

LED単波長光照射がシンビジウムの開花に及ぼす影響

藤木俊也

(山梨県総合農業技術センター)

Effect of irradiation with far-red light-emitting diodes on flowering in *Cymbidium*

Yamanashi Prefectural Agritechology Center

Toshiya FUJIKI

要約：単波長LED光をシンビジウムに照射し開花に及ぼす影響を調査した。遠赤色光を高冷地で日没後3時間、1.6W/m²で照射したところ、品種間差はあるものの、花茎及び花蕾枯死などの高温障害が軽減された。他の波長では開花に及ぼす影響はほとんど認められなかった。遠赤色光の光強度を0.7W/m²と減らしても、照射時間を6時間に増やしても効果に差は認められなかった。平坦地で照射した場合、7-8月の高温期では効果が認められなかった。8月中旬以降、夜温が下がり、高温障害が減少するにしたがい、照射の効果も増加した。平坦地で遠赤色光照射により出荷可能な状況まで回復したのは供試した3品種のうち1品種であり、品種間で効果の差が大きかった。

Abstract : The effects of various single-wavelength light-emitting diodes (LEDs) irradiation on the flowering of *Cymbidium* were investigated at the highland. The irradiance of far-red (730-740nm, 1.6 W/m²) light at the end of day for three hours was effective to reduce the necrosis of flower stalks and flower buds on high temperature. These effects were difference among the cultivars. In other wavelengths, these effects were not observed. There were the same effects with the light intensity between 1.6W/m² and 0.7W/m², of irradiation time between three hours and six hours. In the summer the effects of the irradiance by far-red was a little at the lowland, but the effects were increase after the middle of august. One of tested three varieties was recovered until being varid ship by the far red color light irradiation. The difference between the variety was great in the flat land.

1. 緒言

照明用LEDの普及により、農業分野でもLED照明の導入が進んでいる^{1),2)}。花き生産現場においても、キクの電照栽培では白熱灯の照射から赤色LED光の照射へ移行している³⁾。これまで、白熱電球では広範囲の波長照射であったが、LED光では限られた範囲の単波長光を照射できることから、花きへの照射効果について研究が進み、単波長光照射による開花促進や花茎伸張などの開花への影響が報告^{4),5)}されている。しかし、現在のところ、洋ラン類への単波長光照射についての報告はない。

山梨県内におけるシンビジウムの生産額は、年間7億円であり、コショウランに次ぐ主要な品目である。シンビジウムは3年間栽培し出荷するが、開花年の花芽分化後に高温に遭遇すると花飛びや開花遅延がおこる。これまでは山上げにより高温障害を回避してきたが、最近では山上げた株でも障害が発生し、問題となっている。

そこで、花茎発生後のシンビジウムへLED光を照射し、開花に及ぼす影響を確認するとともに、高温障害への対策を模索する。

2. 実験方法

試験1 山下げ時期以降の遠赤色LED光照射が開花に及ぼす影響

試験は総合農業技術センター、高冷地野菜・花き振興センターハヶ岳試験地(北杜市高根町、標高955m)のガラス温室で実施した。供試材料は生産者が栽培している中型品種の‘ピンクティアーズ’(2010年実施)と‘チャンゲム’(2011年実施)を使用した。株は生産者が3年間栽培した出荷予定株で花茎が3~4本発生している株を用いた。夏の山上げ栽培(7月上旬から)終了後、2010年は10月12日、2011年は9月15日に北杜市大泉町の山上げ地(標高1000m)から株を温室に移し、遠赤色光(波長730-740nm)を照射した。試験は各区5株使用した。照射は日没後3時間、山下げ時から全ての花が開花した時点まで行った。照射開始時刻は日没時刻に合わせ15分毎に変更した。2010年は台湾製の電球型LED(EDISON opto. corp.)を、2011は(株)鍋清社製電球型LED(DELED plants)を使用し、栽培ベンチの上部1mの高さに50cm間隔で設置した。葉の先端部での光強度は2010年が0.7W/m²、2011年は1.6W/m²であった。温室は最低温度15℃になるよう加温し、最高温度は25℃

