

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6月1日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2011

課題番号：20580030

研究課題名（和文） 野生種を用いた花芽分化の制御が可能な夏採りイチゴ品種の育成に関する研究

研究課題名（英文） Breeding for summer harvesting strawberry cultivar which floral initiation can be controlled, using wild strawberry plant

研究代表者

柳 智博 (YANAGI TOMOHIRO) 香川大学

研究者番号：70221645

研究成果の概要（和文）：

本研究の目的は、栽培イチゴの起源種である *Fragaria chiloensis* の 1 系統 CHI-24-1 が 25 日間の 24 時間日長処理（自然光と日没直前から日出直後までの白熱電球による夜間連続照明）により花芽分化する特性を栽培品種に導入することである。CHI-24-1 と栽培品種との F₁ 系統に栽培品種を戻し交雑して得られた集団から果実品質等が優良な系統を選抜できた。また、24 時間日長条件下における CHI-24-1 の花芽分化がフィトクロームを媒介とした反応であることを究明した。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this research was to breed a new type of strawberry cultivar which floral initiation occurred under 24 hour daylength treatment for 25 days. A superior strain was selected among the population which was obtained by the back cross pollination between F₁ plants (cultivar × CHI-24-1) and cultivars. Also, the floral initiation of the CHI-24-1 under 24 hour daylength treatment was the response mediated by phytochrome protein which had a role as a photoreceptor.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010 年度	600,000	180,000	780,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

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：イチゴ,

1. 研究開始当初の背景

(1) 研究の全体構想

本研究の目標は、従来とは全く異なった機能を持つイチゴ品種を育種し、夏期における国内のイチゴ生産量を増大させることである。すなわち、自然日長条件では盛んに栄養繁殖体を発生するため苗の増殖効率が高く、一方昼間の太陽光と夜間の連続照明で 24 時間日長条件にしてやると約 25 日で確実に花

芽分化し、その後開花・結実する様なイチゴ品種の育成である。従来の四季成り品種が持つ増殖効率の悪さと花芽分化過多といった欠点を根本的に解消するもので、世界的にも全く例のないものである。

(2) これまでの研究成果

① 24 時間日長条件で特異的に花芽分化する野生株の発見

研究代表者は、栽培イチゴの1野生種である *Fragaria chiloensis* の1系統 CHI-24-1 が24時間日長処理（自然光と日没直前から日出直後までの白熱電球による夜間連続照明）で栽培した場合に、頂芽や匍匐枝（ランナー）の先端に花芽分化し、開花することを発見した（柳・織田，園芸学会雑誌 59, 737-743, 1991）。

②24時間日長条件で特異的に花芽分化する特性の再確認

本来、イチゴの花芽分化の光周性は短日性か中性であるとされている。しかし、本系統の花芽は、平均気温が15℃以上では、8時間や16時間日長条件下では分化が起こらず、40日間の24時間日長処理で強く誘導されることを明らかにした（Yanagi *et al.* Scientia Horticulturae 110, 187-191, 2006）。

③24時間日長条件で特異的に花芽分化する特性の遺伝

一方、本形質が栽培品種との交雑により高頻度で後代に遺伝することを明らかにした（Yanagi, *et al.* Euphytica 144: 79-84, 2005）。このことにより、本形質を持った栽培品種の育成が可能であることが明確になった。本系統は、国内だけでなく世界的にも申請者らのみが有しているものであり、*Fragaria* 属の中だけでなくその他の植物にもほとんど認められないユニークな花芽分化特性を持っている。

④24時間日長条件で特異的に花芽分化する特性の生理

さらに、本系統の花芽分化の植物生理学的研究も進めており、24時間日長において赤色光処理（R:660nm 付近）で起こらず、近赤外光（FR:730nm 付近）でのみ起こることから、多くの植物が有する光受容タンパクであるフィトクロームが強く関与する可能性が高いことを明らかにした（Yanagi *et al.* Scientia Horticulturae 109, 309-314, 2006）。

2. 研究の目的

①栽培品種と戻し交雑して得られた第1世代の花芽分化、生育および収量特性の解明と優良系統の選抜

本研究を実施することにより、確実に目標とする品種の育成に近づく。研究手法は、今までとほぼ同様ですので、実施にはほとんど問題点がありません。

②24時間日長条件で特異的に花芽分化する *F. chiloensis* ‘CHI-24-1’ の花芽誘導アクションスペクトラの解明

筆者らは、CHI-24-1 の花芽誘導を昼間の

太陽光と白熱電球を用いた24時間日長処理について報告した。しかし、高温や不安定な日射条件下では、30日間の24時間日長処理で花芽分化しない少数の個体が認められた。そのため、花芽分化率を100%に安定させるためには、温度調節した施設内での24時間人工照明条件下における花芽誘導処理の方法を明らかにする必要がある。そこで、本研究では、CHI-24-1 の花芽分化特性をさらに詳細に明らかにし、またイチゴ生産における実用技術としての花芽誘導処理の方法の指針を得る目的で、市販の可視光とFR光を放射する4波長域発光型植物育成用蛍光灯（Plant growth fluorescent lamp, 以下PGFLと略す）のみを用いた人工光源下での花芽誘導の可能性について検討した。

