

千葉農林総研特報 第9号
CAFRC Spec. Res. Bull.
No. 9 (2021)

ISSN 1347-2593

SPECIAL RESEARCH BULLETIN
OF
THE CHIBA PREFECTURAL AGRICULTURE AND FORESTRY RESEARCH CENTER
No. 9 March 2021

千葉県農林総合研究センター特別報告

第 9 号

令和3年3月



千葉県農林総合研究センター

CHIBA PREFECTURAL AGRICULTURE AND FORESTRY RESEARCH CENTER

千葉県農林総合研究センター特別報告

第九号

(CAFRC Spec. Res. Bull. No.9 2021)

千葉県農林総合研究センター

序 文

地球規模の気候変動が叫ばれるようになって久しい。その中でも、近年は夏に猛暑日となる年が増え、生産現場では高温による農作物の生育不良や品質低下が問題となっている。このため、高温下においても安定した生産を行える栽培技術の開発が多くの農作物で求められている。

花き類の生産における夏の高温の影響は、開花遅延と草姿の変化による品質低下が挙げられる。温度が花成や草姿の変化に起因する草丈伸長等に及ぼす影響の研究は古くから取り組まれてきた。しかし、夏の高温条件での生理反応は未解明な点がある。そのため、これまで検討されてきた品目についても、高温下での反応を検討する必要がある。

本特別報告では、千葉県内で広く生産が行われているエラチオール・ペゴニアを対象に、夏の高温下での生育生理反応の解明に取り組んだ。また、そこから得られた知見を基に、生産現場で利用できる冷房・冷蔵による開花遅延と品質低下を改善する技術の開発を行った。これらの結果を『冷房・冷蔵処理を用いたエラチオール・ペゴニアの秋出荷作型における安定開花及び品質改善技術の開発』として取りまとめたものである。

本研究の成果である冷房及び冷蔵を用いた高温対策技術は、近年生産現場で導入されつつあるヒートポンプや、導入コストが低い小型冷蔵庫を用いた栽培方法であり、栽培規模に合わせて利用技術を選択されることが期待される。これらの研究成果が関係各位の参考となり、千葉県、そして全国の花き生産現場における農業問題の解決につながることを願うものである。

2021 年 3 月

千葉県農林総合研究センター

センター長 小柳 享

千葉県農林総合研究センター特別報告 第9号

目 次

冷房・冷蔵処理を用いたエラチオール・ペゴニアの秋出荷作型における安定開花及び
品質改善技術の開発

中島 拓 1

SPECIAL RESEARCH BULLETIN OF THE CHIBA PREFECTURAL AGRICULTURE AND
FORESTRY RESEARCH CENTER

No. 9 March 2021

CONTENTS

Development of stable flowering and quality improvement of autumn cropping-type <i>Begonia</i> × <i>hiemalis</i> Fotsch. using night cold storage and intermittent low-temperature storage	
Taku NAKAJIMA	1

冷房・冷蔵処理を用いたエラチオール・ベゴニアの
秋出荷作型における安定開花及び品質改善技術の開発

中島 拓

目 次

第Ⅰ章 緒言	1
第Ⅱ章 高温が開花及び生育に及ぼす影響	
第1節 明期及び暗期温度の違いが開花及び生育に及ぼす影響	2
第2節 明期高温時の暗期温度が花芽分化及び発達に及ぼす影響	5
第Ⅲ章 夜間冷房処理が開花及び生育に及ぼす影響	
第1節 夜間冷房処理の年次変動	8
第2節 効率的な夜間冷房方法と品質改善技術の開発	
第1項 夜間冷房効果の品種間差と短時間冷房処理の検討	10
第2項 明期高温時のみの夜間冷房が開花及び生育に及ぼす影響	13
第3項 短日処理時期のみの夜間冷房が開花及び生育に及ぼす影響	16
第Ⅳ章 間欠冷蔵処理が開花及び生育に及ぼす影響	
第1節 間欠冷蔵処理時の冷蔵処理サイクル，冷蔵処理回数，冷蔵処理温度が開花及び生育に及ぼす影響	18
第2節 開花，生育及び草姿に対する間欠冷蔵処理と短日処理効果の比較	23
第3節 間欠冷蔵処理と短日処理の組み合わせが開花及び生育に及ぼす影響	26
第Ⅴ章 総括	29
謝辞	31
摘要	32
引用文献	33
Summary	37

序 文

地球規模の気候変動が叫ばれるようになって久しい。その中でも、近年は夏に猛暑日となる年が増え、生産現場では高温による農作物の生育不良や品質低下が問題となっている。このため、高温下においても安定した生産を行える栽培技術の開発が多くの農作物で求められている。

花き類の生産における夏の高温の影響は、開花遅延と草姿の変化による品質低下が挙げられる。温度が花成や草姿の変化に起因する草丈伸長等に及ぼす影響の研究は古くから取り組まれてきた。しかし、夏の高温条件での生理反応は未解明な点がある。そのため、これまで検討されてきた品目についても、高温下での反応を検討する必要がある。

本特別報告では、千葉県内で広く生産が行われているエラチオール・ペゴニアを対象に、夏の高温下での生育生理反応の解明に取り組んだ。また、そこから得られた知見を基に、生産現場で利用できる冷房・冷蔵による開花遅延と品質低下を改善する技術の開発を行った。これらの結果を『冷房・冷蔵処理を用いたエラチオール・ペゴニアの秋出荷作型における安定開花及び品質改善技術の開発』として取りまとめたものである。

本研究の成果である冷房及び冷蔵を用いた高温対策技術は、近年生産現場で導入されつつあるヒートポンプや、導入コストが低い小型冷蔵庫を用いた栽培方法であり、栽培規模に合わせて利用技術を選択されることが期待される。これらの研究成果が関係各位の参考となり、千葉県、そして全国の花き生産現場における農業問題の解決につながることを願うものである。

2021 年 3 月

千葉県農林総合研究センター
センター長 小柳 享

千葉県農林総合研究センター特別報告 第9号

目 次

冷房・冷蔵処理を用いたエラチオール・ペゴニアの秋出荷作型における安定開花及び
品質改善技術の開発

中島 拓 1

SPECIAL RESEARCH BULLETIN OF THE CHIBA PREFECTURAL AGRICULTURE AND
FORESTRY RESEARCH CENTER

No. 9 March 2021

CONTENTS

Development of stable flowering and quality improvement of autumn cropping-type <i>Begonia</i> × <i>hiemalis</i> Fotsch. using night cold storage and intermittent low-temperature storage	
Taku NAKAJIMA	1

**冷房・冷蔵処理を用いたエラチオール・ベゴニアの
秋出荷作型における安定開花及び品質改善技術の開発**

中島 拓

目 次

第Ⅰ章 緒言	1
第Ⅱ章 高温が開花及び生育に及ぼす影響	
第1節 明期及び暗期温度の違いが開花及び生育に及ぼす影響	2
第2節 明期高温時の暗期温度が花芽分化及び発達に及ぼす影響	5
第Ⅲ章 夜間冷房処理が開花及び生育に及ぼす影響	
第1節 夜間冷房処理の年次変動	8
第2節 効率的な夜間冷房方法と品質改善技術の開発	
第1項 夜間冷房効果の品種間差と短時間冷房処理の検討	10
第2項 明期高温時のみの夜間冷房が開花及び生育に及ぼす影響	13
第3項 短日処理時期のみの夜間冷房が開花及び生育に及ぼす影響	16
第Ⅳ章 間欠冷蔵処理が開花及び生育に及ぼす影響	
第1節 間欠冷蔵処理時の冷蔵処理サイクル，冷蔵処理回数，冷蔵処理温度が開花及び生育に及ぼす影響	18
第2節 開花，生育及び草姿に対する間欠冷蔵処理と短日処理効果の比較	23
第3節 間欠冷蔵処理と短日処理の組み合わせが開花及び生育に及ぼす影響	26
第Ⅴ章 総括	29
謝辞	31
摘要	32
引用文献	33
Summary	37

第I章 緒言

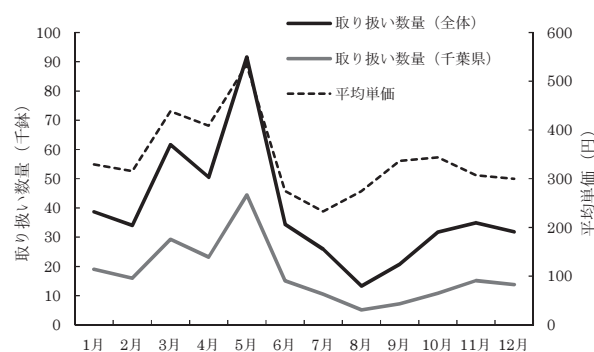
エラチオール・ベゴニア (*Begonia* × *hiemalis* Fotsch.) は原種のベゴニア・ソコトラナ (*Begonia socotrana*) と園芸種の球根ベゴニア (*Begonia* × *tuberhybrida*) の交雑種であり, 1800年代後半から世界各地で鉢花用の品目として生産・育種が行われている (Haegeman, 1979). 中でも特に有名なものが Otto Rieger が育成した系統であり, 1955年以降に次々と人気の高い品種を発表し, Otto Rieger の名前は不朽となった (武田, 2003; Anderson, 2007). これらのことから, エラチオール・ベゴニアはリーガーベゴニアまたはリーガースベゴニアの名で流通・販売されることも多い. 日本国内に初めて導入されたのは1964年とされている (小泉, 2002). 千葉県では1973年に試作が開始され, 翌年の1974年に市場出荷が開始した (関・小竹, 1996). 以降は現在に至るまで, 千葉県内では全域で生産が行われている.

日本国内の花き類全体の産出額は1996年をピークに減少し, 2010年以降は横ばいの状態が続いている (農林水産省, 2019). しかし, 鉢花類は減少が続いており, 東京都中央卸売市場の鉢花類全体の年間取り扱い数量は2009年で約2,478万鉢だったが, 2018年は約1,439万鉢と10年間で42%減少した. エラチオール・ベゴニアも同様の傾向を示し, 2009年の約72万鉢に対し2018年は約41万鉢と44%減少している. その様な中で, 東京都中央卸売市場で取り扱うエラチオール・ベゴニアのうち千葉県産が占める割合は, 2009年は約35%であったが, 2018年は約41%と増加している (東京卸売市場, 2009a, 2009b, 2018a, 2018b). この様に, 鉢花類の減少が続く中, 千葉県産のエラチオール・ベゴニアは市場から信頼の高い産地として位置付けられており, 今後も高品質なものを安定して出荷することが生産者の経営安定に繋がると考えられる.

エラチオール・ベゴニアは相対的短日植物であり, 日長を制御することで開花調節が可能である (Molnar, 1974; Powell・Bunt, 1979, 1980, 1985, 1986). この性質を利用し, 日本国内では短日もしくは長日処理を用いた周年生産が行われている. 東京都中央卸売市場の月別の取り扱い数量と平均単価の推移を第1図に示した.

全体の取り扱い数量は8月が最も少なくなり, 9月から10月にかけて徐々に増加する. 一方で, 千葉県産も全体と同様に, 6月から減少し8月が最も少なくなる. その後の出荷量は11月にかけて緩やかに増加しているが, 9月～10月の出荷量は他産地に比べ少ない. 平均単価の推移は, 7月が年間で最も安く, それ以降は増加に転じ, 9月以降は安定した単価が見込める. これらのことから, 9月～10月の出荷量を増加させることが千葉県内のエラチオール・ベゴニア生産者の経営を安定させる方法の1つと考えられる. しかし, 千葉県内の生産者は, 9月～10月開花の作型は①開花が安定しない, ②草丈の徒長により高品質なものを生産し難い, の2つの理由から, 生産を敬遠することが多い.

日本国内におけるエラチオール・ベゴニアの開花及び生育に関する研究は1970年代後半～1980年代にかけて多く行われた (浜田, 1981, 1982, 1983; 青木ら, 1984a, 1984b; 池田ら, 1987; 小泉, 2002). これらの結果を基に開発された9月～10月開花の作型は, 4月～5月に挿し芽を行い, 7月～9月の高温期を経て, 9月～10月に開花に至る管理方法となる. 一方で, 栽培管理方法が確立された1980年代 (1980年～1989年) の7月～9月の平均気温を近年の10年間 (2009年～2018年) と比較すると, 近年10年間は1980年代に比べ日平均気温, 日最高気温及び日最低気温のいずれも1.5℃以上高く, 日最高気温が35℃以上もしくは日最低気温が25℃以上となる日も大幅に増加している (第1表). このことから, 近年の9月～10月出



第1図 エラチオール・ベゴニアの取り扱い数量及び平均単価の推移

注) 各値は東京都中央卸売市場 2014 年～2018 年の平均値を示す.

第1表 1980年代と近年10年間の7月～9月の気温

期間 (年)	平均気温 (℃)			日最高気温が35℃ 以上の日数 (日)	日最低気温が25℃ 以上の日数 (日)
	日平均	日最高	日最低		
1980・1989	24.1	32.5	17.0	0.2	12.0
2009・2018	26.0	34.6	18.5	3.2	32.7

注) 7月～9月にかけての平均値を示す (気象庁 観測地点・千葉).

荷作型で開花が不安定となった原因は、栽培管理方法が確立された当時より気温が上昇したことの影響と推察される。また、千葉県内では栽培技術が確立された1980年代当初から9月～10月開花出荷作型は徒長しやすく、高品質なものを生産し難い作型とされてきた。徒長の要因となる草丈の伸長は、短日条件下では、温度が高いほど促進されるとされる（小泉，2002）。そのため、近年の気温上昇は、以前にも増して草丈伸長を助長させていると推測される。

そこで、本研究では近年の高温環境下におけるエラチオール・ペゴニアの安定的な9月～10月出荷栽培技術の確立を目的に、夏期の高温が開花及び生育に及ぼす影響を検討した（第Ⅱ章）。また、第Ⅲ章と第Ⅳ章では、第Ⅱ章の結果を基に、生産現場での開花の安定及び生育改善技術の開発を行った。第Ⅲ章では多くの花き類で夏期の開花遅延を回避できることが報告されている夜間冷房処理（二村ら，2012；岩崎ら，2013；大石ら，2013；加古ら，2013；東浦ら，2013；武藤ら，2013；後藤ら，2014）が開花及び生育に及ぼす影響を明らかにすると共に、生産現場での効果的な利用方法を検討した。第Ⅳ章では、夜間冷房に比べ低コストで冷房効果が得られる方法としてイチゴや花き類で開花促進効果が報告されている（Yoshidaら，2012；虎太ら，2015；加古ら，2016），間欠冷蔵処理が開花及び生育に及ぼす影響を明らかにすると共に、生産現場での効果的な利用方法を検討した。

なお、本研究において論文に特に記載のない場合には、以下の栽培条件とした。①栽培場所；千葉県農林総合研究センター内ガラスハウス，②育苗方法；市販培養土（Good Soil DB-1，兼弥産業(株)）と鹿沼土を7：3の割合で混合したものを充填した72穴セルトレイに頂芽挿しし、発根まで16時間日長で管理，③発根苗鉢上げ以降の培養土；赤土4：腐葉土3：ピートモス2：パーライト1の割合で混合，④鉢上げ以降の肥培管理；基肥として上記培養土に緩効性肥料（マグアンプK（N：P₂O₅：K₂O＝6：40：6），ハイポネックスジャパン(株)）を2g/Lを混合し，追肥として鉢上げ1週間後を目途に水溶性肥料（プロフェッショナルハイポネックス（N：P₂O₅：K₂O＝20：20：20），ハイポネックスジャパン(株)）の2,000倍液を毎週1回灌注，⑤株の配置；生育初期は鉢が密着した状態とし，地上部が成長するに従い葉が触れ合わない距離に適宜スペーシング，⑥室内加温；5月～9月は無加温とし，10月～翌4月までは15℃加温，⑦遮光；遮光率50～55%の銀色寒冷紗（ダイオネット，ダイオ化成(株)）を用い，育苗中は全期間，鉢上げ以降は5月中旬～9月30日まで温室全体を被覆，⑧短日処理；シルバーポリエチレンフィルム（シルバーポリトウ，東罐興産(株)）を用いて10時間日長となるように遮光，⑨開花調査；第

1花房の満開日を開花日とした。

第Ⅱ章 高温が開花及び生育に及ぼす影響

明期及び暗期温度が植物の花成や生育に及ぼす影響は品目によって異なることが古くから知られている。ダイズやオナモミ等の短日植物は明期温度より暗期温度が花成に強く影響するとされる（チャイラヒヤン，1959；リュンガー，1978）。一方で、長日植物の発育には明期温度の影響が大きいとされる（チャイラヒヤン，1959）。エラチオール・ペゴニアの生育適温は一定温度の管理下では21℃前後とされる（Karlsson，1992）が、明期と暗期の温度が異なる条件下では両温度の組み合わせにより花成及び生育が変化する。小泉（2002）は明期及び暗期温度と日長を組み合わせた実験において、開花は短日と長日のいずれにおいても温度が高いと早くなるとしている。また、草丈は短日条件では温度が高いほど長く、長日条件では温度の違いに関わらず短日条件に比べ長くなるとしている。しかし、これらの結果は明期30℃/暗期22.5℃以下の結果であり、近年の夏期の高温が開花及び生育に及ぼす影響については検討されていない。そこで、本章ではインキュベータを用いて人工的に気象を再現し、小泉（2002）の報告よりも高い温度域における明期及び暗期温度の違いが開花及び生育に及ぼす影響を検討した。

第1節 明期及び暗期温度の違いが開花及び生育に及ぼす影響

夏期の高温を想定した明期温度と暗期温度に設定し、明期温度と暗期温度が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。

1. 材料及び方法

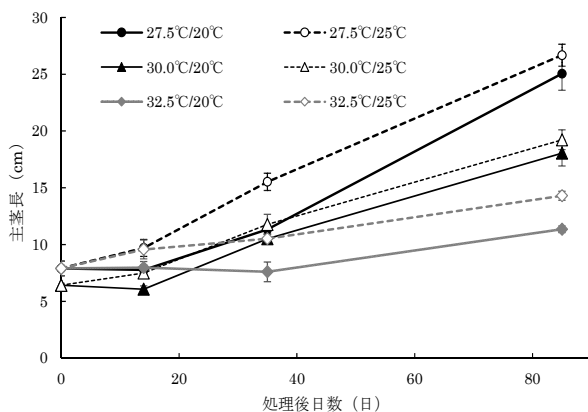
品種は「ネッチャダーク」（高松商事(株)，中生品種）を供試した。処理区は明期温度と暗期温度を組み合わせ、合計8区を設けた。インキュベータ（MIR-253，三洋電機(株)）の台数の関係から、1回の実験につき明期温度2水準と暗期温度2水準を組み合わせた4区を設け、2回実施した。1回目は明期温度30.0℃及び35.0℃，暗期温度20.0℃及び25.0℃を組み合わせた4区とした。2回目は明期温度27.5℃及び32.5℃，暗期温度20.0℃及び25.0℃を組み合わせた4区とした。供試株数は1区4株とした。56日間育苗した発根苗を調整ピートモスとパーライトを1：1で混合した培養土を充填した3号黒色ポリポットに鉢上げし，上記設定のインキュベータに搬入した。インキュベータ搬入後は水溶性肥料（プロフェッショナルハイポネックス（N：P₂O₅：K₂O＝20：20：20），



写真 1-1 明期及び暗期温度が「ネッチャダーク」の開花及び生育に及ぼす影響①
注) 左から明期温度/暗期温度 30.0℃/25.0℃, 30.0℃/20.0℃, 35.0℃/25.0℃, 35.0℃/20.0℃.



写真 1-2 明期及び暗期温度が「ネッチャダーク」の開花及び生育に及ぼす影響②
注) 左から明期温度/暗期温度 32.5℃/25.0℃, 32.5℃/20.0℃, 27.5℃/25.0℃, 27.5℃/20.0℃.



第2図 明期及び暗期温度が「ネッチャダーク」の主茎長の推移に及ぼす影響
注) 図中の縦棒は標準誤差を示す (n=4).

ハイポネックスジャパン(株)の4,000倍液を溜めたトレイに高さ1cmで設置し、紐給水で管理した。相対湿度はなりゆき(46%~91%で推移)とした。明期は植物育成用蛍光灯(ビオルックスHG FL40SBR, NECライティング(株))をインキュベータ上部に設置し照射した。明期の光合成有効量子束密度(以下PPFDとする)はポット表面で110~120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ 、照度は8,000~9,500lxであった。日長は、エラチオール・ペゴニアの限

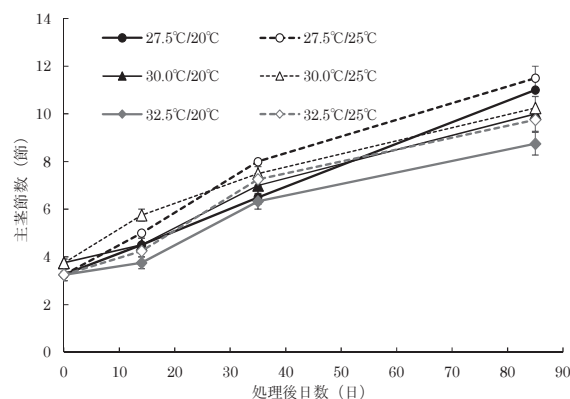
界日長が12.5時間~14時間である(小泉, 2002)ことと、9月~10月開花作型では栽培期間の大半が14時間以上の長日条件となり生産現場では栽培途中に短日処理を行うことから、インキュベータ搬入後14日間は16時間日長の長日条件、その後21日間は10時間日長の短日条件、短日処理終了以降から開花まで再度16時間日長の長日条件とした。調査は処理開始時(インキュベータ搬入日)、処理14日目(短日開始直前)、36日目(短日終了時)及び85日目(開花時)の主茎長及び主茎節数、処理開始85日目の乾物重(地上部及び地下部の合計)、到花日数及び第1花房の着生節位について実施した。

2. 結果

明期35.0℃の処理区は暗期温度の違いに関わらず、処理開始20日目頃から葉の黄化と生育の停滞が認められ、85日目までに全ての株が枯死した(写真1-1, 写真1-2)。そのため、以降の結果は明期35.0℃の処理区を除いて示した。

主茎長は、処理14日目までは温度の違いによる差は判然としなかったが、36日目以降は明期温度が低いほど長くなった。また、明期温度が同じ場合は、暗期温度が20.0℃区に比べ25.0℃区で長くなった(第2図)。

主茎節数は、同一の明期温度では、処理14日目以降に



第3図 明期及び暗期温度が「ネッチャダーク」の主茎節数の推移に及ぼす影響

注) 図中の縦棒は±標準誤差を示す (n=4)。

第2表 明期及び暗期温度が「ネッチャダーク」の乾物重に及ぼす影響 (処理85日目)

明期 温度 (°C)	乾物重 (g)	
	暗期温度 (°C)	
	20.0	25.0
27.5	12.41 (0.23)	12.14 (0.18)
30.0	9.12 (0.18)	9.64 (0.16)
32.5	5.43 (0.09)	6.11 (0.14)

注) 各値は平均値 (変動係数) を示す (n=4)。

第3表 明期及び暗期温度が「ネッチャダーク」の到花日数及び第1花房の着生節位に及ぼす影響

明期 温度 (°C)	到花日数 (日)		第1花房の着生節位 (節)	
	暗期温度 (°C)		暗期温度 (°C)	
	20.0	25.0	20.0	25.0
27.5	64.0 (0.05)	58.5 (0.01)	8.3 (0.05)	9.0 (0.00)
30.0	66.5 (0.04)	65.5 (0.17)	6.3 (0.07)	7.0 (0.10)
32.5	67.0 (0.00)	73.3 (0.13)	6.5 (0.08)	7.3 (0.06)

注) 各値は平均値 (変動係数) を示す (n=4)。

暗期温度25.0°C区が20.0°C区に比べ多くなる傾向が見られた (第3図)。

処理開始85日目時点の乾物重は、全ての区で変動係数が大きいものの、暗期温度の違いによる差は小さく、明期温度が高いほど乾物重が軽くなる傾向が見られた (第2表)。

到花日数は、明期27.5°Cでは暗期20.0°C区が25.0°C区に比べ約6日長かった。明期30.0°Cでは暗期20.0°C区と25.0°C区で差はなかったが、20.0°C区に比べ25.0°C区の変動係数が大きかった。明期32.5°Cでは暗期20.0°C区が25.0°C区に比べ約6日早く、25.0°C区は変動係数が大きかった (第3表)。

第1花房の着生節位は、明期温度が同じ場合は、暗期温度20.0°C区に比べ25.0°C区で高節位となる傾向が見られた (第3表)。

3. 考察

小泉 (2002) はエラチオール・ペゴニアの温度と光の関係について、①人工光を用いて25°Cの条件とした際の光補償点は2,000~2,500lx、光飽和点は20,000lx前後である、②自然光下の明期35°C/暗期25°Cでは葉のクロロフィル含有量が減少し、強光 (110,000lx) では株が枯死し、弱光 (43,000lx) でも株がわい化する、としている。また、自然光下で明期/暗期温度を25.0°C/17.5°C (中温区) もしくは30.0°C/22.5°C (高温区) とし、日長を8時間の短日も

しくは4月~7月の自然日長下で管理を行うと、③草丈は短日条件では中温区より高温区で、自然日長では高温区より中温区で長くなる、④開花は短日条件と自然日長の両方で中温区より高温区で早くなる、としている。④の自然日長下の結果は、4月~7月の自然日長 (日の出から日の入りの時間に常用薄明の40分を加えた値 (米村, 1993)) が13時間15分 (4月1日) ~14時間38分 (7月31日) となり、エラチオール・ペゴニアの限界日長が12.5時間~14時間であることから、長日条件下での生育を示していると言える。

本実験は明期照度が8,000~9,500lxのインキュベータ内で管理を行い、27.5°C~32.5°Cの処理区については開花及び生育が認められた (写真1-1, 写真1-2)。このことに加え、上記の小泉の報告①から、光量不足による生育への影響は少ないと考えられた。主茎長は明期温度27.5°Cの処理区で最も長く、明期温度が高くなるに従い短くなり (第2図)、上記の小泉の報告③における自然日長での結果と同様の傾向を示したと言えた。これは、インキュベータ内で管理した85日間のうち短日条件とした21日間以外は長日条件であったため、長日条件下での生育に近い反応を示したためと考えられた。明期温度が高くなるに従い主茎長が短くなった原因として、明期温度が高いほど乾物重が軽かった (第2表) ことに加え、上記②の小泉の報告で温度が高いと葉のクロロフィル含有量が低下するとされていることから、温度が上がるにつ

れ光合成能力が低下し、同化量の減少を招いたためと推察された。一方で、明期温度が同じ処理では、暗期温度が低いと主茎長が短く、節数も少なくなり、その現象は明期温度が高い区ほど顕著となる傾向が見られた。カーネーションの同化産物は栽培気温もしくは植物体の温度の違いによって分配先が異なることが報告されている (Harris・Jeffcoat, 1974)。本実験では明期温度が同じ場合は暗期温度の違いに関わらず乾物重が同等であった (第2表)。このことから、暗期温度が異なることにより同化産物の分配が変化するために主茎長や節数が変化したと考えられた。

到花日数は、明期27.5℃では暗期温度の違いによる個体間差が小さく、暗期25.0℃区が20.0℃区に比べ早期に開花した。しかし、明期30.0℃及び32.5℃では暗期20℃区は開花が安定する一方で、25.0℃区では個体差が大きくなる傾向が見られた (第3表)。上記④の小泉の報告 (2002) では、日長の違いに関わらず、開花は中温区より高温区で早期に開花するとしている。そのため、本実験の明期27.5℃の処理区については、暗期20℃区に比べ25.0℃区で平均気温が高くなることから、小泉の報告 (2002) と同様の傾向を示したと言えた。一方で、明期30.0℃以上の処理区については平均気温が高くとも開花は早まらず、小泉の報告 (2002) と異なる結果となった。開花の早晩を決定する要因として、花芽分化時期もしくは分化以降の発達速度の違いが想定される。花芽分化時期の指標として第1花房の着生節位を測定したところ、明期温度30.0℃及び32.5℃では、暗期温度の違いに関わらず、27.5℃に比べ着生節位が低節位となった。また、明期温度の違いに関わらず、暗期温度が低いと第1花房の着生節位は低節位となった (第3表)。そのため、明期及び暗期温度は第1花房着生節位を変化させ、花芽分化時期に影響を及ぼすことが示唆された。しかし、主茎節数も暗期温度が同じであれば明期温度が低いほど少なく、明期温度が同じであれば暗期温度が低いと少なく推移した (第3図)。これらのことから、温度の違いによって到花日数が変化した原因は、花芽分化時期が変化したことによるものなのか、分化以降の発達が変化したためなのかは判然としなかった。また、明期30.0℃の暗期25.0℃区と明期32.5℃の暗期20.0℃区及び25.0℃区は上記④の小泉の報告 (2002) にある高温区よりも更に高い温度設定であることから、より高い温度域が開花に及ぼす影響は、これまでの報告とは異なる反応を示すと推察された。

以上のことから、エラチオール・ペゴニアは明期温度が高くなるに従い暗期温度が開花及び生育に及ぼす影響が大きく変化すると考えられた。特に、開花については暗期温度が花芽分化もしくは発達に影響を及ぼしていると推察され、より詳細な分化・発達過程を明らかにする

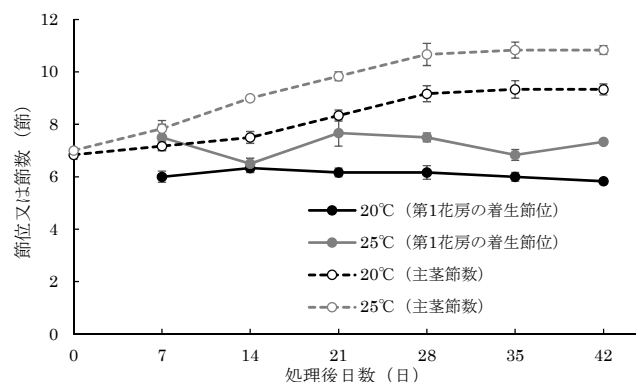
必要があると考えられた。

第2節 明期高温時の暗期温度が花芽分化及び発達に及ぼす影響

第Ⅱ章第1節の結果から、明期30.0℃以上で短日処理を行うと暗期温度が低い条件で開花が安定することから、暗期温度は花芽の分化及び発達に強く影響することが示唆された。エラチオール・ペゴニアの温度に対する開花反応は古くから研究されている (Sandved, 1962; Powell・Bunt, 1985; Vogelesang, 1990) が、温度に対する花芽の分化及び発達に関する報告は見られない。そのため、暗期温度が花成に及ぼす影響を明らかにするには、花芽分化・発達過程を明らかにする必要がある。そこで本節では、インキュベータを用い、第Ⅱ章第1節で開花への影響が最も顕著に表れた、明期32.5℃下における暗期温度の違いが花芽の分化及び発達に及ぼす影響を検討した。

1. 材料及び方法

品種は「ネッチャダーク」 (高松商事(株)、中生品種) を供試した。試験区は明期温度を 32.5℃とし、暗期温度 20.0℃区と 25.0℃区の 2 区を設けた。赤土 4 : 腐葉土 3 : ピートモス 2 : パーライト 1 の割合で混合した培養土を充填した 3.5 号黒色ポリポットに頂芽挿しを行い、挿し芽をした当日にインキュベータ (MLR-350, 三洋電機(株)) に搬入した。処理を開始するまでは 16 時間日長で管理し、搬入後 27 日間は 23.0℃一定で管理した。27 日目に発根を確認した後、搬入後 31 日目までは 25.0℃一定、35 日目までは明期 27.5℃/暗期 25.0℃、41 日目までは明期 30.0℃/暗期 25.0℃と徐々に温度を上げ、高温順化を行った。42 日目から上記試験区の条件で処理を開始し、日長は 10 時間とした。施肥は基肥として培養土緩効性肥料 (マグアンプ K (N : P₂O₅ : K₂O=6 : 40 : 6) , ハイポネックスジャパン(株)) を培養土に 2g/L を混合し、追肥として水溶性肥料 (プロフェッショナルハイポネックス (N : P₂O₅ : K₂O=20 : 20 : 20) , ハイポネックスジャパン(株)) の 2,000 倍液を毎週 1 回底面給水で施用した。インキュベータ内の相対湿度はなりゆき (79%~90% で推移) とした。明期は植物育成用蛍光灯 (ビオルックス HG FL40SBR, NEC ライティング(株)) をインキュベータの側面 (3 面) に設置し、インキュベータ中央部で PPFD を 115~123 μ mol/m²/sec とした。調査は処理開始から 42 日目まで 7 日毎に実態顕微鏡 (SZX10, オリンパス(株)) を用いて第 1 花房の花芽発達ステージを観察すると共に、第 1 花房の着生節位及び主茎節数を測定した。また、検鏡時に様々な花芽発達ステージの腋芽をサ



第4図 明期 32.5°Cにおける暗期温度が「ネッチャダーク」の第1花房の着生節位及び主茎節数に及ぼす影響

注) 図中の縦棒は±標準誤差を示す (処理後日数7及び14はステージⅡに移行した株数の誤差を, 処理後日数21以降は n=6 の誤差を示す)。

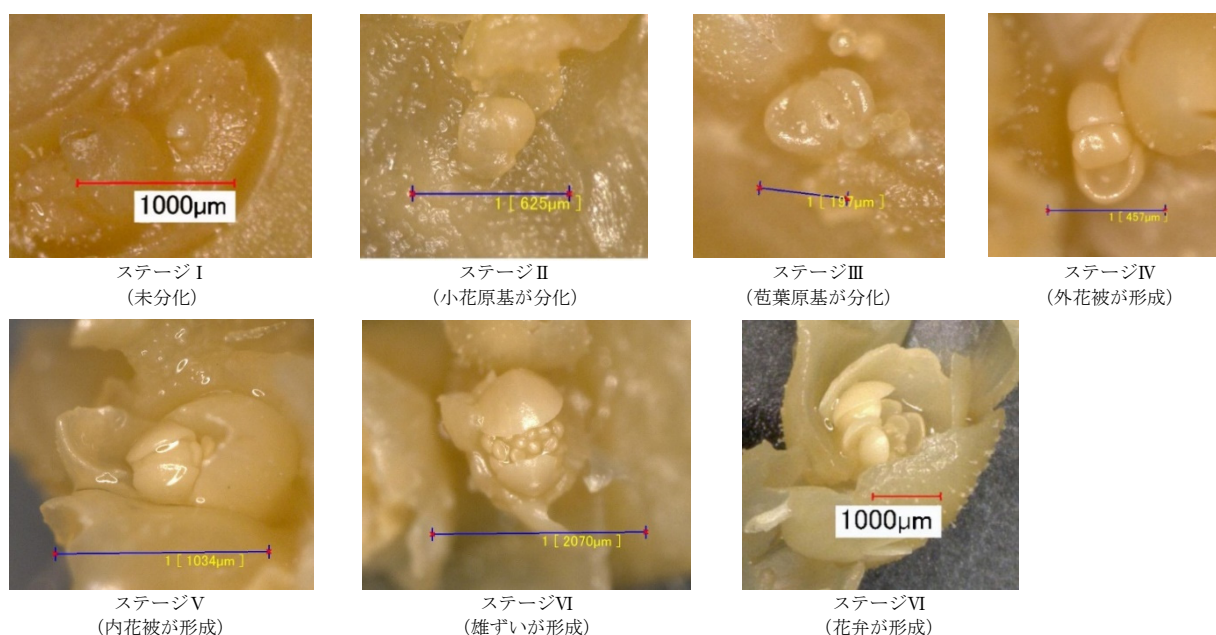


写真2 「ネッチャダーク」の花芽分化及び発達ステージ

ンプリングし, 無水酢酸:95%エタノール:蒸留水=10:50:40の混合液に浸漬して保存した. 保存したサンプルは後日デジタルマイクロスコープ (VHX-2000, (株)キーエンス) を用いて写真を撮影した. 調査株数は1回につき6株とした. 調査を行う腋芽が第1花房であることの判断として, ベゴニア・センパフローレンス (*Begonia semperflorens*) では花房を形成した腋芽より上位節にある腋芽は全て花房となる (Berghoef・Bruinsma, 1979) ことが報告されており, エラチオール・ベゴニアも同様であることから, 調査時に最もステージが進んでいる最下節の腋芽を第1花房とした.

2. 結果

20.0°C区の第1花房の節位は調査終了まで6節前後で推移し, 25.0°C区に比べ約1節少なかった. また, 20.0°C区

は処理7日目にステージⅡの株が確認され, その時点の主茎節数は7節前後であった. 20.0°C区の主茎節数は7日目から28日目にかけて増加し, 28日目以降は主茎先端の成長点も花芽となり, 最終的には9節前後となった. 25°C区のステージⅡの株は20.0°C区と同日の処理7日目に確認され, その時点の主茎節数は8節前後と20.0°C区に比べ約1節多かった. その後も20.0°C区に比べ25.0°C区の主茎節数は約1節多く推移した (第4図).

写真2に花芽分化及び発達過程を示した. エラチオール・ベゴニアの花芽発達ステージについては報告が見られないことから, ベゴニア・ルツェルナ (*Begonia × lucerna hort.*) での報告 (林, 1991) を基に雄花の発達状態で以下の7段階に分類した.

- ①ステージⅠ: 未分化
- ②ステージⅡ: 小花原基が分化

処理後 日数 (日)	花芽分化・発達ステージ						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
0	●●●●						
7	●●●●	●●					
14		●●●●	●●				
21			●●	●●●●	●●		
28			●●	●●●●	●●●●		
35			●●	●●●●	●●●●		
42					●●●●●●	●●	

第 5-1 図 明期 32.5℃, 暗期 20.0℃における
「ネッチャダーク」の花芽分化及び
発達の推移

注) 花芽分化及び発達ステージは写真 2 を参照.

●は調査時に各ステージに該当した個体を示す (n=6).

- ③ステージⅢ：苞葉原基が分化
- ④ステージⅣ：外花被が形成される
- ⑤ステージⅤ：外花被の内側に内花被が形成される
- ⑥ステージⅥ：雄ずいが形成される
- ⑦ステージⅦ：雄ずい周辺の花弁が発達する

なお、ステージⅡについては小花原基の肥大程度に個体差が認められたが、わずかでも肥大しており、苞葉原基の分化が認められなかった個体は全てステージⅡと判断した。

第 5-1 図及び第 5-2 図に花芽分化及び発達ステージの推移を示した。両区とも処理 7 日目にはステージⅡに移行している株が現れたが、14 日目には 20.0℃区で全ての株がⅡ以上のステージに移行したのに対し、25.0℃区では調査株の半分以上がステージⅠであった。21 日目は、20.0℃区はステージⅣの株が多かったが、25.0℃区はステージⅢの株が多かった。28 日目以降は、20.0℃区では 28 日目はステージⅣの株が多く、35 日目と 42 日目はステージⅤの株が多かった。25.0℃区では、28 日目以降は個体差が大きくなる傾向が見られ、調査を終了した 42 日目ではステージⅢからステージⅦの株が混在していた。

3. 考察

20.0℃区の第 1 花房の着生節位は 25.0℃区に比べ 1 節

処理後 日数 (日)	花芽分化・発達ステージ						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
0	●●●●						
7	●●●●	●●					
14	●●●●	●●					
21			●●●●	●●			
28			●●	●●●●	●●●●	●●	
35			●●		●●●●	●●	
42			●●		●●●●	●●	●●●●

第 5-2 図 明期 32.5℃, 暗期 25.0℃における
「ネッチャダーク」の花芽分化及び
発達の推移

注) 花芽分化及び発達ステージは写真 2 を参照.

●は調査時に各ステージに該当した個体を示す (n=6).

程度低節位であった。また、処理 7 日目～14 日にかけて両区とも多くの株がステージⅡに移行したが、その時点で 20.0℃区の主茎節数は 25.0℃区よりも 1 節程度少なかった（第 4 図，第 5-1 図，第 5-2 図）。そのため、20.0℃区の第 1 花房の着生節位が 25.0℃区に比べ低節位となった原因は、主茎の生育速度が緩慢であることも影響したと考えられた。

検鏡の結果、エラチオール・ペゴニアの花芽分化及び発達はペゴニア・ルツェルナでの報告（林，1991）と類似した変化を示した。すなわち、腋芽は苞葉の原基が分化（ステージⅢ）した後に外花被が形成（ステージⅣ）し、その後内花被が形成された（ステージⅤ）。内花被が形成されると中心部で雄ずいとなるべき部位が形成された（ステージⅥ）が、「ネッチャダーク」の雄花は最終的に八重咲きとなることから、次第に形質が変化し、花弁状となった（ステージⅦ）となった。花芽分化及び発達の推移は、20.0℃区に比べ 25.0℃区はステージⅠからステージⅣへの発達が遅かった。また、25.0℃区はステージⅢ以降の発達に個体差が見られた（第 5-1 図，第 5-2 図）。そのため、25.0℃区は 20.0℃区に比べ花芽分化が遅く、発達も抑制されると考えられた。林（1991）は、ペゴニア・ルツェルナ及びペゴニア・センパフローレンスでは光量を少なく同化量を不足させると花序の分枝数や小花数が

減少するとしている。また同報(林, 1991)の中で、ベゴニア・ルツェルナの小花数を決定する小花原基の分化は外花被形成期であると報告している。これらのことから、上記品目では同化量が不足すると外花被形成期までの分化・発達が抑制されると考えられる。また、キクでは暗期温度が高いと開花が抑制される(中野ら, 2017)が、その原因は高温により花芽の発達が抑制するためとされる(Nakanoら, 2013)。エラチオール・ベゴニアの花序はベゴニア・ルツェルナ及びベゴニア・センパフローレンスと同様の集散花序である(植村, 1994)ことから、花序の分化・発達は両種と類似することが示唆される。第Ⅱ章第1節では、明期温度27.5℃以上では温度が高くなるに従い同化量が減少した。そのため、明期温度が32.5℃である本実験は適温域の生育に比べ同化量が少ない環境にあったと言えた。これらのことから、本実験で25.0℃区が20.0℃区に比べ花芽分化及び発達が緩慢であった原因は、明期が高温で同化量が少ない条件になると、他のベゴニア属と同様に、花芽分化及び発達が抑制しやすい状態になり、その様な条件下では高温の暗期温度は花芽分化及び発達の抑制を助長するためと考えられた。

以上のことから、エラチオール・ベゴニアの開花は明期32.5℃下では暗期が高温になると花芽の分化・発達の抑制を助長すると考えられた。そのため、同様の明期温度下においても、暗期温度を低下させることにより、花芽の分化及び発達を安定できると考えられた。そのため、実際の栽培においても、明期が高温の条件下でも暗期温度を低下されることで開花揃いを改善できることが示唆された。

第Ⅲ章 夜間冷房処理が開花及び生育に及ぼす影響

千葉県内におけるエラチオール・ベゴニアの9月～10月出荷作型の栽培は栽培期間が長日期となるため、開花の誘導はシェードによる短日処理が必要となる。シェードは施設全体を覆うことから、シェード内の気温は外気温より高く、生育不良を招きやすい。そのため、県内導入当初から栽培し難い作型とされてきた(関・小竹, 1996)。また、近年は以前にも増して安定した栽培が困難な状況となっているが、この原因は、第Ⅱ章の結果から、夏期の気温上昇により花芽の分化及び発達が阻害され、開花の不揃いを招いているためと考えられる。

夏期の高温対策として、ヒートポンプ等を用いて温室内を冷房する方法が挙げられる。しかし、終日冷房を行う方法は運用コストが甚大となるため実用的ではない。一方で、夜間みの冷房でも高温による開花遅延を回避できることが多くの花き類で報告されている(二村ら,

2012; 岩崎ら, 2013; 大石ら, 2013; 加古ら, 2013; 東浦ら, 2013; 武藤ら, 2013; 後藤ら, 2014)。エラチオール・ベゴニアにおいても、第Ⅱ章の結果から、暗期温度を下げられる夜間冷房は開花を安定化できることが示唆されるが、圃場での効果を確認した報告は見られない。

そこで、本章では9月～10月出荷作型におけるエラチオール・ベゴニアへの夜間冷房が開花及び生育に及ぼす影響を明らかにするとともに、より効率的な利用方法について検討した。

第1節 夜間冷房処理の年次変動

本節では終夜の夜間冷房処理が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。また、効果の年次変動を確認するため、2017年と2018年の2か年に実施した。

1. 材料及び方法

品種は「ネッチャダーク」(高松商事(株)、中生品種)を供試した。実験は2017年と2018年の2回実施した。試験区は日の入りから日の出までを20℃で冷房する冷房区と無冷房区の2区を設けた。開花誘導のための短日処理は15時～19時15分に遮光を行い、暗期の開始時間を早める方法とした。短日処理期間は21日間とした。2017年は4月29日に挿し芽を行い、7月26日に5号プラスチック鉢に鉢上げした。短日処理は8月7日～8月28日にかけて行った。冷房区の冷房期間は8月1日～9月30日の60日間とした。2018年は5月11日に挿し芽を行い、7月12日に5号プラスチック鉢に鉢上げした。短日処理は8月2日～8月23日にかけて行った。冷房区の冷房期間は7月17日～9月18日の63日間とした。供試株数は、2017年は1区6株の3反復、2018年は1区4株の3反復とした。調査は冷房処理中の温室内の気温推移、開花日及び開花日の草丈、株幅、主茎長、主茎節数、節間長、第1花房の着生節位、一次側枝数及び花房数について実施した。

2. 結果

2017年の冷房処理中の温室内の気温は、明期は両区で同等に推移し、短日処理前は26℃～27℃、短日処理中は29℃以下、短日処理以降は25℃をやや上回った。また、冷房処理開始～終了までの全期間の明期平均気温は両区とも26.5℃前後であった(第4表)。暗期の平均気温は、冷房区は処理期間を通して概ね設定の20℃で推移した。一方で、無冷房区の平均気温は短日処理前が23.0℃、短日処理中が24.4℃、短日処理以降は21.6℃であった。冷房処理開始～終了までの全期間の暗期平均気温は、冷房区は19.5℃であり、無冷房区は22.5℃であった(第5表)。

第4表 温室内の明期平均気温の推移（2017年）

処理	明期（5:00～19:00）温室内平均気温（℃）			
	短日処理前	短日処理中	短日処理後	全体
	(8/1・8/6)	(8/7・8/28)	(8/28・9/30)	(8/1・9/30)
冷房	27.3	29.0	25.7	26.7
無冷房	26.2	28.7	25.5	26.4

第6表 温室内の明期平均気温の推移（2018年）

処理	明期（5:00～19:00）温室内平均気温（℃）			
	短日処理前	短日処理中	短日処理後	全体
	(7/17・8/1)	(8/2・8/23)	(8/24・9/18)	(7/17・9/18)
冷房	30.2	30.2	27.7	29.2
無冷房	30.5	30.1	27.7	29.2

第5表 温室内の暗期平均気温の推移（2017年）

処理	暗期（19:00～5:00）温室内平均気温（℃）			
	短日処理前	短日処理中	短日処理後	全体
	(8/1・8/6)	(8/7・8/28)	(8/28・9/30)	(8/1・9/30)
冷房	20.2	20.0	19.1	19.5
無冷房	23.0	24.4	21.6	22.5

第7表 温室内の暗期平均気温の推移（2018年）

処理	暗期（19:00～5:00）温室内平均気温（℃）			
	短日処理前	短日処理中	短日処理後	全体
	(7/17・8/1)	(8/2・8/23)	(8/24・9/18)	(7/17・9/18)
冷房	19.6	20.6	20.9	20.5
無冷房	25.4	24.6	23.5	24.3

第8表 夜間冷房処理の有無が「ネッチャダーク」の開花及び生育に及ぼす影響（2017年）

処理	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (a) (cm)	主茎節数 (b) (節)	節間長 (a)/(b) (節)	第1花房の 着生節位 (節)	一次 側枝数 (本)	花房数 (個)
冷房	10月7日	32.2	34.1	27.0	11.8	2.3	7.6	5.7	18.4
無冷房	10月3日	30.3	34.4	24.6	11.9	2.1	7.5	5.5	17.5
t-test ¹⁾	**	*	ns	**	ns	**	ns	ns	ns

注) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし (n=3)。

第9表 夜間冷房処理の有無が「ネッチャダーク」の開花及び生育に及ぼす影響（2018年）

処理	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (a) (cm)	主茎節数 (b) (節)	節間長 (a)/(b) (節)	第1花房の 着生節位 (節)	一次 側枝数 (本)	花房数 (個)
冷房	10月5日	29.4	34.6	24.9	10.0	2.5	6.9	3.2	10.1
無冷房	10月12日	29.8	37.2	24.1	11.0	2.2	7.7	4.8	13.4
t-test ¹⁾	**	ns	*	ns	*	**	*	**	*

注) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし (n=3)。

2018年の冷房処理中の温室内の気温は、明期は両区で同等に推移し、短日処理前及び短日処理中は30℃を超え、短日処理以降は27℃を上回った。また、冷房処理開始～終了までの全期間の平均気温は両区とも29.2℃であった（第6表）。暗期の平均気温は、冷房区は処理期間を通して概ね設定の20℃で推移した。一方で、無冷房区の暗期平均気温は短日処理前が25.4℃、短日処理中が24.6℃、短日処理以降は23.5℃であった。冷房処理開始～終了までの全期間の暗期平均気温は、冷房区は20.5℃であり、無冷房区は24.3℃であった（第7表）。

2017年の開花及び生育を第8表に示した。開花日は冷房区が無冷房区に比べ有意に遅かった。また、冷房区は草丈及び主茎長が無冷房区に比べ長く、主茎節数は両区で差が無かった。そのため、節間長は冷房区で長くなった。株幅、第1花房の着生節位、一次側枝数及び花房数は両区で差が無かった。

2018年の開花及び生育を第9表に示した。開花日は冷房区が無冷房区に比べ有意に早かった。また、草丈及び主茎長は両区で差が無かったが、主茎節数は冷房区が少なかった。そのため、節間長は冷房区で長くなった。株幅、第1花房の着生節位、一次側枝数及び花房数の値は冷房区が無冷房区に比べ小さかった。

3. 考察

2017年と2018年では作型が半月ほど異なったものの、開花は2017年では冷房区が無冷房区に比べ遅く、2018年では冷房区が無冷房区に比べ早くなり、異なる結果を示した。2017年と2018年の明期の気温を比較すると、冷房を行った全期間で2017年は2018年に比べ低く推移した。暗期については、冷房区は両年とも20℃前後で推移し、無冷房区は、両年で差があるものの、冷房区に比べ常に高い気温で推移した。第Ⅱ章第1節の結果では明期27.5℃では暗期温度が高いと早期に開花し、30.0℃以上では暗期温度が低いと開花が安定した。このことから、2017年と2018年で夜間冷房による開花への効果が異なった原因は、明期の気温が両年で異なったためであり、2017年は第Ⅱ章第1節の明期27.5℃での結果と、2018年は明期30.0℃での結果と類似した現象を示したと考えられた。

開花日以外の形質も両年で異なっていた。株幅、一次側枝数及び花房数は2017年では冷房区と無冷房区で差が無かったが、2018年は冷房区の値が無冷房区に比べ小さかった。第Ⅱ章第1節では明期温度が同条件では暗期温度が低いと主茎長が短くなり、その現象は明期温度が高いほど顕著であった。株幅及び花房数の値は一次側枝の発達の影響が大きい。一次側枝も主茎と同様に暗期の気

温が下がると成長が抑制されると仮定すると、2017年に比べ2018年で冷房区の株幅、一次側枝数及び花房数が無冷房区に比べ値が小さくなった原因は明期気温が高かったためと推察された。

主茎長の値を主茎節数で割った節間長の値は両年とも冷房区が無冷房区に比べ長く、徒長していた。植物の草丈伸長は明期と暗期の温度差(以下DIFとする)によって制御され、暗期より明期の温度が高いプラスのDIFでは伸長が促進することが複数の植物で知られている(Erwinら, 1995)。エラチオール・ベゴニアにおいてもプラスのDIFによって草丈伸長が促進することが報告されている(Moe・Mortensen, 1992)。これらのことから、冷房区で徒長した原因は、夜間冷房によって昼夜の温度差が大きくなり、節間伸長にプラスのDIFが働いたためと考えられた。一方で、第II章第1節では同一明期温度条件では暗期温度が低いと主茎長が短くなる結果となり、本結果は異なる反応を示した。DIFによる草丈伸長への影響は明期光量が多いと顕著になることがキクで報告されている(Karlssonら, 1989)。そのため、第II章第1節と本実験で草丈伸長が異なる反応を示したのは、栽培環境の光量の影響によるものであると考えられた。

