度と定植日が側枝長および花伸長に及ぼす影響
品種‘ボレロホワイト’ (中早生品種)

試験区		側枝長 (cm)					花柄長 (cm)	
電照	温度	定植日 (月・日)	一次 (cm)	二次 (cm)	三次 (cm)	一次～三次 (cm)	二次小花 (開花小花) (cm)	三次小花 (商品蕾) (cm)
自然日長	慣行夜温 (15°C)	9.22	8.6 b	8.3 bc	7.9 b	24.8 cd	9.5 bc	7.4 bc
		9.29	10.2 a	9.1 ab	8.1 ab	27.7 ab	10.6 a	7.7 b
	低夜温 (10°C)	9.22	9.2 ab	7.9 cd	6.4 c	23.5 de	9.8 abcd	7.2 bc
		9.29	9.1 ab	7.1 d	5.3 d	21.5 e	8.9 d	6.9 c
電照	慣行夜温 (15°C)	9.22	9.9 a	9.6 a	8.8 a	28.5 a	10.4 ab	9.3 a
		9.29	9.5 ab	9.1 ab	7.9 a	26.3 abc	9.4 cd	7.8 b
	低夜温 (10°C)	9.22	9.3 ab	8.6 bc	7.9 ab	25.7 bc	10.3 abc	7.3 bc
		9.29	9.8 a	9.2 a	8.1 ab	27.0 abc	10.6 a	7.6 bc
F検定 ^y			**	**	**	**	**	**

^z異なる英小文字はTukey法で5%の有意差があることを示す

^y** 1%水準で有意 * 5%水準で有意 NS 有意差なし

考 察

本節では、本研究で構築した燃油消費量を削減できる低夜温と日中加温を組み合わせた温度管理における白熱電球を用いた電照栽培の品種適応性を9月22日定植と9月29日定植で検証した。

抽だいに及ぼす影響を抽だい率とロゼット節数で見ると、抽だい率は、極早生品種‘ニューリネーションホワ

イト’、中早生品種‘ボレロホワイト’および中生品種‘海ほのか’では100%、中晩生品種‘パレオピンク’では、自然日長は定植日と温度管理に関係なく全ての試験区0%で、電照を行った区でも54.2～83.3%となり、中晩生品種‘パレオピンク’の抽だいには日長の影響が大きいと考えられた。ロゼット節数は、中早生品種‘ボレロホワイト’では9月22日定植区が9月29日定植区に比べてロゼット節数が多かった。本試験では、電照開始および異

なる温度管理とした時期が抽だい後であったため、抽だいに、定植日の違いのみ影響を及ぼし、定植時がより高温となる9月22日定植区でロゼット節が多くなったと考えられた。

主茎の頂花着花節と発蕾日を指標として主茎頂花の花芽分化と花芽発達に及ぼす影響を推察すると、中早生品種‘ボレロホワイト’では9月29日定植で電照区が自然日長区に比べて、自然日長で慣行夜温区が低夜温区に比べて少なかったが、極早生品種‘ニューリネーションホワイト’と中生品種‘海ほのか’では、9月22日定植と9月29日定植ともに電照区が自然日長区に比べて少なく、温度での差はなかった。本試験での電照開始は定植日に関係なく10月9日とした。そのため、中早生品種‘ボレロホワイト’では9月22日定植で電照による花芽分化促進効果が小さかったと考えられた。発蕾日は、供試した3品種とも電照区が自然日長区に比べて早く、9月22日定植が9月29日定植に比べて早く、温度は自然日長区でのみ慣行夜温区が低夜温区に比べて早く、電照区では差はなかった。これらことは、トルコギキョウの花芽分化と花芽発達の促進に長日かつ高夜温が、抑制に短日かつ低夜温が影響していることを示している。花芽分化への夜温と電照の影響については、塚田ら(1982)が長野県における早生系品種を用いた12月5日定植の作型において、定植直後から白熱電球を用いた電照による16時間日長下では、花芽分化までに10℃で約120日、15℃で約70日、20℃で約60日を要したことから、花芽分化は、最低夜温に支配されるところが大きいと示している。本試験結果を同じ定植日で比べると、自然日長区では慣行夜温区が低夜温区に比べて主茎頂花着花節は低く、発蕾日は早かった。一方、電照区における主茎頂花着花節と発蕾日では慣行夜温区と低夜温区に差は無く、電照区が自然日長区に比べて主茎頂花着花節は低く、発蕾日は早かった。このことは、本試験の環境条件での花芽分化は、夜温より日長の影響が大きかったと考えられた。本試験における暖房による加温開始から4週間(10月21日～11月11日)の平均夜温(19～7時)は、慣行夜温区が16.9℃、低夜温区が14.9℃、最低夜温の平均は、慣行夜温区が14.8℃、低夜温区が12.0℃であった。これらことから、最低夜温12～15℃では、極早生～中生品種の花芽分化および発育は最低夜温より日長に支配され、白熱電球による電照で促進されたと考えられた。以上の結果より、熊本県の冬出し栽培では、白熱電球を用いた電照による明期延長(20時間日長)を行うことで夜間の加温設定温度10℃にしても主茎頂花の花芽分化の遅延を回避できると考えられた。

発蕾日～開花日までの日数において、極早生品種‘ニューリネーションホワイト’と中早生品種‘ボレロホ

イト’は、慣行夜温区では電照の有無による差は無かったが、低夜温区では電照区が自然日長区に比べて少なかった。一方、中生品種‘海ほのか’では差がなかった(表4-1)。中早生品種‘ボレロホワイト’における白熱電球の開花に及ぼす影響については、第3章第1節で検証している。第3章第1節においても本節の結果と同様に夜温15℃管理では二次小花の開花促進は見られなかった。これらことから、白熱電球を用いた電照による開花促進効果は、慣行の夜温15℃管理および中生品種では小さいが、夜温10℃管理に日中加温を加えた管理かつ極早生～中早生品種では大きいと考えられた。

ブラスチングの発生は、二次小花では電照区が自然日長区に比べて有意に少なかったが、三次小花のブラスチング蓄数は電照の有無による差はなかった。本試験では、低夜温・9月29日定植区の三次小花の蓄長が8mmに達した1月7日に消灯した。白熱電球を用いた電照におけるブラスチングの発生抑制効果の高い電照期間については、第3章第4節で蓄長5mmまでの電照で効果が高く、消灯する時期が低温かつ低日照期では、蓄長18mm程度まで電照期間を延長することでブラスチング発生を軽減し、商品花蕾の確保が出来ることを見出している。本試験の消灯時期は、低温かつ低日照期であった。このことが、三次小花のブラスチング発生に影響し、電照によるブラスチング発生軽減の効果を小さくしたと考えられた。

