

バラ切り花栽培における短時間のLED補光と炭酸ガス施用の経済性評価

保富正行¹⁾・犬伏加恵²⁾・二村幹雄³⁾・奥村義秀³⁾

摘要:バラの切り花品種「サムライ08」と「ブロッサムピンク」を用いて、炭酸ガス施用条件下で高輝度LEDを用いた補光を実施し、適正なLED設置条件及び経済性を検討した。その結果、2品種ともバラ25株あたりにLED1台を設置する条件で、30株あたりにLED1台を設置した条件よりも推定販売額と経費の差額が大きく、経済性に優れることが示された。

キーワード:バラ、補光、高輝度LED、炭酸ガス施用、経済性評価

緒言

バラ切り花は愛知県の花き生産における重要品目である。その生産において収量等に直結する重要な要素である光量は、天候に大きく左右されるため、安定的かつ計画的な生産を行う上で大きな課題である。そこで、光合成促進を目的に高輝度LEDを使用した補光試験が行われ、赤色主体の赤白混合光を用いた朝方6時間の補光が切り花本数の増加に有効であり¹⁾、同時時間帯の炭酸ガス施用により3割以上増収すること²⁾などが明らかにされた。

しかし、高輝度LEDは高価であり²⁾、品種によっては採算が取れない場合もある³⁾。よって、導入にあたっては経済性に優れる設置条件を明らかにすることが重要である。

そこで、県内産地における主要な切り花品種「サムライ08」及び「ブロッサムピンク」を用いて、炭酸ガス施用を実施しながらLEDの設置密度が異なる複数の条件において補光を実施した。切り花の収量や品質を調査し、推定販売額及び経費を試算することによって補光の経済性を評価した結果、バラ切り花の生産における高輝度LEDを用いた補光技術の実用性に関して知見を得たので報告する。

材料及び方法

1 栽培概要

試験は、ガラス温室(間口 7.2 m×奥行 27.8 m×高さ 4.5 m、面積 200 m²、容積 350 m³)で行った。供試品種は、「サムライ08」と「ブロッサムピンク」(2020年3月に定植)とし、各区25株を使用した。栽培方式は、挿し木苗を使用し、少量土壌培地耕でプランター(幅 64 cm×奥行 23 cm×高さ 18.5 cm)あたり5株植えて、アーチング法による樹形管理を行った。栽植密度は試験区が 6.36 株・m²、対照区が

4.79 株・m²とした。温度管理は日中 25°Cをめやすに天窓・側窓の開閉で換気し、2022年11月から2023年4月は最低温度 18°Cとなるよう温湯暖房を行った。また高温かつ晴天時は遮光率 50%の外部遮光を行い、23°C以上、飽差 7g・m⁻³以上の条件でミスト(グローミスト、トヨタネ株式会社、豊橋市)を1分運転1分停止の間欠方式で噴霧した。養液管理は愛知園研バラ処方に基づき2022年5月から10月まで、及び2023年5月から6月までは EC1.2~1.4dS・m⁻¹、2022年11月から2023年4月までは EC1.5~1.8dS・m⁻¹をめやすに管理した。2022年5月20日を試験開始日とし、同化専用枝の一斉折り曲げ及びすべての芽を切り取り、LED補光及び炭酸ガス施用を開始した。2022年12月から2023年1月には1株あたり1本を折り曲げて同化専用枝を更新した。

補光は、光源に高輝度LED(NEXLIGHT POWER、有限会社豊川温室、豊川市)の赤主体(白色:赤色=2:5、ピーク波長630 nm、108 W、照射角90°)を使用した。LEDは、株元から125cmの高さに、表1及び図1に示した間隔で設置し、2022年5月20日から2023年6月2日の試験期間中、毎日午前2時から8時まで6時間点灯した(図2)。炭酸ガスは、水冷装置を備えた灯油燃焼式炭酸ガス施用機⁴⁾を使用し、濃度800ppm(換気する場合は450ppm)となるよう、6月下旬から9月の高温期を除く試験期間中、補光と同時時間帯のみ施用した。