以上のことから、夜間冷房は明期の気温が高い年には開花遅延を回避できることが明らかとなった。一方で、夜間冷房は①明期の気温が低いと開花遅延を招く、②明期の気温が高いと一次側枝数や花房数の減少し品質低下を招く、③明期の気温に関わらず徒長するため、品質低下を招く、といった現象が起こることも明らかとなった。そのため、生産現場で夜間冷房を利用するには本節で検討した方法では不十分であり、更なる検討が必要であると考えられた。

第2節 効率的な夜間冷房方法と品質改善技術の開発

第1節の結果から、「ネッチャダーク」では、明期の気温が高い条件下で夜間冷房を行うと開花遅延を回避できることが、明期の気温が低い場合は開花遅延を招くことが明らかとなった。また、明期の気温が高い場合においても、徒長や一次側枝数の減少を招き、品質低下を招くことが明らかとなった。そのため、開花遅延を回避しつつ徒長等を抑制できる技術開発が必要と考えられる。また、第1節では「ネッチャダーク」のみで検討したが、エラチオール・ベゴニアの生産現場ではハウス内で複数の品種を栽培することが多いため、他の品種での効果の検討も必要である。更に、近年は資材等の生産コストが上昇していることから、冷房を使用するとしても稼働に要するエネルギーコストを低減できる技術開発に着手す

る必要であると考えられる。そこで、本節では冷房コストを削減しつつ明期の高温による開花遅延と品質低下を回避する方法について、複数品種を用いて検討した。

第1項 夜間冷房効果の品種間差と短時間冷房処理の検討

近年、アフリカンマリーゴールドでは暗期開始時の時間帯の温度が花芽の分化・発達に大きく影響することが明らかとなり(道園ら, 2010)、加温栽培ではこの現象を応用し、日の入りから数時間のみ温度を高く維持する変温管理方法(End of day・heating)とすることで、慣行の終夜を一定温度で管理する方法に比べ燃料コストを低減できることがスプレーギク(道園ら, 2012)やスプレーカーネーション(馬場ら, 2013)で報告されている。更に、梶原ら(2015)はこの技術の発展型として、バラにおいて日の入り後の数時間のみ冷房は終夜冷房と同等の切り花長や切り花重となり、冷房にかかる電力コストを削減できるとしている。

そこで、本項では夜間の一定冷房が開花及び生育に及ぼす影響を複数品種で明らかにするとともに、冷房コストの削減と暗期一定冷房で問題となった草姿改善を目的に、日の入り後の短時間冷房処理(End of day cooling, 以下 EODc とする)を検討した。

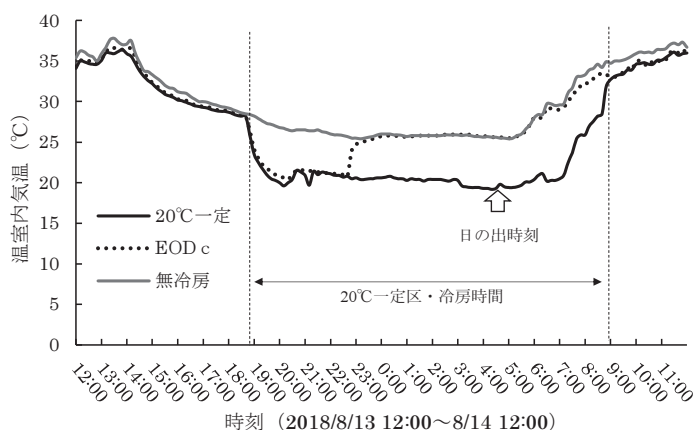
1. 材料及び方法

品種は早生品種の「バティック」、晩生品種の「ベルセバ」及び中生品種の「ネッチャダーク」(いずれも高松商事(株))を供試した。試験区は日の入りから暗期終了(短日処理時は短日処理終了まで、短日処理時以外は日の出まで)を20℃で冷房する20℃一定区と日の入りから4時間20℃で冷房するEODc区及び無冷房区の3区を設けた。短日処理は4時～9時にかけて遮光を行い、暗期の終了時間を遅らせる方法とした。短日処理期間は21日間とした。2018年5月11日に挿し芽を行い、6月26日に2節残して摘心し、7月12日に5号プラスチック鉢に鉢上げした。短日処理は8月2日～8月23日にかけて行った。連続区及びEODc区の冷房期間は7月17日～9月18日の63日間とした。供試株数は1区4株3反復とした。調査は冷房処理中の温室内の温度推移、開花日及び開花日の草丈、株幅、主茎長、主茎節数、節間長、第1花房の着生節位、一次側枝数及び花房数について実施した。

2. 結果

短日処理中の温室内の気温の推移を第6図に示した。暗期の気温は、日の入りから日の出までは3区で概ね設定温度で推移した。しかし、日の出以降は太陽光の影響を受

中島：エラチオール・ペゴニアの冷房・冷蔵処理



第6図 温室内気温の推移 (2018/8/13 12:00～8/14 12:00)

注) 20°C一定: 19:00～9:00を20°Cで冷房。EODc: 19:00～23:00を20°Cで冷房。
2018年8月14日の日の出時刻: 4時57分(千葉特別地域気象観測所)。

第10表 冷房処理中の明期温室内平均気温の推移

夜間 ¹⁾ 冷房方法	明期温室内平均気温 ²⁾			
	短日処理前 (7/17・8/1)	短日処理中 (8/2・8/23)	短日処理後 (8/24・9/18)	全体 (7/17・9/18)
20°C一定	31.9	30.7	27.4	29.8
EODc	31.5	31.3	27.7	29.6
無冷房	30.5	31.3	27.7	29.5

注1) 20°C一定: 短日処理中及び短日処理後は日の入り～日の出まで、短日処理中は日の入りから14時間暗期となるように20°Cで冷房。

EODc: 日の入りから4時間20°Cで冷房。

2) 短日処理前及び短日処理後は5:00～19:00, 短日処理中は9:00～19:00の値を示す。

第11表 冷房処理中の暗期温室内平均気温の推移

夜間 ¹⁾ 冷房方法	暗期温室内平均気温 ²⁾			
	短日処理前 (7/17・8/1)	短日処理中 (8/2・8/23)	短日処理後 (8/24・9/18)	全体 (7/17・9/18)
20°C一定	19.2	20.4	20.3	20.1
EODc	23.2	23.8	22.7	23.3
無冷房	25.4	25.3	23.9	24.7

注1) 20°C一定: 短日処理中及び短日処理後は日の入り～日の出まで、短日処理中は日の入りから14時間暗期となるように20°Cで冷房。

EODc: 日の入りから4時間20°Cで冷房。

2) 短日処理前及び短日処理後は5:00～19:00, 短日処理中は9:00～19:00の値を示す。

第12表 夜間冷房方法の違いが「パティック」の開花及び生育に及ぼす影響

夜間 冷房方法	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (a) (cm)	主茎節数 (b) (節)	節間長 (a)/(b) (節)	第1花房の 着生節位 (節)	一次 側枝数 (本)	花房数 (個)
20°C一定	10月1日 a ²⁾	31.0	34.6 a	25.6	9.9 a	2.6 b	6.4 a	3.8 a	11.1 a
EODc	10月8日 b	31.5	38.5 b	25.7	10.7 ab	2.4 ab	7.3 b	5.0 b	13.8 b
無冷房	10月11日 c	31.2	38.3 b	25.3	11.7 b	2.2 a	8.1 c	5.9 b	15.1 b
分散分析 ¹⁾	**	ns	**	ns	**	**	**	**	**

注1) **: 1%水準で有意 ns: 有意差なし。

2) 異なる英文字間に5%水準で有意差あり (Tukey, n=3)。

けたため、20°C一定区は設定温度を維持できなかった。そのような中で、明期の平均気温は、短日処理前は20°C一定区及びEODc区が無冷房区に比べやや高く、短日処理中はEODc区及び無冷房区が20°C一定区に比べやや高かった。冷房期間全体の明期平均気温は3区とも29.5°C～29.8°Cであり、ほぼ同等であった(第10表)。暗期の平均気温は、20°C一定区は期間を通して概ね20°Cで推移した。EODc区は期間を通して23°C前後で推移した。無冷房区は短日処理前及び短日処理中はそれぞれ25.4°C、25.3°Cで、短日処理以降は23.9°Cであった。冷房期間全体の暗期平均気温は、20°C一定区は20.1°C、EODc区は23.3°C、無冷房区は24.7°Cであった(第11表)。

「パティック」の開花及び生育を第12表に示した。開花日は20°C一定区が最も早く、次にEODc区であり、無冷

房区が最も遅かった。草丈及び主茎長は3区で差が無かった。株幅、一次側枝数及び花房数の値は20°C一定区が他の2区に比べ小さかった。主茎節数及び第1花房の着生節位は20°C一定区、EODc区、無冷房区の順に値が大きくなる傾向が見られた。節間長は20°C一定区が無冷房区に比べ有意に長かった。

「ベルセバ」の開花及び生育を第13表に示した。開花日は20°C一定区が最も早く、次に無冷房区であり、EODc区が最も遅かった。草丈、一次側枝数及び花房数の値は20°C一定区が他の2区に比べ小さかった。主茎長及び主茎節数の値は20°C一定区が最も小さく、次に無冷房区であり、EODc区が最も小さくなる傾向が見られた。そのため、節間長は3区で差が無かった。株幅が3区で差が無く、第1花房の着生節位は20°C一定区と無冷房区で差が無く、

第13表 夜間冷房方法の違いが「ベルセバ」の開花及び生育に及ぼす影響

夜間 冷房方法	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (a) (cm)	主茎節数 (b) (節)	節間長 (a)/(b) (節)	第1花房の 着生節位 (節)	一次 側枝数 (本)	花房数 (個)
20℃一定	10月24日 a ²⁾	23.3 a	35.3	17.5 a	10.3 a	1.7	7.3 a	3.5 a	8.3 a
EODc	11月15日 c	26.2 b	35.0	21.2 b	13.1 c	1.6	10.4 b	5.8 b	12.4 b
無冷房	11月6日 b	25.7 b	35.6	19.8 ab	12.1 b	1.6	8.2 a	4.0 b	11.5 b
分散分析 ¹⁾	**	**	ns	*	**	ns	**	**	*

注1) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし.

2) 異なる英文字間に 5%水準で有意差あり (Tukey, n=3).

第14表 夜間冷房方法の違いが「ネッチャダーク」の開花及び生育に及ぼす影響

夜間 冷房方法	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (a) (cm)	主茎節数 (b) (節)	節間長 (a)/(b) (節)	第1花房の 着生節位 (節)	一次 側枝数 (本)	花房数 (個)
20℃一定	10月5日 a ²⁾	30.5	34.5	24.8	10.0 a	2.5 b	6.5 a	3.1 a	10.1 a
EODc	10月15日 b	31.0	37.4	24.7	11.2 b	2.2 a	7.3 b	4.5 b	13.7 b
無冷房	10月15日 b	30.9	36.1	24.8	11.1 b	2.2 a	7.5 b	4.5 b	15.0 b
分散分析 ¹⁾	**	ns	ns	ns	*	**	**	**	**

注1) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし.

2) 異なる英文字間に 5%水準で有意差あり (Tukey, n=3).

EODc区に比べ低節位であった.

「ネッチャダーク」の開花及び生育を第14表に示した. 開花日は20℃一定区が他の2区に比べ早かった. 草丈, 株幅及び主茎長は3区間で差が無かった. 主茎節数, 第1花房の着生節位, 一次側枝数及び花房数の値は20℃一定区が他の2区に比べ小さかった. 節間長は20℃一定区が他の2区に比べ長かった.

3. 考察

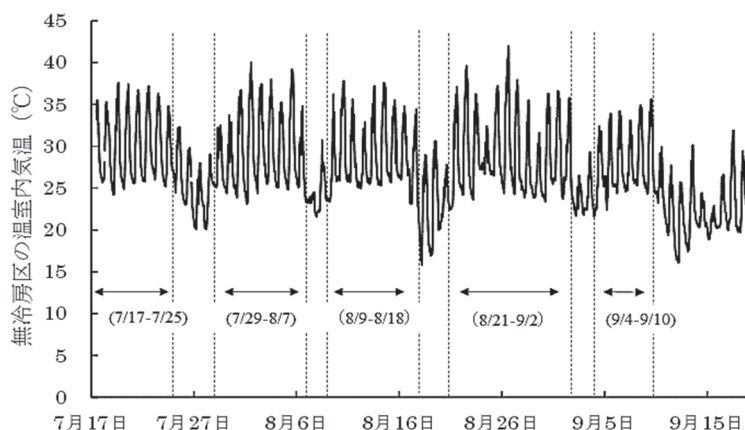
本項の短日処理方法は, EODc区の暗期開始時の温度を確実に設定温度に下げるため, 日の出以降の暗期時間を延長する方法とし, 日の入り前から暗期を開始する第Ⅲ章第1節の処理とは異なる方法で検討した. その様な条件においても, 第Ⅲ章第1節の結果と同様に, 「ネッチャダーク」の20℃一定区は無冷房区に比べ早期に開花した. また, 株幅は差が無かったが, 主茎節数, 第1花房の着生節位, 一次側枝数及び花房数の値は無冷房区に比べ20℃一定区が小さく, 節間長は無冷房区より20℃一定区が長くなり, 第2節第1項と同様の傾向を示した. そのため, 20℃一定の冷房方法が開花及び生育に及ぼす影響は, 日の入り前から暗期を開始する方法と日の出後を延長する方法のどちらにおいても同様の効果が得られると考えられた.

20℃一定区は開花特性の異なる「バティック」及び「ベルセバ」においても無冷房区に比べ早期に開花した. また, 「バティック」では, 「ネッチャダーク」と同様に, 節間長が長くなったことによる徒長と, 一次側枝数及び花房数の減少を招いた. 「ベルセバ」は徒長が無かった

ものの一次側枝数と花房数が減少し, 両品種とも草姿については品質が低下する傾向が見られた. これらのことから, 「ネッチャダーク」以外の品種においても暗期を20℃一定で冷房する方法は開花遅延を回避できるが, 同時に品質低下を招くと考えられた.

冷房コストの削減を目的に検討したEODc処理は, 「バティック」及び「ネッチャダーク」の草姿は無冷房区と同等であったが, 開花日も無冷房区と同等かやや早い程度であり, 開花遅延を回避しつつ草姿を維持することはできなかった. また, 「ベルセバ」のEODc区は20℃一定区より13日, 無冷房区より9日開花が遅れた. そのため, エラチオール・ペゴニアへのEODc処理は開花促進の効果が低いだけでなく, 品種によっては抑制に働くことが示唆された. これらのことから, エラチオール・ペゴニアへのEODc処理の実用性は低いと考えられた.

18℃一定条件で栽培されたエラチオール・ペゴニアへの2時間16℃の短時間降温処理では, 暗期中断後から降温処理開始までの時間が花蕾数及び草丈伸長に影響を及ぼすことが報告されている (Grindal・Moe, 1994). また, キクの高温時の開花遅延は花芽分化を制御する遺伝子FTL3の発現量が高温によって低下するためであり, FTL3の発現量は暗期の時間帯によって異なることが報告されている (中野ら, 2017). これらのことから, エラチオール・ペゴニアへの夜間冷房処理においても, 冷房が開花及び生育に及ぼす効果は冷房中の時間帯によって変化し, 暗期開始時以外の時間帯の温度が開花に影響したために, 20℃一定区とEODc区で異なる結果を示したと推察された. そのため, エラチオール・ペゴニアで



第7図 無冷房区の温室内気温の推移と明期高温時冷房区の夜間冷房期間（2018年）
注）◄►は明期高温時冷房区で夜間冷房処理を行った期間を示す。

の短時間冷房処理技術を確立するには、本項で検討した日の入り後以外の時間帯の冷房が開花及び生育に及ぼす影響を検討する必要があると考えられた。

第2項 明期高温時のみの夜間冷房が開花及び生育に及ぼす影響

第II章の結果から、エラチオール・ペゴニアの暗期温度が開花に及ぼす影響は明期温度によって変化し、その明期温度の範囲は27.5℃と30.0℃で変化することが明らかとなった。この温度帯はちょうど日本の夏期の気温に該当し、第III章第1節の結果が示したとおり、明期の気温が高い年は夜間冷房により開花遅延を回避できるが、明期の気温が低い年の栽培では夜間冷房を行うと逆に開花が遅延してしまう。そのため、生産現場では夜間冷房を使用する判断基準が必要であると考えられる。

そこで、本項では明期温度が30℃を超える場合は夜間冷房処理を行い、30℃未満の際は夜間冷房を行わないこととする、明期温度に合わせた夜間冷房処理が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。

1. 材料及び方法

品種は「パティック」、「ベルセバ」及び「ネッチャダーク」（いずれも高松商事(株)）の3品種を供試した。試験区は20℃一定の夜間冷房（日の入りから暗期終了まで：短日処理時は短日処理終了まで、短日処理時以外は日の出まで）を7月17日～9月18日の63日間を常に行う連続冷房区、気象庁5:00発表の千葉の予想最高気温が30℃以上の日に当日～翌日までの暗期を20℃一定で冷房する明期高温時冷房区及び無冷房区の3区を設けた。実験には暗期を20℃一定で冷房する温室Aと無冷房の温室Bの2棟を用い、連続冷房区は温室Aで、無冷房区は温室Bで管理し、明期高温時冷房区は気象庁の発表を

基に明期中に株を温室AもしくはBに移動する管理とした。短日処理は4時～9時を遮光し、暗期の終了時間を遅らせる方法とした。短日処理期間は21日間とした。2018年5月11日に挿し芽を行い、6月26日に2節残して摘心し、7月12日に5号プラスチック鉢（鉢高13cm）に鉢上げした。短日処理は8月2日～8月23日にかけて行った。供試株数は1区4株3反復とした。調査は冷房処理中の温室内の温度推移、開花日及び開花日の草丈、株幅、主茎長、主茎節数、節間長、第1花房の着生節位、一次側枝数及び花房数について実施した。また、鉢高に対する草丈の比率（草丈比）及び株幅の比率（株張り比）を算出した。

2. 結果

第7図に無冷房区の温室内の気温推移及び明期高温時冷房区の夜間冷房処理期間を示した。気象庁5時発表の千葉の天気予報に基づき冷房の有無を判断した結果、明期高温時冷房区の夜間冷房を行った期間は7月17日～7月25日、7月29日～8月7日、8月9日～8月18日、8月21日～9月2日及び9月4日～9月10日の合計49日間であった。

明期の平均気温は、短日処理前は連続冷房区及び明期高温時冷房区が無冷房区に比べやや高く、短日処理中は無冷房区が連続冷房区及び明期高温時冷房区に比べやや高かった。そのため、冷房期間を通しての明期平均気温は3区とも29.3℃～29.8℃であり、ほぼ同等であった（第15表）。暗期平均気温は、連続冷房区は期間を通して概ね20℃で推移した。明期高温時冷房区は期間を通して21℃前後で推移した。無冷房区は短日処理前及び短日処理中はそれぞれ25.4℃、25.3℃で、短日処理以降は23.9℃であった。冷房期間を通しての暗期平均気温は、連続冷房区は20.1℃、明期高温時冷房区は21.0℃、無冷房区は24.7℃であった（第16表）。

「パティック」の開花及び生育を第17表に示した。明

第15表 冷房処理中の明期温室内平均気温の推移

夜間 ¹⁾ 冷房方法	明期温室内平均気温 ²⁾			
	短日処理前 (7/17・8/1)	短日処理中 (8/2・8/23)	短日処理後 (8/24・9/18)	全体 (7/17・9/18)
連続冷房	31.9	30.7	27.4	29.8
明期高温時冷房	31.4	30.6	27.3	29.3
無冷房	30.5	31.3	27.7	29.5

注1) 連続冷房：短日処理中及び短日処理後は日の入り～日の出まで、短日処理は日の入りから14時間暗期となるように20℃で冷房した。

明期高温時冷房：気象庁5:00発表の千葉の予想最高気温が30℃を超える日は暗期を20℃で冷房した。表中の明期の値は冷房を行った日は連続冷房区の値を、冷房を行わなかった日は無冷房区の値から算出した。

2) 短日処理前及び短日処理後は5:00～19:00、短日処理中は9:00～19:00の値を示す。

第16表 冷房処理中の暗期温室内平均気温の推移

夜間 ¹⁾ 冷房方法	暗期温室内平均気温 ²⁾			
	短日処理前 (7/17・8/1)	短日処理中 (8/2・8/23)	短日処理後 (8/24・9/18)	全体 (7/17・9/18)
連続冷房	19.2	20.4	20.3	20.1
明期高温時冷房	20.9	21.2	21.0	21.0
無冷房	25.4	25.3	23.9	24.7

注1) 連続冷房：短日処理中及び短日処理後は日の入り～日の出まで、短日処理は日の入りから14時間暗期となるように20℃で冷房した。

明期高温時冷房：気象庁5:00発表の千葉の予想最高気温が30℃を超える日は暗期を20℃で冷房した。表中の明期の値は冷房を行った日は連続冷房区の値を、冷房を行わなかった日は無冷房区の値から算出した。

2) 短日処理前及び短日処理後は5:00～19:00、短日処理中は9:00～19:00の値を示す。

第17表 夜間冷房方法の違いが「パティック」の開花及び生育に及ぼす影響

夜間 冷房方法	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (a) (cm)	主茎節数 (b) (節)	節間長 (a)/(b) (節)	第1花房の 着生節位 (節)	一次 側枝数 (本)	花房数 (個)
連続冷房	10月 1日 a ²⁾	31.0	34.6 b	25.6	9.9 a	2.6 b	6.4 a	3.8 a	11.1 a
明期高温時冷房	10月 1日 a	29.5	32.9 a	23.6	9.8 a	2.4 ab	6.6 a	3.5 a	9.7 a
無冷房	10月 11日 b	31.2	38.3 c	25.3	11.7 b	2.2 a	8.1 b	5.9 b	15.1 b
分散分析 ¹⁾	**	ns	**	ns	**	*	**	**	**

注1) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし。

2) 異なる英文字間に5%水準で有意差あり (Tukey, n=3)。

第18表 夜間冷房方法の違いが「パティック」の草丈比及び株張り比に及ぼす影響

夜間 冷房方法	草丈 (cm)	草丈比 ¹⁾	株幅 (cm)	株張り比 ²⁾
連続冷房	31.0	2.39	34.6 b ⁴⁾	2.66 b
明期高温時冷房	29.5	2.27	32.9 a	2.53 a
無冷房	31.2	2.40	38.3 c	2.95 c
分散分析 ³⁾	ns	ns	**	**

注1) 草丈/鉢高 (13cm) で算出。

2) 株幅/鉢高で算出。

3) **: 1%水準で有意 ns : 有意差なし。

4) 異なる英文字間に5%水準で有意差あり (Tukey, n=3)。

第19表 夜間冷房方法の違いが「ベルセバ」の開花及び生育に及ぼす影響

夜間 冷房方法	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (a) (cm)	主茎節数 (b) (節)	節間長 (a)/(b) (節)	第1花房の 着生節位 (節)	一次 側枝数 (本)	花房数 (個)
連続冷房	10月 24日 a ²⁾	23.3 a	35.3	17.5	10.3 a	1.7	7.3 ab	3.5	8.3 a
明期高温時冷房	10月 22日 a	24.4 ab	35.3	18.7	10.5 a	1.8	6.9 a	3.6	9.7 ab
無冷房	11月 6日 b	25.7 b	35.6	19.8	12.1 b	1.6	8.2 b	4.0	11.5 b
分散分析 ¹⁾	**	*	ns	ns	**	ns	*	ns	*

注1) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし。

2) 異なる英文字間に5%水準で有意差あり (Tukey, n=3)。

期高温時冷房区の開花日は連続冷房区と同等であり、無冷房区に比べ10日早かった。明期高温時冷房区の草丈及び主茎長は3区間で明確な差がなかったが、主茎節数は連続冷房区と同等で、無冷房区に比べ少なかった。そのため、冷房期間が短くなるに従い節間長は短くなる傾向を示した。明期高温時冷房区の株幅は他の2区に比べ狭かった。明期高温時冷房区の一次側枝数及び花房数の値は無冷房区に比べ少なく、連続冷房区と同等であった。また、明期高温時冷房区の草丈比は3区間で差がなかったもの

の、株張り比は連続冷房区及び無冷房区に比べ有意に小さかった (第18表)。

「ベルセバ」の開花及び生育を第19表に示した。明期高温時冷房区の開花日は連続冷房区と同等であり、無冷房区に比べ15日早かった。草丈は冷房期間が短くなるに従い長い傾向が見られ、主茎節数は連続冷房区と明期高温時冷房区が同等で無冷房区に比べ少なかった。株幅、主茎長、節間長及び一次側枝数は3区で同等であった。明期高温時冷房区の花房数は連続冷房区に比べ多い傾向が

第20表 夜間冷房方法の違いが「ベルセバ」の草丈比及び株張り比に及ぼす影響

夜間 冷房方法	草丈 (cm)	草丈比 ¹⁾	株幅 (cm)	株張り比 ²⁾
連続冷房	23.3 a ⁴⁾	1.79 a	35.3	2.72
明期高温時冷房	24.4 ab	1.88 ab	35.3	2.72
無冷房	25.7 b	1.98 b	35.6	2.74
分散分析 ³⁾	*	*	ns	ns

注1) 草丈/鉢高 (13cm) で算出.

2) 株幅/鉢高で算出.

3) *: 5%水準で有意 ns: 有意差なし.

4) 異なる英文字間に 5%水準で有意差あり (Tukey, n=3).

第21表 夜間冷房方法の違いが「ネッチャダーク」の開花及び生育に及ぼす影響

夜間 冷房方法	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (a) (cm)	主茎節数 (b) (節)	節間長 (a)/(b) (節)	第1花房の 着生節位 (節)	一次 側枝数 (本)	花房数 (個)
連続冷房	10月 5日 a ²⁾	30.5 b	34.5	24.8	10.0 a	2.5	6.5 a	3.1 a	10.1 a
明期高温時冷房	10月 6日 a	27.6 a	33.5	22.8	9.9 a	2.3	6.4 a	4.3 ab	14.0 b
無冷房	10月 15日 b	30.9 b	36.1	24.8	11.0 b	2.2	7.5 b	4.5 b	15.0 b
分散分析 ¹⁾	**	*	ns	ns	*	ns	**	*	**

注1) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns: 有意差なし.

2) 異なる英文字間に 5%水準で有意差あり (Tukey, n=3).

第22表 夜間冷房方法の違いが「ネッチャダーク」の草丈比及び株張り比に及ぼす影響

夜間 冷房方法	草丈 (cm)	草丈比 ¹⁾	株幅 (cm)	株張り比 ²⁾
連続冷房	30.5 b ⁴⁾	2.35 b	34.5	2.65
明期高温時冷房	27.6 a	2.12 a	33.5	2.58
無冷房	30.9 b	2.38 b	36.1	2.78
分散分析 ³⁾	*	*	ns	ns

注1) 草丈/鉢高 (13cm) で算出.

2) 株幅/鉢高で算出.

3) *: 5%水準で有意 ns: 有意差なし.

4) 異なる英文字間に 5%水準で有意差あり (Tukey, n=3).

見られた。また、草丈比は冷房期間が長くなるに従い小さくなる傾向が見られ、株張り比は3区で差が無かった(第20表)。

「ネッチャダーク」の開花及び生育を第21表に示した。明期高温時冷房区の開花日は連続冷房区と同等であり、無冷房区に比べ9日早かった。明期高温時冷房区の草丈は連続冷房区及び無冷房区に比べ短く、主茎節数は連続冷房区と同等で、無冷房区に比べ少なかった。一次側枝数は無冷房区に近い傾向を示し、花房数は連続冷房区に比べ増加した。また、明期高温時冷房区の草丈比は連続冷房区及び無冷房区に比べ有意に小さくなった(第22表)。

3. 考察

明期高温時冷房区の冷房の有無は外気の天気予報に基づいて決定したため、厳密な温度制御を行えなかったが、概ね明期が30℃を超える日は冷房を行う管理が行えた。その結果、明期高温時冷房区の処理期間を通しての暗期

の平均気温は連続冷房区に比べ約1℃高く、無冷房区に比べ3℃以上低くなった。これは、明期の気温が低い日の前後は暗期の温度が低くなることが多いためであった。そのため、明期温度によって夜間冷房の有無を判断する処理は冷房にかかるエネルギーコストを削減しつつ、暗期温度を低く保つことが可能であると考えられた。

このような管理において、供試した3品種とも明期高温時冷房区の開花日は連続冷房区と同等となった。これは、無冷房区に比べ暗期の平均気温が下がったことによる影響と考えられた。そのため、明期高温時のみを暗期冷房する方法は開花遅延を回避する技術として有効であると考えられた。

「バティック」及び「ネッチャダーク」の明期高温時冷房区の草丈及び主茎長は、連続冷房区及び無冷房区に比べ短い又は短い傾向がみられた。ペゴニア属は栄養成長と生殖成長が並行して進むため、到花日数が長い株は短い株に比べ大きくなりやすい。また、夜間冷房を行うと明期と暗期の温度差が大きくなるが、本実験の連続冷房

区は暗期を63日間冷房したのに対し、明期高温時のみ区の合計冷房日数は49日と約2/3の日数であった。これらのことから、「パティック」及び「ネッチャダーク」の明期高温時冷房区の草丈、主茎長及び節間長が連続冷房区に比べ短くなった原因はプラスのDIFが大きくなる夜間冷房の処理回数が少なくなったためであり、無冷房区に比べ短くなった原因は早期に開花したために栄養成長量が減少したためと考えられた。また、「ベルセバ」の明期高温時冷房区の草丈は無冷房区に比べ短く、連続冷房区に近い傾向を示した。この品種は無冷房区に比べ連続冷房区で草丈及び主茎長の値が小さい傾向を示し、かつ節間長は3区で差がなかった。そのため、プラスのDIFの影響が小さい品種であり、連続冷房区と同様に早期に開花したために明期高温時冷房区も草丈が短くなったと考えられた。

明期高温時冷房区の一次側枝数及び花房数は、「パティック」では連続冷房区と同等であったが、「ベルセバ」及び「ネッチャダーク」は無冷房区に近い値となる傾向が見られた。第Ⅱ章第1節では、明期温度が同じであれば暗期温度が高い方が主茎長や節数の値が大きくなった。そのため、一次側枝の発達は暗期温度が高い方が促進すると仮定すると、一次側枝数と花房数が連続冷房区に比べ増加した理由は、暗期温度がやや高かったためと考えられた。

各処理で生育が大きく異なったことから、草姿の変化による品質への影響が懸念された。滝沢（2005）はエラチオール・ベゴニアの市場価格に影響する品質特性は鉢サイズ、開花数、株張り、葉数及び花径であるとしている。また、同報（滝沢，2005）の中で、鉢花類は鉢サイズ、花色、観賞期間及び全体のバランスが市場価格に影響するとしている。本実験は鉢サイズ及び品種（花径及び花色）を統一し、形質調査を第1花房の開花日（開花数）としたため、滝沢（2005）が挙げた品質評価の形質の中で品質として比較すべき項目は株張り、葉数、観賞期間及び全体のバランスとなる。株張りを含む草姿のバランスを評価する方法には鉢の高さに対する草丈の比率（草丈比）及び株幅の比率（株張り比）が挙げられ、両比率とも1.62が適しているとされる（Sachsら，1976）。本実験では、品種間差があるものの、明期高温時冷房区は無冷房区に比べ草丈比及び株張り比が小さく、1.62に近い値となる傾向が見られ、同時期の無冷房栽培に比べ草姿が改善される可能性が示唆された。草姿バランス以外の品質評価の対象である観賞期間については花房数が、葉数については主茎の節数が該当する。花房数については、「パティック」は明確に減少したものの、「ベルセバ」及び「ネッチャダーク」では明期高温時冷房区の値は無冷房区に近い値となる傾向が見られた。また、主茎節数に

ついては3品種とも明期高温時冷房区は無冷房区に比べ少なくなったが、節間長は無冷房区に近い値となる傾向が見られ、節数は少なくとも外観が間延びした印象は受けなかった。

以上のことから、明期高温時のみの夜間冷房は無冷房栽培に比べ開花遅延を回避しつつ品質は同等以上となる栽培技術として利用できる可能性が示唆された。また、明期温度に基づいて夜間冷房の有無が決定されることから、第Ⅲ章第1節の2017年の結果の様に、全体の平均気温が低い年の栽培であったとしても、夜間冷房による開花抑制を回避できると考えられた。一方で、品質に及ぼす影響については品種間差のあることも明らかとなった。そのため、他品種での効果の検討が必要であると考えられた。

第3項 短日処理時期のみの夜間冷房が開花及び生育に及ぼす影響

第Ⅲ章第2節第2項の結果から、明期高温時のみの夜間冷房は無冷房栽培に比べ開花遅延を回避しつつ品質を同等以上とする栽培方法として利用できる可能性が示唆された。しかし、慣行の栽培方法が無冷房であることを考慮すると、冷房に要するエネルギーコストを更に削減する方法を検討する必要がある。

Sandved（1962）はエラチオール・ベゴニアの開花は短日処理中の温度が強く影響するとしている。また、第Ⅱ章第2節では短日条件下における暗期温度の違いが花芽分化及び発達に影響を及ぼした。これらのことから、夜間冷房栽培においても、短日処理中のみの冷房で開花遅延を回避できることが示唆される。また、この方法が有効であれば、冷房期間を大幅に短縮し、冷房に要するエネルギーコストの削減が可能になることが期待される。

そこで、本項では短日処理中の夜間冷房処理が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。

1. 材料及び方法

品種は「ネッチャダーク」（高松商事(株)）を供試した。試験区は20℃一定の夜間冷房（日の入りから暗期終了まで：短日処理時は短日処理終了まで、短日処理時以外は日の出まで）を7月17日～9月18日の63日間を常に行う連続冷房区、短日処理期間となる8月2日～8月23日の21日間のみを20℃一定で夜間冷房する短日期冷房区及び無冷房区の3区を設けた。実験には暗期を20℃一定で冷房する温室Aと無冷房の温室Bの2棟を用い、連続冷房区は温室Aで、無冷房区は温室Bで管理し、短日期冷房区は短日処理開始前と終了以降は温室Bで、短日処理中は温室Aで管理した。短日処理は4時～9時に遮

第23表 冷房処理中の明期温室内平均気温の推移

夜間 ¹⁾ 冷房方法	明期温室内平均気温 ²⁾			
	短日処理前 (7/17・8/1)	短日処理中 (8/2・8/23)	短日処理後 (8/24・9/18)	全体 (7/17・9/18)
連続冷房	31.9	30.7	27.4	29.8
短日期冷房	30.5	30.7	27.4	29.3
無冷房	30.5	31.3	27.7	29.5

注1) 連続冷房：短日処理中及び短日処理後は日の入り～日の出まで、短日処理中は日の入りから14時間暗期となるように20℃で冷房した。

短日期冷房：短日処理前及び短日処理後は無冷房区と同じ温室で、短日処理中は連続冷房区と同じ温室内で管理した。

2) 短日処理前及び短日処理後は5:00～19:00、短日処理中は9:00～19:00の値を示す。

第24表 冷房処理中の暗期温室内平均気温の推移

夜間 ¹⁾ 冷房方法	暗期温室内平均気温 ²⁾			
	短日処理前 (7/17・8/1)	短日処理中 (8/2・8/23)	短日処理後 (8/24・9/18)	全体 (7/17・9/18)
連続冷房	19.2	20.4	20.3	20.1
短日期冷房	25.4	20.4	23.9	23.3
無冷房	25.4	25.3	23.9	24.7

注1) 連続冷房：短日処理中及び短日処理後は日の入り～日の出まで、短日処理中は日の入りから14時間暗期となるように20℃で冷房した。

短日期冷房：短日処理前及び短日処理後は無冷房区と同じ温室で、短日処理中は連続冷房区と同じ温室内で管理した。

2) 短日処理前及び短日処理後は5:00～19:00、短日処理中は9:00～19:00の値を示す。

第25表 夜間冷房方法の違いが「ネッチャダーク」の開花及び生育に及ぼす影響

夜間 冷房方法	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (a) (cm)	主茎節数 (b) (節)	節間長 (a)/(b) (節)	第1花房の 着生節位 (節)	一次 側枝数 (本)	花房数 (個)
連続冷房	10月5日 a ²⁾	30.5 b	34.5	24.8	10.0 a	2.5 c	6.5 a	3.1 a	10.1 a
短日期冷房	10月5日 a	26.3 a	32.0	22.0	10.6 a	2.1 a	6.8 ab	4.0 b	15.1 b
無冷房	10月15日 b	30.9 b	36.1	24.8	11.1 b	2.2 b	7.5 b	4.5 b	15.0 b
分散分析 ¹⁾	**	**	ns	ns	ns	**	*	**	**

注1) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし。

2) 異なる英文字間に5%水準で有意差あり (Tukey, n=3)。

第26表 夜間冷房方法の違いが「ネッチャダーク」の草丈比及び株張り比に及ぼす影響

夜間 冷房方法	草丈 (cm)	草丈比 ¹⁾	株幅 (cm)	株張り比 ²⁾
連続冷房	30.5 b ⁴⁾	2.35 b	34.5	2.65
短日期冷房	26.3 a	2.02 a	32.0	2.46
無冷房	30.9 b	2.37 b	36.1	2.78
分散分析 ³⁾	**	**	ns	ns

注1) 草丈/鉢高 (13cm) で算出。

2) 株幅/鉢高で算出。

3) **: 1%水準で有意 ns : 有意差なし。

4) 異なる英文字間に5%水準で有意差あり (Tukey, n=3)。

光を行い、暗期の終了時間を遅らせる方法とした。2018年5月11日に挿し芽を行い、6月26日に2節残して摘心し、7月12日に5号プラスチック鉢 (鉢高13cm) に鉢上げした。供試株数は1区4株3反復とした。調査は冷房処理中の温室内の温度推移、開花日及び開花日の草丈、株幅、主茎長、主茎節数、節間長、第1花房の着生節位、一次側枝数及び花房数について実施した。また、鉢高に対する草丈の比率 (草丈比) 及び株幅の比率 (株張り比) を算出した。

2. 結果

連続冷房区及び無冷房区の明期平均気温は、短日処理前は連続冷房区が1.4℃高く、短日処理中は無冷房区が0.6℃高く、短日処理以降は同等であった (第23表)。暗期平均気温は、連続冷房区は20℃前後で推移した。一方、無冷房区の暗期平均気温は短日処理前及び短日処理中が約25℃であり、短日処理以降は23.9℃と常に連続冷房区



写真3 夜間冷房方法の違いが「ネッチャダーク」の開花及び生育に及ぼす影響

注) 写真左から連続冷房区、短日期冷房区、無冷房区 (撮影日: 2018年10月2日)。

に比べ高く推移した。短日期冷房区は短日処理前と短日処理後は無冷房区と同じ温室内で、短日処理中は連続冷房区と同じ温室内で管理したことから、明期の全期間の平均気温は連続冷房区及び無冷房区とほぼ同等であり、暗期の全期間の平均気温は連続冷房区に比べ3.2℃高く、無冷房区に比べ1.4℃低かった (第24表)。

開花及び生育を第25表に示した。開花日は短日期冷房区と連続冷房区で同等であり、無冷房区に比べ10日早かった。短日期冷房区の草丈は連続冷房区及び無冷房区に比べ短かった。また、主茎長は3区間で差が無かったものの、主茎節数は連続冷房区と同等で無冷房区に比べ少なかった。そのため、短日期冷房区の節間長は最も短かった。第1花房の着生節位は連続冷房区が最も低く、無冷房区が最も高くなり、短日期冷房区は中間の値であった。短日期冷房区の一次側枝数及び花房数は連続冷房区に比べ多く、無冷房区と同等であった (第25表)。また、短日期冷房区の草丈比は連続冷房区及び無冷房区に比べ

有意に小さかった(第26表, 写真3)。

3. 考察

短日期冷房区は短日処理中の21日間のみ20℃一定の夜間冷房を行ったことから、期間全体の暗期の平均気温は連続冷房区に比べ3℃以上高かった。そのような状況においても、開花日は連続冷房区と同時期であり、無冷房区より早期に開花した。そのため、開花については連続して冷房を行う処理に比べ1/3の日数で同等の効果が得られ、第2章第2節第2項で検討した明期高温時のみ冷房する処理方法よりも更に低コストとなる処理方法であると考えられた。また、Sandvedの報告(1962)は24℃以下の温度域での結果であったが、本項の結果から、高温期の栽培においても短日処理中の温度が開花に強く影響すると考えられた。第II章第2節の結果では、本項で短日処理を終了した21日目の花芽分化ステージは暗期20.0℃区が25.0℃区に比べ明確に花芽の発達ステージが進んでいた。また、その時の暗期20.0℃区の花芽発達ステージは、花序の分枝数や小花数に影響を及ぼすと推察される、外花被形成期であった。そのため、本項では花芽の分化及び発達については調査を行わなかったが、短日期のみ夜間冷房を行っても無冷房区に比べ早期に開花した理由は、短日処理を行った21日間で短日期冷房区の花芽の生育ステージが無冷房区に比べ進んでおり、短日処理以降の温度が両区で同等となっても早期に開花に至ったためと考えられた。

短日期冷房区の草丈及び節間長は連続冷房区及び無冷房区に比べ短かった。短日期冷房区の草丈等の値が連続冷房区に比べ小さくなった原因は、第III章第2節第2項の明期高温時冷房区と同様に、短日期冷房区の合計冷房日数が連続冷房区の約1/3であったため、プラスのDIFの影響を受ける期間が短くなったためと考えられた。また、無冷房区に比べ値が小さくなった原因は、早期に開花したことにより、開花までの栄養成長量が少なくなったためと考えられた。

短日期冷房区の一次側枝数及び花房数は連続冷房区に比べ多く、無冷房区に近い値となった。この原因も、第III章第2節第2項の明期高温時冷房区と同様に、連続冷房区に比べ暗期温度が高い環境に長く遭遇したために栄養成長量が確保されたためと考えられた。

短日期冷房区の草姿を前述のエラチオール・ベゴニアの市場価格に影響する品質(滝沢, 2005)に当てはめると、草丈比及び株張り比は2.02・2.46(草丈比・株張り比)であり、無冷房区の2.37・2.78に比べ適切な草姿のバランスとされる1.62(Sachsら, 1976)に近くなった。また、花房数は無冷房区と同等であり、主茎の節数は無冷房区より少なかったが、節間長は明確に短かったため、株全

体として詰まった印象を受けた(写真3)。

以上のことから、短日期冷房夜間冷房を行う方法は連続して冷房する方法と同様の開花遅延回避の効果が得られ、なおかつ冷房期間が1/3となり、品質については無冷房と同等以上となる栽培技術として利用できると考えられた。

本項の結果は明期の温度が高かった2018年の結果であるが、第2章第2項第2節の明期高温時のみ冷房する方法と組み合わせることで、適切な冷房管理を行えることが期待される。また、本項では「ネッチャダーク」1品種のみ検討した。明期高温時のみを冷房する処理方法は品種間差が認められたことから、本方法についても今後は他品種での効果を検討する必要があると考えられた。

第IV章 間欠冷蔵処理が開花及び生育に及ぼす影響

第III章ではエラチオール・ベゴニアの9月～10月出荷作型における開花遅延の回避及び品質改善の方法として夜間冷房処理を検討した。しかし、夜間冷房処理を行うために必要となるヒートポンプは300坪あたり約400万円の初期投資が必要とされており(千葉県, 2016)、導入できる生産者は限られてしまう。近年、イチゴの開花誘導技術として、苗を一定期間暗黒条件下で低温処理した後に温室下での管理を数日間行うことを繰り返す間欠冷蔵処理技術が提案されており、8月下旬～9月中旬にかけて処理を行うことで、最大10日程度開花を促進できるとされる(Yoshidaら, 2012)。この技術はプリムラ・ポリアンサ(虎太ら, 2015)及びシクラメン(加古ら, 2016)でも夏期に処理することで秋季の開花を促進させることが報告されており、他の花き類への応用も可能であると考えられる。またイチゴでは、間欠冷蔵処理の低温処理方法として、1坪の冷蔵庫で3号ポット苗を約3,500株処理することが可能とされている(国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構, 2013)。エラチオール・ベゴニア栽植面積は3.3m²当たり25鉢であることから(関・小竹, 1996)、300坪当たり約7,500鉢必要となる。そのため、1坪冷蔵庫でイチゴと同様の数を処理できると仮定すると、冷蔵庫数台の導入で済むためヒートポンプに比べ安価な技術として利用できる可能性が高い。そこで、第IV章ではエラチオール・ベゴニアの9月～10月出荷作型における安価な開花誘導及び品質改善を目的に、間欠冷蔵処理が開花及び誘導に及ぼす影響を検討した。

第1節 間欠冷蔵処理時の冷蔵処理サイクル、冷蔵処理回数、冷蔵処理温度が開花及び生育に及ぼす影響

間欠冷蔵処理が開花及び生育に及ぼす影響は、①冷蔵処理日数と温室下での管理日数を組み合わせた冷蔵処理サイクル、②1回の冷蔵処理サイクルを何回繰り返すかの冷蔵処理回数、及び③冷蔵処理温度の3つの要因が組み合わさることによって変化する(Yoshida ら, 2012)。そこで、本節では上記3要因が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。

1. 材料及び方法

品種は千葉県内で広く生産される「ネティア」(来歴不明, 中生品種)を供試した。間欠冷蔵処理時の冷蔵処理はインキュベータ(MIR-253, 三洋電機(株))を用い、苗の出し入れは16時30分から17時の間に行った。

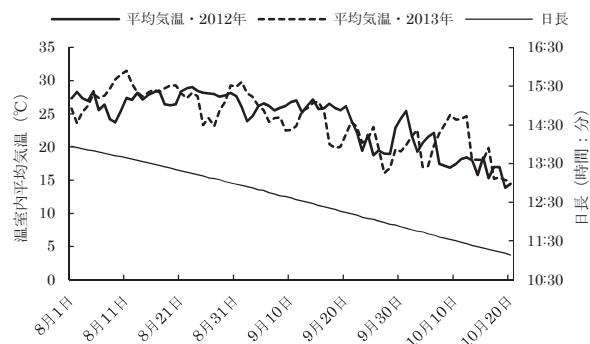
(1) 実験1. 間欠冷蔵処理時の冷蔵処理サイクルが開花及び生育に及ぼす影響

2012年5月30日に挿し芽を行い、6月22日に2.5号黒色ポリポットに鉢上げ、6月29日に2節残して摘心した。8月4日から9月5日にかけて間欠冷蔵処理を行った。処理区は冷蔵処理と温室での管理をそれぞれ2日ごとに合計8回処理した2D/2D×8区、4日ごとに4回処理した4D/4D×4区及び8日ごとに2回処理した8D/8D×2区の3水準を設けた。冷蔵処理は10℃、暗黒条件下で行い、いずれの処理区も冷蔵処理日数の合計は16日となるようにした。対照区として間欠冷蔵処理を行わない慣行栽培区を設けた。各区の最終冷蔵処理が終了した9月10日に4号プラスチック鉢に鉢替えした。慣行栽培区の鉢上げ及び摘心は上記処理区と同日に行い、8月1日に4号プラスチック鉢に鉢替えした。

調査は各区の冷蔵処理後の9月4日に枯死株率と、9月18日の草丈及び主茎節数と、開花日の草丈、株幅、主茎長、主茎節数、第1花房の着生節位、一次側枝数及び花房数について実施した。枯死株率については1区につき20株中の割合とし、生育及び開花調査については枯死率を測定した株の中から任意に選り鉢替えを行った株を対象に、1区1株の10反復とした。

(2) 実験2. 間欠冷蔵処理の冷蔵処理回数が開花及び生育に及ぼす影響

2013年5月22日に挿し芽を行い、6月20日に2.5号黒色ポリポットに鉢上げ、7月2日に2節残して摘心した。間欠冷蔵処理の冷蔵処理と温室での管理を組み合わせ、4日ごとに2回処理した4D/4D×2区(冷蔵処理期間の合計日数は8日)及び4回処理した4D/4D×4区(合計冷蔵処理日数は16日)の2水準を設けた。各区の冷蔵処理は10℃、暗黒条件下で行った。4D/4D×2区は8月6日から8月22日にかけて間欠冷蔵処理を行い、最終冷蔵処理が終了した後の8月19日に4号プラスチック鉢に鉢替えした。4D/4D×4区は8月6日から9月7日にかけて間欠冷蔵処理を行い、最



第8図 間欠冷蔵処理開始以降の温室内平均気温及び日長の推移(2012年・2013年)

注) 日長の推移は千葉特別地域気象観測所の2013年8月1日～10月20日までの日の出～日の入りまでの時間で算出した。

終冷蔵処理が終了した後の9月5日に4号プラスチック鉢に鉢替えした。対照区として間欠冷蔵処理を行わない慣行栽培区を設けた。慣行栽培区では摘心までの管理は上記2区と同様とし、8月5日に4号プラスチック鉢に鉢替えした。

調査は4D/4D×2区の最終冷蔵処理終了後の8月19日及び4D/4D×4区の最終冷蔵処理終了後の9月5日の枯死株率について実施した。また、開花日の草丈、株幅、主茎長、主茎節数、節間長、第1花房の着生節位、一次側枝数及び花房数について実施した。供試株数は1区1株の9反復とした。

(3) 実験3. 間欠冷蔵処理時の冷蔵処理温度が開花及び生育に及ぼす影響

挿し芽、鉢上げ及び摘心日は実験2と同様とし、2013年8月6日から9月7日にかけて4D/4D×4区の間欠冷蔵処理を行った。冷蔵処理時の温度は10.0℃、12.5℃、15.0℃の3水準を設けた。対照区として間欠冷蔵処理を行わない慣行栽培区を設けた。冷蔵処理終了後の9月5日に3処理区とも4号プラスチック鉢に鉢替えした。慣行栽培区の管理は実験2の慣行栽培区と同様とした。

調査は最終冷蔵処理終了後の9月5日の枯死株率、草丈及び主茎節数と開花日の草丈、株幅、主茎長、主茎節数、節間長、第1花房の着生節位、一次側枝数及び花房数について実施した。供試株数は1区1株の9反復とした。

2. 結果

間欠冷蔵処理の開始時期に当たる8月1日から開花時期に当たる10月20日までの温室内平均気温及び日長の推移を第8図に示した。2012年は比較的気温の変動が小さく、間欠冷蔵処理期間である8月1日～9月10日にかけては24～28℃の範囲で推移した。その後は9月20日から気温が低下し始め、10月1日に一度25℃と高くなったものの、安定した気温低下が見られた。一方、2013年は2012

第27表 間欠冷蔵処理時の冷蔵処理サイクルが「ネティア」の生育に及ぼす影響

処理 ¹⁾	枯死株率 ²⁾ (%)	草丈 ³⁾ (cm)	主茎節数 ³⁾ (節)
2D/2D×8	0	13.1	7.0
4D/4D×4	0	13.1	6.8
8D/8D×2	65	- ⁵⁾	- ⁵⁾
t-test ⁴⁾		ns	ns

注1) 処理名は冷蔵処理(10℃暗黒)日数/温室管理日数×処理回数を示す。

注2) 枯死株率は最終冷蔵処理が終了した2012年9月4日に調査した。

注3) 草丈及び主茎節数は間欠冷蔵処理が終了して鉢替え後の9月18日に調査した。

注4) 5%水準で有意差なし(n=10)。

注5) 枯死株率が高かったため、草丈及び主茎節数の調査は中止した。

第28表 間欠冷蔵処理時の冷蔵処理サイクルが「ネティア」の開花及び生育に及ぼす影響

処理 ¹⁾	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (cm)	主茎節数 (節)	第1花房の 着生節位	一次 側枝数	花房数 (個)
2D/2D×8	10月13日 a ³⁾	23.7 a	22.6 a	14.4 a	10.2 a	7.3 a	4.0 ab	13.1 a
4D/4D×4	10月16日 a	25.8 a	23.5 a	14.9 a	9.6 a	7.2 a	3.6 a	11.7 a
慣行栽培	10月30日 b	32.3 b	31.4 b	21.9 b	11.8 b	9.2 b	4.4 b	18.2 b
分散分析 ²⁾	**	**	**	**	**	**	*	**

