

電照処理とトンネル高温処理による ストックの開花調節・品質向上技術の開発

松本比呂起・宮本芳城・濱中大輝¹・島浩二

和歌山県農業試験場

**Regulation of Flowering Time and Improvement in Cut Flower Quality of Stock
(*Matthiola incana* (L.) R. Br.) Combining Night-break Treatment and Tunnel-covering Treatment**

Hiroki Matsumoto, Yoshiki Miyamoto, Daiki Hamanaka¹ and Koji Shima

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

ストック (*Matthiola incana* (L.) R. Br.) は南ヨーロッパを原産とするアブラナ科の花きで、低温開花性に優れ、暖地ではほとんど無加温で、寒冷地でも 5 程度の加温で栽培可能であることから (鷹見, 2009), 秋冬季の施設・露地品目として全国的に栽培が行われている。和歌山県では、生産者の高齢化のため生産量、生産面積ともに減少していたが (和歌山県, 2006), 燃油価格の高騰を契機に、加温設備を持たない軽装備の施設でも栽培可能な品目として再び注目されている。しかし、ストックは開花時期の年次変動が大きく、県内の主力品種であるアイアン系品種は、切り花品質が高いものの中生品種であることから、秋季が高温や寡日照開の年には夏播き作型の開花が大きく遅れ、需要期である年内にはほとんど出荷ができず、経営の不安定化や圃場利用率の低下につながっている。

ストックは花芽分化に低温が必要であり、一定以下の低温に遭遇することで低温要求量が満たされ、花芽分化が開始される。低温要求性の程度は品種の早晩性を支配する一因となっており (坂西・福住, 1968), 藤田ら (1978a) は無分枝系ストック品種の早晩性と花芽分化に必要な低温の関係性を精査し、早生品種で 18~20 以下、中生品種で 15~18 以下、晩生品種で 13~15 以下の低温を要求することを明らかにした。つまり、夏播き年内出荷作型における開花遅延は、秋季の低温不足による花芽分化の遅延が主たる原因であると考えられる。しかし、県内のストック栽培施設の多くは、冷房設備を持たないパイプハウスであるため、積極的な低温管理は困難であり、低コストで導入可能な開花調節技術の開発が求められている。

低温処理以外のストックの開花促進技術として、これまで植物成長調整剤と電照による開花促進が検討されてきた。ストックはジベレリン処理により開花促進されることが知られており (Lindstorm et al., 1957), 効果的なジベレリンの種類や処理濃度、処理回数等が検討されたが (藤田ら, 1978b), 普及には至らなかった。久松ら (2001) は、ストックの花芽分化には活性型ジベレリン (GA_4) が促進的に作用し、ジベレリン生合成阻害剤であるプロヘキサジオンカルシウム塩 (PCa) 処理により、植物体内の活性型ジベレリン含量が上昇し、花芽分化が促進されることが明らかにした。この成果を基に、植物成長調整剤

¹ 現在：日本貿易振興機構農林水産・食品部農林水産・食品事業推進課へ派遣

としてPCa水和剤(ビビフルフロアブル®)が登録された。アイアン系品種でも、8月上旬に播種し2回のPCa処理を行うことでほぼ全ての株が年内に採花することが可能となった(神田ら,2011)。しかしながら、PCa処理は、処理時期により開花促進効果に差があり、品種により処理適期の幅が異なることから(鷹見ら,2004)、適期の判断が難しく、年により効果があまりみられないという問題がある(種谷ら,2016)。

ストックは長日条件で開花が促進される量的長日植物であり、夜間電照による開花促進が可能である。開花に有効な光質については、赤色光の終夜照射は開花までの日数を長くし、逆に遠赤色光の終夜照射は開花までの日数を短くすることから(吉村ら,2002)、電照用光源として白熱電球や遠赤色蛍光灯の開花促進効果が高いとされている(吉村ら,2006)。また、遠赤色の単色光よりも赤色との混合光(赤色/遠赤色比0.15~0.7)の方が開花促進効果が高いという報告もある(宮前ら,2015)。電照による開花促進は、植物成長調整剤と異なり、栽培途中に照射時間等を変えることで開花促進効果の調整が可能であると推測されることから、開花促進に有効な照射条件を解明することで、より精度の高い開花促進技術として年内出荷の安定化を図ることができると考えられる。

一方、ストックは冬播き作型においては、夏播き作型と比べて切り花長が短くなり、切り花品質が低下するという問題がある。ストックの低温への感応は生育初期から始まっており、展開葉数2枚時には低温に感応することが報告されている(藤田,1979)。そのため、冬播き作型では、株が充実する前に低温要求量が満たされ、早期に花芽分化が開始されることで、切り花のボリューム低下が起こっていると考えられる。冬播き作型における品質低下を防ぐ試みとして、兵庫県や長野県ではトンネル被覆による高温処理(以下、トンネル高温処理)が検討されており、トンネル高温処理中は花芽分化が抑制され、処理日数が長いほど切り花長の伸長や節数の増加が起こること、4週以上の処理で品質向上効果が認められることが報告されている(宮本ら,2010;石上,2015)。一部地域では生産現場でのトンネル高温処理が行われており(石上,2015)、品質向上効果の高い処理条件を解明することで、低コストで導入可能な品質向上技術として県内産地への普及が見込まれると考えられる。

そこで、夏播き年内出荷作型においては、開花促進による年内出荷の安定化を図るべく、夜間電照処理方法が開花時期に及ぼす効果の検討を行うとともに、冬播き4~5月出荷作型においては、開花抑制による春先の切り花品質向上を図るべく、トンネル高温処理方法が切り花品質に及ぼす効果を検討した。そして、ストック栽培における圃場の利用効率を高めるため、これらふたつの技術を組み合わせて同一圃場における年二回作付体系(年内出荷作型+4~5月出荷作型)の実証を行った。

材料および方法

1. 夜間電照処理による年内出荷作型での開花促進効果

1) 播種時期および電照処理時間が生育・開花に及ぼす影響(実験1)

材料には'アイアンホワイト'を供試した。処理区は、播種時期3水準(2016年8月2日,8月12日,8月22日播種)と電照処理時間4水準(0~2時の2時間,0~3時の3時間,0~4時の4時間処理,電照無処理)を設定し、合わせて12処理区とした。1区あたり54株を供試し、無反復とした。

ミックスピートモス(Fafard Germination Mix, Sun Gro Horticulture)を充填した200穴セル成型トレイに1穴あたり2粒播種し、無加温のガラスハウスで管理した。発芽揃い後から八重鑑別を行い、定植までに一重咲と思われる株を取り除いた。実験は日最低温度が1℃以上となるよう加温したガラスハウスで行い、幅90cmのベッドに12cm・7目のフラワーネットを張り、1目あたり1株の6条植えとし

た。定植は播種 25 日後を目安とし、播種時期の順にそれぞれ 8 月 30 日、9 月 7 日、9 月 18 日に苗を移植した。基肥として固形肥料（JA 紀の里 4 号ペレット， $N_2-P_2O_5-K_2O=6-6-6$ ，片倉コープアグリ（株））を窒素量として 14.8kg/10a 施用し、追肥として定植 2 ヶ月後に固形肥料（JA 紀の里 4 号ペレット）を窒素量として 7.2kg/10a 施用した。

電照用の光源としては、導入コストが安く、赤色光と遠赤色光をおおよそ 4:6 の比率（赤色/遠赤色比 0.67）で含むことから（島，2014），白熱電球を利用した。白熱電球（38W，メトロ電気工業（株））を各処理区の中央に 1 球設置し、放射照度計（HD2102.2，プローブ LP471RRD，Delta OHM）により電球直下の地表面における放射照度が $0.37W/m^2$ となるように設置高を調節した。電照処理は本葉 15 枚展開時から開始し、各処理区の 75%以上の株が発蕾した時点で電照を終了した（表 1）。

表1 各処理区の電照開始日および終了日(実験1)

播種日 (定植日)	電照処理 時間	電照処理 開始日	電照処理 終了日
8月2日 (8月30日)	2時間	9月26日	11月18日
	3時間	9月26日	11月12日
	4時間	9月26日	11月10日
8月12日 (9月7日)	2時間	10月3日	11月24日
	3時間	10月3日	11月19日
	4時間	10月3日	11月13日
8月22日 (9月18日)	2時間	10月16日	12月21日
	3時間	10月16日	12月15日
	4時間	10月16日	12月11日

株ごとに発蕾日、開花日および切り花品質を調査した。発蕾日は肉眼により蕾が確認できた日とし、開花日は 4 輪開花を目安とした。

2) 電照処理時間および光強度が生育・開花に及ぼす影響（実験 2）

材料には‘アイアンホワイト’および‘アイアンチェリー’を供試した。処理区は、播種時期 2 水準（2018 年 8 月 2 日、8 月 12 日播種）と電照処理時間 2 水準（0~2 時の 2 時間、0~4 時の 4 時間処理）を設定し、対照区の PCa 処理区を合わせて 6 処理区とした。電照処理区は 1 区あたり $2.3m^2$ （54~57 株）、対照区は 18 株を供試し、それぞれ無反復とした。

育苗および定植方法は実験 1 と同様とし、播種時期の順にそれぞれ 8 月 28 日、9 月 7 日にベッドに苗を定植した。基肥として固形肥料（JA 紀の里 4 号ペレット， $N_2-P_2O_5-K_2O=6-6-6$ ，片倉コープアグリ（株））を $6-6-6kg/10a$ 緩効性肥料（IB 化成 S1 号， $N_2-P_2O_5-K_2O=10-10-10$ ，日本化成（株））を窒素量として $12kg/10a$ 施用し、追肥として定植 2~3 日後と 9~11 日後の 2 回液肥（OK-F-1， $N_2-P_2O_5-K_2O=15-8-17$ ，OAT アグリオ（株））を希釈して窒素量として $1.1kg/10a$ 施用した。