以下になるよう天窓・側窓の開閉により管理した。光管理は年間を通じて温室外の照度が7万lx以上に達したら50%の温室内遮光とした。かん水は2日に1回手かん水により行い、施肥は生産者が使用している慣行の置肥(菜種かす、骨粉 20g/鉢)のみとし、開花まで他の肥料は施さなかった。

調査は、温室搬入時の花茎数、各花茎ごとに、一番花の開花日、花茎毎の花蕾数、全ての花が開花した段階での生存花茎数を、さらに、花蕾が9割以上生存し、出荷が可能と判断できた花茎を正常開花花茎とし、その花茎数を調査した。

試験2 山上げ時からの遠赤色LED光照射が開花に及ぼす影響

試験は試験地1に準じて、ハヶ岳試験地のガラス温室で2012年に実施した。供試材料は生産者が3年間栽培し、花茎が4～8本発生している出荷株の品種、‘インザムード’、‘お姫様’、‘福娘’、‘プロムナード’、‘セレブの集い’を使用した。試験株は7月上旬にそれぞれの生産者から株を集め温室に移した。LED光の照射は植物に受容体がある波長を中心に、波長730-740nm(遠赤色)、630-640nm(赤色)、530-540nm(緑色)、430-440nm(青色)の電球型LED(鍋清社製)を試験1に準じて設置し、7月11日から開花終了時まで日没後3時間照射した。その時の光強度は遠赤色光が1.6、赤色光が3.1、青色光が3.2、緑色光が1.2W/m²であった。

また、遠赤光については、照射時間を日没後3時間と6時間、光強度を0.7W/m²と1.6W/m²とし、‘お姫様’と‘インザムード’を用いて比較した。試験は各区5株で実施した。栽培管理は基本的には試験1に準じた。ただし、灌水は7月22日から8月17日は午前中に葉水と鉢への灌水、夕方は鉢への灌水とし1日2回行った。また、8月18日から9月30日は1日1回の葉水と鉢への灌水、10月1日からは2日に1回の鉢への灌水とした。ハウスの加温温度は最低10℃とした。調査は試験1の調査項目に準じ、花茎長を追加した。

試験3 平坦地、高温期でのLED光照射が開花に及ぼす影響

試験は笛吹市石和町の生産者栽培温室で品種プロムナード、ハレルヤ、お姫様の生産者が3年間栽培した出荷予定株を使用し実施した。LED光は730-740nmの遠赤色を2012年6月21日～開花終了時まで日没後3時間、1.6W/m²で照射した。試験株は各区5株ずつとした。栽培管理は温室の温度を6～10月は天窓・側窓全開とし11月からは10℃に加温した。光環境は10月までは50%の温室内遮光を行った。かん水は1日2回の上部からの自動散水、10月からは1日1回、12月は乾いたら鉢灌水とした。施肥は各生産者が花茎発生時に施用した置肥の

ままとした。調査は試験1、2と同様とし、併せてハウス内の温度を20分間隔で調査した。

3. 結果

試験1 山下げ時期以降のLED光照射が開花に及ぼす影響

2010年10月から遠赤色光LED光を‘ピンクティアーズ’に照射した結果を表1に示す。遠赤色光照射により、花茎の生存率が無照射の75%から90%に、花蕾が9割以上正常に開花し、出荷できる程度の障害であると判断できる正常開花花茎率が50%から80%に向上した。一方、開花日、花蕾数は遠赤色光照射による影響は認められなかった。

表1 山下げ後の遠赤色光照射が開花に及ぼす影響(2010)