一方、植物の光周性（花芽分化の日長反応）とフィトクローム制御の関係については、植物生理学的にも明確になっていない。そこで、本系統の花芽誘導に影響するアクションスペクトラを詳しく調査し、花芽分化とフィトクロームとの関係を解明にする。本研究で得られる結果は、分子生物学的な手法によりイチゴの花芽分化を解明するための手がかりになる。また、本遺伝子を有する栽培品種の花芽誘導技術の確立にも重要な情報をもたらす。

3. 研究の方法

①栽培品種と戻し交雑して得られた第1世代の花芽分化、生育および収量特性の解明と優良系統の選抜

既に得られている3種類の優良F1雑種系統（‘女峰’ x CHI-24-1, CN18, CN46, CN73）は、25日間の24時間日長処理で親株頂芽に花芽分化するものの、全て雄性が強く、自殖性が低いため‘女峰’や‘トヨノカ’などの優良栽培品種に戻し交配し、得られた実生の中から25日間の24時間日長処理で確実に花芽分化し、果実品質や増殖性に優れた系統の選抜を行った。なお、各戻し交配は、1組み合わせ約500粒の種子を得た。また、播種は9組み合わせの種子を各300粒播き、得られた100の各発芽個体（計900個体）を露地栽培圃場に定植した。さらに、得られたBC1系統をに対して24時間日長処理を行い、花芽分化の有無を確認した。一方、開花した個体については、温室内で促成作型により栽培し、果実品質（大きさや糖度など）についての調査を実施する。これらの調査結果を基にして優良系統を選抜した。

②24時間日長条件で特異的に花芽分化する *F. chiloensis* CHI-24-1 の花芽誘導 action spectra の解明

実験1では、1) 植物育成用蛍光灯PGFLを用いた条件下におけるCHI-24-1の花芽誘導

の可能性について、2) PGFLによる16, 20および24時間日長処理がCHI-24-1の花芽分化に及ぼす影響について、3) 苗齢とPGFLの照射量がCHI-24-1の花芽誘導に及ぼす影響について、検討した。

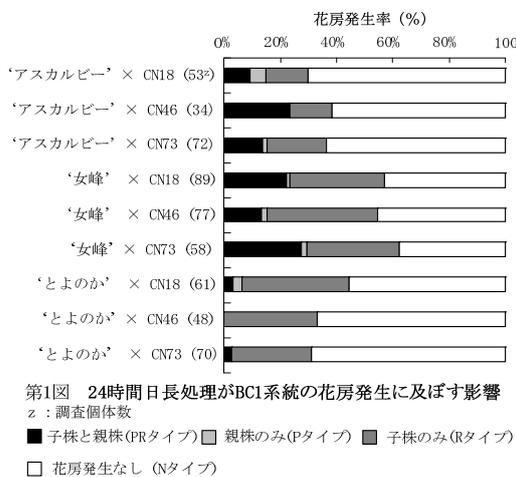
実験2では、CHI-24-1のは、光処理は24時間日長条件でPGFL(遠赤色光を含む白色蛍光灯)約 $100\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ を各々8, 12および16時間の3種類とLED照射($10\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, ピーク波長405, 420, 450, 470, 505, 535, 590, 630, 660, 680, 700, 720, 735, 750, 780 nmおよび暗黒)各々16, 12, 8時間とを組み合わせで行なった。

実験3では、光処理はPGFL約 $100\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ を16時間と、実験1と同じLED照射各々0.1, 0.5, 1, 5, 7.5, $15\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ を8時間で行なった。実験は、 20°C の恒温室内で25日間1処理当たり7から10個体を用いて行なった。実験1から3の各々では、処理終了後に非誘導条件下で2週間栽培し、実体顕微鏡下で親株とランナーの先端における花芽の有無を調査した。

4. 研究成果

①栽培品種と戻し交雑して得られた第1代の花芽分化, 生育および収量特性の解明と優良系統の選抜

戻し交雑第1代の系統を24時間日長条件下で栽培した場合の花房発生率を第1図に示した。

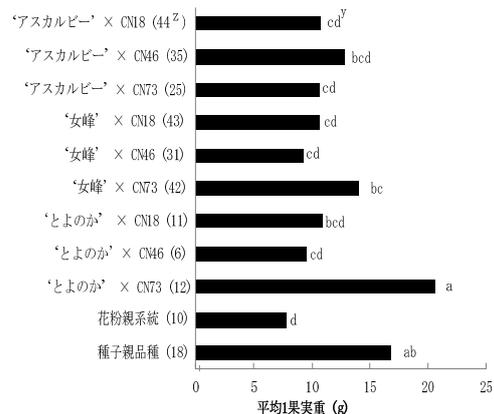


第1図 24時間日長処理がBC1系統の花房発生に及ぼす影響
z: 調査個体数
■ 子株と親株(PRタイプ) □ 親株のみ(Pタイプ) ■ 子株のみ(Rタイプ)
□ 花房発生なし (Nタイプ)