電照には、各電照処理区的一端に白熱電球（57W，メトロ電気工業（株））を設置し、放射照度計により試験区両端の地表面における放射照度が $0.15\sim0.75W/m^2$ となるように設置高を調節した。電照処理は‘アイアンホワイト’を基準として、本葉 15 枚展開時（それぞれ 9 月 23 日、10 月 1 日）から開始し、切り花調査終了まで継続した。

対照区の PCa 処理は、ピピフルフロアブルを 1,000 倍に希釈し、霧吹きで 1 区あたり 500ml を茎葉散布した。散布時期は、‘アイアンホワイト’を基準として、本葉 15 枚展開時（電照処理開始日と同日）とその 7~9 日後（それぞれ 10 月 1 日、10 月 10 日）の 2 回とした。

調査項目および調査方法は実験 1 と同様とした。

2. トンネル高温処理による 4~5 月出荷作型での品質向上効果

1) 昼夜温が生育・開花に及ぼす影響（実験 3）

材料には‘アイアンホワイト’を供試した。日長操作と遮光資材の展張により12時間日長条件とし、昼間の時間帯を5～17時、夜間の時間帯を17～5時として昼夜温を管理した。処理区は、昼夜温6処理区を設定した(表2)。1区あたり20株を供試し、無反復とした。

育苗方法は実験1と同様とし、2016年12月1日に播種し、育苗中はガラスハウスを日最低温度が15以上になるよう加温した。実験は硬質フィルムを展張したハウスで行い、ハウス内に長さ6m×幅90cm×高さ1.8mのミニ

表2 各処理区の昼間および夜間の温度管理方法(実験3)

処理区	昼間の温度管理(5～17時)		夜間の温度管理(17～5時)	
	ハウスサイド	温風暖房機	温風暖房機	電気温風機
高高温区	閉切り	25 加温	15 加温	25 加温
高中温区	閉切り	25 加温	15 加温	15 加温
高低温区	閉切り	25 加温	5 加温	5 加温
中高温区	開放	加温なし	15 加温	25 加温
中中温区	開放	加温なし	15 加温	15 加温
中低温区	開放	加温なし	5 加温	5 加温

ニハウスを設置した。ミニハウス内に、システムソイル102号(イワタニアグリグリーン(株))とパーライトL(三井金属鉱業(株))を混合した培土を詰めた長さ65cm×幅25cm×高さ18cmのプランターを4個並べ、2017年1月5日にプランターあたり5株ずつ苗を定植した。基肥として被覆複合肥料(エコロング413-100, N₂-P₂O₅-K₂O=14-11-13, ジェイカムアグリ(株))をプランターあたり15g施用し、追肥として液肥(OK-F-1)を300ppmに希釈して適宜施用した。

定植直後からミニハウスを厚さ0.05mmの透明ビニールフィルムでトンネル被覆し、温度処理を行った。温度処理は、ハウスサイドの開閉と温風暖房機(KA-205, ネボン(株))によるハウス全体の加温に加えて、ミニハウス内部に電気温風機(SF-1008A, 総和工業(株))を設置して加温を行うことで温度調節を行った。

株ごとに初期生育(処理開始4週間後の草丈、節数)、発蕾日、開花日および切り花品質を調査した。発蕾・開花の目安は実験1と同様とした。

2) 昼間のトンネル高温処理および夜温が生育・開花に及ぼす影響(実験4)

材料には‘アイアンホワイト’を供試した。処理区は、トンネル高温処理の有無2水準と夜間の加温の有無2水準を設定し、合わせて4処理区とした。1区あたり20株を供試し、無反復とした。

育苗・定植方法および肥培管理は実験3と同様とした。

トンネル高温処理区には、幅80cm×高さ1mのトンネルを設置して厚さ0.05mmの透明ビニールフィルムで被覆し、定植直後から昼間にトンネルを閉め切ることで高温処理を行った(処理時間帯は1月5日～2月28日まで7時～17時, 3月1日以降は6時30分～18時)。夜間の加温は温風暖房機で行い、設定温度を1月5日～2月28日までは5℃, 3月1日以降は8℃とした。

調査項目および調査方法は実験3と同様とした。

3) 播種時期とトンネル高温処理期間が生育・開花に及ぼす影響(実験5)

材料には‘アイアンホワイト’および‘アイアンマリン’を供試した。処理区は、播種時期3水準(2017年12月11日, 2018年1月10日, 2月13日播種)とトンネル高温処理期間4水準(本圃定植後2週間, 4週間, 6週間処理, トンネル高温処理なし)を設定し、合わせて12処理区とした。1区あたり24株を供試し、無反復とした。

育苗および定植方法は実験1と同様とし、育苗中はガラスハウスを日最低温度が15以上になるよう加温した。播種時期の順にそれぞれ1月10日, 2月13日, 3月14日にベッドに苗を定植した。基肥と

して固形肥料（JA 紀の里 4 号ペレット）を窒素量として 6kg/10a，緩効性肥料（IB 化成 S1 号）を窒素量として 12kg/10a 施用し，追肥は行わなかった．トンネル高温処理区には，幅 90cm，高さ 40cm のトンネルを設置し，厚さ 0.1mm の透明ビニールフィルムで被覆した．

調査項目および調査方法は実験 1 と同様とした．

3. 電照処理とトンネル高温処理を組み合わせた同一圃場年二回作付け体系の実証（実験 6）

材料には，年内出荷作型では‘アイアンホワイト’および‘アイアンチェリー’を，4～5 月出荷作型では‘アイアンホワイト’および‘アイアンマリン’を供試した．2 種類の定植方法（セル成型トレイからの移植栽培区，シーダーテープによる直播栽培区）を設定し，それぞれについて電照処理による年内開花作型とトンネル高温処理による 4～5 月出荷作型を連続して栽培し，同一圃場年二回作付け体系の実証を行った．実証はガラスハウス 1 棟で行い，各品種・定植方法につき 1 ベッドを供試した．各作型について，電照処理およびトンネル高温処理を行わない無処理区を設定した．1 区あたり 40 株を供試し，無反復とした．調査項目および調査方法は，実験 1 と同様の項目に加えて，4～5 月出荷作型では切り花を長さ 60～75cm の範囲で 5cm ごとに調整して調整長とし，それぞれの割合を算出した．

1) 年内出荷作型における電照処理効果の実証

移植栽培区では，育苗・定植方法は実験 1 と同様とし，2018 年 8 月 6 日に播種した．栽培は無加温のガラスハウスで行い，9 月 3 日に幅 90cm のベッドに定植した．基肥として固形肥料（JA 紀の里 4 号ペレット）を窒素量として 6kg/10a，緩効性肥料（IB 化成 S1 号）を窒素量として 12kg/10a 施用し，追肥は行わなかった．

直播栽培区では，移植栽培区と同一のガラスハウス内において，8 月 6 日に幅 90cm のベッドへ 6 条の溝を付け，その上にシーダーテープ（12cm 間隔で種子を 5 粒封入）を静置し，バーク堆肥で軽く覆土した．播種後には，実験 1 と同様に 12cm・7 目のフラワーネットを張った．発芽揃い後から八重鑑別を行い，本葉 4 枚展開時までフラワーネット 1 目あたり 1 株に間引いた．基肥および追肥は移植栽培区と同様とした．

電照には白熱電球（38W，メトロ電気工業（株））を 3m 間隔で設置し，放射照度計により電球直下の地表面における放射照度が $0.4\text{W}/\text{m}^2$ となるように設置高を調節した．電照処理は‘アイアンホワイト’を基準として，本葉 15 枚展開時から開始し，75%以上の株が発蕾した時点で電照を終了した．移植栽培区の電照処理期間は 10 月 1 日～10 月 31 日，直播栽培区の処理期間は 9 月 20 日～10 月 20 日であった．

2) 4～5 月出荷作型におけるトンネル高温処理効果の実証

移植栽培区では，育苗方法は実験 5 と同様とし，2018 年 12 月 17 日に播種した後，日最低温度が 15 以上になるよう加温したガラスハウスで管理した．2019 年 1 月 21 日に，幅 90cm のベッドへ移植するとともに幅 90cm，高さ 30cm のトンネルを設置し，トンネル高温処理を開始した．定植および施肥方法は年内出荷作型と同様とした．栽培中は日最低温度が 1.5 以上となるようガラスハウスを加温した．

直播栽培区では，移植栽培区と同一のガラスハウス内において，2019 年 1 月 10 日に幅 90cm のベッドへ 6 条の溝を付け，その上に上述のシーダーテープを静置し，バーク堆肥で軽く覆土した後，厚さ 0.1mm の透明ビニールフィルムをべた掛けした．発芽の揃った 1 月 28 日にべた掛けを除去して八重鑑別を行い 1 株に間引いた．その後すぐに，ベッドにフラワーネットとトンネルを設置し，トンネル高温処理を開始した．基肥および追肥は年内出荷作型と同様とした．

トンネルは厚さ0.1mmの透明ビニールフィルムで被覆しており、トンネル高温処理期間は移植または発芽揃い（べた掛け除去）後6週間とし、灌水時以外はトンネルを閉め切った。灌水は、温度低下を抑えるため晴天時の昼間に行った。トンネル高温処理期間は、移植栽培区では1月21日～3月4日、直播栽培区では1月28日～3月11日であった。

