

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 25 年 5 月 31 日現在

機関番号：12102
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2010～2012
 課題番号：22580028
 研究課題名（和文） 高度光環境制御下における各種園芸作物の幼植物体の動態に関する研究
 研究課題名（英文） Study on the dynamics of seedlings of horticultural crops under the controlled light environment
 研究代表者 福田 直也 （ FUKUDA NAOYA ）
 筑波大学・生命環境系・准教授
 研究者番号：80251023

研究成果の概要（和文）：

光質に対する応答反応関連遺伝子の網羅的解析とその動態ならびに、育苗期間中の光質制御による苗質制御技術の可能性について検討を行った。ペチュニアを材料として育苗期間中に赤色ならびに青色光条件下で変動する遺伝子の網羅的探索を行ったところ、育苗期間中の花成早期誘導と光質制御に関連している遺伝子が発見された。この知見を基に、草姿と花成を同時に抑制する赤色光下でも植物ホルモン処理を行うことにより花成を促進できること等、園芸作物の育苗期における成長調節処理技術の可能性が示された。

研究成果の概要（英文）：

It was considered that how the plant growth regulation by light quality to develop and control the growth of seedlings. At same time, it was carried out that the some genes expression concerned with light condition during the growth stage of seedling, were analyzed by comprehensive analysis methods. In the case of petunia, as the results of a comprehensive gene analysis, some genes concerned with floral development under red and blue light condition was find out. From those results, we tried the combination treatment of light quality treatment and some phyto-hormone applications, and showed the possibility of a new plant growth regulation method by light quality during the raising the seedlings of horticultural crops.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 22 年度	2,100,000	630,000	2,730,000
平成 23 年度	800,000	240,000	1,040,000
平成 24 年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学・園芸学

キーワード：ペチュニア，花成，光質，花成関連遺伝子，ジベレリン，サイトカイニン，主茎伸長，*ELF4* 様遺伝子

1. 研究開始当初の背景

野菜や花，果樹等園芸作物の苗は，プラグトレイなどを使用して工業的に大量生産されるよう時代に入りつつある。この背景には，良質な苗に対する大量需要があることが挙げられ，果樹のような樹木類についても，栽

培体系の施設化が普及するに伴い，苗生産の需要が増すことが予想され，今後も苗の大量生産は伸び続けるものと考えられる。このような苗生産において，最も重要な要素は良質かつ均一な苗を生産することである。しかしながら，このような苗生産においては，高密

度で栽培することから苗は徒長しやすく、また、気象状況によっても苗質は大きく変動してしまう、挿し木後の発根が不安定というように課題が山積している現状である。

植物の形態形成には、光環境が重要な働きをしている。これまで筆者らは、特に重要な成育段階である花芽分化ならびに主茎伸長について光質が及ぼす影響を解明し、赤色光と青色光によりペチュニアの花成反応と主茎伸長が変化することを明らかにしたが、植物体中の内生ホルモンなどさまざまな生理状態が光環境に関係している。この光環境制御により、さまざまな植物生長反応をコントロールできる可能性があるが、このような光環境制御を実現するためには、半導体型光源(LED等)や光質変換フィルムなどの技術が必要となる。これらの光環境制御資材は、長足の進歩を遂げており、これまでは不可能であった光質の調節など、近い将来、安価で手軽に利用できる制御要因となるものと思われる。しかしながら、光環境制御については、農業分野での応用研究は始まったばかりであり、実用的技術としては開発途上のものである。

2. 研究の目的

本研究は、閉鎖系育苗システム環境下における花芽分化ならびに草姿について、苗生産技術への光環境制御新技術応用を目指したものである。まず、光環境条件(光質、光周期、光強度)が植物の生育にもたらす複合的な効果を評価する必要がある。特に花成に関しては、単なる光周期の反応のとどまらず、光の波長分布特性が、花成時期を大きく左右する重要な要因であることが判明しつつある。また、この反応は植物種によって異なることがあり、実用技術としての花成制御型育苗システムを構築する上で、種あるいは品種間の反応差違を理解する必要がある。加えて、この光による花成や生育の生理的制御機構を理解することも重要である。特に、植物ホルモンや関連遺伝子発現の解析を通じて、より効率的な制御システムの開発が可能となるものと考えられる。ここでは、光環境制御技術が様々な花卉あるいは野菜類苗の生理的特性に及ぼす影響を評価し、植物の光形態形成反応に関する新しい知見を得た上で実用的な成育制御技術を確立する。

3. 研究の方法

本研究では、数種野菜ならびに花卉類について、安定的育苗環境と、苗の成育時における草姿・花成制御技術についてそれぞれ研究ならびに開発を進めるものとする。育苗時の順化光条件については、植物体の健苗化に必要な、光条件(光強度)に加えて、草姿ならびに花成誘導を制御する光質および光周期