試験区は、LEDをバラ25株及び30株あたり1台となるよう設置した区をそれぞれ「LED高密度区」、「LED低密度区」とした(表1、図1)。対照には補光と炭酸ガス施用のどちらも実施しない区を設けた。試験規模は、各品種1区5株の5連制で実施した。

2 調査項目

調査項目は、補光の光量について、日没後にLEDを点灯して株元における光合成有効光量子束密度(PPFD)の値を測定した。測定は放射照度計HD2102.2(デルタオー

¹⁾園芸研究部 ²⁾園芸研究部(現農業大学校) ³⁾園芸研究部(退職)

ム社、イタリア)を用い、プローブを株元と水平方向に向けて行った。

2022年5月20日から2023年6月2日の試験期間に収穫した全ての切り花について、収穫日と切り花長を調査した。なお、切り前は慣行とし、切り花長で階級区分した。

3 経済性の評価

導入費は、機材の減価償却費(定額7年償却)を計上した。機材の価格は、高輝度LEDを34100円・台⁻¹、炭酸ガス発生装置を生産現場で一般的に使用される光合成促進機(CG-554T2、ネボン株式会社、東京)を参考に、450000円・台⁻¹・1000m²とした。維持費は、補光に要する電気代を中部電力株式会社の低圧季節別時間帯別電力の電力用

料金⁵⁾に基づき、LEDの消費電力量を108W・h⁻¹・台⁻¹で計算した。炭酸ガス施用に要する灯油代は、資源エネルギー庁統計の灯油配達現金価格⁶⁾に基づき、各月の平均価格と使用量から計算した。

推定販売額は、切り花長50cm以上のものを可販階級として扱った。「サムライ08」は愛知名港花き地方卸売市場における「バラ・赤」、「ブロッサムピンク」は東京都中央卸売市場大田市場における「バラ・ブロッサムピンク」の市場価格を基に、階級別で50cmを中値-20円、60cmを中値-10円、70cmを中値、80cmを中値+10円として推定単価を設定し、各週、階級別に推定単価の平均値と収穫本数を乗算して計算した。

表1 試験区の構成

試験区名	LED 補光	炭酸ガス施用	LED 設置間隔 (cm)	LED 1 台あたり株数 (株・台 ⁻¹)	LED 設置密度 (台・100m ²)
LED 高密度区	+	+	175	25	25
LED 低密度区	+	+	210	30	21
対照区	-	-	0	0	0

