

## 暗期中断に用いる光源の違いが草花類の生育および開花に及ぼす影響

村井かほり\*・國武利浩<sup>1)</sup>・近藤孝治・西海真季<sup>2)</sup>

白熱灯および電球色蛍光灯を用いた 4 時間の暗期中断 (22:00~2:00) が、本県で生産量の多い草花類 14 品目の開花および切り花形質に及ぼす影響について評価し、電球色蛍光灯が白熱灯の代替光源として選定可能であるかを検討した。その結果、白熱灯と蛍光灯の暗期中断が開花反応および切り花形質に及ぼす影響は品目によって大きく異なり、供試した 14 品目のうち、ヒペリカム、シレネ、ヒマワリ、カルタムスは白熱灯と電球色蛍光灯で開花反応および切り花形質に及ぼす影響は同等であることが明らかとなった。また、アレンジメントアスターおよびブプレラムは、白熱灯に比べ電球色蛍光灯で開花遅延や切り花形質の低下が認められた。一方、キンギョソウでは栽培時期、ダリアでは品種により影響の差があることが示唆された。

[キーワード：暗期中断，白熱灯，開花反応，蛍光灯，切り花形質，草花類]

Effects of Night-Break Treatment Using Different Types Light Equipment on Growth and Flowering of Herbaceous Flowering Plants. MURAI Kahori, Toshihiro KUNITAKE, Kouji KONDO and Maki SAIKAI (Fukuoka Agriculture and Forestry Research Center, Kurume, Fukuoka, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. For. Res. Cent.* 5:92-101 (2019)

We evaluated effects of 4hr (22:00-2:00) night-break treatment using incandescent lamp and warm white fluorescent lamp on flowering and cut-flower quality of 14 types herbaceous flowering plants, largest producer in Fukuoka. Moreover, we investigated to assess the adequacy of warm white fluorescent lamp serving for incandescent lamp. The effect of night-break treatment using two type lamps was different for each plants. The same flowering and cut-flower quality using two type lamps were *Hypericum*, *Silene armeria*, *Helianthus annuus*, *Carthamus tinctorius*. Moreover using warm white fluorescent lamp caused flowering delay and low quality of cut flower for *Callistephus chinensis* and *Bupleurum rotundifolium*. Contrary to this, the effect of night-break treatment using two type lamps was different for growing time on *Antirrhinum majus* and variety on *Dahlia variabilis*.

[Key words: cut-flower quality, flowering, fluorescent lamp, herbaceous flowering plants, incandescent lamp, night-break treatment]

### 緒言

農業生産に必要な肥料原料の多くを輸入に依存している福岡県は花き生産額が 179 億円であり (農林水産省 2018)、全国有数の花き生産地域である。生産品目は、キク、バラ、ユリ類、トルコギキョウ、ガーベラなどの主要品目から、少量生産品目の草花類まで多岐にわたる。主要品目では単一品目を栽培する経営体が主であるのに対し、草花類は知名度が低く大量消費が見込めないため、少量・多品目・多品種を栽培する複合経営体が主である。

花き類は他の農産物と同様に、高品質・周年安定供給への消費者ニーズが高い。さらに、年末、お盆、お彼岸、卒入学行事などの需要期にあわせた計画出荷も求められる。そのため、抽台、伸長成長、花芽形成などを制御できる電照栽培が広く行われている。電照栽培用の光源としては白熱灯が主に用いられ、キク類栽培における使用割合は、白熱灯 64.4%、蛍光灯 34.4%、LED ランプ 1.6% (農業・食品産業技術総合研究機構 2012) である。一方、2012 年に経済産業省と環境省は省エネ製品への積極的な切り替えを企業に要請したことから、今後、白熱灯の製造・販売の縮減が予想される。したがって、白熱灯に替わる光源による電照栽培技術の確立が求められている。

白熱灯の代替光源としては、LED ランプと蛍光灯が考えられる。

LED ランプについて、主要品目である輪ギクでは、ピーク波長の異なる 6 種類の LED ランプによる暗期中断により、630nm 付近の赤色光が高い花芽分化抑制効果を示し、品種により赤色光と遠赤色光の混合色光がさらに高い効果を示すことが報告されている (白山ら 2013, 2016)。また、トルコギキョウでは、赤色光/遠赤色光量子東比 (R/FR 比) の異なる LED ランプによる暗期中断により、R/FR 比の小さい LED ランプが高い開花促進効果を示すことが報告されている (石倉ら 2005)。一方、草花類では、単波長 LED の終夜照明により開花調節効果の認められる波長が品目ごとに異なること (久松 2014)、明期終了時の短時間遠赤色照射 (EOD-FR) が開花および茎伸長に及ぼす影響も品目ごとに異なること (住友ら 2009) が報告されている。草花類は同一施設内で異なる品目や品種が生産されることから、全ての品目および品種に有効な LED 光源は、導入コストが高額な複合波長 LED となるため、生産現場における LED の利用は実用的ではない。

蛍光灯について、本県の輪ギクでは白熱灯の代替として 3 波長にピークをもつ電球色蛍光灯の導入が進んでいる。また、トルコギキョウでは、遠赤色電球形蛍光灯で開

\*連絡責任者 (苗木・花き部：k-kinoshita@farc.pref.fukuoka.jp)

受付 2018 年 8 月 1 日；受理 2018 年 11 月 15 日

1) 現 福岡県農林水産部 経営技術支援課

2) 現 福岡県筑後農林事務所

花促進効果が認められ、遠赤色光の照射光量が強いほどその効果は高まり、白熱灯の代替が可能であることが報告されている(吉村ら 2005)。一方、草花類では、8品目の低温性長日草花類について、電球色、昼光色、緑色、青色蛍光灯による終夜照明により開花促進効果および切り花重/切り花長比に対する影響が品目ごとに異なることが報告されている(石井ら 2009)ものの、本県で生産量の多い草花品目については十分な報告がない。

そこで、本研究では、電球色蛍光灯を用いた暗期中断による電照栽培が本県で生産量の多い草花類14品目の開花および切り花形質に及ぼす影響について調査し、電球色蛍光灯が白熱灯の代替光源として選定可能であるかを検討した。