結果

1. 夜間電照処理による年内出荷作型での開花促進効果

1) 播種時期および電照処理時間が生育・開花に及ぼす影響（実験1）

いずれの播種日および電照処理時間においても、無処理区と比べて発蕾、開花は早まり、着花節位も低くなった（表3）。電照処理時間が長いほど発蕾、開花は早まったが、8月22日播種では他の播種時期と比べて電照による開花促進効果が低く、年内に開花に至った処理区は8月2日播種の3時間および4時間区、8月12日播種の4時間区の3処理区のみであった。

表3 播種時期および電照時間が‘アイアンホワイト’の開花に及ぼす影響

播種日 (定植日)	電照時間	発蕾日 (月/日)	開花日 (月/日)	開花始め (月/日)	開花終り (月/日)	発蕾日数 ^y (日)	到花日数 ^y (日)	着花節位 (節)
8月2日 (8月30日)	無処理	12/18	2/20	2/5	3/5	110.5 a ^z	174.8 a	86.8 a
	2時間	11/15	1/7	12/23	1/28	77.7 b	130.8 b	72.0 b
	3時間	11/10	12/24	12/11	1/4	72.6 bc	116.0 c	69.5 bc
	4時間	11/9	12/18	12/9	12/30	71.1 c	110.5 c	66.7 c
8月12日 (9月7日)	無処理	12/24	2/23	2/16	3/9	108.8 a	169.6 a	88.3 a
	2時間	11/20	1/9	12/25	2/10	74.3 b	125.0 b	71.3 b
	3時間	11/16	1/3	12/15	1/18	70.7 c	118.3 c	68.5 c
	4時間	11/12	12/20	12/11	1/3	66.0 d	104.6 d	64.9 d
8月22日 (9月18日)	無処理	12/31	2/28	2/22	3/7	104.1 a	163.2 a	77.3 a
	2時間	12/13	2/11	1/28	2/20	86.6 b	146.5 b	71.0 b
	3時間	12/9	2/4	1/25	2/20	82.5 bc	139.9 c	69.1 b
	4時間	12/8	1/29	1/14	2/10	81.1 c	133.0 d	69.8 b

z: 異なるアルファベット文字間にTukeyの検定により5%水準で有意差あり

y: 発蕾日数、到花日数は、それぞれ定植から発蕾、開花までの日数を表す

切り花長および茎長は、いずれの播種日および電照処理時間においても、無処理区と比べて短くなった（表4）。花穂長は、8月2日と22日播種の4時間区において、無処理区と比べて有意に短くなった。切り花重は、8月22日播種の2時間区を除いて、電照処理を行うことで、無処理区よりも有意に軽くなった。調整重は、いずれの播種日においても、

表4 播種時期および電照時間が‘アイアンホワイト’の生育に及ぼす影響

播種日 (定植日)	電照時間	切り花長 (cm)	茎長 ^y (cm)	切り花重 (g)	調整重 ^x (g)	茎径 (mm)	小花数 ^w (個)	花穂長 (cm)
8月2日 (8月30日)	無処理	101.7 a ^z	86.1 a	114.7 a	66.5 a	7.4 a	34.3 a	8.8 a
	2時間	88.5 b	74.1 b	88.9 b	63.7 ab	7.0 ab	33.3 ab	9.0 a
	3時間	86.0 b	73.1 b	89.4 b	62.5 ab	7.0 ab	30.2 bc	8.2 ab
	4時間	81.1 c	69.0 c	80.5 b	58.7 b	6.7 b	27.9 c	7.6 b
8月12日 (9月7日)	無処理	102.6 a	87.3 a	113.1 a	68.7 a	7.6 a	35.1 a	8.4 a
	2時間	91.4 b	77.7 b	95.7 b	66.6 ab	7.1 b	35.5 a	8.6 a
	3時間	86.0 c	72.9 c	86.8 bc	64.4 ab	6.8 b	33.5 ab	8.2 a
	4時間	80.9 d	68.9 d	80.2 c	61.0 b	6.8 b	31.3 b	7.9 a
8月22日 (9月18日)	無処理	98.4 a	83.5 a	110.0 a	68.3 a	7.6 a	36.4 a	8.7 a
	2時間	93.4 b	77.8 bc	103.1 ab	67.7 a	7.3 ab	34.2 a	9.0 a
	3時間	92.6 b	78.1 b	96.2 bc	64.2 ab	7.0 b	34.4 a	8.7 a
	4時間	89.5 c	75.4 c	91.0 c	61.0 b	7.0 b	33.6 a	7.7 b

z: 異なるアルファベット文字間にTukeyの検定により5%水準で有意差あり

y: 株元から最上位葉の着生位置までの長さ

x: 切り花を75cmに調整し、下から20cmの葉を取り除いた時の重さ

w: 肉眼で確認できる蕾を含めた数

2 時間区および 3 時間区が無処理区と同等であったのに対し、4 時間区では無処理区よりも軽くなった。茎径は、電照を行うことで細くなり、8 月 2 日播種の 2 時間および 3 時間区と 8 月 22 日播種の 2 時間区でのみ、無処理区と同等であった。小花数は、電照処理時間が長くなるほど減少する傾向にあり、8 月 2 日播種の 3 時間および 4 時間区と 8 月 12 日播種の 4 時間区では無処理区と比べて有意に少なくなったが、播種時期が遅いほど電照による影響は小さくなり、8 月 22 日播種ではいずれの電照処理時間においても、無処理区と同等となった。

2) 電照処理時間および光強度が生育・開花に及ぼす影響 (実験 2)

発蕾は、いずれの品種および播種時期においても、4 時間区で電照の光強度 (放射照度) が強くなるほど早くなった (図 1, 2)。4 時間区では、放射照度 $0.3 \sim 0.4 \text{ W/m}^2$ を境に発蕾日数の変化が緩やかになるという漸近指数的な変化を示したのに対し、2 時間区では放射照度が高くなっても発蕾日数は大きく変化しなかった。8 月 2 日播種では、いずれの品種とも、4 時間区が $0.2 \sim 0.25 \text{ W/m}^2$ の放射照度で対照区と同等の発蕾促進効果を示したのに対し、2 時間区では対照区よりも発蕾促進効果が低くなった (図 1)。8 月 12 日播種では、いずれの品種とも、4 時間区が $0.15 \sim 0.2 \text{ W/m}^2$ の放射照度で対照区と同等の発蕾促進効果を示したのに対し、2 時間区では約 $0.7 \sim 0.75 \text{ W/m}^2$ の放射照度で対照区と同等となった (図 2)。

また、8 月 2 日播種では、4 時間区が 0.25 W/m^2 以上の放射照度でいずれの品種とも 12 月中旬までに出荷可能であったのに対し、2 時間区では 0.6 W/m^2 以上の放射照度が必要であった。8 月 12 日播種では、4 時間区が 0.3 W/m^2 以上の放射照度でいずれの品種とも 12 月中旬までに出荷可能であったのに対し、2 時間区ではいずれの品種とも 12 月下旬～1 月中旬の開花となり、12 月中旬までにはほとんど出荷できなかった。

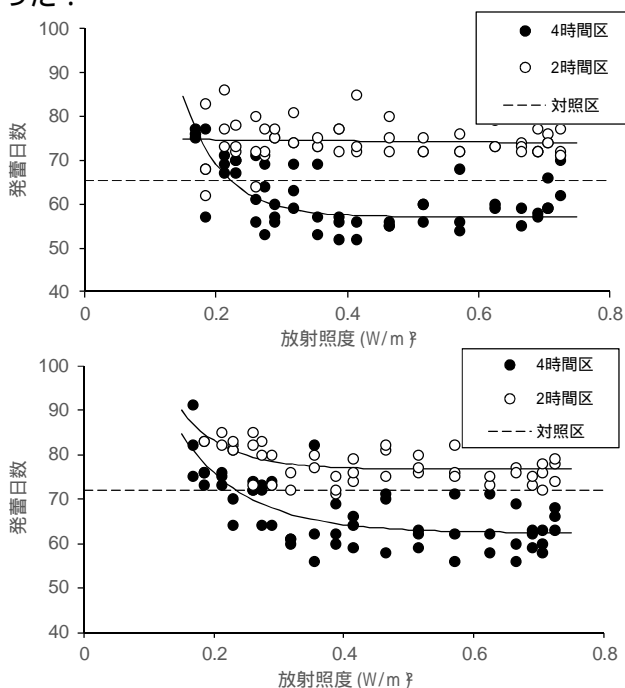


図 1 電照処理時間と光強度がストックの発蕾日数に及ぼす影響 (8 月 2 日播種)
 上図: 'アイアンホワイト'
 下図: 'アイアンチェリー'

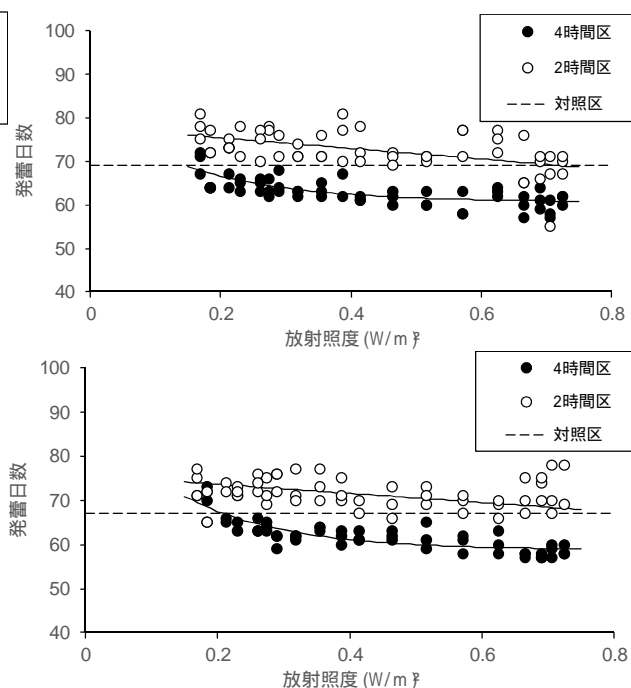


図 2 電照処理時間と光強度がストックの発蕾日数に及ぼす影響 (8 月 12 日播種)
 上図: 'アイアンホワイト'
 下図: 'アイアンチェリー'