LED光照射	花茎数/株 (本)	生存 花茎率 (%)	正常開花 花茎率 (%)	開花日 (月日)	花蕾数/花茎 (個)
遠赤色光照射	4	90	80	12/5±4.2	11.7±2.0
無照射	4	75	50	12/4±3.4	12.2±2.3
t-検定	ns	*	*	ns	ns

品種:ピンクティアーズ
照射期間:2010年10月12日から開花終了まで
花茎数:山下げ時での花茎数
開花日:花茎ごとの第1花が開花した日
正常開花花茎率:花蕾が9割以上生存し、正常に開花している花茎の割合
t-検定により,*:5%,**:1%水準で有意差あり,ns:有意差なし

また、2011年9月15日から‘チャングム’に遠赤色光を照射したところ、‘ピンクティアーズ’と同様に、生存花茎率が50%から86%へ、正常開花花茎率が6%から43%へ向上した(表2)。この場合も、開花日と花蕾数には照射の影響は認められなかった。

表2 山下げ後の遠赤色光照射が開花に及ぼす影響(2011)

LED光照射	花茎数/株 (本)	生存 花茎率 (%)	正常開花 花茎率 (%)	開花日 (月日)	花蕾数/花茎 (個)
遠赤色光照射	2.8	86	43	11/23±14.5	11.1±2.1
無照射	2.8	50	6	11/28±23.9	11.0±2.4
t-検定	ns	*	**	ns	ns

品種:チャングム
照射期間:2011年9月15日から開花終了まで
花茎数:山下げ時での花茎数
開花日:花茎ごとの第1花が開花した日
正常開花花茎率:花蕾が9割以上生存し、正常に開花している花茎の割合
t-検定により,*:5%,**:1%水準で有意差あり,ns:有意差なし

試験2 山上げ時からのLED光照射が開花に及ぼす影響

山上げ時期である7月上旬から、異なる波長のLED光を照射した結果を表3に示した。

高温障害(花飛び、花茎枯死)がなく正常に開花した

花茎の割合には品種間で差が認められ、正常開花花茎率は‘お姫様’と‘プロムナード’で68%、44%と低かった。供試した他の品種では高温による障害はほとんど認められなかった。花茎に障害が多く発生した2品種では、遠赤色光の照射により障害の発生が抑制され、87%、86%まで回復した。

表3 山上げ時の異なる波長の照射が開花に及ぼす影響

品種	LED照射	正常開花 花茎率 (%)	開花日 (月日)	花茎長 (cm)	花蕾数 /花茎 (本)
インザムード	遠赤色光照射	92a	12/20a ± 9.9	60.3ab	17.2a
	赤色光照射	91a	12/26a ± 9.4	61.6ab	15.1a
	青色光照射	88a	12/22a ± 9.1	58.7b	15.5a
	緑色光照射	91a	12/19a ± 7.5	67.5a	17.0a
	無照射	96a	12/21a ± 6.8	60.5ab	15.5a
お姫様	遠赤色光照射	87a	12/20a ± 11.5	59.7a	19.7a
	赤色光照射	81ab	12/18a ± 9.6	54.1a	19.8a
	無照射	68b	12/26a ± 17.1	54.7a	19.0a
福娘	遠赤色光照射	100a	12/14a ± 10.9	60.5ab	18.0a
	赤色光照射	94a	12/18a ± 6.1	63.5a	15.9a
	無照射	100a	12/21a ± 13.5	55.6b	16.6a
プロムナード	遠赤色光照射	86a	10/23a ± 21.2	46.5a	11.3a
	無照射	44b	11/28b ± 25.6	43.4a	10.7a
セレブの集い	遠赤色光照射	95a	12/18a ± 7.7	72.5a	22.5a
	無照射	95a	12/20a ± 9.2	69.5a	20.3a

照射期間: 2012年7月11日から開花終了まで
 正常開花花茎率: 花蕾が9割以上生存し、正常に開花している花茎の割合
 開花日: 花茎ごとの第1花が開花した日
 同一品種内での異なるアルファベットはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