LED補光は毎日午前2時から8時まで6時間実施し、炭酸ガス施用は補光と同時間帯のみ実施した。

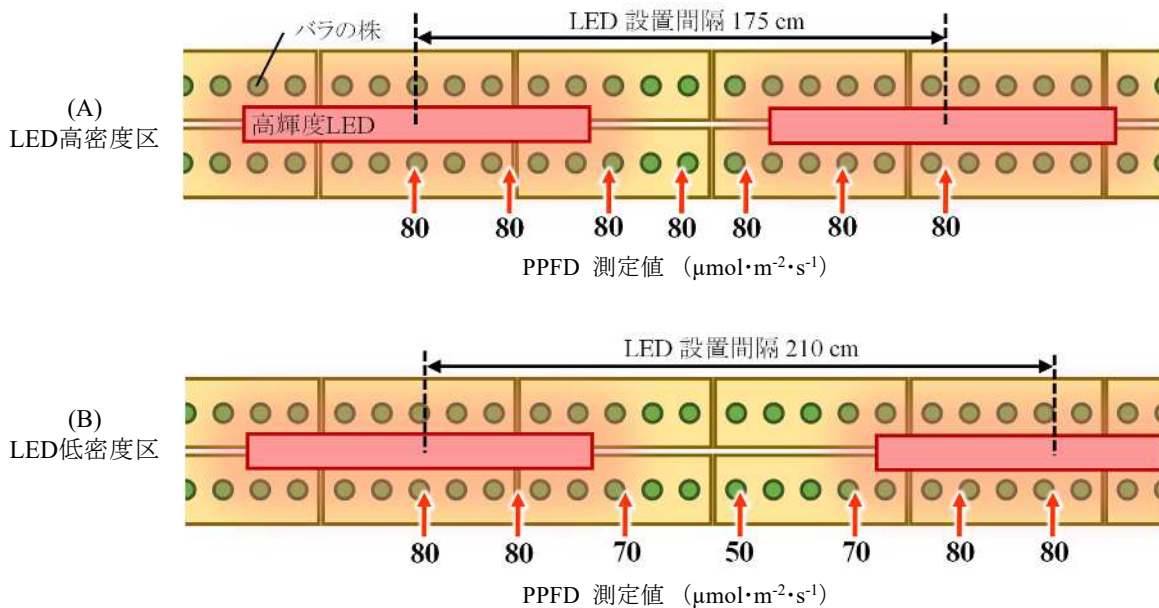


図1 異なる補光条件における株元位置の光合成有効量子束密度(PPFD)測定値



図2 LED補光実施時の様子

結果及び考察

1 異なる補光条件におけるPPFDの測定値

バラの株元位置におけるPPFDの測定値を図1に示した。LED高密度区では、全ての株元に対して $80\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 程度の均一な光量が照射されていた。LED低密度区では、直上にLEDが設置されている場所の株元には $80\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 程度の均一な光量が照射されていたが、直上にLEDが設置されていない場所において $50\sim 70\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 程度と、照射される光量が小さい値を示した。「サムライ08」を用いて測定された光—光合成曲線から、PPFDが $500\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ までは光強度の増加に伴い光合成速度が急激に上昇する⁷⁾ことが報告されており、LED低密度区で見られた光量の少ない場所においては、収量に影響を与える可能性が考えられる。

2 切り花の収量及び品質

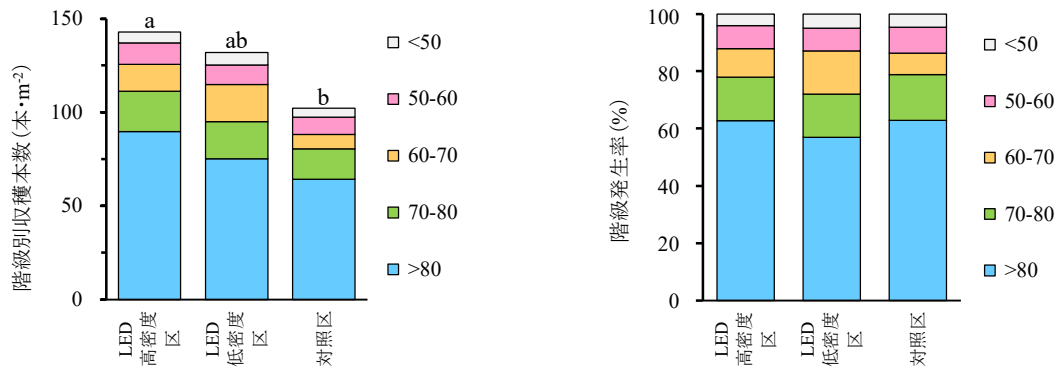
収穫した切り花について、 1m^2 あたりの階級別収穫本数と階級発生率を図3に示した。

「サムライ08」(図3A)では、 1m^2 あたりの可販階級(50cm級以上とする)の収穫本数がLED高密度区で136.9本、LED低密度区で125.2本、対照区で97.3本と、対照区と比較した収量がLED高密度区で40.8%増加、LED低密度区で28.7%増加した。切り花品質については、LED低密度区

