

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24580057

研究課題名(和文) 光によるニホンナシ休眠と耐凍性の制御は可能か? - 機構解明から技術開発への展開

研究課題名(英文) Is it possible to manipulate the dormancy progression and freezing tolerance of Japanese pear with light? - Evolution a new technique based on the mechanism elucidation

研究代表者

伊東 明子 (ITO, Akiko)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・果樹茶業研究部門生産・流通研究領域・上級研究員

研究者番号：30355383

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：ニホンナシを対象に、3カ年にわたり、秋の休眠導入期から開花期にかけて青色光、赤色光、遠赤色光をLED光源により夜間連続照射し、花芽の休眠ステージ進行や耐凍性強度に及ぼす影響を検討した。その結果、花芽および枝の耐凍性温度は光照射により一定の傾向が認められなかった。一方休眠に関しては、年により反応の強度に違いは認められたものの、開花が青色光照射樹で早く、遠赤色光照射樹で遅くなる傾向が認められ、自発休眠覚醒期に影響すると考えられた。

研究成果の概要(英文)：To investigate the effects of light quality (wavelength) on freezing tolerance and dormancy progression in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* (Burm. f.) Nakai), we treated potted Japanese pear trees with the red, far-red, and blue light with LEDs daily between sunset and sunrise from autumn (September or October) until spring (March or April) in the successive three years. Resultantly, we found that light treatment did not affect the freezing tolerance of pear flower buds and shoot. However, trees irradiated with blue light flowered earlier than non-treated control, whereas those with far-red light did flower later. We consider that light quality may affect the dormancy progression and then change flowering time of pear trees.

研究分野：果樹

キーワード：ニホンナシ 光 休眠 耐凍性 LED

1. 研究開始当初の背景

近年、気候温暖化やそれに起因する天候不順により、秋から冬の気温が比較的高温で推移することが多くなっている。それに伴い、ニホンナシの栽培現場などでは、発芽後の生育が不齊となり、甚だしい場合は結実が確保できなくなるような春の萌芽不良の事例が増えている。萌芽不良の原因は現段階では不明であるが、低温不足による休眠不良や、耐凍性の獲得が不十分なためにおこる凍害による影響の可能性が指摘されている。

気候の温暖化は今後さらに進展すると見込まれており、将来にわたる落葉果樹の安定生産のためには、秋～冬にかけての環境耐性・休眠プロセスに及ぼす環境の効果を明らかにするとともに、これらを適切に進行させる方法を開発する必要がある。

近年、多年生の実験植物であるポプラ等において、萌芽や枝の伸長停止、乾燥や低温に対する耐性の確立、休眠導入と覚醒といった年間の生育サイクルが、温度と光の相互作用により制御されていることが明らかとなりつつある。そこで、一般に低温により制御されていると考えられている冬期の耐凍性や休眠の進行を、光環境の制御により一定程度制御できないかと着想するに至った。

2. 研究の目的

ニホンナシ等落葉果樹の枝成長、ひいては花芽形成や休眠に及ぼす光の影響を明らかにするとともに、近年の気候温暖化条件下で利用可能な、光による生育制御技術を提示することを目的とする。

3. 研究の方法

光照射がニホンナシの耐凍性および休眠進行に及ぼす影響を確認するため、ポット植え「幸水」樹に対し、休眠導入期から開花期頃まで屋外で夜間光照射を行った。

(1) 2012-2013年

ニホンナシ「幸水」の3年生苗を供試し、青色光 (B 光、460nm)、赤色光 (R 光、660nm)、遠赤色光 (FR 光、730nm)、青+遠赤色光 (B+FR)、赤+遠赤色光 (R+FR) を、日没から日の出にかけて照射し、無照射 (対照区、Cont) と比較した。照射処理は2012年9月6日から2013年3月4日に実施し、照射中は約1ヶ月ごとに切り枝を採取して耐凍性と休眠程度を評価した。

耐凍性は、プログラムフリーザーで枝を丸ごと凍結させ、その後約20日間20℃でインキュベートした後の腋花芽の生死判定によって実施した。また休眠程度は、切り枝を20℃のインキュベータで加温し、20日後に開花・萌芽した腋花芽の割合で評価した。