着花節位は、いずれの品種、播種時期においても、電照の光強度が強くなるほど低くなり、2時間区、4時間区ともに漸近指数的または直線的な変化を示した(図3,4)。8月2日播種では、4時間区がいずれの品種とも0.3~0.4W/m²の放射照度で対照区と同等の着花節位となったのに対し、2時間区では常に対照区よりも着花節位が高くなった(図3)。8月12日播種でも同様の傾向で、4時間区が約0.5~0.6W/m²の放射照度で対照区と同等に、2時間区は常に対照区よりも高くなった(図4)。

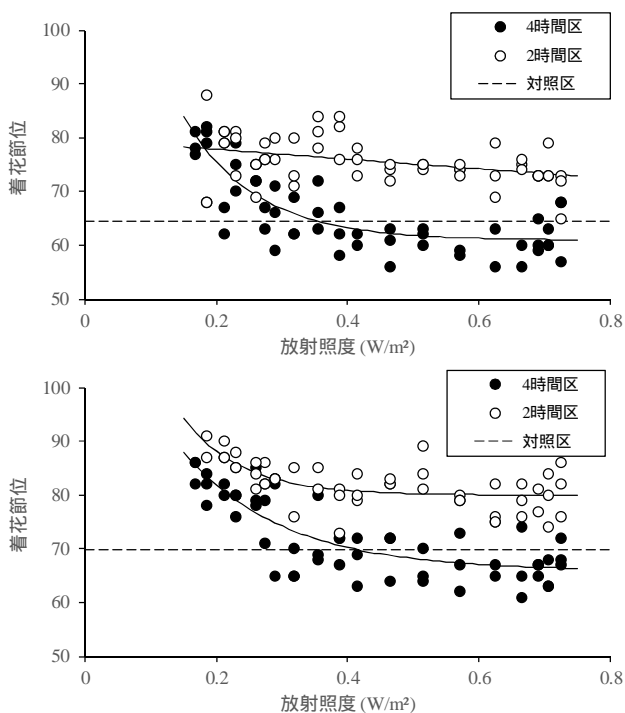


図3 電照処理時間と光強度がストックの着花節位に及ぼす影響(8月2日播種)
上図: 'アイアンホワイト'
下図: 'アイアンチェリー'

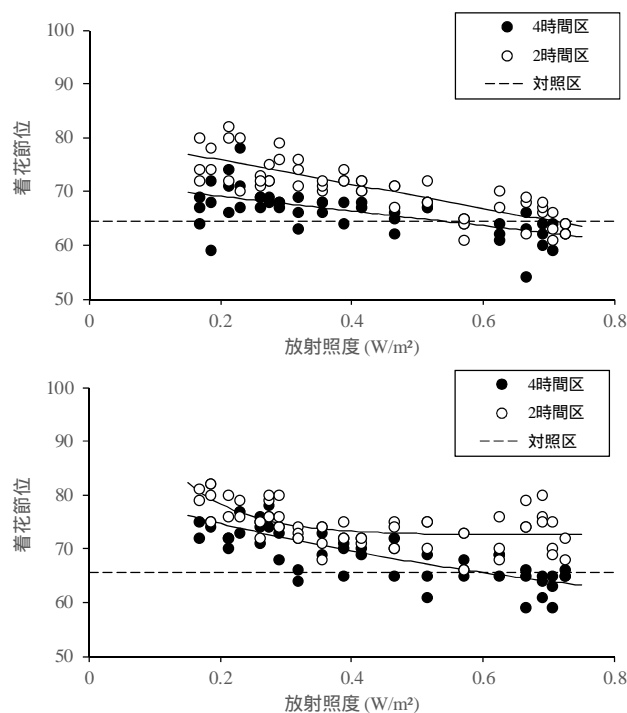


図4 電照処理時間と光強度がストックの着花節位に及ぼす影響(8月12日播種)
上図: 'アイアンホワイト'
下図: 'アイアンチェリー'

2. トンネル高温処理による4~5月出荷作型での品質向上効果

1) 昼夜温が生育・開花に及ぼす影響(実験3)

処理期間中の昼夜温は図5のように推移した。高低温区および中低温区では、隣接する処理区からの熱伝導により夜温が設定温度よりやや高くなったが、その他の処理区では、ほとんど設定温度の通りとなった。

生育初期の節数は、高高温区、高中温区および中高温区で最も多く、中低温区で最も少なくなり、昼夜を問わず栽培中の高温により節数増加が促進される傾向にあった(表5)。生育初期の草丈は、高高温区、高中温区および高低温区で最も高く、中中温区および中低温区で最も低くなり、昼間の高温により草丈伸長が促進される傾向にあった。

着花節位は、高高温区で最も高く、次いで高中温区、高低温区、中高温区および中中温区、中低温区の順となった(表6)。高高温区、高中温区はそれぞれ、低温により生育速度の低下した中低温区、中中温区と同時期まで開花が遅れ、中高温区で最も到花日数が短くなった。

切り花長および茎長は、高高温区において最も長く、次いで高中温区および高低温区、中中温区およ

び中低温区，中高温区の順となった（表7）．節間長は，中低温区で最も長く，次いで高低温区，中中温区，高中温区，高高温区，中高温区の順に短くなった．また，切り花重は，高高温区，高中温区，中中温区，中低温区で重く，中高温区で著しく軽くなった．

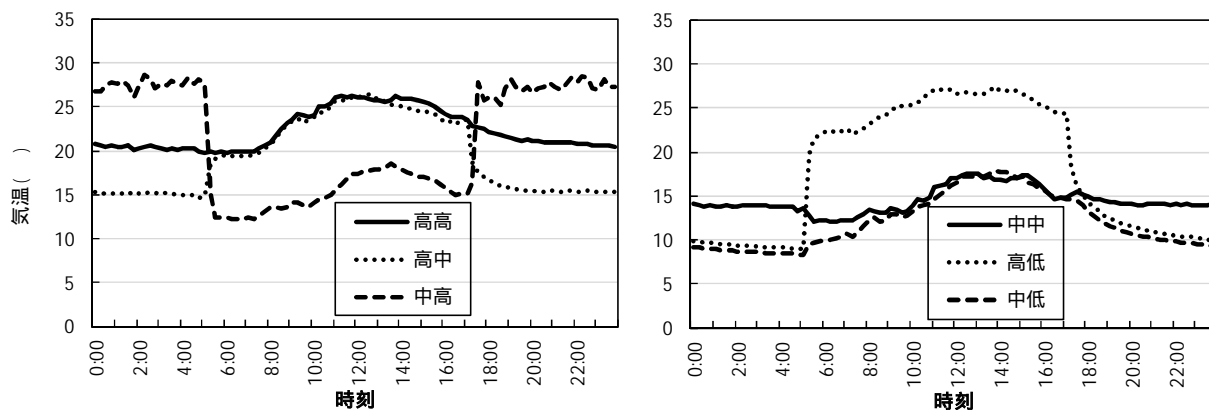


図5 各処理区における気温の推移（実験3）

30分ごとに測定した気温の処理期間中の全平均値

表5 昼夜温の組合せが‘アイアンホワイト’の初期生育に及ぼす影響

処理区	草丈 ^y (cm)	節数 ^y
高高温区	15.7 a ^z	27.4 a
高中温区	15.1 a	26.5 a
高低温区	14.9 a	22.4 b
中高温区	11.2 b	26.7 a
中中温区	8.6 c	20.8 b
中低温区	8.3 c	16.0 c

z: 異なるアルファベット文字間にTukeyの検定により5%水準で有意差あり

y: 草丈および節数は処理開始4週間後に測定

表6 昼夜温の組合せが‘アイアンホワイト’の開花に及ぼす影響

処理区	発蕾日 (月/日)	開花日 (月/日)	発蕾日数 ^y (日)	到花日数 ^y (日)	着花節位
高高温区	3/16	4/1	65.9 a ^z	81.4 a	87.4 a
高中温区	3/10	3/26	59.0 b	75.4 b	70.9 b
高低温区	3/2	3/20	51.6 c	69.7 c	53.5 c
中高温区	2/19	3/10	40.8 d	59.3 d	46.3 d
中中温区	3/2	3/24	51.6 c	73.6 b	44.7 d
中低温区	3/9	4/2	58.4 b	82.7 a	39.5 e

z: 異なるアルファベット文字間にTukeyの検定により5%水準で有意差あり

y: 発蕾日数，到花日数は，それぞれ定植から発蕾，開花までの日数を表す

表7 昼夜温の組合せが‘アイアンホワイト’の生育に及ぼす影響

処理区	切り花長 (cm)	茎長 ^y (cm)	切り花重 (g)	茎径 (mm)	節間長 ^x (mm)
高高温区	81.1 a ^z	67.9 a	116.7 a	7.7 b	7.8 e
高中温区	75.1 b	62.4 b	105.8 ab	7.9 ab	8.8 d
高低温区	73.0 b	58.5 c	95.0 b	7.8 b	11.0 b
中高温区	44.7 e	34.2 e	64.4 c	6.8 c	7.4 e
中中温区	54.6 d	43.4 d	102.8 ab	8.6 ab	9.7 c
中低温区	59.3 c	46.2 d	111.1 ab	8.2 ab	11.7 a

z: 異なるアルファベット文字間にTukeyの検定により5%水準で有意差あり

y: 茎長は，株元から最上位葉の着生位置までの長さを表す

x: 節間長は，茎長を着花節位で割って算出した値

2) 昼間のトンネル高温処理および夜温が生育・開花に及ぼす影響(実験4)

