

# スイートピーの品質向上を目的としたLED補光技術の研究

山下 一男\*<sup>1</sup>・中岡 直士\*<sup>2</sup>・中村 薫\*<sup>3</sup>・鳥原 亮\*<sup>1</sup>

Study of Supplemental LED Lighting on Quality in Sweetpea (*Lathyrus odoratus* L.)

Kazuo YAMASHITA, Naoshi NAKAOKA, Kaoru NAKAMURA and Ryo TORIHARA

当県は、恵まれた気候を生かした花き栽培が非常に盛んであり、特に生産量日本一のスイートピーはその代表的な品目となっている。スイートピーは、曇雨天が続くと蕾が落ちる「落蕾」を生じる性質を持ち、落蕾が発生すると、切り花としての品質が低下するとともに生産量が減少するため、この落蕾の克服がスイートピー生産における長年の課題となっている。そこで、本研究では、スイートピーの落蕾の抑制を目的としてLEDを用いた補光実験に取り組んだ。本報では、小型のLED器具による補光が落蕾の発生および切り花品質に及ぼす影響についての検証を報告する。

キーワード：LED, スイートピー, 補光, 落蕾

## 1 はじめに

当県は、冬季でも温暖で多日照という恵まれた気象条件を生かした花きの生産が非常に盛んである。なかでもスイートピーは全国一位の出荷量（平成24年度実績、宮崎県農産園芸課調べ）を誇る県を代表する品目であり、ハウスでの促成栽培により秋から春にかけて切り花の生産が行われている。

スイートピーは、その栽培期間中に連続した曇雨天があると、光合成産物の分配の競合により蕾が落ちる落蕾が発生する。一度落蕾が発生すると、栄養器官の形成と生殖器官の形成のバランスが崩れ、さらに落蕾を誘発する<sup>1)</sup>ため、結果として切り花の生産量が低下する。そのため、この落蕾の克服は、スイートピー生産上重要な課題となっている。

この課題を解決するため、これまでも高圧ナトリウムランプや白熱灯等の人工光源を用いて曇雨天時の日照不足を補う補光の取り組みが行われてきたが、コストや増収効果の面から実用化には至っていない。近年では、その補光用の新たな光源としてLEDに期待が持たれている。LEDは、他の光源に比べ消費電力が小さく効率もよく、また、スペクトル幅の狭い単色光を得ることがで

きるため植物の成長に適した特定の光を柔軟に設定して照射することができる等の大きな特長を有している。

そこで、本研究では、人工光源としてLEDを用いた補光実験を行った。

## 2 実験方法

### 2-1 照射器具の試作

実験に用いる照射器具として、小型でハウスに容易に設置ができる電球型の器具（株ノアシシステム、特注品）を用意した（図1）。

器具は、直径75 mm、高さ130 mmの大きさで、消費電力は9 Wである。



図1 試作した照射器具

\*1 機械電子部

\*2 宮崎県総合農業試験場（現 宮崎県中部農林振興局）

\*3 宮崎県総合農業試験場

植物生育における光環境としては、一般的に波長 400 ~ 700 nm の光放射が光合成に特に有効とされ、また、700 ~ 800 nm の遠赤色光も茎の伸長促進などの形態形成に影響を及ぼすとされている<sup>2)</sup> ことから、今回の器具は、乳白色のカバー内に、赤色光（主波長 660 nm）と遠赤色光（同 730 nm）の 2 種類の LED チップを数量 3:6 の割合で実装した。

この器具のスペクトル分布を光学特性測定装置（大塚電子（株），FM-9200HS）で計測したところ、波長 660 nm と 730 nm の 2 つのピークを持つものであることを確認した（図 2）。

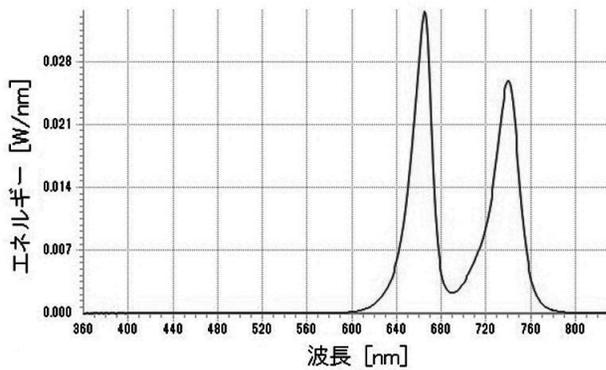


図 2 照射器具のスペクトル分布

### 2-2 照射方法の検討

今回の補光栽培実験では、硬質フィルム被覆ハウス内に約 2 m の高さで水平に展張したワイヤーに照射器具を設置し、地面から上方に伸長する植物体に対して上方から照射する形態をとる。