注1) 処理名は冷蔵処理(10℃暗黒)日数/温室管理日数×処理回数を示す。

注2) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意。

注3) 異なる英文字間に 5%水準で有意差あり (Tukey n=10)。

第29表 間欠冷蔵処理の冷蔵処理回数が「ネティア」の開花及び生育に及ぼす影響

処理 ¹⁾	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (cm)	主茎節数	第1花房の 着生節位	一次 側枝数	花房数
4D/4D×2	10月23日 b ³⁾	29.4 b	29.9 b	20.6 b	10.1 ab	7.9 b	3.3	11.4
4D/4D×4	10月18日 a	25.9 a	26.0 a	18.4 a	9.0 a	6.6 a	3.3	9.6
慣行栽培	10月21日 b	30.4 b	29.4 b	21.6 b	10.9 b	8.4 b	3.8	10.6
分散分析 ²⁾	*	**	*	*	**	**	ns	ns

注1) 処理名は冷蔵処理(10℃暗黒)日数/温室管理日数×処理回数を示す。

注2) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし。

注3) 異なる英文字間に 5%水準で有意差あり (Tukey n=9)。

年に比べ気温の変動が大きく、間欠冷蔵処理期間である8月1日～9月10日にかけては23～32℃の範囲で推移した。その後も気温の変動が大きく、9月中から20℃を下回る日や10月以降に24℃を上回る日が複数回あった。

日長は千葉特別地域気象観測所(所在地:千葉市)の2013年8月1日～10月20日までの日の出～日の入りまでの時間から算出した(国立天文台, 2013)。間欠冷蔵処理を行った8月1日～9月10日までの日長を見ると、8月1日が13時間57分と最も長く、その後は日を追うごとに短くなり、9月10日では12時間37分であった。

(1) 実験1. 間欠冷蔵処理時の冷蔵処理サイクルが開花及び生育に及ぼす影響

各区の冷蔵処理終了後の枯死株率及び生育を第27表に示した。枯死株は8D/8D×2区のみで発生し、65%の株が枯死した。このため、8D/8D×2区では以降の調査を中止した。草丈及び主茎節数は2D/2D×8区及び4D/4D×4区間で差はなかった。

第28表に開花日及び開花時の生育を示した。すべての処理区で開花が認められ、開花日は2D/2D×8区及び4D/4D×4区間に差はなく、慣行栽培区に比べ2週間程度早かった。草丈、株幅、主茎長、主茎節数、第1花房の着生節位及び花房数についても2D/2D×8区及び4D/4D×4区間で差はなく、慣行栽培区に比べ有意に値が小さかった。また、一次側枝数については慣行栽培区に比べ4D/4D×4区は有意に少なかったが、その差は1本未満であった。

(2) 実験2. 間欠冷蔵処理の冷蔵処理回数が開花及び生育に及ぼす影響

いずれの処理においても冷蔵処理中に枯死した株は認められなかった(データ省略)。

冷蔵処理回数の違いが開花及び生育に及ぼす影響を第29表に示した。すべての処理区で開花が認められ、4D/4D×4区は4D/4D×2区及び慣行栽培区に比べ開花日が早かった。また、草丈、株幅、主茎長及び第1花房の着生節位の値は4D/4D×4区が4D/4D×2区及び慣行栽培区に比

第30表 間欠冷蔵処理1)時の冷蔵処理温度が「ネティア」の生育に及ぼす影響

冷蔵処理温度 (℃)	草丈 ²⁾ (cm)	主茎節数 ²⁾ (節)
10.0	12.4	5.1
12.5	12.0	5.1
15.0	13.6	5.1
分散分析 ³⁾	ns	ns

注1) 間欠冷蔵処理は冷蔵処理4日間、温室管理4日間を4回繰り返した。

2) 冷蔵処理が終了した2013年9月5日に調査した。

3) 5%水準で有意差なし (n=9)。

第31表 間欠冷蔵処理1)時の冷蔵処理温度が「ネティア」の開花及び生育に及ぼす影響

冷蔵処理 温度 (℃)	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (a) (cm)	主茎節数 (b) (節)	節間長 (a/b) (cm)	第1花房の 着生節位 (節)	一次 側枝数 (本)	花房数 (個)
10.0	10月18日 b ³⁾	25.9 a	26.0 a	18.4 a	9.0 a	2.0 a	6.6 a	3.3 ab	9.6
12.5	10月11日 a	27.2 a	26.6 a	19.9 a	8.9 a	2.2 ab	6.0 a	3.1 a	10.8
15.0	10月12日 a	29.4 b	27.3 ab	22.1 b	9.2 a	2.4 b	6.8 a	3.4 ab	10.8
慣行栽培	10月21日 c	30.4 b	29.4 b	21.6 b	10.9 b	2.0 a	8.4 b	3.8 b	10.6
分散分析 ²⁾	**	**	**	**	**	**	**	*	ns

注1) 間欠冷蔵処理は冷蔵処理4日間、温室管理4日間を4回繰り返した。

2) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし。

3) 異なる英文字間に 5%水準で有意差あり (Tukey n=9)。

べ小さかった。4D/4D×2区と慣行栽培区では開花日、草丈、株幅、主茎長及び第1花房の着生節位の値に差はなかった。主茎節数は4D/4D×4区が慣行栽培区に比べ有意に少なかった。一次側枝数及び花房数は3区間で差がなかった。

(3) 実験3. 間欠冷蔵処理時の冷蔵処理温度が開花及び生育に及ぼす影響

いずれの処理においても冷蔵処理中に枯死した株は認められなかった(データ省略)。

各区の最終冷蔵処理終了後の生育を第30表に示した。10.0℃区、12.5℃区及び15.0℃区の3区間で草丈及び主茎節数に差はなかった。

第31表に開花日及び開花時の生育を示した。すべての処理区で開花が認められ、開花日は間欠冷蔵処理を行った3区は慣行栽培区に比べ有意に早かった。また、3区間では12.5℃区及び15.0℃区が10.0℃区に比べ有意に早く開花した。草丈、株幅及び主茎長については10.0℃区及び12.5℃区は慣行栽培区に比べ有意に値が小さかった。一方、15.0℃区は慣行栽培区と差がなかった。また、10.0℃区と12.5℃区では差はなかった。主茎節数と第1花房の着生節位は3区とも慣行栽培区に比べ有意に値が小さく、3区間では差がなかった。節間長は15.0℃区が10.0℃区及び慣行栽培区に比べ有意に長かった。一次側枝数及び花房数は処理の違いによる差はなかった。

3. 考察

開花については、冷蔵処理温度10℃、冷蔵期間の合計処理日数は16日間で同じであるが、処理サイクルが異なる2D/2D×8区と4D/4D×4区を比較すると、両区間で開花日に差はなく、両区とも慣行栽培区に比べ早期に開花した(第28表)。また、冷蔵期間の合計処理日数が異なる4D/4D×2区(合計8日)と4D/4D×4区(合計16日)とでは4D/4D×4区が慣行栽培区と比較して早期に開花した(第29表)。これら開花が促進したすべての区の第1花房の着生節位は、慣行栽培区のそれと比較して低節位であったことから、花芽分化開始が慣行栽培区より早かったことが推察された。また、検討した処理の範囲内では、処理サイクルよりも合計処理日数の影響が大きいことが明らかとなった。

冷蔵温度(10.0℃、12.5℃及び15.0℃)の3処理区間で比較すると、12.5℃区及び15.0℃区が10.0℃区に比べ早期に開花した(第31表)。冷蔵処理温度の違いによって開花日が異なった原因として、3処理区間で第1花房の着生節位が同節位であったことから、花芽分化以降の発達に差異があったためと考えられた。これらのことから、間欠冷蔵処理によって、慣行栽培よりエラチオール・ペゴニアの開花が早くなる効果には、花芽分化開始時期と花芽分化後の花芽発達速度の二つの要因が関与していると考えられた。

相対的短日植物であるエラチオール・ペゴニアの開花には日長と温度が関与し、日長については12.5～14時間が限界日長とされる(小泉, 2002)。本節で間欠冷蔵処

理を行った8月1日～9月10日の日長は日の出と日の入りの時刻から13時間57分～12時間37分であった。一般に植物は常用薄明の光にも日長反応するため、自然日長は日の出から日の入りまでの時間に40分程度加えたものとすることが多い(米村, 1993)。そのため、処理中の自然日長は約14.5～13.5時間であり、この日長はエラチオール・ペゴニアの花芽分化には不適な条件であった。Yoshidaら(2012)はイチゴへの間欠冷蔵処理は開花を促進し、その原因の一つに冷蔵処理中の暗黒条件と処理前後の自然光への遭遇時間の関係から、短日処理として作用しているためと考察している。本実験では間欠冷蔵処理を2012年8月4日～9月1日(実験1)及び2013年8月6日～9月3日(実験2及び3)にかけて行い、冷蔵処理時の株の出し入れは16時30分～17時にかけて行った。最も処理期間が長い4D/4D×4処理を開始した8月4～6日の日の出と日の入り時刻は4時50～51分と18時39～41分であり、冷蔵処理が終了した9月1～2日の日の出と日の入り時刻は5時11～12分と18時6～7分であった(国立天文台, 2013)。これらの時間に常用薄明の20分を加える(米村, 1993)と、処理株が冷蔵処理開始日に遭遇する日長は11時間38分～12時間30分、処理終了日に遭遇する日長は1時間26分～2時間31分となり、どちらも限界日長を下回っていた。そのため、本実験においても間欠冷蔵処理は短日として作用した可能性があると考えられた。

また、Sandved(1969)はエラチオール・ペゴニアへの日長と栽培温度が開花に及ぼす影響について、10～13時間日長の範囲では日長が短いほど開花率は高くなるとしている。特に、栽培温度を12～24℃一定の範囲とすると、10時間日長では栽培温度が低下すると開花率が低下し、逆に13時間日長では温度が高いほど開花率が低下するとしている。各処理は育苗中の4～6週間にかけて行っており、処理終了以降の栽培環境は同一条件としていることから、エラチオール・ペゴニアの開花は育苗中の一定期間の日長及び栽培温度の影響を受けると考えられる。

本節の間欠冷蔵処理期間中の温室内の平均気温は兩年とも23～32℃の範囲で推移していた。そのため、比較的に日長が長く、気温が高い条件下で管理された慣行栽培区と短日の影響を受けていると推察される間欠冷蔵処理をした区を比較すると、間欠冷蔵処理をした区は慣行栽培区に比べ開花が早く、さらに間欠冷蔵処理をした区の中では冷蔵処理温度が低いほど開花が遅延しており、Sandved(1969)が示した育苗中の日長及び栽培温度に対する開花反応と一致した傾向が観察された。これらのことから、エラチオール・ペゴニアでは、本実験で得られた10℃の2D/2D×8区及び各温度の4D/4D×4区については、間欠的な短日条件や温度変化でも連続した短日遭遇や温度変化をさせて栽培した場合と類似した効果が得

られると考えられた。

2012年と2013年の実験はほぼ同時期に行ったが、実験1と実験2における4D/4D×4区及び慣行栽培区の開花日を比較すると、4D/4D×4区は2日の違いであり、慣行栽培区の9日に比べ差が小さかった。慣行栽培区の兩年での開花日の違いは2012年と2013年の温室内平均気温の推移が異なったためと考えられたが、このような環境下においても4D/4D×4区は開花日の変動が小さかったと言えた。そのため、間欠冷蔵処理は開花の年次変動を抑え、計画生産を可能とする技術であると考えられた。

草姿について慣行栽培区と比較すると、冷蔵処理温度が低いほど草丈及び主茎長が短くなる傾向が見られた。特に10℃及び12.5℃の4D/4D×4区は慣行栽培区に比べ有意に短く、品質上問題となる徒長を抑制できることが明らかとなった(第31表)。短日条件下で栽培したエラチオール・ペゴニアは栽培温度が低いほど草丈が短くなることが報告されている(小泉, 2002)。そのため、間欠冷蔵処理は上記の開花への影響と同様に、草丈伸長に対しても短日条件下での温度反応と同様の効果を及ぼすと考えられた。また、間欠冷蔵処理は、シェードによる短日処理では不可能な、高温の影響を回避しつつ短日遭遇を与えることができる技術であると考えられた。間欠冷蔵処理を行うと株幅が狭くなり、実験年度によっては花房数が少なくなることが明らかとなった(第28表)。このことについては、冷蔵処理温度の違いによる明確な差は認められなかった(第31表)。短日条件下での花房数は温度が低いほど少なくなることから(小泉, 2002)、花房数に対する間欠冷蔵処理の影響は短日条件下での温度反応とは異なると考えられた。慣行栽培区と間欠冷蔵処理を行った区の一次側枝数の差は1本未満であることから、花房数が減少した原因は二次側枝以降の側枝数が減少したためと考えられた。間欠冷蔵処理を行うと冷蔵中は暗黒条件となるため光合成が行えず、慣行栽培区に比べ同化量の減少することが報告されている(Yoshidaら, 2012)。そのため、本実験では冷蔵温度に関わらず冷蔵中の暗黒によって同化量が減少したことにより、二次側枝以降の側枝数の減少を招いたと推察された。

間欠冷蔵処理は冷蔵時の苗の出し入れに労力がかかるため、生産現場での利用を考えると1回の冷蔵処理サイクルが長く、出し入れ回数の少ない処理方法が求められる。しかし、本実験で検討した中で最も作業労力が少ない8D/8D×2区では枯死株が多発した。ハインズら(1995)は暗黒下での苗の貯蔵は光合成能力の低下と呼吸による同化産物消耗の影響により苗の老化を招くことを報告している。また、同報告の中でエラチオール・ペゴニアの交配親である球根ペゴニアのセル成型苗は3週間以上連続して貯蔵すると5～12.5℃の範囲では温度が高いほど枯

死株率が増加することを報告している。これらのことから、本実験で行った10℃の冷蔵処理では呼吸の抑制効果が低く、8日間の処理でも同化産物が消耗してしまったために枯死株率が上昇したと考えられた。そのため、本節で検討した処理方法の中では、4D/4Dの4回処理が最も作業労力が少なく、開花を促進し、徒長を抑制できる処理方法であると考えられた。

以上のことから、エラチオール・ペゴニアに対して4日間冷蔵処理した後、温室下での管理を4日間行うサイクルを4回繰り返すことで、慣行栽培に比べ開花を促進できると考えられた。また、慣行栽培に比べ開花期の年次変動が少なく、安定して10月中旬に開花させることが可能であると考えられた。特に、冷蔵処理温度を10～12.5℃とすることで、本作型で問題となる草丈伸長の抑制も同時に期待できると考えられた。

第2節 開花、生育及び草姿に対する間欠冷蔵処理と短日処理効果の比較

第IV章第1節で間欠冷蔵処理は無処理に比べ開花を促進させ、秋出荷作型で問題となる草丈伸長を抑制することが明らかとなった。一方で、この作型での開花促進方法として生産現場ではシェードを用いた短日処理が導入されている。しかし、短日条件下では高温で草丈が高くなるため（小泉，2002），栽培期間が7月～8月をまたぐ9月～10月出荷の作型では、短日処理で開花を促進させても草丈の増大を改善するには至らない。そのため、間欠冷蔵処理が短日処理に比べ草丈を低く抑制することが明らかとなれば、品質向上の技術として生産現場での利用が期待される。

一方で、開花促進に必要な短日処理期間は作型による変動が少なく、目的とする出荷期から逆算して短日処理を行うことで、計画生産が可能となっている（関・小竹，1996）。そのため、間欠冷蔵処理を生産現場で利用するには、作型の違いに関わらず安定した開花促進効果が得られつつ、草丈伸長の抑制効果も得られることを明らかにする必要がある。そこで、本節では9月開花作型及び10月開花作型における間欠冷蔵処理と短日処理が開花、生育及び開花時の草姿のバランスに及ぼす影響を比較し計画生産の可能性について調査した。

1. 材料及び方法

品種は「ネティア」（来歴不明、中生品種）を供試した。処理区は間欠冷蔵処理区、短日処理区及び無処理区の3水準とした。間欠冷蔵処理は10℃で4日間処理した後に温室で3日間（実験1）もしくは4日間（実験2）管理する処理を4回繰り返す方法とした。短日処理は15時

～19時15分まで遮光する方法とし、無処理は温室にそのまま置いたものとした。

(1) 実験1. 9月開花作型

2015年4月27日に72穴セルトレイに挿し芽をし、6月2日に3号黒色ポリポットへ鉢上げ、6月8日に2節残す摘心を行い、7月28日に5号プラスチック鉢（鉢高13cm）へ鉢替えした。間欠冷蔵処理は6月29日より7月26日まで、短日処理は7月28日から8月11日まで行った。各区1株9反復とし、調査は間欠冷蔵処理を開始した6月29日から開花期となる10月3日までの温室内の平均気温及び日長を測定するとともに、開花日及び開花日の草丈、株張り（株直径）、主茎長、主茎節数、第1花房の着生節位及び花房数を測定し、鉢高に対する草丈の比率（草丈比）及び株張りの比率（株張り比）を計算した。

(2) 実験2. 10月開花作型

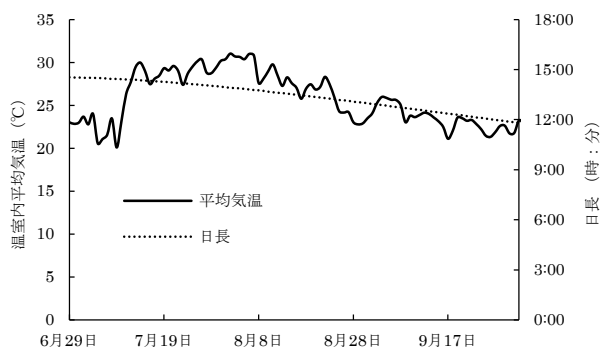
2016年5月17日に72穴セルトレイに挿し芽をし、6月30日に3号黒色ポリポットへ鉢上げ、7月8日に2節残す摘心を行い、8月26日に5号プラスチック鉢（鉢高13cm）へ鉢替えした。間欠冷蔵処理は7月28日より8月24日まで、短日処理は8月29日から9月12日まで行った。各区1株9反復とし、調査は間欠冷蔵処理を開始した7月28日から開花期となる10月26日までの温室内の平均気温及び日長を測定するとともに、開花日及び開花日の草丈、株張り（株直径）、主茎長、主茎節数、第1花房の着生節位及び花房数を測定した。また、鉢高に対する草丈の比率（草丈比）及び株張りの比率（株張り比）を計算した。

2. 結果

(1) 気温及び日長の推移

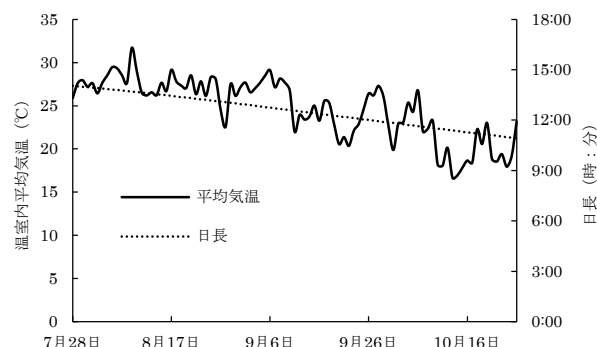
2015年の温室内の平均気温は、間欠冷蔵処理開始～2サイクル目の冷蔵処理が終了した6月29日～7月9日にかけては20.1℃～24.0℃と比較的涼しく推移した。7月10日以降は急激に気温が上昇し、間欠冷蔵処理が終了した7月26日までは26.3℃～30.1℃の範囲で推移した。短日処理を行った7月28日～8月11日は27.6℃～31.0℃の範囲で推移した。その後は9月にかけて安定した気温低下が見られた（第9図）。2016年の温室内の平均気温は、間欠冷蔵処理を行った7月28日～8月24日にかけては25.9℃～31.7℃と高い気温で推移した。間欠冷蔵処理終了後の8月28日に22.6℃に低下したが、その後は再び気温が上昇した。短日処理を行った8月29日～9月12日の気温は、処理終了直前の9月11日～9月12日は22℃～23.9℃とこの時期としては低かったが、8月29日～9月10日は26.1℃～29.1℃と高く推移した（第10図）。

2015年及び2016年の日長は千葉特別地域気象観測所（所在地：千葉市）の日の出～日の入りまでの時間から



第9図 間欠冷蔵処理開始以降の温室内平均気温及び日長の推移 (2015年)

注) 日長の推移は千葉特別地域気象観測所の2015年6月29日～10月3日までの日の出～日の入りまでの時間で算出した。



第10図 間欠冷蔵処理開始以降の温室内平均気温及び日長の推移 (2016年)

注) 日長の推移は千葉特別地域気象観測所の2016年7月28日～10月26日までの日の出～日の入りまでの時間で算出した。

第32表 間欠冷蔵処理及び短日処理が「ネティア」の開花及び生育に及ぼす影響 (9月開花作型)

処理 ¹⁾	処理期間 (月/日)	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (cm)	主茎 節数 (節)	第1花房の 着生節位 (節)	花房数 (個)
間欠冷蔵	6/29 - 7/27	9月18日 b ³⁾	20.1 a	30.2 a	13.8 a	11.9 a	3.9 a	6.9 a
短日	7/28 - 8/11	9月11日 a	24.6 b	35.1 b	15.1 b	11.3 a	4.0 a	8.1 b
無処理	-	10月 3日 c	25.2 b	35.2 b	17.5 c	13.9 b	5.6 b	9.6 c
分散分析 ²⁾		**	**	**	**	**	**	**

注1) 間欠冷蔵: 10℃暗黒の冷蔵処理を4日間行った後3日間温室管理。

短日: 15時～19時15分にかけてシルバーカーテンを用いてシェード。

2) **: 1%水準で有意。

3) 異なる英文字間で5%水準の有意差あり (Tukey n=9)。

算出した (国立天文台, 2015; 国立天文台, 2016)。同年とも間欠冷蔵処理を開始した2015年6月29日の14時間33分もしくは2016年7月28日の14時間3分が最も長く, その後は日を追うごとに短くなり, 測定を終了した2015年10月3日は11時間47分, 2016年10月26日は10時間55分であった (第9図, 第10図)。

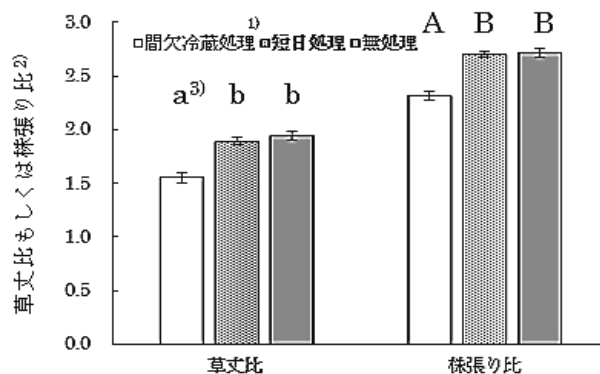
(2) 実験1. 9月開花作型

開花日は短日処理区が最も早く, 次に間欠冷蔵処理区であり, 無処理区が最も遅かった。草丈及び株張りの値は間欠冷蔵処理区が短日処理区及び無処理区に比べ有意に小さかった。主茎長及び花房数は間欠冷蔵処理区が最も小さく, 次に短日処理区であり, 無処理区が最も大きかった。主茎節数及び第1花房の着生節位は間欠冷蔵処理区と短日処理区では差が無く, 両区とも無処理区に比べ小さかった (第32表)。

草丈比及び株張り比は間欠冷蔵処理区が短日処理区及び無処理区に比べ小さく, 短日処理区と無処理区では差が無かった (第11図)。

(3) 実験2. 10月開花作型

開花日は間欠冷蔵処理区が最も早く, 次に短日処理区であり, 無処理区が最も遅かった。草丈, 主茎長, 主茎節数及び第1花房の着生節位は間欠冷蔵処理区が短日処理区及び無処理区に比べ小さく, 短日処理区と無処理区で



第11図 間欠冷蔵処理及び短日処理が草丈比及び株張り比に及ぼす影響 (9月開花作型)

注1) 間欠冷蔵: 10℃暗黒の冷蔵処理を4日間行った後3日間温室管理。

短日: 15時～19時15分にかけてシルバーカーテンを用いてシェード。

2) 草丈比: 草丈/鉢高 (13cm) 株張り比: 株幅/鉢高。草丈及び株幅の値は第32表を参照。

3) 異なる英文字間で5%水準の有意差あり (Tukey n=9)。図中の縦棒は±標準誤差を示す。

差は無かった。株張り及び花房数は間欠冷蔵処理区が無処理区より小さく, 短日処理区と間欠冷蔵処理区及び無処理区には差が無かった (第33表)。

草丈比は間欠冷蔵処理区が短日処理区及び無処理区に比べ小さく, 短日処理区と無処理区では差が無かった。

第33表 間欠冷蔵処理及び短日処理が「ネティア」の開花及び生育に及ぼす影響（10月開花作型）

処理 ¹⁾	処理期間 (月/日)	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (cm)	主茎 節数	第1花房の 着生節位 (節)	花房数 (個)
間欠冷蔵	7/28 - 8/29	10月13日 a ³⁾	26.9 a	36.5 a	21.5 a	11.8 a	7.1 a	14.8 a
短日	8/29 - 9/12	10月19日 b	33.1 b	37.8 ab	26.6 b	13.4 b	8.6 b	16.1 ab
無処理	-	10月26日 c	33.1 b	39.7 b	27.3 b	13.5 b	9.4 b	16.6 b
分散分析 ²⁾		**	**	**	**	**	**	*

注1) 間欠冷蔵：10℃暗黒の冷蔵処理を4日間行った後4日間温室管理。

短日：15時～19時15分にかけてシルバーカーテンを用いてシェード。

2) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意。

3) 異なる英文字間で5%水準の有意差あり (Tukey n=9)。

株張り比は間欠冷蔵処理区が小さく、無処理区との間には差があった（第12図）。

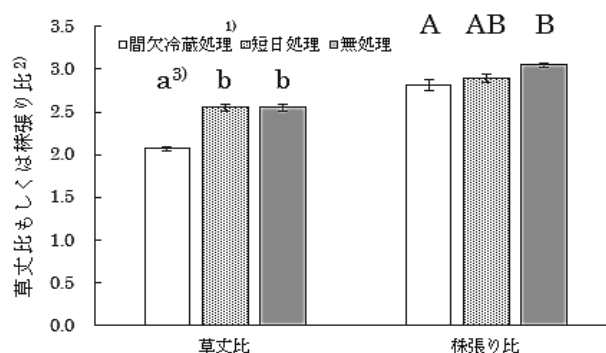
3. 考察

本実験を行った2015年及び2016年の6月下旬～10月下旬の気温は変動が激しかったものの、間欠冷蔵処理及び短日処理中の平均気温は概ね25℃以上で推移した。エラチオール・ペゴニアの生育適温は21℃前後とされている (Karlsson, 1992)。そのため、本実験の結果は生育適温より高い温度条件下での処理効果を示していると考えられた。

第IV章第1節の結果より、間欠冷蔵処理を8月4日に開始した場合、73日間後の10月18日に開花した。そこで、9月中旬及び10月中旬に開花させるために、間欠冷蔵処理区については処理開始時期を第3章第1節の結果より半月（実験2）～1か月（実験1）早めたところ、ほぼ目標とする時期に開花させることができた。また、短日処理区は関・小竹の報告（1996）を基に、目標とする開花期の1か半月前を目途に処理を開始し、開花させることができた。これらのことから、間欠冷蔵処理は短日処理と同様に、目標とする開花期から逆算して処理を開始することで計画生産が可能であると考えられた。

一方で、短日処理と間欠冷蔵処理における処理開始から開花までの日数は、間欠冷蔵処理が9月開花作型では36日、10月開花作型では26日長かった。短日条件下では12℃～24℃の範囲で温度が低いほど開花が遅れ (Sandved, 1969)、第IV章第1節の結果から、間欠冷蔵処理においても10℃～15℃の範囲で冷蔵温度が低いほど開花が遅れることが明らかとなっている。そのため、連続して温室下で管理された短日処理区に比べると、間欠冷蔵処理区は低温によって開花までの日数が延長したものと推察された。

また、間欠冷蔵処理開始から開花までの日数は、出荷への影響は小さいものの、処理開始時期が遅い10月開花作型が9月開花作型に比べ4日短くなった。エラチオール・ペゴニアの限界日長は12.5時間から14時間付近とされており (小泉, 2002)、本実験で検討した作型の自然日長



第12図 間欠冷蔵処理及び短日処理が草丈比及び株張り比に及ぼす影響（10月開花作型）

注1) 間欠冷蔵：10℃暗黒の冷蔵処理を4日間行った後4日間温室管理。

短日：15時～19時15分にかけてシルバーカーテンを用いてシェード。

2) 草丈比：草丈/鉢高（13cm）株張り比：株幅/鉢高。草丈及び株幅の値は第33表を参照。

3) 異なる英文字間で5%水準の有意差あり (Tukey n=9)。図中の縦棒は±標準誤差を示す。

（日長に常陽薄明の40分を加えた時間（米村, 1993））は8月下旬から限界日長を下回り始めた。このため、処理開始が遅い作型ほど日長が短く、開花までの日数が短くなったものと推察された。

第III章においても述べたが、滝沢（2005）はエラチオール・ペゴニアの市場価格に影響する品質特性を鉢サイズ、開花数、株張り、葉数及び花径としている。また、同報（2005）の中で、エラチオール・ペゴニアの結果を踏まえ、鉢花類は鉢サイズ、花色、観賞期間及び全体のバランスが市場価格に影響するとしている。第III章第2節第2項と同様に、本実験も鉢サイズ及び品種（花径及び花色）を統一し、形質調査を第1花房の満開日（開花数）としたため、滝沢（2005）が挙げた品質評価の形質の中では株張り、葉数、観賞期間及び全体のバランスが該当する。また、株張りを含む草姿のバランスを評価する方法についても第III章で述べたとおり、鉢の高さに対する草丈の比率（草丈比）及び株張りの比率（株張り比）が挙げられ、両比率とも1.62が適しているとされている (Sachsら, 1976)。本実験の間欠冷蔵処理区と短日処理区の草丈比

及び株張り比は、9月開花作型でそれぞれ1.55及び2.32（間欠冷蔵処理区）と1.94及び2.70（短日処理区）、10月開花作型でそれぞれ2.07及び2.81（間欠冷蔵処理区）と2.55及び2.90（短日処理区）であり、短日処理区より間欠冷蔵処理区において、また10月開花作型より9月開花作型において草姿のバランスが改善された。

エラチオール・ペゴニアの草丈は、昼/夜温が20℃/12.5℃から30℃/22.5℃の範囲では、低温ほど短くなる（小泉，2002）。そのため、10℃の冷蔵処理を行った間欠冷蔵処理区は処理期間中の平均気温が短日処理区及び無処理区に比べ低く推移したために草丈伸長が抑制され、草姿のバランスが改善されたものと推察された。また、9月開花作型における草丈の抑制は節数低下ではなく節間長が短かったためであった。第II章第1節の結果から、エラチオール・ペゴニアの生育は昼温32.5℃以上で抑制されることを認めている。そのため、9月作型は間欠冷蔵処理が終了した7月下旬以降に夏期の高温に晒されたため、節間伸長が抑制されたものと考えられた。

草姿バランス以外の品質評価の対象である観賞期間については花房数が、葉数については主茎の節数が該当し、これらの値は間欠冷蔵処理区が短日処理区に比べ少ない傾向を示した。第II章第2節でも述べたが、ペゴニア・ルツェルナでは同化産物の減少が花序（花房）の不形成や発達抑制を招くことを報告されている（林，1991）。また、第IV章第1節で述べたとおり、イチゴへの間欠冷蔵処理は冷蔵中の暗黒により無処理に比べ同化量が減少することが報告されている（Yoshidaら，2012）。本実験では間欠冷蔵処理区と短日処理区の同化量の比較は行っていないが、作型が異なるものの、実験2に比べ冷蔵処理後の温室内管理の日数が少ない実験1において間欠冷蔵処理区の花房数が短日処理区に比べ明確に少なかった。間欠冷蔵処理区は短日処理区に比べ同化量が少なくなったために花房数や節数が減少したと考えられた。今後は草姿バランスの改善を図りつつ同化量を確保する技術開発の検討が必要であろう。

以上のことから、間欠冷蔵処理は、9月～10月出荷作型において、短日処理に比べ草姿のバランスを改善しつつ、短日処理と同様に計画的に開花させることが可能であると考えられた。

第3節 間欠冷蔵処理と短日処理の組み合わせが開花及び生育に及ぼす影響

第IV章第2節で間欠冷蔵処理は慣行の短日処理に比べ草丈比及び株張り比が改善されつつ、短日処理と同様に、計画的な開花調節が可能であることが明らかとなった。一方で、短日処理に比べ花房数が減少し、草姿のバ

リュームが低下することも明らかとなった。草丈比及び株張り比の改善は草丈及び株幅が短日処理に比べ短くなったためであり、この原因は第IV章第1節の結果から、冷蔵処理を間欠的に行うことで高温に遭遇する期間が短日処理に比べ短くなったためと考えられた。一方で、間欠冷蔵処理の冷蔵処理中の暗黒は、短日として作用し開花が促進されるが、同時に同化量の減少も招くため、花房数が減少すると考えられた。これらのことから、草姿の改善と花房数の減少回避を両立するには、草丈及び株幅を短く維持しつつ花房数の減少を抑制できる暗黒遭遇期間を明らかにする必要がある。しかし、暗黒遭遇期間が短くなると、第IV章第1節の結果から、開花促進効果が弱くなり、計画的な開花調節が行えなくなることが懸念される。そこで、本節では間欠冷蔵処理回数と短日処理日数の組み合わせ、間欠冷蔵処理の暗黒遭遇による開花促進効果及び花房数の減少を短日処理で補いつつ低温による草姿改善の効果を検討した。併せて、複数品種を用い、これら効果の品種間差を検討した。

1. 材料及び方法

品種は早生品種の「バティック」、晩生品種の「ルイズ」（いずれも高松商事(株)）及び中生品種の「ネティア」（来歴不明、中生品種）を供試した。試験区は10℃の冷蔵処理を4日間行い温室下の管理を3日間行う4D/3Dの処理回数と短日処理日数を組み合わせて設置した。「バティック」は間欠冷蔵処理回数0回、2回及び4回と短日処理日数7日及び14日を組み合わせた計6区を、「ルイズ」は間欠冷蔵処理回数0回、2回及び4回と短日処理日数7日、14日及び21日を組み合わせた計9区を、「ネティア」は間欠冷蔵処理回数0回、2回及び4回と短日処理日数0日、7日及び14日を組み合わせた計9区を設けた。供試株は2015年4月23日に「ネティア」を、4月24日に「バティック」を、4月27日に「ルイズ」を挿し芽し、6月2日に2.5号ポリポットに鉢上げ、6月8日に2節残して摘心した。間欠冷蔵処理はすべての処理区が7月26日に終了となるように設定し、処理回数2回の区は7月13日から、4回の区は6月29日から開始した。間欠冷蔵処理が終了した後の7月28日にすべての株を5号プラスチック鉢に鉢替えした。同日より短日処理を開始し、短日処理7日の区は8月3日まで、14日の区は8月10日まで、21日の区は8月17日まで処理した。短日処理は15時～19時15分まで遮光を行い、暗期の開始時間を早める方法とした。供試株数は「バティック」は1区1株6反復、「ルイズ」は1区1株5反復、「ネティア」は1区1株9反復とした。調査は「バティック」及び「ルイズ」は開花日及び開花日の草丈、株幅、主茎節数、第1花房の着生節位及び花房数について

第34表 間欠冷蔵処理回数及び冷蔵処理日数の組み合わせが「パティック」の開花及び生育に及ぼす影響

間欠冷蔵 ¹⁾ 処理回数 (回) (a)	短日 ²⁾ 処理日数 (日) (b)	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎 節数 (節)	第1花房 着花節位 (節)	花房数 (個)
0	7	9月11日	19.4	24.2	12.0	5.4	7.8
0	14	9月9日	19.2	25.6	11.9	5.0	8.0
2	7	9月10日	18.7	24.3	11.6	4.6	9.9
2	14	9月8日	18.5	23.9	11.7	4.4	9.2
4	7	9月9日	17.9	24.0	11.4	4.2	8.7
4	14	9月7日	18.0	22.8	11.9	4.3	8.4
0		9月10日 b ⁴⁾	19.3	24.9	11.9	5.2 b	7.9 a
2		9月9日 ab	18.6	24.1	11.6	4.5 a	9.6 b
4		9月8日 a	18.0	23.4	11.7	4.3 a	8.6 ab
分散分析 ³⁾		*	ns	ns	ns	**	*
	7	9月10日 b	18.7	24.2	11.7	4.7	8.8
	14	9月8日 a	18.6	24.1	11.8	4.6	8.6
分散分析		**	ns	ns	ns	ns	ns
交互作用(a)×(b)		ns	ns	ns	ns	ns	ns

注1) 間欠冷蔵処理：10℃暗黒の冷蔵処理を4日間行った後3日間温室管理。

2) 短日処理：15時～19時15分にかけてシルバーカーテンを用いてシェード。

3) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし。

4) 異なる英文字間で5%水準の有意差あり (Tukey n=6)。

て実施した。「ネティア」は開花日及び開花日の草丈、株幅、主茎長、主茎節数、第1花房の着生節位及び花房数について実施した。また、間欠冷蔵処理及び短日処理中の温室内の平均気温及び日長の測定を第3章第2節の実験1と同様の方法で行った。

2. 結果

温室内の平均気温及び日長の推移については第4章第2節の実験1で示したとおり、各処理中概ね25℃以上で推移し、生育適温以上の温度条件下での処理効果を示していると考えられた（データ省略）。また、8月下旬以降は限界日長を下回っていたと考えられた（データ省略）。

このような条件下において、すべての品種について間欠冷蔵処理回数及び短日処理日数が開花及び生育に及ぼす影響を二元配置分散分析で解析した。

「パティック」では、間欠冷蔵処理回数が増えるに従い開花日が早く、第1花房の着生節位は0回に比べ2回及び4回で低節位となり、花房数は0回に比べ2回で多くなった。また、他の調査項目に差はなかった。開花日については有意差が認められたものの、最も早い4回と最も短い0回とで2日の差であった。短日処理日数については、開花日は7日に比べ14日で有意に早かったものの、その差は2日であった。他の調査項目については差がなかった。いずれの調査項目も交互作用は認められなかった(第34表)。

「ルイズ」では、間欠冷蔵処理回数については、すべての調査項目で0回に比べ2回及び4回は値が有意に小さく、2回と4回とでは同等もしくは4回で値が小さくなる

傾向が見られた。特に開花日については、最も早かった4回に比べ0回で13日の差であった。短日処理日数については、主茎節数は処理日数の違いによる差はなく、他の調査項目は処理日数が長くなるにつれて値が小さくなる傾向が見られた。開花日については、最も早かった21日と最も遅かった7日で10日の差があった。また、花房数については交互作用が認められた(第35表)。

「ネティア」では、間欠冷蔵処理回数が増えるに従い開花日が早く、草丈、株幅、主茎長、主茎節数、第1花房の着生節位及び花房数の値が小さくなる傾向が認められた。開花日については、最も早い4回と最も遅い0回で8日の差があった。短日処理日数については、処理日数が長くなるに従い開花日が早く、主茎長、主茎節数及び第1花房の着生節位の値が小さくなる傾向が認められた。また、草丈、株幅及び花房数は処理日数の違いによる差は認められなかった。開花日については、最も早い14日と最も遅い0日で17日の差があった。草丈、主茎長及び花房数を除く調査項目については交互作用が認められた(第36表)。

3. 考察

開花については、いずれの品種においても間欠冷蔵処理回数が多く、短日処理日数が長いほど早くなる傾向が認められた。また、間欠冷蔵処理回数が同等の場合は短日処理日数が長いほど、短日処理日数が同等の場合は間欠冷蔵処理回数が多いほど早期に開花した。間欠冷蔵処理による開花促進効果は冷蔵処理中の暗黒が短日として

第35表 間欠冷蔵処理回数及び冷蔵処理日数の組み合わせが「ルイーズ」の開花及び生育に及ぼす影響

間欠冷蔵 ¹⁾ 処理回数 (回) (a)	短日 ²⁾ 処理日数 (日) (b)	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎 節数 (節)	第1花房の 着花節位 (節)	花房数 (個)
0	7	10月 6日	22.5	27.6	11.4	6.6	8.8
0	14	9月 29日	21.4	25.5	11.4	6.8	10.2
0	21	9月 27日	21.0	23.3	11.0	5.6	8.0
2	7	9月 26日	18.9	22.2	10.0	4.6	7.0
2	14	9月 22日	18.1	22.3	10.2	5.0	7.4
2	21	9月 14日	17.4	21.4	10.2	4.6	6.8
4	7	9月 22日	18.4	22.5	10.6	5.2	7.0
4	14	9月 17日	16.8	20.4	9.4	4.4	4.2
4	21	9月 14日	14.9	17.7	9.0	4.4	4.8
0		9月 30日 b ⁴⁾	21.6 c	25.5 b	11.3 b	6.3 b	9.0 c
2		9月 21日 a	18.1 b	22.0 a	10.1 a	4.7 a	7.1 b
4		9月 17日 a	16.7 a	20.2 a	9.7 a	4.7 a	5.3 a
分散分析 ³⁾		**	**	**	**	**	**
	7	9月 28日 c	19.9 b	24.1 b	10.7	5.5 b	7.6 b
	14	9月 22日 b	18.8 ab	22.7 ab	10.3	5.4 ab	7.3 ab
	21	9月 18日 a	17.8 a	20.8 a	10.1	4.9 a	6.5 a
分散分析		**	**	**	ns	*	*
交互作用(a)×(b)		ns	ns	ns	ns	ns	**

注1) 間欠冷蔵処理：10℃暗黒の冷蔵処理を4日間行った後3日間温室管理。

2) 短日処理：15時～19時15分にかけてシルバーカーテンを用いてシェード。

3) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし。

4) 異なる英文字間で5%水準の有意差あり (Tukey n=5)。

作用していることが示唆されることから、間欠冷蔵処理と短日処理を組み合わせたことによる開花促進効果は、両処理による短日の影響が相互に影響したためと考えられた。

両処理の組み合わせによる開花促進効果は早生品種である「バティック」よりも中生品種の「ネティア」及び晩生品種の「ルイーズ」で顕著であり、品種間差が見られた。短日植物では花芽分化に必要な処理日数は品種や系統によって異なることが複数の品目で知られており (Tsukamotoら, 1968; 瀧本, 1998; 白山ら, 2014), イネ (坪木ら, 1998) やダイズ (清沢・清沢, 1961) では早生品種ほど花芽分化に必要な短日処理日数は短いことが報告されている。そのため、本実験の間欠冷蔵処理と短日処理を組み合わせたことによる開花促進効果に品種間差が見られた理由は、エラチオール・ベゴニアも他の品目の報告と同様に、開花の早晚性によって花芽分化に必要な短日処理日数の要求量が異なり、要求量の少ない早生品種の「バティック」に比べ要求量の多い中生品種の「ネティア」や晩生品種の「ルイーズ」で両処理を組み合わせた効果が顕著に表れたと推察された。

また、「ネティア」では両処理の組み合わせによる開花促進効果に交互作用が認められた。この原因について、

各処理に対する単純主効果の検定を行うと、間欠冷蔵処理回数が少なく短日処理日数が短い組み合わせで開花促進効果が顕著となり、処理回数及び処理日数が多い組み合わせでは効果が緩慢となる傾向が見られた (データ省略)。エラチオール・ベゴニアと同じく量的短日植物であるクリスマス・ベゴニア (*Begonia × cheimanthus* Everett) では短日処理は開花を促進させるものの、その効果は処理日数が短いほど顕著に表れ、一定以上の処理日数になると、それ以上は開花が早まらないと報告されている (Heide, 1962)。そのため、短日処理日数が開花に及ぼす影響は閾値があると推察される。このことから、両処理の組み合わせにおいて交互作用が認められ、処理回数及び処理日数が多い組み合わせで開花促進効果が緩慢となった原因は、両処理の組み合わせによっては短日効果の閾値を超えたためと考えられた。

草姿についての調査項目は、間欠冷蔵処理回数が多く、短日処理日数が長いほど値が小さくなる傾向が見られた。また、間欠冷蔵処理と短日処理を比較すると、間欠冷蔵処理で値が小さくなる傾向が顕著であった。間欠冷蔵処理は、第IV章第1節及び第2節の考察で述べたが、冷蔵中の暗黒で同化量の減少を招き、処理回数が増えると日単位で明期への遭遇時間が変化する。一方で、短日処理は

第 36 表 間欠冷蔵処理回数及び冷蔵処理日数の組み合わせが「ネティア」の開花及び生育に及ぼす影響

間欠冷蔵 ¹⁾ 処理回数 (回) (a)	短日 ²⁾ 処理日数 (日) (b)	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (cm)	主茎 節数 (節)	第1花房の 着生節位 (節)	花房数 (個)
0	0	10月 3日	25.2	35.2	17.5	13.9	5.6	9.6
0	7	9月 18日	24.3	34.3	15.8	12.2	4.8	8.4
0	14	9月 11日	24.6	35.3	15.1	11.3	4.0	8.1
2	0	9月 28日	23.5	33.5	14.2	12.8	5.2	8.2
2	7	9月 13日	22.2	32.2	14.3	11.9	4.6	8.2
2	14	9月 8日	21.1	31.1	13.5	11.9	3.9	7.4
4	0	9月 18日	20.1	30.2	13.8	11.9	3.9	6.9
4	7	9月 13日	20.7	30.7	13.9	11.8	4.1	7.6
4	14	9月 9日	20.2	30.2	13.2	11.2	3.6	6.9
0		9月 21日 c ⁴⁾	24.7 c	34.9 c	16.1 b	12.5 c	4.8 b	8.7 c
2		9月 16日 b	22.3 b	32.3 b	14.0 ab	12.2 b	4.6 b	8.0 b
4		9月 13日 a	20.3 a	30.4 a	13.6 a	11.6 a	3.9 a	7.1 a
分散分析 ³⁾		**	**	**	**	**	**	**
	0	9月 26日 c	23.0	33.0	15.1 b	12.9 b	4.9 b	8.2
	7	9月 14日 b	22.4	32.4	14.6 b	12.0 b	4.5 b	8.1
	14	9月 9日 a	22.0	32.2	14.0 a	11.5 a	3.8 a	7.5
分散分析		**	ns	ns	**	**	**	ns
交互作用(a)×(b)		**	ns	*	ns	**	*	ns

注1) 間欠冷蔵処理：10℃暗黒の冷蔵処理を4日間行った後3日間温室管理。

2) 短日処理：15時～19時15分にかけてシルバーカーテンを用いてシェード。

3) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし。

4) 異なる英文字間で5%水準の有意差あり (Tukey n=9)。

処理日数が増えても明期への遭遇が1日当たり数時間の変化しかない。そのため、同化量の減少が多い間欠冷蔵処理で効果が顕著に表れたと推察された。

両処理が草姿に及ぼす影響は、開花日と同様に、開花の早晚性が遅い品種ほど顕著であった。また、各処理の組み合わせによっては交互作用が認められた。交互作用が認められた調査項目について、各処理に対する単純主効果の検定を行うと、いずれの調査項目においても効果が逆転する組み合わせは無く、間欠冷蔵処理回数もしくは短日処理日数が多い組み合わせにより差が小さくなる傾向を示した（データ省略）。日長の変化は栄養成長器官への同化産物の分配率が変化することがソバ（菅原，1961）やイチゴ（塚越ら，1993），キャベツ（福岡ら，1996）等の短日植物で報告されている。また、長日植物ではあるが、シュッコンカスミソウでは日長の変化により同化産物の分配が変化し、花序や小花の発達に影響を及ぼすと推察されている（林ら，1992；山口ら，2013）。これらのことから、開花日と同様に、草姿への影響も短日要求量が多い品種ほど両処理による短日効果が同化産物の分配に強く影響し、処理の組み合わせによっては交互作用を発生したと推察された。

本作型の慣行の短日処理日数は「ネティア」及び「パティック」では14日間、「ルリーズ」では21日間とされている。また、第IV章第1節では「ネティア」の開花促

進と草丈の抑制効果を得るためには4回の間欠冷蔵処理回数が必要であった。しかし、本節で検討した間欠冷蔵処理と短日処理を組み合わせにより、早生品種である「パティック」では明確な差は認められなかったものの、中生品種の「ネティア」及び晩生品種の「ルリーズ」は2回の間欠冷蔵処理と7日の短日処理日数の組み合わせで慣行の短日処理方法と同時期に開花した。また、4回の間欠冷蔵処理に比べると効果は小さいが、慣行の短日処理方法に比べ草丈は小さく、株幅は狭くなった。更に、花房数は間欠冷蔵処理を4回行くと慣行の短日処理に比べ顕著に少なくなったが、間欠冷蔵処理2回と短日処理7日間の組み合わせは花房数の減少が緩和された。間欠冷蔵処理は苗の冷蔵処理に労力を要する。また、短日処理も中小規模の生産者では手動で行われることが多く、処理日数が短いほど労力は軽減される。これらのことから、本節で検討した間欠冷蔵処理と短日処理を組み合わせる処理方法は、最低限の間欠冷蔵処理回数と慣行より短い短日処理日数で慣行と同時期に開花させることができ、草姿を改善できる低労力な方法として有効であると考えられた。

第V章 総括

相対的短日植物であるエラチオール・ペゴニアは短日

期には長日処理による開花抑制を、長日期には短日処理による開花促進を行うことで開花調節が可能であり、日長制御による周年生産が行われている。そのため、年間を通して安定した栽培を行うことが経営の安定化につながる。しかし、千葉県では安定した単価が見込める9月～10月の生産量が少ない。この主な原因として、高温による開花遅延や草丈の徒長による品質低下が考えられている。

エラチオール・ペゴニアの温度に対する開花及び生育反応は1970年代後半～1980年代にかけて国内で様々な研究が行われ、これらの知見を基に現在の栽培体系が確立されている。これまで、エラチオール・ペゴニアの開花は短日と長日のいずれにおいても温度が高いほど早まるとされ、開花遅延については特に問題とされていなかった。一方で、近年は温暖化の影響と思われる夏期の高温により、様々な品目で開花や生育の遅延が発生している。そのため、エラチオール・ペゴニアの9月～10月開花作型で問題となっている開花遅延は、育苗期が7月～8月となることから、夏期の高温による影響が示唆された。そこで、本研究では近年の夏期の高温環境下でのエラチオール・ペゴニアの開花及び生育反応を明らかにするとともに、9月～10月作型における開花遅延の回避を検討した。併せて、以前より同作型で問題となっている、草姿の改善方法について検討した。

まず、第Ⅱ章でインキュベータを用い、人工気象下における明期温度及び暗期温度の組み合わせが開花及び生育に及ぼす影響を、千葉県内で生産量の多い、中生品種の「ネッチャダーク」で検討した。

第Ⅱ章第1節では明期温度27.5℃、30℃、32.5℃及び35℃と暗期温度20℃及び25℃を組み合わせた8処理で検討した。その結果、明期温度27.5℃では暗期温度25℃で到花日数が短かった。明期温度30℃では暗期温度25℃と20℃で到花日数が同等であったが、25℃は変動係数が大きかった。明期温度32.5℃では暗期温度20℃で到花日数が短くなった。開花以外については、暗期温度の違いに関わらず、明期温度が高くなるに従い乾物重が減少し、明期35℃では供試した株すべてが枯死した。明期温度が等しく暗期温度が異なると、乾物重に差はないが、主茎の伸長や節数が変化した。これらのことから、開花については、明期温度27.5℃では暗期温度が高い、すなわち平均温度が高いほど早期に開花し、既存の報告と同様の反応を示すと考えられた。一方で、明期30℃以上では平均温度が高いと開花が不安定もしくは遅延を招き、これまでの報告とは異なる反応を示すと考えられた。そのため、近年の9月～10月開花作型で発生している開花遅延は夏期の気温上昇による同化産物の減少や分配先の変化が影響していると推察された。