処理期間中の昼夜温は図6のように推移した。トンネル高温処理を行うことで、昼間の温度は4~7程度、夜間の温度は1~2程度高くなった。

生育初期の草丈および節数は、トンネル高温処理を行った両区で処理を行わなかった両区よりも多くなっており、昼間のトンネル高温生育により生育が促進された(表8)。

着花節位は、トンネル有+夜間加温区で最も高くなり、次いでトンネル有+夜間無加温区、トンネル無+夜間加温区、トンネル無+夜間無加温区の順となった(表9)。また、発蕾および開花は、トンネル有+夜間加温区が最も早く、次いでトンネル有+夜間無加温区、トンネル無+夜間加温区、トンネル無+夜間無加温区の順となった。

切り花長および茎長は、トンネル高温処理を行った両区で行わなかった両区よりも長くなり、夜間の加温処理の有無による差は認められなかった(表10)。節間長は、トンネル有+夜間無加温区で最も長く、次いでトンネル有+夜間加温区、トンネル高温処理を行わなかった両区の順となった。

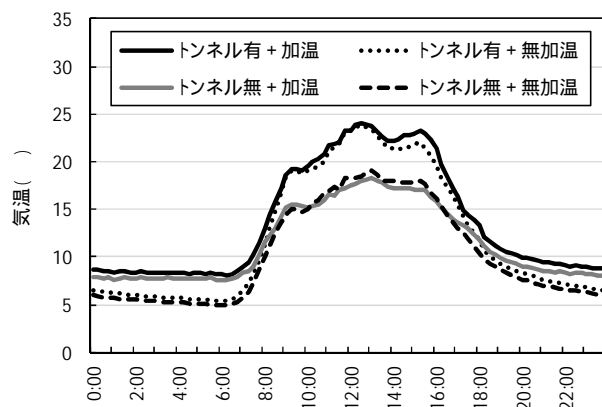


表8 昼間のトンネル高温処理と夜間加温処理の組合せが‘アイアンホワイト’の初期生育に及ぼす影響

処理区	草丈 ^y (cm)	節数 ^y
トンネル有+加温区	9.0 a ^z	15.8 a
トンネル有+無加温区	8.5 a	15.1 b
トンネル無+加温区	5.6 b	13.4 c
トンネル無+無加温区	5.7 b	12.2 d

z: 異なるアルファベット文字間にTukeyの検定により5%水準で有意差あり

y: 草丈および節数は処理開始4週間後に測定

図6 各処理区における気温の推移(実験4)

30分ごとに測定した気温の処理期間中の全平均値

表9 昼間のトンネル高温処理と夜間加温処理の組合せが‘アイアンホワイト’の開花に及ぼす影響

処理区	発蕾日 (月/日)	開花日 (月/日)	発蕾日数 ^y (日)	到花日数 ^y (日)	着花節位
トンネル有+加温区	3/5	3/29	54.1 a ^z	78.5 a	41.6 a
トンネル有+無加温区	3/8	4/1	57.4 b	81.8 b	39.4 b
トンネル無+加温区	3/12	4/4	61.5 c	84.4 c	38.6 bc
トンネル無+無加温区	3/16	4/8	65.2 d	88.1 d	37.9 c

z: 異なるアルファベット文字間にTukeyの検定により5%水準で有意差あり

y: 発蕾日数, 到花日数は, それぞれ定植から発蕾, 開花までの日数を表す

表10 昼間のトンネル高温処理と夜間加温処理の組合せが‘アイアンホワイト’の生育に及ぼす影響

処理区	切り花長 (cm)	茎長 ^y (cm)	切り花重 (g)	茎径 (mm)	節間長 ^x (mm)
トンネル有+加温区	69.3 a ^z	51.3 a	101.3 a	8.2 ab	12.3 b
トンネル有+無加温区	70.9 a	51.5 a	102.2 a	7.8 b	13.1 a
トンネル無+加温区	54.8 b	43.1 b	119.5 b	8.6 a	11.2 c
トンネル無+無加温区	57.4 b	44.6 b	124.6 b	8.4 a	11.8 bc

z: 異なるアルファベット文字間にTukeyの検定により5%水準で有意差あり

y: 茎長は, 株元から最上位葉の着生位置までの長さを表す

x: 節間長は, 茎長を着花節位で割って算出した値

3) 播種時期とトンネル高温処理期間が生育・開花に及ぼす影響（実験5）

12月播種では、いずれの品種ともトンネル高温処理期間による開花日の変動は少なく、6週間処理でも無処理区と比べて最大4日の遅れであった（表11）。一方、1月播種および2月播種では、いずれの品種ともトンネル高温処理期間が長くなるほど開花が遅れており、6週間処理では無処理区と比べて7～21日程度開花が遅れた。開花時期は、12月播種ではいずれの品種、処理区とも4月中旬に開花したのに対し、1月播種では4月末～5月上旬にかけて開花した。2月播種では、無処理区および2～4週間処理区が5月中旬～下旬にかけて開花したが、6週間処理区では開花が6月となり、4～5月中に出荷できなかった。

切り花長は、いずれの播種月においても、トンネル高温処理を行うことで、無処理区と比べて長くなっており、播種時期が遅くなるほど伸長効果が高い傾向にあった（表11）。特に、‘アイアンホワイト’では、1月播種の6週間処理区と2月播種の4週間および6週間処理区において、無処理区と比べて15cm以上切り花長が長くなり、上位等級にあたる70cm規格を上回った。花穂長は、‘アイアンマリン’の2週間処理区を除いて、1月播種において、トンネル高温処理を行うことで、無処理区と比べて長くなったが、2月播種では逆に無処理区と同等あるいは無処理区よりも短くなった。切り花重は、いずれの品種とも2月播種の6週間処理区を除いて、トンネル高温処理を行うことで、無処理区よりも重くなった。

表11 トンネル高温処理期間がストックの開花、生育に及ぼす影響

播種時期	品種	トンネル高温 処理期間	発蕾日 (月/日)	発蕾日数 ^z (日)	開花日 (月/日)	到花日数 ^z (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	茎径 (mm)	花穂長 (cm)	
12月	アイアンホワイト	無処理	4月1日	111	4月17日	127	49.1	72.6	9.0	7.6	
		2週間	3月31日	110	4月17日	127	55.7	91.2	10.5	8.6	
		4週間	3月31日	110	4月17日	127	55.0	83.8	9.2	7.9	
		6週間	3月31日	110	4月14日	124	58.7	81.4	9.7	8.2	
	アイアンマリン	無処理	3月29日	108	4月18日	128	55.6	88.6	9.4	8.2	
		2週間	3月29日	108	4月19日	129	58.6	93.1	9.7	8.3	
		4週間	3月29日	108	4月18日	128	60.0	103.3	10.3	8.5	
		6週間	3月24日	103	4月18日	128	64.8	96.2	10.0	7.7	
	1月	アイアンホワイト	無処理	4月13日	93	5月1日	112	57.1	94.1	11.0	7.5
			2週間	4月14日	94	4月30日	110	62.7	104.0	12.0	7.9
			4週間	4月14日	94	5月2日	113	63.9	107.2	10.5	7.9
			6週間	4月21日	101	5月8日	119	77.0	134.1	11.0	8.4
アイアンマリン		無処理	4月13日	93	4月30日	110	59.3	93.7	11.1	7.4	
		2週間	4月12日	92	5月9日	112	62.4	94.2	10.8	7.3	
		4週間	4月15日	95	5月2日	113	67.9	114.8	11.9	7.7	
		6週間	4月20日	100	5月9日	120	64.8	96.2	10.0	7.7	
2月		アイアンホワイト	無処理	4月24日	70	5月11日	87	57.2	84.2	10.8	7.2
			2週間	4月28日	74	5月14日	90	65.5	99.4	11.2	7.2
			4週間	5月7日	83	5月24日	100	73.1	91.2	10.4	7.0
			6週間	5月17日	93	6月1日	108	77.1	85.4	9.5	7.0
	アイアンマリン	無処理	4月24日	70	5月12日	88	62.1	94.0	11.3	7.5	
		2週間	4月26日	72	5月15日	91	65.2	98.3	11.2	7.2	
		4週間	5月5日	81	5月24日	100	74.1	107.6	11.0	7.5	
		6週間	5月17日	93	6月2日	109	75.9	94.2	9.8	7.1	

z: 発蕾日数、到花日数は、それぞれ定植から発蕾、開花までの日数を表す

3. 電照処理とトンネル高温処理を組み合わせた同一圃場年二回作付け体系の実証（実験6）

1) 年内出荷作型における電照処理効果の実証

いずれの品種および定植方法においても、無処理区は1月中旬～2月上旬にかけて開花し、年内にはほとんど開花しなかった（図8）。いずれの品種とも電照処理を行うことで、直播栽培区では11月中旬に、移植栽培区では12月中旬に開花し、年内開花率は90～100%であった（図7, 8）。