試験区は畝の長さ 1.2 m で、照射方法を検討するため、試験区に照射器具を 1 個設置した場合（中央に配置）と 3 個設置した場合（器具間隔 40 cm で配置）を想定し、高感度分光放射輝度計（大塚電子（株），HS-1000AK）を用いて、暗室内で照射器具の光子束密度（測定波長範囲 360 ~ 830 nm）の分布を計測した。

照射器具を 1 個設置した場合の光子束密度分布を図 3 に、3 個設置した場合のものを図 4 に示す。

器具直下の距離 5 cm の位置での光子束密度は、器具 1 個の場合は  $299 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  であり、器具 3 個の場合は  $262 \sim 294 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  であった。器具 1 個の場合は、器具を中心として鉛直方向 40 cm、横方向 20 ~ 30 cm の範囲外では光子束密度が極端に小さくなるが、器具 3 個の場合は、個々の器具の光が重なり、器具の間でも光源から遠ざかることによる光量の低下が抑制され、試験区内の光子束密度は光源からの鉛直距離によりほぼ等しい帯状の分布を示した。

(波長範囲) 360~830nm (単位)  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

1灯	中心からの距離 (cm)											凡例		
	60	50	40	30	20	10	0	10	20	30	40		50	60
5	0.2	0.4	0.8	2.1	7.7	94.7	299	94.7	7.7	2.1	0.8	0.4	0.2	100~
10	0.4	0.7	1.4	3.6	11.3	46.2	109	46.2	11.3	3.6	1.4	0.7	0.4	50~100
20	0.8	1.4	2.6	5.4	12.2	25.1	34.2	25.1	12.2	5.4	2.6	1.4	0.8	10~50
30	1.1	1.8	3.0	5.4	9.3	14.1	16.5	14.1	9.3	5.4	3.0	1.8	1.1	5~10
40														1.0~5
50	1.4	2.0	2.8	3.9	5.2	6.2	6.5	6.2	5.2	3.9	2.8	2.0	1.4	0.1~1.0
60														~0.1
70	1.3	1.7	2.2	2.7	3.1	3.4	3.5	3.4	3.1	2.7	2.2	1.7	1.3	
80														
90														
100	1.0	1.2	1.4	1.6	1.7	1.8	1.8	1.7	1.6	1.4	1.2	1.0		

図 3 光子束密度分布（器具 1 個/区）

(波長範囲) 360~830nm (単位)  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

3灯	中心からの距離 (cm)											凡例		
	60	50	40	30	20	10	0	10	20	30	40		50	60
5	7.8	55.3	262	46.2	14.4	57.1	294	48.9	13.7	47.0	274	53.7	8.3	100~
10	12.0	49.1	105	44.1	21.8	33.5	115	47.0	21.3	50.0	109	43.5	11.2	50~100
20	13.1	27.3	36.9	29.8	24.4	32.7	40.8	31.4	24.3	31.1	37.8	26.0	12.5	10~50
30	10.6	16.6	20.6	20.5	19.9	21.9	23.6	22.0	20.1	20.8	20.8	16.7	10.8	5~10
40														1.0~5
50	6.9	8.8	10.2	11.2	11.9	12.3	12.5	12.3	12.0	11.3	10.3	8.9	7.0	0.1~1.0
60														~0.1
70	4.9	5.8	6.6	7.2	7.7	7.9	8.0	7.9	7.7	7.3	6.6	5.8	4.9	
80														
90														
100	3.2	3.6	4.0	4.2	4.5	4.6	4.6	4.6	4.5	4.2	3.9	3.6	3.2	

図 4 光子束密度分布（器具 3 個/区）

この結果を踏まえ、補光栽培実験においては、極力強い光を照射するために、1 試験区あたり 3 個の器具を設置し、10 cm 程度の近接距離から株に照射することとした。

