

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24年 5月 1日現在

機関番号： 11301
 研究種目： 基盤研究（B）
 研究期間： 2009～2011
 課題番号： 21380019
 研究課題名（和文） 発光ダイオードを用いた長日性花卉の開花促進メカニズムの解明
 研究課題名（英文） Analysis of flowering mechanism of long-day plants for cut-flower with using a LED lamps
 研究代表者 金浜 耕基 (KANAHAMA KOKI)
 東北大学・大学院農学研究科・教授
 研究者番号：00113936

研究成果の概要（和文）：

シュッコンカスミソウの開花は遠赤色LED光によって促進され、LED光による開花促進効果は*FLOWERING LOCUS T*の発現においても認められた。また、遠赤色光単独よりも、遠赤色光に、単独では開花促進効果を示さない赤色光や青色光を混合すると、著しい開花促進効果のあることが示された。シュッコンカスミソウのほか、トルコギキョウや四季成性イチゴにおいても同様の傾向が示された。LED混合光の開花促進効果は電球型のLED光源（試作品）においても認められた。

研究成果の概要（英文）：

The effects of light quality on the flowering of *Gypsophila paniculata* were investigated using light-emitting diodes (LEDs). Flowering and flower budding were observed under long-day conditions with far-red (FR), while no flowering was observed under short-day conditions. Promotion of flowering and flower budding was increased under FR supplemented with red [®] compared to FR alone. Although generally R inhibits flowering in long-day plants, a certain intensity of R may be necessary for effective promotion of flowering. In contrast, blue (B) supplementation of FR was not effective in inducing flowering and flower budding.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	5,100,000	1,530,000	6,630,000
2010年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2011年度	3,200,000	960,000	4,160,000
総計	12,000,000	3,600,000	15,600,000

研究分野： 農学
 科研費の分科・細目： 農学・園芸学・造園学
 キーワード： 花卉、シュッコンカスミソウ、発光ダイオード、LED、
 花芽形成遺伝子

1. 研究開始当初の背景

花芽形成関連遺伝子の解析に用いられている長日植物のシロイヌナズナは人工光のみで育てることができることから、人工光の光質を変えて栽培すると、花芽形成と開花は、赤色光ではなく遠赤色光で促進されることが知られている。そこで、人工光のみでは栽培不可能な、シロイヌナズナと同じアブラナ科の長日性花卉であるストックの栽培において、日中は太陽光の下で育て、夜間に遠赤色光蛍光灯で長日処理を行ったところ花芽形成と開花が著しく促進された。花芽形成と開花は夜間における遠赤色光蛍光灯の照射時間が長いほど、照射光量が強いほど促進された。このような現象を園芸作物で証明したのは申請者が初めてであった。

上記研究の一部は平成19～20年度の科学研究費補助金(萌芽研究)に採択されたので、遠赤色光の花芽形成と開花の促進効果について、遠赤色光のみを発光する発光ダイオード(LED)光源を試作して、主要な長日性花卉であるシュッコンカスミソウなどに照射したところ、蛍光灯の実験と同様に花芽形成と開花に促進効果が認められ、開花関連遺伝子(COとFT)の発現が高まることが示された。しかし、遠赤色光LEDの効果は蛍光灯よりも効果が小さかったため、遠赤色光に青色光などを加えた混合光を照射したところ、遠赤色光単独よりも花芽形成と開花の促進効果が著しく高かった。そこで、本研究においては種々のLED混合光の効果について重点的に解析することとした。

2. 研究の目的

花芽形成に及ぼす光の種類については、遠赤色光の他に、青色光と赤色光もあることから、平成21年度には、遠赤色光LEDを基本として青色光と赤色光を種々混合し、花芽形成と開花に効果的な混合光の割合と強さを調べることにした。長日植物であるシロイヌナズナにおいては、遠赤色光で長日処理されるとフィトクロムA(PHYA)が活性化され、それに続いて時計関連遺伝子や花器官決定遺伝子などが活性化されることによって花芽形成と開花が促進されることから、本研究では、長日性花卉の花芽形成関連遺伝子について、LED混合光の照射による発現を解析することとした。

平成22～23年度には、LED混合光が各種の長日性花卉の花芽形成と開花、花芽形成関連遺伝子の発現を促進するかどうか調べた。

3. 研究の方法

研究代表者らが行ったこれまでの研究において、長日性花卉の花芽形成と開花を促進する光源は遠赤色光であることを明らかにしてきた。さらに、長日性花卉の花芽形成と開花は強い光の遠赤色光で促進されることも明らかにしてきた。また、花芽形成関連遺伝子の単離についても、主要な園芸作物の一つであるトマトやリンゴなどを用いて行ってきた手法を応用して、シュッコンカスミソウで解析してきた。