次に切り花品質については、極早生品種‘ニューリネーションホワイト’と中早生品種‘ボレロホワイト’では切り花重、茎径および下垂は、栽培温度の影響が大きく、中生品種の‘海ほのか’では電照の有無の影響が見られた。茎の肥大成長が収穫時まで続くことは第2章第1節で述べたとおりで、これらの形質は栽培日数と関係があり、栽培期間が長くなる低夜温区が慣行夜温区に比べて切り花重が重く、茎径が大きく、下垂が小さくなったと考えられた。なお、中生品種の‘海ほのか’では電照の有無による栽培日数への影響が大きかったため、これらの形質に電照の影響が見られたと考えられた。切り花長は品種で影響する要因が異なり、極早生品種‘ニューリネーションホワイト’では定植日、中早生品種‘ボレロホワイト’では電照の有無、中生品種の‘海ほのか’では温度管理であった。極早生品種‘ニューリネーションホワイト’では定植日による頂花着花節に及ぼす影響が大きく、中早生品種‘ボレロホワイト’では電照による茎伸長効果の影響が大きく、このことが切り花長に影響したと考えられた。一方、中生品種‘海ほのか’では頂花着花節は電照区が自然日長区に比べて少なく、このため電照による茎伸長より温度管理による頂花着花節の影響が反映されたと考えられた。

ブラスチングの発生抑制は電照の影響が大きかった。商品花蕾数は、自然日長におけるブラスチング発生率が高かった中早生品種‘ボレロホワイト’では、電照区が自然日長区に比べて商品花蕾数が多かった。一方、自然日長におけるブラスチング発生率が低かった極早生品種‘ニューリネーションホワイト’では、有効側枝数が多かった低夜温区で多く、中生品種の‘海ほのか’では収穫期が3月下旬となった自然日長・低夜温・9月29日定植区が最も多かった。このことは、自然日長でブラスチング発生率の低い品種での商品花蕾数の確保には、ブラスチング発生より有効側枝数の影響が大きいことを示している。

生産現場では電照による茎伸長促進に伴う、切り花の軟弱化が懸念される。電照による茎伸長が顕著な‘ボレロホワイト’で見ると、電照・低夜温区が電照・慣行夜温区に比べて下垂が小さく剛直となった。このことから、低夜温管理で電照による切り花の軟弱化を回避が可能であると考えられた。

第3章第3節で冬出し栽培における効果的な電照時期を検討し、主茎頂花の花芽分化期までは自然日長とし、白熱電球を用いた電照を主茎頂花の花芽分化期以降から商品蕾の長さが5mmに達するまで、若しくは、低日照期は商品蕾の長さが18mm程度に達した時まで行うことで、開花遅延とブラスチング発生を回避し、さらに、切り花長、切り花重および商品花蕾数を確保したポリウムに優れた切り花の生産が可能であることを報告している。このことから、自然日長での花芽分化の遅延は小さい方がよい。このため、本試験の結果から冬出し栽培には、極早生～中早生品種が適すると考えられた。

本試験の結果では、自然日長でのブラスチング発生率が低い極早生品種‘ニューリネーションホワイト’では、9月22日定植の自然日長・低夜温管理において、自然日長でのブラスチング発生率が高い中早生品種‘ボレロホワイト’では、電照・低夜温管理において、目標とした2月中旬に切り花長80cm以上、切り花重40g以上、茎径5mm以上、商品花蕾数5個以上の切り花生産が可能であった。

以上のことから、熊本県の9月下旬に定植する冬出し栽培において、開花期までを暖房設定温度を夜間は10℃、日中(9時30分～11時30分)に20℃とする温度管理では、白熱電球を用いた電照を行うと、極早生～中早生品種での二次小花の開花促進と花蕾のブラスチング発生を軽減する効果が期待でき、さらに、夜間10℃管理での電照栽培は慣行の夜間15℃管理での電照栽培に比べて切り花の剛直性に優れ、電照による切り花の軟弱化の回避が期待できるとともに、開花期までの重油消費量を慣行の暖房

設定温度15℃と比べて48%削減できることが明らかになった。

第5章 総合考察

トルコギキョウは、花色、花径の大小、八重咲きなどの小花形態が豊富で、スプレーフォーメーションなどの草姿にも変化があるため、切り花としてブライダル、葬儀、花束からアレンジと幅広い需要に応えられる有望な花きである。

熊本県のトルコギキョウ栽培は、阿蘇地域などの準高冷地を中心に行われている夏秋出し作型、県内全域で行われている年内出しとその後の二度切りを5月中旬～7月上旬にかけて行う作型、平坦・島嶼地域を中心に行われている冬春期出しの作型があり、これら作型を組み合わせさせた地域リレーによる周年出荷体系が確立され、熊本県の主要切り花品目となっている。熊本県の平坦・島嶼地域では、年内出しとその後の二度切りおよび冬春出しの作型を組み合わせさせたトルコギキョウ専業農家も多い。

熊本県における厳寒期の日最低気温の平均は、トルコギキョウ冬出しの主力産地である静岡県および高知県に比べて低い。また、トルコギキョウの夜間の生育適温が15℃前後とされている(塚田, 1982)ため、燃油消費量が多く、近年の燃油価格の高騰で生産コストを押し上げ、営利的な栽培が難しくなっている。さらに、花蕾の発達が途中で停止する現象であるプラスチック(竹崎, 2008)の発生により、冬に開花させる1～3月出し作型では計画的な出荷ができていない。品質では切り花長および切り花として有効な分枝数の確保が難しい(嶋本, 1996)ため、高単価も期待できない状況にある。さらに、近年は、冬期に台湾産を中心とした輸入量が急激に増加している。このため、冬出し栽培を敬遠する生産者および産地もある。しかし、トルコギキョウ専業農家の労働分散、熊本産トルコギキョウのブランド力増大、さらに春出しの販売を他産地に比べて有利に展開するためにも冬出しは重要である。そのため、重油消費量を削減したうえでの開花遅延とプラスチック発生を回避した計画生産、さらに輸入品との差別化が可能な品質の切り花生産が求められている。

トルコギキョウの生育・開花に及ぼす温度に及ぼす影響については、高冷地における秋～冬定植で初夏に開花する、いわゆる定植後は開花に向けて高温・長日となる作型で検証されたものが多く、定植後は開花に向けて低温・短日に向かう西南暖地の冬出し作型における詳細な報告はない。また、トルコギキョウの電照を用いた長日処理の影響については、主茎頂花について検証したものが多く、熊本県における冬出し栽培では、花芽分化期以降が薄暮を含めて日長が12時間を下回る短日となる。さら