### 材料および方法

試験区として、蛍光灯区(BIOTECHLIGHT, 電球色, 23W, ピーク波長611nm)と白熱灯区(TOKI, 75W)および対照として無電照区(自然日長)の3区を設けた。電照方法は、定植直後から開花まで暗期中断4時間(22:00~2:00)とした。いずれの光源も、定植床面から高さ200cm程度に設置し、放射照度は蛍光灯で85mW/m<sup>2</sup>、白熱灯で302mW/m<sup>2</sup>とした。放射照度は、GONIOPHOTOMETRIC SYSTEM(GP-200:大塚電子株式会社)および分光器(MC-9800 3683 512ch:大塚電子株式会社)を使用し、光源正面の光を12mで測定した放射強度より算出した。管理温度は、定植直後から開花まで、夜間最低気温8℃、日中25℃換気とし、ビニルハウスで栽培した。セル成型トレイの充填用土は、全ての品目においてBM2(ピートモス70%, パーミキュライト15%, パーライト15%)を使用した。

### 試験1 光源の有無および種類が低温短日期における草花類の開花および切り花形質に及ぼす影響

試験に供試した品目、品種、耕種概要および試験規模を第1表に示す。

すなわち、2015年にカンパニュラ・メディウム「チャンピオンパープル」、マトリカリア「シングルベグモ」ブプレウラム「グリーンゴールド」、アレンジメントアスター「ステラレッド」、ソリダゴ「タラ」、2016年に、エラータム系デルフィニウム「F1オーロラブルーインプ」、スカビオサ「クイズディープレッド」、ブルーレースフラワー「ブルー」、シレネ「サクラコマチ」、ヒマワリ「東北八重」、カルタムス「橙赤色丸葉種」、ヒペリカム「ピンキーフレア」、計12品目を供試した。

2015年9月16日にカンパニュラ・メディウムおよびマトリカリアを406穴セル成型トレイに播種し、9月24日にブプレウラムおよびアレンジメントアスターをそれぞれ128穴および288穴セル成型トレイに播種した。9月21日にソリダゴをミスト散水下のボラ砂に挿し芽した。その後、10月26日にマトリカリア、ブプレウラムおよびソリダゴを13L容量プランタあたり8株、アレンジメントアスターを13L容量プランタあたり6株定植し、1月16日にカンパニュラ・メディウムを13L容量プランタあたり8株定植した。2016年8月15日にエラータム系デルフィニウムを200穴セル成型トレイに播種し、9月1日にスカビオサを128穴セル成型トレイに播種し、9月2日にブルーレースフラワーを288穴セル成型トレイに播種し、9月20日にシレネを200穴セル成型トレイに播種し、11月22日にヒマワリおよびカルタムスを200穴セル成型トレイに播種した。9月20日にヒペリカムをミスト散水下ボラ砂に挿し芽した。その後、10月20日にエラータム系デルフィニウム、10月6日にスカビオサ、10月

第1表 試験1に供試した品目・品種と耕種概要

試験年次	品目	品種	耕種概要							試験規模 (1区 株*反復)	
			播種日 (月/日)	播種トレイ (穴)	挿し芽日 <sup>1)</sup> (月/日)	定植日 (月/日)	定植株数 <sup>2)</sup> (株/鉢)	施肥 <sup>3)</sup> (g/株)	摘心 <sup>4)</sup> (月/日)		管理温度 (期間:昼温/夜温)
2015年	カンパニュラ・メディウム	チャンピオンパープル	9/16	406	-	11/16	8	3	-	播種~10/15 : 25/20℃ 10/15~定植 : 無加温	8*3
	マトリカリア	シングルベグモ	9/16	406	-	10/26	8	3	-	播種~10/15 : 25/20℃ 10/15~定植 : 無加温	8*3
	ブプレウラム	グリーンゴールド	9/24	128	-	10/26	8	3	-	播種~10/20 : 25/15℃ 10/20~定植 : 無加温	8*3
	アレンジメントアスター	ステラレッド	9/24	288	-	10/26	6	3	-	播種~10/15 : 25/20℃ 10/15~定植 : 無加温	6*3
	ソリダゴ	タラ	-	-	9/21	10/26	8	3	-	挿し芽~定植 : 無加温	8*3
2016年	デルフィニウム	F1オーロラブルーインプ	8/15	200	-	10/20	3	5	-		9*3
	スカビオサ	クイズディープレッド	9/1	128	-	10/6	3	3	-		9*3
	ブルーレースフラワー	ブルー	9/2	288	-	10/7	1	3	-		3*3
	シレネ	サクラコマチ	9/20	200	-	11/4	8	3	-	播種~定植 : 25/15℃	8*3
	ヒマワリ	東北八重	11/22	200	-	12/22	8	3	-		8*3
	カルタムス	橙赤色丸葉種	11/22	200	-	12/22	8	3	-		8*3
	ヒペリカム	ピンキーフレア	-	-	9/20	10/24	3	3	10/28	挿し芽~定植 : 無加温	6*3

- 1) ミスト散水下のボラ砂に挿し芽
- 2) ブルーレースフラワーは8リットル容量鉢、その他品目は13リットル容量プランタに定植
- 3) 定植と同日に施肥
- 4) ヒペリカムは2節残して摘心し1株4本仕立

24日にヒペリカムを13L容量プランタあたり3株定植し、10月7日にブルーレースフラワーを8L容量スリット鉢あたり1株定植した。11月4日にシレネ、12月22日にヒマワリおよびカルタムスを13L容量プランタあたり8株定植した。

施肥は、各定植日に、ロングトータル花き1号100日(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=13:14:8)を、エラータム系デルフィニウムは5g/株、その他の品目は3g/株施用した。ヒペリカムは2016年10月28日に2節残して摘心し、1株4本仕立てとした。管理温度は、2015年は、カンパニユラ・メディウム、マトリカリアおよびアレンジメントアスターは播種後から10月15日まで25/20℃(昼温/夜温)、ブレウラムは10月20日まで25/15℃(昼温/夜温)とした。その後、定植までは無加温ハウス内で育苗した。ソリダゴは、挿し芽から定植まで無加温ミスト散水下で育苗した。2016年は、ヒペリカムは、挿し芽から定植まで無加温ミスト散水下で育苗し、その他の品目は播種から定植まで25/15℃(昼温/夜温)で育苗した。試験規模は、エラータム系デルフィニウムおよびスカビオサは1区3プランタ・3反復、ブルーレースフラワーは1区3鉢・3反復、ヒペリカムは1区2プランタ・3反復、その他の品目は1区1プランタ・3反復とした。