また、‘プロムナード’を用い、遠赤色光以外の波長を、赤色光(630nm)、緑色光(530nm)、青色光(440nm)を、‘お姫様’と‘福娘’を用いて赤色光を照射したが、正常開花花茎率に及ぼす影響は認められなかった。花茎長は、‘インザムード’では緑色光で7cm長かった。‘福娘’では赤色光照射で8cm長くなった。花茎あたりの花蕾数はいずれの品種においても、どの波長の光を照射しても変化は認められなかった。開花日は‘プロムナード’においてのみ遠赤色光照射により1ヶ月早くなった。

表4 異なる光量の遠赤色光照射が開花に及ぼす影響

品種	遠赤色光 照射	花茎数 /株 (本)	正常開花 花茎率(%)	開花日 (月日)	花茎長 (cm)	花蕾数 /花茎(個)
お姫様	1.6W-3h	4.6a	87a	12/20a ± 11.5	59.7a	19.7a
	0.7W-3h	4.0a	95a	12/22a ± 14.9	54.4a	19.6a
	1.6W-6h	4.2a	76ab	12/14a ± 12.9	57.5a	18.4a
	無照射	5.0a	68b	12/26a ± 17.1	54.7a	19.0a
	インザムード	1.6W-3h	5.2a	92a	12/20a ± 9.9	60.3a
	0.7W-3h	4.6a	87a	12/22a ± 8.6	61.3a	16.4a
	1.6W-6h	4.4a	100a	12/23a ± 6.3	64.0a	16.9a
	無照射	4.6a	96a	12/21a ± 6.8	60.5a	15.5a

照射期間: 2012年7月11日から開花終了まで
 1.6W-3h: 1.6W/m²の光強度で日没後3時間照射
 正常開花花茎率: 花蕾が9割以上生存し、正常に開花している花茎の割合
 開花日: 花茎ごとの第1花が開花した日
 同一品種内での異なるアルファベットはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

‘お姫様’と‘インザムード’を用いて、遠赤色LED光照射の光強度と照射時間の影響を調査した結果を表4に示した。‘お姫様’では遠赤色光を照射しない区に比べ、照射した区で正常開花花茎率が向上し、0.7W/m²で効果が高かった。6時間照射では逆に効果が認められなかった。開花日、花茎長、花蕾数については差がなかった。一方、‘インザムード’では遠赤色光照射の光量(光強度、照射時間)間で差が認められなかった。

試験3 平坦地、高温期でのLED光照射が開花に及ぼす影響

平坦地では遠赤色光を照射しても高温期の8月から8月上旬までは正常開花花茎率は低く、枯死する花茎が多かった。しかし、夜温が低下する8月中旬から正常開花花茎率は上昇し、遠赤色光照射区で高かった(図1)。

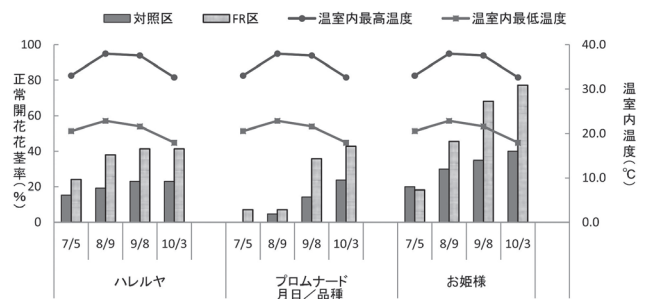


図1 盛夏に平坦地で栽培した株の開花に及ぼす遠赤色光の影響

12月6日時点での正常開花花茎率は‘ハレルヤ’と‘プロムナード’では無照射の23.1%、28.6%が遠赤色光照射により上昇したが、41.4%、42.9%と低かった。‘お姫様’では遠赤色光の照射により、60.0%が90.9%まで上昇した。

