

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

吉村正久^{1*}・佐々木厚¹・森山巖與²・柴原雄右²・勝田敬子²・金浜耕基³

¹宮城県農業・園芸総合研究所 981-1243 宮城県名取市

²東芝ライテック株式会社 237-8510 神奈川県横須賀市

³東北大学大学院農学研究科 981-8555 仙台市青葉区堤通雨宮町

Effects of Various Light Sources for Night Irradiation and Light Intensity on the Flowering of Stock [*Matthiola incana* (L.) R. Br.] Plant

Tadahisa Yoshimura^{1*}, Atsushi Sasaki¹, Takayoshi Moriyama²,
Yuusuke Shibahara², Keiko Katsuta² and Koki Kanahama³

¹Institute of Agricultural and Horticultural Sciences in Miyagi Prefecture, Natori, Miyagi 981-1243

²Toshiba Lighting & Technology Corporation, Yokosuka, Kanagawa 237-8510

³Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University, Aobaku, Sendai 981-8555

Abstract

The effects of various light sources for night irradiation and light intensity on the flowering of stock [*Matthiola incana* (L.) R. Br.] were investigated. The flowering of stock was promoted by the irradiation of compact self-ballasted fluorescent lamps of far-red light. The effects of incandescent lamps were similar. This promotion was accelerated by increasing the irradiance of far-red light. Significant effects of these light sources were observed in summer-sown and autumn-cultivated plants. During these periods, day length was short, and temperature was cool during the flowering period. Compact self-ballasted fluorescent lamps of far-red light were superior to incandescent lamps in cost performance. Furthermore, these lamps were easily installed instead of incandescent lamps. These results indicated that these lamps have high potential for extension.

Key Word : far-red light

キーワード : 遠赤色光

緒 言

長日性花きの開花を人為的に促進することは、栽培期間の短縮による施設利用率の向上や、加温栽培の暖房コスト低減につながるため、農業生産において非常に有益である。

長日性花きの開花を促進する方法の1つとして、ストックではジベレリン(藤田, 1994)やプロヘキサジオンカルシウム(Hisamatsuら, 1999; 鷹見ら, 2001)等の植物成長調整物質を処理する方法があげられる。しかし、植物成長調整物質は、栽培作物毎に登録薬剤が決まっており、登録薬剤の種類も少ないことから、汎用性の高い技術とは言えない。

長日性花きの開花を促進する技術としては、日中や夜間に照射される光の質を利用する方法が知られている。光質が植物の生育に及ぼす影響に関しては、硫酸銅フィルターや光質変換フィルムを被覆して日中に太陽光のR/FR比を

高めると、多くの植物で草丈の伸長が抑制されることが知られているものの(Rajapakseら, 1999; Goto, 2003)、開花に関しての反応はほとんど調べられていない。硫酸銅フィルターや光質変換フィルムは、設置に多大の労力が必要なことから、太陽光の照射量が少なくなることから、冬場に日照量の少ない東北地方のような地域においては、生育の遅延や品質の低下を引き起こすことも懸念される。

著者らは既報において、ストックの開花に及ぼす光質変換フィルムと赤色や遠赤色電球形蛍光ランプの影響を調べた結果、長日性花きの開花は昼間のR/FR比を下げるフィルム及び夜間の補光によって制御され、夜間の遠赤色電球形蛍光ランプの照射によって開花が促進されること、その効果は特に、開花時の栽培温度の低い夏まき栽培や秋まき越冬栽培で大きいことを示した(吉村ら, 2002)。夜間に遠赤色電球形蛍光ランプで照射する方法は昼間の太陽光の光質を変える方法よりも簡便で開花促進効果が高い。しかし、開花促進を効果的に行う照射量や照射時間、あるいは開花促進効果の高い作型などについては明らかにされていない。

そこで本研究では、夜間に遠赤色電球形蛍光ランプを照

2005年11月9日 受付。2006年1月26日 受理。

* Corresponding author. E-mail: yoshimura-ta917@pref.miyagi.jp

† 現在 : 宮城県大崎地方振興事務所

射した場合に、他の光源を照射した場合と比べてストックの開花が促進されるかどうかを確認するとともに、照射量の影響を栽培時期を変えて調査した。

材料および方法

供試材料と栽培時期

材料にはストック [*Matthiola incana* (L.) R. Br.] の極早生品種‘朝波’と早生品種の‘雪波’の2品種を供試した。種子は(株)サカタのタネから入手し、春、夏および秋の3回に分けて播種した。

