

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05557

研究課題名(和文) 青色光によって開花と害虫を同時に制御する新たな栽培体系の開発に関する基盤研究

研究課題名(英文) Basic research on the development of a new cultivation system that simultaneously controls flowering and pests using blue light

研究代表者

西山 学 (Nishiyama, Manabu)

東北大学・農学研究科・助教

研究者番号：80312627

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：慣行の切り花類の栽培では、開花調節は白熱電球によって行われ、フィトクロムに基づく赤色光と遠赤色光が制御要因であるとされてきた。青色光も花成制御に関わっているが、発光ダイオード(LED)が普及するまでは栽培用に利用できる青色光の光源がなかったことから、開花調節に利用されてこなかった。そこで本課題では、青色LEDによる開花調節の解明を試みた。また、害虫防除は一般には農薬散布によって行われ、光の殺虫効果は波長が短いほど強く、紫外線BやCのように波長が短い紫外線だけにあるとされてきた。しかし最近、従来の常識に反して、青色光に種々の昆虫に対する致死効果が発見されたため、青色光による害虫防除を着想した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

慣行の栽培では、切り花類の開花調節は白熱電球によって行われ、フィトクロムに基づく赤色光と遠赤色光が制御要因であるとされてきた。また、害虫防除は一般には薬剤や天敵によって行われており、光はこれまで誘蛾灯のような害虫を誘引する技術や、黄色灯による夜行性ガ類の活動抑制技術のような害虫の行動制御のみに利用されていた。さらに、紫外線のように波長が短いほど殺虫および殺菌効果が高いことが常識であったため、青色光による防除は想定外であった。本課題ではこれら従来の常識や学術体系を覆し、新たに青色LEDによって開花と害虫を同時に制御する全く新しい栽培体系を開発しようとする点が本研究の意義である。

研究成果の概要(英文)：In conventional cut flower cultivation, flowering is regulated by incandescent light bulbs, and red and far-red light based on phytochromes have been considered to be the controlling factors. Blue light is also involved in flowering control, but until light-emitting diodes (LEDs) became widespread, there were no blue light sources available for cultivation, and so it had not been used to regulate flowering. Therefore, in this project, we attempted to elucidate flowering regulation by blue LEDs. Insect pest control is generally carried out by spraying pesticides, and it has been thought that the shorter the wavelength of light, the stronger the insecticidal effect, and that only short-wavelength ultraviolet light such as ultraviolet B and ultraviolet C exists. However, recently, contrary to conventional wisdom, it has been discovered that blue light has a lethal effect on various insects, which led to the idea of using blue light to control insects.

研究分野：園芸学

キーワード：花成 害虫防除 青色光

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

慣行の切り花類の栽培では、開花調節は白熱電球によって行われ、原理としてはフィトクロムに基づく赤色光と遠赤色光が制御要因であるとされてきた。青色光も花成制御に関わっているが、開花調節に利用されてこなかった。さらに、害虫防除は一般には農薬散布によって行われ、また、光の殺虫効果は波長が短いほど強く、紫外線 B や C のように波長が短い紫外線だけにあるとされてきた。しかし最近、従来常識に反して、可視光である青色光に種々の昆虫に対する致死効果が発見された。

### 2. 研究の目的

開花調節において青色光も花成制御に関わっているが、LED が普及するまでは栽培用に簡易に利用できる青色光の光源がなかったことから、開花調節に利用されてこなかった。そこで本課題ではまず、青色発光ダイオード (LED) による開花調節に焦点を当てる。さらに、最近、従来常識に反して、可視光である青色光に種々の昆虫に対する致死効果が発見されたため、青色光による害虫防除を着想した。以上により、青色光による開花の制御機構を解明するとともに殺虫効果を検証することを目的とする。

### 3. 研究の方法

(1) 植物の開花に及ぼす青色光の影響の調査には、デルフィニウム (*Delphinium*) のエラータム系 (*D. elatum*) とシネンシス系 (*D. grandiflorum*) を供試した。人工光利用型ファイトトン (22°C/18°C) で栽培し、8:00~16:00 はメタルハライドランプを照射して栽培し、その後 16:00~4:00 は夜間電照を想定し、青色 (B)、赤色 (R)、遠赤色 (FR) の各 LED を照射した。対照として LED の照射を行わない短日区を設けた。これらの条件下に置いて、開花に関わる遺伝子の発現を調べた。花成関連遺伝子の一つ *PHYTOCHROME-INTERACTING FACTOR (PIF)* のホモログである *PIF3*, *PIF4*, *PIF8* の発現解析を行った。

(2) ①ハスモンヨトウの孵化幼虫を対象に青色光の殺虫効果を調査した。予備試験の結果、人工飼料を給餌した状態で青色光を照射した場合、照射によって餌が変質し、幼虫による摂食が低下することが明らかとなった。各種検討を重ねた結果、7 時間給餌-17 時間絶食を 4 日間繰り返しても、幼虫は成育可能であることが示された。そこで、孵化幼虫を用いて、全暗下での 7 時間給餌-青色光照射下での 17 時間絶食を 4 日間繰り返し、死亡率を調査した。②ハスモンヨトウ孵化幼虫の殺虫に効果的な青色光波長および有効光強度を調査した。1 年目に確立した照射殺虫試験方法を用い、408, 417, 439, 453, 465 nm の青色光について、 $10 \times 10^{18}$  photons  $\cdot$  m<sup>-2</sup>  $\cdot$  s<sup>-1</sup> の光強度での殺虫効果を比較した。③ハスモンヨトウの卵に対する青色光の殺虫効果を調査した。鱗毛が付着しているハスモンヨトウ卵塊に 465 nm の青色光を  $15 \times 10^{18}$  photons  $\cdot$  m<sup>-2</sup>  $\cdot$  s<sup>-1</sup> で 4 日間照射し、全暗区に置いた卵塊と孵化率を比較した。