切り花長は、いずれの品種および定植方法においても、電照処理を行うことで、無処理区と比べて短くなったが、最上位階級にあたる75cm規格を上回った（表12）。調整重は、いずれの品種および定植方法においても、電照処理区は無処理区と同等であった。花穂長および茎径は、いずれの品種および定植方法においても、電照処理を行うことで無処理区よりも小さい値となった。

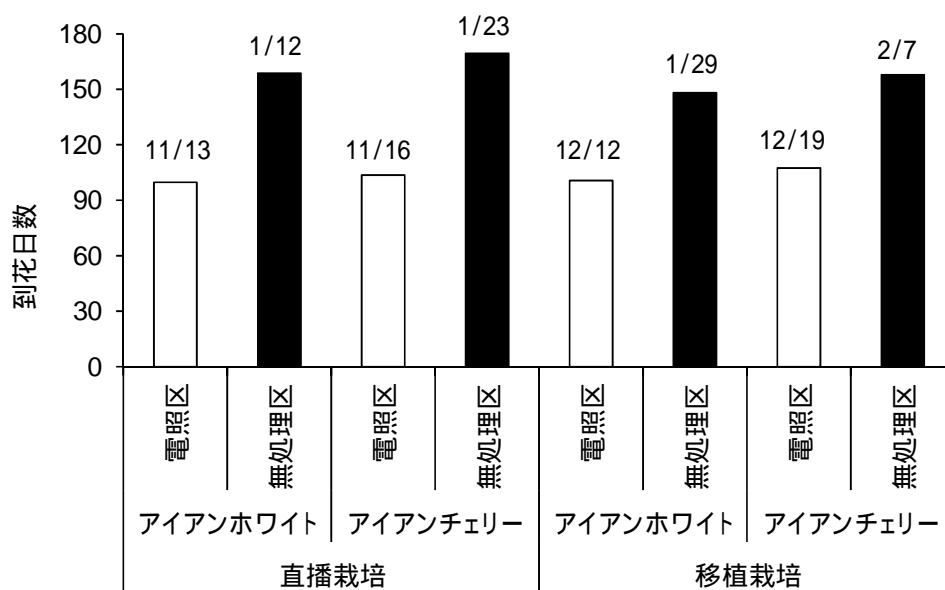


図7 年内出荷作型における定植方法と電照処理がストックの開花に及ぼす影響

図中の日付は平均開花日を表す

到花日数は本圃定植から開花までの日数を表す

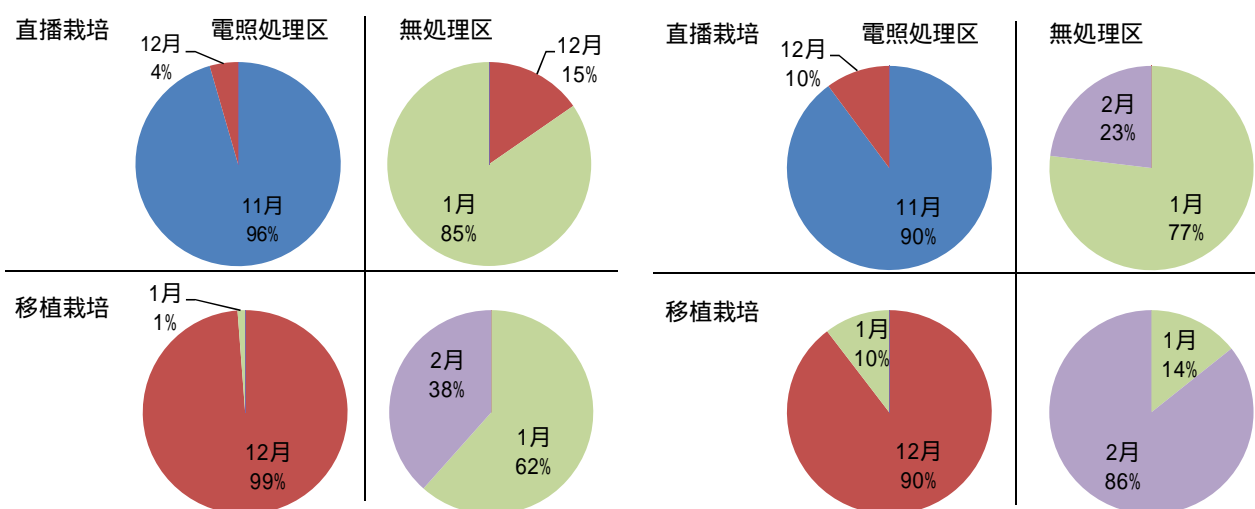


図8 年内出荷作型における定植方法と電照処理がストックの月別開花率に及ぼす影響

左図：‘アイアンホワイト’，右図：‘アイアンチェリー’

表12 年内出荷作型における定植方法与電照処理がストックの生育に及ぼす影響

定植方法	品種	処理区	切花長 (cm)	切花重 (g)	着花 節位	調整重 ^z (g)	茎径 (mm)	花穂長 (cm)
直播栽培	アイアンホワイト	電照区	78.3	110.6	61.2	88.8	7.4	8.4
		無処理区	106.4	152.0	85.8	82.2	9.0	11.2
	アイアンチェリー	電照区	81.1	110.9	62.8	82.3	7.4	8.3
		無処理区	115.8	159.9	88.4	77.2	9.3	9.8
移植栽培	アイアンホワイト	電照区	85.7	113.1	61.3	79.3	8.0	8.3
		無処理区	104.1	138.3	76.8	78.8	9.2	11.4
	アイアンチェリー	電照区	89.4	124.4	63.2	78.6	8.7	8.2
		無処理区	110.5	154.6	79.9	74.0	9.6	10.0

z: 調整重は切り花を75cmに調整し, 下から20cmの葉を取り除いたときの重さを表す

2) 4~5月出荷作型におけるトンネル高温処理効果の実証

いずれの定植方法においても, トンネル高温処理を行うことで, 'アイアンホワイト'で5~10日, 'アイアンマリン'で3~4日程度, 対照区と比べて開花が遅くなった(図9)。開花時期は, 対照区が4月中旬~下旬開花であったのに対し, トンネル高温処理区では4月下旬~5月上旬開花であった。

切り花長は, いずれの品種および定植方法においても, トンネル高温処理を行うことで, 対照区と比べて長くなった(表13)。調整重も, 切り花重と同様に, トンネル高温処理を行うことで, 対照区と比べて重くなった。茎径は, いずれの品種および定植方法においても, トンネル高温処理を行うことで無処理区よりも小さい値となった。

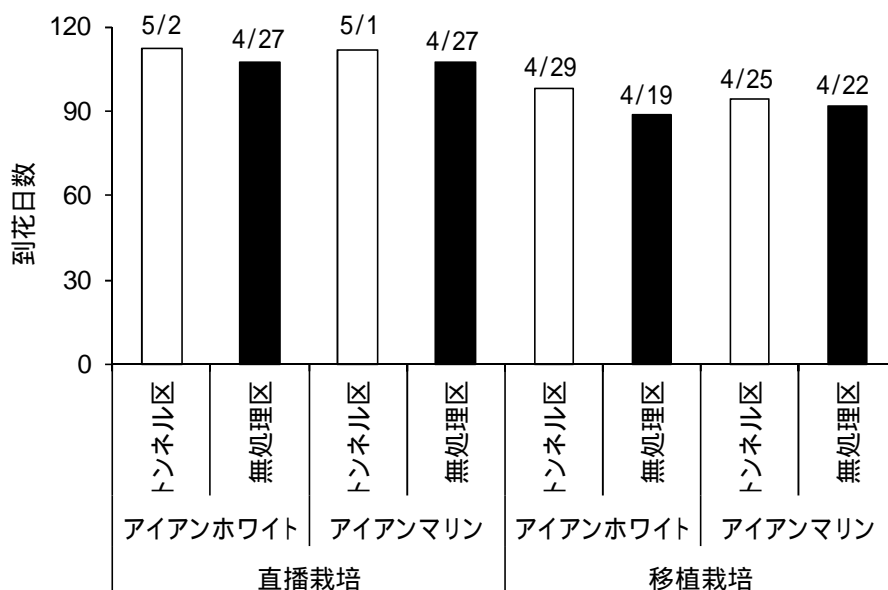


図9 4~5月出荷作型における定植方法与トンネル高温処理がストックの開花に及ぼす影響

図中の日付は平均開花日を表す

到花日数は本圃定植から開花までの日数を表す

表13 4～5月出荷作型における定植方法とトンネル高温処理がストックの生育に及ぼす影響

定植方法	品種	処理区	切花長 (cm)	切花重 (g)	着花 節位	茎径 (mm)	花穂長 (cm)	調整長の内訳(%)			
								75cm	70cm	65cm	60cm
直播栽培	アイアンホワイト	トンネル区	68.3	103.4	45.7	7.7	7.1	0	5	95	0
		無処理区	63.1	98.5	40.4	8.2	7.2	0	0	0	100
	アイアンマリン	トンネル区	73.2	116.8	46.5	7.8	7.3	2	98	0	0
		無処理区	66.1	104.7	41.0	8.2	7.0	0	0	39	61
移植栽培	アイアンホワイト	トンネル区	70.1	107.8	47.8	7.7	7.2	1	37	62	0
		無処理区	65.0	97.0	41.7	8.4	7.9	0	0	20	80
	アイアンマリン	トンネル区	74.2	121.8	51.1	8.4	7.1	22	78	0	0
		無処理区	67.5	106.0	43.3	8.5	7.7	0	11	67	22