実験1. ストックの開花に及ぼす各種光源の影響

実験は鉄骨ハウスイで行った。1つの試験区の広さは幅3.0 m×長さ7.5 mとした。各処理区内に幅60 cm、長さ4.5 mの栽培ベットの2本設けた。そのベットの中央部に株間12 cm、条間12 cmの栽植密度で4列に植えた。通路幅は50 cmとった。いずれの実験でも、調査個体は群落の中央部から40株ずつ採取した。

春まき栽培では、両品種とも2002年4月2日に播種し、5月17日に、それぞれ72株ずつ定植した。夏まき栽培では、両品種とも2002年8月12日に播種し、9月13日に、それぞれ72株ずつ定植した。秋まき越冬栽培では、両品種とも2002年11月22日に播種し、12月26日に、それぞれ72株ずつ定植した。

処理区の設定

遠赤色電球形蛍光ランプ(東芝ライテック(株), 21 W, 試作品。吉村ら, 2002)で終夜照明した区(FR区と表す)を設けた。その他に、赤色電球形蛍光ランプ(東芝ライテック(株), 21 W, 試作品。吉村ら, 2002)、白熱電球(松下電器産業(株), 75 W, みのり[®], K-RD100V75W型)、電照菊用電球形蛍光ランプ(東芝ライテック(株), 23 W, ネオボールZ[®], EFG23EL-KIKU型)の3種類の光源を終夜照明した区(それぞれR区, IL区およびEL区と表す)と、電照をしない自然日長区(対照区)を設けた。各光源は3.0 m×7.5 mに2灯の割合で地上1.5 mの高さに設置し、日没の1時間前から翌朝の日出後1時間まで点灯した。FR区, R区, IL区およびEL区の栽培ベット面上での水平照度の10地点の平均値はそれぞれ6 lx, 12 lx, 55 lx, 60 lxであった。夜温は最低10°Cを保つように加温した。

実験2. 遠赤色電球形蛍光ランプの照射光量の影響

実験はガラス温室で行った。1つの試験区の広さは幅1.2 m×長さ9.5 mとした。各処理区内の幅90 cm、長さ9.5 mの隔離ベットの中央部に株間12 cm、条間12 cmの栽植密度で6列に植えた。調査個体は群落の中央部から40株ずつ採取した。

春まき栽培では、両品種とも2002年4月2日に播種し、5月10日に、それぞれ72株ずつ定植した。夏まき栽培では、両品種とも2002年8月12日に播種し、9月13日に、それぞれ72株ずつ定植した。秋まき越冬栽培では、両品種とも2002年11月22日に播種し、12月26日に、それぞれ

72株ずつ定植した。

処理区の設定

遠赤色電球形蛍光ランプ(東芝ライテック(株), 21 W, 試作品。吉村ら, 2002)を供試し、ランプの設置個数と設置の高さを変えて、照射光量を栽培ベット面上での10地点の平均値が10 lx, 20 lx, 40 lxとなるように調節して終夜照明した区(それぞれFR10区, FR20区, FR40区と表す)と、白熱電球(松下電器産業(株), 75 W, みのり[®], K-RD100V75W型)で55 lxとなるように終夜照明した区(IL区)、電照しない自然日長区(対照区)の5つの処理区を設けた。各光源は日没の1時間前から翌朝の日出後1時間まで点灯した。夜温は最低10°Cを保つように加温した。

実験1, 2において、1つの個体で5輪開花した日を切り前適期に達した開花日として採花した。

結果

実験1. ストックの開花に及ぼす各種光源の影響

定植から切り前適期に達した開花日までの日数は、極早生品種の‘朝波’の場合、春まき栽培では49.6～51.9日で、統計的には有意差があるものの、各処理区間の違いは小さかった(第1表)。夏まき栽培ではIL区で最も短く、次いでFR区, EL区とR区の順で短く、対照区で最も長かった。秋まき越冬栽培ではFR区で最も短く、次いでR区, IL区, EL区で短く、対照区で長かった。早生品種の‘雪波’の場合も、春まき栽培では50.9～53.4日で、統計的には有意差があるものの、各処理区間の違いは小さかった。夏まき栽培ではFR区とIL区で最も短く、次いでEL区とR区で短く、対照区で最も長かった。秋まき越冬栽培ではFR区で最も短く、次いでEL区とR区とIL区で短く、対照区で長かった。

