

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

種谷光泰・加藤美紀*・椎木千晴・香川晴彦

キーワード：ストック，アイアン系，開花促進，遠赤色光，LED

I 緒言

アブラナ科のストック (*Matthiola incana* (L.) R. Br.) は、千葉県の主要切り花品目の一つで、2013年の産出額は9億円で全国1位である(千葉県, 2015)。県内では民間育種も盛んに行われており、館山市の(株)クロカワストックが育成したアイアン系品種は、茎が硬くて花穂が間伸びし難い点から市場性が高く、ここ数年、主要品種の地位を占めている(市村, 2013)。

ストックは量的長日性植物に属する。その中でも中生品種に位置づけられるアイアン系品種は、本県での夏播き栽培では、通常、開花時期が翌年1~2月となる。年末年始向けの需要が高まる年内出荷に間に合わせるには、開花促進技術が必要である。

ストックの開花促進方法は、植物成長調整剤を用いるものと、長日処理が挙げられる。植物成長調整剤では、プロヘキサジオンカルシウムによる開花促進効果が明らかにされ(Hisamatsu et al., 1999)、プロヘキサジオンカルシウム塩水和剤(商品名: ビビフルフロアブル, クミアイ化学工業(株)) 1,000倍液を、10~14葉期とその7~10日後の2回、茎葉に100L/10a散布処理(以下PCa処理とする)することが実用化されている。アイアン系品種は、本県の場合、8月10日前後に播種してPCa処理すれば、年内に100%近く採花できる(神田ら, 2011)。しかしながら、「チェリーアイアン」(最近、「アイアンを花色の前に付けた「アイアンチェリー」という呼称が一般に使われているが、本稿では後付けで統一する)では高温期にPCa処理した場合、開花異常を助長するために使用を避けるようにとの注意事項がある。また、生産現場からは、散布適期の判断が難しく、年によっては開花促進効果があまりみられないとの意見も聞かれる。

一方、長日処理では、遠赤色電球型蛍光灯の照射による、ストック「朝波」及び「雪波」、「ホワイトアイアン」の開花促進が報告されている(吉村ら, 2002; 吉村ら, 2006; 西村ら, 2008)。これらの情報をもとに、館山市の生産者は、かつて夏菊の電照栽培に用いられていた設備を活用し、

ストックの電照栽培に取り組み始めた。

また、近年、館山市ではストックとヒマワリを輪作する栽培体系がみられるが、ストックの施設占有期間が9~12月に狭まれば、ヒマワリを、これまでの年1回から、1~4月と5~8月の年2回、作付けることが可能となる。

これらを受けて、アイアン系ストックの電照による開花促進技術の確立が安房農林振興センター(現安房農業事務所)から要望された。

そこで、本試験ではエネルギー効率がよく、単一ピーク波長の照射が可能な発光ダイオード(Light Emitting Diode, 以下LEDとする)電球、及び遠赤色光波長域を含み、電照栽培用に広く普及している白熱電球を用いて、アイアン系品種での開花促進に適した照射期間及び照射時間帯の解明を試み、9月播種でも年内に出荷を終了できる開花促進技術を明らかにした。併せて、従来のPCa処理による開花促進方法と比較し、その有効性を明らかにしたので報告する。

本試験を実施するにあたり、鍋清株式会社には、遠赤色光LED電球(以下FRLEDとする)や放射照度計の貸与にご協力をいただいた。また、安房農業事務所改良普及課、館山市の花き生産者の皆様には、貴重なご意見とご協力をいただいた。ここに記して深く感謝の意を表する。

II 材料及び方法

試験は、千葉県農林総合研究センター暖地園芸研究所(千葉県館山市)のPO系フィルムを展張した無加温施設(土壌は第三系粘質土)で行った。

各試験ともに、培養土(商品名: ガッチリくん N120, 窒素 120mg/L, リン酸 240mg/L, 加里 170mg/L 含有, トキタ種苗(株))を充填した43cm×33cmの播種箱にストックを播種、育苗し、八重鑑別後の苗を定植した。

光源は、FR LED (DPDL-FR-9W, ピーク波長 730-740nm, 鍋清(株))と、白熱電球 (DENS100/110V71WPSK, 東芝ライテック(株))を用い、地表面から高さ1.5mの位置に設置した。

1. 遠赤色光の照射開始時期(試験1)

「ホワイトアイアン」を供試し、2010年9月2日、9月16日及び10月4日に播種し、それぞれ同年10月4日、10月20日及び11月4日に定植した。各栽培時期において、FR LED及び白熱電球の照射開始時期を定植期、10葉期(本

受理日 2015年8月6日

*現安房農業事務所改良普及課

本報の一部は園芸学会(2012年3月、堺市)において発表した。

葉 10 枚展開時) 及び 20 葉期 (本葉 20 枚展開時) の 3 水準設定した。照射終了時期は全ての切り花の収穫が終わるまでとした。対照区として無照射区を設けた。

各区 10 株の無反復とし、培養土 (商品名: 元気くん果菜 200, 窒素 200mg/L, リン酸 3,000mg/L, 加里 150mg/L 含有, コーペケミカル(株)) と赤土を容積比 1:1 で詰めた 13L 容量のプラスチック製プランター (60cm×17cm×17cm) 2 個に 5 株ずつ定植した。

光源直下から半径 1.5m の範囲内に収まるようにプランターを配置した。日没後から照射を開始し、照射時間は自然日長と合わせて 16 時間となるようにタイマーを用いて適宜調整した。

調査は、株ごとに毎日観察し、肉眼で蕾が確認できた日を発蕾日、第 1 花開花日を開花日とし、その平均日を求めた。また、10~15 輪開花時に収穫して、茎長と葉数を調査した。

2. 遠赤色光照射の照射終了時期 (試験 2)

「ホワイトアイアン」を供試し、光源に FR LED を用いて、照射終了時期を 10 葉期 (本葉 10 枚展開時) 発蕾期 (調査株数の半数以上が発蕾した時)、収穫期 (すべての調査株が収穫終了するまで) の 3 水準設定した。照射開始時期は定植当日とした。対照区として無照射区を設けた。