調査項目は、開花日、切り花長、切り花重、節数、その他品目ごとの主要な切り花形質項目とした。

## 試験2 光源の有無および種類が定植時期の異なるキンギョソウの開花および切り花形質に及ぼす影響

キンギョソウ「アポロパープル」を供試した。定植時期として8月定植区および10月定植区を設けた。8月定植区は、2016年7月21日に200穴セル成型トレイに播種し、8月23日に13L容量プランタあたり8株定植した。10月定植区は、2015年9月16日に200穴セル成型トレイに播種し、10月26日に13L容量プランタあたり8株定植した。

施肥は、各定植日にロングトータル花き1号100日

(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=13:14:8)を3g/株施用した。管理温度は、8月定植については播種から定植まで25/15℃(昼温/夜温)、10月定植については10月15日まで25/20℃(昼温/夜温)、その後定植まで無加温ハウス内で管理した。試験規模は1区1プランタ・3反復とした。

調査項目は、開花日、切り花長、切り花重、調整重、節数、小花数とした。

## 試験3 光源の有無および種類がダリア2品種の開花および切り花形質に及ぼす影響

ダリア「黒蝶」および「彩雪」2品種を供試した。2015年10月19日にメリクロン苗を6号プラスチックポットに定植した。

施肥は、各定植日にロングトータル花き1号100日(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=13:14:8)を5g/株施用した。10月31日に3節残して摘心し、1株2本仕立てとした。試験規模は1区2株・3反復とした。

調査項目は、開花日、切り花長、切り花重、節数、花径、小花数とした。

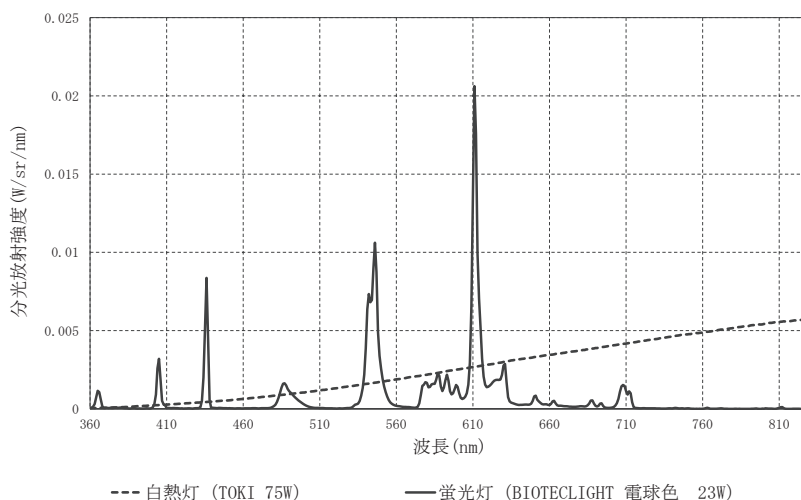
## 結果

白熱灯と蛍光灯の分光放射強度を第1図に示す。白熱灯は400nm以下の波長域をほとんど含まず、波長が長くなるに従ってなだらかな右上がり曲線を描き、700nm以上の遠赤色光の割合が高かった。一方、蛍光灯は、赤色光である611nmをピーク波長とし、546nm、436nmにもピークを持つ3波長タイプで遠赤色光を含まなかった。

## 試験1 光源の有無および種類が低温短日期における草花類の開花および切り花形質に及ぼす影響

### 1. カンパニユラ・メディウム「チャンピオンパープル」

結果を第2表に示す。無電照区では、草丈伸長後に発蕾・開花したものの奇形花であった。蛍光灯区は白熱灯区に比べ、定植から開花までの所要日数は1日長く、切り花長は6.0cm短く、節数は2.4節多く、平均節間長は0.6cm



第1図 白熱灯および電球色蛍光灯の分光放射強度



短く、ロゼット葉数は0.9枚多かった。

## 2. マトリカリア「シングルベゴム」

結果を第3表に示す。無電照区では、調査打ち切り(2016年2月29日)までに全ての株が抽台せず開花に至らなかった。蛍光灯区は白熱灯区に比べ、定植から開花までの所要日数は4日長かった。切り花形質に差は認められなかった。

## 3. プレウラム「グリーンゴールド」

結果を第4表に示す。蛍光灯区および白熱灯区は無電照区に比べ、定植から開花までの所要日数は短く、切り花長は長く、平均節間長は長く、小花数は多かった。白熱灯区は無電照区に比べ、節数は4.5節減少し、側枝数は1.2本多かったのに対し、蛍光灯区では節数および側枝数に無電照区との差は認められなかった。蛍光灯区は白熱灯区に比べ、定植から開花までの所要日数は8日長く、切り花長は11.0cm短く、節数は3.4節多く、平均節間長は0.5cm短く、側枝数は0.7本少なかった。

## 4. アレンジメントアスター「ステラレッド」

結果を第5表に示す。無電照区では、草丈伸長後に発蕾したもの最終調査日(2016年2月15日)までに開花に至らなかった。蛍光灯区は白熱灯区に比べ、定植から開花までの所要日数は7日長く、切り花長は7.5cm短く、節数は2.7節多く、平均節間長は0.4cm短かった。

## 5. ソリダゴ「タラ」

結果を第6表に示す。無電照区では、調査打ち切り(2016年2月29日)までに全ての株が抽台せず開花に至らなかった。蛍光灯区は白熱灯区に比べ、定植から開花までの所要日数は15日長く、切り花長は4.9cm長く、節数は12.9節多かった。

## 6. エラータム系デルフィニウム「F1オーロラブルーインプ」

結果を第7表に示す。抽台株率は、無電照区の67%に対し、白熱灯区は86%、蛍光灯区は95%であった。蛍光灯区および白熱灯区は無電照区に比べ、平均節間長は長かった。白熱灯区は無電照区に比べ、側枝数は0.6本多かったのに対し、蛍光灯区では無電照区との差は認められなかった。一方、蛍光灯区は無電照区に比べ、節数は1.8節少なく、小花数は11.4個少なかったのに対し、白熱灯区では節数および小花数に無電照区との差は認められなかった。蛍光灯区は白熱灯区に比べ、定植から開花までの所要日数は5日短かったものの有意差は認められなかった。節数は2.0節少なく、花数は8.0個少なかった。

## 7. スカピオサ「クイズディーブレッド」

結果を第8表に示す。無電照区では、調査打ち切り(2017年3月1日)までに一部の株は抽台せず、一部の株は抽台したものの開花に至らなかった。蛍光灯区は白熱灯区に比べ、定植から開花までの所要日数は11日長く、切り花長は6.6cm長く、切り花重は5.7g重く、節数は0.6節多かった。