夏まき栽培において切り前適期に収穫した切り花の品質を第2表に示した。極早生品種‘朝波’の場合、切り花長は対照区で88.5 cmであり、IL区およびEL区では有意に短かった。切り花の新鮮重は、対照区で92.0 gであり、各処理区においては対照区と比べて有意に小さかった。切り花の新鮮重/切り花長の比は、対照区で1.04 g・cm⁻¹であり、各処理区においては対照区と比べて有意に小さかった。切り花の葉数は、対照区で40.2枚であり、FR区とIL区とEL区では有意に少なかった。切り花の節間長は、対照区で1.66 cmであり、FR区とIL区とEL区では有意に長かった。茎径は、対照区で7.3 mmであり、FR区とIL区とEL区では有意に細かった。

早生品種‘雪波’の場合、切り花長は対照区で84.0 cmであり、FR区とR区とIL区では有意に長かった。切り花の新鮮重は、対照区で76.2 gであり、FR区およびIL区では有意に小さかった。切り花の新鮮重/切り花長の比は、対照区で0.91 g・cm⁻¹であり、FR区およびIL区では有意に小さかった。切り花の葉数は、対照区で38.5枚であり、IL区では有意に少なかった。節間長は、対照区で1.72 cmで

第1表 ストックの開花に及ぼす各種光源の影響 (実験1)

品種	処理区 ²	水平面照度 (lx)	定植から開花までの日数		
			春まき栽培	夏まき栽培	秋まき越冬栽培
朝波 (極早生)	対照		51.9 b ^y	90.4 d	84.6 d
	FR	6	50.8 ab	71.3 b	77.0 a
	R	12	51.7 b	84.8 c	79.1 b
	IL	55	51.4 b	67.7 a	80.1 bc
	EL	60	49.6 a	83.8 c	81.0 c
雪波 (早生)	対照		53.1 b	98.0 c	84.8 c
	FR	6	50.9 a	79.5 a	77.7 a
	R	12	53.2 b	92.3 b	80.3 b
	IL	55	53.4 b	80.8 a	80.9 b
	EL	60	52.0 ab	90.6 b	80.2 b

² FR : 遠赤色電球形蛍光ランプ (21 W), R : 赤色電球形蛍光ランプ (21 W)

IL : 白熱電球 (75 W), EL : 電照菊用電球形蛍光ランプ (23 W)

^y チューキーの多重検定で同一英小文字間には5%水準で有意差がない

第2表 夏まき栽培の切り花品質に及ぼす各種光源の影響 (実験1)

品種	処理区	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	重さ/長さ (g・cm ⁻¹)	葉数 (枚)	節間長 (cm)	茎径 (mm)
朝波 (極早生)	対照	88.5 c ²	92.0 d	1.04 d	40.2 c	1.66 a	7.3 d
	FR	87.8 bc	57.8 b	0.66 b	35.6 b	1.88 c	5.6 b
	R	90.5 c	76.4 c	0.84 c	40.9 c	1.73 ab	7.0 d
	IL	78.3 a	43.6 a	0.56 a	30.7 a	1.92 c	5.1 a
	EL	84.0 b	60.3 b	0.72 b	35.0 b	1.79 b	6.3 c
雪波 (早生)	対照	84.0 a	76.2 c	0.91 cd	38.5 b	1.72 a	6.7 c
	FR	92.4 c	65.4 b	0.70 ab	37.9 ab	1.91 b	6.0 b
	R	87.1 b	69.6 bc	0.80 bc	39.2 b	1.74 a	6.8 c
	IL	91.2 c	54.9 a	0.60 a	36.0 a	2.08 c	5.5 a
	EL	83.6 a	68.4 bc	0.81 c	37.4 ab	1.72 a	6.8 c

² チューキーの多重検定で同一英小文字間には5%水準で有意差がない

あり, FR区およびIL区では有意に長かった. 茎径は, 対照区で6.7 mmであり, FR区およびIL区では有意に細かった.

実験2. 遠赤色電球形蛍光ランプの照射光量の影響

定植から切り前適期に達した開花日までの日数は, 極早生品種の‘朝波’の場合, 春まき栽培では50.7~52.5日で, 統計的には有意差があるものの, 各処理区間の違いは小さかった(第3表). 夏まき栽培ではFR40区で最も短く, 次いでFR20区, FR10区とIL区の順で短く, 対照区で最も長かった. 秋まき越冬栽培ではFR40区とFR20区で最も短く, 次いでFR10区, IL区で短く, 対照区で長かった. 早生品種の‘雪波’の場合も, 春まき栽培では49.8~51.9日で, 統計的には有意差があるものの, 各処理区間の違いは小さかった. 夏まき栽培ではFR40区で最も短く, 次いでFR20区とIL区, FR10区で短く, 対照区で長かった. 秋まき越冬栽培ではFR40区で最も短く, 次いでFR20区, FR10区, IL区で短く, 対照区で長かった.