2013 年 9 月 3 日に播種し、9 月 24 日に幅 1m の定植床へ株間 12cm×条間 12cm の 8 条で定植した。基肥は CDU 複合燐加里 (タマゴ S555, 15-15-15) を 120kg/10a 施用した。追肥は燐硝安加里 (S604, 16-10-14) を各試験区の発蕾期に 32kg/10a 施用した。合計の 10a 当たり施肥分量は、窒素 23.1kg, リン酸 21.2kg, 加里 22.5kg であった。

光源は定植床中央に 3.6m 間隔で設置した。日没後から照射を開始し、照射時間は自然日長と合わせて 16 時間となるようにタイマーを用いて適宜調整した。

調査は、光源直下付近の 40 株 3 反復について、試験 1 同様に発蕾日と開花日を調べるとともに、5~7 輪開花時に収穫し、切り花長、切り花重、葉数、小花数、花穂長、花穂幅、茎径、小花径を測定した。また、収穫調査した切り花のうち、年内に収穫出来た割合を調べた。

3. 遠赤色光の照射時間帯の違い (試験 3)

「ホワイトアイアン」を供試し、FR LED の 1 日当たりの照射時間帯について、16 時間日長区 (自然日長と合わせて 16 時間日長となるように日没から照射、実際の照射時間は 4~6 時間前後)、EOD 区 (日没による明期終了時 (End-of-day: EOD) から 3 時間照射) 及び暗期中断区 (23:00~翌日 2:00 の 3 時間照射) を設けた。照射期間は、定植当日の 2013 年 9 月 24 日から収穫終了までとした。また、白熱電球による 16 時間日長区及び無照射区を設けて比較した。

栽培及び調査は、試験 2 と同様に行った。加えて FR LED 及び白熱電球の放射照度を、放射照度計 (Delta OHM 社製 HD2102.2, 測定プローブ LP471RAD, 測定波長域 400~1,050nm) で測定した。光源直下から 0, 0.5, 1, 1.5, 1.8m の距離別に水平面照度を 3 か所測定して平均した。

4. 遠赤色光照射による開花促進の品種間差異 (試験 4)

「ローズアイアン」, 「ピンクアイアン」, 「チェリーアイアン」, 「アプリコットアイアン」, 「イエローアイアン」, 「パープルアイアン」, 「マリンアイアン」及び「ホワイトアイアン」の 8 品種を供試した。FR LED 照射区及び白熱電球照射区と、無照射区を設けた。照射期間は、定植当日から収穫終了までとした。

各区、2013 年 9 月 4 日に播種し、同年 9 月 25 日に培養土 (商品名: げんきくん果菜 200) を詰めた 13L 容量のプランターに 5 株ずつ定植し、3 反復とした。追肥は燐硝安加里 (S604, 16-10-14) を用い、電照を行った区は 11 月 12 日、無照射区は 11 月 26 日に株当たり 1g 施用した。

光源の設置方法は試験 1 と同様に行い、調査は試験 2 に準じて行った。

5. FR LED 照射と PCa 処理における開花促進効果の比較 (試験 5)

供試品種に「ホワイトアイアン」と「チェリーアイアン」を供試し、2014 年 9 月 4 日に播種し、同年 9 月 25 日に定植した。他の耕種概要は試験 2 と同様に行った。

FR LED 区の照射期間は、定植当日から発蕾期 (11 月 5 日) までとした。PCa 処理区は、1,000 倍液を 10 月 10 日と 10 月 17 日にハンドスプレーで茎葉全体に 100L/10a となる液量を散布した。対照区として、FR LED 照射も PCa 処理も行わない無処理区を設けた。

光源の設置方法は試験 2 と同様とした。光源直下付近もしくは区中央部の 20 株 3 反復について、試験 2 に準じて調査を行った他、花飛びや花弁が欠損する等、開花異常が発生した切り花数を測定した。

III 結 果

1. 遠赤色光の照射開始時期

播種及び定植時期別の発蕾日と開花日を第 1 表に示した。9 月 2 日播種の FR LED 照射区は、定植期から照射開始した場合に開花が最も早く、無照射区に比べて 20 日早かった。これに対し、10 葉期からの照射開始では 11 日、20 葉期からの照射開始では 5 日の促進であった。一方、白熱電球照射区は、定植期から及び 10 葉期から照射開始した場合で 15 日、20 葉期からの照射開始では 5 日の促進であった。9 月 16 日播種の FR LED 照射区は、10 葉期から照射開始した場合に開花が最も早く、無照射区に比べて 17 日早かった。定植期からの照射開始では 12 日、20 葉期からの照射開始では 11 日の促進であった。一方、白熱電球照射区は、定植期から及び 10 葉期から照射開始した場合で 13~14 日、20 葉期からの照射開始では 6 日の促進であった。10 月 4 日播種の FR LED 照射区では、定植期からの照射開始では 11 日開花が早まったが、10 葉期から及び 20 葉期からの照射開始では 2~4 日の促進であった。白熱電球照射区では定植期から照射開始した区を除いて、開花は早くならなかった。

第1表 遠赤色光の照射開始時期がストック「ホワイトアイアン」の開花と切り花品質に及ぼす影響（2010年）

播種日	定植日	光源	照射開始時期	照射開始日	発蕾日	開花日	茎長 (cm)	葉数 (枚)		
9月 2日	10月 4日	FR LED	定植期	10月 12日	11月 18日	12月 10日	59.4	41.8		
			10葉期	10月 20日	11月 24日	12月 19日	60.4	43.9		
			20葉期	11月 8日	12月 5日	12月 25日	66.8	61.2		
		白熱電球	定植期	10月 12日	11月 21日	12月 15日	55.6	44.7		
			10葉期	10月 20日	11月 22日	12月 15日	56.0	46.9		
			20葉期	11月 8日	12月 4日	12月 25日	63.0	60.8		
				無照射	—	—	12月 5日	12月 30日	54.2	59.7
		9月 16日	10月 20日	FR LED	定植期	10月 20日	12月 21日	1月 17日	61.7	42.9
					10葉期	11月 8日	12月 15日	1月 12日	57.9	43.6
20葉期	11月 26日				12月 24日	1月 18日	63.0	52.8		
白熱電球	定植期			10月 20日	12月 17日	1月 15日	57.0	42.3		
	10葉期			11月 8日	12月 18日	1月 16日	60.2	43.5		
	20葉期			11月 26日	12月 25日	1月 23日	61.8	52.4		
				無照射	—	—	1月 1日	1月 29日	51.0	53.8
10月 4日	11月 4日			FR LED	定植期	11月 4日	12月 21日	1月 22日	50.1	37.7
					10葉期	11月 26日	1月 2日	1月 31日	61.6	48.4
		20葉期	12月 17日		1月 3日	1月 29日	57.8	50.2		
		白熱電球	定植期	11月 4日	12月 23日	1月 26日	53.2	38.9		
			10葉期	11月 26日	1月 2日	2月 2日	60.6	47.0		
			20葉期	12月 17日	1月 5日	2月 5日	58.1	49.9		
				無照射	—	—	1月 4日	2月 2日	47.7	50.1