## 8. ブルーレースフラワー「ブルー」

結果を第9表に示す。無電照区では、調査打ち切り(2017年2月20日)までに一部の株は抽台せず、一部の株は抽台したものの開花に至らなかった。蛍光灯区は

白熱灯区に比べ、定植から開花までの所要日数は10日長く、節数は2.8節多く、平均節間長は3.3cm短かった。

## 9. シレネ「サクラコマチ」

結果を第10表に示す。蛍光灯区および白熱灯区は無電照区に比べ、定植から開花までの所要日数は短く、切り花長は短く、切り花重は少なく、節数は少なかった。蛍光灯区と白熱灯区は、定植から開花までの所要日数および切り花形質についての差は認められなかった。

## 10. ヒマワリ「東北八重」

結果を第11表に示す。蛍光灯区および白熱灯区は無電照区に比べ、定植から開花までの所要日数は短く、節数は少なく、平均節間長は多かった。白熱灯区は無電照区に比べ、切り花長は12.7cm短かったのに対し、蛍光灯区では無電照区との差は認められなかった。蛍光灯区と白熱灯区は、定植から開花までの所要日数および切り花形質についての差は認められなかった。

## 11. カルトムス「橙赤色丸葉種」

結果を第12表に示す。蛍光灯区および白熱灯区は無電照区に比べ、定植から開花までの所要日数は短く、切り花長は短く、切り花重は少なく、節数は少なく、平均節間長は長かった。蛍光灯区と白熱灯区は、定植から開花までの所要日数に差は認められなかった。蛍光灯区は白熱灯区に比べ、切り花長は5.2cm短かった。

## 12. ヒペリカム「ピンキーフレア」

結果を第13表に示す。無電照区では、調査打ち切り(2017年3月20日)までに開花に至らなかった。蛍光灯区は白熱灯区に比べ、定植から開花までの所要日数は3日短く、切り花長は4.7cm短く、切り花重は2.3g軽く、節数は0.6節少なかった。

試験1で供試した12品目について、蛍光灯区について白熱灯区と比較した開花所要日数および節数の増減値、切り花長の増減率、その他の切り花形質の低下要因を第16表に示す。

## 試験2 光源の有無および種類が定植時期の異なるキンギョソウの開花および切り花形質に及ぼす影響

結果を第14表に示す。8月定植区において、蛍光灯区および白熱灯区は無電照区に比べ、定植から開花までの所要日数は短く、切り花重および調整重は少なく、節数は少なく、小花数は少なかった。白熱灯区は無電照区に比べ、切り花長は25.9cm長く、平均節間長は0.6cm長かったのに対し、蛍光灯区では切り花長および平均節間長に無電照区との差は認められなかった。蛍光灯区は白熱灯区に比べ、定植から開花までの所要日数は24日長く、切り花長は23.8cm長く、切り花重は23.5g重く、60cm調整重は10.1g重く、節数は18.8節多く、花数は8.8個多かった。10月定植区において、蛍光灯区および白熱灯区は無電照区に比べ、定植から開花までの所要日数は短く、切り花重および調整重は少なく、節数は少なく、平均節間長は長かった。白熱灯区は無電照区に比べ、小花数は5.0個少なかったのに対し、蛍光灯区では無電照区との差は認められなかった。蛍光灯区は白熱灯区に比べ、定植から開

花までの所要日数は 6 日長かったものの有意差は認められなかった。切り花重は 12.0 g 重く、90cm 調整重は 5.0 g 重く、節数は 7.6 節多く、平均節間長は 0.3cm 短く、花数は 3.0 個多かった。

### 試験 3 光源の有無および種類がダリア 2 品種の開花および切り花形質に及ぼす影響

結果を第 15 表に示す。「黒蝶」において、蛍光灯区および白熱灯区は無電照区に比べ、定植から開花までの所要日数は長く、切り花重は多く、節数は多く、舌状花数は多く、筒状花数は少なかった。蛍光灯区は無電照区に比べ、切り花長は 19.1cm 短く、平均節間長は 3.0cm 短かったのに対し、白熱灯区では切り花長および平均節間長に無電照区との差は認められなかった。蛍光灯区は白熱灯区に比べ、定植から開花までの所要日数は 21 日長く、切り花長は 19.2cm 短く、節数は 1.0 節多く、平均節間長は 2.2cm 短く、筒状花数は 16.0 個少なかった。「彩雪」において、蛍光灯区および白熱灯区は無電照区に比べ、定植から開花までの所要日数は長く、切り花重は多く、節数は多く、舌状花数は多かった。蛍光灯区は無電照区に比べ、平均節間長は 1.3cm 短かったのに対し、白熱灯区では無電照区との差は認められなかった。切り花長は、蛍光灯区は無電照区に比べ 8.8cm 短く、白熱灯区は無電照区に比べ 7.1cm 長かった。蛍光灯区は白熱灯区に比べ、定植から開花までの所要日数は 13 日長く、切り花長は 15.9cm 短く、平均

節間長は 1.4cm 短かった。

## 考 察

開花に関する光質応答反応については、多くの報告がある。久松 (2014) は、花き類 26 品目について異なる波長域の光 (300~800nm の範囲においておおよそ 100nm ごと) を終夜照明することにより開花に関する光質応答反応を調査し、花き類は、①開花が抑制される品目、②開花が促進される品目、③開花に影響がない品目の 3 種類に分類でき、①および②において、遠赤色光 (FR 光: 700~800nm) が優位に作用する FR 優位型と、赤色光 (R 光: 600~700nm) が優位に作用する R 優位型が存在することを報告している。品目別には、ブプレウラム、ブルーレースフラワーおよびキンギョソウが FR 優位型、デルフィニウム、マトリカリアおよびダリアが R 優位型に分類されている。本実験において使用した光源は、白熱灯が FR 光の割合が高い FR 光と R 光の混合色光で、蛍光灯が R 光にピーク波長をもち FR 光を全く含んでいない光源である。本実験結果と久松 (2014) の報告を比較すると、ブプレウラム、ブルーレースフラワー、キンギョソウおよびダリアの開花反応は久松 (2014) の報告と一致したが、デルフィニウムおよびマトリカリアについては一致しなかった。これは、久松 (2014) が分類に用いた光源は単波長 LED であったのに対し、本実験で用いた光源は白熱灯および 3 波長タ

第 2 表 光源の有無および種類がカンパニュラ・メディウムの開花および切り花形質に及ぼす影響

試験区	開花日 (月/日)	開花までの 所要日数 <sup>1)</sup> (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	節数 (節)	平均節間長 (cm)	ロゼット葉 <sup>2)</sup> (枚)	小花数 (個)
蛍光灯	2/9	85	68.9	62.3	24.5	2.8	7.3	12.0
白熱灯	2/8	84	74.9	67.1	22.1	3.4	6.4	13.0
無電照 (対照) <sup>3)</sup>	3/20	-	-	-	-	-	-	-
t検定 <sup>4)</sup>		*	*	n. s.	*	**	*	n. s.