第Ⅱ章第2節では、第Ⅱ章第1節で開花に及ぼす影響が顕著であった、明期32.5℃における暗期温度の違いが花芽の分化及び発達に及ぼす影響を調査した。その結果、暗期25℃区は20℃区に比べステージⅠ（未分化）からステージⅣ（外花被が形成）までの移行が遅く、ステージⅣ以降の発達についても個体差が大きかった。そのため、第Ⅱ章第1節の明期30℃及び32.5℃において暗期25℃で開花揃いの不良や遅延が起こった原因は、暗期温度の上昇により花芽の分化～発達が阻害されたためと考えられた。

第Ⅲ章では生産現場における開花遅延対策として、多数の品目で改善効果が報告されている、夜間冷房処理技術を検討した。

第Ⅲ章第1節では中生品種の「ネッチャダーク」への、第Ⅲ章第2節第1項では早生品種の「バティック」、中生品種の「ネッチャダーク」及び晩生品種の「ベルセバ」への暗期20℃の夜間冷房処理が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。「ネッチャダーク」では2017年と2018年の2か年実施し、2017年は無冷房区で、2018年は冷房区で早期に開花した。2018年の明期の平均気温は2017年に比べ約3℃高かった。そのため、第Ⅱ章第1節の結果を踏まえると、両年の夜間冷房による反応の差異は、明期温度の違いによるものと考えられた。明期気温が高かった2018年では「バティック」及び「ベルセバ」においても、夜間冷房処理は無冷房に比べ早期に開花した。これらのことから、明期温度が高い環境下において夜間冷房処理を行うと、複数品種で開花遅延を回避できると推察された。一方で、夜間冷房は、供試したすべての品種で、徒長や花房数の減少による草姿の変化が起こり、品質低下を招いた。そのため、夜間冷房を生産現場で利用するには、開花を安定させつつ草姿の変化による品質低下を改善する方法が必要であると考えられた。

第Ⅲ章第2節では、上記問題を解決する方法に加え、冷房コストを低減する方法を検討した。第1項ではEODc（日没後の短時間冷房処理）が、第2項では明期高温時冷房（気象庁5:00発表の千葉の予想最高気温が30℃以上の日のみ暗期を20℃で冷房）が、第3項では短日冷房（短日処理時のみ暗期を20℃で冷房）が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。その結果、明期高温時冷房及び短日冷房は無冷房より早期に開花し、連続して冷房する処理と同等であった。また、短日冷房は無冷房に比べ草姿のバランスが改善された。そのため、検討した夜間冷房処理方法の中では、短日冷房処理が冷房コストを抑えつつ開花遅延を回避でき、品質改善も同時に図れる方法として有効であると考えられた。

第Ⅳ章では夜間冷房処理よりも低コストの品質改善方法として、イチゴ等で開花誘導及び低温処理効果が報告

されている間欠冷蔵処理が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。

第Ⅳ章第1節では中生品種の「ネティア」を供試し、草丈伸長を抑制しつつ開花を誘導できる冷蔵処理サイクル、冷蔵処理回数及び冷蔵処理温度を検討した。その結果、10℃の冷蔵処理を4日間行った後に温室下での管理を4日間行う処理を4回繰り返す方法が適当であると考えられた。

第Ⅳ章第2節では第Ⅳ章第1節で明らかとした処理方法について、中生品種の「ネティア」を供試して、慣行の栽培方法である短日処理との比較を行った。その結果、間欠冷蔵処理は短日処理に比べ処理開始から開花までの到花日数は長くなるものの、短日処理と同様に計画的な開花調節が可能であることに加え、短日処理に比べ草丈伸長を抑制し、草姿のバランスが改善されることが考えられた。一方で、品質に影響する花房数が短日処理に比べ減少した。そのため、花房数の減少を抑制しつつ開花促進及び草丈伸長の抑制が可能な処理方法の開発が必要であると考えられた。

第Ⅳ章第3節では上記問題を解決することを目的に、早生品種の「パティック」、中生品種の「ネティア」及び晩生品種の「ルイズ」を供試して、間欠冷蔵処理と短日処理の組み合わせが開花及び生育に及ぼす影響を検討した。その結果、早生品種の「パティック」では明確な効果は明らかとならなかったものの、中生品種「ネティア」及び晩生品種「ルイズ」では間欠冷蔵処理回数もしくは短日処理日数が多くなるに従い早期に開花し、草丈が短く、花房数が減少した。また、両処理を組み合わせることにより、間欠冷蔵処理もしくは短日処理を単独で行うよりも少ない処理回数及び処理日数の組み合わせで開花を促進させつつ草丈伸長を抑制し、花房数の減少も抑制できると考えられた。

以上のことから、9月～10月開花作型において発生している開花遅延は近年の夏期の高温により花芽分化及び発達が阻害されるために発生すると考えられた。また、開花遅延対策及び草姿を改善する方法として短日処理期のみの夜間冷房処理もしくは間欠冷蔵処理と短日処理を組み合わせる方法が有効であると考えられた。両処理方法は一長一短があり、夜間冷房処理は作業労力が少ない一方で導入コストが高く、間欠冷蔵処理は導入コストが低いものの処理する株数が増えるほど作業労力が増加する。そのため、今後開発した処理方法を生産現場に普及するには、生産規模に合わせて導入する処理方法を判断していく必要があると考えられる。

エラチオール・ペゴニアを含め、今後の花き生産では労働人口の減少や生産コストの上昇に対応するために、より生産効率の上昇や安定性が求められると考えられる。

本研究で開発した技術についても、今後は明期温度によって自動で夜間冷房の有無が切り替わるような夜間冷房システムの開発や、間欠冷蔵処理時の苗の出し入れを自動化する機材の研究開発に取り組み、より効率が高く、安定した生産が行える研究開発に取り組んでいきたい。

謝 辞

本論文を取りまとめるにあたり、岡山大学大学院環境生命科学研究科教授の後藤丹十郎博士には、終始懇切丁寧なご指導とご高閲を賜った。後藤先生には、筆者が社会人として試験研究に携わった当初からご指摘、ご助言と激励のお言葉を数多くいただいた。心より感謝申し上げます。また、本研究の遂行にあたり岡山大学大学院環境生命科学研究科教授の吉田裕一博士、同准教授の安場健一郎博士、現 京都大学農学研究科准教授の田中義行博士には貴重なご助言とご鞭撻を賜り、感謝申し上げます。

本研究の一部は農林水産省イノベーション創出強化研究推進事業（旧農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業）「短時間変温管理法に基づく主要花き類の周年安定生産技術の開発（課題番号：29015C）の中で実施した。研究総括者である国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 野菜花き研究部門上級研究員の道園美弦氏、鉢花研究グループの島根県農業技術センター主任研究員の加古哲也氏、株式会社イズ常務取締役の黒川和哉氏並びに主事の才野忠敬氏には、共同研究者として多大なるご協力とご支援をいただいた。特に、道園美弦氏と加古哲也氏からは、事業実施前から公私に渡りご助言と温かい激励をいただいた。心より感謝申し上げます。

これらの研究を共に担っていただいた千葉県農林総合研究センター花植木研究室の柴田忠裕室長（現 株式会社常盤植物化学研究所 佐倉ハーブ園園長）、鈴木健室長（現 千葉県農林水産部担い手支援課副技監（兼）技術振興室長）、加藤正広室長、市東豊弘主任上席研究員（現 千葉県農林水産部担い手支援課主任上席普及指導員）、清水健研究員（現 病理昆虫研究室研究員）、熱田圭佑研究員（現 香取農業事務所普及指導員）、室田有里研究員、下江憲研究員（現 検査業務課副主査）には多大なるご協力とご支援をいただいた。特に、鈴木健室長と清水健研究員からは博士号取得を強く勧めていただくとともに、本論文作成にあたりご助言と温かい激励をいただいた。厚く感謝する。また、本研究を行うにあたり実験補助及び圃場管理を行っていただいた千葉県農林総合研究センター花植木研究室の技術員の方々、生産現場から見た有益なご助言並びにご指示を数多くいただいた千葉県鉢花生産者連絡協議会ペゴニア部会の方々には心より感謝の意を表す。本研究は筆者が千葉県農林総

合研究センターに勤務しつつ、岡山大学大学院環境生命科学科に在籍して実施した。社会人としての大学在籍にあたり、元千葉県農林総合研究センター長の在原克之氏並びに斎藤研二氏には寛大なご配慮をいただいた。ここに厚く感謝の意を表す。

岡山県農林水産総合センター農業研究所特別研究員の森義雄氏をはじめ野菜花研究室の方々には、本研究に取り組む以前から研究員としての心構えや研究及び栽培の進め方について多大なご指導とご鞭撻をいただいた。これまで私が研究に従事できたのも野菜花研究室の方々のおかげである。また、岡山大学大学院環境生命科学研究科作物開花制御学研究室の皆様には温かい激励をいただいた。厚く感謝する。

最後に、社会人大学院生としての研究生活を支えてくれた家族並びに友人に心から感謝する。

摘 要

本研究は近年の夏期の高温がエラチオール・ベゴニアの開花及び生育に及ぼす影響を明らかにすると共に、高温の影響を強く受ける9月から10月にかけての秋出荷作型において、冷房・冷蔵処理を用いた開花の安定及び品質改善方法を検討した。

明期のPPFDを110～120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ としたインキュベータを用い、夏期の高温を想定した明期温度27.5℃、30℃、32.5℃及び35.0℃と暗期温度20.0℃及び25.0℃の組み合わせが「ネッチャダーク」の開花及び生育に及ぼす影響を検討した。その結果、明期35.0℃では暗期温度に関わらず株が枯死した。明期温度27.5℃、30℃及び32.5℃と暗期温度20.0℃及び25.0℃の組み合わせでは、明期27.5℃では暗期25.0℃で早期に開花し、明期30.0℃では両暗期で同時期の開花となり、明期32.5℃では暗期20.0℃で早期に開花した。また、いずれの明期温度においても到花日数の変動係数は暗期20.0℃が25.0℃に比べ小さかった。主茎長、主茎節数及び第1花房の着生節位は明期温度が高くなるに従い値が大きくなる傾向が見られた。一方で、これらの調査項目を同一の明期温度で比較すると、暗期20.0℃は25.0℃に比べ値が小さかった。植物体の乾物重（地上部と地下部の合計）は明期温度が高くなるに従い軽くなり、同一の明期温度では暗期温度の違いによる差はなかった。暗期20.0℃の到花日数が25.0℃よりも短くなった明期32.5℃（PPFD：115～123 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ ）において花芽分化及び発達の推移を検鏡したところ、暗期25.0℃は20.0℃に比べ小花原基が分化するまでの日数が長く、それ以降の発達も個体差が大きかった。以上のことから、27.5℃以上の明期温度では温度が高くなるに従い同化量が減少し、生育が抑制される

と考えられた。また、明期温度が同一であっても暗期温度が異なると同化産物の分配先が変化し、開花及び生育が変化すると考えられた。特に明期32.5℃では、暗期20.0℃は25.0℃に比べ花芽分化及び発達が早く、到花日数が短くなると考えられた。

暗期温度の低下が開花及び生育に及ぼす影響を10月出荷作型の温室栽培において検討した。「ネッチャダーク」を供試し、約2か月間暗期を20℃で冷房したところ、明期平均気温が栽培期間を通して30℃未満で推移した2017年の栽培では無冷房に比べ開花が遅延した。一方で、栽培期間中の明期平均気温の多くが30℃以上で推移した2018年の栽培では無冷房に比べ早期に開花した。また、両年とも冷房を行うと無冷房に比べ主茎の節間が長くなった。明期温度の変動に対応した冷房方法として、明期平均気温が高かった2018年に明期の予想最高気温が30℃以上となる日のみ暗期を20℃で冷房する方法を検討した。品種は「パティック」、「ベルセバ」及び「ネッチャダーク」を用いた。その結果、3品種とも終始暗期を20℃で冷房する方法と同等の開花日となり、無冷房に比べ早期に開花した。また、「ネッチャダーク」を用いて21日間の短日処理（4時～9時を遮光）中のみを暗期20℃で冷房処理する方法を検討したところ、約2か月間を終始暗期20℃で冷房する方法と同等の開花日となり、節間は無冷房以上に短くなった。品質の指標となる鉢の高さに対する草丈の比率（草丈比）及び株幅の比率（株張り比）を短日処理中のみの冷房処理と無冷房とで比較すると、短日処理中のみの冷房処理は無冷房に比べ高品質とされる比率に近い値を示した。以上のことから、暗期を20℃で冷房する処理方法は明期気温が高い環境下では無冷房に比べ早期に開花するが、明期気温が低い環境下では開花遅延を招くと考えられた。この対策として、明期が高い日のみを暗期冷房する方法が有効であると考えられた。また、短日処理中のみの冷房処理でも開花の促進効果が得られ、この方法は草丈比及び株張り比を改善し、無冷房に比べ品質が向上すると考えられた。

暗期を冷房する処理方法に比べ栽培コストを削減する方法として、間欠冷蔵処理が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。「ネティア」では、冷蔵処理温度を10℃とし、暗黒の冷蔵処理を4日間行った後に温室下で4日間管理するサイクルを4回繰り返す間欠冷蔵処理は短日処理を行わない栽培方法に比べ早期に開花し、草丈伸長が抑制された。9月及び10月出荷作型において、間欠冷蔵処理と、この作型の慣行栽培方法である、短日処理が開花及び生育に及ぼす影響を「ネティア」を用いて比較した。間欠冷蔵処理は10℃の冷蔵処理を4日間行った後、温室内管理を3日もしくは4日行う処理を4回繰り返す方法とした。短日処理は15時～19時15分に遮光を14日間行う方法

とした。目的とする開花期を9月中旬もしくは10月中旬とし、間欠冷蔵処理を開花期の約2か月半前、短日処理を約1か月半前に開始したところ、両処理とも目的の時期に開花させることができた。また、間欠冷蔵処理は短日処理に比べ草丈が短く、株幅が狭くなり、品質の指標となる草丈比及び株張り比が高品質とされる比率に近い値を示した。一方で、間欠冷蔵処理は短日処理に比べ花房数が減少した。草丈及び株幅を短くしつつ花房数の減少を抑制する方法として、間欠冷蔵処理回数と短日処理日数の組み合わせが開花及び生育に及ぼす影響を「バティック」、「ルイズ」及び「ネティア」を用いて検討した。間欠冷蔵処理方法は10℃で4日処理した後温室内管理を3日行った。短日処理日数は15時～19時15分を遮光する方法とした。その結果、「バティック」では効果が判然としなかったが、「ルイズ」及び「ネティア」は間欠冷蔵処理2回と短日処理日数7日の組み合わせで慣行の栽培方法（「ルイズ」は間欠冷蔵処理0回と短日処理日数21日、「ネティア」は間欠冷蔵処理0回と短日処理日数14日）と同時期に開花し、草丈及び株幅の値が小さくなり、花房数の減少が抑制できた。これらのことから、間欠冷蔵処理は短日処理と同様に計画的な開花調節を行うことが可能であり、尚且つ短日処理に比べ草姿が改善できると考えられた。また、短日処理と併用することで、花房数の減少を抑制しつつ草姿改善できると推察された。

以上のことから、本研究はエラチオール・ペゴニアの高温に対する開花及び生育反応を明らかにするとともに、実際の栽培における冷房もしくは冷蔵処理による高温対策技術を確立し、秋出荷作型における開花の安定及び品質向上技術を体系化した。

引用文献

- Anderson, O. N. (2007) Flower Breeding and Genetics. In: Chapter 9. Begonia. History and breeding (Anne Kathrine Hvostlef-Eide and Cristel Munster). pp. 250-251. Springer Science & Business Media, Berlin.
- 青木正孝・原 幹博・篠田浩一 (1984a) 鉢花の好適地下部環境に関する研究 (第2報) 培地気相率とエラチオール・ペゴニア、ペゴニア・ポウエリー、ポインセチアの生育. 園学要旨. 昭59春: 336-337.
- 青木正孝・原 幹博・篠田浩一 (1984b) 鉢花の好適地下部環境に関する研究 (第4報) 灌水方法・施肥条件とエラチオール・ペゴニアの生育. 園学要旨. 昭59秋: 394-395.
- 馬場富士夫・石井香奈子・武藤浩志・稲葉善太郎 (2013) 冬季の日没後または日の出前の昇温処理がスプレーカーネーションの開花、収量及び切り花形質に及ぼす影響. 園学研. 12: 389-396.
- Berghoef, J. and J. Bruinsma (1979) Flower development of *Begonia franconis* Liebm. : I. effects of growth-regulating substances and environmental conditions on the composition of the inflorescence. Z. Pflanzenphysiol. 93: 303-315.
- チャイラヒヤン (1959) 植物開花生理 (中村英司訳). pp. 58-82. 朝倉書店, 東京.
- 千葉県 (2016) 施設栽培におけるヒートポンプの利用について. <https://www.pref.chiba.lg.jp/ninaite/network/h21-fukyu/heatpump.html> 最終アクセス2019年6月25日.
- 道園美弦・久松 完・大宮あけみ・市村一雄・柴田道夫 (2012) 低温期のスプレーギク施設栽培におけるEOD-heatingの有効性. 園学研. 11: 505-513.
- 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.
- Erwin, J. E., R. D. Heins and M. G. Karlson (1995) Thermomorphogenic responses in stem and leaf development. Hort Sci. 30: 940-949.
- 福岡信之・吉岡 宏・清水恵美子・藤原隆広 (1996) 遮光下におけるキャベツセル成型苗の根の生理的变化と定植後の発根力との関係. 園学雑. 65(3): 545-551.
- 後藤 丹十郎・大石 さやか・石倉 聡・福島 啓吾・梶原真二・道園 美弦 (2014) 夏期高温時の夜間冷房時間帯が花壇苗の成長と開花に及ぼす影響. 園学研. 13 (別2): 500.
- Grindal, G., R. Moe (1994) Effect of temperature drop and a short dark interruption on stem elongation and flowering in *Begonia* × *hiemalis* Fotsch. Sci. Hortic. 57: 123-132.
- Haegeman, J. (1979) Tuberous begonias: Origin and development. pp. 191-193. J. Cramer, Vaduz.
- ハインズ, ロイヤル. 古在豊樹. 他 (1995) セル成型苗の貯蔵技術. 古在豊樹・大川清監修. pp. 24-53. 農文協, 東京.
- 白山竜次・永吉実孝・郡山啓作 (2014) 暗期中断期間における電照中断がキクの花芽形成に及ぼす影響. 園学研. 13: 241-248.
- 浜田 豊 (1981) エラチオール・ペゴニアに関する研究 (第1報) 親株の日長・夜温管理が繁殖に及ぼす影響. 園学要旨. 昭56春: 322-323.
- 浜田 豊 (1982) エラチオール・ペゴニアに関する研究 (第2報) 親株の日長・夜温管理が繁殖に及ぼす影響. 園学要旨. 昭57春: 298-299.

- 浜田 豊 (1983) エラチオール・ベゴニアに関する研究 (第3報) 親株の日長管理が増殖株の品質に及ぼす影響. 園学要旨. 昭58春: 316-317.
- 浜田 豊 (1985) エラチオール・ベゴニア *Begonia elatior* hybridに関する研究 (第4報) 繁殖方法が品種の形質に及ぼす影響. 園学要旨. 昭60春: 392-393.
- 花田惇史・吉田裕一・後藤丹十郎・安場健一郎・田中義行 (2015) 間欠冷蔵処理回数がイチゴ‘女峰’の開花に及ぼす影響. 岡山大農学報. 37: 17-20.
- Harris, G. P. and B. Jeffcoat (1974) Effects of temperature on the distribution of 14 C-labelled assimilates in the flowering shoot of carnation. Ann. Bot. 38: 77-83.
- 林孝洋 (1991) 岐散花序の構成と発達並びにその制御. pp. 7-46. 京都大学, 京都.
- 林孝洋・宮田弘恵・小西国義 (1992) シュッコンカスミノウの花序の構成と発達. 園学雑. 61(1): 135-141.
- Heide, O. M. (1962) Interaction of night temperature and day-length in flowering of *Begonia* × *cheimanthus* Everett. Physiol. Plant. 15: 729-735.
- 東浦優・岩崎勇次郎・道園美弦・石上佳次・小山佳彦 (2013) カーネーションの夏期夜間冷房温度が秋季切り花品質に及ぼす影響. 園学研. 12 (別2): 485.
- 池田幸弘・宇田 明・小林尚司・西村十郎・藤原辰行・三宅元一 (1987) 夜間冷房及び山上げがシクラメン及びエラチオール系ベゴニアの生育開花に与える効果. 園学要旨. 昭62秋: 476-477.
- 岩崎勇次郎・武藤貴大・東浦優・道園美弦 (2013) 高温期における夜間冷房処理時間帯の違いがカーネーションの生育・開花に及ぼす影響. 園学研. 12(別2): 486.
- 梶原真二・石倉 聡・福島啓吾・道園美弦 (2015) 高温期における夜間の短時間冷房がバラの切り花収量及び形質に及ぼす影響. 園学研. 14 : 365-369.
- 加古 哲也・田中 博一・川村 通 (2013) 夏期高温条件下における夜間降温処理温度がシクラメンの生育・開花に及ぼす影響. 園学研. (別2): 238.
- 加古哲也・山中光司・川村 通・後藤丹十郎・小林伸雄 (2016) 間欠冷蔵処理における低温期間の比率がミニシクラメンの生育・開花に及ぼす影響. 園学研. 15(別1): 405.
- Karlsson, M. G. (1992) Leaf unfolding rate in *Begonia* × *hiemalis*. Hort Sci 27: 109-110.
- Karlsson, M. G., R. D. Heins, J. E. Erwin, R. D. Berghage, W. H. Carlson, J. A. Biernbaum (1989) Temperature and photosynthetic photon flux influence chrysanthemum shoot development and flower initiation under short-day conditions. J. Amer. Soc. Hort. 114: 158-163.
- 清沢茂久・清沢万子 (1961) 大豆における光中断感応性と開花に必要な最少短日処理日数の品種間差異. 日作紀. 29: 359-361.
- 小泉 力 (2002) 花卉園芸大百科12宿根草. pp. 441-453. 農文協, 東京.
- 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 (2013) 間欠冷蔵処理によるイチゴの花芽分化促進・処理技術の理論と実際. https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/warc_manual_handling_intermittent_refrigeration_201302.pdf 最終アクセス2019年6月25日.
- 国立天文台 (2013) 天文情報センター暦計算室・各地の暦・千葉. <https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/dni/2013/dni12.html> 最終アクセス2019年4月27日.
- 国立天文台 (2015) 天文情報センター暦計算室・各地の暦・千葉. <https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/dni/2015/dni12.html> 最終アクセス2019年4月27日.
- 国立天文台 (2016) 天文情報センター暦計算室・各地の暦・千葉. <https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/dni/2016/dni12.html> 最終アクセス2019年4月27日.
- Moe, R. and L. M. Mortensen (1992) Thermomorphogenesis in pot plants. Acta Hort. 305: 19-25.
- Molnar, J. M. (1974) Photoperiodic response of *Begonia* × *Hiemalis* cv. Rieger. Can. J. Plant Sci. 54: 277-280.
- 武藤貴大・岩崎勇次郎・稲葉善太郎・道園美弦 (2013) 高温期における夜間冷房時間帯の違いが鉢物マーガレット‘サンデーリップル’の生育・開花に及ぼす影響. 園学研. 12(別2): 495.
- Nakano, Y., Y. Higuchi, K. Sumitomo and T. Hisamatsu (2013) Flowering retardation by high temperature in chrysanthemums: involvement of FLOWERING LOCUS T-like 3 gene repression. J. Exp. Bot. 64: 909-920.
- 中野善公・津田花愛・住友克彦・久松 完 (2017) キクの高温開花遅延: 異なる時間帯の高温処理が夏秋ギクの開花とFTL3 遺伝子発現に及ぼす影響. 園学研. 16(別1): 396.
- 二村幹雄・山口徳之・池内 都・和田朋幸・大石一史 (2012) 夏期高温時の超微粒ミスト噴霧と夜間冷房がバラ切り花の収量・品質に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 44: 53-59.
- 農林水産省 (2019) 花きの現状について. <http://www.maff.go.jp/j/seisan/kaki/flower/attach/pdf/index-47.pdf> 最終アクセス2019年4月27日.
- 大石さやか・後藤丹十郎・石倉聡・福島啓吾・梶原真二・

- 道園美弦 (2013) 夏期高温環境下における夜間冷房温度がミニシクラメンの生育に及ぼす影響. 園学研. 12 (別2): 494.
- Powell, M. C. and A. C. Bunt (1979) The effect of daylength and supplementary lighting on the growth of *Begonia* $\times$ *hiemalis* leaf cuttings. Sci. Hort. 10: 203-212.
- Powell, M. C. and A. C. Bunt (1980) The appearance and development of buds on leaf cuttings of *Begonia* $\times$ *hiemalis* in long and short days. Sci. Hort. 12: 377-384.
- Powell, M. C. and A. C. Bunt (1985) Seasonal variation in the effect of daylength on growth and flowering of Rieger Begonia 'Schwabenland red'. Sci. Hort. 27: 143-152.
- Powell, M. C. and A. C. Bunt (1986) A model of the growth of leaves of *Begonia* $\times$ *hiemalis* Fotsch. grown in long days and with intercalated short days. Sci. Hort. 61: 523-531.
- リュンガー, W. (1978) 園芸植物の開花生理と栽培 (浅平端, 中村英司訳). pp. 65-72. 誠文堂新光社, 東京.
- Sachs, R. M., A. M. Kofraneck and W. P. Hackett (1976) Evaluating new pot plant species. Florist's Review. October 21: 35-36; 80-84.
- Sandved, G. (1969) Flowering in *Begonia* $\times$ *hiemalis* Fotsch as affected by daylength and temperature. Acta Hort. 14: 61-66.
- 関栄一・小竹寿子 (1996) 花き栽培標準技術体系エラチオールベゴニア (千葉県・千葉県農林技術会議技術調整部会 編). pp. 12-35. 弘報社印刷, 千葉.
- 菅原勤治郎 (1961) 蕎麦の開花結実に関する生態学的研究(IV)・炭素同化作用の効率と同化生産物の分配について. 岩手大学芸学報. 19(3): 65-78.
- 虎太有里・仲 照史・辻本直樹・後藤丹十郎 (2015) プリムラ・ポリアンサの開花に及ぼす秋季冷蔵処理の影響. 園学研. 14 (別2): 538.
- 東京都中央卸売市場 (2009a) 市場統計情報. 品目別取扱実績 (エラチベゴニア). http://www.shijou-tokei.metro.tokyo.jp/asp/searchresult2.aspx?gyoshucd=3&smode=10&s=2009|1|2009|12|0|4|4|404020&hinmoku_flg=false&gensstr=%E5%B9%B3%E6%88%9021%E5%B9%B4&genestr=%E5%B9%B3%E6%88%9021%E5%B9%B4 最終アクセス2019年4月27日.
- 東京都中央卸売市場 (2009b) 市場統計情報. 産地別取扱実績 (エラチベゴニア). http://www.shijou-tokei.metro.tokyo.jp/asp/searchresult2.aspx?gyoshucd=3&smode=20&s=2009|1|2009|12|0|4|4|404020&hinmoku_flg=false&gensstr=%E5%B9%B3%E6%88%9021%E5%B9%B4&genestr=%E5%B9%B3%E6%88%9021%E5%B9%B4 最終アクセス2019年4月27日.
- 東京都中央卸売市場 (2018a) 市場統計情報. 品目別取扱実績 (エラチベゴニア). http://www.shijou-tokei.metro.tokyo.jp/asp/searchresult2.aspx?gyoshucd=3&smode=10&s=2018|1|2018|12|0|4|4|404020&hinmoku_flg=false&gensstr=%E5%B9%B3%E6%88%9030%E5%B9%B4&genestr=%E5%B9%B3%E6%88%9030%E5%B9%B4 最終アクセス2019年4月27日.
- 東京都中央卸売市場 (2018b) 市場統計情報. 産地別取扱実績 (エラチベゴニア). http://www.shijou-tokei.metro.tokyo.jp/asp/searchresult2.aspx?gyoshucd=3&smode=20&s=2018|1|2018|12|0|4|4|404020&hinmoku_flg=false&gensstr=%E5%B9%B3%E6%88%9030%E5%B9%B4&genestr=%E5%B9%B3%E6%88%9030%E5%B9%B4 最終アクセス2019年4月27日.
- 武田和男 (2003) ベゴニア百科. ベゴニアの発達史 (日本ベゴニア協会 編). pp. 200-201. 誠文堂新光社, 東京.
- 瀧本 敦 (1998) 花を咲かせるものは何か—花成ホルモンを求めて. pp.43-44. 中央公論社, 東京.
- 滝沢昌道 (2005) 鉢花のマーケティング管理と技術対応に関する研究. 東京農試研報. 33: 65-138.
- 坪木良雄・藤井秀昭・長谷川新一 (1980) 水稻の出穂性に関する研究: 第7報 出穂促進の最小必要短日処理日数と好適温度の短日条件下における播種から出穂までの日数について. 日作紀. 49(別1): 183-184.
- 塚越 寛・伊東 正・塚原 温 (1993) 育苗中の短日と低温処理がイチゴ '女峰' の体内生理に及ぼす影響. 生物環境調節. 31(4): 223-229.
- 塚本洋太郎 (1970) 園芸植物の開花調節. p. 249. 誠文堂新光社, 東京.
- 植村猶行 (1994) ビジュアル園芸ブックス10 魅惑の花ベゴニア. ベゴニアのふるさとと野生種. pp. 8-13. 同朋舎出版, 京都.
- Vogelezang, J. V. M. (1990) Effect of root-zone and air temperature on flowering, growth and keeping quality of *Begonia* $\times$ *hiemalis* 'Toran'. Sci. Hortic. 44: 135-147.
- 山口訓史・後藤丹十郎・小日置佳世子・大谷翔子 (2013) 日長, 補光強度, 遮光時期及び最低夜温がシュッコ

ンカスミソウ‘アルタイル’の形態異常花序発生に
及ぼす影響. 岡山大農学報. 102: 29-34.

米村浩次 (1993) 農業技術大系花卉編1. 生長・開花とそ
の調節. 日長反応と日長による制御. pp. 133-137.
農文協, 東京.

Yoshida, Y., E. Ozaki, K. Murakami and T. Goto
(2012) Flower induction in june-bearing straw-
berry by intermittent low temperature storage. J.
Japan. Soc. Hort. Sci. 81: 343-349.

Development of stable flowering and quality improvement of autumn cropping-type *Begonia* × *hiemalis* Fotsch. using night cold storage and intermittent low-temperature storage

Taku NAKAJIMA

Summary

This study investigated the effect of high summer temperatures on the flowering and growth of *Begonia* × *hiemalis* Fotsch., and studied the effect of night cold storage and intermittent low-temperature storage on stable flowering, aiming to improve the quality of the autumn cropping type from September to October, which is affected by high temperatures.

1. Using an incubator with a photosynthetic photon flux density (PPFD) of 110 - 120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ in the light period, we investigated the effect of light period temperatures of 27.5, 30.0, 32.5 and 35.0 °C in combination with dark period temperatures of 20.0 and 25.0 °C, assuming summer temperatures, on the flowering and growth of 'Netja Dark'. The plants died at the light period temperature of 35.0 °C, regardless of dark period temperatures. With a combination of light period temperatures of 27.5, 30.0 and 32.5 °C and dark period temperatures of 20.0 °C and 25.0 °C, a light period at 27.5 °C caused early flowering when combined with a dark period of 25.0 °C. With a light period of 30.0 °C, flowering occurred at the same time for both dark period temperatures. With a light period of 32.5 °C and a dark period of 20.0 °C, the plants bloomed early. The coefficient of variation in the number of flowering days was smaller at a dark period temperature of 20.0 °C than at 25.0 °C for all light period temperatures. The main stem length, the number of nodes on the main stem and the length of the first node with a flower cluster tended to increase as the temperature during the light period increased. On the other hand, when these investigation items were compared for the same light period temperature, the length of the first node with a flower cluster at a dark period temperature of 20.0 °C was shorter than at 25.0 °C. The dry matter weight of the plant (total of aerial part and underground part) became lighter as the light period temperature increased. There was no difference caused by variation in dark period temperature for the same light period temperature.

The changes in flower bud differentiation and development were examined at 32.5 °C (PPFD of 115 - 123 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$), where the number of flowering days at 20.0 °C was shorter than at 25.0 °C. A dark period at 25.0 °C resulted in a longer number of days until the floret primordia differentiated than at 20.0 °C, and there were large individual differences in development thereafter. From the above, it appears that the amount of assimilation was decreased, and that growth was suppressed at light period temperatures exceeding 27.5 °C. In addition, even for the same light period temperature, it appears that the distribution of the assimilated products changed, and flowering and growth changed when the dark period temperature was different. With a light period of 32.5 °C, flower bud differentiation and development were faster with a dark period at 20.0 °C than at 25.0 °C, and the number of flowering days was reduced.

2. The effects on flowering and growth of lowering the dark period temperature were investigated in a greenhouse cultivar, targeting the harvesting of flowers in October. In the experiments, the test variety was 'Netja Dark', and the greenhouse was cooled during the dark period to 20 °C over a period of about two months. In 2017, in which average light temperature remained below 30 °C throughout the cultivation period, flowering was delayed more by the cooling treatment than with the uncooled treatment. On the other hand, in 2018, during which the average temperature in the light period during the cultivation period remained above 30 °C, flowering was earlier with the cooling treatment than without. In both years, the internode length of the main stem with the cooling treatment became longer than with uncooled treatment. As a cooling method to cope with fluctuations in the light period temperature, we examined a treatment of cooling during the dark period at 20 °C only on days when the expected maximum temperature in the light period exceeded 30 °C. The varieties used were 'Batik', 'Belseva' and 'Netja Dark'. All three varieties flowered earlier than with the uncooled treatment, and the flowering date was the same as that with cooling at 20 °C during the dark period. In another test, I examined cooling treatment with 'Netja Dark' at 20 °C for the dark period only during short-day treatment (shading the entire cultivation space from 16:00 to 21:00 for 21 days). Consequently, the flowering date was the same as with the cooling treatment for about two months at 20 °C throughout the dark period, and the internodes were shortened more than with the uncooled treatment. Comparing the ratio of plant height and plant diameter to pot height, which are indicators of quality, between cooling treatment only during short-day treatment and uncooled treatment, the ratios were more appropriate with cooling treatment only during short-day treatment than with uncooled treatment.

From the above, when the temperature is high during the light period, cooling at 20 °C during the dark period seemed to cause earlier blooming than uncooled treatment. However, when the temperature is low during light periods, it appears to delay flowering. As a countermeasure to this, cooling in the dark period only on days with a high light period proved effective. The effect of promoting flowering was also obtained by cooling treatment only during short-day treatment, and this method appeared to improve plant height ratio and plant diameter ratio, and to improve quality compared to uncooled treatment.

3. We investigated the effect of intermittent low-temperature storage on flowering acceleration and growth of 'Netja'. 4D/4D×4 (processing of four-day refrigeration treatment at 10 °C in the dark followed by four days under greenhouse conditions, repeated for four cycles) decreased the number of first nodes with flower clusters and reduced plant height compared with that of the control plants grown under only greenhouse conditions. The timing of flowering of 4D/4D×4 was earlier than that of the greenhouse controls. We compared the effects of intermittent low-temperature storage and short-day treatment (conventional cultivation) on the growth, flowering, and plant profile of 'Netja' during forcing culture aiming to harvesting the flowers in mid-September and mid-October. Intermittent low-temperature storage was conducted using young potted plants, comprising four cycles of 4-day refrigeration at 10 °C in the dark, followed by 3 - 4 days under greenhouse conditions. Short-day treatment was conducted by shading the whole cultivation space from 15:00 to 19:15 for 14 days. When intermittent low-temperature storage and short-day treatment were applied about 2.5 and 1.5 months, respectively, before the targeted flowering time, the plants flowered successfully. The ratios of plant height and plant diameter to pot height were improved by intermittent low-temperature storage for both growth timeframes. On the other hand, intermittent low-temperature storage decreased the number of flower clusters compared to short-day treatment. As a method of minimizing the decrease in the number of flower clusters and maintaining short plant height and diameter, we examined the effect of combining the number of intermittent low-temperature storage times and the number of short-day treatments on flowering and growth of 'Batik', 'Louise' and 'Netja'. Young potted plants were subjected to an intermittent low-temperature storage regime of four cycles of 4-day refrigeration at 10 °C in the dark, followed by three days under greenhouse conditions. Short-day treatment was applied by shading the entire cultivation space from 15:00 to 19:15. Although the effect was not clear in 'Batik', the combination of two intermittent low-temperature storage periods and a short-day treatment period of 7 days resulted in flowering at the same time as the conventional short-day treatment-only

cultivation method. The plant height and plant width were reduced, and the decrease in the number of inflorescences was suppressed in 'Louis' and 'Netja'. From these results, we conclude that the use of intermittent low-temperature storage can control the regulation of flowering in the same way as short-day treatment and can improve the plant profile more than short-day treatment. It also appears that combination with short-day treatment can improve the plant profile while suppressing the decrease in the number of inflorescences.

This study clarified the flowering and growth response of *Begonia* $\times$ *hiemalis* Fotsch. to high temperatures, established a technology for counteracting high daytime temperatures using night cold storage or intermittent low-temperature storage, and determined the stability and quality of flowering in autumn-cropping types of Begonia.

編集委員長 鈴木 健 司
編集委員 栗 原 大 二
齊 藤 俊 一
黒 田 幸 浩
加 藤 正 広
戸 谷 智 明
横 山 と も 子
安 藤 利 夫
草 川 知 行
宇賀神七夕子
平 井 達 也
久 保 周 子
福 原 一 成
編集委員会事務局 海 老 原 克 介

千葉県農林総合研究センター特別報告 第9号
令和3年3月31日発行

発行所 千葉県農林総合研究センター
場 所 〒266-0014
千葉県緑区大金沢町 180 番地 1
電 話 (043)291-0151 (代表)

印 刷 株式会社 ハ シ ダ テ
住 所 〒261-0002
千葉県美浜区新港 1 1 6 - 1
電 話 (043)243-3311

「私的使用のための複製」や「引用」などの著作権法上認められた場合を除き、
本資料を無断で複製・転用することはできません。

第I章 緒言

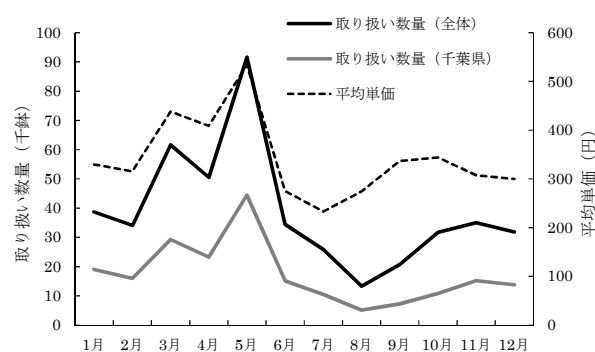
エラチオール・ベゴニア (*Begonia* × *hiemalis* Fotsch.) は原種のベゴニア・ソコトラナ (*Begonia socotrana*) と園芸種の球根ベゴニア (*Begonia* × *tuberhybrida*) の交雑種であり、1800年代後半から世界各地で鉢花用の品目として生産・育種が行われている (Haegeman, 1979). 中でも特に有名なものがOtto Riegerが育成した系統であり、1955年以降に次々と人気の高い品種を発表し、Otto Riegerの名前は不朽となった (武田, 2003; Anderson, 2007). これらのことから、エラチオール・ベゴニアはリーガーベゴニアまたはリーガースベゴニアの名で流通・販売されることも多い。日本国内に初めて導入されたのは1964年とされている (小泉, 2002). 千葉県では1973年に試作が開始され、翌年の1974年に市場出荷が開始した (関・小竹, 1996). 以降は現在に至るまで、千葉県内では全域で生産が行われている。

日本国内の花き類全体の産出額は1996年をピークに減少し、2010年以降は横ばいの状態が続いている (農林水産省, 2019). しかし、鉢花類は減少が続いており、東京都中央卸売市場の鉢花類全体の年間取り扱い数量は2009年で約2,478万鉢だったが、2018年は約1,439万鉢と10年間で42%減少した。エラチオール・ベゴニアも同様の傾向を示し、2009年の約72万鉢に対し2018年は約41万鉢と44%減少している。その様な中で、東京都中央卸売市場で取り扱うエラチオール・ベゴニアのうち千葉県産が占める割合は、2009年は約35%であったが、2018年は約41%と増加している (東京卸売市場, 2009a, 2009b, 2018a, 2018b). この様に、鉢花類の減少が続く中、千葉県産のエラチオール・ベゴニアは市場から信頼の高い産地として位置付けられており、今後も高品質なものを安定して出荷することが生産者の経営安定に繋がると考えられる。

エラチオール・ベゴニアは相対的短日植物であり、日長を制御することで開花調節が可能である (Molnar, 1974; Powell・Bunt, 1979, 1980, 1985, 1986). この性質を利用し、日本国内では短日もしくは長日処理を用いた周年生産が行われている。東京都中央卸売市場の月別の取り扱い数量と平均単価の推移を第1図に示した。

全体の取り扱い数量は8月が最も少なくなり、9月から10月にかけて徐々に増加する。一方で、千葉県産も全体と同様に、6月から減少し8月が最も少なくなる。その後の出荷量は11月にかけて緩やかに増加しているが、9月～10月の出荷量は他産地に比べ少ない。平均単価の推移は、7月が年間で最も安く、それ以降は増加に転じ、9月以降は安定した単価が見込める。これらのことから、9月～10月の出荷量を増加させることが千葉県内のエラチオール・ベゴニア生産者の経営を安定させる方法の1つと考えられる。しかし、千葉県内の生産者は、9月～10月開花の作型は①開花が安定しない、②草丈の徒長により高品質なものを生産し難い、の2つの理由から、生産を敬遠することが多い。

日本国内におけるエラチオール・ベゴニアの開花及び生育に関する研究は1970年代後半～1980年代にかけて多く行われた (浜田, 1981, 1982, 1983; 青木ら, 1984a, 1984b; 池田ら, 1987; 小泉, 2002). これらの結果を基に開発された9月～10月開花の作型は、4月～5月に挿し芽を行い、7月～9月の高温期を経て、9月～10月に開花に至る管理方法となる。一方で、栽培管理方法が確立された1980年代 (1980年～1989年) の7月～9月の平均気温を近年の10年間 (2009年～2018年) と比較すると、近年10年間は1980年代に比べ日平均気温、日最高気温及び日最低気温のいずれも1.5℃以上高く、日最高気温が35℃以上もしくは日最低気温が25℃以上となる日も大幅に増加している (第1表). このことから、近年の9月～10月出



第1図 エラチオール・ベゴニアの取り扱い数量及び平均単価の推移

注) 各値は東京都中央卸売市場 2014 年～2018 年の平均値を示す。

第1表 1980年代と近年10年間の7月～9月の気温

期間 (年)	平均気温 (℃)			日最高気温が35℃ 以上の日数 (日)	日最低気温が25℃ 以上の日数 (日)
	日平均	日最高	日最低		
1980 - 1989	24.1	32.5	17.0	0.2	12.0
2009 - 2018	26.0	34.6	18.5	3.2	32.7

注) 7月～9月にかけての平均値を示す (気象庁 観測地点・千葉)。

荷作型で開花が不安定となった原因は、栽培管理方法が確立された当時より気温が上昇したことの影響と推察される。また、千葉県内では栽培技術が確立された1980年代当初から9月～10月開花出荷作型は徒長しやすく、高品質なものを生産し難い作型とされてきた。徒長の要因となる草丈の伸長は、短日条件下では、温度が高いほど促進されるとされる（小泉，2002）。そのため、近年の気温上昇は、以前にも増して草丈伸長を助長させていると推測される。

そこで、本研究では近年の高温環境下におけるエラチオール・ペゴニアの安定的な9月～10月出荷栽培技術の確立を目的に、夏期の高温が開花及び生育に及ぼす影響を検討した（第Ⅱ章）。また、第Ⅲ章と第Ⅳ章では、第Ⅱ章の結果を基に、生産現場での開花の安定及び生育改善技術の開発を行った。第Ⅲ章では多くの花き類で夏期の開花遅延を回避できることが報告されている夜間冷房処理（二村ら，2012；岩崎ら，2013；大石ら，2013；加古ら，2013；東浦ら，2013；武藤ら，2013；後藤ら，2014）が開花及び生育に及ぼす影響を明らかにすると共に、生産現場での効果的な利用方法を検討した。第Ⅳ章では、夜間冷房に比べ低コストで冷房効果が得られる方法としてイチゴや花き類で開花促進効果が報告されている（Yoshidaら，2012；虎太ら，2015；加古ら，2016），間欠冷蔵処理が開花及び生育に及ぼす影響を明らかにすると共に、生産現場での効果的な利用方法を検討した。

なお、本研究において論文に特に記載のない場合には、以下の栽培条件とした。①栽培場所；千葉県農林総合研究センター内ガラスハウス，②育苗方法；市販培養土（Good Soil DB-1，兼弥産業(株)）と鹿沼土を7：3の割合で混合したものを充填した72穴セルトレイに頂芽挿しし、発根まで16時間日長で管理，③発根苗鉢上げ以降の培養土；赤土4：腐葉土3：ピートモス2：パーライト1の割合で混合，④鉢上げ以降の肥培管理；基肥として上記培養土に緩効性肥料（マグアンプK（N：P₂O₅：K₂O＝6：40：6），ハイポネックスジャパン(株)）を2g/Lを混合し，追肥として鉢上げ1週間後を目途に水溶性肥料（プロフェッショナルハイポネックス（N：P₂O₅：K₂O＝20：20：20），ハイポネックスジャパン(株)）の2,000倍液を毎週1回灌注，⑤株の配置；生育初期は鉢が密着した状態とし，地上部が成長するに従い葉が触れ合わない距離に適宜スペーシング，⑥温室内加温；5月～9月は無加温とし，10月～翌4月までは15℃加温，⑦遮光；遮光率50～55%の銀色寒冷紗（ダイオネット，ダイオ化成(株)）を用い，育苗中は全期間，鉢上げ以降は5月中旬～9月30日まで温室全体を被覆，⑧短日処理；シルバーポリエチレンフィルム（シルバーポリトウ，東罐興産(株)）を用いて10時間日長となるように遮光，⑨開花調査；第

1花房の満開日を開花日とした。

第Ⅱ章 高温が開花及び生育に及ぼす影響

明期及び暗期温度が植物の花成や生育に及ぼす影響は品目によって異なることが古くから知られている。ダイズやオナモミ等の短日植物は明期温度より暗期温度が花成に強く影響するとされる（チャイラヒヤン，1959；リュンガー，1978）。一方で、長日植物の発育には明期温度の影響が大きいとされる（チャイラヒヤン，1959）。エラチオール・ペゴニアの生育適温は一定温度の管理下では21℃前後とされる（Karlsson，1992）が、明期と暗期の温度が異なる条件下では両温度の組み合わせにより花成及び生育が変化する。小泉（2002）は明期及び暗期温度と日長を組み合わせた実験において、開花は短日と長日のいずれにおいても温度が高いと早くなるとしている。また、草丈は短日条件では温度が高いほど長く、長日条件では温度の違いに関わらず短日条件に比べ長くなるとしている。しかし、これらの結果は明期30℃/暗期22.5℃以下の結果であり、近年の夏期の高温が開花及び生育に及ぼす影響については検討されていない。そこで、本章ではインキュベータを用いて人工的に気象を再現し、小泉（2002）の報告よりも高い温度域における明期及び暗期温度の違いが開花及び生育に及ぼす影響を検討した。

第1節 明期及び暗期温度の違いが開花及び生育に及ぼす影響

夏期の高温を想定した明期温度と暗期温度に設定し、明期温度と暗期温度が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。

1. 材料及び方法

品種は「ネッチャダーク」（高松商事(株)，中生品種）を供試した。処理区は明期温度と暗期温度を組み合わせ、合計8区を設けた。インキュベータ（MIR-253，三洋電機(株)）の台数の関係から、1回の実験につき明期温度2水準と暗期温度2水準を組み合わせた4区を設け、2回実施した。1回目は明期温度30.0℃及び35.0℃，暗期温度20.0℃及び25.0℃を組み合わせた4区とした。2回目は明期温度27.5℃及び32.5℃，暗期温度20.0℃及び25.0℃を組み合わせた4区とした。供試株数は1区4株とした。56日間育苗した発根苗を調整ピートモスとパーライトを1：1で混合した培養土を充填した3号黒色ポリポットに鉢上げし，上記設定のインキュベータに搬入した。インキュベータ搬入後は水溶性肥料（プロフェッショナルハイポネックス（N：P₂O₅：K₂O＝20：20：20），

荷作型で開花が不安定となった原因は、栽培管理方法が確立された当時より気温が上昇したことの影響と推察される。また、千葉県内では栽培技術が確立された1980年代当初から9月～10月開花出荷作型は徒長しやすく、高品質なものを生産し難い作型とされてきた。徒長の要因となる草丈の伸長は、短日条件下では、温度が高いほど促進されるとされる（小泉，2002）。そのため、近年の気温上昇は、以前にも増して草丈伸長を助長させていると推測される。

そこで、本研究では近年の高温環境下におけるエラチオール・ペゴニアの安定的な9月～10月出荷栽培技術の確立を目的に、夏期の高温が開花及び生育に及ぼす影響を検討した（第Ⅱ章）。また、第Ⅲ章と第Ⅳ章では、第Ⅱ章の結果を基に、生産現場での開花の安定及び生育改善技術の開発を行った。第Ⅲ章では多くの花き類で夏期の開花遅延を回避できることが報告されている夜間冷房処理（二村ら，2012；岩崎ら，2013；大石ら，2013；加古ら，2013；東浦ら，2013；武藤ら，2013；後藤ら，2014）が開花及び生育に及ぼす影響を明らかにすると共に、生産現場での効果的な利用方法を検討した。第Ⅳ章では、夜間冷房に比べ低コストで冷房効果が得られる方法としてイチゴや花き類で開花促進効果が報告されている（Yoshidaら，2012；虎太ら，2015；加古ら，2016），間欠冷蔵処理が開花及び生育に及ぼす影響を明らかにすると共に、生産現場での効果的な利用方法を検討した。

なお、本研究において論文に特に記載のない場合には、以下の栽培条件とした。①栽培場所；千葉県農林総合研究センター内ガラスハウス，②育苗方法；市販培養土（Good Soil DB-1，兼弥産業(株)）と鹿沼土を7：3の割合で混合したものを充填した72穴セルトレイに頂芽挿しし、発根まで16時間日長で管理，③発根苗鉢上げ以降の培養土；赤土4：腐葉土3：ピートモス2：パーライト1の割合で混合，④鉢上げ以降の肥培管理；基肥として上記培養土に緩効性肥料（マグアンプK（N：P₂O₅：K₂O＝6：40：6），ハイポネックスジャパン(株)）を2g/Lを混合し，追肥として鉢上げ1週間後を目途に水溶性肥料（プロフェッショナルハイポネックス（N：P₂O₅：K₂O＝20：20：20），ハイポネックスジャパン(株)）の2,000倍液を毎週1回灌注，⑤株の配置；生育初期は鉢が密着した状態とし，地上部が成長するに従い葉が触れ合わない距離に適宜スペーシング，⑥温室内加温；5月～9月は無加温とし，10月～翌4月までは15℃加温，⑦遮光；遮光率50～55%の銀色寒冷紗（ダイオネット，ダイオ化成(株)）を用い，育苗中は全期間，鉢上げ以降は5月中旬～9月30日まで温室全体を被覆，⑧短日処理；シルバーポリエチレンフィルム（シルバーポリトウ，東罐興産(株)）を用いて10時間日長となるように遮光，⑨開花調査；第

1花房の満開日を開花日とした。

第Ⅱ章 高温が開花及び生育に及ぼす影響

明期及び暗期温度が植物の花成や生育に及ぼす影響は品目によって異なることが古くから知られている。ダイズやオナモミ等の短日植物は明期温度より暗期温度が花成に強く影響するとされる（チャイラヒヤン，1959；リュンガー，1978）。一方で、長日植物の発育には明期温度の影響が大きいとされる（チャイラヒヤン，1959）。エラチオール・ペゴニアの生育適温は一定温度の管理下では21℃前後とされる（Karlsson，1992）が、明期と暗期の温度が異なる条件下では両温度の組み合わせにより花成及び生育が変化する。小泉（2002）は明期及び暗期温度と日長を組み合わせた実験において、開花は短日と長日のいずれにおいても温度が高いと早くなるとしている。また、草丈は短日条件では温度が高いほど長く、長日条件では温度の違いに関わらず短日条件に比べ長くなるとしている。しかし、これらの結果は明期30℃/暗期22.5℃以下の結果であり、近年の夏期の高温が開花及び生育に及ぼす影響については検討されていない。そこで、本章ではインキュベータを用いて人工的に気象を再現し、小泉（2002）の報告よりも高い温度域における明期及び暗期温度の違いが開花及び生育に及ぼす影響を検討した。

第1節 明期及び暗期温度の違いが開花及び生育に及ぼす影響

夏期の高温を想定した明期温度と暗期温度に設定し、明期温度と暗期温度が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。

1. 材料及び方法

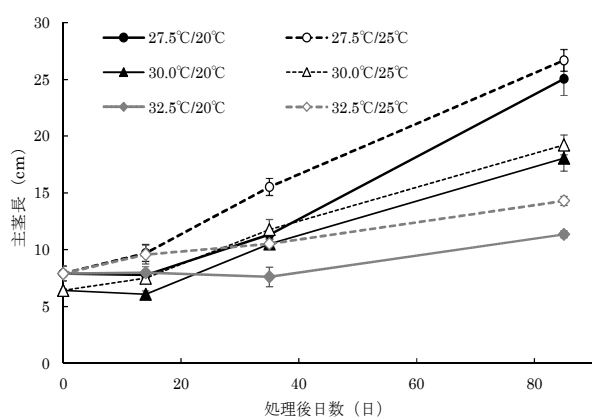
品種は「ネッチャダーク」（高松商事(株)，中生品種）を供試した。処理区は明期温度と暗期温度を組み合わせ、合計8区を設けた。インキュベータ（MIR-253，三洋電機(株)）の台数の関係から、1回の実験につき明期温度2水準と暗期温度2水準を組み合わせた4区を設け、2回実施した。1回目は明期温度30.0℃及び35.0℃，暗期温度20.0℃及び25.0℃を組み合わせた4区とした。2回目は明期温度27.5℃及び32.5℃，暗期温度20.0℃及び25.0℃を組み合わせた4区とした。供試株数は1区4株とした。56日間育苗した発根苗を調整ピートモスとパーライトを1：1で混合した培養土を充填した3号黒色ポリポットに鉢上げし，上記設定のインキュベータに搬入した。インキュベータ搬入後は水溶性肥料（プロフェッショナルハイポネックス（N：P₂O₅：K₂O＝20：20：20），



写真 1-1 明期及び暗期温度が「ネッチャダーク」の開花及び生育に及ぼす影響①
注) 左から明期温度/暗期温度 30.0℃/25.0℃, 30.0℃/20.0℃, 35.0℃/25.0℃, 35.0℃/20.0℃.