考 察

1. 夜間電照処理による年内出荷作型での開花促進効果

県内の主要品種である中生のアイアン系品種を材料に、年内出荷の安定化を図るべく、夏播き年内出荷作型において、白熱電球を利用した開花促進効果の高い夜間電照処理法を検討した。まず、実験1では、一定の光強度（放射照度 $0.37\text{W}/\text{m}^2$ ）の条件下において、品質低下を起さずに年内出荷を安定させられる作型と照射時間を解明する目的で、播種時期と電照処理時間が生育・開花に及ぼす影響を検討した。その結果、電照処理時間が長くなるほど、発蕾・到花日数は段階的に短縮され、逆に切り花長や花穂長といった切り花品質は段階的に低下した。そのため、切り花品質の低下を抑えながら年内出荷を行うには、8月上旬に播種し、本葉15葉展開時から発蕾まで、深夜3時間の電照処理を施すのが適当であることが明らかとなった。続いて、実験2では、作型と照射時間に加えて、光強度（放射照度）が生育・開花に及ぼす影響を検討した。その結果、8月上旬播種では、照射時間を長くした場合でも、放射照度 $0.4\text{W}/\text{m}^2$ 以上の放射照度では開花促進効果の向上はあまり認められず、深夜4時間電照の条件では放射照度 $0.2\text{W}/\text{m}^2$ 程度の放射照度でPCa処理と同等の発蕾促進効果が得られることが明らかとなった。実験1の結果より、深夜2～4時間照射の範囲では、電照の照射時間の増加に伴い、段階的に発蕾促進効果が高くなっていったことから、深夜3時間照射の発蕾促進効果を2時間照射と4時間照射の中間程度と仮定すると、いずれの品種および播種時期とも、深夜3時間照射の場合、放射照度 $0.3\sim 0.4\text{W}/\text{m}^2$ でPCa処理と同等の発蕾促進効果が得られると推定された。また、実験2において、発蕾日数および着花節位について、電照4時間処理がPCa処理と同等となる放射照度を比べると、いずれの品種および播種時期とも発蕾日の方がより低い放射照度で同等となった。着花節位は生育段階における花芽分化の時期を表しており、発蕾日は分化した花芽が発達し肉眼的に確認できた時期を表す。発蕾日の方がより低い放射照度しか必要としなかったことから、PCa処理が花芽分化のみを促進し以後の花芽発達にあまり影響しなかったのに対し、電照処理は花芽分化だけではなく以降の花芽発達にも促進的な効果を及ぼしていることが示唆された。そのため、電照処理による開花促進効果は、発蕾までの処理で効果が十分でない場合には、発蕾後も電照処理を継続するなどして、開花促進効果の調節が可能であると考えられた。ただし、電照処理期間を長くした場合、開花促進効果が高まると同時に、切り花品質の低下が起る可能性があるため、花芽発達の進行度を確認しながら適切な時期に電照処理を終了できるよう注意する必要がある。

ストックはモデル植物であるシロイヌナズナと同じアブラナ科の量的長日植物に分類され、その花成誘導メカニズムも類似したものであることが推測される。シロイヌナズナでは、変異体の解析により複数種のフィトクロムが花成誘導に関与することが明らかになっており、フィトクロムAは日長に感応し

て開花促進的に、フィトクロム B, D, E は開花抑制的に働いていることが知られている (Reed et al., 1994; Franklin et al., 2003). フィトクロムは赤色・遠赤色光をシグナルとして活性型・不活性型が可逆的に変換される性質があり (Sager et al., 1988), この可逆反応は低光量反応に分類され、飽和光量でのフィトクロムの平衡状態は光の波長に依存する (樋口, 2014). そのため、実験 2 で示されたように、ストックの発蕾・到花日数の変化は、弱光条件下では単調減少し、一定以上の光量で飽和する漸近指数的な変化を示したものと考えられた。

本実験では、導入コストや光質の点から白熱電球を用いて、電照による開花促進技術の開発を行った。ただ、これまで市販光源としての開発があまり進んでいなかった遠赤色 LED でも、白熱電球の 2 倍の照射範囲を有する製品がストックの開花促進用光源として開発されており (岸本ら, 2013), 他産地では収穫期前進や労力分散を狙って遠赤色 LED を導入する動きがみられることから (満田, 2017), 今後は遠赤色 LED の利用についても、検討を進める必要があるものと考えられる。

本実験の目的とした、年内出荷の安定化を図るような開花促進技術を構築するためには、花芽分化に不適当な気象条件下においても十分な開花促進効果が得られることを示す必要がある。実験 1 を行った 2016 年の気象条件をみると、10 月下旬まで高温寡日照条件が続いており、ストックの開花遅延が非常に起こりやすい条件の年であったといえる。実際に、大阪鶴見花き地方卸売市場 (2015~2019) におけるストックの取扱数量を比較すると、2016 年の 11~12 月の数量は過去 5 年間の中で最低値を記録しており、5 ヶ年平均の 64% 程度に低迷していた。このことから、今回開発した電照処理法は、花芽分化に不適当な気象条件下においても、安定した開花促進効果が得られるものであると考えられる。

2. トンネル高温処理による 4~5 月出荷作型での品質向上効果

春先の切り花品質の向上を図るべく、冬播き 4~5 月出荷作型において、開花抑制および品質向上効果の高いトンネル高温処理法を検討した。まず、実験 3 では、ストックの花芽分化抑制および品質向上に昼夜どちらの温度がより影響するのかを解明するため、トンネル被覆中の昼夜温が生育・開花に及ぼす影響を検討した。その結果、高温条件で花芽分化が抑制され着花節位が高くなるとともに、初期の草丈身長が促進されることが明らかとなった。また、節間長は、生育期間を通じて、昼間と夜間の温度差が大きくなることで促進されており、昼夜温度差 (DIF) が節間伸長を促進していると考えられた。続いて、実験 4 では、トンネル高温処理と加温処理の品質向上効果を比較するため、昼間のトンネル高温処理と夜間の加温が生育・開花に及ぼす影響を検討した。その結果、昼間のトンネル高温処理により初期生育の促進や花芽分化の抑制が起こるほか、昼間のトンネル高温処理と夜間の低温との温度差により最も節間伸長が促進されることで切り花長が増加するものと考えられた。これらの結果から、冬播き作型において切り花品質の向上を図るには、トンネル被覆による昼間の高温処理が効果的であり、夜間の積極的な加温は必要ないと考えられた。DIF は「昼温 (明期の温度) - 夜温 (暗期の温度)」で定義され、様々な植物種で昼温が夜温よりも高い +DIF 処理による茎伸長効果が報告されている (腰岡・Moe, 1999)。ストックでも、極早生品種「早麗」において、+DIF 処理により生育初期から草丈や節間の伸長が促進されるほか、生育途中で -DIF から +DIF に変更することで伸長速度が急速に回復し、初期生育の遅れが取り戻されることが報告されており (Ito et al., 1997a, 1997b), 今回の実験に使用した中生のアイアン系品種でも同様に、トンネル高温処理により +DIF の条件が作り出され、温度差で伸長が促進されたものと考えられた。そして、実験 5 では、切り花品質向上効果の高いトンネル高温処理方法と作型を解明するため、播種時期とトンネル高温処理期間が生育・開花に及ぼす影響について検討を行った。その結果、最も切り花品質を高めて 4~5 月に出荷するには、1 月に播種し、定植直後から 6 週間トンネル高

温処理を施すことで、最も切り花品質向上を図ることができた。

3. 電照処理とトンネル高温処理を組み合わせた同一圃場年二回作付け体系の実証

実験6では、電照処理による開花促進効果とトンネル高温処理による切り花品質向上効果を活用し、ストックの圃場利用効率を高める目的で、電照処理による夏播き年内出荷作型とトンネル高温処理による冬播き4~5月出荷作型を組み合わせた、ストックの同一圃場年二回作付け体系の実証を行った。その結果、年内出荷作型では、電照処理により移植栽培、直播栽培ともに、切り花品質の低下を抑えながらほぼ全ての株を年内に採花することができ、収穫終了から次の作付けまでに十分な作業日数が確保できた。4~5月出荷作型では、トンネル高温処理により移植栽培、直播栽培ともに、切り花品質を向上させながら4月下旬~5月上旬に出荷することができ、同一圃場年二回作付け体系を実証できた。

年内出荷作型では、実験の条件を揃えるため、移植栽培区、直播栽培区ともに8月上旬播種としたが、移植栽培区と比べて、直播栽培区では1ヶ月程度開花が早く、切り花長と茎径がやや小さくなった。移植栽培においては、切り花品質の低下を抑えながら安定的に年内出荷するために、8月上旬に播種し電照による開花促進を行うことが最も適当であったが、直播栽培においては、播種時期を少し遅らせて8月中旬とするのが適当であると推測された。

4~5月出荷作型では、前作の終了後連続的に作付けを行うことを想定し、移植栽培区では12月中旬に播種を行ったが、播種時期と年内出荷作型の採花時期が重複してしまい、作業が繁忙となることが懸念される。また、移植栽培区、直播栽培区ともに、トンネル高温処理により切り花長や切り花重が向上したものの、最上位規格である75cm規格まで伸長する株の割合が低かった。トンネル高温処理による品質向上効果が最も高いのは1月播種、2月定植の作型であり、今回の実証では両区とも1月に定植を行ったため、品質向上効果がやや低下したものと推測された。また、2月定植とすることにより、さらなる品質向上が期待されることに加えて、移植栽培では、年内出荷が終わってからの播種となるため、栽培期間の重複がなく、作業の繁忙を抑えられるという利点もあると考えられた。