### 2-3 補光栽培実験

実験に供試した品種は「紅式部」で、催芽後 2℃ の暗黒下で 4 週間冷蔵した種子を平成 25 年 9 月 10 日に硬質フィルム被覆ハウス内に直播きした。栽植様式は、畝幅 135 cm、株間 12 cm、条間 20 cm の 2 条植とし、その他の栽培様式は慣行とした。

試験区は、補光を施す補光区と補光を施さない対照区の 2 区を設け、試験規模は 1 区 10 株の 4 反復とした。補光区では、1 区あたり 3 個の照射器具を株の上部に吊り下げて取り付け、茎の伸長に合わせて器具と株の頂部との距離が常に 10 cm 程度となるようコードを巻き上げて位置を調整した。補光処理は、9 月の播種後から 3 月に収穫を終えるまで、天候に関係なく毎日、午前 7 時から午後 5 時までの 10 時間点灯して行った。

切り花の調査は、11 月 2 日から 3 月 31 日まで行い、花梗の下端から第 1 小花の位置までの花梗長、着輪数、落蕾数、開花数など切り花の形質を調査した。補光区の栽培の状況を図 5 に示す。



図5 補光栽培実験の状況

### 3 結果および考察

#### 3-1 収量および落蕾に及ぼす影響

切り花本数と落蕾の発生した本数を表1に示す。切り花本数は、対照区が31.6本であるのに対し、補光区が32.4本であり、有意な差が認められた。落蕾率は、対照区が14.0%、補光区が12.5%となったが、有意差は認められなかった。

表1 切り花本数および落蕾本数に及ぼす影響

区	切り花本数	落蕾本数	落蕾率
対照区	31.6 ± 0.2 <sup>z</sup>	4.5 ± 0.6 <sup>z</sup>	14.0%
補光区	32.4 ± 0.3 <sup>z</sup>	4.1 ± 0.5 <sup>z</sup>	12.5%
有意性	* <sup>y</sup>	n.s. <sup>x</sup>	n.s. <sup>x</sup>

<sup>z</sup> 平均値 ± 標準誤差

<sup>y</sup> t検定 (スチューデント) により5%水準で有意差あり

<sup>x</sup> マン・ホイットニ検定により5%水準で有意差なし

#### 3-2 切り花の品質に及ぼす影響

出荷本数と規格別発生本数を表2に示す。出荷本数は、対照区が27.1本、補光区が28.0本で有意差は認められなかった。切り花は出荷する際、小花数(P)と第1小花までの花梗長によりSから2Lまでの長さで規格が分けられるが、4P2L～4PMの本数も各区間に有意差は認められなかった。逆に、4PSの本数は、対照区2.0本、補光区2.9本で補光区の方が多くなる結果となった。

#### 3-3 考察

スイートピー栽培では、曇雨天が続くと落蕾が発生する。並河、三浦<sup>3)</sup>は、光合成有効日射量と落蕾には明らかな相関があり、落蕾は日照不足により光合成量が低下するためとしていた。その後、札埜ら<sup>1)</sup>は、この落蕾のメカニズムについて調査し、曇雨天時に落蕾が発生するのは、茎頂部と発達中の花蕾との間で光合成産物の配分の競合があり、茎頂部に多く分配されるためとしている。そのため、曇雨天時に光合成量を高めるための補光が注目されているが、実用化はしていない。

スイートピーに対するLEDでの補光については、古藤ら<sup>4)</sup>、中村ら<sup>5)</sup>がこれまでに報告している。古藤らは、14時間日長で光を照射しており、落蕾防止効果があったとしている。また、中村らは16時間および24時間照射し、落蕾防止効果はあったが、切り花長が短くなり、草勢が低下したとしている。スイートピーは、日照時間が長くなると花芽をつける長日植物で、長日が続くと開花するが草勢は低下しやすくなり、草勢が低下すると一般に落蕾は少なくなる。

今回の試験では10時間日長で照射を行ったが、落蕾

表2 出荷本数および規格別発生本数に及ぼす影響

区	出荷本数 <sup>z</sup>	4PS本数 <sup>y</sup>	4PM本数 <sup>x</sup>	4PL本数 <sup>w</sup>	4P2L本数 <sup>v</sup>
対照区	27.1 ± 0.7 <sup>u</sup>	2.0 ± 0.3 <sup>u</sup>	6.2 ± 0.5 <sup>u</sup>	10.9 ± 0.6 <sup>u</sup>	7.9 ± 0.6 <sup>u</sup>
補光区	28.0 ± 0.4 <sup>u</sup>	2.9 ± 0.3 <sup>u</sup>	6.1 ± 0.4 <sup>u</sup>	9.6 ± 0.6 <sup>u</sup>	9.4 ± 0.8 <sup>u</sup>
有意性	n.s. <sup>t</sup>	* <sup>s</sup>	n.s. <sup>r</sup>	n.s. <sup>r</sup>	n.s. <sup>r</sup>