そこで本研究においては、長日性花卉に種々の混合光を照射した場合における花芽形成と開花を調べるとともに、遠赤色光受容体遺伝子PHYA、花成早化遺伝子FTなどの解析を行うこととした。

平成21年度の計画：長日性花卉のシュッコンカスミソウを供試して、遠赤色光に種々の光を加えたLED混合光による花芽形成と開花の促進反応を調べた。また、遠赤色光を照射して花芽が形成される時に作用する遠赤色光受容体遺伝子PHYAの発現について解析した。遠赤色光LEDは、これまで共同研究を行ってきた照明機器の専門企業((株)シバサキ)に依頼して試作した。

平成22～23年度の計画：種々の長日性花卉を供試して、種々のLED混合光による開花促進効果と、花芽形成関連遺伝子の発現について、平成21年度と同じように調べ、3年間の成果をまとめた。

4. 研究成果

平成21年度：研究材料には、これまで研究実績を積み重ねてきた長日性の主要花卉であるシュッコンカスミソウを供試して、昼/夜の適温域(25/20℃)で育てた。これまでの研究において、遠赤色光単独では、強さと照射時間を変えても花芽形成と開花を実用的なレベルまで促進することが出来なかったため、平成21年度には遠赤色光に赤色光や青色光を混合して、遠赤色光単独よりも開花が促進されるかどうか調べた。その結果、遠赤色光単独よりも、赤色光や青色光を混合すると開花促進効果が高まることが示唆された。

また、夜間に遠赤色光を主とする種々の混合光を照射して、モデル植物であるシロイヌナズナにおいて光周性花成経路の鍵となる遺伝子であること

が知られている *CONSTANS* と、その下流で機能して開花を促進する *FLOWERING LOCUS T* 等のシュッココンカスミソウにおける相同遺伝子を単離し、それらの発現に及ぼす混合光の影響を検討した。

その結果、*FLOWERING LOCUS T* については、シロイヌナズナではシングルコピー遺伝子であるのに対して、シュッココンカスミソウでは遺伝子ファミリーを形成している可能性が示された。さらに発現解析の結果から、これらの *FLOWERING LOCUS T* 遺伝子がそれぞれ開花の促進において異なる役割を担っていることが示唆された。

平成 22 年度：シュッココンカスミソウを適温域(昼/夜の温度が 25/20°C)の人工気象器内で栽培して実験に供試した。昼の 8 時間は太陽光の下で育て、夜間の 16 時間は遠赤色光を主とする種々の混合光で照射して、平成 21 年度の場合より花芽形成と開花を更に促進する条件を調べた。また、長日性の主要花卉の一つであるデルフィニウムを供試して、種々の LED 混合光による開花促進効果が、シュッココンカスミソウの場合と同様に現れるかどうかを調べた。このような反応は低温下において大きいと予測されるので、低温期における省エネルギー栽培も試みた。

次に、LED 混合光が各種の長日性花卉の花芽形成関連遺伝子の発現を促進するかどうかについて調べた。特に、平成 21 年度において *FLOWERING LOCUS T* 遺伝子の発現解析を行った結果、シュッココンカスミソウでは遺伝子ファミリーを形成している可能性が示されたので、*FLOWERING LOCUS T* 遺伝子が開花の促進プロセスにおいてどのように異なる役割を担っているかについても調べた。

以上の結果、各種の長日性花卉の花芽形成と開花がどのような LED 混合光によって格段に促進されるか明らかになり、低温期における省エネルギー栽培が可能になることが示された。

平成 23 年度：長日性花卉のシュッココンカスミソウを適温域(昼/夜の温度が 25/20°C)の人工気象器内で栽培して、昼の 8 時間は太陽光の下で育て、夜間の 16 時間は遠赤色光を主とする種々の LED 混合光で照射して、平成 22 年度の場合と比べてさらに格段に花芽形成と開花を促進する条件があるかどうかについて調べた。とくに、平成 23 年度には、白熱電球用のソケットに簡易に装着できる電球型の LED

D 混合光源を試作して、これまでの実験に供試してきたパネル型の LED 光源と同様の開花促進効果があるかどうかを調べた。また、LED 混合光がシュッココンカスミソウの花芽形成関連遺伝子 *FLOWERING LOCUS T* の発現を促進するかどうかについても調べた。