に、トルコギキョウの栽培では、主茎頂花は栽培中に摘蕾し、側枝頂花を商品花蕾とする栽培が慣行であり、スプレー咲きの様相を呈する切り花である。商品花蕾を確保するうえでは、側枝頂花の花芽分化と発育を促進することが重要と考えられる。

そこで本研究は、第1目標に「生産コスト削減と安定生産」、第2目標に「切り花品質の向上」、最終目標に「日持ちに優れた切り花の生産」を掲げて、第2章では栽培温度の影響を第3章では電照を用いた長日処理について、熊本県の冬出し栽培に利用されている中早生品種の‘ボレロホワイト’(八重咲き、ミヨシ)を用いて検討し、さらに第4章では、温度管理と電照の結果を組合せ、実用技術のとして評価することとした。

第2章第1節では、生育初期における昼温と昼夜間温度差(DIF)の影響を検証した。その結果、トルコギキョウでは草丈の伸長に対して正のDIFの効果が認められ、夜温15℃の環境下では、定植後40日程度までの昼温を30℃で管理すると下位節間長の伸長促進に有効であること、高昼温管理で平均気温が確保され生育速度が早まるとともに物質生産自体が高まることが認められた。これらのことから、冬出し栽培で問題となっている生育遅延回避と切り花長の確保に有効であることが示された。さらに、9月22日定植および9月29日定植の2回の栽培で生育初期の高温管理の効果を検証した結果、高昼温管理は日長が短く、夜温が低い時期での効果が高いことを見出した。

第2章第2節では、花芽形成期における栽培温度と日射量の影響を検証した。その結果、開花は平均気温が高いほど早く、平均気温25℃以上で花弁数の減少が確認された。また、低夜温管理下では昼温は25℃より30℃で開花は早くなること、昼温30℃で有効側枝数の増加が図れることが示された。しかし、昼温30℃管理では、夜温15℃で日射量が少なくプラスチック発生が高まること、夜温および平均気温に関係なく30℃遭遇時間が長いと花弁数が減少することが明らかになり、30℃以上の遭遇時間は短くする必要性が示された。さらに、低温期は、夜温10℃管理によりプラスチック発生が軽減されることが示された。

第2章第3節では、低夜温で管理した切り花の品質向上を主に花芽成熟期における栽培温度が及ぼす影響を検証した。その結果、収穫期まで低夜温管理を行うと花径が小さくなること、収穫後の日持ちが短くなることが確認された。さらに、夜温15℃管理で収穫後の日持ちは良

く、夜温 15℃管理は、収穫時に開花小花となる小花の蕾長が 4.2 cm 程度に達した後に行うと開花を促進する効果は小さいが、切り花重が重く、莖径が太く、花径が大きくなり、切り花ポリュームと収穫後の日持ち向上が図られることを見出した。

第 2 章第 4 節では、低夜温管理における日中加温の効果を検証した。その結果、日中加温は、低夜温管理での生育の促進、特に側枝の生育促進に効果が大きく、冬期の切り花ポリュームの増大と収穫後の日持ち向上、さらに重油消費量の削減に有効であることを見出した。しかし、日中加温は、低温管理による開花遅延回避と少日照期のプラスチング発生軽減には効果が低かったことから、開花遅延およびプラスチング発生の回避には、温度管理以外での技術開発が必要であると考えられた。

そこで、第 3 節において、開花遅延およびプラスチング発生の回避を目的に電照を用いた長日処理の効果、さらに日長が開花とプラスチング発生に及ぼす影響を検証した。そのうえで、電照が切り花品質に及ぼす影響について検証した。

第 3 章第 1 節では、主茎頂花発蕾以降の電照が開花と花蕾のプラスチングおよび莖伸長に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、白熱電球と 3 波長型蛍光灯を用いて検証した。その結果、主茎頂花発蕾以降の白熱電球を用いた電照でプラスチングの発生が減少し、商品花蕾が多く得られること、莖伸長は白熱電球を用いた電照で促進されることが明らかになった。さらに、白熱電球を用いた電照における消灯時期により、消灯後に伸長する花柄の伸長を制御できる可能性が考えられた。これらのことから、定植後に低温、短日、低日照期に向かう熊本県の冬出し栽培でのプラスチング発生軽減を目的とした電照には、白熱電球若しくはそれに相当する R/FR 比の光源を用いるのが適当であると考えられた。

第 3 章第 2 節では、日長がプラスチングの発生および切り花品質に及ぼす影響を検証した。その結果、側枝頂花の花芽分化に日長が関与しており、8 時間日長は 12 時間日長に比べて側枝頂花の花芽分化と発育が抑制され、その結果としてプラスチング発生率は 8 時間日長が 12 時間日長に比べて高くなること、主茎の節間伸長は 12 時間でも抑制されることが示された。

第 3 章第 3 節では、熊本県の冬出し栽培では、主茎頂花の花芽分化は定植 10 日後までに白熱電球を用いた電照を開始すると促進すること、さらに、主茎頂花の花芽分化期までは自然日長とし、その後商品蕾の長さが 5 mm に達するまで、若しくは、低日照期は商品蕾の長さが 18 mm 程度に達した時まで白熱電球を用いた電照を行うことで、開花遅延とプラスチング発生を回避し、さらに、切り花

長、切り花重および商品花蕾数を確保したポリュームに優れた切り花の生産が可能であることが明らかになった。

第 3 章第 4 節では、熊本県の冬出し栽培では、主茎頂花の発蕾期から白熱電球を用いた電照を日没後に 5 時間行うと開花遅延とプラスチング発生の回避および切り花ポリュームの確保に有効であることが示された。

第 4 章では、熊本県の 9 月下旬に定植する冬出し栽培において、開花期までを暖房設定温度を夜間は 10℃、日中(9 時 30 分～11 時 30 分)に 20℃とする温度管理では、白熱電球を用いた電照を行うと、二次小花の開花促進と花蕾のプラスチング発生を軽減する効果が期待でき、さらに、夜間 10℃管理での電照栽培は慣行の夜間 15℃管理での電照栽培に比べて切り花の剛直性に優れ、電照による切り花の軟弱化の回避が期待できるとともに、慣行の暖房設定温度 15℃に比べて開花期までの燃油消費量を 48%削減できることが明らかになった。さらに、自然日長でのプラスチング発生率が低い極早生品種の「ニューリネーションホワイト」では、9 月 22 日定植の自然日長下での低夜温・日中加温管理において、自然日長でのプラスチング発生率が高い中早生品種の「ボレロホワイト」では、低夜温・日中加温管理と電照栽培の組み合わせにおいて、目標とした 2 月中旬に切り花長 80 cm 以上、切り花重 40 g 以上、莖径 5 mm 以上、商品花蕾数 5 個以上の切り花生産が可能であることが示された。

