

白色LEDの照射時間帯の違いがスプレーカーネーション「カーネアイノウ1号」の生育・開花に及ぼす影響

地宗紀良¹⁾・丹羽好恵¹⁾・二村幹雄²⁾・奥村義秀²⁾・池内 都¹⁾

摘要:スプレーカーネーション「カーネアイノウ1号」の6月定植作型において、16時間日長となるよう白色LEDによる照射を朝夕照射、朝方照射、夕方照射の3種の時間帯の区を設け、生育・開花に及ぼす影響を調査した。その結果、いずれの時間帯の照射においても、白色LEDによる16時間日長は開花を促進させ、12月末までの収穫本数を増加させた。また、切り花品質は照射しない場合と同程度を維持できた。照射する時間帯を朝方照射とすることで開花促進の効果は高まり、5月末までの収穫本数の増加が認められた。

キーワード:カーネーション、白色LED、日長延長、照射時間帯、開花促進

緒言

愛知県をはじめとする暖地で生産されるカーネーション切り花の作型は6月に定植し、10月頃から5月まで収穫するものである。近年、異常高温により愛知県では熱帯夜や真夏日の平均年間日数が増加しており¹⁾、カーネーションの切り花は高温による年内収穫本数の減少²⁾や茎の軟弱化等の切り花品質の低下が生じて問題となっている。

花きの高温障害の対策としては、換気、遮光、冷房などがあげられ、冷房には水の気化熱を利用した気化冷却やヒートポンプによる夜間冷房がある³⁾。カーネーションにおいて、高温期に遮光を行うと開花遅延を引き起こすことが報告されており⁴⁾、遮光以外の方法が望まれている。Higashiuraら⁵⁾はヒートポンプ、浜田ら⁶⁾や地宗ら⁷⁾は細霧冷房で開花促進できることを明らかにしているが導入コストが高いため、より安価な方法が望まれる。

カーネーションは相対的長日植物であり、これまで白熱灯による長日処理は、長い日長ほど少ない節数で着らいし、開花日が早くなることが明らかになっている⁸⁾。しかし、茎の軟弱化やスプレー系品種においては着らい数が減少する等が生じ、切り花品質の低下がみられることからほとんど普及していない。

近年、発光ダイオード(Light Emitting Diode, 以下LED)の開発により特定の波長域に限定した照射が可能となり、農業分野においても多くの品目で研究が進められている⁹⁾。630 nm付近にピークを有する赤色LEDのカーネーションへの照射は鉢物¹⁰⁾、切り花¹¹⁾に関わらず品質が維持されながら開花

が早まり、さらに切り花では収穫本数も増加することが報告されている。さらに戸田ら¹²⁾は630 nm付近にピークを持つLEDを含む複数のLEDを組み合わせたランプで4時～8時及び16時～20時に照射する16時間日長処理は少ない節数で発らいし、到花日数も短くなることを明らかにしている。しかし、一作期を通した評価はできていない。また、キクの花芽分化抑制は620～640 nm付近の赤色波長が有効であるが、赤色は作業用の照明に適さないため¹³⁾、作業性向上を目的に複数の波長を組み合わせた白色LEDも普及している。そこで本研究は戸田らが用いたLEDのうち、630 nm付近にピークを有する8.5 Wの白色LEDを使用し、照射時間帯を変えた16時間日長が生育開花に及ぼす影響について、一作を通して調査した。

材料及び方法

1 栽培概要

本研究は、愛知県農業総合試験場(愛知県長久手市)のガラス温室(間口7.2 m×奥行13.9 m×高さ4.5 m)で実施し、供試品種をスプレーカーネーション「カーネアイノウ1号」とした。

2022年6月30日に発根苗を幅90 cmの栽培用隔離ベッドに展開したフラワーネット(目合い10 cm幅9目)の中央部及び両端を除く6目に1目当たり1株ずつ定植する中1株抜き6株植えとし、畝の長辺方向の隣の1目を空け、次の1目に再び中1株抜き6株植えとした。7月20日に株元から6節目前後で摘心を行った。摘心後に発生した一次側枝を4本に整理し、