- 1) 定植日から開花までの所要日数
- 2) 節間が 1cm 以下の葉数
- 3) 草丈伸長し発蕾・開花したが奇形花のためデータなし
- 4) t 検定により有意差がある (\*\*:  $P < 0.01$ , \*:  $P < 0.05$ )
- 5) 供試品種「チャンピオンパープル」

第 3 表 光源の有無および種類がマトリカリアの開花および切り花形質に及ぼす影響

試験区	開花日 (月/日)	開花までの 所要日数 <sup>1)</sup> (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	節数 (節)	平均節間長 (cm)	側枝数 (本)	小花数 (個)
蛍光灯	1/3	69	52.1	26.8	18.9	2.8	9.4	53
白熱灯	12/30	65	52.8	26.7	18.9	2.8	9.3	56
無電照 (対照) <sup>2)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
t検定 <sup>3)</sup>		*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

- 1) 定植日から開花までの所要日数
- 2) ロゼット化し開花に至らなかったためデータなし、最終調査日: 2016 年 2 月 29 日
- 3) t 検定により有意差がある (\*\*:  $P < 0.01$ , \*:  $P < 0.05$ )
- 4) 供試品種「シングルベグモ」

**第4表 光源の有無および種類がブプレウラムの開花および切り花形質に及ぼす影響**

試験区	開花日 (月/日)	開花までの 所要日数 <sup>1)</sup> (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	節数 (節)	平均節間長 (cm)	側枝数 (本)	小花数 (個)
蛍光灯	2/9	106 b <sup>2)</sup>	91.0 b	37.7	41.0 a	2.2 b	6.3 b	33 a
白熱灯	2/1	98 c	102.0 a	33.5	37.6 b	2.7 a	7.0 a	38 a
無電照 (対照)	2/17	114 a	77.7 c	36.5	42.1 a	1.9 c	5.8 b	28 b
分散分析 <sup>3)</sup>		**	**	n. s.	**	**	**	**

- 1) 定植日から開花までの所要日数
- 2) 同列異文字間には Tukey の多重比較検定により 5%水準で有意差がある
- 3) 分散分析により有意差がある (\*\*:  $P < 0.01$ , \*:  $P < 0.05$ )
- 4) 供試品種「グリーンゴールド」

**第5表 光源の有無および種類がアレンジメントアスターの開花および切り花形質に及ぼす影響**

試験区	開花日 (月/日)	開花までの 所要日数 <sup>1)</sup> (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	節数 (節)	平均節間長 (cm)	側枝数 (本)	小花数 (個)
蛍光灯	1/24	90	47.1	35.1	34.8	1.1	7.5	19
白熱灯	1/17	83	54.6	43.4	32.1	1.5	8.2	24
無電照 (対照) <sup>2)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
t検定 <sup>3)</sup>		**	**	n. s.	**	*	n. s.	n. s.

- 1) 定植日から開花までの所要日数
- 2) 草丈伸長し発蕾したが開花しなかったためデータなし, 最終調査日: 2016年2月15日
- 3) t検定により有意差がある (\*\*:  $P < 0.01$ , \*:  $P < 0.05$ )
- 4) 供試品種「ステラレッド」

**第6表 光源の有無および種類がソリダゴの開花および切り花形質に及ぼす影響**

試験区	開花日 (月/日)	開花までの 所要日数 <sup>1)</sup> (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	節数 (節)	平均節間長 (cm)	花柄数 (本)	花序長 (個)
蛍光灯	1/14	80	100.8	33.7	97.3	0.9	33.6	16
白熱灯	12/30	65	95.9	31.4	84.4	0.9	33.3	16.8
無電照 (対照) <sup>2)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
t検定 <sup>3)</sup>		**	**	n. s.	**	n. s.	n. s.	n. s.

- 1) 定植日から開花までの所要日数
- 2) ロゼット化し開花に至らなかったためデータなし, 最終調査日: 2016年2月29日
- 3) t検定により有意差がある (\*\*:  $P < 0.01$ , \*:  $P < 0.05$ )
- 4) 供試品種「タラ」

**第7表 光源の有無および種類がエラータム系デルフィニウムの開花および切り花形質に及ぼす影響**

試験区	抽台株率 (%)	開花日 <sup>1)</sup> (月/日)	開花までの 所要日数 <sup>2)</sup> (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	節数 (節)	平均節間長 (cm)	側枝数 (本)	小花数 (個)
蛍光灯	95	1/1	73	115.3	86.3	9.8 b <sup>3)</sup>	5.6 a	1.3 ab	37.9 b
白熱灯	86	1/6	78	122.9	92.9	11.8 a	5.0 a	1.7 a	45.9 a
無電照 (対照)	67	1/7	79	119.4	92.4	11.6 a	4.2 b	1.1 b	49.3 a
カイ2乗検定 <sup>4)</sup>	n. s.								
分散分析 <sup>5)</sup>			n. s.	n. s.	n. s.	**	**	*	**

- 1) 抽台した株は全ての試験区で開花した, 最終調査日: 2017年1月30日
- 2) 定植日から開花までの所要日数
- 3) 同列異文字間には Tukey の多重比較検定により 5%水準で有意差がある
- 4) n. s. はカイ2乗検定により有意差がない
- 5) 分散分析により有意差がある (\*\*:  $P < 0.01$ , \*:  $P < 0.05$ )
- 6) 供試品種「F1 オーロラブルーインプ」

第8表 光源の有無および種類がスカビオサの開花および切り花形質に及ぼす影響

試験区	開花日 (月/日)	開花までの 所要日数 <sup>1)</sup> (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	節数 (節)	平均節間長 (cm)	花首長 (cm)	花径 (cm)
蛍光灯	1/27	113	110.2	26.6	4.8	24.9	51.4	5.8
白熱灯	1/16	102	103.6	20.9	4.2	27.1	51.5	5.5
無電照 (対照) <sup>2)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
t検定 <sup>3)</sup>		**	*	**	*	n. s.	n. s.	n. s.

- 1) 定植日から開花までの所要日数
- 2) 開花に至らなかったためデータなし, 最終調査日: 2017年3月1日
- 3) t検定により有意差がある (\*\*:  $P < 0.01$ , \*:  $P < 0.05$ )
- 4) 供試品種「クイズディープレッド」

第9表 光源の有無および種類がブルーレースフラワーの開花および切り花形質に及ぼす影響

試験区	開花日 (月/日)	開花までの 所要日数 <sup>1)</sup> (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	節数 (節)	平均節間長 (cm)	花首長 (cm)	花径 (cm)
蛍光灯	2/2	118	92.1	37.7	11.0	8.9	23.2	5.1
白熱灯	1/23	108	91.3	35.8	8.2	12.2	27.7	4.9
無電照 (対照) <sup>2)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
t検定 <sup>3)</sup>		**	n. s.	n. s.	**	**	n. s.	n. s.

- 1) 定植日から開花までの所要日数
- 2) 開花に至らなかったためデータなし, 最終調査日: 2017年2月20日
- 3) t検定により有意差がある (\*\*:  $P < 0.01$ , \*:  $P < 0.05$ )
- 4) 供試品種「ブルー」

第10表 光源の有無および種類がシレネの開花および切り花形質に及ぼす影響

試験区	開花日 (月/日)	開花までの 所要日数 <sup>1)</sup> (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	節数 (節)	平均節間長 (cm)
蛍光灯	12/22	48 b <sup>2)</sup>	55.0 b	22.1 b	12.2 b	4.0
白熱灯	12/22	48 b	55.2 b	20.3 b	12.2 b	4.1
無電照 (対照)	1/6	63 a	63.0 a	32.0 a	13.0 a	3.9
分散分析 <sup>3)</sup>		**	**	**	**	n. s.

- 1) 定植日から開花までの所要日数
- 2) 同列異文字間には Tukey の多重比較検定により 5%水準で有意差がある
- 3) 分散分析により有意差がある (\*\*:  $P < 0.01$ , \*:  $P < 0.05$ )
- 4) 供試品種「サクラコマチ」

第11表 光源の有無および種類がヒマワリの開花および切り花形質に及ぼす影響

試験区	開花日 (月/日)	開花までの 所要日数 <sup>1)</sup> (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	節数 (節)	平均節間長 (cm)
蛍光灯	4/27	126 b <sup>2)</sup>	152.4 ab	115.5	34.1 b	4.5 a
白熱灯	4/26	125 b	146.6 b	115.0	34.6 b	4.2 a
無電照 (対照)	5/5	134 a	159.3 a	103.0	42.1 a	3.8 b
分散分析 <sup>3)</sup>		**	**	n. s.	**	**

- 1) 定植日から開花までの所要日数
- 2) 同列異文字間には Tukey の多重比較検定により 5%水準で有意差がある
- 3) 分散分析により有意差がある (\*\*:  $P < 0.01$ , \*:  $P < 0.05$ )
- 4) 供試品種「東北八重」



**第 12 表 光源の有無および種類がカルタムスの開花および切り花形質に及ぼす影響**

試験区	開花日 (月/日)	開花までの 所要日数 <sup>1)</sup> (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	節数 (節)	平均節間長 (cm)
白熱灯	3/9	77 b	81.9 b	25.9 b	27.2 b	3.0 b
無電照 (対照)	4/6	105 a	124.7 a	52.7 a	48.2 a	2.6 a
分散分析 <sup>3)</sup>		**	**	**	**	**

- 1) 定植日から開花までの所要日数
- 2) 同列異文字間には Tukey の多重比較検定により 5%水準で有意差がある
- 3) 分散分析により有意差がある (\*\*:  $P < 0.01$ , \*:  $P < 0.05$ )
- 4) 供試品種「橙赤色丸葉種」

**第 13 表 光源の有無および種類がヒペリカムの開花および切り花形質に及ぼす影響**

試験区	開花日 (月/日)	開花までの 所要日数 <sup>1)</sup> (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	節数 (節)	平均節間長 (cm)	実数 (本)
白熱灯	2/6	105	50.1	18.8	8.0	5.8	14.5
無電照 (対照) <sup>2)</sup>	-	-	-	-	-	-	-
t検定 <sup>3)</sup>		*	**	**	*	n. s.	n. s.

- 1) 定植日から開花までの所要日数
- 2) 草丈伸長したが開花に至らなかったためデータなし, 最終調査日: 2017年3月20日
- 3) t検定により有意差がある (\*\*:  $P < 0.01$ , \*:  $P < 0.05$ )
- 4) 供試品種「ピンキーフレア」

**第 14 表 光源の有無および種類がキンギョソウの開花および切り花形質に及ぼす影響**

定植時期	試験区	開花日 (月/日)	開花までの 所要日数 <sup>1)</sup> (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	調整重 <sup>2)</sup> (g)	節数 (節)	平均節間長 (cm)	小花数 (個)
白熱灯	10/27	65 c	80.3 b	21.8 c	14.9 c	27.9 c	2.1 a	24 c	
無電照 (対照)	11/26	95 a	106.2 a	54.0 a	30.0 a	55.5 a	1.5 b	36 a	
10月	蛍光灯	1/31	97 b	125.5	59.8 b	38.4 b	48.2 b	2.2 b	33 a
	白熱灯	1/25	91 b	123.8	47.8 c	33.4 c	40.6 c	2.5 a	30 b
	無電照 (対照)	2/13	110 a	127.7	69.5 a	46.0 a	54.7 a	2.0 c	35 a

- 1) 定植日から開花までの所要日数
- 2) 8月定植: 60cm, 10月定植: 90cm
- 3) 各定植時期において同列異文字間には Tukey の多重比較検定により 5%水準で有意差がある
- 4) 供試品種「アポロパープル」

**第 15 表 光源の有無および種類がダリアの開花および切り花形質に及ぼす影響**

品種	試験区	開花日 (月/日)	開花までの 所要日数 <sup>1)</sup> (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	節数 (節)	平均節間長 (cm)	花径 (cm)	小花数	
									舌状花 (個)	筒状花 (個)
黒蝶	蛍光灯	4/4	168 a <sup>2)</sup>	45.5 b	99.8 a	9.4 a	3.3 b	16.6	168 a	3 c
	白熱灯	3/14	147 b	64.7 a	92.5 a	8.4 b	5.5 a	16.3	169 a	19 b
	無電照 (対照)	1/11	84 c	64.6 a	47.6 b	5.2 c	6.3 a	15.8	78 b	52 a
彩雪	蛍光灯	2/27	131 a	32.8 c	81.5 a	9.4 a	2.1 b	10.2	173 a	62
	白熱灯	2/14	118 b	48.7 a	76.5 a	8.9 a	3.5 a	10.2	158 a	69
	無電照 (対照)	1/9	82 c	41.6 b	46.3 b	6.4 b	3.4 a	10.6	103 b	69

- 1) 定植日から一番花開花までの所要日数
- 2) 各品種内において同列異文字間には Tukey の多重比較検定により 5%水準で有意差がある



第 16 表 低温短日期の暗期中断 (22:00~2:00) における白熱灯代替光源としての蛍光灯の適応性

品目	開花反応				草丈伸長			その他 切り花形質 (低下要因)	切り花 形質 評価 <sup>3)</sup>	総合 評価 <sup>4)</sup>	評価根拠
	開花所要日数		節数		切り花長		増減率 <sup>2)</sup>				
	増減値 <sup>1)</sup>	有意差	増減値 <sup>1)</sup>	有意差	増減値 <sup>1)</sup>	有意差					
	(日)		(節)	(cm)	(%)						
エラータム系デルフィニウム	- 5	n. s.	- 2.0	**	- 7.6	n. s.	94	花数減少	△	○	切り花形質低下
ヒペリカム <sup>5)</sup>	- 3	*	- 0.6	*	- 4.7	**	91		○	◎	白熱灯と同等
シレネ	± 0	n. s.	± 0.0	n. s.	- 0.2	n. s.	100		○	◎	白熱灯と同等
ヒマワリ	+ 1	n. s.	- 0.5	n. s.	+ 5.8	n. s.	104		○	◎	白熱灯と同等
カンパニュラ・メディウム	+ 1	*	+ 2.4	*	- 6.0	*	92	節間短縮	△	○	切り花形質低下
カルタムス	+ 2	n. s.	- 0.7	n. s.	- 5.2	**	94		○	◎	白熱灯と同等
マトリカリア	+ 4	*	± 0.0	n. s.	- 0.7	n. s.	99		○	○	開花やや遅延
アレンジメントアスター	+ 7	**	+ 2.7	**	- 7.5	**	86	節間短縮	×	×	開花遅延、切り花形質低下
ブプレウラム	+ 8	**	+ 3.4	**	- 11.0	**	89	側枝数減少 節間短縮	×	×	開花遅延、切り花形質低下
ブルーレースフラワー <sup>6)</sup>	+ 10	**	+ 2.8	**	+ 0.8	n. s.	101		○	△	開花大幅遅延
スカビオサ	+ 11	**	+ 0.6	*	+ 6.6	*	106		○	△	開花大幅遅延
ソリダゴ	+ 15	**	+ 12.9	**	+ 4.9	**	105		○	△	開花大幅遅延

1) 増減値=白熱灯の数値データ-蛍光灯の数値データ

2) 増減率=(蛍光灯の切り花長/白熱灯の切り花長)×100

3) ○:白熱灯と同等 切り花長の増減率が90%以上, その他切り花形質の低下なし

△:白熱灯にやや劣る 切り花長の増減率が90%以上, その他切り花形質の低下あり

×:白熱灯に劣る 切り花長の増減率が90%以下

4) 開花反応は4日以上遅延ありと評価し, 開花反応評価および切り花形質評価より以下のように適応性を区分した

◎:適応性あり, ○:適応性はあるが留意点あり, △:開花反応を考慮する必要あり, ×:適応性なし

5) ヒペリカムについて, 切り花重減少(2.3g)に有意差が認められたが, 達観上の差はなく, その他切り花形質の低下要因から除外した

6) ブルーレースフラワーについて, 平均節間長(3.3cm)に有意差が認められたが, 出荷時に葉は観賞対象外であるため, その他切り花形質の低下要因から除外した

イブの蛍光灯で, いずれも混合色光であったことが要因であると考えられる。ただし, デルフィニウムでは, 白熱灯に比べ蛍光灯で開花節位が有意に低いこと, マトリカリアでは白熱灯と蛍光灯で開花節位に有意差がなかったという結果は, 久松(2014)の報告と相反しない。今後, 供試した品種の違いも含め更に検討する必要がある。また, 久松(2014)は, FR優位型の場合, FR光の割合が高いFR光とR光の混合照射で効果が高まる傾向があり, R優位型の場合, R光とFR光の混合照射で効果が高まる場合と, R光の割合が低くなるとともに効果も小さくなる場合があることを報告している。このことから, 本実験に供試した品目において, 白熱灯で効果が高かった品目にはFR優位型とR優位型が混在していると考えられ, その分類は明らかではない。

切り花長は, ブプレウラム, アレンジメントアスター, カンパニュラ・メディウム, カルタムス, ヒペリカムは, 白熱灯に比べ蛍光灯で短くなった。これは, 草花類の茎伸長に関する光質応答反応はR光とFR光に大きく影響され, R/FR比が大きい場合に茎伸長は抑制され, R/FR比が小さい場合に茎伸長が促進されるという報告(Fukuda *et al.* 2002)と一致した。一方, ソリダゴ, スカビオサ, キンギョソウは, 白熱灯に比べ蛍光灯で切り花長が長くなった。佐々木・加藤(2005)は, ソリダゴにおいて電照期間が長くなるほど花茎の伸長が促進されることを報告している。このことから, スカビオサおよびキンギョソウについてもソリダゴと同様に, 白熱灯に比べ蛍光灯で, 開花

所要日数が長く, 節数が増加したことで切り花長が増加したものと推察される。

その他の切り花形質は, 白熱灯に比べ蛍光灯で, ブプレウラムは側枝数が減少, スカビオサおよびキンギョソウは切り花重が増加, ヒペリカムは切り花重が減少, エラータム系デルフィニウムは花数が減少, キンギョソウは花数が増加した。品目により異なる光応答反応を示したについて, 植物の光応答反応には種間差があることは明らかにされているものの(Dougher・Bugbee 2001), 植物種ごとの詳細な光応答反応は明らかでない部分が多いことから, 今後検討する必要がある。

今回の実験結果から, 草花類12品目について, 低温短日期の暗期中断条件における蛍光灯の白熱灯代替光源としての適応性を第16表に示す。ここでは, 草花類の開花反応および切り花形質を評価基準とした。12品目のうち, 蛍光灯の白熱灯代替光源としての適応性があった品目は, ヒペリカム, シレネ, ヒマワリ, カルタムスの4品目であった。デルフィニウム, カンパニュラ・メディウム, マトリカリアは, 軽度の開花遅延や切り花形質の低下が認められたため適応性はあるが留意点ありと評価した。その他5品目は, 開花遅延や切り花形質の低下が認められたため適応性は低いと評価した。

キンギョソウの8月定植では, 白熱灯および蛍光灯で開花促進効果が認められたものの, 白熱灯に比べ蛍光灯で開花節位が増加するとともに開花促進効果が大幅に劣り, 切り花長は長くなった。若澤ら(未発表)は, キンギョ

ヨソウは、定植当初からの長日処理により開花促進効果が認められるものの切り花長が短縮すると報告しており、本実験結果と一致する。これらのことより、キンギョソウの長日処理効果は白熱灯に比べ蛍光灯で低いと推察される。また、10月定植では、白熱灯と蛍光灯に8月定植と同様の傾向は認められたものの、8月定植で認められたような大きな差ではなかった。このことから、電照効果は栽培時期により変動することが示唆され、今後より詳細な調査が必要である。また、キンギョソウの長日処理の開始時期は9月下旬がよいとされており(稲葉ら 2008)、本実験でも同様の結果となった。

ダリアでは、「黒蝶」「彩雪」の両品種において、蛍光灯区および白熱灯区は無電照区に比べ、切り花重、節数および舌状花数は増加した。これは、いずれの光源も開花抑制効果が認められたことを示している。また、両品種において、白熱灯に比べ蛍光灯で開花所要日数が増加し、高い開花抑制効果が認められた。ダリアについては、仲ら(未発表)により、「フィダルゴ・ブラッキー」および「純愛の君」では、白熱灯に比べ蛍光灯(ネオボールZ電球色)で平均開花日が遅れるという報告がなされており、本実験結果と一致した。また、切り花長について、無電照と比べると蛍光灯で短かったのに対し、白熱灯で差がない、または長くなった。仲ら(未発表)は、「フィダルゴ・ブラッキー」では白熱灯に比べ蛍光灯で切り花長が増加し、「純愛の君」では白熱灯と蛍光灯で切り花長の差はないと報告している。これらのことから、ダリアでは光源の種類と切り花長について品種間差がある可能性が示唆され、今後より詳細な調査が必要である。

今回の実験結果から、草花類12品目について蛍光灯の白熱灯代替光源としての適応性を評価し、いくつかの草花類について電球色蛍光灯の使用が可能であることが明らかとなった。ただし、電照方法の違いや夜間最低温度の違いが生育・開花に大きく影響すること(松野・國武 2005, 角川・仲 2013)や、発育ステージによって光質の作用が著しく異なること(平井ら 2006)が報告されており、加えて、本実験結果より栽培時期や品種の違いにより光応答反応が異なることが明らかとなった。これらのことから、実際に白熱灯の代替光源として蛍光灯を使用する場合には、品目ごとに産地の現状に即した詳細な調査を行うことが求められる。また、開花反応については個別農家の生産サイクル、切り花形質については産地の出荷規格などにより評価基準が異なると考えられるため、評価結果と合わせて数値データを参考とする。

## 引用文献

- Dougher TA0, Bugbee B(2001)Difference in the response of wheat, soybean and lettuce to reduced blue radiation. *Photochemistry and Photobiology* 73 : 199–207.
- Fukuda N, Kobayashi M, Ubukawa M, Takayanagi K, Sase S(2002)Effects of light quality, intensity and duration from different artificial light sources on the growth and development of *Petunia* (*Petunia* × *hybrid* Vilm.). *園学雑* 71 : 509–516.
- 平井正良・雨木若慶・渡邊博之(2006)発光ダイオード(LED)による単波長照射がナス、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 : 160–166.
- 久松 完(2014)電照栽培の基礎と実践. 誠文堂新光社, 東京, p. 198–233.
- 稲葉善太郎・加藤智恵美・村上 覚・石井ちか子(2008)早晩性の異なるキンギョソウの生育・開花に及ぼす長日処理と冬季節夜温の影響. *園学研* 7 : 393–398.
- 石井友紀子・高橋秀典・荒川 梢・鈴木誠一(2009)低温性長日花きの開花に及ぼす数種電球形蛍光ランプの影響. *東北農業研究* 62 : 203–204.
- 石倉 聡・福島啓吾・村上克介(2005)LED 電照による赤色光/遠赤色光量子束比の違いがトルコギキョウの生長と開花に及ぼす影響. *園学雑* 74 別 2 : 529.
- 角川由加・仲 照史(2013)ダリア冬春切り作型における電照方法が開花と切り花品質に及ぼす影響. *奈良農総セ研報* 44 : 42–44.
- 松野孝敏・國武利浩(2005)ヒペリカムの長期出荷のための新しい生産体系. *福岡農総試研報* 24 : 63–67.
- 農業・食品産業技術総合研究機構(2012)きく類栽培用光源の使用実態調査結果. [http://www.naro.affrc.go.jp/archive/flower/research/files/kikukogen\\_report.pdf](http://www.naro.affrc.go.jp/archive/flower/research/files/kikukogen_report.pdf)
- 農林水産省(2018)平成28年度生産農業所得統計. <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500206&tstat=000001015617&cycle=7&year=20160&month=0&tclass1=000001019794&tclass2=00001114908>
- 佐々木直子・加藤公三(2005)ソリダゴの露地夏秋出し栽培における台刈り時期および電照の効果. *東北農業研究* 58 : 213–214.
- 白山竜次・郡山啓作・木戸君枝(2013)キクの花芽分化抑制における暗期中電照の波長の影響. *園学研* 12 : 173–178.
- 白山竜次・郡山啓作・木戸君枝(2016)キクの暗期中断における R 光および R+FR 光が花芽分化抑制に及ぼす影響. *園学研* 15 : 417–424.
- 住友克彦・山形敦子・島 浩二・岸本真幸・久松 完(2009)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(E0D-FR)の影響. *花き研報 Bull. Natl. Inst. Flor. Sci.* 9 : 1–11.
- 吉村正久・佐々木 厚・柴原雄右・勝田敬子・森山巖興・金浜耕基(2005)トルコギキョウの開花に及ぼす遠赤色電球形蛍光ランプの影響. *園学雑* 74 別 2 : 528.