写真 1-2 明期及び暗期温度が「ネッチャダーク」の開花及び生育に及ぼす影響②
注) 左から明期温度/暗期温度 32.5℃/25.0℃, 32.5℃/20.0℃, 27.5℃/25.0℃, 27.5℃/20.0℃.



第2図 明期及び暗期温度が「ネッチャダーク」の主茎長の推移に及ぼす影響
注) 図中の縦棒は±標準誤差を示す (n=4).

ハイポネックスジャパン(株)の4,000倍液を溜めたトレイに高さ1cmで設置し、紐給水で管理した。相対湿度はなりゆき(46%~91%で推移)とした。明期は植物育成用蛍光灯(ビオルックスHG FL40SBR, NECライティング(株))をインキュベータ上部に設置し照射した。明期の光合成有効量子束密度(以下PPFDとする)はポット表面で110~120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ 、照度は8,000~9,500lxであった。日長は、エラチオール・ペゴニアの限

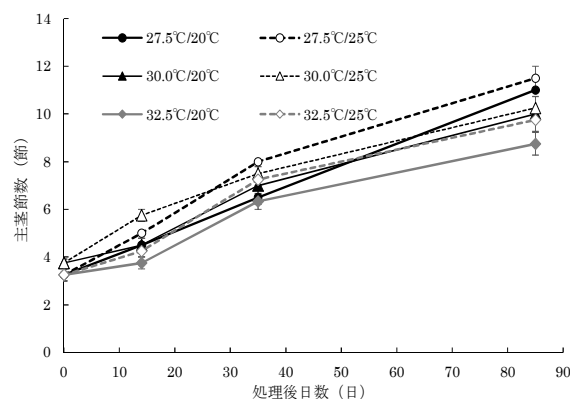
界日長が12.5時間~14時間である(小泉, 2002)ことと、9月~10月開花作型では栽培期間の大半が14時間以上の長日条件となり生産現場では栽培途中に短日処理を行うことから、インキュベータ搬入後14日間は16時間日長の長日条件、その後21日間を10時間日長の短日条件、短日処理終了以降から開花まで再度16時間日長の長日条件とした。調査は処理開始時(インキュベータ搬入日)、処理14日目(短日開始直前)、36日目(短日終了時)及び85日目(開花時)の主茎長及び主茎節数、処理開始85日目の乾物重(地上部及び地下部の合計)、到花日数及び第1花房の着生節位について実施した。

2. 結果

明期35.0℃の処理区は暗期温度の違いに関わらず、処理開始20日目頃から葉の黄化と生育の停滞が認められ、85日目までに全ての株が枯死した(写真1-1, 写真1-2)。そのため、以降の結果は明期35.0℃の処理区を除いて示した。

主茎長は、処理14日目までは温度の違いによる差は判然としなかったが、36日目以降は明期温度が低いほど長くなった。また、明期温度が同じ場合は、暗期温度が20.0℃区に比べ25.0℃区で長くなった(第2図)。

主茎節数は、同一の明期温度では、処理14日目以降に



第3図 明期及び暗期温度が「ネッチャダーク」の主茎節数の推移に及ぼす影響

注) 図中の縦棒は±標準誤差を示す (n=4)。

第2表 明期及び暗期温度が「ネッチャダーク」の乾物重に及ぼす影響 (処理85日目)

明期 温度 (°C)	乾物重 (g)	
	暗期温度 (°C)	
	20.0	25.0
27.5	12.41 (0.23)	12.14 (0.18)
30.0	9.12 (0.18)	9.64 (0.16)
32.5	5.43 (0.09)	6.11 (0.14)

注) 各値は平均値 (変動係数) を示す (n=4)。

第3表 明期及び暗期温度が「ネッチャダーク」の到花日数及び第1花房の着生節位に及ぼす影響

明期 温度 (°C)	到花日数 (日)		第1花房の着生節位 (節)	
	暗期温度 (°C)		暗期温度 (°C)	
	20.0	25.0	20.0	25.0
27.5	64.0 (0.05)	58.5 (0.01)	8.3 (0.05)	9.0 (0.00)
30.0	66.5 (0.04)	65.5 (0.17)	6.3 (0.07)	7.0 (0.10)
32.5	67.0 (0.00)	73.3 (0.13)	6.5 (0.08)	7.3 (0.06)

注) 各値は平均値 (変動係数) を示す (n=4)。

暗期温度25.0°C区が20.0°C区に比べ多くなる傾向が見られた (第3図)。

処理開始85日目時点の乾物重は、全ての区で変動係数が大きいものの、暗期温度の違いによる差は小さく、明期温度が高いほど乾物重が軽くなる傾向が見られた (第2表)。

到花日数は、明期27.5°Cでは暗期20.0°C区が25.0°C区に比べ約6日長かった。明期30.0°Cでは暗期20.0°C区と25.0°C区で差はなかったが、20.0°C区に比べ25.0°C区の変動係数が大きかった。明期32.5°Cでは暗期20.0°C区が25.0°C区に比べ約6日早く、25.0°C区は変動係数が大きかった (第3表)。

第1花房の着生節位は、明期温度が同じ場合は、暗期温度20.0°C区に比べ25.0°C区で高節位となる傾向が見られた (第3表)。

3. 考察

小泉 (2002) はエラチオール・ペゴニアの温度と光の関係について、①人工光を用いて25°Cの条件とした際の光補償点は2,000~2,500lx、光飽和点は20,000lx前後である、②自然光下の明期35°C/暗期25°Cでは葉のクロロフィル含有量が減少し、強光 (110,000lx) では株が枯死し、弱光 (43,000lx) でも株がわい化する、としている。また、自然光下で明期/暗期温度を25.0°C/17.5°C (中温区) もしくは30.0°C/22.5°C (高温区) とし、日長を8時間の短日も

しくは4月~7月の自然日長下で管理を行うと、③草丈は短日条件では中温区より高温区で、自然日長では高温区より中温区で長くなる、④開花は短日条件と自然日長の両方で中温区より高温区で早くなる、としている。④の自然日長下の結果は、4月~7月の自然日長 (日の出から日の入りの時間に常用薄明の40分を加えた値 (米村, 1993)) が13時間15分 (4月1日) ~14時間38分 (7月31日) となり、エラチオール・ペゴニアの限界日長が12.5時間~14時間であることから、長日条件下での生育を示していると言える。

本実験は明期照度が8,000~9,500lxのインキュベータ内で管理を行い、27.5°C~32.5°Cの処理区については開花及び生育が認められた (写真1-1, 写真1-2)。このことに加え、上記の小泉の報告①から、光量不足による生育への影響は少ないと考えられた。主茎長は明期温度27.5°Cの処理区で最も長く、明期温度が高くなるに従い短くなり (第2図)、上記の小泉の報告③における自然日長での結果と同様の傾向を示したと言えた。これは、インキュベータ内で管理した85日間のうち短日条件とした21日間以外は長日条件であったため、長日条件下での生育に近い反応を示したためと考えられた。明期温度が高くなるに従い主茎長が短くなった原因として、明期温度が高いほど乾物重が軽かった (第2表) ことに加え、上記②の小泉の報告で温度が高いと葉のクロロフィル含有量が低下するとされていることから、温度が上がるにつ

れ光合成能力が低下し、同化量の減少を招いたためと推察された。一方で、明期温度が同じ処理では、暗期温度が低いと主茎長が短く、節数も少なくなり、その現象は明期温度が高い区ほど顕著となる傾向が見られた。カーネーションの同化産物は栽培気温もしくは植物体の温度の違いによって分配先が異なることが報告されている (Harris・Jeffcoat, 1974)。本実験では明期温度が同じ場合は暗期温度の違いに関わらず乾物重が同等であった (第2表)。このことから、暗期温度が異なることにより同化産物の分配が変化するために主茎長や節数が変化したと考えられた。

到花日数は、明期27.5℃では暗期温度の違いによる個体間差が小さく、暗期25.0℃区が20.0℃区に比べ早期に開花した。しかし、明期30.0℃及び32.5℃では暗期20℃区は開花が安定する一方で、25.0℃区では個体差が大きくなる傾向が見られた (第3表)。上記④の小泉の報告 (2002) では、日長の違いに関わらず、開花は中温区より高温区で早期に開花するとしている。そのため、本実験の明期27.5℃の処理区については、暗期20℃区に比べ25.0℃区で平均気温が高くなることから、小泉の報告 (2002) と同様の傾向を示したと言えた。一方で、明期30.0℃以上の処理区については平均気温が高くとも開花は早まらず、小泉の報告 (2002) と異なる結果となった。開花の早晩を決定する要因として、花芽分化時期もしくは分化以降の発達速度の違いが想定される。花芽分化時期の指標として第1花房の着生節位を測定したところ、明期温度30.0℃及び32.5℃では、暗期温度の違いに関わらず、27.5℃に比べ着生節位が低節位となった。また、明期温度の違いに関わらず、暗期温度が低いと第1花房の着生節位は低節位となった (第3表)。そのため、明期及び暗期温度は第1花房着生節位を変化させ、花芽分化時期に影響を及ぼすことが示唆された。しかし、主茎節数も暗期温度が同じであれば明期温度が低いほど少なく、明期温度が同じであれば暗期温度が低いと少なく推移した (第3図)。これらのことから、温度の違いによって到花日数が変化した原因は、花芽分化時期が変化したことによるものなのか、分化以降の発達が変化したためなのかは判然としなかった。また、明期30.0℃の暗期25.0℃区と明期32.5℃の暗期20.0℃区及び25.0℃区は上記④の小泉の報告 (2002) にある高温区よりも更に高い温度設定であることから、より高い温度域が開花に及ぼす影響は、これまでの報告とは異なる反応を示すと推察された。

以上のことから、エラチオール・ペゴニアは明期温度が高くなるに従い暗期温度が開花及び生育に及ぼす影響が大きく変化すると考えられた。特に、開花については暗期温度が花芽分化もしくは発達に影響を及ぼしていると推察され、より詳細な分化・発達過程を明らかにする

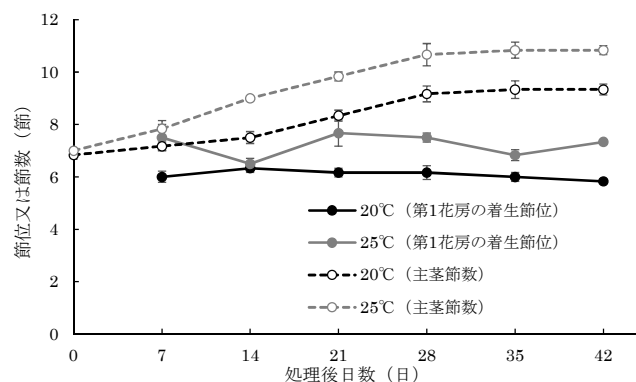
必要があると考えられた。

第2節 明期高温時の暗期温度が花芽分化及び発達に及ぼす影響

第Ⅱ章第1節の結果から、明期30.0℃以上で短日処理を行うと暗期温度が低い条件で開花が安定することから、暗期温度は花芽の分化及び発達に強く影響することが示唆された。エラチオール・ペゴニアの温度に対する開花反応は古くから研究されている (Sandved, 1962; Powell・Bunt, 1985; Vogelesang, 1990) が、温度に対する花芽の分化及び発達に関する報告は見られない。そのため、暗期温度が花成に及ぼす影響を明らかにするには、花芽分化・発達過程を明らかにする必要がある。そこで本節では、インキュベータを用い、第Ⅱ章第1節で開花への影響が最も顕著に表れた、明期32.5℃下における暗期温度の違いが花芽の分化及び発達に及ぼす影響を検討した。

1. 材料及び方法

品種は「ネッチャダーク」 (高松商事(株)、中生品種) を供試した。試験区は明期温度を 32.5℃とし、暗期温度 20.0℃区と 25.0℃区の 2 区を設けた。赤土 4 : 腐葉土 3 : ピートモス 2 : パーライト 1 の割合で混合した培養土を充填した 3.5 号黒色ポリポットに頂芽挿しを行い、挿し芽をした当日にインキュベータ (MLR-350, 三洋電機(株)) に搬入した。処理を開始するまでは 16 時間日長で管理し、搬入後 27 日間は 23.0℃一定で管理した。27 日目に発根を確認した後、搬入後 31 日目までは 25.0℃一定、35 日目までは明期 27.5℃/暗期 25.0℃、41 日目までは明期 30.0℃/暗期 25.0℃と徐々に温度を上げ、高温順化を行った。42 日目から上記試験区の条件で処理を開始し、日長は 10 時間とした。施肥は基肥として培養土緩効性肥料 (マグアンプ K (N : P₂O₅ : K₂O=6 : 40 : 6) , ハイポネックスジャパン(株)) を培養土に 2g/L を混合し、追肥として水溶性肥料 (プロフェッショナルハイポネックス (N : P₂O₅ : K₂O=20 : 20 : 20) , ハイポネックスジャパン(株)) の 2,000 倍液を毎週 1 回底面給水で施用した。インキュベータ内の相対湿度はなりゆき (79%~90%で推移) とした。明期は植物育成用蛍光灯 (ビオルックス HG FL40SBR, NEC ライティング(株)) をインキュベータの側面 (3 面) に設置し、インキュベータ中央部で PPFD を 115~123 μ mol/m²/sec とした。調査は処理開始から 42 日目まで 7 日毎に実態顕微鏡 (SZX10, オリンパス(株)) を用いて第 1 花房の花芽発達ステージを観察すると共に、第 1 花房の着生節位及び主茎節数を測定した。また、検鏡時に様々な花芽発達ステージの腋芽をサ



第4図 明期 32.5°Cにおける暗期温度が「ネッチャダーク」の第1花房の着生節位及び主茎節数に及ぼす影響

注) 図中の縦棒は±標準誤差を示す (処理後日数7及び14はステージⅡに移行した株数の誤差を, 処理後日数21以降は n=6 の誤差を示す)。

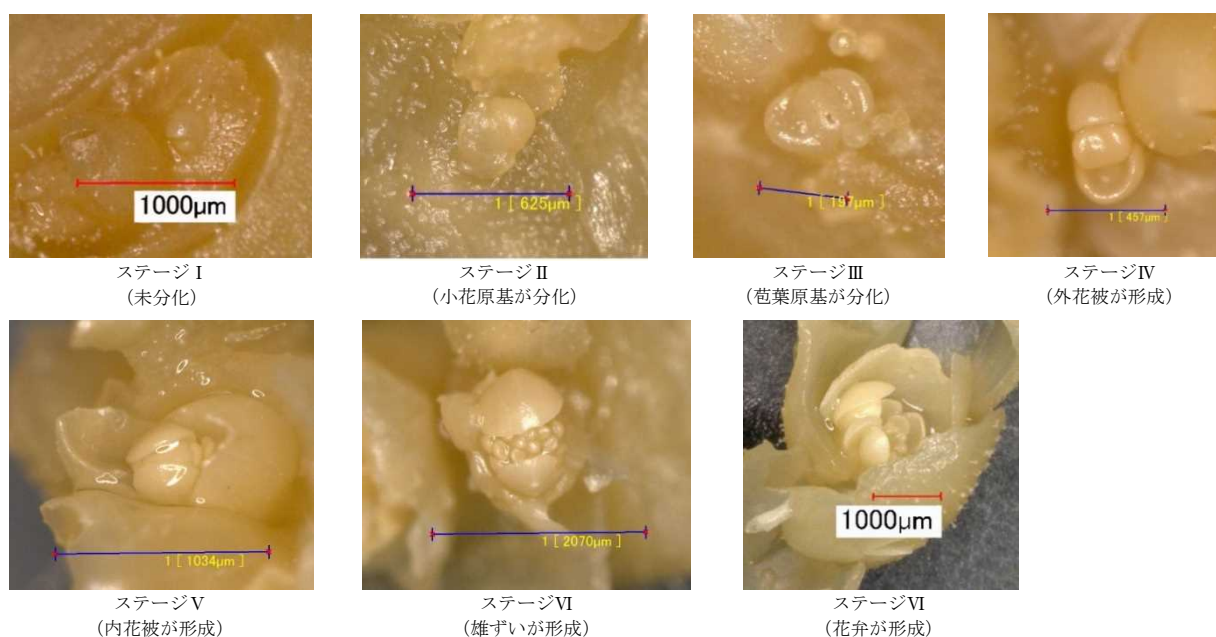


写真2 「ネッチャダーク」の花芽分化及び発達ステージ

ンプリングし, 無水酢酸:95%エタノール:蒸留水=10:50:40の混合液に浸漬して保存した。保存したサンプルは後日デジタルマイクロスコープ (VHX-2000, (株)キーエンス) を用いて写真を撮影した。調査株数は1回につき6株とした。調査を行う腋芽が第1花房であることの判断として, ベゴニア・センパフローレンス (*Begonia semperflorens*) では花房を形成した腋芽より上位節にある腋芽は全て花房となる (Berghoef・Bruinsma, 1979) ことが報告されており, エラチオール・ベゴニアも同様であることから, 調査時に最もステージが進んでいる最下節の腋芽を第1花房とした。

2. 結果

20.0°C区の第1花房の節位は調査終了まで6節前後で推移し, 25.0°C区に比べ約1節少なかった。また, 20.0°C区

は処理7日目にステージⅡの株が確認され, その時点の主茎節数は7節前後であった。20.0°C区の主茎節数は7日目から28日目にかけて増加し, 28日目以降は主茎先端の成長点も花芽となり, 最終的には9節前後となった。25°C区のステージⅡの株は20.0°C区と同日の処理7日目に確認され, その時点の主茎節数は8節前後と20.0°C区に比べ約1節多かった。その後も20.0°C区に比べ25.0°C区の主茎節数は約1節多く推移した (第4図)。

写真2に花芽分化及び発達過程を示した。エラチオール・ベゴニアの花芽発達ステージについては報告が見られないことから, ベゴニア・ルツェルナ (*Begonia × lucerna hort.*) での報告 (林, 1991) を基に雄花の発達状態で以下の7段階に分類した。

- ①ステージⅠ: 未分化
- ②ステージⅡ: 小花原基が分化

処理後 日数 (日)	花芽分化・発達ステージ						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
0	●●●●						
7	●●●●	●●					
14		●●●●	●●				
21			●●	●●●●	●●		
28			●●	●●●●	●●●●		
35			●●	●●●●	●●●●		
42					●●●●●●	●●	

第 5-1 図 明期 32.5℃, 暗期 20.0℃における
「ネッチャダーク」の花芽分化及び
発達の推移

注) 花芽分化及び発達ステージは写真 2 を参照.

●は調査時に各ステージに該当した個体を示す (n=6).

- ③ステージⅢ：苞葉原基が分化
- ④ステージⅣ：外花被が形成される
- ⑤ステージⅤ：外花被の内側に内花被が形成される
- ⑥ステージⅥ：雄ずいが形成される
- ⑦ステージⅦ：雄ずい周辺の花弁が発達する

なお、ステージⅡについては小花原基の肥大程度に個体差が認められたが、わずかでも肥大しており、苞葉原基の分化が認められなかった個体は全てステージⅡと判断した。

第 5-1 図及び第 5-2 図に花芽分化及び発達ステージの推移を示した。両区とも処理 7 日目にはステージⅡに移行している株が現れたが、14 日目には 20.0℃区で全ての株がⅡ以上のステージに移行したのに対し、25.0℃区では調査株の半分以上がステージⅠであった。21 日目は、20.0℃区はステージⅣの株が多かったが、25.0℃区はステージⅢの株が多かった。28 日目以降は、20.0℃区では 28 日目はステージⅣの株が多く、35 日目と 42 日目はステージⅤの株が多かった。25.0℃区では、28 日目以降は個体差が大きくなる傾向が見られ、調査を終了した 42 日目ではステージⅢからステージⅦの株が混在していた。

3. 考察

20.0℃区の第 1 花房の着生節位は 25.0℃区に比べ 1 節

処理後 日数 (日)	花芽分化・発達ステージ						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
0	●●●●						
7	●●●●	●●					
14	●●●●	●●					
21			●●●●	●●			
28			●●	●●●●	●●●●	●●	
35			●●		●●●●		
42			●●		●●●●	●●	●●●●

第 5-2 図 明期 32.5℃, 暗期 25.0℃における
「ネッチャダーク」の花芽分化及び
発達の推移

注) 花芽分化及び発達ステージは写真 2 を参照.

●は調査時に各ステージに該当した個体を示す (n=6).

程度低節位であった。また、処理 7 日目～14 日にかけて両区とも多くの株がステージⅡに移行したが、その時点で 20.0℃区の主茎節数は 25.0℃区よりも 1 節程度少なかった（第 4 図，第 5-1 図，第 5-2 図）。そのため、20.0℃区の第 1 花房の着生節位が 25.0℃区に比べ低節位となった原因は、主茎の生育速度が緩慢であることも影響したと考えられた。

検鏡の結果、エラチオール・ペゴニアの花芽分化及び発達はペゴニア・ルツェルナでの報告（林，1991）と類似した変化を示した。すなわち、腋芽は苞葉の原基が分化（ステージⅢ）した後外花被が形成（ステージⅣ）し、その後内花被が形成された（ステージⅤ）。内花被が形成されると中心部で雄ずいとなるべき部位が形成された（ステージⅥ）が、「ネッチャダーク」の雄花は最終的に八重咲きとなることから、次第に形質が変化し、花弁状となった（ステージⅦ）となった。花芽分化及び発達の推移は、20.0℃区に比べ 25.0℃区はステージⅠからステージⅣへの発達が遅かった。また、25.0℃区はステージⅢ以降の発達に個体差が見られた（第 5-1 図，第 5-2 図）。そのため、25.0℃区は 20.0℃区に比べ花芽分化が遅く、発達も抑制されると考えられた。林（1991）は、ペゴニア・ルツェルナ及びペゴニア・センパフローレンスでは光量を少なく同化量を不足させると花序の分枝数や小花数が

減少するとしている。また同報(林, 1991)の中で、ベゴニア・ルツェルナの小花数を決定する小花原基の分化は外花被形成期であると報告している。これらのことから、上記品目では同化量が不足すると外花被形成期までの分化・発達が抑制されると考えられる。また、キクでは暗期温度が高いと開花が抑制される(中野ら, 2017)が、その原因は高温により花芽の発達が抑制するためとされる(Nakanoら, 2013)。エラチオール・ベゴニアの花序はベゴニア・ルツェルナ及びベゴニア・センパフローレンスと同様の集散花序である(植村, 1994)ことから、花序の分化・発達は両種と類似することが示唆される。第Ⅱ章第1節では、明期温度27.5℃以上では温度が高くなるに従い同化量が減少した。そのため、明期温度が32.5℃である本実験は適温域の生育に比べ同化量が少ない環境にあったと言えた。これらのことから、本実験で25.0℃区が20.0℃区に比べ花芽分化及び発達が緩慢であった原因は、明期が高温で同化量が少ない条件になると、他のベゴニア属と同様に、花芽分化及び発達が抑制しやすい状態になり、その様な条件下では高温の暗期温度は花芽分化及び発達の抑制を助長するためと考えられた。

以上のことから、エラチオール・ベゴニアの開花は明期32.5℃下では暗期が高温になると花芽の分化・発達の抑制を助長すると考えられた。そのため、同様の明期温度下においても、暗期温度を低下させることにより、花芽の分化及び発達を安定できると考えられた。そのため、実際の栽培においても、明期が高温の条件下でも暗期温度を低下されることで開花揃いを改善できることが示唆された。

第Ⅲ章 夜間冷房処理が開花及び生育に及ぼす影響

千葉県内におけるエラチオール・ベゴニアの9月～10月出荷作型の栽培は栽培期間が長日期となるため、開花の誘導はシェードによる短日処理が必要となる。シェードは施設全体を覆うことから、シェード内の気温は外気温より高く、生育不良を招きやすい。そのため、県内導入当初から栽培し難い作型とされてきた(関・小竹, 1996)。また、近年は以前にも増して安定した栽培が困難な状況となっているが、この原因は、第Ⅱ章の結果から、夏期の気温上昇により花芽の分化及び発達が阻害され、開花の不揃いを招いているためと考えられる。

夏期の高温対策として、ヒートポンプ等を用いて温室内を冷房する方法が挙げられる。しかし、終日冷房を行う方法は運用コストが甚大となるため実用的ではない。一方で、夜間みの冷房でも高温による開花遅延を回避できることが多くの花き類で報告されている(二村ら,

2012; 岩崎ら, 2013; 大石ら, 2013; 加古ら, 2013; 東浦ら, 2013; 武藤ら, 2013; 後藤ら, 2014)。エラチオール・ベゴニアにおいても、第Ⅱ章の結果から、暗期温度を下げられる夜間冷房は開花を安定化できることが示唆されるが、圃場での効果を確認した報告は見られない。

そこで、本章では9月～10月出荷作型におけるエラチオール・ベゴニアへの夜間冷房が開花及び生育に及ぼす影響を明らかにするとともに、より効率的な利用方法について検討した。

第1節 夜間冷房処理の年次変動

本節では終夜の夜間冷房処理が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。また、効果の年次変動を確認するため、2017年と2018年の2か年に実施した。

1. 材料及び方法

品種は「ネッチャダーク」(高松商事(株)、中生品種)を供試した。実験は2017年と2018年の2回実施した。試験区は日の入りから日の出までを20℃で冷房する冷房区と無冷房区の2区を設けた。開花誘導のための短日処理は15時～19時15分に遮光を行い、暗期の開始時間を早める方法とした。短日処理期間は21日間とした。2017年は4月29日に挿し芽を行い、7月26日に5号プラスチック鉢に鉢上げした。短日処理は8月7日～8月28日にかけて行った。冷房区の冷房期間は8月1日～9月30日の60日間とした。2018年は5月11日に挿し芽を行い、7月12日に5号プラスチック鉢に鉢上げした。短日処理は8月2日～8月23日にかけて行った。冷房区の冷房期間は7月17日～9月18日の63日間とした。供試株数は、2017年は1区6株の3反復、2018年は1区4株の3反復とした。調査は冷房処理中の温室内の気温推移、開花日及び開花日の草丈、株幅、主茎長、主茎節数、節間長、第1花房の着生節位、一次側枝数及び花房数について実施した。

2. 結果

2017年の冷房処理中の温室内の気温は、明期は両区で同等に推移し、短日処理前は26℃～27℃、短日処理中は29℃以下、短日処理以降は25℃をやや上回った。また、冷房処理開始～終了までの全期間の明期平均気温は両区とも26.5℃前後であった(第4表)。暗期の平均気温は、冷房区は処理期間を通して概ね設定の20℃で推移した。一方で、無冷房区の平均気温は短日処理前が23.0℃、短日処理中が24.4℃、短日処理以降は21.6℃であった。冷房処理開始～終了までの全期間の暗期平均気温は、冷房区は19.5℃であり、無冷房区は22.5℃であった(第5表)。

減少するとしている。また同報(林, 1991)の中で、ベゴニア・ルツェルナの小花数を決定する小花原基の分化は外花被形成期であると報告している。これらのことから、上記品目では同化量が不足すると外花被形成期までの分化・発達が抑制されると考えられる。また、キクでは暗期温度が高いと開花が抑制される(中野ら, 2017)が、その原因は高温により花芽の発達が抑制するためとされる(Nakanoら, 2013)。エラチオール・ベゴニアの花序はベゴニア・ルツェルナ及びベゴニア・センパフローレンスと同様の集散花序である(植村, 1994)ことから、花序の分化・発達は両種と類似することが示唆される。第Ⅱ章第1節では、明期温度27.5℃以上では温度が高くなるに従い同化量が減少した。そのため、明期温度が32.5℃である本実験は適温域の生育に比べ同化量が少ない環境にあったと言えた。これらのことから、本実験で25.0℃区が20.0℃区に比べ花芽分化及び発達が緩慢であった原因は、明期が高温で同化量が少ない条件になると、他のベゴニア属と同様に、花芽分化及び発達が抑制しやすい状態になり、その様な条件下では高温の暗期温度は花芽分化及び発達の抑制を助長するためと考えられた。

以上のことから、エラチオール・ベゴニアの開花は明期32.5℃下では暗期が高温になると花芽の分化・発達の抑制を助長すると考えられた。そのため、同様の明期温度下においても、暗期温度を低下させることにより、花芽の分化及び発達を安定できると考えられた。そのため、実際の栽培においても、明期が高温の条件下でも暗期温度を低下されることで開花揃いを改善できることが示唆された。

第Ⅲ章 夜間冷房処理が開花及び生育に及ぼす影響

千葉県内におけるエラチオール・ベゴニアの9月～10月出荷作型の栽培は栽培期間が長日期となるため、開花の誘導はシェードによる短日処理が必要となる。シェードは施設全体を覆うことから、シェード内の気温は外気温より高く、生育不良を招きやすい。そのため、県内導入当初から栽培し難い作型とされてきた(関・小竹, 1996)。また、近年は以前にも増して安定した栽培が困難な状況となっているが、この原因は、第Ⅱ章の結果から、夏期の気温上昇により花芽の分化及び発達が阻害され、開花の不揃いを招いているためと考えられる。

夏期の高温対策として、ヒートポンプ等を用いて温室内を冷房する方法が挙げられる。しかし、終日冷房を行う方法は運用コストが甚大となるため実用的ではない。一方で、夜間みの冷房でも高温による開花遅延を回避できることが多くの花き類で報告されている(二村ら,

2012; 岩崎ら, 2013; 大石ら, 2013; 加古ら, 2013; 東浦ら, 2013; 武藤ら, 2013; 後藤ら, 2014)。エラチオール・ベゴニアにおいても、第Ⅱ章の結果から、暗期温度を下げられる夜間冷房は開花を安定化できることが示唆されるが、圃場での効果を確認した報告は見られない。

そこで、本章では9月～10月出荷作型におけるエラチオール・ベゴニアへの夜間冷房が開花及び生育に及ぼす影響を明らかにするとともに、より効率的な利用方法について検討した。

第1節 夜間冷房処理の年次変動

本節では終夜の夜間冷房処理が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。また、効果の年次変動を確認するため、2017年と2018年の2か年に実施した。

1. 材料及び方法

品種は「ネッチャダーク」(高松商事(株)、中生品種)を供試した。実験は2017年と2018年の2回実施した。試験区は日の入りから日の出までを20℃で冷房する冷房区と無冷房区の2区を設けた。開花誘導のための短日処理は15時～19時15分に遮光を行い、暗期の開始時間を早める方法とした。短日処理期間は21日間とした。2017年は4月29日に挿し芽を行い、7月26日に5号プラスチック鉢に鉢上げした。短日処理は8月7日～8月28日にかけて行った。冷房区の冷房期間は8月1日～9月30日の60日間とした。2018年は5月11日に挿し芽を行い、7月12日に5号プラスチック鉢に鉢上げした。短日処理は8月2日～8月23日にかけて行った。冷房区の冷房期間は7月17日～9月18日の63日間とした。供試株数は、2017年は1区6株の3反復、2018年は1区4株の3反復とした。調査は冷房処理中の温室内の気温推移、開花日及び開花日の草丈、株幅、主茎長、主茎節数、節間長、第1花房の着生節位、一次側枝数及び花房数について実施した。

2. 結果

2017年の冷房処理中の温室内の気温は、明期は両区で同等に推移し、短日処理前は26℃～27℃、短日処理中は29℃以下、短日処理以降は25℃をやや上回った。また、冷房処理開始～終了までの全期間の明期平均気温は両区とも26.5℃前後であった(第4表)。暗期の平均気温は、冷房区は処理期間を通して概ね設定の20℃で推移した。一方で、無冷房区の平均気温は短日処理前が23.0℃、短日処理中が24.4℃、短日処理以降は21.6℃であった。冷房処理開始～終了までの全期間の暗期平均気温は、冷房区は19.5℃であり、無冷房区は22.5℃であった(第5表)。

第4表 温室内の明期平均気温の推移（2017年）

処理	明期（5:00～19:00）温室内平均気温（℃）			
	短日処理前 (8/1・8/6)	短日処理中 (8/7・8/28)	短日処理後 (8/28・9/30)	全体 (8/1・9/30)
冷房	27.3	29.0	25.7	26.7
無冷房	26.2	28.7	25.5	26.4

第6表 温室内の明期平均気温の推移（2018年）

処理	明期（5:00～19:00）温室内平均気温（℃）			
	短日処理前 (7/17・8/1)	短日処理中 (8/2・8/23)	短日処理後 (8/24・9/18)	全体 (7/17・9/18)
冷房	30.2	30.2	27.7	29.2
無冷房	30.5	30.1	27.7	29.2

第5表 温室内の暗期平均気温の推移（2017年）

処理	暗期（19:00～5:00）温室内平均気温（℃）			
	短日処理前 (8/1・8/6)	短日処理中 (8/7・8/28)	短日処理後 (8/28・9/30)	全体 (8/1・9/30)
冷房	20.2	20.0	19.1	19.5
無冷房	23.0	24.4	21.6	22.5

第7表 温室内の暗期平均気温の推移（2018年）

処理	暗期（19:00～5:00）温室内平均気温（℃）			
	短日処理前 (7/17・8/1)	短日処理中 (8/2・8/23)	短日処理後 (8/24・9/18)	全体 (7/17・9/18)
冷房	19.6	20.6	20.9	20.5
無冷房	25.4	24.6	23.5	24.3

第8表 夜間冷房処理の有無が「ネッチャダーク」の開花及び生育に及ぼす影響（2017年）

処理	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (a) (cm)	主茎節数 (b) (節)	節間長 (a)/(b) (節)	第1花房の 着生節位 (節)	一次 側枝数 (本)	花房数 (個)
冷房	10月7日	32.2	34.1	27.0	11.8	2.3	7.6	5.7	18.4
無冷房	10月3日	30.3	34.4	24.6	11.9	2.1	7.5	5.5	17.5
t-test ¹⁾	**	*	ns	**	ns	**	ns	ns	ns

注) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし (n=3)。

第9表 夜間冷房処理の有無が「ネッチャダーク」の開花及び生育に及ぼす影響（2018年）

処理	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (a) (cm)	主茎節数 (b) (節)	節間長 (a)/(b) (節)	第1花房の 着生節位 (節)	一次 側枝数 (本)	花房数 (個)
冷房	10月5日	29.4	34.6	24.9	10.0	2.5	6.9	3.2	10.1
無冷房	10月12日	29.8	37.2	24.1	11.0	2.2	7.7	4.8	13.4
t-test ¹⁾	**	ns	*	ns	*	**	*	**	*

注) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし (n=3)。

2018年の冷房処理中の温室内の気温は、明期は両区で同等に推移し、短日処理前及び短日処理中は30℃を超え、短日処理以降は27℃を上回った。また、冷房処理開始～終了までの全期間の平均気温は両区とも29.2℃であった（第6表）。暗期の平均気温は、冷房区は処理期間を通して概ね設定の20℃で推移した。一方で、無冷房区の暗期平均気温は短日処理前が25.4℃、短日処理中が24.6℃、短日処理以降は23.5℃であった。冷房処理開始～終了までの全期間の暗期平均気温は、冷房区は20.5℃であり、無冷房区は24.3℃であった（第7表）。

2017年の開花及び生育を第8表に示した。開花日は冷房区が無冷房区に比べ有意に遅かった。また、冷房区は草丈及び主茎長が無冷房区に比べ長く、主茎節数は両区で差がなかった。そのため、節間長は冷房区で長くなった。株幅、第1花房の着生節位、一次側枝数及び花房数は両区で差がなかった。

2018年の開花及び生育を第9表に示した。開花日は冷房区が無冷房区に比べ有意に早かった。また、草丈及び主茎長は両区で差がなかったが、主茎節数は冷房区が少なかった。そのため、節間長は冷房区で長くなった。株幅、第1花房の着生節位、一次側枝数及び花房数の値は冷房区が無冷房区に比べ小さかった。

3. 考察

2017年と2018年では作型が半月ほど異なったものの、開花は2017年では冷房区が無冷房区に比べ遅く、2018年では冷房区が無冷房区に比べ早くなり、異なる結果を示した。2017年と2018年の明期の気温を比較すると、冷房を行った全期間で2017年は2018年に比べ低く推移した。暗期については、冷房区は両年とも20℃前後で推移し、無冷房区は、両年で差があるものの、冷房区に比べ常に高い気温で推移した。第Ⅱ章第1節の結果では明期27.5℃では暗期温度が高いと早期に開花し、30.0℃以上では暗期温度が低いと開花が安定した。このことから、2017年と2018年で夜間冷房による開花への効果が異なった原因は、明期の気温が両年で異なったためであり、2017年は第Ⅱ章第1節の明期27.5℃での結果と、2018年は明期30.0℃での結果と類似した現象を示したと考えられた。

開花日以外の形質も両年で異なっていた。株幅、一次側枝数及び花房数は2017年では冷房区と無冷房区で差がなかったが、2018年は冷房区の値が無冷房区に比べ小さかった。第Ⅱ章第1節では明期温度が同条件では暗期温度が低いと主茎長が短くなり、その現象は明期温度が高いほど顕著であった。株幅及び花房数の値は一次側枝の発達の影響が大きい。一次側枝も主茎と同様に暗期の気

温が下がると成長が抑制されると仮定すると、2017年に比べ2018年で冷房区の株幅、一次側枝数及び花房数が無冷房区に比べ値が小さくなった原因は明期気温が高かったためと推察された。

主茎長の値を主茎節数で割った節間長の値は両年とも冷房区が無冷房区に比べ長く、徒長していた。植物の草丈伸長は明期と暗期の温度差(以下DIFとする)によって制御され、暗期より明期の温度が高いプラスのDIFでは伸長が促進することが複数の植物で知られている(Erwinら, 1995)。エラチオール・ベゴニアにおいてもプラスのDIFによって草丈伸長が促進することが報告されている(Moe・Mortensen, 1992)。これらのことから、冷房区で徒長した原因は、夜間冷房によって昼夜の温度差が大きくなり、節間伸長にプラスのDIFが働いたためと考えられた。一方で、第Ⅱ章第1節では同一明期温度条件では暗期温度が低いと主茎長が短くなる結果となり、本結果は異なる反応を示した。DIFによる草丈伸長への影響は明期光量が多いと顕著になることがキクで報告されている(Karlssonら, 1989)。そのため、第Ⅱ章第1節と本実験で草丈伸長が異なる反応を示したのは、栽培環境の光量の影響によるものであると考えられた。

以上のことから、夜間冷房は明期の気温が高い年には開花遅延を回避できることが明らかとなった。一方で、夜間冷房は①明期の気温が低いと開花遅延を招く、②明期の気温が高いと一次側枝数や花房数の減少し品質低下を招く、③明期の気温に関わらず徒長するため、品質低下を招く、といった現象が起こることも明らかとなった。そのため、生産現場で夜間冷房を利用するには本節で検討した方法では不十分であり、更なる検討が必要であると考えられた。

第2節 効率的な夜間冷房方法と品質改善技術の開発

第1節の結果から、「ネッチャダーク」では、明期の気温が高い条件下で夜間冷房を行うと開花遅延を回避できることが、明期の気温が低い場合は開花遅延を招くことが明らかとなった。また、明期の気温が高い場合においても、徒長や一次側枝数の減少を招き、品質低下を招くことが明らかとなった。そのため、開花遅延を回避しつつ徒長等を抑制できる技術開発が必要と考えられる。また、第1節では「ネッチャダーク」のみで検討したが、エラチオール・ベゴニアの生産現場ではハウス内で複数の品種を栽培することが多いため、他の品種での効果の検討も必要である。更に、近年は資材等の生産コストが上昇していることから、冷房を使用するとしても稼働に要するエネルギーコストを低減できる技術開発に着手す

る必要であると考えられる。そこで、本節では冷房コストを削減しつつ明期の高温による開花遅延と品質低下を回避する方法について、複数品種を用いて検討した。

第1項 夜間冷房効果の品種間差と短時間冷房処理の検討

近年、アフリカンマリーゴールドでは暗期開始時の時間帯の温度が花芽の分化・発達に大きく影響することが明らかとなり(道園ら, 2010)、加温栽培ではこの現象を応用し、日の入りから数時間のみ温度を高く維持する変温管理方法(End of day・heating)とすることで、慣行の終夜を一定温度で管理する方法に比べ燃料コストを低減できることがスプレーギク(道園ら, 2012)やスプレーカーネーション(馬場ら, 2013)で報告されている。更に、梶原ら(2015)はこの技術の発展型として、バラにおいて日の入り後の数時間のみ冷房は終夜冷房と同等の切り花長や切り花重となり、冷房にかかる電力コストを削減できるとしている。

そこで、本項では夜間の一定冷房が開花及び生育に及ぼす影響を複数品種で明らかにするとともに、冷房コストの削減と暗期一定冷房で問題となった草姿改善を目的に、日の入り後の短時間冷房処理(End of day cooling, 以下 EODc とする)を検討した。

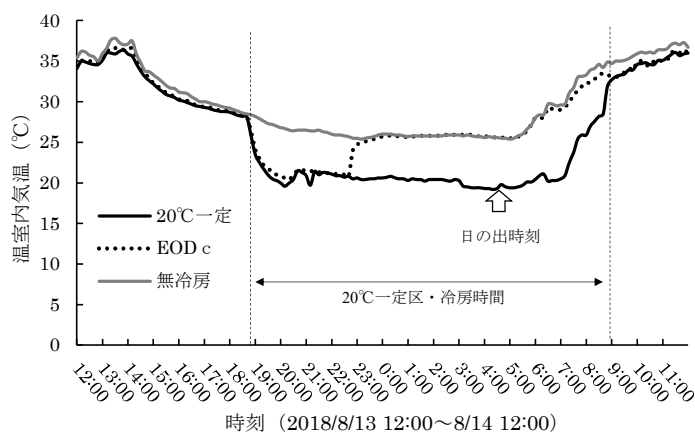
1. 材料及び方法

品種は早生品種の「バティック」、晩生品種の「ベルセバ」及び中生品種の「ネッチャダーク」(いずれも高松商事(株))を供試した。試験区は日の入りから暗期終了(短日処理時は短日処理終了まで、短日処理時以外は日の出まで)を20℃で冷房する20℃一定区と日の入りから4時間20℃で冷房するEODc区及び無冷房区の3区を設けた。短日処理は4時～9時にかけて遮光を行い、暗期の終了時間を遅らせる方法とした。短日処理期間は21日間とした。2018年5月11日に挿し芽を行い、6月26日に2節残して摘心し、7月12日に5号プラスチック鉢に鉢上げした。短日処理は8月2日～8月23日にかけて行った。連続区及びEODc区の冷房期間は7月17日～9月18日の63日間とした。供試株数は1区4株3反復とした。調査は冷房処理中の温室内の温度推移、開花日及び開花日の草丈、株幅、主茎長、主茎節数、節間長、第1花房の着生節位、一次側枝数及び花房数について実施した。

2. 結果

短日処理中の温室内の気温の推移を第6図に示した。暗期の気温は、日の入りから日の出までは3区で概ね設定温度で推移した。しかし、日の出以降は太陽光の影響を受

中島：エラチオール・ペゴニアの冷房・冷蔵処理



第6図 温室内気温の推移 (2018/8/13 12:00～8/14 12:00)

注) 20℃一定: 19:00～9:00を20℃で冷房。EODc: 19:00～23:00を20℃で冷房。

2018年8月14日の日の出時刻: 4時57分(千葉特別地域気象観測所)。

第10表 冷房処理中の明期温室内平均気温の推移

夜間 ¹⁾ 冷房方法	明期温室内平均気温 ²⁾			
	短日処理前 (7/17・8/1)	短日処理中 (8/2・8/23)	短日処理後 (8/24・9/18)	全体 (7/17・9/18)
20℃一定	31.9	30.7	27.4	29.8
EODc	31.5	31.3	27.7	29.6
無冷房	30.5	31.3	27.7	29.5

注1) 20℃一定: 短日処理中及び短日処理後は日の入り～日の出まで、短日処理中は日の入りから14時間暗期となるように20℃で冷房。

EODc: 日の入りから4時間20℃で冷房。

2) 短日処理前及び短日処理後は5:00～19:00, 短日処理中は9:00～19:00の値を示す。

第11表 冷房処理中の暗期温室内平均気温の推移

夜間 ¹⁾ 冷房方法	暗期温室内平均気温 ²⁾			
	短日処理前 (7/17・8/1)	短日処理中 (8/2・8/23)	短日処理後 (8/24・9/18)	全体 (7/17・9/18)
20℃一定	19.2	20.4	20.3	20.1
EODc	23.2	23.8	22.7	23.3
無冷房	25.4	25.3	23.9	24.7

注1) 20℃一定: 短日処理中及び短日処理後は日の入り～日の出まで、短日処理中は日の入りから14時間暗期となるように20℃で冷房。

EODc: 日の入りから4時間20℃で冷房。

2) 短日処理前及び短日処理後は5:00～19:00, 短日処理中は9:00～19:00の値を示す。

第12表 夜間冷房方法の違いが「パティック」の開花及び生育に及ぼす影響

夜間 冷房方法	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (a) (cm)	主茎節数 (b) (節)	節間長 (a)/(b) (節)	第1花房の 着生節位 (節)	一次 側枝数 (本)	花房数 (個)
20℃一定	10月1日 a ²⁾	31.0	34.6 a	25.6	9.9 a	2.6 b	6.4 a	3.8 a	11.1 a
EODc	10月8日 b	31.5	38.5 b	25.7	10.7 ab	2.4 ab	7.3 b	5.0 b	13.8 b
無冷房	10月11日 c	31.2	38.3 b	25.3	11.7 b	2.2 a	8.1 c	5.9 b	15.1 b
分散分析 ¹⁾	**	ns	**	ns	**	**	**	**	**

注1) **: 1%水準で有意 ns: 有意差なし。

2) 異なる英文字間に5%水準で有意差あり (Tukey, n=3)。

けたため、20℃一定区は設定温度を維持できなかった。そのような中で、明期の平均気温は、短日処理前は20℃一定区及びEODc区が無冷房区に比べやや高く、短日処理中はEODc区及び無冷房区が20℃一定区に比べやや高かった。冷房期間全体の明期平均気温は3区とも29.5℃～29.8℃であり、ほぼ同等であった(第10表)。暗期の平均気温は、20℃一定区は期間を通して概ね20℃で推移した。EODc区は期間を通して23℃前後で推移した。無冷房区は短日処理前及び短日処理中はそれぞれ25.4℃、25.3℃で、短日処理以降は23.9℃であった。冷房期間全体の暗期平均気温は、20℃一定区は20.1℃、EODc区は23.3℃、無冷房区は24.7℃であった(第11表)。

「パティック」の開花及び生育を第12表に示した。開花日は20℃一定区が最も早く、次にEODc区であり、無冷

房区が最も遅かった。草丈及び主茎長は3区で差が無かった。株幅、一次側枝数及び花房数の値は20℃一定区が他の2区に比べ小さかった。主茎節数及び第1花房の着生節位は20℃一定区、EODc区、無冷房区の順に値が大きくなる傾向が見られた。節間長は20℃一定区が無冷房区に比べ有意に長かった。

「ベルセバ」の開花及び生育を第13表に示した。開花日は20℃一定区が最も早く、次に無冷房区であり、EODc区が最も遅かった。草丈、一次側枝数及び花房数の値は20℃一定区が他の2区に比べ小さかった。主茎長及び主茎節数の値は20℃一定区が最も小さく、次に無冷房区であり、EODc区が最も小さくなる傾向が見られた。そのため、節間長は3区で差が無かった。株幅が3区で差が無く、第1花房の着生節位は20℃一定区と無冷房区で差が無く、

第13表 夜間冷房方法の違いが「ベルセバ」の開花及び生育に及ぼす影響

夜間 冷房方法	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (a) (cm)	主茎節数 (b) (節)	節間長 (a)/(b) (節)	第1花房の 着生節位 (節)	一次 側枝数 (本)	花房数 (個)
20℃一定	10月24日 a ²⁾	23.3 a	35.3	17.5 a	10.3 a	1.7	7.3 a	3.5 a	8.3 a
EODc	11月15日 c	26.2 b	35.0	21.2 b	13.1 c	1.6	10.4 b	5.8 b	12.4 b
無冷房	11月6日 b	25.7 b	35.6	19.8 ab	12.1 b	1.6	8.2 a	4.0 b	11.5 b
分散分析 ¹⁾	**	**	ns	*	**	ns	**	**	*

注1) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし.

2) 異なる英文字間に 5%水準で有意差あり (Tukey, n=3).

第14表 夜間冷房方法の違いが「ネッチャダーク」の開花及び生育に及ぼす影響

夜間 冷房方法	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (a) (cm)	主茎節数 (b) (節)	節間長 (a)/(b) (節)	第1花房の 着生節位 (節)	一次 側枝数 (本)	花房数 (個)
20℃一定	10月5日 a ²⁾	30.5	34.5	24.8	10.0 a	2.5 b	6.5 a	3.1 a	10.1 a
EODc	10月15日 b	31.0	37.4	24.7	11.2 b	2.2 a	7.3 b	4.5 b	13.7 b
無冷房	10月15日 b	30.9	36.1	24.8	11.1 b	2.2 a	7.5 b	4.5 b	15.0 b
分散分析 ¹⁾	**	ns	ns	ns	*	**	**	**	**

注1) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし.

2) 異なる英文字間に 5%水準で有意差あり (Tukey, n=3).

EODc区に比べ低節位であった.

「ネッチャダーク」の開花及び生育を第14表に示した. 開花日は20℃一定区が他の2区に比べ早かった. 草丈, 株幅及び主茎長は3区間で差が無かった. 主茎節数, 第1花房の着生節位, 一次側枝数及び花房数の値は20℃一定区が他の2区に比べ小さかった. 節間長は20℃一定区が他の2区に比べ長かった.