これらのことから、生育初期の換気による昼温利用と開花期までの低夜温と日中加温を組み合わせた温度管理で燃油消費量の削減が可能であること、生育初期の高昼温管理および白熱電球を用いた電照で開花遅延回避が可能であること、花芽形成期における白熱電球を用いた電照でプラスチングの発生回避が可能であることが見出され、本研究の第 1 目標とした「生産コスト削減と安定生産」が可能であることが示された。第 2 目標とした「切り花品質の向上」は、切り花長の確保は生育初期の DIF を利用した主茎節間伸長の促進と主茎頂花発蕾期以降の白熱電球を用いた日没後 5 時間の電照による側枝伸長促進、切り花重および莖径の増大と商品花蕾の確保は開花期までを低夜温管理と日中加温を組み合わせ、その後の開花期を夜温 15℃管理とする温度管理と主茎頂花の発蕾期～商品蕾とする蕾長が 5 mm に達するまで、若しくは、低日照期は商品蕾の長さが 18 mm 程度に達した時まで白熱電球を用いた日没後 5 時間の電照を組み合わせることによって可能であることを見出した。さらに、昼温 30℃遭遇時間を 4 時間以内、平均気温を 25℃より低く管理することで品種特性を発揮する花弁数の確保が可能であること、蕾長 4.2 cm に達した後に 15℃加温とすることで花径が大きくなることを見出した。最終目標とした「日持ちに

優れた切り花の生産」は、収穫時に開花小花となる小花の蕾長が 4.2 cm 程度に達した後に夜温 15℃管理を行うことで可能であることを見出した。

本研究の結果は、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として、実際栽培に大いに活用

できる。図 5-1 に本研究成果に基づいた熊本県平坦・島嶼地域における冬出し栽培のモデル体系を示す。本研究が、トルコギキョウ農家の所得向上、熊本県のトルコギキョウ生産の向上・活性化ならびに花き産業振興に貢献することを期待する。

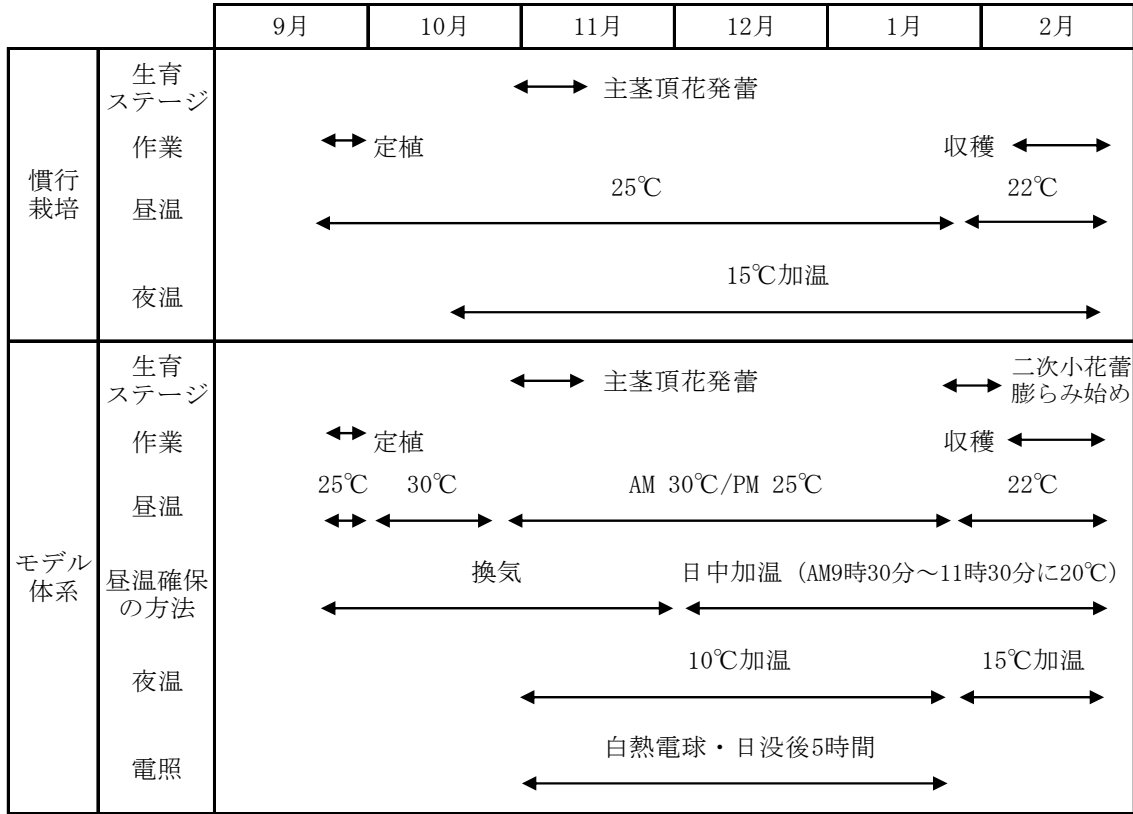


図5-1 熊本県平坦・島嶼地域における冬（2月）出し栽培のモデル体系

摘 要

第1章 緒言

トルコギキョウはわが国の重要な切り花品目の一つであり、熊本県は西南暖地における冬出しの主力産地の一つである。熊本県の冬期の気温は他の主力産地である静岡県や高知県に比べて低く、生育適温とされる夜温 15°C を維持しようとする暖房用燃油がかさみ、生産コストを上昇させ経営を圧迫する。また冬に開花させる 1~3 月出し作型では、花蕾の発達が途中で停止する現象であるブラスチングが発生して計画生産が難しい。さらに切り花の品質面でも冬出しの作型では、切り花長および有効側枝数の確保が難しい。これらに加えて近年冬期に台湾からの輸入切り花が急増している。

本研究では、熊本県の冬出し栽培における開花遅延を回避した低コスト・安定・高品質切り花生産技術の開発を試みた。まず、定植後に低温短日条件となる冬出し栽培における温度の影響を生育ステージごとに検証するとともに燃油消費量を削減する栽培法を模索した。次に花芽分化期以降の日長の影響と電照が生育と開花に及ぼす影響を検証した。以上の検証結果を総合して、トルコギキョウ冬出し栽培における低コスト・安定・高品質切り花生産技術を構築した。