また、‘お姫様’では開花日が4日早くなった。‘ハレルヤ’と‘プロムナード’では生存花茎率、開花日、花茎長、花蕾数では照射による影響は認められなかった(表5)。

表5 盛夏に平坦地で栽培した株の開花に及ぼす遠赤色光の影響

品種	LED光照射	発生 花茎数 (本)	生存 花茎率 (%)	正常 花茎率 (%)	開花日 (月日)	花茎長 (cm)	花蕾数 /花茎 (個)
ハレルヤ	遠赤色光照射	6.0ns	62.1ns	41.4ns	11/11ns	±16.5	43.9ns
	無照射	5.2	88.5	23.1	11/12	±20.5	41.8
プロムナード	遠赤色光照射	2.8ns	42.9ns	42.9*	12/9ns	±12.7	43.5ns
	無照射	4.2	42.9	28.6	11/23	±15.0	48.3
お姫様	遠赤色光照射	4.4ns	90.9ns	90.9**	12/24**	± 3.1	59.2ns
	無照射	4.0	85.0	60.0	12/20	± 2.4	56.7

開花日: 花茎ごとの第1花が開花した日
 正常開花花茎率: 花蕾が9割以上生存し、正常に開花している花茎の割合
 t-検定により、*:5%、**:1%水準で有意差あり、ns:有意差なし

4. 考察

花きの高温障害に対して、光の照射、特に遠赤色光照射による軽減効果についてはこれまでに報告がない。シンビジウムでは大野により、高温障害は花茎内のジベレリンが高温により分解し、エチレンが発生することで起こることが報告^{6),7)}されている。また、久松らはキクに遠赤色光を照射すると内生ジベレリンが増加すると報告⁸⁾している。

シンビジウムでは遠赤色光照射により、落蕾などの高温障害の発生が軽減され、正常開花花茎率が向上した。高冷地での高温障害の軽減効果は品種間で差が認められ、‘ピンクティアーズ’、‘プロムナード’、‘お姫様’のように40から50%であった正常開花花茎率が遠赤色光照射により80から90%まで向上した。一方、‘チャングム’のように高温に弱い品種では遠赤色光照射による回復も40%と低く、出荷できるまでは至らなかった。このように、品種間で差はあるものの、遠赤色光の照射が高温障害の軽減に効果的であることが明らかとなった。これらのことから、シンビジウムでは、高温によるジベレリンの分解が、遠赤色光照射により抑制されるのではないかと考えられた。

他の波長(赤色、緑色、青色)では、開花に及ぼす影響はほとんどなかったが、供試した‘インザムード’ではほとんど高温障害が認められなかったことから、遠赤色光以外の波長が高温障害に及ぼす効果については再度検討する必要がある。さらに、開花日についても‘プロムナード’以外では影響が認められないこと、花蕾数は全ての品種で、照射と非照射で差がなかったこと、花茎長では品種により、効果の現れ方が異なったことから、これらについても再度調査する必要があると考えられた。

一方、遠赤色光照射が正常開花花茎率に及ぼす影響について、光強度では0.7W/m²と1.6W/m²で、照射時間では6時間と3時間で差がなかったことは、さらに詳細な実験を行い、それぞれの限界を調査する必要があるが、照射の有無がスイッチ的に働いている可能性が高く、光量の影響を受けていない結果であると考えられた。

シンビジウムでは高温障害回避のため、山上げ栽培を行っているが、3年間栽培した鉢は重く、期間も4tトラックを利用しても1ヶ月程度かかることから、生産者にとっては重労働である。今回は、山上げの省略を視野に平坦地での遠赤色光照射の試験を実施したが、猛暑期では高温障害の軽減効果は少なかった。夜温が下がり始めるお盆以降では遠赤色光照射による障害の軽減効果が認められたが、出荷期で、出荷可能な状態まで回復出来たのは‘お姫様’だけであり、花芽の再生など、品種間差による差が大きく関係していると考えられ、実用化には、さらなる検討が必要であると考えられた。