また、休眠や耐凍性の遺伝的なステージ変化を適切に評価するため、休眠関連遺伝子、低温感応関連遺伝子および耐凍性獲得関連遺伝子の発現を解析した。

(2) 2013-2014年

ニホンナシ「幸水」の4年生苗を供試し、青色光 (460nm)、赤色光 (660nm)、遠赤色光 (730nm) を、日没から日の出にかけて照射し、無照射 (対照区、Cont) と比較した。照射は2013年10月15日から2014年3月6日に実施し、その後は無照射で開花期まで生育させ、開花日および1花あたり小花数を調査した。光照射期間中は、約1ヶ月ごとに枝を採取して耐凍性と休眠程度を評価した。耐凍性の評価は、昨年度実施の腋花芽の生死判定法に加え、プログラムフリーザーから出した後の枝におけるイオン漏出量 (electrolyte leakage) の評価も行った。

また、休眠や耐凍性の遺伝的なステージ変化を適切に評価するため、休眠関連遺伝子、低温感応関連遺伝子および耐凍性獲得関連遺伝子の腋花芽における発現を解析した。

(3) 2014-2015年

ニホンナシ「幸水」の4年生苗を供試し、青色光 (460nm)、赤色光 (660nm)、遠赤色光 (730nm) を、日没から日の出にかけて照射し、無照射 (対照区) と比較した。光照射は2014年9月16日に開始した。光照射強度は、いずれの処理区においてもポット植え付け面で0.5~1.0 $\mu\text{mol/s/m}^2$ とした。

光照射が休眠のどのステージに影響を及ぼしているかを明らかにするため、低温遭遇時間が休眠覚醒に必要な時間 (ここでは DVI と表記) の0.8、1.0、1.5に達した時点で各光処理区から3ポットを最低気温10℃に設定した温室に搬入して萌芽・開花させ、最終開花率および腋花芽あたり小花数を調査した。

また、5ポットは光処理開始から開花期まで露地で光照射した。開花期には90%開花日、および腋花芽あたり小花数と花原基・葉原基の数を調査した。また休眠関連および花成関連の遺伝子の発現解析のため、光照射期間中は定期的に腋花芽をサンプリングした。

4. 研究成果

(1) 秋～冬の夜間光照射がニホンナシの耐凍性に及ぼす影響

2012-13年、および2013-14年の2カ年にわたり耐凍性の季節変動を調査したが、人工凍結枝における腋花芽の生死判定、および枝切片のイオン漏出量による耐凍性評価のいずれの方法でも光による明確な違いは認められなかった (データ略)。

また2012-13年には、青色光照射により腋花芽における catalase, PRR-5, chitinase, PR-10 等の環境耐性関連遺伝子の発現が高まることが観察されたものの、続く2013-2014年には明確な差は認められなかった。

以上、樹体の耐凍温度の評価、および遺伝子発現解析の結果より、少なくとも本試験で実施した0.5~1.0 $\mu\text{mol/s/m}^2$ 程度の弱光では、ニホンナシの耐凍性・環境耐性は影響を受けないと考えられた。

(2) 秋～冬の夜間光照射がニホンナシの休眠進行に及ぼす影響

2012-2013年に実施した切り枝による評価では、加温後の開花に光照射処理の効果は判然としなかった。

2013-2014年には開花期まで露地で光照射を実施し、開花期および1花あたり小花数を調査した。その結果、青色光処理により開花日(9割の腋花芽が開花と定義)が前進する一方、FR光処理により1花叢あたり小花数が減少するとともに開花期が遅延することが明らかとなった(図1、表1)。