第2章 栽培温度がトルコギキョウの生育、開花、小花形質、切り花品質および収穫後の日持ちに及ぼす影響

第1節 初期生育における昼温と昼夜間温度差 (DIF) の影響

熊本県の冬出し栽培では、定植後の一定期間に加温を必要としないことに着目し、高昼温管理による生育促進技術を検討した。夜温を 15°C 一定とし、昼温 25 または 30°C に設定した自然光型ファイトトロンで、中早生品種「ボレロホワイト」を定植~切り花収穫まで栽培した。昼温 25°C 区に比べて昼温 30°C 区で主茎伸長が促進され、早期に発蕾して開花した。定植 60 日後までの茎葉の乾物重は、昼温 30°C で重い傾向にあった。また、下位節の節間伸長は、定植 40 日後までに決定されていた。これらの効果を実際の栽培で確認するため、施設の換気温度を 25 と 30°C に設定したガラス温室で、初期生育と発蕾日に及

ぼす影響を検討した結果、30°C が 25°C と比較して生育は促進したが発蕾日に差はなかった。さらに、9 月 22 日定植と 9 月 29 日定植の 2 回の栽培で、定植から約 40 日程度の施設の換気温度を 30°C に設定した高昼温管理が、収穫日と切り花品質に及ぼす影響の検討を行った結果、初期生育が促進し、9 月 22 日定植で 2 月上旬、9 月 29 日定植で 2 月中旬に切り花長 80 cm 以上、切り花重 40 g 以上確保された切り花が得られることが明らかとなった。

第2節 花芽形成期における栽培温度の影響

熊本県における冬出し栽培の花芽形成期は、低温、短日、低日照期に向かう 10 月下旬~12 月中旬にあたり、この季節の日射量が少ない年や低温となる時期が早い年は、開花遅延またはブラスチングの発生による収穫期の遅延、さらに切り花品質の低下が問題となる。また、熊本平野で日最低気温の平均がトルコギキョウの夜温の適正加温とされている 15°C を下回るのは 10 月下旬以降で、冬出し栽培では花芽形成期以降が夜間の暖房による加温が必要となる。そこで、気候の年次変動に対応できる花芽形成期の栽培温度管理の開発を目的に、発育ステージが花芽分化~蕾長 8 mm 程度 (萼は含まない) までとした花芽形成期における温度と日射量の影響を検証した。その結果、開花は平均気温が高いほど早く、平均気温 25°C 以上で花卉数の減少が確認された。また、低夜温管理下では昼温は 25°C より 30°C で開花は早くなること、昼温 30°C で有効側枝数の増加が図れることが示された。しかし、昼温 30°C 管理は、夜温 15°C で日射量が少ないとブラスチング発生が高まること、30°C 遭遇時間 8 時間以上で夜温および平均気温に関係なく花卉数の減少することが明らかになり、30°C 以上の遭遇時間を短くする必要性が示された。さらに、低温期は、夜温 10°C 管理によりブラスチング発生が軽減されることが示された。

第3節 花芽成熟期における栽培温度の影響

前節において、花芽形成期の温度管理は短時間高昼温管理と夜温 10°C での管理の組合せが有効であることを見出した。そこで、花芽形成期以降、すなわち花芽成熟期の栽培温度が及ぼす影響について、低夜温で管理した切り花の開花調節と品質向上を目的に開花、小花形質、切り花形質および収穫後の日持ちについて検証した。その結果、開花は花芽形成期までの花芽発達と同様に温度に

依存すること、昼温と夜温の両方が影響を及ぼし、昼温と夜温ともに高いほど早くなることが明らかになった。また、収穫期まで低夜温管理を行うと花径が小さくなること、収穫後の日持ちが短くなることが明らかになった。さらに、夜温 15℃管理で収穫後の日持ちは良く、夜温 15℃管理は、収穫時に開花小花となる小花の蕾長が 4.2 cm 程度に生育した開花期に行くと開花を促進する効果は小さいが、切り花重が重く、莖径が太く、花径が大きくなり、切り花ボリュームと収穫後の日持ち向上が図られることが明らかになった。これらのことから、切り花品質の向上を最優先とすると、収穫時に開花小花とする小花の蕾長が 4.2 cm 程度に達した後に、夜温を 15℃で管理すると良いと考えられた。

第4節 低夜温管理における日中加温の影響

第2節において、花芽形成期の温度管理は短時間高温管理と夜温 10℃での管理の組合せが有効であることを見出した。しかし、実際の栽培においては、冬期に昼温 25℃以上を常時確保することは難しい。さらに低夜温管理では、厳寒期においてトルコギキョウの光合成速度が高い 10～13 時に個葉温度を 25～30℃まで上昇させることが難しいと予想される。そこで、効率的に 10～13 時の個葉温度確保することを目的に、日の出後の 9 時 30 分～11 時 30 分を暖房設定温度 20℃で 2 時間加温する日中加温を考案するとともに低夜温管理での日中加温の効果と燃油消費量を検証し、実際栽培における低夜温管理での切り花品質低下の回避、さらに品質の向上と燃油消費量の削減を試みた。その結果、日中加温は、低夜温管理での生育の促進、特に側枝の生育促進に効果が高く、冬期の切り花ボリュームの増大と収穫後の日持ち向上、さらに燃油消費量の削減に有効であることが明らかになった。しかし、日中加温は、低温管理による開花遅延回避と低日照期のプラスチング発生軽減には効果が低かったことから、開花遅延およびプラスチング発生の回避には、温度管理以外での技術開発が必要であると考えられた。

第3章 日長および電照による長日処理がトルコギキョウの開花および切り花品質に及ぼす影響

第1節 発蕾期以降における電照の影響

発蕾期以降が短日期となる熊本県のトルコギキョウ冬出し栽培において、主茎頂花発蕾以降の電照が開花と花蕾のプラスチングおよび莖伸長に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、白熱電球と 3 波長型蛍光灯を用いて検証した。その結果、主茎頂花の発蕾期以降の白熱電球

による明期延長によって、二次小花の開花時期は影響を受けなかったが、プラスチングの発生は減少し、切り花長は長くなった。また、三次小花の花柄長は花芽形成期の電照で短く、花芽成熟期の電照で長くなった。これらのことより、白熱電球を用いた明期延長でプラスチングの発生が減少し、商品花蕾数を確保できることが明らかとなった。

第2節 発蕾期以降における日長の影響

日長の影響を確認するため、日射量の影響が小さいと考えられる高日照期に短日処理（12 時間日長および 8 時間日長）を主茎頂花発蕾～収穫までを行い、日長がプラスチング発生および切り花品質に及ぼす影響を検証した。その結果、8 時間日長は 12 時間日長に比べて側枝頂花の花芽分化と発育が抑制され、プラスチング発生率は 8 時間日長が 12 時間日長に比べて高くなること、主茎の節間伸長は 12 時間日長でも抑制されることが示された。