本研究の一部は令和5年度園芸学会東海支部大会(2023年10月)において発表した。また、本研究は「令和4年度持続的生産強化対策事業のうちジャパンフラワー強化プロジェクト推進」の事業主体である花き生産供給力強化協議会の支援により実施した。

¹⁾園芸研究部 ²⁾園芸研究部(退職)

(2024.9.4受理)

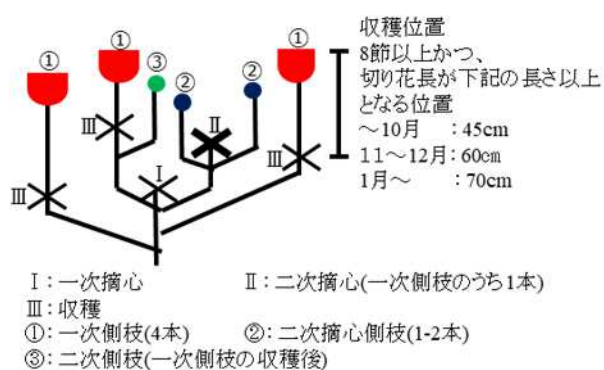


図1 摘心、側枝と収穫位置の模式図

9月10日に最も伸長した一次側枝1本を7節残して摘心(二次摘心)し、その後に発生し、伸長した側枝を二次摘心側枝とした。なお、本研究における各側枝の定義及び収穫方法については図1のとおりとした。

施肥は、馬場ら¹⁴⁾と同様、窒素量で一株当たり2.4 g施用した。基肥は窒素量で一株当たり0.2 gとし、T-N:P₂O₅:K₂O=13:9:11のエコロングトータル391(ジェイカムアグリ株式会社、東京)の100日タイプを施用した。追肥は液肥のT-N:P₂O₅:K₂O=15:15:15の養液土耕3号(OATアグリオ株式会社、東京)またはT-N:P₂O₅:K₂O=14:8:25の養液土耕2号(OATアグリオ株式会社、東京)を灌水同時施用とし、2022年7月21日から2023年4月30日までに窒素量で一株当たり2.2 gを分けて分肥した。

温度管理は、20°Cで側窓、天窓が開放されるよう設定し、11月18日から12°Cで温湯による加温を行った。

2 試験区

光源は450 nm及び630 nm付近にピークを有する8.5 Wの白色LED(NEXLIGHT BALL NL-B609-R80Q、有限会社豊川温室、豊川)とし、栽培用隔離ベッドの中央にベッド表面から1.5 mの高さに1.5 m間隔で設置した。光源直下の光合成有効量子束密度は、鉛直距離0.5 mでは19.4、1 mでは6.3、1.2 mでは4.7、1.5 mでは3.2 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ であった。試験区間に遮光幕を設置し、日没から日の出の間に照射光が区外に漏れないようにした。

試験区は朝夕照射区、夕方照射区、朝方照射区及びLED照射しない対照区の4区を設けた。照射した3区の日長は16時間で統一し、対照区は自然日長とした。照射時間は朝夕区で4時~8時及び16時~20時とした。夕方区で日の出

時刻を起点とし、日没1時間前から16時間日長となる時間までとした。朝方区で日の入り時刻を終点とし、16時間日長となる時間から日の出1時間後までとした。照射時間は国立天文台の日の出、日の入り時刻を参考にし、日の出及び日の入りの変動に応じて15分単位で調整した。8月1日及び1月1日の照射時間は図2のとおりであり、夕方区及び朝方区では自然日長が長い時期は照射時間が短く、自然日長が短い時期は照射時間が長くなった。照射は2022年7月20日から2023年4月30日まで行い、調査は開花始期から2023年5月31日まで行った。試験規模は1区24株3反復とした。

3 調査項目

切り花の開花日は最初に展開し始めた花冠の最外縁に位置する花卉が水平まで開いた日とした。到花日数は一次側枝では一次摘心日から、二次摘心の切り花では二次摘心日から、それぞれ開花日までの日数とした。