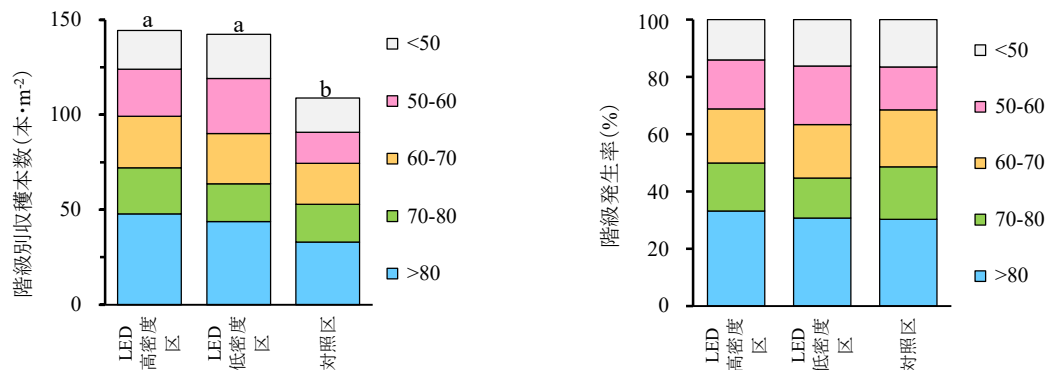
で他の2区より60cm級の割合が増加して70cm級以上の割合が減少する傾向が見られた。

「ブロッサムピンク」(図3B)では、 1m^2 あたりの可販階級の収穫本数がLED高密度区で124.0本、LED低密度区で119.1本、対照区で90.8本と、対照区と比較した収量がLED高密度区で36.6%増加、LED低密度区で31.2%増加した。切り花品質については、LED低密度区で他の2区より50cm級の割合が増加して70cm級以上の割合が減少する傾向が見られた。

以上から、2品種とも対照区と比較した可販階級の増収程度はLED高密度区のほうがLED低密度区よりも大きくなる傾向が見られ、さらにLED低密度区では他の2区よりも、上位階級の発生率が低下する傾向が見られた。これらの結果は、前述のように各区に照射された光量の違いによるものであると考える。LED高密度区とLED低密度区の収量の違いは、照射される光量の異なる場所を中心に萌芽数が異なったことが原因と考えられ、以降も光量の差によって生育に差が生じ、階級発生率が異なると考えられる。そして、LED低密度区では対照区よりも上位階級の発生率が低下していることから、品質を維持しながら収量を向上させるには、すべての株に対して株元に十分な光量が照射される条件で補光を行うことが望ましいと示唆された。LED高密度区よりもさらにLED設置密度の高い条件(バラ20株あたりにLED1台)で補光を行った犬伏ら²⁾の報告において、補光による階級発生率などの品質への影響は見



(A) 「サムライ08」の階級別収穫本数及び階級発生率



(B) 「ブロッサムピンク」の階級別収穫本数及び階級発生率

図3 異なる補光条件における階級別収穫本数及び階級発生率

異符号間にTukey多重検定で5%水準の有意差あり、調査期間は2022年5月20日から2023年6月2日まで

表2 異なる補光条件における経済性評価 (円・m²・年⁻¹)

品種	試験区	(A) 推定販売額	(B) LED補光費用		(C) 炭酸ガス施用費用		(A)-(B+C) 差額
			導入費	維持費	導入費	維持費	
サムライ08	LED高密度区	14746	1218	846	64	193	12426
	LED低密度区	13573	1023	710	64	193	11582
	対照区	10027	0	0	0	0	10027
ブロッサムピンク	LED高密度区	11359	1218	846	64	193	9038
	LED低密度区	10566	1023	710	64	193	8575
	対照区	8127	0	0	0	0	8127

- 1) 推定販売額は、切り花長50cm以上を可販想定し、単価は市場価格を基準に、階級別で50cmを中値-20円、60cmを中値-10円、70cmを中値、80cmを中値+10円で設定し、週ごとに平均単価と各階級の本数を乗算して集計した。
- 2) 導入費は、LEDを34100円・台⁻¹、炭酸ガス発生装置を450000円・台⁻¹・1000m²で想定し、減価償却額を計上した。
- 3) 維持費は、電気代について中部電力株式会社の低圧季節別時間帯別電力の料金に基づき、LEDの消費電力量を108W・h⁻¹・台として計上した。灯油代は、資源エネルギー庁統計の灯油配達現金価格に基づき、各月の平均価格と使用量から計算した。