第3節 電照時期の影響

熊本県の冬出し栽培における花芽分化の促進を目的とした電照開始時期、プラスチング花蕾の発生軽減を目的とした白熱電球を用いた電照における消灯時期を検証した。さらに、電照開始、消灯時期および再電照が花芽分化とプラスチングおよび切り花品質に及ぼす影響を実際の栽培で検証した。その結果、熊本県の冬出し栽培では、主茎頂花の花芽分化は定植 10 日後までに白熱電球を用いた電照を開始すると促進すること、さらに、主茎頂花の花芽分化期までは自然日長とし、その後商品蕾の長さが 5mm に達するまで、若しくは、低日照期は商品蕾の長さが 18 mm 程度に達した時まで白熱電球を用いた電照を行うことで、開花遅延とプラスチング発生を回避し、さらに、切り花長、切り花重および商品花蕾数を確保したボリュームに優れた切り花の生産が可能であることが明らかになった。

第4節 発蕾期以降の電照における電照時間帯の影響

白熱電球を用いた電照期間を主茎頂花発蕾期～三次小花の蕾長が 18 mm に達するまでとして、5 時間の電照時間を暗期中断、日の出前、日没後の 3 つの時間帯を行い、その影響を検証した。その結果、熊本県の冬出し栽培では、主茎頂花の発蕾期から白熱電球を用いた電照を 5 時間行うと開花遅延とプラスチング発生の回避に有効であること、さらに日没後に電照を 5 時間行うと切り花ボリュームの確保に有効であることが示された。

第4章 低夜温電照栽培の品種適応性

本研究で構築した燃油消費量を削減できる低夜温と日中加温を組み合わせた温度管理における、白熱電球を用いた電照栽培の品種適応性を9月22日と9月29日定植の2回の栽培で、‘ボレロホワイト’を含めた極早生～中晩生の4品種を用いて検証した。その結果、自然日長でのプラスチング発生率が低い極早生品種の‘ニューリネーションホワイト’では、9月22日定植の自然日長下での低夜温・日中加温管理において、自然日長でのプラスチング発生率が高い中早生品種の‘ボレロホワイト’では、低夜温・日中加温管理と電照栽培の組み合わせにおいて、目標とした2月中旬に切り花長80 cm以上、切り花重40 g以上、茎径5 mm以上、商品花蕾数5個以上の切り花生産が可能であることが示された。さらに、熊本県の9月下旬に定植する冬出し栽培において、開花期までを暖房設定温度を夜間は10℃、日中(9時30分～11時30分)に20℃とする温度管理では、白熱電球を用いた電照で極早生～中早生品種において二次小花の開花促進と花蕾のプラスチング発生を軽減する効果が見出された。さらに、夜間10℃管理での電照栽培は慣行の夜間15℃管理での電照栽培に比べて切り花の剛直性に優れ、電照による切り花の軟弱化の回避が期待できるとともに、開花期までの燃油消費量を慣行の夜温15℃管理に比べて48%削減できることが明らかになった。

第5章 総合考察

本研究の第1目標とした「生産コスト削減と安定生産」は、生育初期の換気による昼温利用と開花期までの低夜温管理で燃油消費量の削減が可能であること、生育初期の高昼温管理および白熱電球を用いた電照で開花遅延回避が可能であること、花芽形成期における白熱電球を用いた電照でプラスチングの発生回避が可能であることを見出した。第2目標とした「切り花品質の向上」は、切り花長の確保は生育初期のDIFの利用した主茎節間伸長の促進と主茎頂花発蕾期以降の白熱電球を用いた日没後5時間の電照による側枝伸長促進、切り花重および茎径の増大と商品花蕾の確保は開花期までを低夜温管理と日中加温の組み合わせ、その後の開花期を夜温15℃管理とする温度管理と主茎頂花の発蕾期～商品蕾とする蕾長が5 mmに達するまで、若しくは、低日照期は商品蕾の長さが18 mm程度に達した時まで白熱電球を用いた日没後5時間の電照を組み合わせることで可能であることを見出した。さらに、昼温30℃遭遇時間を4時間以内、平均気温を25℃より低く管理することで品種特性を發揮する花卉数の確保が可能であること、蕾長4.2 cmに達した後

に15℃加温とすることで花径が大きくなることを見出した。最終目標とした「日持ちに優れた切り花の生産」は、収穫時に開花小花となる小花の蕾長が4.2 cm程度に達した後に夜温15℃管理を行うことで可能であることを見出した。さらに、これら本研究成果に基づいた熊本県平坦・島嶼地域における冬出し栽培のモデル体系を示した。