条件を検討し、閉鎖系において周年で安定的に苗を供給できるシステムを構築する。

(1)インキュベータ内において、各種目的光条件下において播種ならびに一定期間栽培を行い、植物体を採取した。なお、光質の条件としては、各種レセプターを対象として光条件を設定し、紫外線(UVレセプター)、青色光(フォトリボリン、クリプトクロム)、赤色光・遠赤色光(フィトクロム)とし、いずれの光質条件もLEDを光源とする。光強度ならびに光周期については、ペチュニアを材料として、その育苗最適条件に固定する。これらの光質条件において、花成誘導や茎伸長、根部発達等代表的生長反応に著しい影響をもたらす光条件を特定した上で、遺伝子解析を行う光環境条件を設定した。続いて、その条件において一定期間育苗した植物体初期成育状態のものより、植物体を採取する。採取したサンプルについては、RNA抽出後cDNAを合成した上で、次世代シーケンサーにより、各種の生態特定反応を励起する光質条件下で発現している遺伝子群を同定するとともに、各遺伝子の発現状況を網羅的に把握した。

(2)上記(1)において、形態的ならびに生理的变化が顕著である光条件について、その環境下において顕著に発現した遺伝子群中において、各種植物ホルモンならびに花成誘導遺伝子に関連すると考えられる候補遺伝子群について、生育段階別にその動態を把握した。サンプル採取のタイミングおよび採取箇所は、栄養成長期の成長点ならびに花成誘導期の成長点とした。なお、サンプル育成時の光条件については(1)と同様とする。遺伝子発現については、定量的PCR法により行った。

(3)植物ホルモンを介した影響:主に、胚軸や茎、葉、根の伸長成長に関して効果を発揮する、光質、光強度ならびに光周期を決定した上で、ジベレリンならびにサイトカイニンに関する生育反応に関わる光環境条件を同定した。また、育苗中の光環境と各種成長調節剤処理が、育苗終了後の生育に及ぼす影響について評価し、苗生産時における形態制御の可能性について模索した。

4. 研究成果

(1)これまでの研究において判明している、花成や生長に影響を与える光環境条件下で発現している遺伝子に関して、代表的長日植物であるペチュニアに対する長日条件下での初期成育時に関する光質の影響を評価した。インキュベータ内において、各種光条件下で播種ならびに一定期間栽培を行い、植物体を採取した。光質の条件としては、各種光レセプターを対象とした光条件に関して青色光(フォトリボリン、クリプトクロム)ならびに赤色光(フィトクロム)を設定し、い

ずれの光質条件も LED を光源とした照射を行った。採取したサンプルについては、次世代シーケンサーにより生長点付近で発現している遺伝子群を同定した。この結果、いずれの光条件においても、複数の花成誘導遺伝子が発現していることをペチュニアで確認したとともに、*ELF*様遺伝子など、青色光下等特定の光条件で発現が増大する遺伝子群と、赤色光下で増大する *SLF* などの遺伝子群の同定に成功した。

(2)インキュベータ内において、各種光条件下で播種ならびに一定期間栽培を行い、植物体を採取した。光質の条件としては各種光レセプターを対象とした光条件に関して青色光、赤色光を設定し、いずれの光質条件も LED を光源とした照射を行った。(1)において実施した網羅的解析により青色光条件下において発現が増大する可能性が指摘された *ELF* 様遺伝子について解析を行ったところ、青色光条件下において、*ELF4* 様遺伝子の三種類のホモログ遺伝子より、照射後から発現量が大きく増大する配列を発見した。

続いて、花成誘導に関係している可能性が高い *ELF4* 様遺伝子 (*PhELF4*) 解析を進めた。*PhELF4-1* と *PhELF4-3* の cDNA 全鎖長をアミノ酸翻訳したところ、同じナス科の植物であるトマトの *ELF4* 様遺伝子と、*PhELF4-1* は 65%、*PhELF4-3* は 69% の同一性を示した。また、*PhELF4-1* の発現は明期開始 12 時間後にピークに達するが、それ以外の時間帯ではそのレベルは非常に低くなった (図 1)。*PhELF4-1* の発現は、開花が促進される青色光下で強く発現し、開花が抑制される赤色光下で発現が半減する傾向があったことから、*PhELF4-1* の光質間で異なる発現パターンの違いが、青色光下での早

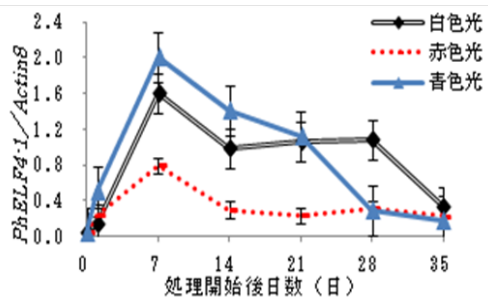
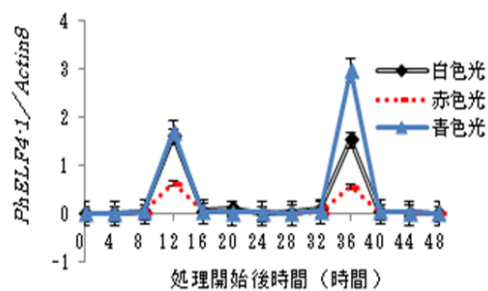