4. 電照処理およびトンネル高温処理の導入にかかる経営試算

電照処理とトンネル高温処理を組み合わせた同一圃場二回作付け体系には、生産安定化や品質向上といった利点がある一方で、電照設備やトンネル資材等への投資が必要となる。そこで、最後に、同一圃場二回作付け体系の普及に資する目的で、電照処理およびトンネル高温処理を利用した二回作付け体系の経営試算を行いたい。経営試算の作成にあたり、作付けを行う施設は既に電気契約を行っているものとし、収穫本数は3万本/10aとした。ストックの切り花単価については平成26~30年度の大府鶴見花き市場年報を、販売手数料等については和歌山県の発行する農業経営モデル指標を参照した。まずは、電照処理とトンネル高温処理の経費を計算すると、表14のようになった。イニシャルコストは資材等を合わせて約37万円/10a、ランニングコストは電気使用量が年間約7,700円/10aとなった。続いて、電照処理による増収効果を計算すると、過去5ヶ年における12月と1月の切り花単価の差が13円/本、販売手数料が13%なので、電照処理により年内出荷の割合が50%から100%に向上した場合、約17万円/10aの増収になると考えられた。トンネル高温処理による増収効果は、70cm規格と60cm規格の単価差が12円/本、販売手数料が13%なので、トンネル高温処理により70cm規格の割合が0%から70%に向上した場合、約22万円/10aの増収になると考えられた。これらの数値を比較すると、電照処理およびトンネル高温処理を利用した二回作付け体系の増収効果は導入コストを上回っており、1年でコストの回収が可能であると考えられた。

表14 ストックの同一圃場年二回作付体系の導入にかかる10aあたりコスト試算

項目	数量	単価	総額
夏播き年内出荷作型(電照処理)			
白熱電球(40W)	200球	150円/球	30,000円
被覆ケーブル	700m	7,500円/100m	52,500円
電球ソケット	200個	350円/個	70,000円
コードコネクタ	30個	250円/個	7,500円
電気代(8kWh×3時間×30日間) ^z	720kWh	10.7円/kWh	7,704円
冬播き4~5月出荷作型(トンネル高温処理)			
ビニール	600m	21,000円/100m	126,000円
支柱	625本	180円/本	112,500円

z: 関西電力で時間帯別電灯を契約し、夜間時間で電力を使用した場合

摘要

本県におけるストックの生産安定化および品質向上を図るため、夏播き年内出荷作型において夜間電照処理が開花時期に及ぼす効果を検討するとともに、冬播き4~5月出荷作型においてトンネル高温処理が切り花品質に及ぼす効果を検討した。また、これらの二つの技術を組み合わせた同一圃場におけるストックの年二回作付体系による圃場利用効率向上の実証を行った。

1. 夏播き年内出荷作型において、8月上旬に播種し、本葉15枚展開時~発蕾まで白熱電球により、放射照度0.4 W/m²で深夜3時間の電照処理を行うことで、開花が促進され、切り花品質の低下を抑えながら安定的に年内に開花させることができた。
2. 冬播き4~5月出荷作型において、1月上旬に播種し、定植直後から6週間のトンネル高温処理を行うことで、生育が促進され、最も切り花品質を向上させることができた。
3. 電照処理技術とトンネル高温処理技術を組み合わせることで、同一圃場において年内出荷作型と4~5月出荷作型を連続して行う二回作付体系を構築できることを実証した。
4. 電照とトンネルの導入にかかる費用は約38万円/10a、電照処理による生産安定化およびトンネル高温処理による品質向上に伴う増収効果は約39万円/10aであり、これらの技術を利用した同一圃場二回作付体系のコストは1年で回収可能であると考えられた。

引用文献

- Franklin, K.A., U. Praekelt, W. M. Stoddart, E. Billingham, K. J. Halliday and G. C. Whitlam. 2003. Phytochrome B, D, and E act redundantly to control multiple physiological responses in Arabidopsis. Plant. Physiol. 131: 1340-1346.
- 藤田政良・西谷年生. 1978a. ストックの作付体系に関する研究(第3報)無分枝系品種における開花の早晚と低温および中温に対する開花反応. 園学雑. 47: 217-226.
- 藤田政良・西谷年生. 1978b. ストックの作付体系に関する研究(第4報)ジベレリン処理が無分枝系品種の生育, 開花に及ぼす影響. 和歌山県農試研報. 6: 19-26.
- 藤田政良. 1979. ストックの作付体系に関する研究(第6報)若齢期の低温処理が花芽分化, 開花に及ぼす影響. 園学雑. 48: 327-335.

- 樋口洋平．2014．1章 植物の成長・開花と光応答．2 光受容体．pp.30-36．電照栽培の基礎と実践．誠文堂新光社．東京．
- 久松完・腰岡政二．2001．ストックの生育・開花とジベレリン．植物の生長調節．36：85-90．
- 石上佳次．2015．春季出荷ストックの温室内トンネル処理による切り花伸長と開花期延長．ひょうごの農林水産技術 農業編．191：7．
- Ito, A., T. Hisamatsu, N. Soichi, M. Nonaka, M. Amano and M. Koshioka . 1997a . Effect of diurnal temperatures alternations on the growth of annual flowers at the nursery stage . J. Japan. Soc. Hort. Sci . 65 : 809-816 .
- Ito, A., T. Hisamatsu, N. Soichi, M. Nonaka, M. Amano and M. Koshioka . 1997b . Effect of diurnal fluctuations of day and night temperatures at the seedling stage on the subsequent growth of flowering annual . J. Japan. Soc. Hort. Sci . 65 : 817-823 .
- 神田美知枝・種谷光泰・青木孝一．2011．プロヘキサジオンカルシウム処理によるストック・アイアン系品種における開花促進技術．千葉県農林総研研報．3：67-71．
- 加藤正浩・岸本真幸・前田香那子・山田真・石渡正紀・住友克彦・久松完．2009．明期終了時の短時間赤色光照射が各種花壇苗および切り花ストックの生育に及ぼす影響．園学研．8（別2）：324．
- 岸本真幸・米澤朗・山本圭介・保本正美・田中章人・谷口浩章．2013．新たに開発した広照射 LED-FR 照明がストック・トルコギキョウの生育に及ぼす影響．園学研．11（別2）：220．
- 腰岡政二・R. Moe . 1999 . 施設園芸作物の形態に及ぼす温度周期の影響．植物の化学調節．34：66-74．
- Lindstorm, R. S., S. H. Wittwer and M. J. Bukovac. 1957. Gibberellin and higher plants: IV. Flowering responses of some flower crops. Mich. Agr. Exp. Sta. Quart. Bull. 39: 673-681.
- 満田祥平．2017．遠赤色 LED を利用したストックの開花促進．ひょうごの農林水産技術 農業編．197：12．
- 宮前治加・島浩二・西谷年生・山田真・石橋正紀・住友克彦・久松完．2015．終夜照射における赤から遠赤色光領域の波長分布がストックの伸長成長および開花に及ぼす影響．園学研．14：371-379．
- 宮本賢二・田中典子・由井秀紀・中島由郎・山本宗輝．2010．ストック・アイアン系品種の生育開花に及ぼす高温処理の影響．園学研．9（別1）：227．
- 大阪鶴見花き地方卸売市場．2015．平成 26 年市場年報．p.16
- 大阪鶴見花き地方卸売市場．2016．平成 27 年市場年報．p.16
- 大阪鶴見花き地方卸売市場．2017．平成 28 年市場年報．p.16
- 大阪鶴見花き地方卸売市場．2018．平成 29 年市場年報．p.16
- 大阪鶴見花き地方卸売市場．2019．平成 30 年市場年報．p.16
- Reed, J. W., A. Nagatani, T. D. Elich, M. Fagan, and J. Chory . 1994 . Phytochrome A and phytochrome B have overlapping but distinct function in Arabidopsis development . Plant. Physiol . 104 : 1139-1149 .
- Sager, J. C., W. O. Smith, J. L. Edwards and K. L. Cyr . 1988 . Photosynthetic efficiency and phytochrome photoequilibria determination using spectral data . Transactions of the ASAE . 31 : 1882-1889 .
- 坂西義洋・福住久代 . 1968 . ストックの花芽分化に対する低温要求性の品種間差異 . 園学雑 . 37 : 357-367 .
- 島浩二 2014 2章 施設園芸作物の生産における光利用 5 シュッコンカスミソウの光応答 pp.128-136 . 電照栽培の基礎と実践．誠文堂新光社．東京．

- 鷹見敏彦．2009．ストック．栽培の基礎．栽培特性と経営上の課題．p.203．農業技術体系 花卉編 8 1・2 年草．社団法人農村漁村分化協会．東京．
- 鷹見敏彦・久松完・腰岡政二．2004．矮化剤プロヘキサジオンカルシウムの開花促進剤としての利用．植物の生長調節．39：257-259．
- 種谷光泰・加藤美紀・椎木千晴・香川晴彦．2016．遠赤色光照射によるアイアン系ストックの開花促進技術．千葉県農林総研研報．8：41-50．
- 吉村正久・西山学・金浜耕基．2002．ストックの主枝の生長と開花に及ぼす赤色光または遠赤色光と赤色光／遠赤色光比の影響．園学雑．71：575-582．
- 吉村正久・佐々木厚・森山巖興・柴原雄右・勝田敬子・金浜耕基．2006．ストックの開花に及ぼす夜間照射用各種光源の種類と光量の影響．園学研．5：297-301．
- 和歌山県．2006．和歌山県統計年鑑 平成 18 年刊行．p.132