側枝長及び節数は一次側枝及び二次摘心側枝は24本目まで、二次側枝は開花した切り花の5本目までを調査した。下垂度、8節切り花長、8節切り花重、調整重、着色花らい数、総花らい数、2-3節間長、4-5節間長、茎径(4-5節の中心部)、一次側らい花柄長は11月、2月及び4月に各10本で評価した。節数は側枝発生位置から頂花までとした。下垂度は切り花を頂部から45 cmの位置で水平に支え先端の下垂部を水平面からの角度を測定した。調整重は切り花の長さが11月調査で60 cm、2月及び4月調査で70 cmとなる位置で調整後に測定した。3輪以下発生本数は、着色花蕾数を全期間で調査して算出した。

結果及び考察

生育調査の結果を表1及び表2に示した。一次側枝の切り花は朝方区で対照区より到花日数及び側枝長が短く、節数は朝方区及び朝夕区で対照区より低くなり、特に朝方区で低かった。

二次摘心側枝の切り花は到花日数では朝方区及び朝夕区が短くなり、側枝長及び節数では照射した3区で低かった(表1)。二次側枝の生育は朝夕区及び朝方区で節数が低かった(表2)。

収穫本数調査の結果を表3に示した。一株当たりの累積収穫本数は、12月末では照射した3区が対照区より多く、5月末では朝方区が他の区より多かった(表3)。白色LEDによる

試験区	時間	0 1 2 3 4 5 6 7 8~ 15 16 17 18 19 20 21 22 23																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8~	15	16	17	18	19	20	21	22	23						
8月	朝夕	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	夕方	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1日	朝方	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	対照	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1月	朝夕	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	夕方	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1日	朝方	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	対照	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

□ 明期
■ LED照射
■ 暗期

図2 8月1日と1月1日における照射時間

表1 照射時間帯の違いと一次側枝及び二次摘心側枝の生育

試験区	一次側枝				二次摘心側枝			
	開花日 (月/日)	到花日数 ¹⁾ (日)	側枝長 (cm)	節数 (節)	開花日 (月/日)	到花日数 (日)	側枝長 (cm)	節数 (節)
朝夕	11/25	128.7 a ²⁾	88.4 a	15.9 b	3/16	187.8 b	98.2 b	15.1 c
夕方	11/26	129.8 a	90.6 a	16.5 a	3/30	201.5 a	101.6 b	16.1 b
朝方	11/5	109.0 b	81.7 b	14.7 c	3/1	172.6 c	97.9 b	14.7 c
対照	11/30	133.8 a	91.8 a	16.7 a	4/7	209.4 a	107.4 a	18.0 a

開花始期から24本目までの平均

- 1) 一次側枝は一次摘心(7月20日)から、二次摘心側枝は二次摘心(9月10日)から開花日までの日数
2) 同列異符号間には、Tukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

表2 照射時間帯の違いと二次側枝の生育

試験区	側枝長 (cm)	節数 (節)
朝夕	97.7 a ¹⁾	15.9 bc
夕方	96.9 a	16.7 ab
朝方	103.3 a	14.9 c
対照	103.9 a	17.5 a

開花始期から5本目までの平均

- 1) 同列異符号間には、Tukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

16時間日長は開花を促進させたためと考えられ、12月末までの収穫本数を増加させたが、5月末までの収穫本数が朝方区で多かった要因は、二次側枝では朝方区が他の区より多かったためと考えられ、一次側枝の収穫が早まったことで二次側枝の発生や伸長の開始が早まったことが要因と考えられる。

切り花品質は、8節切り花長は、2月で照射した3区、4月で朝夕区及び朝方区が対照区より長くなった。調整重は4月で朝方区が対照区より軽くなった。2-3節間長は2月及び4月で照射した3区が対照区より長くなった。4-5節間長は2月で夕方区及び朝方区、4月で朝方区が対照区より長くなった。着色花らい数は、11月で朝夕区及び朝方区が対照区より多くなったが、2月で朝夕区及び夕方区、4月で照射した3区が対照区より少なくなった。総花らい数は、2月で朝夕区、4月で夕方区が対照区より少なくなった(表4)。また、一次側らい花柄長及び一株当たりの3輪以下発生本数には差がみられなかった(データ未掲載)ことから、一部の品質に差がみられたものの切り花品質への影響は小さいと考えられる。