図1 各種光質条件下において育苗期間中のペチュニアにおける *PhELF4-1* の発現動態。エラーバーは、標準誤差 ($n=3$) を示す。

期花成誘導に関係している可能性があることが示された。

(3)形態的ならびに生理的変化が顕著である光条件下で、その環境下において顕著に発現した遺伝子群中、各種植物ホルモンと花成誘導遺伝子に関連すると考えられる候補遺伝子群について、生育段階別にその動態を把握した。なお、サンプル育成時の光条件については(1)と同様とした。この結果、ペチュニアにおける *FT* 様遺伝子に関して、いずれの光質下においてもサイトカニンによる花成誘導効果と考えられる増加が確認された。また、ジベレリン生合成遺伝子群中、*GA20* 位酸化酵素遺伝子の発現に光質の影響が顕著に見られることが示された (図 2)。

育苗時の光質処理による、花成ならびに草姿の制御を目的として、ペチュニア幼植物体への光質処理ならびに植物ホルモン処理が、

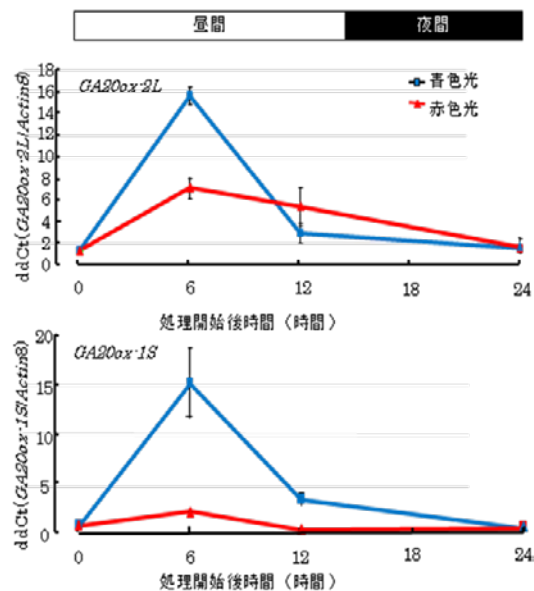


図2 各種光質条件下において育苗期間中のペチュニアにおける *PhGA20ox-2L* ならびに *PhGA20ox-1S* の発現動態。エラーバーは、標準誤差 ($n=3$) を示す。

処理終了後の生育に及ぼす影響を評価し、育苗時における成長調節処理技術の可能性について検討した。光質と CPPU 処理により草姿と花成に違いが表れたが、反応は品種によって様々であった (表 1)。供試した品種のいずれにおいても、育苗中の青色光による主茎伸長と開花の促進効果が見られた。一方、育苗中の赤色光によって側枝数が増加したが、CPPU 併用処理により花成誘導が促進されるとともに主茎伸長が抑えられた。また、育苗期間中に光質毎に照射する期間を変化させたところ、赤色光の照射期間に対して、青色光照射期間が増えるほど開花が早まることも判明した。以上の結果から、育苗時の赤色光照射処理と CPPU 処理によってペチュニア主茎の伸長を抑えることが可能であ

ると考えられた。また品種によっては、育苗時の赤色光と青色光の照射期間を変えることで、草姿を維持しつつ開花時期を調節できる可能性が示唆された。

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 1 件)

N.Fukuda, T.Yoshida, C.Senaha, J.E.Olsen, Y.Jikumaru, Y.Kamiya, Short main shoot length and inhibition of floral bud development under red light can be recovered by application of gibberellin and cytokinin, Acta Horticulturae, 956:215-222, 2012, 査読有, <http://www.actahort.org/>

[学会発表] (計 3 件)

- ① N.Fukuda, Advanced lighting technology and its application to the plant production, The 4th Korea-China-Japan Joint Symposium on Protected Horticulture and Plant Factory, 2012 年 11 月 14 日, (ソウル大学, 大韓民国)
- ② 塚本敦子・平井正良・三位正洋・秋廣高志, Olsen, E. Jorunn・江面浩・福田直也, 光質がペチュニアの花成関連遺伝子の発現に及ぼす影響, 園芸学会, 2011 年 3 月 20 日, (宇都宮大学)
- ③ 吉田岳朗・軸丸裕介・神谷勇治・西島隆明・江面浩・福田直也, 青色および赤色 LED 光下のペチュニアにおける光形態形成および植物ホルモンの動態, 園芸学会, 2011 年 3 月 20 日, (宇都宮大学)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福田 直也 (FUKUDA NAOYA)
筑波大学・生命環境系・准教授
研究者番号: 80251023