引用文献

- 吾妻浅男・犬伏貞昭. 1988. トルコギキョウの開花調節に関する研究(第1報) ロゼット化の要因とロゼット化防止について. 高知農技セ研報. 4: 19-29.
- 吾妻浅男・高野恵子. 1996. トルコギキョウの開花調節に関する研究(第2報) 冷房あるいは夜冷房育苗による冬～早春出し栽培. 高知農技セ研報. 5: 58-65.
- 道園美弦・久松 完・大宮あけみ・柴田道夫. 2010. 暗期開始時の短時間昇温処理によるアフリカンマリーゴールドの開花反応促進. 植物環境工学. 22: 8-14.
- 道園美弦・島地英夫・牛尾亜由子・腰岡政二. 2006. 短時間昇温処理がトルコギキョウの生育に及ぼす影響. 園学雑. 75(別2): 384.
- Erwin, J. E., R. D. Heins and M. G. Karlson. 1989. Thermomorphogenesis in *Lilium longiflorum*. Amer. J. Bot. 76: 47-52.
- 福田直子・牛尾亜由子. 2006. トルコギキョウ極早生八重品種におけるプラスチックおよび奇形花発生時の雌蕊形成の遅延現象. 園学雑. 75(別2): 346.
- Garrod, J. F. and G. P. Harris. 1974. Studies on Glasshouse Carnation: Effects of temperature and growth substances on petal number. Ann. Bot. 38(5): 1025-1031.
- 林勇. 1998. 切り花栽培の新技术バラ(上巻). 温度管理. P. 86-98. 誠文堂新光社 東京.
- 久松 完. 2011. 電照を用いた花き類の開花調整技術. 農耕と園芸. 66: 52-58.
- 池田英男・岩崎泰永・安 東赫. 2008. 施設野菜生産における環境調節. 日本生物環境工学会プレシンポジウム. 23-31.
- Ito, A., T. Hisamatsu, N. Soichi, M. Nonaka, M. Amano and M. Koshioka. 1997. Effect of diurnal temperatures alternations on the growth of annual flowers at the nursery stage. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 65: 809-816.
- Kawakatsu, K. A. Ushio and N. Fukuta. 2012. Anatomical Characterization of Flower-bud Blasting and Suppression Following Hormone Application in *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 81(1): 101-108.
- 岸本真幸・加藤正浩・前田香那子・山田 真・石渡正紀・道園美弦・住友克彦・久松 完. 2009. 短時間加温処理の時間帯と遠赤色光照射の併用がトルコギキョウの生育に及ぼす影響. 園学雑. 8(別2): 338.
- 腰岡政二・R. Moe. 1999. 施設園芸作物の形態に及ぼす温度周期の影響. 植物の化学調節. 34: 66-74.
- 小杉 清, 住友万平. 1956. グラジオラスのBlindに関する研究Ⅲ. 香川県立農科大学学術報告. 7(2): 113-122.
- Moe, R and T. Kristoffersen. 1969. The effect of temperature and light on growth and flowering of Rosa 'Baccara' in greenhouses. Acta Hort. 14: 157-166.
- 西 貞夫. 1982. 野菜園芸ハンドブック. p. 295-298. 養賢堂. 東京.
- 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62春: 456-457.
- 大川 清. 1999. バラの生産と流通. ブラインドと奇形花の発生原因と対策. P. 284-294. 養賢堂. 東京.
- 大川 清. 2003. 実践花き園芸技術トルコギキョウ栽培管理と開花調節. p. 75-76. 誠文堂新光社. 東京.
- Ohkawa, K., A. Kano, K. Kanematsu and M. Korenaga. 1991. Effect of air temperature and time on rosette formation in seedling of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. Sci. Hortic. 48: 171-176.
- Öpik and S. Rolf. 2005. The physiology of flowering 4th edition. Cambridge University Press. 248-255.
- 坂井康弘・小林泰生・谷川孝弘. 1994. トルコギキョウの11～12月出し栽培における育苗期及び定植期の高温の影響. 福岡農総試研報. B-13: 35-39.
- 佐藤武義・工藤則子・森山徹興・大川秀樹・金山喜則・金浜耕基. 2009. トルコギキョウの秋冬出し作型における遠赤色光電球蛍光ランプを利用した日長延長による開花促進. 園学研. 8: 327-334.
- 佐藤武義・西村林太郎・小野恵二. 2001. トルコギキョウの秋期における光合成特性. 東北農業研究 54: 231-232.
- 島 浩二・川西孝秀・山田 真・石渡正紀・住友克彦・久松 完. 2009. 明期終了時の短時間遠赤色光照射

- が冬季におけるスプレーギクの茎伸長に及ぼす影響. 園学研. 8(3): 327-334.
- 嶋本久二. 1996. 産地における生産の現状と問題点. 2) 暖地. p. 37-42. 平成9年野菜・花き並びに茶業課題別研究会資料. 農林水産省野菜・茶業試験場.
- 竹田 義. 1995. トルコギキョウのロゼット苗の抽だいと開花に及ぼす低温処理の影響. 園学雑. 64: 359-366.
- 竹崎あかね. 2008. すぐに役立つハウス栽培新技術. 鴨田福也・岡野邦夫・荒木陽一 編著. 農業電化協会. 東京. 213.
- 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特性と栽培に関する研究(第5報) 夜温の生育期間別変温管理が生育・開花に及ぼす影響. 長野野菜花き試報. 6: 23-30.
- 塚田晃久. 1996. トルコギキョウの生理的特性と栽培に関する研究(第6報) 生育・開花に及ぼす生育期別日長の影響. 長野野菜花き試報. 9: 31-36.
- 牛尾亜由子・福田直子・島地英夫. 2007. トルコギキョウにおける個葉光合成特性の解析. 園学雑. 6(別1): 238.
- 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プラスチックに及ぼす影響. 園学研. 9: 191-196.
- 渡辺 功・守田 隆. 2002. トルコギキョウ品種の温度及び日長反応と作型適応性. 熊本県農研セ報. 11: 41-48.
- 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.
- Yamada, A., T. Tanigawa, T. Suyama, T. Matsuno and T. Kunitake. 2008. Improvement of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. cut flower quality for early-autumn shipping with long-day treatment using light sources that delay flower bud formation. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 77: 296-303.
- 山田明日香・谷川孝弘・巢山拓郎・松野孝敏・國武利浩. 2009. トルコギキョウの初秋出し栽培における開花と切り花品質に及ぼす赤色光長日処理の光量と品種間差. 園学研. 8: 309-314.
- 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.

Development of stable cut *Eustoma* flower production techniques in winter culture in southwest warm region in Japan.

Kiyofumi KUDO

Eustoma grandiflorum is one of the most important cut flower in Japan. Kumamoto prefecture is a major winter cut *Eustoma* flower production area in the southwest warm region in Japan. In the winter culture, the fuel expenses for heating is to raise the production cost, occurrence of blasting, a phenomenon which flower buds stops development at early developmental stage, makes planned production difficult, and it is also difficult to obtain sufficient cut-flowers length and number of flowering branches. Recently the imported cut flowers from Taiwan increase rapidly in winter. These things have put pressure on the management of the production.

The aim of this study is to establish the culture protocol for low cost and stable high-quality cut *Eustoma* flower production in winter in Kumamoto prefecture. First, the effect of culture temperature in winter culture on growth and flowering in each growth stage was investigated. Then the effect of lighting during night on growth and flowering was investigated. Early flowering genotype 'Bolero white' was used in this study.

In temperature management, first, it paid attention to no necessity of greenhouse heating in a certain period after planting in the southwest warm region, and the growth promotion by high temperature management in daytime was investigated. Plants were grown in a growth chambers controlled at 25°C or 30°C in daytime and 15°C during night. The plants placed at 30 in daytime showed longer main stem and early flower budding and flowering compared with plants at 25°C. When young plants were planted in September in a greenhouse where temperature of ventilation was set to 30°C, rapid growth at early developmental stage was confirmed and cut flowers with sufficient weight were harvested in February.

Next, the effects of temperature and solar radiation during flower bud initiation to early flower development stage (flower bud size was less than 8 mm in length) on growth and flowering were investigated.

Plants grown in higher average temperature flowered earlier, and the number of petals reduced above 25°C. Under low night temperature management, plants grown at 30°C in day time showed early flowering with larger number of flowering branches than those at 25°C. It was also shown that blasting increased in 30/15°C scheme when solar radiation was insufficient, and the number of petals decreased when plants were exposed to 30°C more than 8 hours. During low temperature season the low night temperature (10°C) management reduced blasting.