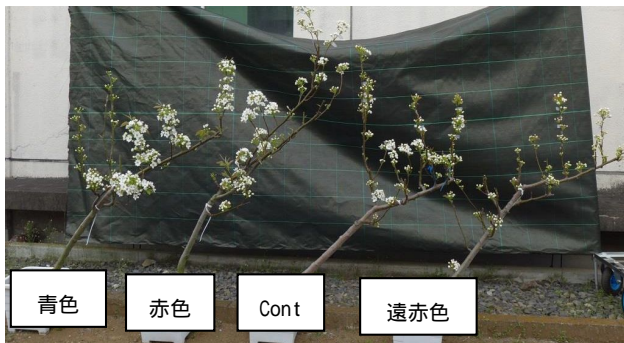


図1 2013年10月～2014年3月までの各種光照射がニホンナシの開花に及ぼす影響(撮影2014年4月10日)

表1 2013年10月～2014年3月までの各種光照射がニホンナシの開花に及ぼす影響

	小花数/花叢	満開日
cont	7.30 a	4月14日
赤色	6.48 a	4月14日
遠赤色光	4.84 b	4月17日
青色	6.60 a	4月11日

2014-2015年には、DVI=0.8で温室に搬入し萌芽を促進させた樹では、いずれの光照射区においても開花は認められなかった(データ略)。一方DVI=1.0で萌芽処理を開始した場合、光の種類により開花率が異なり、R光およびB光処理により無照射より開花率が上昇した(表2)。DVI=1.5ではすべての処理区で高い開花率を示した。また、腋花芽あたり小花数は、DVI=1.0で加温し萌芽処理を開始した樹では開花率と同様の傾向を示したが、DVI=1.5の樹では、B光処理樹で無照射処理よりも多くなった(表2)。

一方2014-2015年は、開花期まで露地で光照射を行った場合、開花期に差は認められず、すべての区で4月16日に90%開花に到達した(表3)。また腋花芽あたり小花数にも処理区間差は認められなかった。

以上、3カ年の成果より、光照射は、少なくとも自発休眠覚醒期までに開花反応に影響を及ぼしているものと考えられ、R光およびB光で開花を促進する効果があると考えられた。ただし、落葉果樹の開花日は、休眠覚醒期だけでなくその後の高温遭遇時間によ

る影響が大きいことから、年次により開花日に対する光の影響が判然としなくなるものと考えられた。

腋花芽における開花関連遺伝子(*FT*, *TFL1*, *AP1*, *LFY*など)、および休眠関連遺伝子(*DAM*, *CBF*など)の発現解析からは、光が制御する鍵となる生育プロセスを同定するには至らなかったが、サーカディアンリズムに関わる遺伝子等の発現に変化が認められたことから、今後これらの点についてさらに検討を進めて行く必要がある。

表2 2014年9月16日からDVI=1.0または1.5時点までの夜間光照射がニホンナシ「幸水」腋花芽の開花率(上)および小花数(下)に及ぼす影響。

	DVI=1.0	DVI=1.5
Cont	0.284	0.854
R	0.447 *	0.964 ns
FR	0.299 ns	1 ns
B	0.649 ***	0.971 ns

z: χ^2 検定によりContと有意差なし(ns)、または5%(*), または0.1%(***)水準で有意差あり。

	DVI=1.0	DVI=1.5
Cont	1.38 ab	2.86 a
R	1.92 b	3.91 ab
FR	1.03 a	4.15 ab
B	3.22 c	4.23 b

z: 異文字はTukey-Kramer法により5%水準で有意差あり。

表3 2014年9月16日から開花期までの夜間光照射がニホンナシ「幸水」腋花芽の開花率および小花数に及ぼす影響

	90%腋花芽開花日	腋花芽小花数
Cont	4月16日	7.87 ns
R	4月16日	7.24
FR	4月16日	7.61
B	4月16日	7.23

5. 主な発表論文等

〔産業財産権〕
出願状況(計 1件)

名称: 植物栽培方法及び植物栽培装置
発明者: 伊東明子
権利者: 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
種類: 特許
番号: 特願2015-206440
出願年月日: 平成27年10月20日
国内外の別: 国内

取得状況(計 0件)

〔その他〕
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊東 明子 (ITO, Akiko)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合

研究機構果樹茶業研究部門生産・流通研究

領域・上級研究員

研究者番号：30355383

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし