

## 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研究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していただいた。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・ペ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°C、30°C、32.5°C及び35.0°Cと暗期温度20.0°C及び25.0°C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°Cでは暗期温度に関わらず株が枯死した。明期温度27.5°C、30°C及び32.5°Cと暗期温度20.0°C及び25.0°Cの組み合わせでは、明期27.5°Cでは暗期25.0°Cで早期に開花し、明期30.0°Cでは両暗期で同時期の開花となり、明期32.5°Cでは暗期20.0°Cで早期に開花した。また、いずれの明期温度におい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°Cでは、暗期20.0°Cは25.0°C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°Cで冷房したところ、明期平均気温が栽培期間を通して30°C未滿で推移した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°C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°C以上となる日のみ暗期を20°Cで冷房する方法を検討した。品種は「バティック」、「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°C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°C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°C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）を短日処理中のみを冷房処理と無冷房とで比較すると、短日処理中のみを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°C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

いても到花日数の変動係数は暗期20.0°Cが25.0°C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°Cは25.0°C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°Cの到花日数が25.0°Cよりも短くなった明期32.5°C（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°Cは20.0°C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°C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、短日処理中のみを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°C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°C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°C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

ったが、「ルイーズ」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（「ルイーズ」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 Hvoslef-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・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・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.
- Bergthoef, 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-fukyuu/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・ペ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・ペゴニア *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ペ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

- 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* × *hiemulis*. 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](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. 愛知農経試研報. 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* × *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* × *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* × *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* × *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](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（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](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](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
- &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](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.
- 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 覚・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* × *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 strawberry 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 × 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.