

種々の波長のLED照明がアオジソの花芽分化抑制と生育に及ぼす影響

後藤美奈子¹⁾・白谷嘉朗²⁾・長屋浩治¹⁾・杉浦英博¹⁾・相川豊孝²⁾

摘要：アオジソの電照栽培における種々の波長（赤色、黄色、緑色、青色）の単色LED光照明が花芽分化抑制及び生育に及ぼす影響を調査した。

従来の電照光源である蛍光灯4時間照明区では、32.9 mW/m²以上の放射照度で出蕾率が10%以下に抑えられたのに対し、赤色LED光（ピーク波長634 nm）4時間照明区では34.2 mW/m²以上で出蕾率が10%以下に抑えられたことから、4時間照明では赤色LED光は蛍光灯とほぼ同等の花芽分化抑制効果があった。また、赤色LED光12時間照明では、4時間照明区に比べて約4分の1の放射照度である7.9 mW/m²以上で花芽分化を抑制することができた。

12時間照明において、赤色及び黄色LED光（ピーク波長592 nm）は蛍光灯4時間照明区と同等に花芽分化抑制効果が高かったが、緑色LED光（ピーク波長519 nm）、青色LED光（ピーク波長470 nm）の順に抑制効果が劣った。異なる波長のLED光及び蛍光灯間に生育後の節数及び側枝数に違いはなかったが、青色LED光照明区で主枝長及び節間長が長くなった。

キーワード：アオジソ、電照、赤色LED、花芽分化抑制

緒言

愛知県のアオジソ生産は、栽培面積、収穫量ともに全国第一位であり、そのほとんどが東三河地域で生産されている。アオジソの施設栽培では、花芽分化を抑制するため、主に蛍光灯を用いた電照によって周年栽培が行われているが、近年、電力消費量が少なく、単色光を照射できる発光ダイオード（LED）の利用が栽培現場で期待されている。

LED光の農業利用はキクで実用化が進められているが、キクの花芽分化抑制に効果的な波長は、600～640 nm^{1), 2)}であり、その単色光を発する赤色LEDをアオジソ栽培に導入しようとする動きがある。アオジソの慣行の電照方法では、蛍光灯を用いて、22時～2時の4時間の光中断照明が一般的である。アオジソでは蛍光灯で照度3 lx以上あれば花芽分化を抑制できると言われ、株全体に光が当たるように光源を2 m以上の高さに設置し、さらに、キクでは10 m²あたり1灯³⁾であるのに対して、アオジソでは13.2 m²あたり1灯⁴⁾と、少ない設置数である。しかし、蛍光灯の代替として、赤色LED光をアオジソの花芽分化抑制に利用するために必要な光の強度や

電照時間は明らかにされていない。

そこで、今後、アオジソ産地にLED光源の導入を進める基礎的データとするため、種々の波長の単色光照明の時間と光強度の違いがアオジソの花芽分化抑制及び生育に及ぼす影響を調査したので報告する。

材料及び方法

試験1 赤色LED光の照明時間と光強度の違いがアオジソの花芽分化抑制に及ぼす影響

1 試験区の設定

赤色単色光源として消費電力9 WのLED電球（ピーク波長634 nm、鍋清株式会社、名古屋）を、対照として消費電力21 Wの蛍光灯（ネオボールZアグリ21、株式会社東芝、東京）を用いた。両光源ともに慣行栽培と同じ約2 mの高さで後述する各試験区画の端位置に設置し、光源からの距離によって光強度を変化させた。光強度は、放射照度（単位：mW/m²）としてポータブル放射照度計（デルタオーム社、イタリア）を用い、定植する袋培地の上面位置で感光部を真上に向けて、光源の真下から20 cm間隔で2地点ずつ測定して平均値で示した。

本研究は園芸学会平成25年度春季大会（2014年3月）において発表した。

¹⁾東三河農業研究所 ²⁾東三河農業研究所（現東三河農林水産事務所）

(2014. 9. 4 受理)