注1) 照射終了時期はそれぞれの区の収穫終了日とした。
 2) 発蕾日及び開花日は平均値を示した。
 3) 茎長は切り口から第1花の着生位置までの長さ。

第2表 遠赤色光の照射終了時期がストック「ホワイトアイアン」の開花と切り花品質に及ぼす影響（2013年）

光源	照射終了時期	定植～発蕾までの日数 (日)	定植～開花までの日数 (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	葉数 (枚)	小花数 (輪)	花穂長 (cm)	花穂幅 (cm)	茎径 (mm)	小花径 (mm)	年内収穫率 (%)
FR LED	10葉期	55.6 a	99.3 a	84.3 a	89.8 a	52.3 a	35.2 a	11.8 a	7.6 a	6.6 a	51.1 a	11.0
	発蕾期	46.0 b	76.8 b	77.5 b	73.3 a	45.8 b	26.6 b	9.6 a	7.2 a	6.2 a	50.1 a	100.0
	収穫期	46.3 b	76.4 b	79.3 ab	72.8 a	46.2 b	24.0 b	9.6 a	7.2 a	6.2 a	49.0 a	99.2
無照射	—	58.2 a	101.4 a	80.8 ab	85.4 a	53.6 a	33.5 a	11.3 a	7.6 a	6.6 a	51.1 a	18.0

注1) 2013年9月3日播種，同年9月24日定植，栽植様式は12cm×12cmの8条植え。
 2) 照射開始時期は定植日。
 3) 10葉期は2013年10月11日，発蕾期は同年11月9日，収穫期はそれぞれの区の収穫終了日とした。
 4) 同一項目内の異なる文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意差有り。
 5) 年内収穫率は収穫調査した120本のうち，年内に収穫出来た割合を示した。

なお，9月2日播種区の開花日はいずれの区も年内であったが，9月16日播種区と10月4日播種区の開花日はすべて1月中旬以降になった。

茎長は，いずれの播種日においてもFR LED照射区，白熱電球照射区とも，無照射区より長くなった。葉数は無照射区に比べて，定植期からの照射開始で最も減少し，次いで10葉期からの照射開始で減少したが，20葉期からの照射開始では無処理区とほとんど変わらなかった。

2. 遠赤色光の照射終了時期

定植から発蕾に至るまでの日数は，無照射区に比べて，発蕾期区と収穫期区が12日程度短かった（第2表）。定植から開花に至るまでの日数も，無照射区に比べて発蕾期区と収穫期区で25日程度短縮した。10葉期区は，どちらの日数も無照射区との差がみられなかった。

切り花長は，発蕾期区では，やや短くなる傾向がみられたが，他のいずれの区も80cm前後であった。葉数は無照射区に比べ，発蕾期区と収穫期区で7～8枚少なかった。小花数は，無照射区と比較して，発蕾期区と収穫期区で7～

10輪少なかった。切り花重，花穂長，花穂幅，茎径及び小花径では，試験区の違いによる有意差は認められなかった。

年内収穫率は，無照射区18%に対して，発蕾期区と収穫期区は99～100%に増加した。しかし，10葉期区は11%であった。

3. 遠赤色光の照射時間帯の違い

定植から発蕾に至るまでの日数は，無照射区に比べて，FR LED16時間日長区が12日程度短く，EOD区，暗期中断区，白熱電球区は7～8日短かった（第3表）。定植から開花に至るまでの日数は，無照射区に比べて，FR LED16時間日長区が25日程度短かったが，EOD区や暗期中断区，白熱電球区は，無照射区との有意差がみられなかった。

葉数は無照射区に比べ，FR LED16時間日長区で7枚，EOD区と暗期中断区で5枚程度少なかった。小花数は，無照射区と比較して，FR LED16時間日長区で約10輪少なかった。EOD区と暗期中断区及び白熱電球区でも5輪前後少なかったが，無照射区との有意差は認められなかった。切り花長，切り花重，花穂長，花穂幅，茎径及び小花径は，

第3表 遠赤色光の照射時間帯の違いがストック「ホワイトアイアン」の開花と切り花品質に及ぼす影響 (2013年)

光源	照射時間帯	定植～発蕾	定植～開花	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	葉数 (枚)	小花数 (輪)	花穂長 (cm)	花穂幅 (cm)	茎径 (mm)	小花径 (mm)	年内 収穫率 (%)
		までの日数 (日)	までの日数 (日)									
	EOD	50.3 bc	84.4 ab	81.0 a	76.4 a	48.5 bc	28.7 ab	10.0 a	7.3 a	6.2 a	49.0 a	67.5
FR LED	暗期中断	51.1 b	88.8 ab	78.3 a	78.6 a	48.8 bc	29.6 ab	10.0 a	7.3 a	6.2 a	49.1 a	60.0
	16時間日長	46.3 c	76.4 b	79.3 a	72.8 a	46.2 c	24.0 b	9.6 a	7.2 a	6.2 a	49.0 a	99.2
白熱電球	16時間日長	50.2 bc	84.5 ab	80.1 a	76.4 a	50.4 ab	27.4 ab	9.6 a	7.3 a	6.3 a	52.8 a	73.3
無照射	—	58.2 a	101.4 a	80.8 a	85.4 a	53.6 a	33.5 a	11.3 a	7.6 a	6.6 a	51.1 a	18.0