以上のことから、いずれの時間帯の照射においても、白色LEDによる16時間日長は開花を促進させ、12月末までの収穫本数を増加させた。また、切り花品質は照射しない場合と同程度を維持できた。照射する時間帯を朝方照射とすることで開花促進の効果は高まり、5月末までの収穫本数の増加

表3 側枝ごとの月別累積収穫本数

来歴	試験区	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月
合計	朝夕	-	0.04 b ¹⁾	0.63 b	2.15 ab	2.67 a	3.07 a	3.72 a	4.42 ab	5.47 b
	夕方	0.01	0.04 b	0.56 b	1.83 b	2.53 a	2.88 ab	3.29 b	4.35 ab	5.36 b
	朝方	0.03	0.28 a	1.23 a	2.23 a	2.76 a	3.31 a	4.07 a	4.76 a	6.23 a
	対照	-	0.10 b	0.38 b	1.41 c	2.21 b	2.67 b	3.13 b	4.16 b	5.23 b
一次側枝	朝夕	-	0.04 b	0.63 b	2.15 a	2.64 a	2.85 a	2.97 a	2.99 a	3.00 a
	夕方	0.01	0.04 b	0.56 b	1.83 b	2.53 a	2.79 a	2.89 a	2.97 a	2.97 a
	朝方	0.03	0.28 a	1.23 a	2.21 a	2.65 a	2.85 a	2.87 a	2.90 a	3.00 a
	対照	-	0.10 b	0.38 b	1.41 c	2.20 b	2.62 a	2.83 a	2.96 a	3.01 a
二次側枝	朝夕	-	-	-	-	-	-	0.01	0.08 b	0.93 b
	夕方	-	-	-	-	-	-	-	0.10 b	0.78 b
	朝方	-	-	-	-	0.01	0.03	0.13	0.46 a	1.72 a
	対照	-	-	-	-	-	-	0.03	0.10 b	0.62 b
二次摘心側枝	朝夕	-	-	-	-	0.03	0.22 ab	0.74 b	1.35 a	1.54 a
	夕方	-	-	-	-	-	0.08 b	0.40 bc	1.28 a	1.61 a
	朝方	-	-	-	0.01	0.10	0.44 a	1.07 a	1.40 a	1.51 a
	対照	-	-	-	-	0.01	0.06 b	0.27 c	1.10 a	1.59 a

- 1) 各来歴における同列異符号間には、Tukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

表4 照射時間帯の違いと切り花品質

調査月	試験区	下垂度 (度)	8 節 切り花長 (cm)	8 節 切り花重 (g)	調整重 ¹⁾ (g)	2-3 節間長 (cm)	4-5 節間長 (cm)	茎径 (mm)	着色 花らい数	総 花らい数
11月	朝夕	15.8 a ²⁾	65.3 a	32.0 a	30.8 a	8.4 a	8.8 a	4.3 a	4.3 a	5.6 a
	夕方	14.1 ab	65.4 a	31.7 a	30.2 a	8.6 a	8.6 ab	4.4 a	4.1 ab	5.2 a
	朝方	13.3 b	64.4 a	31.5 a	30.6 a	8.0 b	8.3 b	4.4 a	4.3 a	5.2 a
	対照	13.3 ab	63.3 a	30.7 a	30.0 a	8.2 ab	8.3 ab	4.4 a	3.7 b	5.8 a
2月	朝夕	7.2 a	75.3 a	44.1 a	42.8 a	9.2 a	8.7 ab	4.9 a	3.9 b	5.6 b
	夕方	6.9 a	74.6 a	44.8 a	44.1 a	9.0 a	8.8 a	4.9 a	4.0 b	6.2 ab
	朝方	7.3 a	75.5 a	43.1 a	41.8 a	9.2 a	9.0 a	4.7 a	4.1 ab	6.1 ab
	対照	6.9 a	70.9 b	43.6 a	43.8 a	8.4 b	8.4 b	4.8 a	4.4 a	6.8 a
4月	朝夕	5.4 a	69.6 ab	49.0 a	50.3 a	9.0 a	8.1 b	5.3 a	5.1 b	7.4 ab
	夕方	4.9 a	68.7 bc	45.3 a	48.3 ab	9.2 a	8.0 b	5.4 a	5.1 b	6.6 b
	朝方	4.6 a	72.5 a	45.0 a	44.7 b	9.3 a	8.7 a	5.1 a	4.8 b	7.2 ab
	対照	4.3 a	66.4 c	48.9 a	51.5 a	8.4 b	7.7 b	5.3 a	5.6 a	8.0 a