10月3日の定植直後から電照を開始し、試験区として赤色LED光4時間(22時～2時)照明区、赤色LED光12時間(18時～6時)照明区を、対照区として蛍光灯4時間(22時～2時)照明区を設けた。試験規模は1区当たり30株で2反復とした。

2 耕種概要

品種は「愛経1号」(愛知農総試及び愛知経済連育成)を用いた。2011年9月2日、128穴セルトレイに播種し、育苗期間中は花芽分化抑制のため蛍光灯(ネオボールZアグリ21、21W、株式会社東芝、東京)を用いて、4時間(22時～2時)の光中断電照を行った。本葉2～3葉の苗を袋培地(ポリエチレン製、培養土容量30L)に10月3日に定植した。畝間は120cm、株間は20cm、2条植えとした。施肥と灌水は点滴灌水方式で1株毎に行い、愛知県農総試が作成したシソの袋培地栽培指針⁵⁾に従って栽培した。栽培中は葉長7.5cm以上の収穫サイズに達した葉を週2回収穫した。

3 調査項目

栽培終了時期である2012年3月26日から4月3日の間に、アオジソ株の出蕾率を調査した。1株の主枝から発生する5cm以上の分枝を1次側枝、1次側枝から発生する分枝を2次側枝とし、主枝、1次及び2次側枝の数とそれらの出蕾枝数を調査して出蕾率を算出し、光源真下位置から20cm間隔の1地点当たり2株の平均値として示した。

試験2 種々の波長の単色LED光照明がアオジソの花芽分化抑制及び生育に及ぼす影響

1 試験区の設定

光源として、波長の異なる消費電力4Wの鍋清株式会社(名古屋)製電球型LED電球を4種類(①赤色:ピーク波長624nm、PDL-R-4W、②黄色:ピーク波長592nm、DPDL-A-4W、③緑色:ピーク波長519nm、DPDL-G-4W、④青色:ピーク波長470nm、DPDL-B-4W)を用いた。光強度は、栽培する袋培地の上面から15cmの高さで放射照度が300mW/m²になるように高さを調節して各試験区当たり3球ずつ設置した。照明試験は定植31日後の12月27日から開始し、波長間の効果の差を明らかにするため、点灯時間は12時間(18時～6時)とした。対照区として、試験1と同様、蛍光灯を2mの高さに設置し、12時間(18時～6時)照明とした。栽培規模は1区30株の2反復とした。

2 耕種概要

品種は「愛経1号」(愛知農総試及びJAあいち経済連育成)を用いた。2012年10月11日に128穴セルトレイに播種し、本葉2～3葉の苗を11月26日に定植した。栽培方法は試験1と同様にシソの袋培地栽培指針⁷⁾に従って栽培した。播種から試験開始までの間、試験1と同様な蛍光灯電照によって花芽分化を抑制した。

また、収穫も試験1と同様な方法で行った。

3 調査項目

栽培終了時期である2013年4月8日に、試験1と同様、出蕾数を1試験区当たり14株ずつ調査し、出蕾率を算出して示した。さらに、主枝、1次側枝、2次側枝のそれぞれについて出蕾していた株数を調査し、出蕾株率として示した。同時に、主枝長、節数、第6節から第7節までの節間長を1試験区当たり14株ずつ調査した。

結果及び考察

試験1 赤色LED光の照明時間と光強度の違いがアオジソの花芽分化抑制に及ぼす影響

設置した光源下の放射照度を比較すると、光源の真下付近で赤色LEDが蛍光灯を上回っていたが、真下から100cm以遠では、赤色LEDが蛍光灯より低くなり、それ以上の距離では両光源ともに同じ程度で徐々に低下した(図1)。

光源真下位置からの距離が赤色LED光4時間照明区で約240cm、蛍光灯4時間照明区で約280cmまで、出蕾率が10%以下と低く推移したが、それ以上離れると出蕾率が増加した(図2)。

また、出蕾率が10%を超える限界の放射照度は、赤色LED光4時間照明区で34.2mW/m²、蛍光灯4時間照明区で32.9mW/m²であった(図3右)。このことから、今回設置した赤色LED光源は22時～2時の4時間電照する場合、花芽分化抑制効果は従来光源である蛍光灯とほぼ同程度であると考えられた。