### 4. 研究成果

(1) エラータム系の花成は、R 区と FR 区と比較して B 区で遅い傾向が認められた。一方、シネンシス系の花成は B 区で R 区、FR 区と同等に促進された。切り花品質については、いずれの系統も B 区で小花数が多い傾向が認められた。以上から、シネンシス系デルフィニウムの花成促進に青色光が効果的であることが明らかとなった。

花芽形成は認められたものの、*DePIF4* と *DePIF8* の発現パターンや光質との間には一定の傾向は認められなかったことから (図 1)、青色光は他の遺伝子を介して花芽形成に影響を及ぼしていることが推察された。一方、*DePIF3* は、青色光による長日処理を開始してから 1~4 週間において発現が高かった。また、青色光では発現に日変動が認められた (図 2)。以上から、青色光による開花調節は *PIF3* が花成促進的に働く可能性が示唆された。

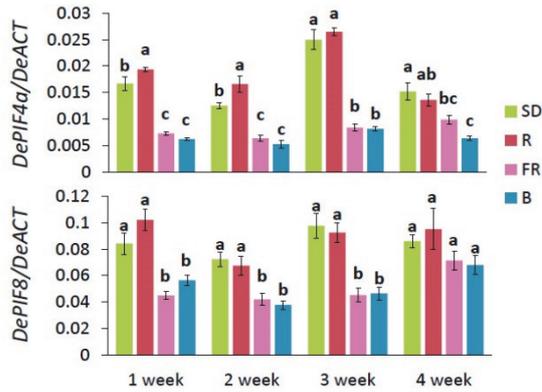


図1 光質処理開始後の *DePIF4* と *DePIF8* の発現

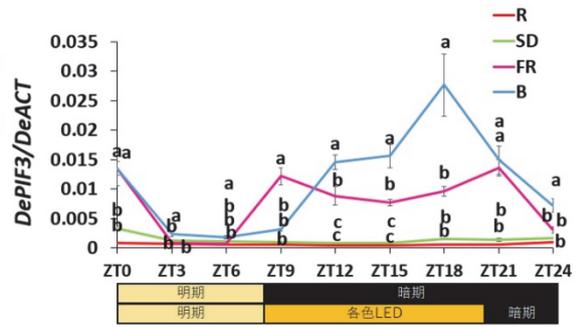


図2 *DePIF3* の24時間発現変動

(2) ①ハスモンヨトウの孵化幼虫の死亡率は、給餌、絶食ともに全暗下とした幼虫の死亡率は0%であったのに対して、 $10 \times 10^{18}$  photons  $\cdot$  m $^{-2}$   $\cdot$  s $^{-1}$ で青色光を照射した幼虫の死亡率は417 nmで92%、465 nmで58%であった。以上から、青色光はハスモンヨトウの幼虫に対して殺虫効果があることが明らかとなった。②417および465 nmの青色光で有意な殺虫効果が認められた。417, 439, 465 nmの3波長については、 $15 \times 10^{18}$  photons  $\cdot$  m $^{-2}$   $\cdot$  s $^{-1}$ での殺虫効果も調査した。465 nmが最も高い効果を示し、100%の死亡率が得られた。また、465 nmの青色光を $10 \times 10^{18}$  photons  $\cdot$  m $^{-2}$   $\cdot$  s $^{-1}$ で照射し続けると、初齢幼虫ですべて殺虫できることが明らかとなった。以上から、465 nm光を $10 \times 10^{18}$  photons  $\cdot$  m $^{-2}$   $\cdot$  s $^{-1}$ で照射し続ければ、作物への被害が少ない初齢幼虫のうちに駆除できることが示された。③照射区と全暗区で孵化率に差はみられなかった。そこで、鱗毛が青色光から卵を保護している可能性を考え、鱗毛の有無と465 nm青色光照射による殺虫効果との関係を調査した。その結果、鱗毛を除去して青色光を照射しても致死効果はみられなかった。②の結果で、465 nmの青色光はハスモンヨトウの孵化幼虫に対して殺虫効果があることが明らかとなっているが、この結果から卵に対しては鱗毛の有無にかかわらず殺虫効果がないことが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Nono SUGAWARA, Mei NUMAZAWA, Ryo ABE, Manabu NISHIYAMA, Kazuhisa KATO and Yoshinori KANAYAMA	4. 巻 -
2. 論文標題 Effect of light quality of long-day treatments on flowering in Delphinium.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Agricultural Meteorology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2480/agrmet.D-22-00037	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 菅原のの・沼澤芽生・西山学・金山喜則・加藤一幾
2. 発表標題 フィトクロムのシグナル伝達に関わるPIF およびPHLホモログの解析
3. 学会等名 園芸学会令和5年度春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 沼澤芽生・菅原のの・阿部 遼・西山 学・加藤一幾・金山喜則
2. 発表標題 デルフィニウムの花成に及ぼす光質の影響とフィトクロム遺伝子に関する研究
3. 学会等名 園芸学会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	金山 喜則 (Kanayama Yoshinori) (10233868)	東北大学・農学研究科・教授  (11301)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	堀 雅敏  (Hori Masatoshi)  (70372307)	東北大学・農学研究科・教授    (11301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関