Then, low night temperature management during late flower development stage was investigated. Flowering time depended on growth temperature, higher day and night temperature brought earlier flowering. Low night temperature management throughout growing time produced smaller sized flowers with short vase life. 15°C night temperature started when flower bud reached 4.2 mm in length produced sufficient weight of cut flowers with long vase life.

In practice, it is difficult to keep greenhouse temperature more than 25°C in day-time during winter season. The effect of short-term daytime heating (0930-1130) at 20°C in combination of low night temperature management on growth and flowering was investigated. The regime is effective to enhance the growth and flowering with sufficient cut flower volume and vase life and to reduce fuel consumption in winter culture.

In winter culture natural day length becomes shorter after flower budding. The effect of lighting on growth and flowering was investigated. Plants were grown under natural day length until apical flower budding, then, 20h long day with two types of light source, incandescent lamp (IL) and fluorescent lamp, were given from apical flower budding to harvest. Lighting with IL had no effect on flowering time of secondary lateral flower but produced longer cut flowers with reduced blasting, resulting in increase of marketable flower buds. Day length itself affected flowering. 8 hour day length depressed flower initiation and development with higher frequency of blasting compared with 12 hour day length. To enhance flower bud initiation of main stem it was recommended to start the lighting from 10 days after planting.

In practical cut *Eustoma* flower production, the flower bud on main stem is removed at early stage and both secondary and tertiary lateral flowers allow to flowering. When the lighting was given from the time of flower budding on main stem to the time when the size of marketable flower buds reached 8 mm, or 18 mm during low solar radiation time, blasting and delayed flowering reduced and high quality cut flowers can be produced. The giving time of 5 hr lighting was also investigated. Start of the lighting just after sunset was effective to produce high quality cut flowers.

Present study demonstrate the effectiveness of IL lighting to reduce blasting and enhance flower bud development and the combination of low night temperature management and lighting produce high quality cut *Eustoma* flowers with 48% reduction of fuel consumption in comparison with conventional winter culture scheme. Based on the results, the culture protocol for low cost and stable high-quality cut *Eustoma* flower production in winter in Kumamoto prefecture has been proposed.

謝 辞

本研究の遂行ととりまとめにあたり、香川大学農学部教授 深井誠一博士には多大なご配慮、終始懇切なご指導と校閲を賜りました。ここに謹んで心から感謝の意を表します。また、論文執筆のきっかけをいただき、いつも激励とご助言をいただいた農研機構花き研究所 市村一雄博士ならびに、貴重なご助言をいただいた愛媛大学教授 森本哲夫博士、香川大学教授 高村武二郎博士、高知大学教授 石川勝美博士、香川大学准教授 鳴海貴子博士に心からお礼申し上げます。

本研究は、熊本県農業研究センターにおいて多くの方々のご協力を得て行うことができました。共同研究者として、いつも激励とご助言、ご協力いただいた山口茂氏（元 花き研究室長）に深くお礼申し上げます。あたたかい激励をいただいた大田黒慎一氏（元 農業研究センター所長）、三島和隆氏（元 農業研究センター所長）、麻生秀則氏（農業研究センター所長）、佐藤 巖氏（農業研究センター次長）、森田敏雅氏（農産園芸研究所長）、論文のとりまとめにあたって、貴重なご助言をいただいた郡司掛則昭博士（元 土壌肥料研究室室長）、共同研究者としてご助言とご協力をいただいた菊池竜也氏（花き研究室長）、佐渡 旭氏（元 花き担当）、熊谷 寛氏（花き担当）、試験の遂行、栽培管理および調査にあたりご協力いただいた花き研究室の徳永昌文氏、橋本久美氏、水上哲也氏、小林公博氏、中尾照子氏、飯星和代氏、立石りえ子氏、松本美砂氏、梁池省吾氏に心から感謝します。

本研究の一部は、農林水産省「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」において行いました。本研究の遂行にあたって共同研究者として多大なご助言とご指導をいただいた福田直子博士（農研機構花き研究所）に心からお礼を申し上げます。さらに、ご助言をいただいた牛尾亜由子氏（農研機構花き研究所）、福島啓吾氏（広島県総合技術研究所）、駒形智幸氏（茨城県農業総合センター）、内田智子氏（元 茨城県農業総合センター）、原 坦利氏（福岡県花卉農業協同組合）に心から感謝します。

電照による長日処理の試験において、光源の特性解析に共同研究者としてご協力いただいた栗山孝浩氏（九州電力株式会社総合研究所）に心から感謝申し上げます。

本研究は、熊本県平坦・島嶼地域におけるトルコギキョウ冬出し栽培における低コスト、高品質および安定生産を目的に実施しました。試験成果の現地普及に向けた現地展示圃の設置、指導、さらに産地からの情報提供に

は、熊本県の関係機関に多大な協力を受けました。ご協力いただいた野口英美氏（農業技術課農業技術支援室）、下田安則氏（元 園芸課課長補佐）、奥山美穂氏（園芸課花き担当）、川口晶子氏（元 園芸課花き担当）、金子英一氏（菊池農業・普及振興課）、柳田義弘氏（元 上益城農業普及・振興課）、守田泰隆氏（元 熊本農政事務所）、藤田祐一氏（天草農業普及・振興課）、松野佑哉氏（八代農業普及・振興課）、熊本県経済農業協同組合連合会の南一尚氏（園芸指導課課長補佐）、津下 満氏（園芸指導課花き担当）および熊本市農業協同組合の緒方 健氏、山口由加氏に心から感謝します。さらに、本研究成果の実用化に率先して取り組んでいただいたJA熊本市トルコギキョウ部会創花道の原口和大氏、大津 誠氏、田尻隆弘氏、中島健之氏、消費地からの情報を提供していただいた（株）世田谷花きの小南善衛氏に心から感謝します。多数の皆様の協力により、本研究は充実したものとなりました。

論文執筆にあたりご助言をいただいた二宮千登志博士（高知県農業技術センター）および稲葉善太郎博士（元 静岡県農業試験場）に心から感謝します。

研究の基礎を教えていただいた、田中正美氏（元 熊本県農産園芸研究所長）、斉藤 彰博士（元 農研機構九州沖縄農業研究センター）、柴田道夫博士（元 農研機構花き研究所長）、池田 広博士（元 農研機構九州沖縄農業研究センター久留米拠点）、小野崎 隆博士（農研機構花き研究所）に心から感謝します。

これら熊本県農業研究センターおよび関係機関の多くの方々に厚くお礼申し上げます。

最後に、論文執筆に理解し、協力してくれた、妻知子に深く感謝します。