3. 考察

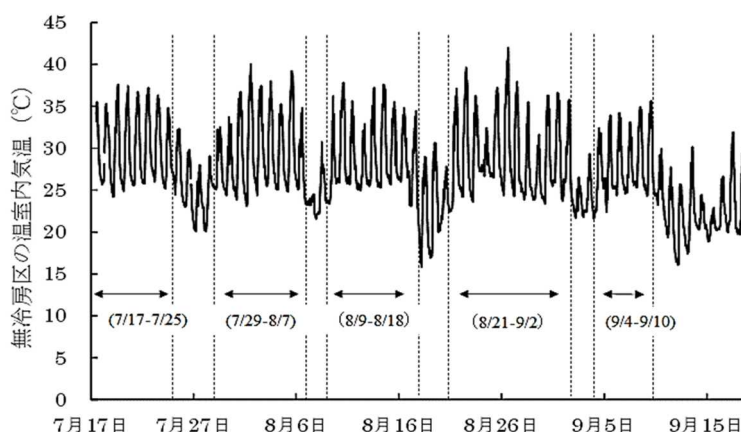
本項の短日処理方法は, EODc区の暗期開始時の温度を確実に設定温度に下げるため, 日の出以降の暗期時間を延長する方法とし, 日の入り前から暗期を開始する第Ⅲ章第1節の処理とは異なる方法で検討した. その様な条件においても, 第Ⅲ章第1節の結果と同様に, 「ネッチャダーク」の20℃一定区は無冷房区に比べ早期に開花した. また, 株幅は差が無かったが, 主茎節数, 第1花房の着生節位, 一次側枝数及び花房数の値は無冷房区に比べ20℃一定区が小さく, 節間長は無冷房区より20℃一定区が長くなり, 第2節第1項と同様の傾向を示した. そのため, 20℃一定の冷房方法が開花及び生育に及ぼす影響は, 日の入り前から暗期を開始する方法と日の出後を延長する方法のどちらにおいても同様の効果が得られると考えられた.

20℃一定区は開花特性の異なる「バティック」及び「ベルセバ」においても無冷房区に比べ早期に開花した. また, 「バティック」では, 「ネッチャダーク」と同様に, 節間長が長くなったことによる徒長と, 一次側枝数及び花房数の減少を招いた. 「ベルセバ」は徒長が無かった

ものの一次側枝数と花房数が減少し, 両品種とも草姿については品質が低下する傾向が見られた. これらのことから, 「ネッチャダーク」以外の品種においても暗期を20℃一定で冷房する方法は開花遅延を回避できるが, 同時に品質低下を招くと考えられた.

冷房コストの削減を目的に検討したEODc処理は, 「バティック」及び「ネッチャダーク」の草姿は無冷房区と同等であったが, 開花日も無冷房区と同等かやや早い程度であり, 開花遅延を回避しつつ草姿を維持することはできなかった. また, 「ベルセバ」のEODc区は20℃一定区より13日, 無冷房区より9日開花が遅れた. そのため, エラチオール・ベゴニアへのEODc処理は開花促進の効果が低いだけでなく, 品種によっては抑制に働くことが示唆された. これらのことから, エラチオール・ベゴニアへのEODc処理の実用性は低いと考えられた.

18℃一定条件で栽培されたエラチオール・ベゴニアへの2時間16℃の短時間降温処理では, 暗期中断後から降温処理開始までの時間が花蕾数及び草丈伸長に影響を及ぼすことが報告されている (Grindal・Moe, 1994). また, キクの高温時の開花遅延は花芽分化を制御する遺伝子 FTL3 の発現量が高温によって低下するためであり, FTL3 の発現量は暗期の時間帯によって異なることが報告されている (中野ら, 2017). これらのことから, エラチオール・ベゴニアへの夜間冷房処理においても, 冷房が開花及び生育に及ぼす効果は冷房中の時間帯によって変化し, 暗期開始時以外の時間帯の温度が開花に影響したために, 20℃一定区とEODc区で異なる結果を示したと推察された. そのため, エラチオール・ベゴニアで



第7図 無冷房区の温室内気温の推移と明期高温時冷房区の夜間冷房期間（2018年）
注） $\longleftrightarrow$ は明期高温時冷房区で夜間冷房処理を行った期間を示す。

の短時間冷房処理技術を確立するには、本項で検討した日の入り後以外の時間帯の冷房が開花及び生育に及ぼす影響を検討する必要があると考えられた。

第2項 明期高温時のみの夜間冷房が開花及び生育に及ぼす影響

第II章の結果から、エラチオール・ペゴニアの暗期温度が開花に及ぼす影響は明期温度によって変化し、その明期温度の範囲は27.5℃と30.0℃で変化することが明らかとなった。この温度帯はちょうど日本の夏期の気温に該当し、第III章第1節の結果が示したとおり、明期の気温が高い年は夜間冷房により開花遅延を回避できるが、明期の気温が低い年の栽培では夜間冷房を行うと逆に開花が遅延してしまう。そのため、生産現場では夜間冷房を使用する判断基準が必要であると考えられる。

そこで、本項では明期温度が30℃を超える場合は夜間冷房処理を行い、30℃未満の際は夜間冷房を行わないこととする、明期温度に合わせた夜間冷房処理が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。

1. 材料及び方法

品種は「パティック」、「ベルセバ」及び「ネッチャダーク」（いずれも高松商事(株)）の3品種を供試した。試験区は20℃一定の夜間冷房（日の入りから暗期終了まで：短日処理時は短日処理終了まで、短日処理時以外は日の出まで）を7月17日～9月18日の63日間を常に行う連続冷房区、気象庁5:00発表の千葉の予想最高気温が30℃以上の日に当日～翌日までの暗期を20℃一定で冷房する明期高温時冷房区及び無冷房区の3区を設けた。実験には暗期を20℃一定で冷房する温室Aと無冷房の温室Bの2棟を用い、連続冷房区は温室Aで、無冷房区は温室Bで管理し、明期高温時冷房区は気象庁の発表を

基に明期中に株を温室AもしくはBに移動する管理とした。短日処理は4時～9時を遮光し、暗期の終了時間を遅らせる方法とした。短日処理期間は21日間とした。2018年5月11日に挿し芽を行い、6月26日に2節残して摘心し、7月12日に5号プラスチック鉢（鉢高13cm）に鉢上げした。短日処理は8月2日～8月23日にかけて行った。供試株数は1区4株3反復とした。調査は冷房処理中の温室内の温度推移、開花日及び開花日の草丈、株幅、主茎長、主茎節数、節間長、第1花房の着生節位、一次側枝数及び花房数について実施した。また、鉢高に対する草丈の比率（草丈比）及び株幅の比率（株張り比）を算出した。

2. 結果

第7図に無冷房区の温室内の気温推移及び明期高温時冷房区の夜間冷房処理期間を示した。気象庁5時発表の千葉の天気予報に基づき冷房の有無を判断した結果、明期高温時冷房区の夜間冷房を行った期間は7月17日～7月25日、7月29日～8月7日、8月9日～8月18日、8月21日～9月2日及び9月4日～9月10日の合計49日間であった。

明期の平均気温は、短日処理前は連続冷房区及び明期高温時冷房区が無冷房区に比べやや高く、短日処理中は無冷房区が連続冷房区及び明期高温時冷房区に比べやや高かった。そのため、冷房期間を通しての明期平均気温は3区とも29.3℃～29.8℃であり、ほぼ同等であった（第15表）。暗期平均気温は、連続冷房区は期間を通して概ね20℃で推移した。明期高温時冷房区は期間を通して21℃前後で推移した。無冷房区は短日処理前及び短日処理中はそれぞれ25.4℃、25.3℃で、短日処理以降は23.9℃であった。冷房期間を通しての暗期平均気温は、連続冷房区は20.1℃、明期高温時冷房区は21.0℃、無冷房区は24.7℃であった（第16表）。

「パティック」の開花及び生育を第17表に示した。明

第15表 冷房処理中の明期温室内平均気温の推移

夜間 ¹⁾ 冷房方法	明期温室内平均気温 ²⁾		
	短日処理前 (7/17・8/1)	短日処理中 (8/2・8/23)	短日処理後 (8/24・9/18)
連続冷房	31.9	30.7	27.4
明期高温時冷房	31.4	30.6	27.3
無冷房	30.5	31.3	27.7

注1) 連続冷房：短日処理中及び短日処理後は日の入り～日の出まで、短日処理は日の入りから14時間暗期となるように20℃で冷房した。

明期高温時冷房：気象庁5:00発表の千葉の予想最高気温が30℃を超える日は暗期を20℃で冷房した。表中の明期の値は冷房を行った日は連続冷房区の値を、冷房を行わなかった日は無冷房区の値から算出した。

2) 短日処理前及び短日処理後は5:00～19:00、短日処理中は9:00～19:00の値を示す。

第16表 冷房処理中の暗期温室内平均気温の推移

夜間 ¹⁾ 冷房方法	暗期温室内平均気温 ²⁾		
	短日処理前 (7/17・8/1)	短日処理中 (8/2・8/23)	短日処理後 (8/24・9/18)
連続冷房	19.2	20.4	20.3
明期高温時冷房	20.9	21.2	21.0
無冷房	25.4	25.3	23.9

注1) 連続冷房：短日処理中及び短日処理後は日の入り～日の出まで、短日処理は日の入りから14時間暗期となるように20℃で冷房した。

明期高温時冷房：気象庁5:00発表の千葉の予想最高気温が30℃を超える日は暗期を20℃で冷房した。表中の明期の値は冷房を行った日は連続冷房区の値を、冷房を行わなかった日は無冷房区の値から算出した。

2) 短日処理前及び短日処理後は5:00～19:00、短日処理中は9:00～19:00の値を示す。

第17表 夜間冷房方法の違いが「パティック」の開花及び生育に及ぼす影響

夜間 冷房方法	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (a) (cm)	主茎節数 (b) (節)	節間長 (a)/(b) (節)	第1花房の 着生節位 (節)	一次 側枝数 (本)	花房数 (個)
連続冷房	10月 1日 a ²⁾	31.0	34.6 b	25.6	9.9 a	2.6 b	6.4 a	3.8 a	11.1 a
明期高温時冷房	10月 1日 a	29.5	32.9 a	23.6	9.8 a	2.4 ab	6.6 a	3.5 a	9.7 a
無冷房	10月 11日 b	31.2	38.3 c	25.3	11.7 b	2.2 a	8.1 b	5.9 b	15.1 b
分散分析 ¹⁾	**	ns	**	ns	**	*	**	**	**

注1) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし。

2) 異なる英文字間に5%水準で有意差あり (Tukey, n=3)。

第18表 夜間冷房方法の違いが「パティック」の草丈比及び株張り比に及ぼす影響

夜間 冷房方法	草丈 (cm)	草丈比 ¹⁾	株幅 (cm)	株張り比 ²⁾
連続冷房	31.0	2.39	34.6 b ⁴⁾	2.66 b
明期高温時冷房	29.5	2.27	32.9 a	2.53 a
無冷房	31.2	2.40	38.3 c	2.95 c
分散分析 ³⁾	ns	ns	**	**

注1) 草丈/鉢高 (13cm) で算出。

2) 株幅/鉢高で算出。

3) **: 1%水準で有意 ns : 有意差なし。

4) 異なる英文字間に5%水準で有意差あり (Tukey, n=3)。

第19表 夜間冷房方法の違いが「ベルセバ」の開花及び生育に及ぼす影響

夜間 冷房方法	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (a) (cm)	主茎節数 (b) (節)	節間長 (a)/(b) (節)	第1花房の 着生節位 (節)	一次 側枝数 (本)	花房数 (個)
連続冷房	10月 24日 a ²⁾	23.3 a	35.3	17.5	10.3 a	1.7	7.3 ab	3.5	8.3 a
明期高温時冷房	10月 22日 a	24.4 ab	35.3	18.7	10.5 a	1.8	6.9 a	3.6	9.7 ab
無冷房	11月 6日 b	25.7 b	35.6	19.8	12.1 b	1.6	8.2 b	4.0	11.5 b
分散分析 ¹⁾	**	*	ns	ns	**	ns	*	ns	*

注1) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし。

2) 異なる英文字間に5%水準で有意差あり (Tukey, n=3)。

期高温時冷房区の開花日は連続冷房区と同等であり、無冷房区に比べ10日早かった。明期高温時冷房区の草丈及び主茎長は3区間で明確な差が無かったが、主茎節数は連続冷房区と同等で、無冷房区に比べ少なかった。そのため、冷房期間が短くなるに従い節間長は短くなる傾向を示した。明期高温時冷房区の株幅は他の2区に比べ狭かった。明期高温時冷房区の一次側枝数及び花房数の値は無冷房区に比べ少なく、連続冷房区と同等であった。また、明期高温時冷房区の草丈比は3区間で差が無かったもの

の、株張り比は連続冷房区及び無冷房区に比べ有意に小さかった (第18表)。

「ベルセバ」の開花及び生育を第19表に示した。明期高温時冷房区の開花日は連続冷房区と同等であり、無冷房区に比べ15日早かった。草丈は冷房期間が短くなるに従い長い傾向が見られ、主茎節数は連続冷房区と明期高温時冷房区が同等で無冷房区に比べ少なかった。株幅、主茎長、節間長及び一次側枝数は3区で同等であった。明期高温時冷房区の花房数は連続冷房区に比べ多い傾向が

第20表 夜間冷房方法の違いが「ベルセバ」の草丈比及び株張り比に及ぼす影響

夜間 冷房方法	草丈 (cm)	草丈比 ¹⁾	株幅 (cm)	株張り比 ²⁾
連続冷房	23.3 a ⁴⁾	1.79 a	35.3	2.72
明期高温時冷房	24.4 ab	1.88 ab	35.3	2.72
無冷房	25.7 b	1.98 b	35.6	2.74
分散分析 ³⁾	*	*	ns	ns

注1) 草丈/鉢高 (13cm) で算出.

2) 株幅/鉢高で算出.

3) *: 5%水準で有意 ns: 有意差なし.

4) 異なる英文字間に 5%水準で有意差あり (Tukey, n=3).

第21表 夜間冷房方法の違いが「ネッチャダーク」の開花及び生育に及ぼす影響

夜間 冷房方法	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (a) (cm)	主茎節数 (b) (節)	節間長 (a)/(b) (節)	第1花房の 着生節位 (節)	一次 側枝数 (本)	花房数 (個)
連続冷房	10月 5日 a ²⁾	30.5 b	34.5	24.8	10.0 a	2.5	6.5 a	3.1 a	10.1 a
明期高温時冷房	10月 6日 a	27.6 a	33.5	22.8	9.9 a	2.3	6.4 a	4.3 ab	14.0 b
無冷房	10月 15日 b	30.9 b	36.1	24.8	11.0 b	2.2	7.5 b	4.5 b	15.0 b
分散分析 ¹⁾	**	*	ns	ns	*	ns	**	*	**

注1) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns: 有意差なし.

2) 異なる英文字間に 5%水準で有意差あり (Tukey, n=3).

第22表 夜間冷房方法の違いが「ネッチャダーク」の草丈比及び株張り比に及ぼす影響

夜間 冷房方法	草丈 (cm)	草丈比 ¹⁾	株幅 (cm)	株張り比 ²⁾
連続冷房	30.5 b ⁴⁾	2.35 b	34.5	2.65
明期高温時冷房	27.6 a	2.12 a	33.5	2.58
無冷房	30.9 b	2.38 b	36.1	2.78
分散分析 ³⁾	*	*	ns	ns

注1) 草丈/鉢高 (13cm) で算出.

2) 株幅/鉢高で算出.

3) *: 5%水準で有意 ns: 有意差なし.

4) 異なる英文字間に 5%水準で有意差あり (Tukey, n=3).

見られた。また、草丈比は冷房期間が長くなるに従い小さくなる傾向が見られ、株張り比は3区で差が無かった(第20表)。

「ネッチャダーク」の開花及び生育を第21表に示した。明期高温時冷房区の開花日は連続冷房区と同等であり、無冷房区に比べ9日早かった。明期高温時冷房区の草丈は連続冷房区及び無冷房区に比べ短く、主茎節数は連続冷房区と同等で、無冷房区に比べ少なかった。一次側枝数は無冷房区に近い傾向を示し、花房数は連続冷房区に比べ増加した。また、明期高温時冷房区の草丈比は連続冷房区及び無冷房区に比べ有意に小さくなった(第22表)。

3. 考察

明期高温時冷房区の冷房の有無は外気の天気予報に基づいて決定したため、厳密な温度制御を行えなかったが、概ね明期が30℃を超える日は冷房を行う管理が行えた。その結果、明期高温時冷房区の処理期間を通しての暗期

の平均気温は連続冷房区に比べ約1℃高く、無冷房区に比べ3℃以上低くなった。これは、明期の気温が低い日の前後は暗期の温度が低くなることが多いためであった。そのため、明期温度によって夜間冷房の有無を判断する処理は冷房にかかるエネルギーコストを削減しつつ、暗期温度を低く保つことが可能であると考えられた。

このような管理において、供試した3品種とも明期高温時冷房区の開花日は連続冷房区と同等となった。これは、無冷房区に比べ暗期の平均気温が下がったことによる影響と考えられた。そのため、明期高温時のみを暗期冷房する方法は開花遅延を回避する技術として有効であると考えられた。

「バティック」及び「ネッチャダーク」の明期高温時冷房区の草丈及び主茎長は、連続冷房区及び無冷房区に比べ短い又は短い傾向がみられた。ペゴニア属は栄養成長と生殖成長が並行して進むため、到花日数が長い株は短い株に比べ大きくなりやすい。また、夜間冷房を行うと明期と暗期の温度差が大きくなるが、本実験の連続冷房

区は暗期を63日間冷房したのに対し、明期高温時のみ区の合計冷房日数は49日と約2/3の日数であった。これらのことから、「パティック」及び「ネッチャダーク」の明期高温時冷房区の草丈、主茎長及び節間長が連続冷房区に比べ短くなった原因はプラスのDIFが大きくなる夜間冷房の処理回数が少なくなったためであり、無冷房区に比べ短くなった原因は早期に開花したために栄養成長量が減少したためと考えられた。また、「ベルセバ」の明期高温時冷房区の草丈は無冷房区に比べ短く、連続冷房区に近い傾向を示した。この品種は無冷房区に比べ連続冷房区で草丈及び主茎長の値が小さい傾向を示し、かつ節間長は3区で差がなかった。そのため、プラスのDIFの影響が小さい品種であり、連続冷房区と同様に早期に開花したために明期高温時冷房区も草丈が短くなったと考えられた。

明期高温時冷房区の一次側枝数及び花房数は、「パティック」では連続冷房区と同等であったが、「ベルセバ」及び「ネッチャダーク」は無冷房区に近い値となる傾向が見られた。第Ⅱ章第1節では、明期温度が同じであれば暗期温度が高い方が主茎長や節数の値が大きくなった。そのため、一次側枝の発達は暗期温度が高い方が促進すると仮定すると、一次側枝数と花房数が連続冷房区に比べ増加した理由は、暗期温度がやや高かったためと考えられた。

各処理で生育が大きく異なったことから、草姿の変化による品質への影響が懸念された。滝沢（2005）はエラチオール・ベゴニアの市場価格に影響する品質特性は鉢サイズ、開花数、株張り、葉数及び花径であるとしている。また、同報（滝沢，2005）の中で、鉢花類は鉢サイズ、花色、観賞期間及び全体のバランスが市場価格に影響するとしている。本実験は鉢サイズ及び品種（花径及び花色）を統一し、形質調査を第1花房の開花日（開花数）としたため、滝沢（2005）が挙げた品質評価の形質の中で品質として比較すべき項目は株張り、葉数、観賞期間及び全体のバランスとなる。株張りを含む草姿のバランスを評価する方法には鉢の高さに対する草丈の比率（草丈比）及び株幅の比率（株張り比）が挙げられ、両比率とも1.62が適しているとされる（Sachsら，1976）。本実験では、品種間差があるものの、明期高温時冷房区は無冷房区に比べ草丈比及び株張り比が小さく、1.62に近い値となる傾向が見られ、同時期の無冷房栽培に比べ草姿が改善される可能性が示唆された。草姿バランス以外の品質評価の対象である観賞期間については花房数が、葉数については主茎の節数が該当する。花房数については、「パティック」は明確に減少したものの、「ベルセバ」及び「ネッチャダーク」では明期高温時冷房区の値は無冷房区に近い値となる傾向が見られた。また、主茎節数に

ついては3品種とも明期高温時冷房区は無冷房区に比べ少なくなったが、節間長は無冷房区に近い値となる傾向が見られ、節数は少なくとも外観が間延びした印象は受けなかった。

以上のことから、明期高温時のみの夜間冷房は無冷房栽培に比べ開花遅延を回避しつつ品質は同等以上となる栽培技術として利用できる可能性が示唆された。また、明期温度に基づいて夜間冷房の有無が決定されることから、第Ⅲ章第1節の2017年の結果の様に、全体の平均気温が低い年の栽培であったとしても、夜間冷房による開花抑制を回避できると考えられた。一方で、品質に及ぼす影響については品種間差のあることも明らかとなった。そのため、他品種での効果の検討が必要であると考えられた。

第3項 短日処理時期のみの夜間冷房が開花及び生育に及ぼす影響

第Ⅲ章第2節第2項の結果から、明期高温時のみの夜間冷房は無冷房栽培に比べ開花遅延を回避しつつ品質を同等以上とする栽培方法として利用できる可能性が示唆された。しかし、慣行の栽培方法が無冷房であることを考慮すると、冷房に要するエネルギーコストを更に削減する方法を検討する必要がある。

Sandved（1962）はエラチオール・ベゴニアの開花は短日処理中の温度が強く影響するとしている。また、第Ⅱ章第2節では短日条件下における暗期温度の違いが花芽分化及び発達に影響を及ぼした。これらのことから、夜間冷房栽培においても、短日処理中のみの冷房で開花遅延を回避できることが示唆される。また、この方法が有効であれば、冷房期間を大幅に短縮し、冷房に要するエネルギーコストの削減が可能になることが期待される。

そこで、本項では短日処理中の夜間冷房処理が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。

1. 材料及び方法

品種は「ネッチャダーク」（高松商事(株)）を供試した。試験区は20℃一定の夜間冷房（日の入りから暗期終了まで：短日処理時は短日処理終了まで、短日処理時以外は日の出まで）を7月17日～9月18日の63日間を常に行う連続冷房区、短日処理期間となる8月2日～8月23日の21日間のみを20℃一定で夜間冷房する短日期冷房区及び無冷房区の3区を設けた。実験には暗期を20℃一定で冷房する温室Aと無冷房の温室Bの2棟を用い、連続冷房区は温室Aで、無冷房区は温室Bで管理し、短日期冷房区は短日処理開始前と終了以降は温室Bで、短日処理中は温室Aで管理した。短日処理は4時～9時に遮

第23表 冷房処理中の明期温室内平均気温の推移

夜間 ¹⁾ 冷房方法	明期温室内平均気温 ²⁾			
	短日処理前 (7/17・8/1)	短日処理中 (8/2・8/23)	短日処理後 (8/24・9/18)	全体 (7/17・9/18)
連続冷房	31.9	30.7	27.4	29.8
短日期冷房	30.5	30.7	27.4	29.3
無冷房	30.5	31.3	27.7	29.5

注1) 連続冷房：短日処理中及び短日処理後は日の入り～日の出まで、短日処理中は日の入りから14時間暗期となるように20℃で冷房した。

短日期冷房：短日処理前及び短日処理後は無冷房区と同じ温室で、短日処理中は連続冷房区と同じ温室内で管理した。

2) 短日処理前及び短日処理後は5:00～19:00、短日処理中は9:00～19:00の値を示す。

第24表 冷房処理中の暗期温室内平均気温の推移

夜間 ¹⁾ 冷房方法	暗期温室内平均気温 ²⁾			
	短日処理前 (7/17・8/1)	短日処理中 (8/2・8/23)	短日処理後 (8/24・9/18)	全体 (7/17・9/18)
連続冷房	19.2	20.4	20.3	20.1
短日期冷房	25.4	20.4	23.9	23.3
無冷房	25.4	25.3	23.9	24.7

注1) 連続冷房：短日処理中及び短日処理後は日の入り～日の出まで、短日処理中は日の入りから14時間暗期となるように20℃で冷房した。

短日期冷房：短日処理前及び短日処理後は無冷房区と同じ温室で、短日処理中は連続冷房区と同じ温室内で管理した。

2) 短日処理前及び短日処理後は5:00～19:00、短日処理中は9:00～19:00の値を示す。

第25表 夜間冷房方法の違いが「ネッチャダーク」の開花及び生育に及ぼす影響

夜間 冷房方法	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (a) (cm)	主茎節数 (b) (節)	節間長 (a)/(b) (節)	第1花房の 着生節位 (節)	一次 側枝数 (本)	花房数 (個)
連続冷房	10月5日 a ²⁾	30.5 b	34.5	24.8	10.0 a	2.5 c	6.5 a	3.1 a	10.1 a
短日期冷房	10月5日 a	26.3 a	32.0	22.0	10.6 a	2.1 a	6.8 ab	4.0 b	15.1 b
無冷房	10月15日 b	30.9 b	36.1	24.8	11.1 b	2.2 b	7.5 b	4.5 b	15.0 b
分散分析 ¹⁾	**	**	ns	ns	ns	**	*	**	**

注1) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし。

2) 異なる英文字間に5%水準で有意差あり (Tukey, n=3)。

第26表 夜間冷房方法の違いが「ネッチャダーク」の草丈比及び株張り比に及ぼす影響

夜間 冷房方法	草丈 (cm)	草丈比 ¹⁾	株幅 (cm)	株張り比 ²⁾
連続冷房	30.5 b ⁴⁾	2.35 b	34.5	2.65
短日期冷房	26.3 a	2.02 a	32.0	2.46
無冷房	30.9 b	2.37 b	36.1	2.78
分散分析 ³⁾	**	**	ns	ns

注1) 草丈/鉢高 (13cm) で算出。

2) 株幅/鉢高で算出。

3) **: 1%水準で有意 ns : 有意差なし。

4) 異なる英文字間に5%水準で有意差あり (Tukey, n=3)。

光を行い、暗期の終了時間を遅らせる方法とした。2018年5月11日に挿し芽を行い、6月26日に2節残して摘心し、7月12日に5号プラスチック鉢 (鉢高13cm) に鉢上げした。供試株数は1区4株3反復とした。調査は冷房処理中の温室内の温度推移、開花日及び開花日の草丈、株幅、主茎長、主茎節数、節間長、第1花房の着生節位、一次側枝数及び花房数について実施した。また、鉢高に対する草丈の比率 (草丈比) 及び株幅の比率 (株張り比) を算出した。

2. 結果

連続冷房区及び無冷房区の明期平均気温は、短日処理前は連続冷房区が1.4℃高く、短日処理中は無冷房区が0.6℃高く、短日処理以降は同等であった (第23表)。暗期平均気温は、連続冷房区は20℃前後で推移した。一方、無冷房区の暗期平均気温は短日処理前及び短日処理中が約25℃であり、短日処理以降は23.9℃と常に連続冷房区



写真3 夜間冷房方法の違いが「ネッチャダーク」の開花及び生育に及ぼす影響

注) 写真左から連続冷房区、短日期冷房区、無冷房区

(撮影日: 2018年10月2日)。

に比べ高く推移した。短日期冷房区は短日処理前と短日処理後は無冷房区と同じ温室内で、短日処理中は連続冷房区と同じ温室内で管理したことから、明期の全期間の平均気温は連続冷房区及び無冷房区とほぼ同等であり、暗期の全期間の平均気温は連続冷房区に比べ3.2℃高く、無冷房区に比べ1.4℃低かった (第24表)。

開花及び生育を第25表に示した。開花日は短日期冷房区と連続冷房区で同等であり、無冷房区に比べ10日早かった。短日期冷房区の草丈は連続冷房区及び無冷房区に比べ短かった。また、主茎長は3区間で差が無かったものの、主茎節数は連続冷房区と同等で無冷房区に比べ少なかった。そのため、短日期冷房区の節間長は最も短かった。第1花房の着生節位は連続冷房区が最も低く、無冷房区が最も高くなり、短日期冷房区は中間の値であった。短日期冷房区の一次側枝数及び花房数は連続冷房区に比べ多く、無冷房区と同等であった (第25表)。また、短日期冷房区の草丈比は連続冷房区及び無冷房区に比べ

有意に小さかった(第26表, 写真3)。

3. 考察

短日期冷房区は短日処理中の21日間のみ20℃一定の夜間冷房を行ったことから、期間全体の暗期の平均気温は連続冷房区に比べ3℃以上高かった。そのような状況においても、開花日は連続冷房区と同時期であり、無冷房区より早期に開花した。そのため、開花については連続して冷房を行う処理に比べ1/3の日数で同等の効果が得られ、第2章第2節第2項で検討した明期高温時のみ冷房する処理方法よりも更に低コストとなる処理方法であると考えられた。また、Sandvedの報告(1962)は24℃以下の温度域での結果であったが、本項の結果から、高温期の栽培においても短日処理中の温度が開花に強く影響すると考えられた。第II章第2節の結果では、本項で短日処理を終了した21日目の花芽分化ステージは暗期20.0℃区が25.0℃区に比べ明確に花芽の発達ステージが進んでいた。また、その時の暗期20.0℃区の花芽発達ステージは、花序の分枝数や小花数に影響を及ぼすと推察される、外花被形成期であった。そのため、本項では花芽の分化及び発達については調査を行わなかったが、短日期のみ夜間冷房を行っても無冷房区に比べ早期に開花した理由は、短日処理を行った21日間で短日期冷房区の花芽の生育ステージが無冷房区に比べ進んでおり、短日処理以降の温度が両区で同等となっても早期に開花に至ったためと考えられた。

短日期冷房区の草丈及び節間長は連続冷房区及び無冷房区に比べ短かった。短日期冷房区の草丈等の値が連続冷房区に比べ小さくなった原因は、第III章第2節第2項の明期高温時冷房区と同様に、短日期冷房区の合計冷房日数が連続冷房区の約1/3であったため、プラスのDIFの影響を受ける期間が短くなったためと考えられた。また、無冷房区に比べ値が小さくなった原因は、早期に開花したことにより、開花までの栄養成長量が少なくなったためと考えられた。

短日期冷房区の一次側枝数及び花房数は連続冷房区に比べ多く、無冷房区に近い値となった。この原因も、第III章第2節第2項の明期高温時冷房区と同様に、連続冷房区に比べ暗期温度が高い環境に長く遭遇したために栄養成長量が確保されたためと考えられた。

短日期冷房区の草姿を前述のエラチオール・ベゴニアの市場価格に影響する品質(滝沢, 2005)に当てはめると、草丈比及び株張り比は2.02・2.46(草丈比・株張り比)であり、無冷房区の2.37・2.78に比べ適切な草姿のバランスとされる1.62(Sachsら, 1976)に近くなった。また、花房数は無冷房区と同等であり、主茎の節数は無冷房区より少なかったが、節間長は明確に短かったため、株全

体として詰まった印象を受けた(写真3)。

以上のことから、短日期冷房夜間冷房を行う方法は連続で冷房する方法と同様の開花遅延回避の効果が得られ、なおかつ冷房期間が1/3となり、品質については無冷房と同等以上となる栽培技術として利用できると考えられた。

本項の結果は明期の温度が高かった2018年の結果であるが、第2章第2項第2節の明期高温時のみ冷房する方法と組み合わせることで、適切な冷房管理を行えることが期待される。また、本項では「ネッチャダーク」1品種のみ検討した。明期高温時のみを冷房する処理方法は品種間差が認められたことから、本方法についても今後は他品種での効果を検討する必要があると考えられた。

第IV章 間欠冷蔵処理が開花及び生育に及ぼす影響

第III章ではエラチオール・ベゴニアの9月～10月出荷作型における開花遅延の回避及び品質改善の方法として夜間冷房処理を検討した。しかし、夜間冷房処理を行うために必要となるヒートポンプは300坪あたり約400万円の初期投資が必要とされており(千葉県, 2016)、導入できる生産者は限られてしまう。近年、イチゴの開花誘導技術として、苗を一定期間暗黒条件下で低温処理した後に温室下での管理を数日間行うことを繰り返す間欠冷蔵処理技術が提案されており、8月下旬～9月中旬にかけて処理を行うことで、最大10日程開花を促進できるとされる(Yoshidaら, 2012)。この技術はプリムラ・ポリアンサ(虎太ら, 2015)及びシクラメン(加古ら, 2016)でも夏期に処理することで秋季の開花を促進させることが報告されており、他の花き類への応用も可能であると考えられる。またイチゴでは、間欠冷蔵処理の低温処理方法として、1坪の冷蔵庫で3号ポット苗を約3,500株処理することが可能とされている(国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構, 2013)。エラチオール・ベゴニア栽植面積は3.3m²当たり25鉢であることから(関・小竹, 1996)、300坪あたり約7,500鉢必要となる。そのため、1坪冷蔵庫でイチゴと同様の数を処理できると仮定すると、冷蔵庫数台の導入で済むためヒートポンプに比べ安価な技術として利用できる可能性が高い。そこで、第IV章ではエラチオール・ベゴニアの9月～10月出荷作型における安価な開花誘導及び品質改善を目的に、間欠冷蔵処理が開花及び誘導に及ぼす影響を検討した。

第1節 間欠冷蔵処理時の冷蔵処理サイクル、冷蔵処理回数、冷蔵処理温度が開花及び生育に及ぼす影響

有意に小さかった(第26表, 写真3)。

3. 考察

短日期冷房区は短日処理中の21日間のみ20℃一定の夜間冷房を行ったことから、期間全体の暗期の平均気温は連続冷房区に比べ3℃以上高かった。そのような状況においても、開花日は連続冷房区と同時期であり、無冷房区より早期に開花した。そのため、開花については連続して冷房を行う処理に比べ1/3の日数で同等の効果が得られ、第2章第2節第2項で検討した明期高温時のみ冷房する処理方法よりも更に低コストとなる処理方法であると考えられた。また、Sandvedの報告(1962)は24℃以下の温度域での結果であったが、本項の結果から、高温期の栽培においても短日処理中の温度が開花に強く影響すると考えられた。第II章第2節の結果では、本項で短日処理を終了した21日目の花芽分化ステージは暗期20.0℃区が25.0℃区に比べ明確に花芽の発達ステージが進んでいた。また、その時の暗期20.0℃区の花芽発達ステージは、花序の分枝数や小花数に影響を及ぼすと推察される、外花被形成期であった。そのため、本項では花芽の分化及び発達については調査を行わなかったが、短日期のみ夜間冷房を行っても無冷房区に比べ早期に開花した理由は、短日処理を行った21日間で短日期冷房区の花芽の生育ステージが無冷房区に比べ進んでおり、短日処理以降の温度が両区で同等となっても早期に開花に至ったためと考えられた。

短日期冷房区の草丈及び節間長は連続冷房区及び無冷房区に比べ短かった。短日期冷房区の草丈等の値が連続冷房区に比べ小さくなった原因は、第III章第2節第2項の明期高温時冷房区と同様に、短日期冷房区の合計冷房日数が連続冷房区の約1/3であったため、プラスのDIFの影響を受ける期間が短くなったためと考えられた。また、無冷房区に比べ値が小さくなった原因は、早期に開花したことにより、開花までの栄養成長量が少なくなったためと考えられた。

短日期冷房区の一次側枝数及び花房数は連続冷房区に比べ多く、無冷房区に近い値となった。この原因も、第III章第2節第2項の明期高温時冷房区と同様に、連続冷房区に比べ暗期温度が高い環境に長く遭遇したために栄養成長量が確保されたためと考えられた。

短日期冷房区の草姿を前述のエラチオール・ベゴニアの市場価格に影響する品質(滝沢, 2005)に当てはめると、草丈比及び株張り比は2.02・2.46(草丈比・株張り比)であり、無冷房区の2.37・2.78に比べ適切な草姿のバランスとされる1.62(Sachsら, 1976)に近くなった。また、花房数は無冷房区と同等であり、主茎の節数は無冷房区より少なかったが、節間長は明確に短かったため、株全

体として詰まった印象を受けた(写真3)。

以上のことから、短日期冷房夜間冷房を行う方法は連続で冷房する方法と同様の開花遅延回避の効果が得られ、なおかつ冷房期間が1/3となり、品質については無冷房と同等以上となる栽培技術として利用できると考えられた。

本項の結果は明期の温度が高かった2018年の結果であるが、第2章第2項第2節の明期高温時のみ冷房する方法と組み合わせることで、適切な冷房管理を行えることが期待される。また、本項では「ネッチャダーク」1品種のみ検討した。明期高温時のみを冷房する処理方法は品種間差が認められたことから、本方法についても今後は他品種での効果を検討する必要があると考えられた。

第IV章 間欠冷蔵処理が開花及び生育に及ぼす影響

第III章ではエラチオール・ベゴニアの9月～10月出荷作型における開花遅延の回避及び品質改善の方法として夜間冷房処理を検討した。しかし、夜間冷房処理を行うために必要となるヒートポンプは300坪あたり約400万円の初期投資が必要とされており(千葉県, 2016)、導入できる生産者は限られてしまう。近年、イチゴの開花誘導技術として、苗を一定期間暗黒条件下で低温処理した後に温室下での管理を数日間行うことを繰り返す間欠冷蔵処理技術が提案されており、8月下旬～9月中旬にかけて処理を行うことで、最大10日程度開花を促進できるとされる(Yoshidaら, 2012)。この技術はプリムラ・ポリアンサ(虎太ら, 2015)及びシクラメン(加古ら, 2016)でも夏期に処理することで秋季の開花を促進させることが報告されており、他の花き類への応用も可能であると考えられる。またイチゴでは、間欠冷蔵処理の低温処理方法として、1坪の冷蔵庫で3号ポット苗を約3,500株処理することが可能とされている(国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構, 2013)。エラチオール・ベゴニア栽植面積は3.3m²当たり25鉢であることから(関・小竹, 1996)、300坪当たり約7,500鉢必要となる。そのため、1坪冷蔵庫でイチゴと同様の数を処理できると仮定すると、冷蔵庫数台の導入で済むためヒートポンプに比べ安価な技術として利用できる可能性が高い。そこで、第IV章ではエラチオール・ベゴニアの9月～10月出荷作型における安価な開花誘導及び品質改善を目的に、間欠冷蔵処理が開花及び誘導に及ぼす影響を検討した。

第1節 間欠冷蔵処理時の冷蔵処理サイクル、冷蔵処理回数、冷蔵処理温度が開花及び生育に及ぼす影響

間欠冷蔵処理が開花及び生育に及ぼす影響は、①冷蔵処理日数と温室下での管理日数を組み合わせた冷蔵処理サイクル、②1回の冷蔵処理サイクルを何回繰り返すかの冷蔵処理回数、及び③冷蔵処理温度の3つの要因が組み合わさることによって変化する(Yoshida ら, 2012)。そこで、本節では上記3要因が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。

1. 材料及び方法

品種は千葉県内で広く生産される「ネティア」(来歴不明, 中生品種)を供試した。間欠冷蔵処理時の冷蔵処理はインキュベータ(MIR-253, 三洋電機(株))を用い、苗の出し入れは16時30分から17時の間に行った。

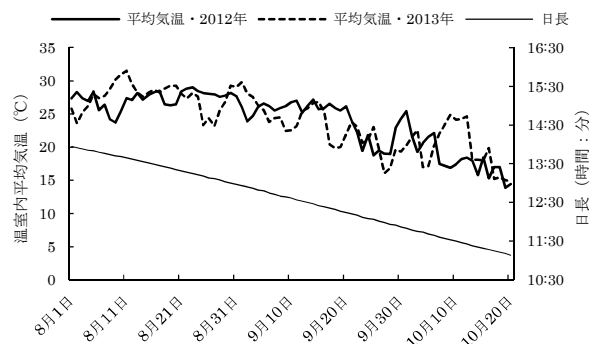
(1) 実験1. 間欠冷蔵処理時の冷蔵処理サイクルが開花及び生育に及ぼす影響

2012年5月30日に挿し芽を行い、6月22日に2.5号黒色ポリポットに鉢上げ、6月29日に2節残して摘心した。8月4日から9月5日にかけて間欠冷蔵処理を行った。処理区は冷蔵処理と温室での管理をそれぞれ2日ごとに合計8回処理した2D/2D×8区、4日ごとに4回処理した4D/4D×4区及び8日ごとに2回処理した8D/8D×2区の3水準を設けた。冷蔵処理は10℃、暗黒条件下で行い、いずれの処理区も冷蔵処理日数の合計は16日となるようにした。対照区として間欠冷蔵処理を行わない慣行栽培区を設けた。各区の最終冷蔵処理が終了した9月10日に4号プラスチック鉢に鉢替えした。慣行栽培区の鉢上げ及び摘心は上記処理区と同日に行い、8月1日に4号プラスチック鉢に鉢替えした。

調査は各区の冷蔵処理後の9月4日に枯死株率と、9月18日の草丈及び主茎節数と、開花日の草丈、株幅、主茎長、主茎節数、第1花房の着生節位、一次側枝数及び花房数について実施した。枯死株率については1区につき20株中の割合とし、生育及び開花調査については枯死率を測定した株の中から任意に選り鉢替えを行った株を対象に、1区1株の10反復とした。

(2) 実験2. 間欠冷蔵処理の冷蔵処理回数が開花及び生育に及ぼす影響

2013年5月22日に挿し芽を行い、6月20日に2.5号黒色ポリポットに鉢上げ、7月2日に2節残して摘心した。間欠冷蔵処理の冷蔵処理と温室での管理を組み合わせ、4日ごとに2回処理した4D/4D×2区(冷蔵処理期間の合計日数は8日)及び4回処理した4D/4D×4区(合計冷蔵処理日数は16日)の2水準を設けた。各区の冷蔵処理は10℃、暗黒条件下で行った。4D/4D×2区は8月6日から8月22日にかけて間欠冷蔵処理を行い、最終冷蔵処理が終了した後の8月19日に4号プラスチック鉢に鉢替えした。4D/4D×4区は8月6日から9月7日にかけて間欠冷蔵処理を行い、最



第8図 間欠冷蔵処理開始以降の温室内平均気温及び日長の推移(2012年・2013年)

注) 日長の推移は千葉特別地域気象観測所の2013年8月1日～10月20日までの日の出～日の入りまでの時間で算出した。

終冷蔵処理が終了した後の9月5日に4号プラスチック鉢に鉢替えした。対照区として間欠冷蔵処理を行わない慣行栽培区を設けた。慣行栽培区では摘心までの管理は上記2区と同様とし、8月5日に4号プラスチック鉢に鉢替えした。

調査は4D/4D×2区の最終冷蔵処理終了後の8月19日及び4D/4D×4区の最終冷蔵処理終了後の9月5日の枯死株率について実施した。また、開花日の草丈、株幅、主茎長、主茎節数、節間長、第1花房の着生節位、一次側枝数及び花房数について実施した。供試株数は1区1株の9反復とした。

(3) 実験3. 間欠冷蔵処理時の冷蔵処理温度が開花及び生育に及ぼす影響

挿し芽、鉢上げ及び摘心日は実験2と同様とし、2013年8月6日から9月7日にかけて4D/4D×4区の間欠冷蔵処理を行った。冷蔵処理時の温度は10.0℃、12.5℃、15.0℃の3水準を設けた。対照区として間欠冷蔵処理を行わない慣行栽培区を設けた。冷蔵処理終了後の9月5日に3処理区とも4号プラスチック鉢に鉢替えした。慣行栽培区の管理は実験2の慣行栽培区と同様とした。

調査は最終冷蔵処理終了後の9月5日の枯死株率、草丈及び主茎節数と開花日の草丈、株幅、主茎長、主茎節数、節間長、第1花房の着生節位、一次側枝数及び花房数について実施した。供試株数は1区1株の9反復とした。

2. 結果

間欠冷蔵処理の開始時期に当たる8月1日から開花時期に当たる10月20日までの温室内平均気温及び日長の推移を第8図に示した。2012年は比較的気温の変動が小さく、間欠冷蔵処理期間である8月1日～9月10日にかけては24～28℃の範囲で推移した。その後は9月20日から気温が低下し始め、10月1日に一度25℃と高くなったものの、安定した気温低下が見られた。一方、2013年は2012

第27表 間欠冷蔵処理時の冷蔵処理サイクルが「ネティア」の生育に及ぼす影響

処理 ¹⁾	枯死株率 ²⁾ (%)	草丈 ³⁾ (cm)	主茎節数 ³⁾ (節)
2D/2D×8	0	13.1	7.0
4D/4D×4	0	13.1	6.8
8D/8D×2	65	- ⁵⁾	- ⁵⁾
t-test ⁴⁾		ns	ns

注1) 処理名は冷蔵処理 (10℃暗黒) 日数/温室管理日数×処理回数を示す。

注2) 枯死株率は最終冷蔵処理が終了した2012年9月4日に調査した。

注3) 草丈及び主茎節数は間欠冷蔵処理が終了して鉢替え後の9月18日に調査した。

注4) 5%水準で有意差なし (n=10)。

注5) 枯死株率が高かったため、草丈及び主茎節数の調査は中止した。

第28表 間欠冷蔵処理時の冷蔵処理サイクルが「ネティア」の開花及び生育に及ぼす影響

処理 ¹⁾	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (cm)	主茎節数 (節)	第1花房の 着生節位	一次 側枝数	花房数 (個)
2D/2D×8	10月13日 a ³⁾	23.7 a	22.6 a	14.4 a	10.2 a	7.3 a	4.0 ab	13.1 a
4D/4D×4	10月16日 a	25.8 a	23.5 a	14.9 a	9.6 a	7.2 a	3.6 a	11.7 a
慣行栽培	10月30日 b	32.3 b	31.4 b	21.9 b	11.8 b	9.2 b	4.4 b	18.2 b
分散分析 ²⁾	**	**	**	**	**	**	*	**

注1) 処理名は冷蔵処理 (10℃暗黒) 日数/温室管理日数×処理回数を示す。

注2) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意。

注3) 異なる英文字間に 5%水準で有意差あり (Tukey n=10)。

第29表 間欠冷蔵処理の冷蔵処理回数が「ネティア」の開花及び生育に及ぼす影響

処理 ¹⁾	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (cm)	主茎節数	第1花房の 着生節位	一次 側枝数	花房数
4D/4D×2	10月23日 b ³⁾	29.4 b	29.9 b	20.6 b	10.1 ab	7.9 b	3.3	11.4
4D/4D×4	10月18日 a	25.9 a	26.0 a	18.4 a	9.0 a	6.6 a	3.3	9.6
慣行栽培	10月21日 b	30.4 b	29.4 b	21.6 b	10.9 b	8.4 b	3.8	10.6
分散分析 ²⁾	*	**	*	*	**	**	ns	ns

注1) 処理名は冷蔵処理 (10℃暗黒) 日数/温室管理日数×処理回数を示す。

注2) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし。

注3) 異なる英文字間に 5%水準で有意差あり (Tukey n=9)。

年に比べ気温の変動が大きく、間欠冷蔵処理期間である8月1日～9月10日にかけては23～32℃の範囲で推移した。その後も気温の変動が大きく、9月中から20℃を下回る日や10月以降に24℃を上回る日が複数回あった。

日長は千葉特別地域気象観測所 (所在地: 千葉市) の2013年8月1日～10月20日までの日の出～日の入りまでの時間から算出した (国立天文台, 2013)。間欠冷蔵処理を行った8月1日～9月10日までの日長を見ると、8月1日が13時間57分と最も長く、その後は日を追うごとに短くなり、9月10日では12時間37分であった。

(1) 実験1. 間欠冷蔵処理時の冷蔵処理サイクルが開花及び生育に及ぼす影響

各区の冷蔵処理終了後の枯死株率及び生育を第27表に示した。枯死株は8D/8D×2区のみで発生し、65%の株が枯死した。このため、8D/8D×2区では以降の調査を中止した。草丈及び主茎節数は2D/2D×8区及び4D/4D×4区間で差はなかった。

第28表に開花日及び開花時の生育を示した。すべての処理区で開花が認められ、開花日は2D/2D×8区及び4D/4D×4区間に差はなく、慣行栽培区に比べ2週間程度早かった。草丈、株幅、主茎長、主茎節数、第1花房の着生節位及び花房数についても2D/2D×8区及び4D/4D×4区間で差はなく、慣行栽培区に比べ有意に値が小さかった。また、一次側枝数については慣行栽培区に比べ4D/4D×4区は有意に少なかったが、その差は1本未満であった。

(2) 実験2. 間欠冷蔵処理の冷蔵処理回数が開花及び生育に及ぼす影響

いずれの処理においても冷蔵処理中に枯死した株は認められなかった (データ省略)。

冷蔵処理回数の違いが開花及び生育に及ぼす影響を第29表に示した。すべての処理区で開花が認められ、4D/4D×4区は4D/4D×2区及び慣行栽培区に比べ開花日が早かった。また、草丈、株幅、主茎長及び第1花房の着生節位の値は4D/4D×4区が4D/4D×2区及び慣行栽培区に比

第30表 間欠冷蔵処理1)時の冷蔵処理温度が「ネティア」の生育に及ぼす影響

冷蔵処理温度 (℃)	草丈 ²⁾ (cm)	主茎節数 ²⁾ (節)
10.0	12.4	5.1
12.5	12.0	5.1
15.0	13.6	5.1
分散分析 ³⁾	ns	ns

注1) 間欠冷蔵処理は冷蔵処理4日間、温室管理4日間を4回繰り返した。

2) 冷蔵処理が終了した2013年9月5日に調査した。

3) 5%水準で有意差なし (n=9)。

第31表 間欠冷蔵処理1)時の冷蔵処理温度が「ネティア」の開花及び生育に及ぼす影響

冷蔵処理 温度 (℃)	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (a) (cm)	主茎節数 (b) (節)	節間長 (a/b) (cm)	第1花房の 着生節位 (節)	一次 側枝数 (本)	花房数 (個)
10.0	10月18日 b ³⁾	25.9 a	26.0 a	18.4 a	9.0 a	2.0 a	6.6 a	3.3 ab	9.6
12.5	10月11日 a	27.2 a	26.6 a	19.9 a	8.9 a	2.2 ab	6.0 a	3.1 a	10.8
15.0	10月12日 a	29.4 b	27.3 ab	22.1 b	9.2 a	2.4 b	6.8 a	3.4 ab	10.8
慣行栽培	10月21日 c	30.4 b	29.4 b	21.6 b	10.9 b	2.0 a	8.4 b	3.8 b	10.6
分散分析 ²⁾	**	**	**	**	**	**	**	*	ns

注1) 間欠冷蔵処理は冷蔵処理4日間、温室管理4日間を4回繰り返した。

2) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし。

3) 異なる英文字間に 5%水準で有意差あり (Tukey n=9)。

べ小さかった。4D/4D×2区と慣行栽培区では開花日、草丈、株幅、主茎長及び第1花房の着生節位の値に差はなかった。主茎節数は4D/4D×4区が慣行栽培区に比べ有意に少なかった。一次側枝数及び花房数は3区間で差がなかった。

(3) 実験3. 間欠冷蔵処理時の冷蔵処理温度が開花及び生育に及ぼす影響

いずれの処理においても冷蔵処理中に枯死した株は認められなかった(データ省略)。

各区の最終冷蔵処理終了後の生育を第30表に示した。10.0℃区、12.5℃区及び15.0℃区の3区間で草丈及び主茎節数に差はなかった。

第31表に開花日及び開花時の生育を示した。すべての処理区で開花が認められ、開花日は間欠冷蔵処理を行った3区は慣行栽培区に比べ有意に早かった。また、3区間では12.5℃区及び15.0℃区が10.0℃区に比べ有意に早く開花した。草丈、株幅及び主茎長については10.0℃区及び12.5℃区は慣行栽培区に比べ有意に値が小さかった。一方、15.0℃区は慣行栽培区と差がなかった。また、10.0℃区と12.5℃区では差はなかった。主茎節数と第1花房の着生節位は3区とも慣行栽培区に比べ有意に値が小さく、3区間では差がなかった。節間長は15.0℃区が10.0℃区及び慣行栽培区に比べ有意に長かった。一次側枝数及び花房数は処理の違いによる差はなかった。