1) 11月は60 cm、2月及び4月は70 cm

2) 各調査月における同列異符号間には、Tukeyの多重検定により5%水準で有意差あり(n=10)

が認められた。今後は経済性を明らかにするため、照射時間の長さや設置方法等の検討が望まれる。また、本研究で用いた白色LEDにおいても、加藤らと同様に開花促進及び収穫本数の増加を確認できたことから、加藤らや本研究で用いたLEDと同じような630 nm付近にピークを有するLEDで同様の設置方法であれば同様の効果を得られることが推察される。

引用文献

1. あいち地球温暖化防止戦略2030(改定版)～カーボンニュートラルあいちの実現に向けて～(2022年12月策定)
<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/ondanka/senryaku2030kai-teiban.html>(2024.5.7参照)
2. 稲葉善太郎, 藤井俊行, 地宗紀良, 水谷祐一郎, 東浦優. 暖地作型のカーネーションにおける夏秋期の温度条件と採花本数との関係. 園芸学研究. 23別1, 377(2024)
3. 柴田道夫. 高温障害対策の基本. 花き園芸大百科3 環境要素とその制御. 農文協編. 東京. p.380-385(2002)
4. 服部安一, 竹島彊二, 吉沢克彦. 高温期における温度低下がカーネーションの生育開花に及ぼす影響. 滋賀県農業試験場研究報告. 24, 135-146(1982)
5. Higashiura, M., Kajihara, S., Uno, Y. and Yamanaka, M. Effects of Temperature and Timing/Duration of Night Cooling Treatments on Flowering Time and Quality of Cut Flowers of Standard Type Carnation(*Dianthus*

- caryophyllus*). The Horticulture Journal 89 (1), 61–68(2020)
6. 浜田佳代子, 塚原亜紀, 谷口将一, 香西修志. 外部細霧冷房がスプレーカーネーションの生育および収量に及ぼす影響. 園芸学研究. 22別1, 372(2023)
7. 地宗紀良, 丹羽好恵, 戸田浩子, 二村幹雄. 夏季における高圧細霧の噴霧がスプレーカーネーションの生育・開花に及ぼす影響. 園芸学研究. 22別1, 373(2023)
8. 米村浩次. 切り花栽培の新技术カーネーション上巻. 誠文堂新光社. 東京. p.65-87(1990)
9. 田澤信二. 10.3 生物への光放射の応用(第10章 光放射の応用). 照明学会誌. 96(8B), 575-576(2012)
10. 中島拓, 鈴木健, 熱田圭佑, 加藤正広. 赤色LED照射と暖房温度がポットカーネーションの開花および生育に及ぼす影響. 園芸学研究. 20(4), 433-443(2021)
11. 加藤智恵美, 勝岡弘幸, 馬場富二夫, 稲葉善太郎. 赤色または遠赤色LEDの照射が切り花カーネーションの生育および開花に及ぼす影響. 園芸学研究. 22(1), 35-44(2023)
12. 戸田浩子, 二村幹雄. 波長の異なるLED光の低照度照射による日長延長がスプレーカーネーションの生育・品質に及ぼす影響. 愛知県農総試研報. 54, 131-134(2022)
13. 愛知県農業総合試験場. LEDを利用したキクの開花調節マニュアル. 農業の新技术. (2013)
14. 馬場富二夫, 石井ちか子, 石井香奈子, 武藤浩志, 稲葉善太郎. 冬季夜温の違いがスプレーカーネーションの開花, 収量, 切り花品質に及ぼす影響. 園芸学研究. 9(3), 325-332(2010)