注1) 2013年9月3日播種, 同年9月24日定植, 栽植様式は12cm×12cmの8条植え。

- 2) EODは日没から3時間, 暗期中断は23:00~2:00一定, 16時間日長は自然日長と合わせて16時間となるように日没から照射した。
- 3) 照射開始時期は定植日。
- 4) 照射終了時期はそれぞれの区の収穫終了日とした。
- 5) 同一項目内の異なる文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意差有り。
- 6) 年内収穫率は収穫調査した120本のうち, 年内に収穫出来た割合を示した。

第4表 供試光源直下からの距離別放射照度

光源	放射照度 (W/m ²)				
	0m	0.5m	1m	1.5m	1.8m
FR LED	0.23	0.15	0.07	0.04	0.03
白熱電球	0.73	0.55	0.35	0.22	0.19

注) 光源は定植床の地表面から高さ1.5mに設置し, 水平面放射照度を測定した。

第5表 遠赤色光の照射がアイアン系品種の開花と切り花品質に及ぼす影響 (2013年)

品種 (花色)	光源	定植～発蕾	定植～開花	切り花 長 (cm)	切り花重 (g)	葉数 (枚)	小花数 (輪)	花穂長 (cm)	花穂幅 (cm)	茎径 (mm)	小花径 (mm)	年内 収穫率 (%)
		までの日数 (日)	までの日数 (日)									
ローズ	FR LED	44.7 b	72.0 b	81.2 a	120.8 a	50.7 b	29.5 b	11.0 a	7.5 b	7.9 b	50.3 b	100.0
	白熱電球	46.5 b	73.4 b	77.3 a	131.8 a	51.9 b	28.7 b	10.7 a	7.8 b	8.3 ab	51.1 b	100.0
	無照射	58.8 a	87.5 a	73.5 a	139.3 a	57.5 a	35.4 a	11.5 a	8.5 a	9.6 a	53.8 a	71.4
ピンク	FR LED	44.5 b	69.9 b	80.4 a	135.6 a	51.0 c	30.8 b	11.4 b	7.8 b	9.4 b	52.4 ab	100.0
	白熱電球	45.5 b	70.3 b	74.6 b	150.4 a	52.9 b	31.4 b	11.5 b	8.0 b	10.5 a	51.0 b	100.0
	無照射	56.4 a	87.5 a	75.5 b	145.5 a	58.8 a	40.9 a	13.9 a	8.5 a	10.1 ab	54.6 a	53.3
チェリー	FR LED	43.3 b	67.0 b	83.1 a	135.9 b	48.7 b	29.4 b	10.9 ab	8.1 a	8.8 a	51.7 ab	100.0
	白熱電球	44.5 b	70.1 b	76.7 b	129.9 b	49.3 b	30.1 b	10.1 b	7.9 a	8.8 a	50.2 b	100.0
	無照射	53.9 a	82.7 a	76.6 b	164.7 a	56.7 a	36.7 a	13.2 a	8.5 a	10.2 a	53.4 a	93.3
アブリコット	FR LED	44.1 b	66.9 b	77.4 a	135.9 b	51.7 b	29.9 b	11.2 b	7.5 b	9.7 a	49.0 a	100.0
	白熱電球	44.5 b	68.5 b	76.8 a	153.8 a	54.1 b	30.2 b	11.7 ab	7.7 b	10.2 a	50.0 a	100.0
	無照射	52.6 a	82.8 a	74.1 a	150.8 ab	57.7 a	39.1 a	13.2 a	8.0 a	10.4 a	51.6 a	93.3
イエロー	FR LED	44.3 b	70.1 b	76.3 a	110.8 a	49.4 b	29.7 b	11.8 a	7.7 b	8.9 a	49.7 a	100.0
	白熱電球	45.6 b	72.4 b	74.5 a	122.9 a	52.5 b	30.5 ab	12.4 a	7.9 ab	8.8 a	50.9 a	100.0
	無照射	55.3 a	85.9 a	70.9 a	121.1 a	60.5 a	34.2 a	12.3 a	8.2 a	9.5 a	50.3 a	80.0
パープル	FR LED	44.6 b	68.0 b	84.3 a	121.3 a	48.8 c	27.6 b	10.1 a	7.7 a	9.0 a	51.0 a	100.0
	白熱電球	45.1 b	68.7 b	79.4 a	156.5 a	51.8 b	29.4 b	10.9 a	8.1 a	9.8 a	54.5 a	100.0
	無照射	54.7 a	82.8 a	76.9 a	147.4 a	58.2 a	36.8 a	11.7 a	8.2 a	9.9 a	51.6 a	84.6
マリン	FR LED	46.8 b	71.5 b	83.7 a	140.3 b	50.1 b	28.6 b	11.2 a	7.4 b	9.5 a	51.4 a	100.0
	白熱電球	48.3 b	74.1 b	80.3 b	160.0 a	53.4 b	29.5 b	12.2 a	7.6 b	10.2 a	50.0 a	100.0
	無照射	59.0 a	89.3 a	79.9 b	156.2 ab	59.1 a	37.5 a	13.6 a	8.0 a	9.8 a	53.8 a	66.7
ホワイト	FR LED	44.1 b	68.1 b	79.9 a	121.0 a	48.9 c	27.8 b	10.5 b	7.9 a	9.3 a	52.0 a	100.0
	白熱電球	44.8 b	66.0 b	76.7 ab	140.2 a	52.0 b	28.4 b	10.9 b	7.9 a	9.4 a	52.8 a	100.0
	無照射	53.0 a	82.2 a	73.9 b	135.9 a	54.9 a	37.9 a	12.8 a	8.1 a	9.8 a	53.0 a	100.0

注1) 2013年9月4日播種, 同年9月25日, 13L容量プランターに5株ずつ定植×3反復。

- 2) 照射区の照射期間は, 定植当日から収穫終了日とした。
- 3) 同一品種かつ同一項目内の異なる文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意差有り。
- 4) 年内収穫率は収穫調査した切り花のうち, 年内に収穫出来た割合を示した。

試験区の違いによる有意差は認められなかった。

年内収穫率は, 無照射区18%に対して, FR LED16時間日長区は99%に増加した。EOD区と暗期中断区及び白熱電球区の年内収穫率も無照射区に比べ増加したが, 60~73%であった。

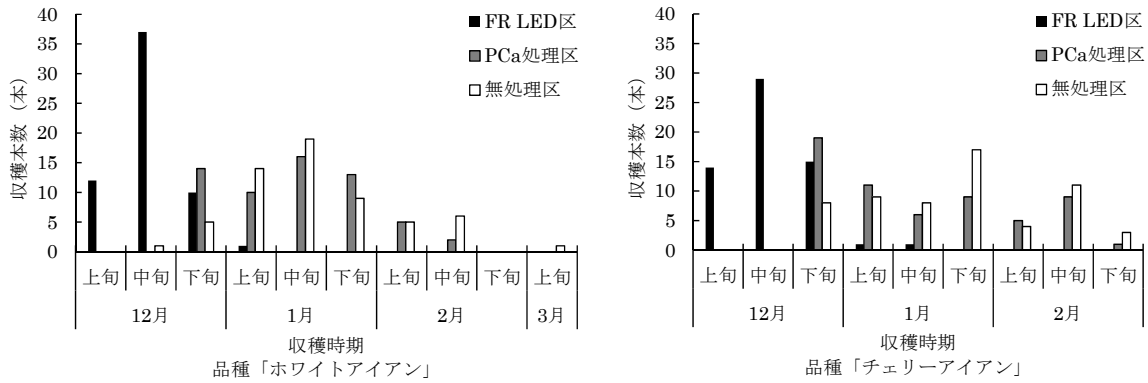
試験圃場におけるFR LED及び白熱電球の光源直下からの距離別放射照度は, 第4表のとおりであった。FR LED, 白熱電球とも光源直下からの距離が離れる程, 放射照度が低下し, いずれの距離においてもFR LEDは白熱電球に比べて低かった。また, 距離に伴う放射照度の低下割合

はFR LEDの方が白熱電球よりも大きかった。

なお, FR LEDでは, 光源直下から1.5m程度までは揃って開花が促進されたが, 1.5~1.8mの間においては, やや開花の遅れる株もみられた。達観では, 光源直下から1.8mの間においては, 切り花品質の違いはみられなかった。

4. 遠赤色光照射による開花促進の品種間差異

すべての供試品種において, 無照射区に比べ, FR LED照射区では発蕾は9~14日, 開花は14~18日早まり, 白熱電球照射区では発蕾は8~12日, 開花は13~17日早まった (第5表)。



第1図 FR LED照射とPCa処理による旬別収穫本数の推移 (2014年)

- 注1) 2014年9月4日播種, 同年9月25日定植, 栽植様式は12×12cmの8条植え。
 2) FR LED区の照射期間は, 定植当日から発蕾期(2014年11月5日)とした。
 3) PCa処理は, 10月10日及び17日の2回, 1,000倍液をハンドスプレーで茎葉全体に100L/10aとなる液量を散布した。
 4) 1区20株×3反復の総本数を示した。

第6表 FR LED照射とPCa処理がストックの切り花品質に及ぼす影響 (2014年)

品種 (花色)	試験区	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	葉数 (枚)	小花数 (輪)	花穂長 (cm)	花穂幅 (cm)	茎径 (mm)	小花径 (mm)	開花異常発生	
										切り花数	うち 異常小花
ホワイト	FR LED区	68.8 c	74.5 b	39.9 d	29.2 c	9.9 b	7.1 b	6.3 a	48.1 ab	7.7 a	1.7 b
	PCa処理区	78.2 ab	85.8 ab	44.6 bc	34.8 a	12.2 a	7.1 b	6.2 a	48.9 ab	15.0 a	6.0 ab
	無処理区	77.6 ab	90.8 ab	47.9 ab	33.7 ab	12.1 a	7.2 ab	6.4 a	49.7 a	10.3 a	3.7 ab
チェリー	FR LED区	72.2 bc	80.8 b	41.7 cd	29.1 c	9.9 b	7.1 b	6.1 a	46.9 b	9.7 a	2.7 b
	PCa処理区	81.6 a	97.5 ab	46.0 b	32.0 b	12.0 a	7.2 ab	6.4 a	48.5 ab	15.0 a	8.3 a
	無処理区	84.1 a	110.7 a	49.9 a	32.5 ab	12.4 a	7.4 a	6.8 a	48.9 ab	10.0 a	2.3 b

- 注1) 2014年9月4日播種, 同年9月25日定植, 栽植様式は12×12cmの8条植え。
 2) FR LED区の照射期間は, 定植当日から発蕾期(2014年11月5日)とした。
 3) PCa処理は, 10月10日及び17日の2回, 1,000倍液をハンドスプレーで茎葉全体に100L/10aとなる液量を散布した。
 4) 同一項目内の異なる文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意差有り。

以下, 同一品種間で比較した場合, 切り花長は「ピンクアイアン」, 「チェリーアイアン」, 「マリンアイアン」, 「ホワイトアイアン」のFR LED照射区が, それぞれ無照射区よりも長くなった。白熱電球照射区と無照射区では有意差がみられなかった。切り花重は「チェリーアイアン」のFR LED照射区及び白熱電球照射区と「アプリコットアイアン」及び「マリンアイアン」のFR LED照射区が, それぞれ無照射区に比べて軽かった。葉数はすべての品種において, FR LED照射区及び白熱電球照射区で, それぞれ無照射区よりも減少した。小花数は白熱電球照射区の「イエローアイアン」を除き, FR LED照射区及び白熱電球照射区で, それぞれ無照射区よりも減少した。花穂長は「ピンクアイアン」, 「ホワイトアイアン」のFR LED照射区及び白熱電球照射区と「アプリコットアイアン」のFR LED照射区で, それぞれ無照射区よりも短かった。花穂幅は「ローズアイアン」, 「ピンクアイアン」, 「アプリコットアイアン」, 「マリンアイアン」のFR LED照射区及び白熱電球照射区と「イエローアイアン」のFR LED照射区で, それぞれ無照射区よりも狭かった。茎径は「ローズアイアン」と「ピンクアイアン」のFR LED照射区が, そ