本試験では、平坦地での実用化は難しいと考えられた

が、高冷地の結果から山上げ地での効果が認められた。シンビジウムの場合、3年間栽培した出荷予定株に高温障害が発生すると、株の仕立ての問題から、翌年に出荷することは難しく、一般的には障害が多く出た品種は処分することになり生産者の損害も大きい。高温に弱い品種は、以前に栽培したことがあれば苗を購入する段階で避けられるが、新しい品種では栽培して初めて高温に弱いことが分かる場合もある。山上げ地は露地であり、電源の確保が難しく、LEDの照射施設を設置できないことが想定されるが、タイマーによるミスト冷却を取り入れている生産者もあり、電源が確保できる生産者においては、高温障害が認められた場合に遠赤色光を照射することで、高温に弱い品種があっても出荷が可能となる点で有効であると考えられた。

5. 結言

本研究ではシンビジウム高温障害に対し、遠赤色光の照射が障害を軽減することを明らかにした。軽減効果には品種間差があることや、効果も完全ではないなど、今後の課題もあるが、温度障害が光により抑制されることを明らかに出来た。今後の研究により、実用化のレベルとなることを期待したい。

6. 謝辞

本研究の実施にあたり、栽培株を分譲してくださった生産者の飯田裕彦氏、八田政臣氏、萩原 齊氏、梶原吉久仁氏には厚く御礼申し上げます。さらに、平坦地での現地試験に対し、温室の提供及び栽培管理にご協力頂いた八田政臣氏には深く感謝の意を表します。

また、試験の遂行にあたりご指導、ご助言を賜りました総合理工学研究機構の市川和規特別研究員、併せて、本稿の執筆にあたりご指導頂いた同機構の雨宮圭一特別研究員に厚く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 森 安裕, 高辻正基, 原田順二: 種々の波長のLEDとLD光がバラの生育と開花に及ぼす影響. レーザー研究, 33 (8), P537-541, (2005)
- 2) 新井 聡, 大石一史: 夜間の各種単波長のLED照明が数種の鉢物の生育に及ぼす影響. 愛知農総試研報, 43, P41-53, (2001)
- 3) 白山竜次, 永吉実孝, 郡山啓作: キクの電照栽培における電照期間と花芽分化抑制に必要な放射照度との関係. 園学研, 12 (2), P195-200, (2013)
- 4) 島 浩二, 川西孝秀, 山田 真, 石渡政紀, 住友克彦, 久松 完: 明期終了時の短時間遠赤色光照射が冬季に

- おけるスプレーギクの茎伸張に及ぼす影響. 園学雑, 8 (3) , P335-340, (2009)
- 5) 住友克彦, 山形敦子, 島 浩二, 岸本真幸, 久松 完 : 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, P9,1-11, (2009)
- 6) Hajime Ohno : Microsporogenesis and Flower Bud Blasting as Affected by High Temperature and Gibberellic Acid in *Cymbidium* (*Orchidaceae*). J. Japan. Soc. Hort. Sci.,60 (1) , P149-157, (1991)
- 7) Hajime Ohno : Participation of Ethylene in Flower Bud Blasting Induced by High Temperature in *Cymbidium* (*Orchidaceae*). J. Japan. Sci. Hort. Sci.,60 (2) , P415- 420, (1991)
- 8) T. Hisamatsu, K.Sumitomo and H.Shimizu : End-of-day far-red treatment enhances responsiveness to gibberellins and promotes stem extension in *chrysanthemum*. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 83 (6) , P695-700, (2008)

成果の発表状況

学会発表

- 1) 藤木俊也, 加藤成二 : 遠赤色LED光照射がシンビジウムの開花に及ぼす影響. 園学研13 別2, P490, (2014)