開花については、冷蔵処理温度10℃、冷蔵期間の合計処理日数は16日間で同じであるが、処理サイクルが異なる2D/2D×8区と4D/4D×4区を比較すると、両区間で開花日に差はなく、両区とも慣行栽培区に比べ早期に開花した(第28表)。また、冷蔵期間の合計処理日数が異なる4D/4D×2区(合計8日)と4D/4D×4区(合計16日)とでは4D/4D×4区が慣行栽培区と比較して早期に開花した(第29表)。これら開花が促進したすべての区の第1花房の着生節位は、慣行栽培区のそれと比較して低節位であったことから、花芽分化開始が慣行栽培区より早かったことが推察された。また、検討した処理の範囲内では、処理サイクルよりも合計処理日数の影響が大きいことが明らかとなった。

冷蔵温度(10.0℃、12.5℃及び15.0℃)の3処理区間で比較すると、12.5℃区及び15.0℃区が10.0℃区に比べ早期に開花した(第31表)。冷蔵処理温度の違いによって開花日が異なった原因として、3処理区間で第1花房の着生節位が同節位であったことから、花芽分化以降の発達に差異があったためと考えられた。これらのことから、間欠冷蔵処理によって、慣行栽培よりエラチオール・ペゴニアの開花が早くなる効果には、花芽分化開始時期と花芽分化後の花芽発達速度の二つの要因が関与していると考えられた。

相対的短日植物であるエラチオール・ペゴニアの開花には日長と温度が関与し、日長については12.5～14時間が限界日長とされる(小泉, 2002)。本節で間欠冷蔵処

3. 考察

理を行った8月1日～9月10日の日長は日の出と日の入りの時刻から13時間57分～12時間37分であった。一般に植物は常用薄明の光にも日長反応するため、自然日長は日の出から日の入りまでの時間に40分程度加えたものとする事が多い(米村, 1993)。そのため、処理中の自然日長は約14.5～13.5時間であり、この日長はエラチオール・ペゴニアの花芽分化には不適な条件であった。Yoshidaら(2012)はイチゴへの間欠冷蔵処理は開花を促進し、その原因の一つに冷蔵処理中の暗黒条件と処理前後の自然光への遭遇時間の関係から、短日処理として作用しているためと考察している。本実験では間欠冷蔵処理を2012年8月4日～9月1日(実験1)及び2013年8月6日～9月3日(実験2及び3)にかけて行い、冷蔵処理時の株の出し入れは16時30分～17時にかけて行った。最も処理期間が長い4D/4D×4処理を開始した8月4～6日の日の出と日の入り時刻は4時50～51分と18時39～41分であり、冷蔵処理が終了した9月1～2日の日の出と日の入り時刻は5時11～12分と18時6～7分であった(国立天文台, 2013)。これらの時間に常用薄明の20分を加える(米村, 1993)と、処理株が冷蔵処理開始日に遭遇する日長は11時間38分～12時間30分、処理終了日に遭遇する日長は1時間26分～2時間31分となり、どちらも限界日長を下回っていた。そのため、本実験においても間欠冷蔵処理は短日として作用した可能性があると考えられた。

また、Sandved(1969)はエラチオール・ペゴニアへの日長と栽培温度が開花に及ぼす影響について、10～13時間日長の範囲では日長が短いほど開花率は高くなるとしている。特に、栽培温度を12～24℃一定の範囲とすると、10時間日長では栽培温度が低下すると開花率が低下し、逆に13時間日長では温度が高いほど開花率が低下するとしている。各処理は育苗中の4～6週間にかけて行っており、処理終了以降の栽培環境は同一条件としていることから、エラチオール・ペゴニアの開花は育苗中の一定期間の日長及び栽培温度の影響を受けると考えられる。

本節の間欠冷蔵処理期間中の温室内の平均気温は両年とも23～32℃の範囲で推移していた。そのため、比較的に日長が長く、気温が高い条件下で管理された慣行栽培区と短日の影響を受けていると推察される間欠冷蔵処理をした区を比較すると、間欠冷蔵処理をした区は慣行栽培区に比べ開花が早く、さらに間欠冷蔵処理をした区の中では冷蔵処理温度が低いほど開花が遅延しており、Sandved(1969)が示した育苗中の日長及び栽培温度に対する開花反応と一致した傾向が観察された。これらのことから、エラチオール・ペゴニアでは、本実験で得られた10℃の2D/2D×8区及び各温度の4D/4D×4区については、間欠的な短日条件や温度変化でも連続した短日遭遇や温度変化をさせて栽培した場合と類似した効果が得

られると考えられた。

2012年と2013年の実験はほぼ同時期に行ったが、実験1と実験2における4D/4D×4区及び慣行栽培区の開花日を比較すると、4D/4D×4区は2日の違いであり、慣行栽培区の9日に比べ差が小さかった。慣行栽培区の両年での開花日の違いは2012年と2013年の温室内平均気温の推移が異なったためと考えられたが、このような環境下においても4D/4D×4区は開花日の変動が小さかったと言えた。そのため、間欠冷蔵処理は開花の年次変動を抑え、計画生産を可能とする技術であると考えられた。

草姿について慣行栽培区と比較すると、冷蔵処理温度が低いほど草丈及び主茎長が短くなる傾向が見られた。特に10℃及び12.5℃の4D/4D×4区は慣行栽培区に比べ有意に短く、品質上問題となる徒長を抑制できることが明らかとなった(第31表)。短日条件下で栽培したエラチオール・ペゴニアは栽培温度が低いほど草丈が短くなる事が報告されている(小泉, 2002)。そのため、間欠冷蔵処理は上記の開花への影響と同様に、草丈伸長に対しても短日条件下での温度反応と同様の効果を及ぼすと考えられた。また、間欠冷蔵処理は、シェードによる短日処理では不可能な、高温の影響を回避しつつ短日遭遇を与えることができる技術であると考えられた。間欠冷蔵処理を行うと株幅が狭くなり、実験年度によっては花房数が少なくなることが明らかとなった(第28表)。このことについては、冷蔵処理温度の違いによる明確な差は認められなかった(第31表)。短日条件下での花房数は温度が低いほど少なくなることから(小泉, 2002)、花房数に対する間欠冷蔵処理の影響は短日条件下での温度反応とは異なると考えられた。慣行栽培区と間欠冷蔵処理を行った区の一次側枝数の差は1本未満であることから、花房数が減少した原因は二次側枝以降の側枝数が減少したためと考えられた。間欠冷蔵処理を行うと冷蔵中は暗黒条件となるため光合成が行えず、慣行栽培区に比べ同化量の減少することが報告されている(Yoshidaら, 2012)。そのため、本実験では冷蔵温度に関わらず冷蔵中の暗黒によって同化量が減少したことにより、二次側枝以降の側枝数の減少を招いたと推察された。

間欠冷蔵処理は冷蔵時の苗の出し入れに労力がかかるため、生産現場での利用を考えると1回の冷蔵処理サイクルが長く、出し入れ回数の少ない処理方法が求められる。しかし、本実験で検討した中で最も作業労力が少ない8D/8D×2区では枯死株が多発した。ハインズら(1995)は暗黒下での苗の貯蔵は光合成能力の低下と呼吸による同化産物消耗の影響により苗の老化を招くことを報告している。また、同報告の中でエラチオール・ペゴニアの交配親である球根ペゴニアのセル成型苗は3週間以上連続して貯蔵すると5～12.5℃の範囲では温度が高いほど枯

死株率が増加することを報告している。これらのことから、本実験で行った10℃の冷蔵処理では呼吸の抑制効果が低く、8日間の処理でも同化産物が消耗してしまったために枯死株率が上昇したと考えられた。そのため、本節で検討した処理方法の中では、4D/4Dの4回処理が最も作業労力が少なく、開花を促進し、徒長を抑制できる処理方法であると考えられた。

以上のことから、エラチオール・ペゴニアに対して4日間冷蔵処理した後、温室下での管理を4日間行うサイクルを4回繰り返すことで、慣行栽培に比べ開花を促進できると考えられた。また、慣行栽培に比べ開花期の年次変動が少なく、安定して10月中旬に開花させることが可能であると考えられた。特に、冷蔵処理温度を10～12.5℃とすることで、本作型で問題となる草丈伸長の抑制も同時に期待できると考えられた。

第2節 開花、生育及び草姿に対する間欠冷蔵処理と短日処理効果の比較

第IV章第1節で間欠冷蔵処理は無処理に比べ開花を促進させ、秋出荷作型で問題となる草丈伸長を抑制することが明らかとなった。一方で、この作型での開花促進方法として生産現場ではシェードを用いた短日処理が導入されている。しかし、短日条件下では高温で草丈が高くなるため（小泉，2002），栽培期間が7月～8月をまたぐ9月～10月出荷の作型では、短日処理で開花を促進させても草丈の増大を改善するには至らない。そのため、間欠冷蔵処理が短日処理に比べ草丈を低く抑制することが明らかとなれば、品質向上の技術として生産現場での利用が期待される。

一方で、開花促進に必要な短日処理期間は作型による変動が少なく、目的とする出荷期から逆算して短日処理を行うことで、計画生産が可能となっている（関・小竹，1996）。そのため、間欠冷蔵処理を生産現場で利用するには、作型の違いに関わらず安定した開花促進効果が得られつつ、草丈伸長の抑制効果も得られることを明らかにする必要がある。そこで、本節では9月開花作型及び10月開花作型における間欠冷蔵処理と短日処理が開花、生育及び開花時の草姿のバランスに及ぼす影響を比較し計画生産の可能性について調査した。

1. 材料及び方法

品種は「ネティア」（来歴不明、中生品種）を供試した。処理区は間欠冷蔵処理区、短日処理区及び無処理区の3水準とした。間欠冷蔵処理は10℃で4日間処理した後に温室で3日間（実験1）もしくは4日間（実験2）管理する処理を4回繰り返す方法とした。短日処理は15時

～19時15分まで遮光する方法とし、無処理は温室にそのまま置いたものとした。

(1) 実験1. 9月開花作型

2015年4月27日に72穴セルトレイに挿し芽をし、6月2日に3号黒色ポリポットへ鉢上げ、6月8日に2節残す摘心を行い、7月28日に5号プラスチック鉢（鉢高13cm）へ鉢替えした。間欠冷蔵処理は6月29日より7月26日まで、短日処理は7月28日から8月11日まで行った。各区1株9反復とし、調査は間欠冷蔵処理を開始した6月29日から開花期となる10月3日までの温室内の平均気温及び日長を測定するとともに、開花日及び開花日の草丈、株張り（株直径）、主茎長、主茎節数、第1花房の着生節位及び花房数を測定し、鉢高に対する草丈の比率（草丈比）及び株張りの比率（株張り比）を計算した。

(2) 実験2. 10月開花作型

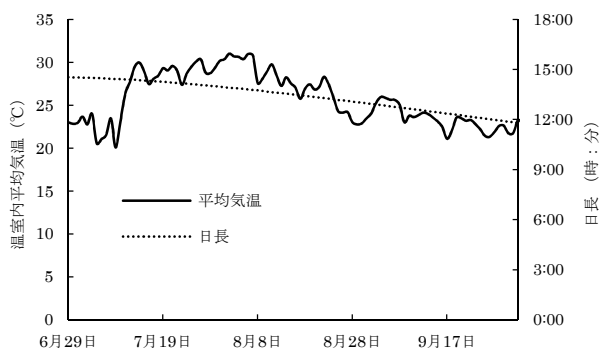
2016年5月17日に72穴セルトレイに挿し芽をし、6月30日に3号黒色ポリポットへ鉢上げ、7月8日に2節残す摘心を行い、8月26日に5号プラスチック鉢（鉢高13cm）へ鉢替えした。間欠冷蔵処理は7月28日より8月24日まで、短日処理は8月29日から9月12日まで行った。各区1株9反復とし、調査は間欠冷蔵処理を開始した7月28日から開花期となる10月26日までの温室内の平均気温及び日長を測定するとともに、開花日及び開花日の草丈、株張り（株直径）、主茎長、主茎節数、第1花房の着生節位及び花房数を測定した。また、鉢高に対する草丈の比率（草丈比）及び株張りの比率（株張り比）を計算した。

2. 結果

(1) 気温及び日長の推移

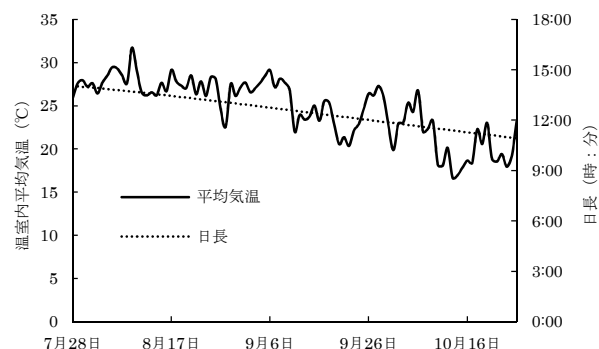
2015年の温室内の平均気温は、間欠冷蔵処理開始～2サイクル目の冷蔵処理が終了した6月29日～7月9日にかけては20.1℃～24.0℃と比較的涼しく推移した。7月10日以降は急激に気温が上昇し、間欠冷蔵処理が終了した7月26日までは26.3℃～30.1℃の範囲で推移した。短日処理を行った7月28日～8月11日は27.6℃～31.0℃の範囲で推移した。その後は9月にかけて安定した気温低下が見られた（第9図）。2016年の温室内の平均気温は、間欠冷蔵処理を行った7月28日～8月24日にかけては25.9℃～31.7℃と高い気温で推移した。間欠冷蔵処理終了後の8月28日に22.6℃に低下したが、その後は再び気温が上昇した。短日処理を行った8月29日～9月12日の気温は、処理終了直前の9月11日～9月12日は22℃～23.9℃とこの時期としては低かったが、8月29日～9月10日は26.1℃～29.1℃と高く推移した（第10図）。

2015年及び2016年の日長は千葉特別地域気象観測所（所在地：千葉市）の日の出～日の入りまでの時間から



第9図 間欠冷蔵処理開始以降の温室内平均気温及び日長の推移 (2015年)

注) 日長の推移は千葉特別地域気象観測所の2015年6月29日～10月3日までの日の出～日の入りまでの時間で算出した。



第10図 間欠冷蔵処理開始以降の温室内平均気温及び日長の推移 (2016年)

注) 日長の推移は千葉特別地域気象観測所の2016年7月28日～10月26日までの日の出～日の入りまでの時間で算出した。

第32表 間欠冷蔵処理及び短日処理が「ネティア」の開花及び生育に及ぼす影響 (9月開花作型)

処理 ¹⁾	処理期間 (月/日)	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (cm)	主茎 節数	第1花房の 着生節位 (節)	花房数 (個)
間欠冷蔵	6/29 - 7/27	9月18日 b ³⁾	20.1 a	30.2 a	13.8 a	11.9 a	3.9 a	6.9 a
短日	7/28 - 8/11	9月11日 a	24.6 b	35.1 b	15.1 b	11.3 a	4.0 a	8.1 b
無処理	-	10月3日 c	25.2 b	35.2 b	17.5 c	13.9 b	5.6 b	9.6 c
分散分析 ²⁾		**	**	**	**	**	**	**

注1) 間欠冷蔵: 10℃暗黒の冷蔵処理を4日間行った後3日間温室管理。

短日: 15時～19時15分にかけてシルバーカーテンを用いてシェード。

2) **: 1%水準で有意。

3) 異なる英文字間で5%水準の有意差あり (Tukey n=9)。

算出した (国立天文台, 2015; 国立天文台, 2016)。同年とも間欠冷蔵処理を開始した2015年6月29日の14時間33分もしくは2016年7月28日の14時間3分が最も長く, その後は日を追うごとに短くなり, 測定を終了した2015年10月3日は11時間47分, 2016年10月26日は10時間55分であった (第9図, 第10図)。

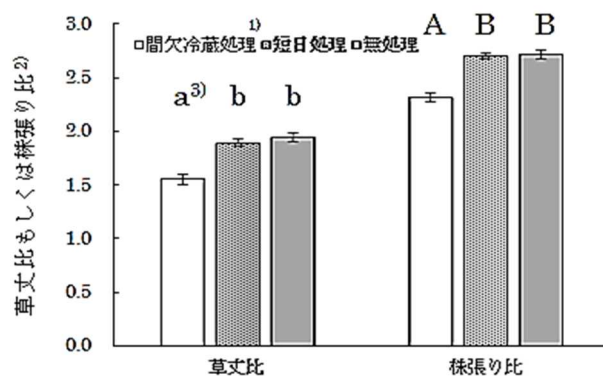
(2) 実験1. 9月開花作型

開花日は短日処理区が最も早く, 次に間欠冷蔵処理区であり, 無処理区が最も遅かった。草丈及び株張りの値は間欠冷蔵処理区が短日処理区及び無処理区に比べ有意に小さかった。主茎長及び花房数は間欠冷蔵処理区が最も小さく, 次に短日処理区であり, 無処理区が最も大きかった。主茎節数及び第1花房の着生節位は間欠冷蔵処理区と短日処理区では差が無く, 両区とも無処理区に比べ小さかった (第32表)。

草丈比及び株張り比は間欠冷蔵処理区が短日処理区及び無処理区に比べ小さく, 短日処理区と無処理区では差が無かった (第11図)。

(3) 実験2. 10月開花作型

開花日は間欠冷蔵処理区が最も早く, 次に短日処理区であり, 無処理区が最も遅かった。草丈, 主茎長, 主茎節数及び第1花房の着生節位は間欠冷蔵処理区が短日処理区及び無処理区に比べ小さく, 短日処理区と無処理区で



第11図 間欠冷蔵処理及び短日処理が草丈比及び株張り比に及ぼす影響 (9月開花作型)

注1) 間欠冷蔵: 10℃暗黒の冷蔵処理を4日間行った後3日間温室管理。

短日: 15時～19時15分にかけてシルバーカーテンを用いてシェード。

2) 草丈比: 草丈/鉢高 (13cm) 株張り比: 株幅/鉢高。

草丈及び株幅の値は第32表を参照。

3) 異なる英文字間で5%水準の有意差あり (Tukey n=9)。図中の縦棒は±標準誤差を示す。

差は無かった。株張り及び花房数は間欠冷蔵処理区が無処理区より小さく, 短日処理区と間欠冷蔵処理区及び無処理区には差が無かった (第33表)。

草丈比は間欠冷蔵処理区が短日処理区及び無処理区に比べ小さく, 短日処理区と無処理区では差が無かった。

第33表 間欠冷蔵処理及び短日処理が「ネティア」の開花及び生育に及ぼす影響（10月開花作型）

処理 ¹⁾	処理期間 (月/日)	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (cm)	主茎 節数 (節)	第1花房の 着生節位 (節)	花房数 (個)
間欠冷蔵	7/28 - 8/29	10月13日 a ³⁾	26.9 a	36.5 a	21.5 a	11.8 a	7.1 a	14.8 a
短日	8/29 - 9/12	10月19日 b	33.1 b	37.8 ab	26.6 b	13.4 b	8.6 b	16.1 ab
無処理	-	10月26日 c	33.1 b	39.7 b	27.3 b	13.5 b	9.4 b	16.6 b
分散分析 ²⁾		**	**	**	**	**	**	*

注1) 間欠冷蔵：10℃暗黒の冷蔵処理を4日間行った後4日間温室管理。

短日：15時～19時15分にかけてシルバーカーテンを用いてシェード。

2) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意。

3) 異なる英文字間で5%水準の有意差あり (Tukey n=9)。

株張り比は間欠冷蔵処理区が小さく、無処理区との間には差があった（第12図）。

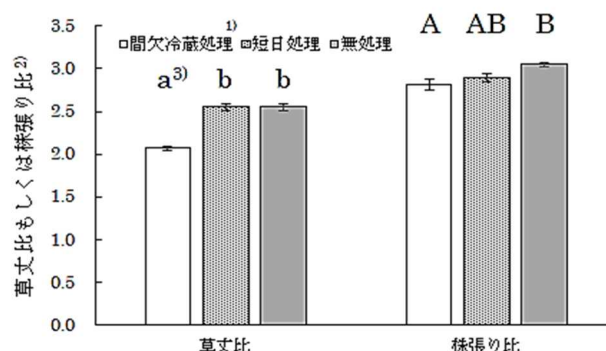
3. 考察

本実験を行った2015年及び2016年の6月下旬～10月下旬の気温は変動が激しかったものの、間欠冷蔵処理及び短日処理中の平均気温は概ね25℃以上で推移した。エラチオール・ペゴニアの生育適温は21℃前後とされている (Karlsson, 1992)。そのため、本実験の結果は生育適温より高い温度条件下での処理効果を示していると考えられた。

第IV章第1節の結果より、間欠冷蔵処理を8月4日に開始した場合、73日間後の10月18日に開花した。そこで、9月中旬及び10月中旬に開花させるために、間欠冷蔵処理区については処理開始時期を第3章第1節の結果より半月（実験2）～1か月（実験1）早めたところ、ほぼ目標とする時期に開花させることができた。また、短日処理区は関・小竹の報告（1996）を基に、目標とする開花期の1か半月前を目途に処理を開始し、開花させることができた。これらのことから、間欠冷蔵処理は短日処理と同様に、目標とする開花期から逆算して処理を開始することで計画生産が可能であると考えられた。

一方で、短日処理と間欠冷蔵処理における処理開始から開花までの日数は、間欠冷蔵処理が9月開花作型では36日、10月開花作型では26日長かった。短日条件下では12℃～24℃の範囲で温度が低いほど開花が遅れ (Sandved, 1969)、第IV章第1節の結果から、間欠冷蔵処理においても10℃～15℃の範囲で冷蔵温度が低いほど開花が遅れることが明らかとなっている。そのため、連続して温室下で管理された短日処理区に比べると、間欠冷蔵処理区は低温によって開花までの日数が延長したものと推察された。

また、間欠冷蔵処理開始から開花までの日数は、出荷への影響は小さいものの、処理開始時期が遅い10月開花作型が9月開花作型に比べ4日短くなった。エラチオール・ペゴニアの限界日長は12.5時間から14時間付近とされており (小泉, 2002)、本実験で検討した作型の自然日長



第12図 間欠冷蔵処理及び短日処理が草丈比及び株張り比に及ぼす影響（10月開花作型）

注1) 間欠冷蔵：10℃暗黒の冷蔵処理を4日間行った後4日間温室管理。

短日：15時～19時15分にかけてシルバーカーテンを用いてシェード。

2) 草丈比：草丈/鉢高（13cm）株張り比：株幅/鉢高。草丈及び株幅の値は第33表を参照。

3) 異なる英文字間で5%水準の有意差あり (Tukey n=9)。図中の縦棒は±標準誤差を示す。

（日長に常陽薄明の40分を加えた時間（米村, 1993））は8月下旬から限界日長を下回り始めた。このため、処理開始が遅い作型ほど日長が短く、開花までの日数が短くなったものと推察された。

第III章においても述べたが、滝沢（2005）はエラチオール・ペゴニアの市場価格に影響する品質特性を鉢サイズ、開花数、株張り、葉数及び花径としている。また、同報（2005）の中で、エラチオール・ペゴニアの結果を踏まえ、鉢花類は鉢サイズ、花色、観賞期間及び全体のバランスが市場価格に影響するとしている。第III章第2節第2項と同様に、本実験も鉢サイズ及び品種（花径及び花色）を統一し、形質調査を第1花房の満開日（開花数）としたため、滝沢（2005）が挙げた品質評価の形質の中では株張り、葉数、観賞期間及び全体のバランスが該当する。また、株張りを含む草姿のバランスを評価する方法についても第III章で述べたとおり、鉢の高さに対する草丈の比率（草丈比）及び株張りの比率（株張り比）が挙げられ、両比率とも1.62が適しているとされている (Sachsら, 1976)。本実験の間欠冷蔵処理区と短日処理区の草丈比

及び株張り比は、9月開花作型でそれぞれ1.55及び2.32（間欠冷蔵処理区）と1.94及び2.70（短日処理区）、10月開花作型でそれぞれ2.07及び2.81（間欠冷蔵処理区）と2.55及び2.90（短日処理区）であり、短日処理区より間欠冷蔵処理区において、また10月開花作型より9月開花作型において草姿のバランスが改善された。

エラチオール・ペゴニアの草丈は、昼/夜温が20℃/12.5℃から30℃/22.5℃の範囲では、低温ほど短くなる（小泉，2002）。そのため、10℃の冷蔵処理を行った間欠冷蔵処理区は処理期間中の平均気温が短日処理区及び無処理区に比べ低く推移したために草丈伸長が抑制され、草姿のバランスが改善されたものと推察された。また、9月開花作型における草丈の抑制は節数低下ではなく節間長が短かったためであった。第II章第1節の結果から、エラチオール・ペゴニアの生育は昼温32.5℃以上で抑制されることを認めている。そのため、9月作型は間欠冷蔵処理が終了した7月下旬以降に夏期の高温に晒されたため、節間伸長が抑制されたものと考えられた。

草姿バランス以外の品質評価の対象である観賞期間については花房数が、葉数については主茎の節数が該当し、これらの値は間欠冷蔵処理区が短日処理区に比べ少ない傾向を示した。第II章第2節でも述べたが、ペゴニア・ルツェルナでは同化産物の減少が花序（花房）の不形成や発達抑制を招くことを報告されている（林，1991）。また、第IV章第1節で述べたとおり、イチゴへの間欠冷蔵処理は冷蔵中の暗黒により無処理に比べ同化量が減少することが報告されている（Yoshidaら，2012）。本実験では間欠冷蔵処理区と短日処理区の同化量の比較は行っていないが、作型が異なるものの、実験2に比べ冷蔵処理後の温室内管理の日数が少ない実験1において間欠冷蔵処理区の花房数が短日処理区に比べ明確に少なかった。間欠冷蔵処理区は短日処理区に比べ同化量が少なくなったために花房数や節数が減少したと考えられた。今後は草姿バランスの改善を図りつつ同化量を確保する技術開発の検討が必要であろう。

以上のことから、間欠冷蔵処理は、9月～10月出荷作型において、短日処理に比べ草姿のバランスを改善しつつ、短日処理と同様に計画的に開花させることが可能であると考えられた。

第3節 間欠冷蔵処理と短日処理の組み合わせが開花及び生育に及ぼす影響

第IV章第2節で間欠冷蔵処理は慣行の短日処理に比べ草丈比及び株張り比が改善されつつ、短日処理と同様に、計画的な開花調節が可能であることが明らかとなった。一方で、短日処理に比べ花房数が減少し、草姿のボ

リュームが低下することも明らかとなった。草丈比及び株張り比の改善は草丈及び株幅が短日処理に比べ短くなったためであり、この原因は第IV章第1節の結果から、冷蔵処理を間欠的に行うことで高温に遭遇する期間が短日処理に比べ短くなったためと考えられた。一方で、間欠冷蔵処理の冷蔵処理中の暗黒は、短日として作用し開花が促進されるが、同時に同化量の減少も招くため、花房数が減少すると考えられた。これらのことから、草姿の改善と花房数の減少回避を両立するには、草丈及び株幅を短く維持しつつ花房数の減少を抑制できる暗黒遭遇期間を明らかにする必要がある。しかし、暗黒遭遇期間が短くなると、第IV章第1節の結果から、開花促進効果が弱くなり、計画的な開花調節が行えなくなることが懸念される。そこで、本節では間欠冷蔵処理回数と短日処理日数の組み合わせ、間欠冷蔵処理の暗黒遭遇による開花促進効果及び花房数の減少を短日処理で補いつつ低温による草姿改善の効果を検討した。併せて、複数品種を用い、これら効果の品種間差を検討した。

1. 材料及び方法

品種は早生品種の「パティック」、晩生品種の「ルリーズ」（いずれも高松商事(株)）及び中生品種の「ネティア」（来歴不明、中生品種）を供試した。試験区は10℃の冷蔵処理を4日間行い温室下の管理を3日間行う4D/3Dの処理回数と短日処理日数を組み合わせて設置した。「パティック」は間欠冷蔵処理回数0回、2回及び4回と短日処理日数7日及び14日を組み合わせた計6区を、「ルリーズ」は間欠冷蔵処理回数0回、2回及び4回と短日処理日数7日、14日及び21日を組み合わせた計9区を、「ネティア」は間欠冷蔵処理回数0回、2回及び4回と短日処理日数0日、7日及び14日を組み合わせた計9区を設けた。供試株は2015年4月23日に「ネティア」を、4月24日に「パティック」を、4月27日に「ルリーズ」を挿し芽し、6月2日に2.5号ポリポットに鉢上げ、6月8日に2節残して摘心した。間欠冷蔵処理はすべての処理区が7月26日に終了となるように設定し、処理回数2回の区は7月13日から、4回の区は6月29日から開始した。間欠冷蔵処理が終了した後の7月28日にすべての株を5号プラスチック鉢に鉢替えした。同日より短日処理を開始し、短日処理7日の区は8月3日まで、14日の区は8月10日まで、21日の区は8月17日まで処理した。短日処理は15時～19時15分まで遮光を行い、暗期の開始時間を早める方法とした。供試株数は「パティック」は1区1株6反復、「ルリーズ」は1区1株5反復、「ネティア」は1区1株9反復とした。調査は「パティック」及び「ルリーズ」は開花日及び開花日の草丈、株幅、主茎節数、第1花房の着生節位及び花房数について

第34表 間欠冷蔵処理回数及び冷蔵処理日数の組み合わせが「パティック」の開花及び生育に及ぼす影響

間欠冷蔵 ¹⁾ 処理回数 (回) (a)	短日 ²⁾ 処理日数 (日) (b)	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎 節数 (節)	第1花房 着花節位 (節)	花房数 (個)
0	7	9月11日	19.4	24.2	12.0	5.4	7.8
0	14	9月9日	19.2	25.6	11.9	5.0	8.0
2	7	9月10日	18.7	24.3	11.6	4.6	9.9
2	14	9月8日	18.5	23.9	11.7	4.4	9.2
4	7	9月9日	17.9	24.0	11.4	4.2	8.7
4	14	9月7日	18.0	22.8	11.9	4.3	8.4
0		9月10日 b ⁴⁾	19.3	24.9	11.9	5.2 b	7.9 a
2		9月9日 ab	18.6	24.1	11.6	4.5 a	9.6 b
4		9月8日 a	18.0	23.4	11.7	4.3 a	8.6 ab
分散分析 ³⁾		*	ns	ns	ns	**	*
	7	9月10日 b	18.7	24.2	11.7	4.7	8.8
	14	9月8日 a	18.6	24.1	11.8	4.6	8.6
分散分析		**	ns	ns	ns	ns	ns
交互作用(a)×(b)		ns	ns	ns	ns	ns	ns

注1) 間欠冷蔵処理：10℃暗黒の冷蔵処理を4日間行った後3日間温室管理。

2) 短日処理：15時～19時15分にかけてシルバーカーテンを用いてシェード。

3) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし。

4) 異なる英文字間で5%水準の有意差あり (Tukey n=6)。

て実施した。「ネティア」は開花日及び開花日の草丈、株幅、主茎長、主茎節数、第1花房の着生節位及び花房数について実施した。また、間欠冷蔵処理及び短日処理中の温室内の平均気温及び日長の測定を第3章第2節の実験1と同様の方法で行った。

2. 結果

温室内の平均気温及び日長の推移については第4章第2節の実験1で示したとおり、各処理中概ね25℃以上で推移し、生育適温以上の温度条件下での処理効果を示していると考えられた(データ省略)。また、8月下旬以降は限界日長を下回っていたと考えられた(データ省略)。

このような条件下において、すべての品種について間欠冷蔵処理回数及び短日処理日数が開花及び生育に及ぼす影響を二元配置分散分析で解析した。

「パティック」では、間欠冷蔵処理回数が増えるに従い開花日が早く、第1花房の着生節位は0回に比べ2回及び4回で低節位となり、花房数は0回に比べ2回で多くなった。また、他の調査項目に差はなかった。開花日については有意差が認められたものの、最も早い4回と最も短い0回とで2日の差であった。短日処理日数については、開花日は7日に比べ14日で有意に早かったものの、その差は2日であった。他の調査項目については差がなかった。いずれの調査項目も交互作用は認められなかった(第34表)。

「ルイズ」では、間欠冷蔵処理回数については、すべての調査項目で0回に比べ2回及び4回は値が有意に小さく、2回と4回とでは同等もしくは4回で値が小さくなる

傾向が見られた。特に開花日については、最も早かった4回に比べ0回で13日の差であった。短日処理日数については、主茎節数は処理日数の違いによる差はなく、他の調査項目は処理日数が長くなるにつれて値が小さくなる傾向が見られた。開花日については、最も早かった21日と最も遅かった7日で10日の差があった。また、花房数については交互作用が認められた(第35表)。

「ネティア」では、間欠冷蔵処理回数が増えるに従い開花日が早く、草丈、株幅、主茎長、主茎節数、第1花房の着生節位及び花房数の値が小さくなる傾向が認められた。開花日については、最も早い4回と最も遅い0回で8日の差があった。短日処理日数については、処理日数が長くなるに従い開花日が早く、主茎長、主茎節数及び第1花房の着生節位の値が小さくなる傾向が認められた。また、草丈、株幅及び花房数は処理日数の違いによる差は認められなかった。開花日については、最も早い14日と最も遅い0日で17日の差があった。草丈、主茎長及び花房数を除く調査項目については交互作用が認められた(第36表)。

3. 考察

開花については、いずれの品種においても間欠冷蔵処理回数が多く、短日処理日数が長いほど早くなる傾向が認められた。また、間欠冷蔵処理回数が同等の場合は短日処理日数が長いほど、短日処理日数が同等の場合は間欠冷蔵処理回数が多いほど早期に開花した。間欠冷蔵処理による開花促進効果は冷蔵処理中の暗黒が短日として

第35表 間欠冷蔵処理回数及び冷蔵処理日数の組み合わせが「ルイズ」の開花及び生育に及ぼす影響

間欠冷蔵 ¹⁾ 処理回数 (回) (a)	短日 ²⁾ 処理日数 (日) (b)	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎 節数 (節)	第1花房の 着花節位 (節)	花房数 (個)
0	7	10月 6日	22.5	27.6	11.4	6.6	8.8
0	14	9月 29日	21.4	25.5	11.4	6.8	10.2
0	21	9月 27日	21.0	23.3	11.0	5.6	8.0
2	7	9月 26日	18.9	22.2	10.0	4.6	7.0
2	14	9月 22日	18.1	22.3	10.2	5.0	7.4
2	21	9月 14日	17.4	21.4	10.2	4.6	6.8
4	7	9月 22日	18.4	22.5	10.6	5.2	7.0
4	14	9月 17日	16.8	20.4	9.4	4.4	4.2
4	21	9月 14日	14.9	17.7	9.0	4.4	4.8
0		9月 30日 b ⁴⁾	21.6 c	25.5 b	11.3 b	6.3 b	9.0 c
2		9月 21日 a	18.1 b	22.0 a	10.1 a	4.7 a	7.1 b
4		9月 17日 a	16.7 a	20.2 a	9.7 a	4.7 a	5.3 a
分散分析 ³⁾		**	**	**	**	**	**
	7	9月 28日 c	19.9 b	24.1 b	10.7	5.5 b	7.6 b
	14	9月 22日 b	18.8 ab	22.7 ab	10.3	5.4 ab	7.3 ab
	21	9月 18日 a	17.8 a	20.8 a	10.1	4.9 a	6.5 a
分散分析		**	**	**	ns	*	*
交互作用(a)×(b)		ns	ns	ns	ns	ns	**

注1) 間欠冷蔵処理：10℃暗黒の冷蔵処理を4日間行った後3日間温室管理。

2) 短日処理：15時～19時15分にかけてシルバーカーテンを用いてシェード。

3) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし。

4) 異なる英文字間で5%水準の有意差あり (Tukey n=5)。

作用していることが示唆されることから、間欠冷蔵処理と短日処理を組み合わせることによる開花促進効果は、両処理による短日の影響が相互に影響したためと考えられた。

両処理の組み合わせによる開花促進効果は早生品種である「パティック」よりも中生品種の「ネティア」及び晩生品種の「ルイズ」で顕著であり、品種間差が見られた。短日植物では花芽分化に必要な処理日数は品種や系統によって異なることが複数の品目で知られており (Tsukamotoら, 1968 ; 瀧本, 1998 ; 白山ら, 2014) , イネ (坪木ら, 1998) やダイズ (清沢・清沢, 1961) では早生品種ほど花芽分化に必要な短日処理日数は短いことが報告されている。そのため、本実験の間欠冷蔵処理と短日処理を組み合わせによる開花促進効果に品種間差が見られた理由は、エラチオール・ベゴニアも他の品目の報告と同様に、開花の早晚性によって花芽分化に必要な短日処理日数の要求量が異なり、要求量の少ない早生品種の「パティック」に比べ要求量の多い中生品種の「ネティア」や晩生品種の「ルイズ」で両処理を組み合わせた効果が顕著に表れたと推察された。

また、「ネティア」では両処理の組み合わせによる開花促進効果に交互作用が認められた。この原因について、

各処理に対する単純主効果の検定を行うと、間欠冷蔵処理回数が少なく短日処理日数が短い組み合わせで開花促進効果が顕著となり、処理回数及び処理日数が多い組み合わせでは効果が緩慢となる傾向が見られた (データ省略)。エラチオール・ベゴニアと同じく量的短日植物であるクリスマス・ベゴニア (*Begonia × cheimanthus* Everett) では短日処理は開花を促進させるものの、その効果は処理日数が短いほど顕著に表れ、一定以上の処理日数になると、それ以上は開花が早まらなると報告されている (Heide, 1962)。そのため、短日処理日数が開花に及ぼす影響は閾値があると推察される。このことから、両処理の組み合わせにおいて交互作用が認められ、処理回数及び処理日数が多い組み合わせで開花促進効果が緩慢となった原因は、両処理の組み合わせによっては短日効果の閾値を超えたためと考えられた。

草姿についての調査項目は、間欠冷蔵処理回数が多く、短日処理日数が長いほど値が小さくなる傾向が見られた。また、間欠冷蔵処理と短日処理を比較すると、間欠冷蔵処理で値が小さくなる傾向が顕著であった。間欠冷蔵処理は、第IV章第1節及び第2節の考察で述べたが、冷蔵中の暗黒で同化量の減少を招き、処理回数が増えると日単位で明期への遭遇時間が変化する。一方で、短日処理は

第 36 表 間欠冷蔵処理回数及び冷蔵処理日数の組み合わせが「ネティア」の開花及び生育に及ぼす影響

間欠冷蔵 ¹⁾ 処理回数 (回) (a)	短日 ²⁾ 処理日数 (日) (b)	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (cm)	主茎 節数 (節)	第1花房の 着生節位 (節)	花房数 (個)
0	0	10月 3日	25.2	35.2	17.5	13.9	5.6	9.6
0	7	9月 18日	24.3	34.3	15.8	12.2	4.8	8.4
0	14	9月 11日	24.6	35.3	15.1	11.3	4.0	8.1
2	0	9月 28日	23.5	33.5	14.2	12.8	5.2	8.2
2	7	9月 13日	22.2	32.2	14.3	11.9	4.6	8.2
2	14	9月 8日	21.1	31.1	13.5	11.9	3.9	7.4
4	0	9月 18日	20.1	30.2	13.8	11.9	3.9	6.9
4	7	9月 13日	20.7	30.7	13.9	11.8	4.1	7.6
4	14	9月 9日	20.2	30.2	13.2	11.2	3.6	6.9
0		9月 21日 c ⁴⁾	24.7 c	34.9 c	16.1 b	12.5 c	4.8 b	8.7 c
2		9月 16日 b	22.3 b	32.3 b	14.0 ab	12.2 b	4.6 b	8.0 b
4		9月 13日 a	20.3 a	30.4 a	13.6 a	11.6 a	3.9 a	7.1 a
分散分析 ³⁾		**	**	**	**	**	**	**
	0	9月 26日 c	23.0	33.0	15.1 b	12.9 b	4.9 b	8.2
	7	9月 14日 b	22.4	32.4	14.6 b	12.0 b	4.5 b	8.1
	14	9月 9日 a	22.0	32.2	14.0 a	11.5 a	3.8 a	7.5
分散分析		**	ns	ns	**	**	**	ns
交互作用(a)×(b)		**	ns	*	ns	**	*	ns

注1) 間欠冷蔵処理：10℃暗黒の冷蔵処理を4日間行った後3日間温室管理。

2) 短日処理：15時～19時15分にかけてシルバーカーテンを用いてシェード。

3) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし。

4) 異なる英文字間で5%水準の有意差あり (Tukey n=9)。

処理日数が増えても明期への遭遇が1日当たり数時間の変化しかない。そのため、同化量の減少が多い間欠冷蔵処理で効果が顕著に表れたと推察された。

両処理が草姿に及ぼす影響は、開花日と同様に、開花の早晚性が遅い品種ほど顕著であった。また、各処理の組み合わせによっては交互作用が認められた。交互作用が認められた調査項目について、各処理に対する単純主効果の検定を行うと、いずれの調査項目においても効果が逆転する組み合わせは無く、間欠冷蔵処理回数もしくは短日処理日数が多い組み合わせにより差が小さくなる傾向を示した(データ省略)。日長の変化は栄養成長器官への同化産物の分配率が変化することがソバ(菅原, 1961)やイチゴ(塚越ら, 1993)、キャベツ(福岡ら, 1996)等の短日植物で報告されている。また、長日植物ではあるが、シュッコンカスミソウでは日長の変化により同化産物の分配が変化し、花序や小花の発達に影響を及ぼすと推察されている(林ら, 1992; 山口ら, 2013)。これらのことから、開花日と同様に、草姿への影響も短日要求量が多い品種ほど両処理による短日効果が同化産物の分配に強く影響し、処理の組み合わせによっては交互作用を発生したと推察された。

本作型の慣行の短日処理日数は「ネティア」及び「パティック」では14日間、「ルイーズ」では21日間とされている。また、第IV章第1節では「ネティア」の開花促

進と草丈の抑制効果を得るためには4回の間欠冷蔵処理回数が必要であった。しかし、本節で検討した間欠冷蔵処理と短日処理を組み合わせにより、早生品種である「パティック」では明確な差は認められなかったものの、中生品種の「ネティア」及び晩生品種の「ルイーズ」は2回の間欠冷蔵処理と7日の短日処理日数の組み合わせで慣行の短日処理方法と同時期に開花した。また、4回の間欠冷蔵処理に比べると効果は小さいが、慣行の短日処理方法に比べ草丈は小さく、株幅は狭くなった。更に、花房数は間欠冷蔵処理を4回行うと慣行の短日処理に比べ顕著に少なくなったが、間欠冷蔵処理2回と短日処理7日間の組み合わせは花房数の減少が緩和された。間欠冷蔵処理は苗の冷蔵処理に労力を要する。また、短日処理も中小規模の生産者では手動で行われることが多く、処理日数が短いほど労力は軽減される。これらのことから、本節で検討した間欠冷蔵処理と短日処理を組み合わせる処理方法は、最低限の間欠冷蔵処理回数と慣行より短い短日処理日数で慣行と同時期に開花させることができ、草姿を改善できる低労力な方法として有効であると考えられた。

第V章 総括

相対的短日植物であるエラチオール・ペゴニアは短日

第 36 表 間欠冷蔵処理回数及び冷蔵処理日数の組み合わせが「ネティア」の開花及び生育に及ぼす影響

間欠冷蔵 ¹⁾ 処理回数 (回) (a)	短日 ²⁾ 処理日数 (日) (b)	開花日	草丈 (cm)	株幅 (cm)	主茎長 (cm)	主茎 節数 (節)	第1花房の 着生節位 (節)	花房数 (個)
0	0	10月 3日	25.2	35.2	17.5	13.9	5.6	9.6
0	7	9月 18日	24.3	34.3	15.8	12.2	4.8	8.4
0	14	9月 11日	24.6	35.3	15.1	11.3	4.0	8.1
2	0	9月 28日	23.5	33.5	14.2	12.8	5.2	8.2
2	7	9月 13日	22.2	32.2	14.3	11.9	4.6	8.2
2	14	9月 8日	21.1	31.1	13.5	11.9	3.9	7.4
4	0	9月 18日	20.1	30.2	13.8	11.9	3.9	6.9
4	7	9月 13日	20.7	30.7	13.9	11.8	4.1	7.6
4	14	9月 9日	20.2	30.2	13.2	11.2	3.6	6.9
0		9月 21日 c ⁴⁾	24.7 c	34.9 c	16.1 b	12.5 c	4.8 b	8.7 c
2		9月 16日 b	22.3 b	32.3 b	14.0 ab	12.2 b	4.6 b	8.0 b
4		9月 13日 a	20.3 a	30.4 a	13.6 a	11.6 a	3.9 a	7.1 a
分散分析 ³⁾		**	**	**	**	**	**	**
	0	9月 26日 c	23.0	33.0	15.1 b	12.9 b	4.9 b	8.2
	7	9月 14日 b	22.4	32.4	14.6 b	12.0 b	4.5 b	8.1
	14	9月 9日 a	22.0	32.2	14.0 a	11.5 a	3.8 a	7.5
分散分析		**	ns	ns	**	**	**	ns
交互作用(a)×(b)		**	ns	*	ns	**	*	ns

注1) 間欠冷蔵処理：10℃暗黒の冷蔵処理を4日間行った後3日間温室管理。

2) 短日処理：15時～19時15分にかけてシルバーカーテンを用いてシェード。

3) **: 1%水準で有意 * : 5%水準で有意 ns : 有意差なし。

4) 異なる英文字間で5%水準の有意差あり (Tukey n=9)。

処理日数が増えても明期への遭遇が1日当たり数時間の変化しかない。そのため、同化量の減少が多い間欠冷蔵処理で効果が顕著に表れたと推察された。

両処理が草姿に及ぼす影響は、開花日と同様に、開花の早晚性が遅い品種ほど顕著であった。また、各処理の組み合わせによっては交互作用が認められた。交互作用が認められた調査項目について、各処理に対する単純主効果の検定を行うと、いずれの調査項目においても効果が逆転する組み合わせは無く、間欠冷蔵処理回数もしくは短日処理日数が多い組み合わせにより差が小さくなる傾向を示した(データ省略)。日長の変化は栄養成長器官への同化産物の分配率が変化することがソバ(菅原, 1961)やイチゴ(塚越ら, 1993)、キャベツ(福岡ら, 1996)等の短日植物で報告されている。また、長日植物ではあるが、シュッコンカスミソウでは日長の変化により同化産物の分配が変化し、花序や小花の発達に影響を及ぼすと推察されている(林ら, 1992; 山口ら, 2013)。これらのことから、開花日と同様に、草姿への影響も短日要求量が多い品種ほど両処理による短日効果が同化産物の分配に強く影響し、処理の組み合わせによっては交互作用を発生したと推察された。

本作型の慣行の短日処理日数は「ネティア」及び「パティック」では14日間、「ルイーズ」では21日間とされている。また、第IV章第1節では「ネティア」の開花促

進と草丈の抑制効果を得るためには4回の間欠冷蔵処理回数が必要であった。しかし、本節で検討した間欠冷蔵処理と短日処理を組み合わせにより、早生品種である「パティック」では明確な差は認められなかったものの、中生品種の「ネティア」及び晩生品種の「ルイーズ」は2回の間欠冷蔵処理と7日の短日処理日数の組み合わせで慣行の短日処理方法と同時期に開花した。また、4回の間欠冷蔵処理に比べると効果は小さいが、慣行の短日処理方法に比べ草丈は小さく、株幅は狭くなった。更に、花房数は間欠冷蔵処理を4回行うと慣行の短日処理に比べ顕著に少なくなったが、間欠冷蔵処理2回と短日処理7日間の組み合わせは花房数の減少が緩和された。間欠冷蔵処理は苗の冷蔵処理に労力を要する。また、短日処理も中小規模の生産者では手動で行われることが多く、処理日数が短いほど労力は軽減される。これらのことから、本節で検討した間欠冷蔵処理と短日処理を組み合わせる処理方法は、最低限の間欠冷蔵処理回数と慣行より短い短日処理日数で慣行と同時期に開花させることができ、草姿を改善できる低労力な方法として有効であると考えられた。

第V章 総括

相対的短日植物であるエラチオール・ペゴニアは短日

期には長日処理による開花抑制を、長日期には短日処理による開花促進を行うことで開花調節が可能であり、日長制御による周年生産が行われている。そのため、年間を通して安定した栽培を行うことが経営の安定化につながる。しかし、千葉県では安定した単価が見込める9月～10月の生産量が少ない。この主な原因として、高温による開花遅延や草丈の徒長による品質低下が考えられている。

エラチオール・ペゴニアの温度に対する開花及び生育反応は1970年代後半～1980年代にかけて国内で様々な研究が行われ、これらの知見を基に現在の栽培体系が確立されている。これまで、エラチオール・ペゴニアの開花は短日と長日のいずれにおいても温度が高いほど早まるとされ、開花遅延については特に問題とされていなかった。一方で、近年は温暖化の影響と思われる夏期の高温により、様々な品目で開花や生育の遅延が発生している。そのため、エラチオール・ペゴニアの9月～10月開花作型で問題となっている開花遅延は、育苗期が7月～8月となることから、夏期の高温による影響が示唆された。そこで、本研究では近年の夏期の高温環境下でのエラチオール・ペゴニアの開花及び生育反応を明らかにするとともに、9月～10月作型における開花遅延の回避を検討した。併せて、以前より同作型で問題となっている、草姿の改善方法について検討した。

まず、第Ⅱ章でインキュベータを用い、人工気象下における明期温度及び暗期温度の組み合わせが開花及び生育に及ぼす影響を、千葉県内で生産量の多い、中生品種の「ネッチャダーク」で検討した。

第Ⅱ章第1節では明期温度27.5℃、30℃、32.5℃及び35℃と暗期温度20℃及び25℃を組み合わせた8処理で検討した。その結果、明期温度27.5℃では暗期温度25℃で到花日数が短かった。明期温度30℃では暗期温度25℃と20℃で到花日数が同等であったが、25℃は変動係数が大きかった。明期温度32.5℃では暗期温度20℃で到花日数が短くなった。開花以外については、暗期温度の違いに関わらず、明期温度が高くなるに従い乾物重が減少し、明期35℃では供試した株すべてが枯死した。明期温度が等しく暗期温度が異なると、乾物重に差はないが、主茎の伸長や節数が変化した。これらのことから、開花については、明期温度27.5℃では暗期温度が高い、すなわち平均温度が高いほど早期に開花し、既存の報告と同様の反応を示すと考えられた。一方で、明期30℃以上では平均温度が高いと開花が不安定もしくは遅延を招き、これまでの報告とは異なる反応を示すと考えられた。そのため、近年の9月～10月開花作型で発生している開花遅延は夏期の気温上昇による同化産物の減少や分配先の変化が影響していると推察された。

第Ⅱ章第2節では、第Ⅱ章第1節で開花に及ぼす影響が顕著であった、明期32.5℃における暗期温度の違いが花芽の分化及び発達に及ぼす影響を調査した。その結果、暗期25℃区は20℃区に比べステージⅠ（未分化）からステージⅣ（外花被が形成）までの移行が遅く、ステージⅣ以降の発達についても個体差が大きかった。そのため、第Ⅱ章第1節の明期30℃及び32.5℃において暗期25℃で開花揃いの不良や遅延が起こった原因は、暗期温度の上昇により花芽の分化～発達が阻害されたためと考えられた。

第Ⅲ章では生産現場における開花遅延対策として、多数の品目で改善効果が報告されている、夜間冷房処理技術を検討した。

第Ⅲ章第1節では中生品種の「ネッチャダーク」への、第Ⅲ章第2節第1項では早生品種の「バティック」、中生品種の「ネッチャダーク」及び晩生品種の「ベルセバ」への暗期20℃の夜間冷房処理が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。「ネッチャダーク」では2017年と2018年の2か年実施し、2017年は無冷房区で、2018年は冷房区で早期に開花した。2018年の明期の平均気温は2017年に比べ約3℃高かった。そのため、第Ⅱ章第1節の結果を踏まえると、両年の夜間冷房による反応の差異は、明期温度の違いによるものと考えられた。明期気温が高かった2018年では「バティック」及び「ベルセバ」においても、夜間冷房処理は無冷房に比べ早期に開花した。これらのことから、明期温度が高い環境下において夜間冷房処理を行うと、複数品種で開花遅延を回避できると推察された。一方で、夜間冷房は、供試したすべての品種で、徒長や花房数の減少による草姿の変化が起こり、品質低下を招いた。そのため、夜間冷房を生産現場で利用するには、開花を安定させつつ草姿の変化による品質低下を改善する方法が必要であると考えられた。