夏まき栽培において切り前適期に収穫した切り花の品質を第4表に示した. 極早生品種‘朝波’の場合, 切り花長は対照区で76.0 cmであり, FR20区およびIL区では有意に短かった. 切り花の新鮮重は, 対照区で82.4 gであり, 各

処理区においては対照区と比べて有意に小さかった. 切り花の新鮮重/切り花長の比は対照区で1.08 g・cm⁻¹であり, 各処理区においては対照区と比べて有意に小さかった. 切り花の葉数は, 対照区で32.3枚であり, FR40区で有意に少なかった. 切り花の節間長は, 対照区で1.65 cmであり, 各処理区においては対照区と比べて有意に長かった. 茎径は, 対照区で6.9 mmであり, 各処理区においては対照区と比べて有意に細かった.

早生品種‘雪波’の場合, 切り花長は対照区で83.1 cmであり, FR10区では有意に長く, FR40区では有意に短かった. 切り花の新鮮重は, 対照区で92.5 gであり, 各処理区においては対照区と比べて有意に小さかった. 切り花の新鮮重/切り花長の比は, 対照区で1.11 g・cm⁻¹であり, 各処理区においては対照区と比べて有意に小さかった. 切り花の葉数は, 対照区で34.6枚であり, FR20区とFR40区とIL区では有意に少なかった. 節間長は, 対照区で1.75 cmであり, 各処理区においては対照区と比べて有意に長かった. 茎径は, 対照区で7.1 mmであり, 各処理区においては対照区と比べて有意に細かった.

第3表 ストックの開花に及ぼす遠赤色電球形蛍光ランプの照射光量の影響 (実験2)

品種	処理区 ²	水平面照度 (lx)	定植から開花までの日数		
			春まき栽培	夏まき栽培	秋まき越冬栽培
朝波 (極早生)	対照		52.5 b ^y	81.8 d	90.9 d
	FR10	10	51.4 ab	70.9 c	81.5 b
	FR20	20	50.7 a	66.4 b	79.2 a
	FR40	40	51.2 ab	63.1 a	77.6 a
	IL	55	51.6 ab	71.8 c	83.4 c
雪波 (早生)	対照		51.9 b	96.7 d	93.4 e
	FR10	10	50.5 ab	82.8 c	82.8 c
	FR20	20	50.0 a	71.8 b	79.8 b
	FR40	40	50.7 ab	66.7 a	77.5 a
	IL	55	49.8 a	71.6 b	84.9 d

² FR : 遠赤色電球形蛍光ランプ (21 W), IL : 白熱電球 (75 W)

^y チューキーの多重検定で同一英小文字間には5%水準で有意差がない

第4表 夏まき栽培における遠赤色電球形蛍光ランプの照射光量の違いが切り花品質に及ぼす影響 (実験2)

品種	処理区	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	重さ/長さ (g・cm ⁻¹)	葉数 (枚)	節間長 (cm)	茎径 (mm)
朝波 (極早生)	対照	76.0 a ^z	82.4 c	1.08 d	32.3 b	1.65 a	6.9 d
	FR10	75.5 a	44.2 b	0.58 c	32.1 b	1.80 b	5.1 c
	FR20	78.9 b	43.4 b	0.55 c	32.7 b	1.87 bc	5.0 bc
	FR40	74.0 a	31.3 a	0.42 a	30.5 a	1.89 c	4.5 a
	IL	79.8 b	40.9 b	0.51 b	31.7 ab	1.93 c	4.8 b
雪波 (早生)	対照	83.1 b	92.5 c	1.11 b	34.6 b	1.75 a	7.1 c
	FR10	87.5 c	64.3 b	0.73 a	34.7 b	1.94 b	5.9 b
	FR20	83.4 b	56.1 ab	0.67 a	32.3 a	1.99 b	5.5 ab
	FR40	77.5 a	48.3 a	0.62 a	30.4 a	1.97 b	5.3 a
	IL	83.4 b	53.1 ab	0.64 a	31.3 a	2.01 b	5.5 ab

^z チューキーの多重検定で同一英小文字間には5%水準で有意差がない

考 察

ストックは、遠赤色電球形蛍光ランプと白熱電球で開花が促進され (第1表), その促進効果は遠赤色電球形蛍光ランプの照射光量が高いほど早くなった (第3表). 夏まき栽培のように花芽分化期から開花期の日長が短く温度の低い時期の栽培において、遠赤色電球形蛍光ランプの照射光量が強くなると、著しく促進された (第3表). 切り花品質をみると、遠赤色電球形蛍光ランプと白熱電球処理区で切り花重と葉数が減少し、節間は長く、茎径は細くなったために、対照区よりボリューム感が小さくなった (第2, 4表). FR10区は白熱電球区よりも影響が小さかったが、FR40区では白熱電球区よりも影響が大きくて、開花促進効果は大きいものの、切り花品質が低下した.