一方、赤色LEDの4時間照明区と12時間照明区を比較すると、4時間照明区の約4分の1以下である放射照度7.9mW/m²でも12時間照明区では出蕾率が10%以下に抑えられた。さらに放射照度が26.6mW/m²あれば、出蕾率は0%であった(図3)。このことから、照明時間を長くすると、より低い放射照度でも花芽分化を効率的に抑制できることがわかった。したがって、消費電力は低いものの1個あたりの購入価格が高いLED光源を新たにアオジソ栽培に導入する際には、面積当たりの光源設置数と照明時間の長さを十分に検討する必要がある。

試験2 種々の波長の単色LED光照明がアオジソの花芽分化抑制及び生育に及ぼす影響

赤色LED光区、黄色LED光区及び蛍光灯区では、出蕾率は0%で、主枝、1次側枝、2次側枝すべてにおいて出蕾した株はなかった。しかし、緑色LED光区と青色LED光区では出蕾があり、出蕾率は緑色LED光区で0.17%、青色LED光区で1.68%だった。緑色LED光区では2次側枝で7%の株が出蕾し、青色LED光区では1次側枝で43%、2次側枝で57%の株が出蕾していた(表1)。

このことから、赤色LED光及び黄色LED光は、蛍光灯と同様に花芽分化抑制効果が高く、緑色LED光及び青色LED光は、蛍光灯に比べて花芽分化抑制効果が低いことが明らかになった。さらに、緑色LED光区では2次側枝での