第Ⅲ章第2節では、上記問題を解決する方法に加え、冷房コストを低減する方法を検討した。第1項ではEODc（日没後の短時間冷房処理）が、第2項では明期高温時冷房（気象庁5:00発表の千葉の予想最高気温が30℃以上の日のみ暗期を20℃で冷房）が、第3項では短日冷房（短日処理時のみ暗期を20℃で冷房）が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。その結果、明期高温時冷房及び短日冷房は無冷房より早期に開花し、連続して冷房する処理と同等であった。また、短日冷房は無冷房に比べ草姿のバランスが改善された。そのため、検討した夜間冷房処理方法の中では、短日冷房処理が冷房コストを抑えつつ開花遅延を回避でき、品質改善も同時に図れる方法として有効であると考えられた。

第Ⅳ章では夜間冷房処理よりも低コストの品質改善方法として、イチゴ等で開花誘導及び低温処理効果が報告

されている間欠冷蔵処理が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。

第Ⅳ章第1節では中生品種の「ネティア」を供試し、草丈伸長を抑制しつつ開花を誘導できる冷蔵処理サイクル、冷蔵処理回数及び冷蔵処理温度を検討した。その結果、10℃の冷蔵処理を4日間行った後に温室下での管理を4日間行う処理を4回繰り返す方法が適当であると考えられた。

第Ⅳ章第2節では第Ⅳ章第1節で明らかとした処理方法について、中生品種の「ネティア」を供試して、慣行の栽培方法である短日処理との比較を行った。その結果、間欠冷蔵処理は短日処理に比べ処理開始から開花までの到花日数は長くなるものの、短日処理と同様に計画的な開花調節が可能であることに加え、短日処理に比べ草丈伸長を抑制し、草姿のバランスが改善されることが考えられた。一方で、品質に影響する花房数が短日処理に比べ減少した。そのため、花房数の減少を抑制しつつ開花促進及び草丈伸長の抑制が可能な処理方法の開発が必要であると考えられた。

第Ⅳ章第3節では上記問題を解決することを目的に、早生品種の「パティック」、中生品種の「ネティア」及び晩生品種の「ルイズ」を供試して、間欠冷蔵処理と短日処理の組み合わせが開花及び生育に及ぼす影響を検討した。その結果、早生品種の「パティック」では明確な効果は明らかとならなかったものの、中生品種「ネティア」及び晩生品種「ルイズ」では間欠冷蔵処理回数もしくは短日処理日数が多くなるに従い早期に開花し、草丈が短く、花房数が減少した。また、両処理を組み合わせることにより、間欠冷蔵処理もしくは短日処理を単独で行うよりも少ない処理回数及び処理日数の組み合わせで開花を促進させつつ草丈伸長を抑制し、花房数の減少も抑制できると考えられた。

以上のことから、9月～10月開花作型において発生している開花遅延は近年の夏期の高温により花芽分化及び発達が阻害されるために発生すると考えられた。また、開花遅延対策及び草姿を改善する方法として短日処理期のみの夜間冷房処理もしくは間欠冷蔵処理と短日処理を組み合わせる方法が有効であると考えられた。両処理方法は一長一短があり、夜間冷房処理は作業労力が少ない一方で導入コストが高く、間欠冷蔵処理は導入コストが低いものの処理する株数が増えるほど作業労力が増加する。そのため、今後開発した処理方法を生産現場に普及するには、生産規模に合わせて導入する処理方法を判断していく必要があると考えられる。

エラチオール・ベゴニアを含め、今後の花き生産では労働人口の減少や生産コストの上昇に対応するために、より生産効率の上昇や安定性が求められると考えられる。

本研究で開発した技術についても、今後は明期温度によって自動で夜間冷房の有無が切り替わるような夜間冷房システムの開発や、間欠冷蔵処理時の苗の出し入れを自動化する機材の研究開発に取り組み、より効率が高く、安定した生産が行える研究開発に取り組んでいきたい。

謝 辞

本論文を取りまとめるにあたり、岡山大学大学院環境生命科学研究科教授の後藤丹十郎博士には、終始懇切丁寧なご指導とご高見を賜った。後藤先生には、筆者が社会人として試験研究に携わった当初からご指摘、ご助言と激励のお言葉を数多くいただいた。心より感謝申し上げます。また、本研究の遂行にあたり岡山大学大学院環境生命科学研究科教授の吉田裕一博士、同准教授の安場健一郎博士、現 京都大学農学研究科准教授の田中義行博士には貴重なご助言とご鞭撻を賜り、感謝申し上げます。

本研究の一部は農林水産省イノベーション創出強化研究推進事業（旧農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業）「短時間変温管理法に基づく主要花き類の周年安定生産技術の開発（課題番号：29015C）」の中で実施した。研究総括者である国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 野菜花き研究部門上級研究員の道園美弦氏、鉢花研究グループの島根県農業技術センター主任研究員の加古哲也氏、株式会社イズ常務取締役の黒川和哉氏並びに主事の才野忠敬氏には、共同研究者として多大なるご協力とご支援をいただいた。特に、道園美弦氏と加古哲也氏からは、事業実施前から公私に渡りご助言と温かい激励をいただいた。心より感謝申し上げます。

これらの研究を共に担っていただいた千葉県農林総合研究センター花植木研究室の柴田忠裕室長（現 株式会社常盤植物化学研究所 佐倉ハーブ園園長）、鈴木健室長（現 千葉県農林水産部担い手支援課副技監（兼）技術振興室長）、加藤正広室長、市東豊弘主任上席研究員（現 千葉県農林水産部担い手支援課主任上席普及指導員）、清水健研究員（現 病理昆虫研究室研究員）、熱田圭佑研究員（現 香取農業事務所普及指導員）、室田有里研究員、下江憲研究員（現 検査業務課副主査）には多大なるご協力とご支援をいただいた。特に、鈴木健室長と清水健研究員からは博士号取得を強く勧めていただくとともに、本論文作成にあたりご助言と温かい激励をいただいた。厚く感謝する。また、本研究を行うにあたり実験補助及び圃場管理を行っていただいた千葉県農林総合研究センター花植木研究室の技術員の方々、生産現場から見た有益なご助言並びにご指示を数多くいただいた千葉県鉢花生産者連絡協議会ベゴニア部会の方々には心より感謝の意を表す。本研究は筆者が千葉県農林総

されている間欠冷蔵処理が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。

第Ⅳ章第1節では中生品種の「ネティア」を供試し、草丈伸長を抑制しつつ開花を誘導できる冷蔵処理サイクル、冷蔵処理回数及び冷蔵処理温度を検討した。その結果、10℃の冷蔵処理を4日間行った後に温室下での管理を4日間行う処理を4回繰り返す方法が適当であると考えられた。

第Ⅳ章第2節では第Ⅳ章第1節で明らかとした処理方法について、中生品種の「ネティア」を供試して、慣行の栽培方法である短日処理との比較を行った。その結果、間欠冷蔵処理は短日処理に比べ処理開始から開花までの到花日数は長くなるものの、短日処理と同様に計画的な開花調節が可能であることに加え、短日処理に比べ草丈伸長を抑制し、草姿のバランスが改善されることが考えられた。一方で、品質に影響する花房数が短日処理に比べ減少した。そのため、花房数の減少を抑制しつつ開花促進及び草丈伸長の抑制が可能な処理方法の開発が必要であると考えられた。

第Ⅳ章第3節では上記問題を解決することを目的に、早生品種の「パティック」、中生品種の「ネティア」及び晩生品種の「ルイズ」を供試して、間欠冷蔵処理と短日処理の組み合わせが開花及び生育に及ぼす影響を検討した。その結果、早生品種の「パティック」では明確な効果は明らかとならなかったものの、中生品種「ネティア」及び晩生品種「ルイズ」では間欠冷蔵処理回数もしくは短日処理日数が多くなるに従い早期に開花し、草丈が短く、花房数が減少した。また、両処理を組み合わせることにより、間欠冷蔵処理もしくは短日処理を単独で行うよりも少ない処理回数及び処理日数の組み合わせで開花を促進させつつ草丈伸長を抑制し、花房数の減少も抑制できると考えられた。

以上のことから、9月～10月開花作型において発生している開花遅延は近年の夏期の高温により花芽分化及び発達が阻害されるために発生すると考えられた。また、開花遅延対策及び草姿を改善する方法として短日処理期のみの夜間冷房処理もしくは間欠冷蔵処理と短日処理を組み合わせる方法が有効であると考えられた。両処理方法は一長一短があり、夜間冷房処理は作業労力が少ない一方で導入コストが高く、間欠冷蔵処理は導入コストが低いものの処理する株数が増えるほど作業労力が増加する。そのため、今後開発した処理方法を生産現場に普及するには、生産規模に合わせて導入する処理方法を判断していく必要があると考えられる。

エラチオール・ペゴニアを含め、今後の花き生産では労働人口の減少や生産コストの上昇に対応するために、より生産効率の上昇や安定性が求められると考えられる。

本研究で開発した技術についても、今後は明期温度によって自動で夜間冷房の有無が切り替わるような夜間冷房システムの開発や、間欠冷蔵処理時の苗の出し入れを自動化する機材の研究開発に取り組み、より効率が高く、安定した生産が行える研究開発に取り組んでいきたい。

謝 辞

本論文を取りまとめるにあたり、岡山大学大学院環境生命科学研究科教授の後藤丹十郎博士には、終始懇切丁寧なご指導とご高見を賜った。後藤先生には、筆者が社会人として試験研究に携わった当初からご指摘、ご助言と激励のお言葉を数多くいただいた。心より感謝申し上げます。また、本研究の遂行にあたり岡山大学大学院環境生命科学研究科教授の吉田裕一博士、同准教授の安場健一郎博士、現 京都大学農学研究科准教授の田中義行博士には貴重なご助言とご鞭撻を賜り、感謝申し上げます。

本研究の一部は農林水産省イノベーション創出強化研究推進事業（旧農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業）「短時間変温管理法に基づく主要花き類の周年安定生産技術の開発（課題番号：29015C）」の中で実施した。研究総括者である国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 野菜花き研究部門上級研究員の道園美弦氏、鉢花研究グループの島根県農業技術センター主任研究員の加古哲也氏、株式会社イズ常務取締役の黒川和哉氏並びに主事の才野忠敬氏には、共同研究者として多大なるご協力とご支援をいただいた。特に、道園美弦氏と加古哲也氏からは、事業実施前から公私に渡りご助言と温かい激励をいただいた。心より感謝申し上げます。

これらの研究を共に担っていただいた千葉県農林総合研究センター花植木研究室の柴田忠裕室長（現 株式会社常盤植物化学研究所 佐倉ハーブ園園長）、鈴木健室長（現 千葉県農林水産部担い手支援課副技監（兼）技術振興室長）、加藤正広室長、市東豊弘主任上席研究員（現 千葉県農林水産部担い手支援課主任上席普及指導員）、清水健研究員（現 病理昆虫研究室研究員）、熱田圭佑研究員（現 香取農業事務所普及指導員）、室田有里研究員、下江憲研究員（現 検査業務課副主査）には多大なるご協力とご支援をいただいた。特に、鈴木健室長と清水健研究員からは博士号取得を強く勧めていただくとともに、本論文作成にあたりご助言と温かい激励をいただいた。厚く感謝する。また、本研究を行うにあたり実験補助及び圃場管理を行っていただいた千葉県農林総合研究センター花植木研究室の技術員の方々、生産現場から見た有益なご助言並びにご指示を数多くいただいた千葉県鉢花生産者連絡協議会ペゴニア部会の方々には心より感謝の意を表す。本研究は筆者が千葉県農林総

合研究センターに勤務しつつ、岡山大学大学院環境生命科学科に在籍して実施した。社会人としての大学在籍にあたり、元千葉県農林総合研究センター長の在原克之氏並びに斎藤研二氏には寛大なご配慮をいただいた。ここに厚く感謝の意を表す。

岡山県農林水産総合センター農業研究所特別研究員の森義雄氏をはじめ野菜花研究室の方々には、本研究に取り組む以前から研究員としての心構えや研究及び栽培の進め方について多大なご指導とご鞭撻をいただいた。これまで私が研究に従事できたのも野菜花研究室の方々のおかげである。また、岡山大学大学院環境生命科学研究科作物開花制御学研究室の皆様には温かい激励をいただいた。厚く感謝する。

最後に、社会人大学院生としての研究生活を支えてくれた家族並びに友人に心から感謝する。

摘 要

本研究は近年の夏期の高温がエラチオール・ベゴニアの開花及び生育に及ぼす影響を明らかにすると共に、高温の影響を強く受ける9月から10月にかけての秋出荷作型において、冷房・冷蔵処理を用いた開花の安定及び品質改善方法を検討した。

明期のPPFDを110~120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ としたインキュベータを用い、夏期の高温を想定した明期温度27.5℃、30℃、32.5℃及び35.0℃と暗期温度20.0℃及び25.0℃の組み合わせが「ネッチャダーク」の開花及び生育に及ぼす影響を検討した。その結果、明期35.0℃では暗期温度に関わらず株が枯死した。明期温度27.5℃、30℃及び32.5℃と暗期温度20.0℃及び25.0℃の組み合わせでは、明期27.5℃では暗期25.0℃で早期に開花し、明期30.0℃では両暗期で同時期の開花となり、明期32.5℃では暗期20.0℃で早期に開花した。また、いずれの明期温度においても到花日数の変動係数は暗期20.0℃が25.0℃に比べ小さかった。主茎長、主茎節数及び第1花房の着生節位は明期温度が高くなるに従い値が大きくなる傾向が見られた。一方で、これらの調査項目を同一の明期温度で比較すると、暗期20.0℃は25.0℃に比べ値が小さかった。植物体の乾物重（地上部と地下部の合計）は明期温度が高くなるに従い軽くなり、同一の明期温度では暗期温度の違いによる差はなかった。暗期20.0℃の到花日数が25.0℃よりも短くなった明期32.5℃（PPFD：115~123 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ ）において花芽分化及び発達の推移を検鏡したところ、暗期25.0℃は20.0℃に比べ小花原基が分化するまでの日数が長く、それ以降の発達も個体差が大きかった。以上のことから、27.5℃以上の明期温度では温度が高くなるに従い同化量が減少し、生育が抑制される

と考えられた。また、明期温度が同一であっても暗期温度が異なると同化産物の分配先が変化し、開花及び生育が変化すると考えられた。特に明期32.5℃では、暗期20.0℃は25.0℃に比べ花芽分化及び発達が早く、到花日数が短くなると考えられた。

暗期温度の低下が開花及び生育に及ぼす影響を10月出荷作型の温室栽培において検討した。「ネッチャダーク」を供試し、約2か月間暗期を20℃で冷房したところ、明期平均気温が栽培期間を通して30℃未満で推移した2017年の栽培では無冷房に比べ開花が遅延した。一方で、栽培期間中の明期平均気温の多くが30℃以上で推移した2018年の栽培では無冷房に比べ早期に開花した。また、両年とも冷房を行うと無冷房に比べ主茎の節間が長くなった。明期温度の変動に対応した冷房方法として、明期平均気温が高かった2018年に明期の予想最高気温が30℃以上となる日のみ暗期を20℃で冷房する方法を検討した。品種は「パティック」、「ベルセバ」及び「ネッチャダーク」を用いた。その結果、3品種とも終始暗期を20℃で冷房する方法と同等の開花日となり、無冷房に比べ早期に開花した。また、「ネッチャダーク」を用いて21日間の短日処理（4時~9時を遮光）中のみを暗期20℃で冷房処理する方法を検討したところ、約2か月間を終始暗期20℃で冷房する方法と同等の開花日となり、節間は無冷房以上に短くなった。品質の指標となる鉢の高さに対する草丈の比率（草丈比）及び株幅の比率（株張り比）を短日処理中のみの冷房処理と無冷房とで比較すると、短日処理中のみの冷房処理は無冷房に比べ高品質とされる比率に近い値を示した。以上のことから、暗期を20℃で冷房する処理方法は明期気温が高い環境下では無冷房に比べ早期に開花するが、明期気温が低い環境下では開花遅延を招くと考えられた。この対策として、明期が高い日のみを暗期冷房する方法が有効であると考えられた。また、短日処理中のみの冷房処理でも開花の促進効果が得られ、この方法は草丈比及び株張り比を改善し、無冷房に比べ品質が向上すると考えられた。

暗期を冷房する処理方法に比べ栽培コストを削減する方法として、間欠冷蔵処理が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。「ネティア」では、冷蔵処理温度を10℃とし、暗黒の冷蔵処理を4日間行った後に温室下で4日間管理するサイクルを4回繰り返す間欠冷蔵処理は短日処理を行わない栽培方法に比べ早期に開花し、草丈伸長が抑制された。9月及び10月出荷作型において、間欠冷蔵処理と、この作型の慣行栽培方法である、短日処理が開花及び生育に及ぼす影響を「ネティア」を用いて比較した。間欠冷蔵処理は10℃の冷蔵処理を4日間行った後、温室内部管理を3日もしくは4日行う処理を4回繰り返す方法とした。短日処理は15時~19時15分に遮光を14日間行う方法

合研究センターに勤務しつつ、岡山大学大学院環境生命科学科に在籍して実施した。社会人としての大学在籍にあたり、元千葉県農林総合研究センター長の在原克之氏並びに斎藤研二氏には寛大なご配慮をいただいた。ここに厚く感謝の意を表す。

岡山県農林水産総合センター農業研究所特別研究員の森義雄氏をはじめ野菜花研究室の方々には、本研究に取り組む以前から研究員としての心構えや研究及び栽培の進め方について多大なご指導とご鞭撻をいただいた。これまで私が研究に従事できたのも野菜花研究室の方々のおかげである。また、岡山大学大学院環境生命科学研究科作物開花制御学研究室の皆様には温かい激励をいただいた。厚く感謝する。

最後に、社会人大学院生としての研究生活を支えてくれた家族並びに友人に心から感謝する。

摘 要

本研究は近年の夏期の高温がエラチオール・ベゴニアの開花及び生育に及ぼす影響を明らかにすると共に、高温の影響を強く受ける9月から10月にかけての秋出荷作型において、冷房・冷蔵処理を用いた開花の安定及び品質改善方法を検討した。

明期のPPFDを110~120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ としたインキュベータを用い、夏期の高温を想定した明期温度27.5℃、30℃、32.5℃及び35.0℃と暗期温度20.0℃及び25.0℃の組み合わせが「ネッチャダーク」の開花及び生育に及ぼす影響を検討した。その結果、明期35.0℃では暗期温度に関わらず株が枯死した。明期温度27.5℃、30℃及び32.5℃と暗期温度20.0℃及び25.0℃の組み合わせでは、明期27.5℃では暗期25.0℃で早期に開花し、明期30.0℃では両暗期で同時期の開花となり、明期32.5℃では暗期20.0℃で早期に開花した。また、いずれの明期温度においても到花日数の変動係数は暗期20.0℃が25.0℃に比べ小さかった。主茎長、主茎節数及び第1花房の着生節位は明期温度が高くなるに従い値が大きくなる傾向が見られた。一方で、これらの調査項目を同一の明期温度で比較すると、暗期20.0℃は25.0℃に比べ値が小さかった。植物体の乾物重（地上部と地下部の合計）は明期温度が高くなるに従い軽くなり、同一の明期温度では暗期温度の違いによる差はなかった。暗期20.0℃の到花日数が25.0℃よりも短くなった明期32.5℃（PPFD：115~123 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ ）において花芽分化及び発達の推移を検鏡したところ、暗期25.0℃は20.0℃に比べ小花原基が分化するまでの日数が長く、それ以降の発達も個体差が大きかった。以上のことから、27.5℃以上の明期温度では温度が高くなるに従い同化量が減少し、生育が抑制される

と考えられた。また、明期温度が同一であっても暗期温度が異なると同化産物の分配先が変化し、開花及び生育が変化すると考えられた。特に明期32.5℃では、暗期20.0℃は25.0℃に比べ花芽分化及び発達が早く、到花日数が短くなると考えられた。

暗期温度の低下が開花及び生育に及ぼす影響を10月出荷作型の温室栽培において検討した。「ネッチャダーク」を供試し、約2か月間暗期を20℃で冷房したところ、明期平均気温が栽培期間を通して30℃未満で推移した2017年の栽培では無冷房に比べ開花が遅延した。一方で、栽培期間中の明期平均気温の多くが30℃以上で推移した2018年の栽培では無冷房に比べ早期に開花した。また、両年とも冷房を行うと無冷房に比べ主茎の節間が長くなった。明期温度の変動に対応した冷房方法として、明期平均気温が高かった2018年に明期の予想最高気温が30℃以上となる日のみ暗期を20℃で冷房する方法を検討した。品種は「パティック」、「ベルセバ」及び「ネッチャダーク」を用いた。その結果、3品種とも終始暗期を20℃で冷房する方法と同等の開花日となり、無冷房に比べ早期に開花した。また、「ネッチャダーク」を用いて21日間の短日処理（4時~9時を遮光）中のみを暗期20℃で冷房処理する方法を検討したところ、約2か月間を終始暗期20℃で冷房する方法と同等の開花日となり、節間は無冷房以上に短くなった。品質の指標となる鉢の高さに対する草丈の比率（草丈比）及び株幅の比率（株張り比）を短日処理中のみの冷房処理と無冷房とで比較すると、短日処理中のみの冷房処理は無冷房に比べ高品質とされる比率に近い値を示した。以上のことから、暗期を20℃で冷房する処理方法は明期気温が高い環境下では無冷房に比べ早期に開花するが、明期気温が低い環境下では開花遅延を招くと考えられた。この対策として、明期が高い日のみを暗期冷房する方法が有効であると考えられた。また、短日処理中のみの冷房処理でも開花の促進効果が得られ、この方法は草丈比及び株張り比を改善し、無冷房に比べ品質が向上すると考えられた。

暗期を冷房する処理方法に比べ栽培コストを削減する方法として、間欠冷蔵処理が開花及び生育に及ぼす影響を検討した。「ネティア」では、冷蔵処理温度を10℃とし、暗黒の冷蔵処理を4日間行った後に温室下で4日間管理するサイクルを4回繰り返す間欠冷蔵処理は短日処理を行わない栽培方法に比べ早期に開花し、草丈伸長が抑制された。9月及び10月出荷作型において、間欠冷蔵処理と、この作型の慣行栽培方法である、短日処理が開花及び生育に及ぼす影響を「ネティア」を用いて比較した。間欠冷蔵処理は10℃の冷蔵処理を4日間行った後、温室内部管理を3日もしくは4日行う処理を4回繰り返す方法とした。短日処理は15時~19時15分に遮光を14日間行う方法

とした。目的とする開花期を9月中旬もしくは10月中旬とし、間欠冷蔵処理を開花期の約2か月半前、短日処理を約1か月半前に開始したところ、両処理とも目的の時期に開花させることができた。また、間欠冷蔵処理は短日処理に比べ草丈が短く、株幅が狭くなり、品質の指標となる草丈比及び株張り比が高品質とされる比率に近い値を示した。一方で、間欠冷蔵処理は短日処理に比べ花房数が減少した。草丈及び株幅を短くしつつ花房数の減少を抑制する方法として、間欠冷蔵処理回数と短日処理日数の組み合わせが開花及び生育に及ぼす影響を「バティック」、「ルイズ」及び「ネティア」を用いて検討した。間欠冷蔵処理方法は10℃で4日処理した後温室内管理を3日行った。短日処理日数は15時～19時15分を遮光する方法とした。その結果、「バティック」では効果が判然としなかったが、「ルイズ」及び「ネティア」は間欠冷蔵処理2回と短日処理日数7日の組み合わせで慣行の栽培方法（「ルイズ」は間欠冷蔵処理0回と短日処理日数21日、「ネティア」は間欠冷蔵処理0回と短日処理日数14日）と同時期に開花し、草丈及び株幅の値が小さくなり、花房数の減少が抑制できた。これらのことから、間欠冷蔵処理は短日処理と同様に計画的な開花調節を行うことが可能であり、尚且つ短日処理に比べ草姿が改善できると考えられた。また、短日処理と併用することで、花房数の減少を抑制しつつ草姿改善できると推察された。

以上のことから、本研究はエラチオール・ベゴニアの高温に対する開花及び生育反応を明らかにするとともに、実際の栽培における冷房もしくは冷蔵処理による高温対策技術を確認し、秋出荷作型における開花の安定及び品質向上技術を体系化した。

引用文献

- Anderson, O. N. (2007) Flower Breeding and Genetics. In: Chapter 9. Begonia. History and breeding (Anne Kathrine Hvostlef-Eide and Cristel Munster). pp. 250-251. Springer Science & Business Media, Berlin.
- 青木正孝・原 幹博・篠田浩一 (1984a) 鉢花の好適地下部環境に関する研究 (第2報) 培地気相率とエラチオール・ベゴニア、ベゴニア・ボウエリー、ポインセチアの生育. 園学要旨. 昭59春: 336-337.
- 青木正孝・原 幹博・篠田浩一 (1984b) 鉢花の好適地下部環境に関する研究 (第4報) 灌水方法・施肥条件とエラチオール・ベゴニアの生育. 園学要旨. 昭59秋: 394-395.
- 馬場富士夫・石井香奈子・武藤浩志・稲葉善太郎 (2013) 冬季の日没後または日の出前の昇温処理がスプレーカーネーションの開花、収量及び切り花形質に及ぼす影響. 園学研. 12: 389-396.
- Berghoef, J. and J. Bruinsma (1979) Flower development of *Begonia franconis* Liebm. : I. effects of growth-regulating substances and environmental conditions on the composition of the inflorescence. Z. Pflanzenphysiol. 93: 303-315.
- チャイラヒヤン (1959) 植物開花生理 (中村英司訳). pp. 58-82. 朝倉書店, 東京.
- 千葉県 (2016) 施設栽培におけるヒートポンプの利用について. <https://www.pref.chiba.lg.jp/ninaite/network/h21-fukyu/heatpump.html> 最終アクセス2019年6月25日.
- 道園美弦・久松 完・大宮あけみ・市村一雄・柴田道夫 (2012) 低温期のスプレーギク施設栽培におけるEOD-heatingの有効性. 園学研. 11: 505-513.
- 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.
- Erwin, J. E., R. D. Heins and M. G. Karlson (1995) Thermomorphogenic responses in stem and leaf development. Hort Sci. 30: 940-949.
- 福岡信之・吉岡 宏・清水恵美子・藤原隆広 (1996) 遮光下におけるキャベツセル成型苗の根の生理的变化と定植後の発根力との関係. 園学雑. 65(3): 545-551.
- 後藤 丹十郎・大石 さやか・石倉 聡・福島 啓吾・梶原 真二・道園 美弦 (2014) 夏期高温時の夜間冷房時間帯が花壇苗の成長と開花に及ぼす影響. 園学研. 13 (別2): 500.
- Grindal, G., R. Moe (1994) Effect of temperature-drop and a short dark interruption on stem elongation and flowering in *Begonia × hiemalis* Fotsch. Sci. Hortic. 57: 123-132.
- Haegeman, J. (1979) Tuberous begonias: Origin and development. pp. 191-193. J. Cramer, Vaduz.
- ハインズ, ロイヤル. 古在豊樹. 他 (1995) セル成型苗の貯蔵技術. 古在豊樹・大川清監修. pp. 24-53. 農文協, 東京.
- 白山竜次・永吉実孝・郡山啓作 (2014) 暗期中断期間における電照中断がキクの花芽形成に及ぼす影響. 園学研. 13: 241-248.
- 浜田 豊 (1981) エラチオール・ベゴニアに関する研究 (第1報) 親株の日長・夜温管理が繁殖に及ぼす影響. 園学要旨. 昭56春: 322-323.
- 浜田 豊 (1982) エラチオール・ベゴニアに関する研究 (第2報) 親株の日長・夜温管理が繁殖に及ぼす影響. 園学要旨. 昭57春: 298-299.

とした。目的とする開花期を9月中旬もしくは10月中旬とし、間欠冷蔵処理を開花期の約2か月半前、短日処理を約1か月半前に開始したところ、両処理とも目的の時期に開花させることができた。また、間欠冷蔵処理は短日処理に比べ草丈が短く、株幅が狭くなり、品質の指標となる草丈比及び株張り比が高品質とされる比率に近い値を示した。一方で、間欠冷蔵処理は短日処理に比べ花房数が減少した。草丈及び株幅を短くしつつ花房数の減少を抑制する方法として、間欠冷蔵処理回数と短日処理日数の組み合わせが開花及び生育に及ぼす影響を「バティック」、「ルイズ」及び「ネティア」を用いて検討した。間欠冷蔵処理方法は10℃で4日処理した後温室内管理を3日行った。短日処理日数は15時～19時15分を遮光する方法とした。その結果、「バティック」では効果が判然としなかったが、「ルイズ」及び「ネティア」は間欠冷蔵処理2回と短日処理日数7日の組み合わせで慣行の栽培方法（「ルイズ」は間欠冷蔵処理0回と短日処理日数21日、「ネティア」は間欠冷蔵処理0回と短日処理日数14日）と同時期に開花し、草丈及び株幅の値が小さくなり、花房数の減少が抑制できた。これらのことから、間欠冷蔵処理は短日処理と同様に計画的な開花調節を行うことが可能であり、尚且つ短日処理に比べ草姿が改善できると考えられた。また、短日処理と併用することで、花房数の減少を抑制しつつ草姿改善できると推察された。

以上のことから、本研究はエラチオール・ベゴニアの高温に対する開花及び生育反応を明らかにするとともに、実際の栽培における冷房もしくは冷蔵処理による高温対策技術を確認し、秋出荷作型における開花の安定及び品質向上技術を体系化した。

引用文献

- Anderson, O. N. (2007) Flower Breeding and Genetics. In: Chapter 9. Begonia. History and breeding (Anne Kathrine Hvostlef-Eide and Cristel Munster). pp. 250-251. Springer Science & Business Media, Berlin.
- 青木正孝・原 幹博・篠田浩一 (1984a) 鉢花の好適地下部環境に関する研究 (第2報) 培地気相率とエラチオール・ベゴニア、ベゴニア・ボウエリー、ポインセチアの生育. 園学要旨. 昭59春: 336-337.
- 青木正孝・原 幹博・篠田浩一 (1984b) 鉢花の好適地下部環境に関する研究 (第4報) 灌水方法・施肥条件とエラチオール・ベゴニアの生育. 園学要旨. 昭59秋: 394-395.
- 馬場富士夫・石井香奈子・武藤浩志・稲葉善太郎 (2013) 冬季の日没後または日の出前の昇温処理がスプレーカーネーションの開花、収量及び切り花形質に及ぼす影響. 園学研. 12: 389-396.
- Berghoef, J. and J. Bruinsma (1979) Flower development of *Begonia franconis* Liebm. : I. effects of growth-regulating substances and environmental conditions on the composition of the inflorescence. Z. Pflanzenphysiol. 93: 303-315.
- チャイラヒヤン (1959) 植物開花生理 (中村英司訳). pp. 58-82. 朝倉書店, 東京.
- 千葉県 (2016) 施設栽培におけるヒートポンプの利用について. <https://www.pref.chiba.lg.jp/ninaite/network/h21-fukyu/heatpump.html> 最終アクセス2019年6月25日.
- 道園美弦・久松 完・大宮あけみ・市村一雄・柴田道夫 (2012) 低温期のスプレーギク施設栽培におけるEOD-heatingの有効性. 園学研. 11: 505-513.
- 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.
- Erwin, J. E., R. D. Heins and M. G. Karlson (1995) Thermomorphogenic responses in stem and leaf development. Hort Sci. 30: 940-949.
- 福岡信之・吉岡 宏・清水恵美子・藤原隆広 (1996) 遮光下におけるキャベツセル成型苗の根の生理的变化と定植後の発根力との関係. 園学雑. 65(3): 545-551.
- 後藤 丹十郎・大石 さやか・石倉 聡・福島 啓吾・梶原 真二・道園 美弦 (2014) 夏期高温時の夜間冷房時間帯が花壇苗の成長と開花に及ぼす影響. 園学研. 13 (別2): 500.
- Grindal, G., R. Moe (1994) Effect of temperature-drop and a short dark interruption on stem elongation and flowering in *Begonia* × *hiemalis* Fotsch. Sci. Hortic. 57: 123-132.
- Haegeman, J. (1979) Tuberous begonias: Origin and development. pp. 191-193. J. Cramer, Vaduz.
- ハインズ, ロイヤル. 古在豊樹. 他 (1995) セル成型苗の貯蔵技術. 古在豊樹・大川清監修. pp. 24-53. 農文協, 東京.
- 白山竜次・永吉実孝・郡山啓作 (2014) 暗期中断期間における電照中断がキクの花芽形成に及ぼす影響. 園学研. 13: 241-248.
- 浜田 豊 (1981) エラチオール・ベゴニアに関する研究 (第1報) 親株の日長・夜温管理が繁殖に及ぼす影響. 園学要旨. 昭56春: 322-323.
- 浜田 豊 (1982) エラチオール・ベゴニアに関する研究 (第2報) 親株の日長・夜温管理が繁殖に及ぼす影響. 園学要旨. 昭57春: 298-299.

- 浜田 豊 (1983) エラチオール・ベゴニアに関する研究 (第3報) 親株の日長管理が増殖株の品質に及ぼす影響. 園学要旨. 昭58春: 316-317.
- 浜田 豊 (1985) エラチオール・ベゴニア *Begonia elatior* hybridに関する研究 (第4報) 繁殖方法が品種の形質に及ぼす影響. 園学要旨. 昭60春: 392-393.
- 花田惇史・吉田裕一・後藤丹十郎・安場健一郎・田中義行 (2015) 間欠冷蔵処理回数がイチゴ‘女峰’の開花に及ぼす影響. 岡山大農学報. 37: 17-20.
- Harris, G. P. and B. Jeffcoat (1974) Effects of temperature on the distribution of 14 C-labelled assimilates in the flowering shoot of carnation. Ann. Bot. 38: 77-83.
- 林孝洋 (1991) 岐散花序の構成と発達並びにその制御. pp. 7-46. 京都大学, 京都.
- 林孝洋・宮田弘恵・小西国義 (1992) シュッコンカスミノウの花序の構成と発達. 園学雑. 61(1): 135-141.
- Heide, O. M. (1962) Interaction of night temperature and day-length in flowering of *Begonia* × *cheimanthus* Everett. Physiol. Plant. 15: 729-735.
- 東浦優・岩崎勇次郎・道園美弦・石上佳次・小山佳彦 (2013) カーネーションの夏期夜間冷房温度が秋季切り花品質に及ぼす影響. 園学研. 12 (別2): 485.
- 池田幸弘・宇田 明・小林尚司・西村十郎・藤原辰行・三宅元一 (1987) 夜間冷房及び山上げがシクラメン及びエラチオール系ベゴニアの生育開花に与える効果. 園学要旨. 昭62秋: 476-477.
- 岩崎勇次郎・武藤貴大・東浦優・道園美弦 (2013) 高温期における夜間冷房処理時間帯の違いがカーネーションの生育・開花に及ぼす影響. 園学研. 12(別2): 486.
- 梶原真二・石倉 聡・福島啓吾・道園美弦 (2015) 高温期における夜間の短時間冷房がバラの切り花収量及び形質に及ぼす影響. 園学研. 14 : 365-369.
- 加古 哲也・田中 博一・川村 通 (2013) 夏期高温条件下における夜間降温処理温度がシクラメンの生育・開花に及ぼす影響. 園学研. (別2): 238.
- 加古哲也・山中光司・川村 通・後藤丹十郎・小林伸雄 (2016) 間欠冷蔵処理における低温期間の比率がミニシクラメンの生育・開花に及ぼす影響. 園学研. 15(別1): 405.
- Karlsson, M. G. (1992) Leaf unfolding rate in *Begonia* × *hiemalis*. Hort Sci 27: 109-110.
- Karlsson, M. G., R. D. Heins, J. E. Erwin, R. D. Berghage, W. H. Carlson, J. A. Biernbaum (1989) Temperature and photosynthetic photon flux influence chrysanthemum shoot development and flower initiation under short-day conditions. J. Amer. Soc. Hort. 114: 158-163.
- 清沢茂久・清沢万子 (1961) 大豆における光中断感応性と開花に必要な最少短日処理日数の品種間差異. 日作紀. 29: 359-361.
- 小泉 力 (2002) 花卉園芸大百科12宿根草. pp. 441-453. 農文協, 東京.
- 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 (2013) 間欠冷蔵処理によるイチゴの花芽分化促進・処理技術の理論と実際-. https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/warc_manual_handling_intermittent_refrigeration_201302.pdf 最終アクセス2019年6月25日.
- 国立天文台 (2013) 天文情報センター暦計算室・各地の暦・千葉. <https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/dni/2013/dni12.html> 最終アクセス2019年4月27日.
- 国立天文台 (2015) 天文情報センター暦計算室・各地の暦・千葉. <https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/dni/2015/dni12.html> 最終アクセス2019年4月27日.
- 国立天文台 (2016) 天文情報センター暦計算室・各地の暦・千葉. <https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/dni/2016/dni12.html> 最終アクセス2019年4月27日.
- Moe, R. and L. M. Mortensen (1992) Thermomorphogenesis in pot plants. Acta Hort. 305: 19-25.
- Molnar, J. M. (1974) Photoperiodic response of *Begonia* × *Hiemalis* cv. Rieger. Can. J. Plant Sci. 54: 277-280.
- 武藤貴大・岩崎勇次郎・稲葉善太郎・道園美弦 (2013) 高温期における夜間冷房時間帯の違いが鉢物マーガレット‘サンデーリップル’の生育・開花に及ぼす影響. 園学研. 12(別2): 495.
- Nakano, Y., Y. Higuchi, K. Sumitomo and T. Hisamatsu (2013) Flowering retardation by high temperature in chrysanthemums: involvement of FLOWERING LOCUS T-like 3 gene repression. J. Exp. Bot. 64: 909-920.
- 中野善公・津田花愛・住友克彦・久松 完 (2017) キクの高温開花遅延: 異なる時間帯の高温処理が夏秋ギクの開花とFTL3 遺伝子発現に及ぼす影響. 園学研. 16(別1): 396.
- 二村幹雄・山口徳之・池内 都・和田朋幸・大石一史 (2012) 夏期高温時の超微粒ミスト噴霧と夜間冷房がバラ切り花の収量・品質に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 44: 53-59.
- 農林水産省 (2019) 花きの現状について. <http://www.maff.go.jp/j/seisan/kaki/flower/attach/pdf/index-47.pdf> 最終アクセス2019年4月27日.
- 大石さやか・後藤丹十郎・石倉聡・福島啓吾・梶原真二・

- 道園美弦 (2013) 夏期高温環境下における夜間冷房温度がミニシクラメンの生育に及ぼす影響. 園学研. 12 (別2): 494.
- Powell, M. C. and A. C. Bunt (1979) The effect of daylength and supplementary lighting on the growth of *Begonia* $\times$ *hiemalis* leaf cuttings. Sci. Hort. 10: 203-212.
- Powell, M. C. and A. C. Bunt (1980) The appearance and development of buds on leaf cuttings of *Begonia* $\times$ *hiemalis* in long and short days. Sci. Hort. 12: 377-384.
- Powell, M. C. and A. C. Bunt (1985) Seasonal variation in the effect of daylength on growth and flowering of Rieger Begonia 'Schwabenland red'. Sci. Hort. 27: 143-152.
- Powell, M. C. and A. C. Bunt (1986) A model of the growth of leaves of *Begonia* $\times$ *hiemalis* Fotsch. grown in long days and with intercalated short days. Sci. Hort. 61: 523-531.
- リュンガー, W. (1978) 園芸植物の開花生理と栽培 (浅平端, 中村英司訳). pp. 65-72. 誠文堂新光社, 東京.
- Sachs, R. M., A. M. Kofraneck and W. P. Hackett (1976) Evaluating new pot plant species. Florist's Review. October 21: 35-36; 80-84.
- Sandved, G. (1969) Flowering in *Begonia* $\times$ *hiemalis* Fotsch as affected by daylength and temperature. Acta Hort. 14: 61-66.
- 関栄一・小竹寿子 (1996) 花き栽培標準技術体系エラチオールベゴニア (千葉県・千葉県農林技術会議技術調整部会 編). pp. 12-35. 弘報社印刷, 千葉.
- 菅原勤治郎 (1961) 蕎麦の開花結実に関する生態学的研究(IV) -炭素同化作用の効率と同化生産物の分配について-. 岩手大学芸学報. 19(3): 65-78.
- 虎太有里・仲 照史・辻本直樹・後藤丹十郎 (2015) プリムラ・ポリアンサの開花に及ぼす秋季冷蔵処理の影響. 園学研. 14 (別2): 538.
- 東京都中央卸売市場 (2009a) 市場統計情報. 品目別取扱実績 (エラチベゴニア). http://www.shijou-tokei.metro.tokyo.jp/asp/searchresult2.aspx?gyoshucd=3&smode=10&s=2009|1|2009|12|0|4|4|404020&hinmoku_flg=false&gensstr=%E5%B9%B3%E6%88%9021%E5%B9%B4&genestr=%E5%B9%B3%E6%88%9021%E5%B9%B4 最終アクセス2019年4月27日.
- 東京都中央卸売市場 (2009b) 市場統計情報. 産地別取扱実績 (エラチベゴニア). http://www.shijou-tokei.metro.tokyo.jp/asp/searchresult2.aspx?gyoshucd=3&smode=20&s=2009|1|2009|12|0|4|4|404020&hinmoku_flg=false&gensstr=%E5%B9%B3%E6%88%9021%E5%B9%B4&genestr=%E5%B9%B3%E6%88%9021%E5%B9%B4 最終アクセス2019年4月27日.
- 東京都中央卸売市場 (2018a) 市場統計情報. 品目別取扱実績 (エラチベゴニア). http://www.shijou-tokei.metro.tokyo.jp/asp/searchresult2.aspx?gyoshucd=3&smode=10&s=2018|1|2018|12|0|4|4|404020&hinmoku_flg=false&gensstr=%E5%B9%B3%E6%88%9030%E5%B9%B4&genestr=%E5%B9%B3%E6%88%9030%E5%B9%B4 最終アクセス2019年4月27日.
- 東京都中央卸売市場 (2018b) 市場統計情報. 産地別取扱実績 (エラチベゴニア). http://www.shijou-tokei.metro.tokyo.jp/asp/searchresult2.aspx?gyoshucd=3&smode=20&s=2018|1|2018|12|0|4|4|404020&hinmoku_flg=false&gensstr=%E5%B9%B3%E6%88%9030%E5%B9%B4&genestr=%E5%B9%B3%E6%88%9030%E5%B9%B4 最終アクセス2019年4月27日.
- 武田和男 (2003) ベゴニア百科. ベゴニアの発達史 (日本ベゴニア協会 編). pp. 200-201. 誠文堂新光社, 東京.
- 瀧本 敦 (1998) 花を咲かせるものは何か—花成ホルモンを求めて. pp.43-44. 中央公論社, 東京.
- 滝沢昌道 (2005) 鉢花のマーケティング管理と技術対応に関する研究. 東京農試研報. 33: 65-138.
- 坪本良雄・藤井秀昭・長谷川新一 (1980) 水稻の出穂性に関する研究: 第7報 出穂促進の最小必要短日処理日数と好適温度の短日条件下における播種から出穂までの日数について. 日作紀. 49(別1): 183-184.
- 塚越 寛・伊東 正・塚原 温 (1993) 育苗中の短日と低温処理がイチゴ '女峰' の体内生理に及ぼす影響. 生物環境調節. 31(4): 223-229.
- 塚本洋太郎 (1970) 園芸植物の開花調節. p. 249. 誠文堂新光社, 東京.
- 植村猶行 (1994) ビジュアル園芸ブックス10 魅惑の花ベゴニア. ベゴニアのふるさとと野生種. pp. 8-13. 同朋舎出版, 京都.
- Vogelezang, J. V. M. (1990) Effect of root-zone and air temperature on flowering, growth and keeping quality of *Begonia* $\times$ *hiemalis* 'Toran'. Sci. Hort. 44: 135-147.
- 山口訓史・後藤丹十郎・小日置佳世子・大谷翔子 (2013) 日長, 補光強度, 遮光時期及び最低夜温がシュッコ

ンカスミソウ ‘アルタイル’ の形態異常花序発生に
及ぼす影響. 岡山大農学報. 102: 29-34.

米村浩次 (1993) 農業技術大系花卉編1. 生長・開花とそ
の調節. 日長反応と日長による制御. pp. 133-137.
農文協, 東京.

Yoshida, Y., E. Ozaki, K. Murakami and T. Goto
(2012) Flower induction in june-bearing straw-
berry by intermittent low temperature storage. J.
Japan. Soc. Hort. Sci. 81: 343-349.

Development of stable flowering and quality improvement of autumn cropping-type *Begonia* × *hiemalis* Fotsch. using night cold storage and intermittent low-temperature storage

Taku NAKAJIMA

Summary

This study investigated the effect of high summer temperatures on the flowering and growth of *Begonia* × *hiemalis* Fotsch., and studied the effect of night cold storage and intermittent low-temperature storage on stable flowering, aiming to improve the quality of the autumn cropping type from September to October, which is affected by high temperatures.

1. Using an incubator with a photosynthetic photon flux density (PPFD) of 110 - 120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ in the light period, we investigated the effect of light period temperatures of 27.5, 30.0, 32.5 and 35.0 °C in combination with dark period temperatures of 20.0 and 25.0 °C, assuming summer temperatures, on the flowering and growth of 'Netja Dark'. The plants died at the light period temperature of 35.0 °C, regardless of dark period temperatures. With a combination of light period temperatures of 27.5, 30.0 and 32.5 °C and dark period temperatures of 20.0 °C and 25.0 °C, a light period at 27.5 °C caused early flowering when combined with a dark period of 25.0 °C. With a light period of 30.0 °C, flowering occurred at the same time for both dark period temperatures. With a light period of 32.5 °C and a dark period of 20.0 °C, the plants bloomed early. The coefficient of variation in the number of flowering days was smaller at a dark period temperature of 20.0 °C than at 25.0 °C for all light period temperatures. The main stem length, the number of nodes on the main stem and the length of the first node with a flower cluster tended to increase as the temperature during the light period increased. On the other hand, when these investigation items were compared for the same light period temperature, the length of the first node with a flower cluster at a dark period temperature of 20.0 °C was shorter than at 25.0 °C. The dry matter weight of the plant (total of aerial part and underground part) became lighter as the light period temperature increased. There was no difference caused by variation in dark period temperature for the same light period temperature.

The changes in flower bud differentiation and development were examined at 32.5 °C (PPFD of 115 - 123 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$), where the number of flowering days at 20.0 °C was shorter than at 25.0 °C. A dark period at 25.0 °C resulted in a longer number of days until the floret primordia differentiated than at 20.0 °C, and there were large individual differences in development thereafter. From the above, it appears that the amount of assimilation was decreased, and that growth was suppressed at light period temperatures exceeding 27.5 °C. In addition, even for the same light period temperature, it appears that the distribution of the assimilated products changed, and flowering and growth changed when the dark period temperature was different. With a light period of 32.5 °C, flower bud differentiation and development were faster with a dark period at 20.0 °C than at 25.0 °C, and the number of flowering days was reduced.

2. The effects on flowering and growth of lowering the dark period temperature were investigated in a greenhouse cultivar, targeting the harvesting of flowers in October. In the experiments, the test variety was 'Netja Dark', and the greenhouse was cooled during the dark period to 20 °C over a period of about two months. In 2017, in which average light temperature remained below 30 °C throughout the cultivation period, flowering was delayed more by the cooling treatment than with the uncooled treatment. On the other hand, in 2018, during which the average temperature in the light period during the cultivation period remained above 30 °C, flowering was earlier with the cooling treatment than without. In both years, the internode length of the main stem with the cooling treatment became longer than with uncooled treatment. As a cooling method to cope with fluctuations in the light period temperature, we examined a treatment of cooling during the dark period at 20 °C only on days when the expected maximum temperature in the light period exceeded 30 °C. The varieties used were 'Batik', 'Belseva' and 'Netja Dark'. All three varieties flowered earlier than with the uncooled treatment, and the flowering date was the same as that with cooling at 20 °C during the dark period. In another test, I examined cooling treatment with 'Netja Dark' at 20 °C for the dark period only during short-day treatment (shading the entire cultivation space from 16:00 to 21:00 for 21 days). Consequently, the flowering date was the same as with the cooling treatment for about two months at 20 °C throughout the dark period, and the internodes were shortened more than with the uncooled treatment. Comparing the ratio of plant height and plant diameter to pot height, which are indicators of quality, between cooling treatment only during short-day treatment and uncooled treatment, the ratios were more appropriate with cooling treatment only during short-day treatment than with uncooled treatment.

From the above, when the temperature is high during the light period, cooling at 20 °C during the dark period seemed to cause earlier blooming than uncooled treatment. However, when the temperature is low during light periods, it appears to delay flowering. As a countermeasure to this, cooling in the dark period only on days with a high light period proved effective. The effect of promoting flowering was also obtained by cooling treatment only during short-day treatment, and this method appeared to improve plant height ratio and plant diameter ratio, and to improve quality compared to uncooled treatment.

3. We investigated the effect of intermittent low-temperature storage on flowering acceleration and growth of 'Netja'. 4D/4D×4 (processing of four-day refrigeration treatment at 10 °C in the dark followed by four days under greenhouse conditions, repeated for four cycles) decreased the number of first nodes with flower clusters and reduced plant height compared with that of the control plants grown under only greenhouse conditions. The timing of flowering of 4D/4D×4 was earlier than that of the greenhouse controls. We compared the effects of intermittent low-temperature storage and short-day treatment (conventional cultivation) on the growth, flowering, and plant profile of 'Netja' during forcing culture aiming to harvesting the flowers in mid-September and mid-October. Intermittent low-temperature storage was conducted using young potted plants, comprising four cycles of 4-day refrigeration at 10 °C in the dark, followed by 3 - 4 days under greenhouse conditions. Short-day treatment was conducted by shading the whole cultivation space from 15:00 to 19:15 for 14 days. When intermittent low-temperature storage and short-day treatment were applied about 2.5 and 1.5 months, respectively, before the targeted flowering time, the plants flowered successfully. The ratios of plant height and plant diameter to pot height were improved by intermittent low-temperature storage for both growth timeframes. On the other hand, intermittent low-temperature storage decreased the number of flower clusters compared to short-day treatment. As a method of minimizing the decrease in the number of flower clusters and maintaining short plant height and diameter, we examined the effect of combining the number of intermittent low-temperature storage times and the number of short-day treatments on flowering and growth of 'Batik', 'Louise' and 'Netja'. Young potted plants were subjected to an intermittent low-temperature storage regime of four cycles of 4-day refrigeration at 10 °C in the dark, followed by three days under greenhouse conditions. Short-day treatment was applied by shading the entire cultivation space from 15:00 to 19:15. Although the effect was not clear in 'Batik', the combination of two intermittent low-temperature storage periods and a short-day treatment period of 7 days resulted in flowering at the same time as the conventional short-day treatment-only

cultivation method. The plant height and plant width were reduced, and the decrease in the number of inflorescences was suppressed in 'Louis' and 'Netja'. From these results, we conclude that the use of intermittent low-temperature storage can control the regulation of flowering in the same way as short-day treatment and can improve the plant profile more than short-day treatment. It also appears that combination with short-day treatment can improve the plant profile while suppressing the decrease in the number of inflorescences.

This study clarified the flowering and growth response of *Begonia* $\times$ *hiemalis* Fotsch. to high temperatures, established a technology for counteracting high daytime temperatures using night cold storage or intermittent low-temperature storage, and determined the stability and quality of flowering in autumn-cropping types of Begonia.

編集委員長 鈴木 健 司
編集委員 栗 原 大 二
齊 藤 俊 一
黒 田 幸 浩
加 藤 正 広
戸 谷 智 明
横 山 と も 子
安 藤 利 夫
草 川 知 行
宇賀神七夕子
平 井 達 也
久 保 周 子
福 原 一 成
編集委員会事務局 海 老 原 克 介

千葉県農林総合研究センター特別報告 第9号
令和3年3月31日発行

発行所 千葉県農林総合研究センター
場 所 〒266-0014
千葉県緑区大金沢町 180 番地 1
電 話 (043)291-0151 (代表)

印 刷 株式会社 ハ シ ダ テ
住 所 〒261-0002
千葉県美浜区新港 1 1 6 - 1
電 話 (043)243-3311

「私的使用のための複製」や「引用」などの著作権法上認められた場合を除き、
本資料を無断で複製・転用することはできません。