遠赤色光が長日性花きの開花を促進するという現象は、モデル植物として利用されているシロイヌナズナで報告されている (Bagnall, 1991; Eskins, 1992). また、シロイヌナズナにおいて、遠赤色光、赤色光とも暗期中断による花成促進に効果があるが、赤色光が最も効果が少ないことと、遠赤色光や白熱電球のような遠赤色光を多く含む光源による日長延長は花成促進に極めて効果的であることが報告さ

れている (Lin ら, 2000). このことは、本実験の 21 W 遠赤色電球形蛍光ランプ区と 75 W 白熱電球区で同等の開花促進効果があり、赤色電球形蛍光ランプ区と電照菊用電球形蛍光ランプ区では無電照より開花が促進されるものの、遠赤色光ほどの効果はないことと一致している. これは、電照菊用電球形蛍光ランプと赤色電球形蛍光ランプは、赤色光の比率が高く、遠赤色光の比率が著しく低いことによるものと推察される.

ストックの開花を促進させる技術としては、ジベレリン処理 (藤田ら, 1994) の他、プロヘキサジオンカルシウムを処理する方法が確立されている (Hisamatsu ら, 1999; 鷹見ら, 2001). 植物成長調整物質の処理は、特定の品目に対して、目的とする反応を引き起こす場合に非常に効果の高い技術である. しかし、登録薬剤 (農薬) は栽培品目や利用目的によって限定されていることから、汎用性の高い技術とは言えない. その点、本実験のような人工光の照射は、汎用性の高い技術として応用できる.

遠赤色光の蛍光ランプを用いた実験例としては、レタスの生育促進 (村上ら, 1992) や、ヒマワリの幼植物の伸長促進 (村上ら, 1991) が知られている. これらの実験で光源として使用されているのは直管型の蛍光灯であり、電球形

蛍光ランプにより遠赤色光を照射した実験例は極めて少ない。電球形蛍光ランプは白熱電球と比べて価格はやや高いものの、白熱電球と同じソケットが使えるのでは場に設置しやすく、消費電力が少なく、寿命が長いことから、普及の可能性が非常に高い資材であると考えられる。

摘 要

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について調査した。ストックの開花は、遠赤色電球形蛍光ランプと白熱電球を照射した場合に促進された。その効果は、遠赤色電球形蛍光ランプの照射光量が強くなるほど大きくなった。これらの光源による開花促進効果が大きい時期は、夏まき栽培が行われる開花期の日長が短く、温度の低い時期であった。遠赤色電球形蛍光ランプは、白熱電球と比べ電気代が安く、電球の寿命が長いという利点があり、ほ場で設置しやすく、普及の可能性が非常に高い資材であると考えられた。

引用文献

Bagnall, D. J. 1991. Light quality and vernalization interact in controlling late flowering in *Arabidopsis* ecotypes and mutants. *Annal. Bot.* 71: 75-83.
 Eskins, K. 1992. Light-quality effects on *Arabidopsis* development: Red, blue and far-red regulation of flowering and morphology. *Physiol. Plant.* 86: 439-444.
 藤田政良. 1994. 生育・開花生態. p. 60-65. 藤田政良編著.

花専科：育種と栽培：ストック. 誠文堂新光社. 東京.
 Goto, E. 2003. Effects of light quality on growth of crop plants under artificial lighting. *Environ. Control in Biol.* 41: 121-132.
 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.
 Lin, C. 2000. Photoreceptors and regulation of flowering time. *Plant Physiol.* 123: 39-50.
 村上克介・洞口公俊・森田政明・相賀一郎. 1991. 遠赤色光付加照射によるヒマワリ幼植物の伸長成長制御. *生物環境調節.* 29: 73-79.
 村上克介・洞口公俊・森田政明・相賀一郎. 1992. 遠赤色光 (FR) 付加照射によって生じるレタス生育の促進. *生物環境調節.* 30: 23-28.
 Rajapakse, N. C., R. E. Young, M. J. McMahon and R. Oi. 1999. Plant height control by photoselective filters: Current status and future prospects. *HortTechnology* 9: 618-624.
 鷹見敏彦・久松 完・腰岡政二. 2001. プロヘキサジオンカルシウムによるストックの開花調節について. *園学雑.* 70 (別2) : 456.
 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.