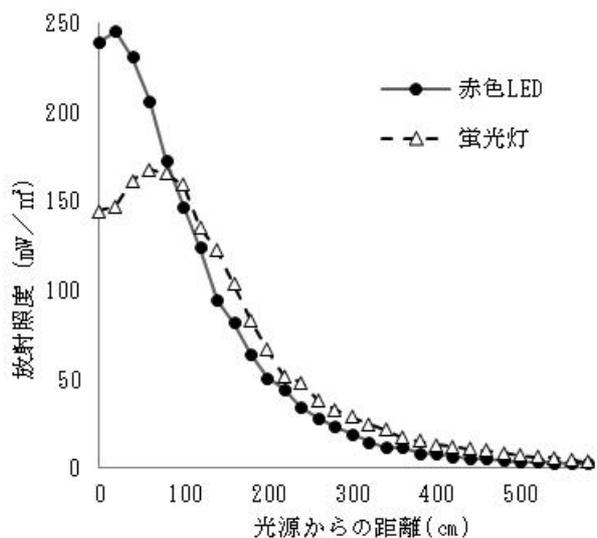


図1 照明光源からの距離と放射照度

- 1) 放射照度は定植前に栽培する袋培地上面で測定。
- 2) 光源真下位置から20 cm間隔で2地点の平均値。

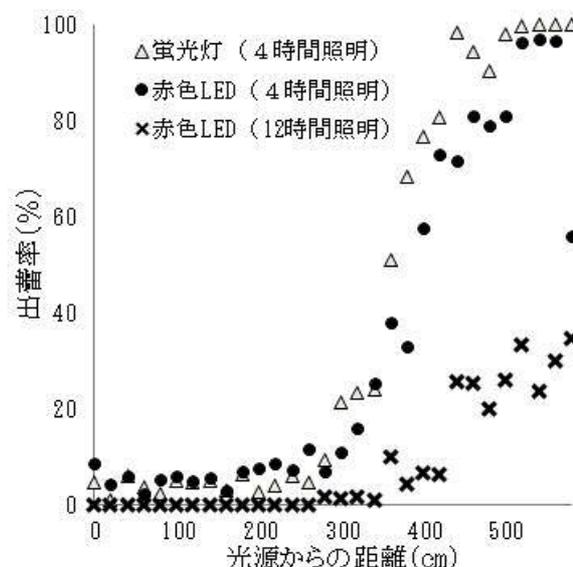


図2 赤色LED光及び蛍光灯照明における光源からの距離とアオジソの出蕾率

- 1) 出蕾率は2株の平均値。

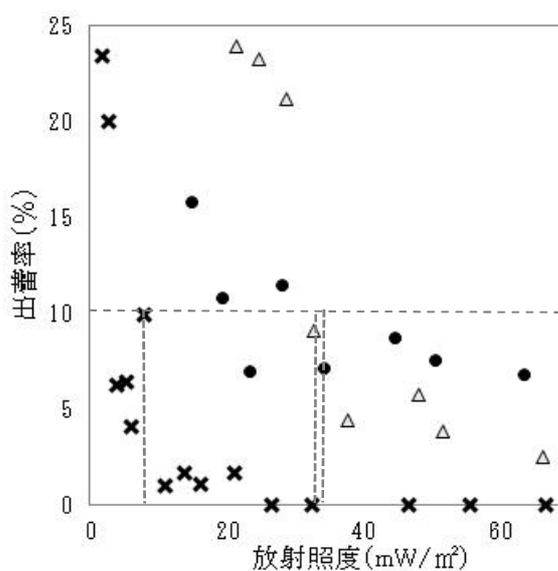
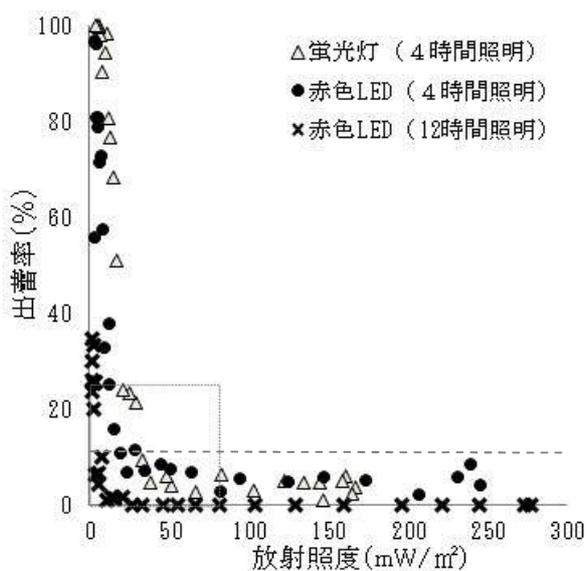


図3 赤色LED光及び蛍光灯照明における放射照度と出蕾率 (左: 全調査結果、右: 出蕾率10%付近の拡大図)

- 1) 放射照度は定植前に栽培する袋培地上面で測定。
- 2) 出蕾率は2株の平均値。

表1 種々の波長の単色LED光照明がアオジソの出蕾率及び出蕾株率に及ぼす影響

試験区	出蕾率 (%)	出蕾株率 (%)		
		主枝	一次側枝	二次側枝
赤色光区	0	0	0	0
黄色光区	0	0	0	0
緑色光区	0.17	0	0	7
青色光区	1.68	0	43	57
蛍光灯区	0	0	0	0

表2 種々の波長の単色LED照明がアオジソの主枝長、節間長、節数及び側枝数に及ぼす影響

試験区	主枝長 (cm)	節間長 ¹⁾ (cm)	節数 (節)	側枝数 ²⁾ (本)
赤色光区	83.5±7.3 ³⁾ a ⁴⁾	10.4±1.2 a	16.9±0.9 a	66.1±12.2 a
黄色光区	89.1±5.1 ab	11.3±0.7 ab	17.7±0.8 a	63.4±13.6 a
緑色光区	85.9±10.6 ab	11.8±0.9 b	16.9±1.1 a	54.4±14.1 a
青色光区	94.4±8.1 b	13.0±0.9 c	17.5±0.6 a	66.6±11.2 a
蛍光灯区	85.2±6.9 a	11.1±0.8 ab	17.5±0.5 a	63.8±16.3 a