れぞれ無照射区よりも細かった。小花径は「ローズアイアン」のFR LED照射区及び白熱電球照射区と「チェリーアイアン」の白熱電球照射区で, それぞれ無照射区よりも小さかった。

年内収穫率は, 無照射区では品種により異なり53.3~100%であったが, FR LED照射区及び白熱電球照射区は, すべての品種が100%であった。

5. FR LED照射とPCa処理における開花促進効果の比較

「ホワイトアイアン」と「チェリーアイアン」の旬別収穫本数の推移を第1図に示した。無処理区は「ホワイトアイアン」が1月中旬前後, 「チェリーアイアン」が1月下旬前後を中心とした収穫期となった。両品種とも, 無処理区に比べて, FR LED区は大幅に開花期が前進化し, 12月上旬から収穫が始まるとともに, 収穫期間が短くなり, 年内にほぼ収穫を終えた。一方, PCa処理区は無処理区に比べ, 収穫初期の本数はやや多いものの, ほぼ同時期の12月下旬からの収穫となり, 収穫ピークが判然とせず, 2月まで収穫が続いた。

切り花調査の結果を第6表に示した。FR LED区は, 切り花長や切り花重, 葉数, 小花数, 花穂長で無処理区より



写真1 PCa処理による「チェリーアイアン」の開花異常
注) 白い矢印は開花異常小花を示す。

劣った。PCa 処理区は両者の中間で、無処理区に近い値が多かった。なお、開花異常は無処理区でも発生し、小花1輪でも異常がみられた切り花数に有意差はみられなかったが、PCa 処理区では、2輪以上の異常が発生した切り花が多かった(写真1)。FR LED区での開花異常の発生は無処理区と同程度であった。

IV 考 察

本試験の結果から、遠赤色光の照射によって、アイアン系ストックの開花は大幅に早まることが明らかとなった。遠赤色光を照射した区の切り花は、葉数が減少し着花節位が低くなっていることから、花芽分化が早まったと考えられた。

遠赤色光源の違いが開花に及ぼす影響を見てみると、開花促進効果は白熱電球よりFR LEDの方が高いことが判明した。FR LEDの方が白熱電球よりも放射照度が低いにもかかわらず開花促進効果が高かったのは、分光分布の違いによる影響と考えられる。

白熱電球は遠赤色光と赤色光がおよそ6:4で含まれているが(島浩二, 2014)、FR LEDは赤色光がほとんど含まれていない。ストックは遠赤色光の割合よりも赤色光の割合が小さい方が開花は促進されることが報告されている(久松ら, 1999; 吉村ら, 2002)。よって、遠赤色光

単独のFR LEDの方が開花が促進されたと考えられる。一方、宮前ら(2012)は、FR LEDと赤色光LEDを混合照射した試験において、遠赤色光の単独照射よりも遠赤色光と赤色光を8:2から6:4の割合で含む光質の方が開花促進効果は高いと報告している。本試験の結果ではFR LED単独照射の方が白熱電球よりも開花促進効果が高かったが、この理由として白熱電球を照射した場合とFR LEDと赤色光LEDを混合照射した場合では分光分布が異なり、遠赤色光波長域の放射照度が異なっている可能性が考えられる。

ストックの切り花品質については、長日条件では短日条件に比べて花穂長が短く、重量が軽くなり、花茎が柔らかく細くなることが知られており(藤田, 1994)、「ホワイトアイアン」の遠赤色光照射でも、花穂長や切り花重、花蕾数(=小花数)の減少が報告されている(西村ら, 2008; 加藤ら, 2009)。本試験においては、遠赤色光照射によって、茎長(切り花長-花穂長)はやや長くなる傾向がみられた。葉数は減少していることから、節間伸長が助長されたと考えられる。また、一部で切り花重、小花数、花穂長や花穂幅、茎径の減少が認められた。このため、無照射の切り花に比べて、見た目のボリューム感がやや劣る傾向が認められた。しかしながら、大部分の切り花は出荷規格で最も重要な切り花長70cm以上が確保できており、実用上の品質については、問題は無いと考える。

次に、アイアン系品種での開花促進に適した遠赤色光の照射期間及び照射時間帯の解明を試みた。

照射開始時期については、9月上旬播種で、定植期から照射開始した場合にその効果が高いことが判明した。20葉期からの照射開始では定植期や10葉期からの照射開始に比べ、開花促進効果が劣るか、ほとんどみられないことも明らかとなった。

低温下では無分枝系ストックは、ほとんどの品種が30~35節(=枚)で着花し、また、長日条件は花芽形成に必要な低温の一部を代替して開花が早まるとされる(藤田, 1994)。本試験では、9月播種で、定植期あるいは10葉期から電照した場合、42~47枚で着花しているが、気温が花芽分化限界温度よりも高かったために着花節位も高くなったと考えられる。

一方、10月播種では、気温が花芽分化限界温度に近づいたために、定植期から照射開始した場合、着花節位が38枚前後へ低くなったと思われる。10月播種で10葉期以降から電照しても、無照射区と開花日や葉数の差が小さかったのは、既に低温に感応して花芽分化への移行が始まっていたために長日による低温代替効果が低かったと考えられる。

山田ら(2008)はストックと同じ量的長日性植物のト

ルコギキョウを用いて、白熱電球による暗期中断処理を定植から雌ざい形成期まで、定植から開花まで、花芽分化開始期から開花まで、雌ざい形成期から開花まで、発蕾から開花までの5つの発育ステージで行い、定植から雌ざい形成期または開花まで電照した場合で開花が最も促進されたが、花芽分化開始期以降からの電照では促進効果が著しく低下したという報告をしている。本試験では、20葉期以降からの電照では花芽分化が始まっていたため、開花促進効果が得られなかったと推察される。

照射終了時期については、10葉期で照射終了した場合では開花促進効果がみられなかった。これは花芽分化開始前に照射を打ち切ったためと推察される。対して、発蕾期もしくは収穫期まで照射を継続した場合では開花促進効果は大きかった。長日植物の開花促進のために行う電照は必ずしも開花まで継続する必要はなく、カーネーションの場合、長日は花芽分化の促進に働くが、その発達に対してはあまり大きな影響はないとされる（米村，1993）。本試験においても、発蕾期まで照射した場合と収穫期まで照射した場合で、開花までの日数に差がないことから、ストックも花芽分化後の発達に対する効果は小さいと考えられる。発蕾期の年内収穫率は99%のため、照射終了時期は、収穫期までの照射に比べて、照射期間を1か月以上短縮できる発蕾期までで十分と考える。