その結果、長日性花卉の開花を制御する LED 光源の開花促進メカニズムについて、栽培学的、分子生物学的に明らかにすることが可能になるとともに、実用可能性のある電球型 LED 混合光光源の試作品を開発することができた。このような成果は経済効果が大きいだけでなく、地球温暖化対策としての二酸化炭素排出削減にも積極的に貢献する、意義深い研究となった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

1. Nishidate, K., Kanayama, Y., Nishiyama, M., Yamamoto, T., Hamaguchi, Y., Kanahama, K. Far-red light supplemented with weak red light promotes flowering of *Gypsophila paniculata*. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science. 81(2):198-203. 査読有. 2012.
2. Hori, Y., Nishidate, K., Nishiyama, M., Kanahama, K., Kanayama, Y. Flowering and expression of flowering-related genes under long-day conditions with light-emitting diodes. Planta. 234(2):321-330. 査読有. 2011.
3. 金山喜則・鈴木誠一・佐藤武義・西山 学. 光質による開花制御の技術とメカニズム. 照明学会誌. 95(4):205~210. 査読有. 2011.
4. 西山 学・海老原康仁・金浜耕基. イチゴの四季成り性品種間における花芽分化の限界日長の差異. 園芸学研究. 8(1):35-39. 査読有. 2009.
5. Nishiyama, M., Kanahama, K. Effect of light quality on growth of everbearing strawberry plants. *Acta Horticulturae*. 842: 151-154. 査読有. 2009.
6. 佐藤武義・工藤則子・森山巖典・大川秀樹・金山喜則・金浜耕基. トルコギョウの秋冬出し作型における遠赤色光電球形蛍光灯ランプを利用した日長延長による開花促進. 園芸学研究. 8(3):327-334. 査

読有. 2009.

[学会発表] (計 6件)

1. 村川雄紀・西館孝治・堀 良美・西山学・金浜耕基・金山喜則. シュッココンカスミソウにおけるFKFIおよびGIホモログの解析. 園芸学会. 2011年9月24日. 岡山大学.
2. 西館孝治・堀 良美・金浜耕基・金山喜則. シュッココンカスミソウとシロイヌナズナの光質による開花制御におけるFTとSOC1の働き. 園芸学会. 2011年3月20日. 宇都宮大学.
3. Nishiyama, M., Kanayama, Y., Kanahama, K. Effect of red:far-red and blue:far-red ratios on the growth of *Gypsophila paniculata* L.' Bristol Fairy'. 28th International Horticultural Congress. 2010年8月22日. Lisbon (Portugal).
4. Kanayama, Y., Nishiyama, M., Kanahama, K., Suzuki, S., Sato, T. Promotion of flowering by far-red light-emitting diodes in *Gypsophila paniculata* and other cut flowers. 6th International Symposium on Light in Horticulture. 2009年11月15日. Tsukuba (Japan).
5. Sato, T., Kudo, N., Nishimura, M., Kanayama, Y., Kanahama, K. Effect of day-extension treatments with far-red light on flowering of *Eustoma grandiflorum* in early winter. 6th International Symposium on Light in Horticulture. 2009年11月15日. Tsukuba (Japan).
6. 西館孝治・堀 良美・金浜耕基・金山喜則. シュッココンカスミソウの花成関連遺伝子の発現に及ぼす光質の影響. 園芸学会. 2009年9月26日. 秋田大学.

[図書] (計 5件)

1. 金山喜則・西山学・金浜耕基. 農文協. 「農業技術体系花卉編. 第3巻追録第14号. 遠赤色光による長日性切り花類の開花促進」. 2012. 226の34~226の37ページ.
2. 金山喜則・西山学・金浜耕基. 農文協. 「最新農業技術花卉. 第4巻:長日性切り花ー遠赤色光による開花促進」. 2012. 201~204ページ.
3. 金浜耕基. 文永堂出版. 「園芸学」. 2009. 1~280ページ.

4. 西山学・金浜耕基. 文永堂出版. 「園芸学 第1章. 園芸と園芸学」. 2009. 1~24ページ.
5. 金山喜則. 文永堂出版. 「園芸学 第4章. 園芸作物の生理」. 2009. 71~94ページ.

[産業財産権]

○出願状況 (計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

<http://www.agri.tohoku.ac.jp/hort/index-j.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

金浜 耕基 (KANAHAMA KOKI)
東北大学・大学院農学研究科・教授

研究者番号: 00113936

(2) 研究分担者

金山 喜則 (KANAYAMA YOSHINORI)
東北大学・大学院農学研究科・准教授

研究者番号: 10233868

研究分担者

西山 学 (NISHIYAMA MANABU)
東北大学・大学院農学研究科・助教

研究者番号: 80312627

(3) 連携研究者

なし