1) 節間長は第6節と第7節の間の長さ。

2) 側枝数は1次側枝と2次側枝の合計。

3) 平均値±標準偏差 (n=14)。

4) Tukeyの多重検定により、異なる英文字間に5%水準で有意差あり。

み出蕾が見られたが、青色LED光区では2次側枝だけではなく、1次側枝でも出蕾していたことから、青色光は緑色光よりも花芽分化抑制効果がさらに低いと考えられた。

異なる波長の単色LED照明がアオジソの生育に及ぼす影響を調査した結果、節数と側枝数は試験区間で差がなかった(表2)。節数と側枝数はアオジソ栽培の生産性に大きく影響するが、異なる波長の光を照射しても差がなかったことから、収量への影響も少ないと考えられた。

しかし、主枝長及び節間長は、試験区間に差があり、主枝長は、青色LED照明によって赤色LED光と蛍光灯照明区に比べ有意に長くなり、照明試験開始後に伸長した第6節から第7節までの節間長は赤色LED光、黄色LED光、蛍光灯照明区に比べ、緑色LED光、青色LED光の順に有意に長くなった(表2)。

青色光は、花芽分化抑制効果が劣るものの、主枝長及び節間長が長くなる効果があることがわかった。異なる波長間で節数に違いがなかったことから、葉の展開速度は光源による違いがないと考えられるので、青色光照明により節間の伸長が促され、主枝長が長くなったと推察される。

なお、12時間照明という極端に長い照明時間により、アオジソの極端な形態的变化が出ることも予想されたが、本試験では大きな差は表れなかった。これは、日中は太陽光、夜間に照明する栽培であったため、異なる波長による形態的生育差異が表れにくかったものと考えられる。平井ら⁶⁾は、LEDを唯一の光源とした栽培試験において、ナス、ヒマワリの主茎の伸長が青色光で顕著に促進され、リーフレタスは著しく抑制されることを報告しているが、本試験では前者の品目と同様に青色光で主茎の伸長が促進されたと考えられる。

本試験では、緑色LED光及び青色LED光は花芽分化抑制効果が低かったため、今回設定した光強度では、実際のアオジソ栽培で使用することは困難であると考えられる。しかし、青色光照射は、ペリラルデヒドやリモネンなどのアオジソの芳香成分を増加させるという報

告⁷⁻⁹⁾があり、機能性成分の向上に役立つ可能性もあるので、今後、効果的な照明方法を検討する必要があると思われる。

引用文献

- 大石一史, 新井聡, 犬伏加恵, 中村恵章. キクの花芽分化抑制に有効なLEDの波長及び花芽分化抑制効果に及ぼす日射量の影響. 園芸学研究. 9(2), 545 (2010)
- 白山竜次, 永吉実孝. キクの花芽分化抑制における暗期中断電照の波長の影響. 園芸学研究. 12(2), 173-178 (2013)
- 光花きコンソーシアム編. キク電照栽培用光源選定・導入のてびき. p. 9 (2014)
- 西垣繁一. シソ・芽じそ・葉じそ・穂じそ一. 農山漁村分科協会. 東京. p. 67 (1990)
- 愛知県農業総合試験場. シソの袋培地栽培指針. 農業の新技术. 90 (2008)
- 平井正良, 雨木若慶, 渡邊博之. 発光ダイオード(LED)による単色光照射がナス、リーフレタス、ヒマワリの節間伸長に及ぼす影響. 植物環境工学. 18(2), 160-166 (2006)
- 堀端章, 松川哲也, 矢田清. 青色LEDによる補光が‘紀州在来薬用紫蘇’の生育および機能性成分含有量に及ぼす作用. Memoirs of the Faculty of Biology-Oriented Science and Technology of Kinki University. 28, 13-20 (2011)
- 大橋(兼子)敬子, 小川瑛利子, 大野英一, 渡邊博之. 異なる光質環境下で育成したシソ, ルッコラおよびコリアンダーの成長と精油含有量. 植物環境工学. 25(3), 132-141 (2013)
- 小林優香, 大橋敬子, 大野英一, 渡邊博之. 赤色、青色LEDが赤シソ、青シソの生育と芳香成分に与える影響. 園芸学研究(別). 373 (2014)