られなかったとされることから、品質を維持して収量を向上させるためのLED設置密度は、本研究におけるLED高密度区の条件で充分であると推定される。ただし、本研究では、5株植えのプランターあたりの収量に差はなかったものの、1株ごとの個別調査は行っておらず、LED低密度区の光量の少ない場所では収量性が低下していたかは判断できなかった。

3 経済性評価

経済性の評価として、切り花の推定販売額、補光及び炭酸ガス施用に係る経費、推定販売額と経費の差額について、年間、1m²あたりの試算結果を表2に示した。

対照区との差額は、「サムライ08」のLED高密度区で2399円、LED低密度区で1555円高く、「ブロッサムピンク」のLED高密度区で911円、LED低密度区で448円高くなった。2品種とも補光と炭酸ガス施用を行った場合に対照区よりも経済的に有利となり、その程度はLED低密度区よりLED高密度区で優れた。犬伏ら²⁾の報告では、20株あたりにLED1台の設置条件で補光と炭酸ガス施用を実施した場合、維持費(電気代及び灯油代)については回収可能とした。一方、本研究では25株あたりにLED1台という設置密度での補光は、維持費だけでなく導入費まで回収可能であり、経済的に優れることを示した。よって今回、高輝度LEDを用いた補光について、より適正なLED設置条件と生産現場での実用性を示す知見を得ることができた。

なお、LED高密度区の条件において毎年同等の増収額を得られると仮定するならば、導入にあたる機材価格の総額(1m²あたり8975円)を「サムライ08」ならば3年目、「ブロッサムピンク」ならば5年目に回収可能である計算になるが、コスト回収のためには複数年にわたる安定的な増収が必要である点には留意すべきである。また補光を実践するうえでは、依然として検討すべき事項も多い。近年、極端な気象が増加し、また、販売単価が伸び悩む中で、機材費や光熱費等の経費は今後も高騰していく状況が見込まれており、安定して黒字化を図るため、さらに経済性を有利にする工夫が必要である。

本研究では、短時間のLED補光と高温期を除く炭酸ガス施用を周年実施したが、販売単価の低迷から夏季の出

荷を控える産地の動向や、酷暑におけるバラ生産は光量不足以外の要因も大きいと考えられることから、夏季のLED補光は実施しないほうが経済的に有利である可能性がある。また、今後は、高輝度LED本体価格の低価格化も進むと考えられ、より効果的な照射方法を検討すれば経済的な優位性はさらに向上すると思われる。さらに、LED補光や炭酸ガス施用に対する品種間差を調査し、より収益性が高い品種を明らかにする必要がある。

引用文献

1. 犬伏加恵, 和田朋幸, 新井和俊, 二村幹雄. 高輝度LEDによる補光処理時の光質及び照射時間帯がバラ切り花の品質・収量に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 53, 199-202(2021)
2. 犬伏加恵, 和田朋幸, 二村幹雄. 短時間のLED補光とCO₂施用がバラ切り花の周年の収量・品質に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 54, 77-85(2022)
3. 茨城県農業総合センター園芸研究所. バラは低日射時のLED補光による増収効果が高い. 研究成果花き(多年生切り花). (2020)
<https://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/enken/seika/kaki/tanennsei/documents/r2kaki4.pdf> (2024.5.7参照)
4. 奥村義秀, 吉田龍博, 新井和俊. バラ切り花栽培の夏季高温期におけるCO₂施用と培養液管理が収量・品質に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 51, 111-114(2019)
5. 中部電力株式会社. タイムプラン(低圧季節別時間帯別電力)
<https://miraiz.chuden.co.jp/business/electric/menu/smallscale/electric/timeplan/> (2024.5.7参照)
6. 資源エネルギー庁. 給油所小売価格調査(ガソリン、軽油、灯油)<調査結果一覧>灯油配達
https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl007/results.html#headline1 (2024.5.7参照)
7. 熊崎忠, 山内高弘, 杉山千織, 三枝正彦. バラ施設栽培における個葉光合成速度による炭酸ガス施用効果の評価. 園学研10別2, 249 (2011)