遠赤色光の照射時間帯については、これまで「ホワイトアイアン」のEOD1時間照射（加藤ら，2009）及び「ピンクアイアン」のEOD30分間照射（住友ら，2009）による開花促進が報告されている。また、「ピンクアイアン」で白熱電球による暗期中断3時間照射による開花促進も報告されている（兵庫県立農林水産技術総合センター淡路農業技術センター，2006）。

そこで、16時間日長照射区に、EOD3時間照射区と暗期中断3時間照射区を加えて比較したところ、本試験では16時間日長照射区で最も開花促進効果が高く、ほぼ年内で切り花の収穫が終わった。EOD3時間照射区あるいは暗期中断3時間照射区でも開花が促進されたが、その促進効果は白熱電球による16時間日長照射区と同じ程度で、切り花の収穫は年内で終わらず、翌年1月まで続いた。

ストック「青苑」で日長時間を8，12，14，16，24時間で比較した場合に、発蕾・開花は16時間以上の日長で促進された報告がある（藤田，1979）。試験3における16時間日長照射区の1日当たりの平均照射時間は約5時間であり、EOD3時間照射区の場合、日長が16時間よりも短かったため、効果が劣ったとも考えられる。また、日長反応の高い時間帯は植物によっても異なるが、トルコギキョウでFR LEDパネルを用いた照射試験では、暗期中断（22～翌2時照射）よりも明期延長（15～22時照射）と早朝照明（2～

7時照射）で開花が促進されたとの報告がある（鈴木ら，2007）。試験3では、EOD3時間照射区が暗期中断3時間照射区よりも、年内収穫率がやや高くなっており、ストックについても、暗期中断より明期延長の方が開花促進効果は高い傾向がみられた。

以上より、遠赤色光照射によるアイアン系品種の開花促進方法として、照射期間は定植から発蕾期までとし、照射時間帯は自然日長と合わせて16時間日長となるように日没から照射することが適当と考えられる。

遠赤色光照射の効果について、品種間差異の有無を確認したところ、供試した全品種でFR LED照射及び白熱電球照射による開花促進効果が認められた。本試験では、プランター栽培でこまめに灌水したために、灌水を控え気味とする地床栽培よりも生育が早まった可能性があるが、ほぼ同時に栽培した試験2の「ホワイトアイアン」の結果と合わせて考えると、供試品種は実際の生産場面でも年内出荷が十分に可能と考えられる。アイアン系は今後も新品種が増えると予想されるが、今回、供試しなかった品種も含めて同様の開花促進効果が予想できる。なお、品種で若干、発蕾の早晚があるため、複数の品種を同一施設内で栽培する場合は、発蕾の遅い品種に合わせて照射終了時期を設定する必要がある。

試験1において、「ホワイトアイアン」は9月中旬以降の播種では遠赤色光を照射しても開花が年明けになることが判明した。試験4において、「ホワイトアイアン」はアイアン系品種の中では開花が早い方であったため、アイアン系品種全般として年内出荷を目標とした場合、9月上旬に播種し、9月下旬に定植する栽培体系が妥当と考える。この場合、通常は収穫期が2月まで及ぶが、FR LEDを16時間日長に調整して、定植時から11月上旬頃の発蕾期まで照射すれば、12月中旬が収穫ピークとなり、年内にほぼ出荷を終えることが可能であることが判明した。白熱電球で同様に照射した場合も開花促進効果が得られ、年内出荷率を大幅に向上できるが、FR LEDに比べてやや開花促進効果が劣るため、播種及び定植時期を若干、早める必要があると考える。

ストックはFR LEDの放射照度 $0.01\text{W}/\text{m}^2$ 以上で開花促進効果が得られたとの知見がある（岸本ら，2013）。試験3において光源直下から1.8m地点の放射照度は $0.03\text{W}/\text{m}^2$ であり、開花促進効果が期待できる放射照度であったが、光源直下から1.5～1.8mの範囲では開花が遅れた株が認められた。LED光は直進性が高く、設置した電球角度が真下向きから、わずかにずれただけでも放射照度が大きく低下する。よって、安定した開花促進効果を得るには、3m間隔の設置が実用上適当と考えられる。ただし、供試FR LEDと波長分光特性や配光特性が異なる製品を使用する際

は、設置時に有効範囲を確認することが必要である。

試験5において、FR LED照射とPCa処理を比較したところ、PCa処理区と無処理区で、収穫時期にあまり違いがみられなかった。試験した2014年は例年に比べて11月の気温が高めに推移したため、無処理区の開花も早まり、PCa処理区との差が小さくなったためと考えられる。これに対し、FR LED照射の開花促進効果は大きく、安定した年内出荷が可能と考えられる。また、PCa処理が実用的に難しい「アイアンチェリー」において、特に有効な開花促進手段であることが明らかとなった。

開花促進に伴う経費については、PCa処理の場合、10a当たりの農薬代5千円弱で済む利点があるが、促進効果の不安定さや開花異常を誘発する欠点がある。一方、電照の場合、10a当たり遠赤色光源が96球必要（間口約11m×奥行約23mの施設4棟で、各施設内に3m前後の間隔で4列×6球の設置を想定）とした場合、ケーブルやソケット等の設置器具代約15万円と、電球代としてFR LEDの場合は、約68万6千円、白熱電球の場合は、約3万6千円がかかる他に、施設の電気工事費や電気料金が必要との試算がある（千葉県、2014）。

なお、本試験で供試したFR LEDは現在、一般流通していないが、他メーカーもFR LEDを開発、販売している。LEDについては技術開発及び普及が急速に進んでいる分野であり、今後、安価で実用的な製品が登場すれば、経費の大幅な減少が期待できる。経費面の欠点はあるが、PCa処理に比べて安定した開花促進効果が得られ、アイアン系品種全般に利用できる遠赤色光照射には利点が多いと考える。