<sup>z</sup> 落蕾がなく第1小花までの花梗長が20cm以上、小花数3以上の花

<sup>y</sup> 落蕾がなく第1小花までの花梗長が20cm以上、小花数4以上の花

<sup>x</sup> 落蕾がなく第1小花までの花梗長が25cm以上、小花数4以上の花

<sup>w</sup> 落蕾がなく第1小花までの花梗長が30cm以上、小花数4以上の花

<sup>v</sup> 落蕾がなく第1小花までの花梗長が35cm以上、小花数4以上の花

<sup>u</sup> 平均値 ± 標準誤差

<sup>t</sup> マン・ホイットニ検定により5%水準で有意差なし

<sup>s</sup> マン・ホイットニ検定により5%水準で有意差あり

<sup>r</sup> t検定 (スチューデント) により5%水準で有意差なし

率に差はなく、落蕾防止効果は認められなかった。このことから、古藤ら、中村らの落蕾防止効果は、より長い照射時間による長日処理が影響したのではないかと考えられる。

今回、落蕾防止効果が認められなかった原因としては、一つには実験時の気象環境によるものが考えられる。今回の実験では、遮光処理等により擬似的に曇雨天環境を設けることはせず、自然まかせで補光を施したが、実験期間中、特に11月から1月の間の天候は例年に比べて好天が多かった(表3)ため、日照不足による落蕾や品質の低下が現れにくかったということが考えられる。補光による効果を確実に評価するためには、曇雨天環境を設定した上で補光実験を行う等、実験方法のさらなる検討が必要であると考えられる。

表3 実験期間中の日照率(%)

	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
実験時 (25年度)	51	49	65	65	70	51	57
過去10年 (平均)	46.4	49.0	51.8	61.9	58.8	51.6	53.8

\* 気象庁ホームページ：過去の気象データ<sup>6)</sup>より

また、今回実験に用いた器具は、生産農家への普及を考慮し、コストの負担が小さく、電球ソケットを用いて容易に取り付けができる小型の電球型のものとしたが、これを株の上方から照射したため、光の当たる部分が株の頂部付近に限られ、下方では補光の光量が極端に小さくなる。このため、全体的な落蕾防止の効果が現れなかったと考えられる。植物体に対し有効な範囲に効率よく光を照射するための配光特性を考慮した器具の改良と照射方法の検討が必要であると考えられる。

補光での照射光の成分に関しても、今回の実験では、赤色光(主波長660nm)および遠赤色光(同730nm)を有効と推定して照射器具を用意したが、これらとは異なる波長での補光効果の検証も必要であると考えられる。

#### 4 まとめ

今回、LED技術を農業分野へ応用することにより、当県の代表的な特産花きであるスイートピーのさらなる生産性向上と高付加価値化を目指して補光技術に関する研究に取り組んだ。今回の実験では、落蕾防止の明確な効果を得ることはできなかったが、安価で導入時の負担が小さいLED器具により、切り花の生産性や品質を高めることが可能になれば、生産農家さらには当県一次産業の貢献につながると考えられるため、引き続きスイートピー栽培における補光技術も含め、LED応用技術の研究を深めていく予定である。

#### 5 参考文献

- 1) 札埜高志, 林孝洋, 矢沢進: 園芸学会学雑誌, 70, 102-107 (2001)
- 2) 村上克介, “第1章 生物と光環境 1. 植物”, 後藤英司編: 人工光源の農林水産分野への応用, 農業電化協会, 2-4 (2010)
- 3) 並河治, 三浦泰昌: 神奈川県園芸試験場研究報告, 22, 109-115 (1974)
- 4) 古藤澄久, 平本廣幸, 桐生進, 吉田光晴, 雨木若慶: 園芸学研究別冊, 9-2, 540 (2010)
- 5) 中村薫, 郡司定雄: 九州の農業気象 第2輯, 19, 4-5 (2010)
- 6) 気象庁:  
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>