開花促進による所得について考察すると、東京都中央卸売市場における平成23～25年度の12月と1月における千葉県産ストック切り花の平均単価差は約7円であることから、10aの出荷本数が3.6万本の場合、試験結果に基づき、通常20%の年内出荷率が開花促進技術を用いて100%へ向上したと仮定すると、約20万円の所得向上が見込める。また、ヒマワリの作付けが1回増えれば、ヒマワリの出荷本数2万本、切り花単価50円、所得率50%で仮定した場合、50万円/10a程度の所得向上が期待できる。よって、電照設備にかかる初期投資はFR LEDでも2年程度で回収可能と考えられる。

切り花品質向上対策は今後の課題に残るが、需要が高まる12月は例年、アイアン系品種が品薄となっており、まずは本技術を用いて、千葉県産出荷量を増加させることが重要と考える。

V 摘要

遠赤色光照射によるストック・アイアン系品種の開花促進技術を明らかにした。

1. 「ホワイトアイアン」、「ローズアイアン」、「ピンクアイアン」、「チェリーアイアン」、「アプリコットアイアン」、「イエローアイアン」、「パープルアイアン」及び「マリンアイアン」で、FR LED照射及び白熱電球照射による開花促進効果が認められた。
2. FR LED照射の方が白熱電球照射よりも開花促進効果が高いことが明らかとなった。
3. アイアン系ストックを9月下旬に定植し、定植から発蕾までの期間で1日当たりの照射時間を日没から自然日長と合わせて16時間日長となるように遠赤色光を照射することで、年内出荷が可能であることが明らかとなった。
4. PCa処理に比べて、FR LED照射の開花促進効果は大きく、特にPCa処理が向かない「チェリーアイアン」には有効な手段であることが明らかとなった。

VI 引用文献

- 千葉県 (2014) 現地課題調査研究実績検討会資料. pp.8. 千葉県農林水産部担い手支援課.
- 千葉県 (2015) 千葉の園芸と農産. pp.150. 千葉県農林水産部生産振興課.
- 藤田政良 (1979) ストックの開花と温度・日長の関係. 農耕と園芸. 34 (7) : 124-126.
- 藤田政良 (1994) III生育・開花生態と作型. ストック (藤田政良 編). pp.60-69. 誠文堂新光社. 東京.
- Hisamatsu, T., S. Kubota and M. Koshioka (1999). Promotion of Flowering in Stock [*Matthiola incana*(L.) R. Br.] by Prohexadione-calcium in Plastic-film Greenhouse Conditions. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 68 : 540-545.
- 久松完・大和徳子・市村一雄・江崎定幸・大井龍・腰岡政二 (1999) ストックの生育、特に開花に及ぼす温度と光環境の影響. 園学雑 68 (別2) : 380.
- 兵庫県立農林水産技術総合センター淡路農業技術センター (2006) アイアン系ストックの電照による開花促進. 近畿中国四国農業研究成果情報花き推進部会. http://www.naro.affrc.go.jp/org/warc/research_results/h18/06_kaki/p195/index.html.
- 市村一雄 (2013) 花き流通最新の動向. 花き研報. 13 : 1-15.

- 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遠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.
- 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. 千葉農林総研研報. 3：67-71.
- 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 12（別 2）：220.
- 宮前治加・西谷年生・島浩二・山田真・石渡正紀・住友克彦・久松完（2012）遠赤色光，赤色光および青色光の混合照射がストックの生育・開花に及ぼす影響. 園学研 11（別 2）：250.
- 西村林太郎・佐藤武義・大川秀樹・森山巖與・金山喜則（2008）ストックの初冬出し作型における定植時期と長日処理光源の種類が開花と切り花品質に及ぼす影響. 園学研 7（別 2）：355.
- 島浩二（2014）シュッコンカスミノウの光応答. 電照栽培の基礎と実践（久松完 監修）. pp.128-136. 誠文堂新光社. 東京.
- 住友克彦・山形敦子・島浩二・岸本真幸・久松完（2009）数種切り花類の開花および茎伸長に及ぼす明期終了時の短時間遠赤色光照射（EOD-FR）の影響. 花き研報. 9：1-11.
- 鈴木誠一・佐々木厚・小松めぐみ・石井友紀子・森山巖與・大川秀樹・金山喜則（2007）トルコギキョウの開花に及ぼす遠赤色光発光ダイオード照射の影響. 園学研 6（別 2）：348.
- 山田明日香・谷川孝弘・巢山拓郎・松野孝敏・國武利浩（2008）トルコギキョウの冬春出し栽培における開花促進のための長日処理方法. 園学研 7：407-412.
- 米村浩次（1993）長日植物に対する電灯照明の期間. 農業技術大系花卉編 1 生長・開花その調節. pp.153. 農文協. 東京.
- 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・森山巖與・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.

Promotion of Flowering in 'Iron', a Cultivar Group of Stock, *Matthiola incana* (L.) R.Br., using Far-Red Light Treatment

Mitsuyasu TANEYA, Miki KATO, Chiharu SIIKI and Haruhiko KAGAWA

Key words : stock, cultivar group 'Iron', promotion of flowering, far-red light, LED bulb

Summary

We investigated the effects of far-red light treatment on the promotion of flowering in 'Iron', a cultivar group of stock, *Matthiola incana* (L.) R.Br.

1. In the cultivars 'White Iron', 'Rose Iron', 'Pink Iron', 'Cherry Iron', 'Apricot Iron', 'Yellow Iron', 'Purple Iron' and 'Marine Iron', promotion of flowering was observed by either far-red LED light treatment or incandescent lamp treatment.
2. Far-red LED light treatment had a greater effect on acceleration of flowering than incandescent lamp treatment.
3. The study concludes that harvesting of flowers in 'Iron', a cultivar group of stock, can be started by the end of December by planting in late September and exposing the plants to far-red light (at the end of each day, making the photoperiod last 16 hr) until the flowers begin budding.
4. As the effect of the far-red LED light treatment is also greater than that of prohexadione-calcium (PCa) spray treatment, it is potentially useful for acceleration of flowering in 'Cherry Iron', for which PCa spray treatment is ineffective.