562のBC1系統の中で、24時間日長条件下で花房が発生したものが44.3%(親株のみから1.8%, 親株とランナー子株の両方から13.0%, ランナーのみから29.5%)であり、花房が発生しなかったものが55.7%だった。なお、他の品種に比べて、‘女峰’を種子親にした場合、どの組み合わせでも24時間日長条件下における花房の発生率は、高かった。一方、果実品質は、BC1全体における平均1果実重(第2図)、果皮硬度および果

肉硬度が栽培品種より低く、また花粉親F1系統よりも高くなった。逆にBC1全体における果実酸度は、栽培品種よりやや高く、花粉親F1系統より低くなった。果実糖度は、BC1全体、栽培品種、花粉親F1系統間で有意な差異が認められなかった。一方、特定の組み合わせ、すなわち‘とよのか’×CN73のBC1系統における平均1果実重で、また‘アスカルビー’×CN73のBC1系統における糖度で、各々種子親栽培品種より高くなる傾向が認められた。

調査した集団の中でT18-2(CN18×‘とよのか’)のBC1系統)が最も優良であることが明らかになった。

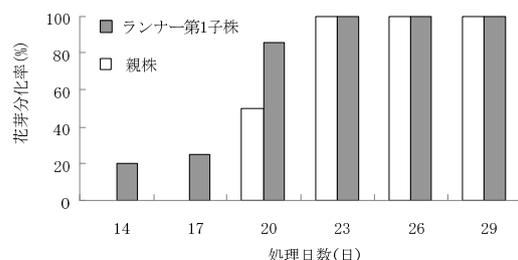


第2図 種子親品種, 花粉親系統およびBC1系統の平均1果実重

②24時間日長条件下で特異的に花芽分化する*F. chiloensis* CHI-24-1の花芽誘導action spectraの解明

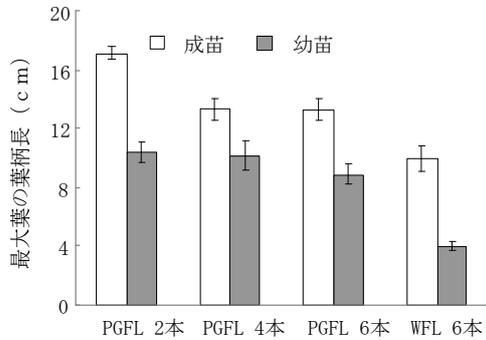
1) 実験1 CHI-24-1の花芽分化特性

本研究では、*F. chiloensis* CHI-24-1の花芽分化特性を明らかにし、実用技術としての花芽誘導処理の方法の指針を得る目的で、市販のFR光を含むPGFLのみを用いた人工光源下での花芽誘導の可能性について検討した。その結果、23日以上24時間日長処理を行うことで、親株およびランナー第1子株における花芽分化率が100%になることが明らかになった(第3図)。



第3図 PGFLによる24時間日長処理日数がCHI-24-1の花芽分化に及ぼす影響を調査したランナー数は処理日数14日が5本、処理日数17日が4本、20日以降が6本であった。

また、人工光源下でも16時間および20時間に比べて24時間日長条件が最も安定して花芽誘導できることが明らかとなった。さらに、成苗であればPGFL2本区の約 $30 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ （可視光域の光量）で、また幼苗であればPGFL4本区の約 $60 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ （可視光域の光量）で、各々親株の茎の先端に花芽分化することが明らかになった（第4図）。



第4図 苗齢および照射強度が24時間日長処理したCHI-24-1の葉の伸長に及ぼす影響

2) 実験 2 : PGFL 照射時間と LED の光質が花芽分化に及ぼす影響

PGFL8 時間処理の場合、花芽分化は 700nm で 87.5%，720nm で 100%，735nm で 100%，750nm で 62.5%が認められたが、その他の処理区では 0%だった。PGFL12 時間処理では、花芽分化は 700nm で 75%，720nm で 100%，735nm で 100%，750nm で 62.5%認められたが、その他の処理区では 0%だった。一方、PGFL16 時間処理では、花芽分化は暗黒以外の全ての光処理区で認められた。花芽分化が 50%以下が 535 nm, 590 nm, 630 nm で、50%以上 99%以下が、405 nm, 420 nm, 450 nm, 470 nm, 505 nm, 750 nm, 780 nm で、100%が 700 nm, 720 nm, 735 nm であった（第5図）。

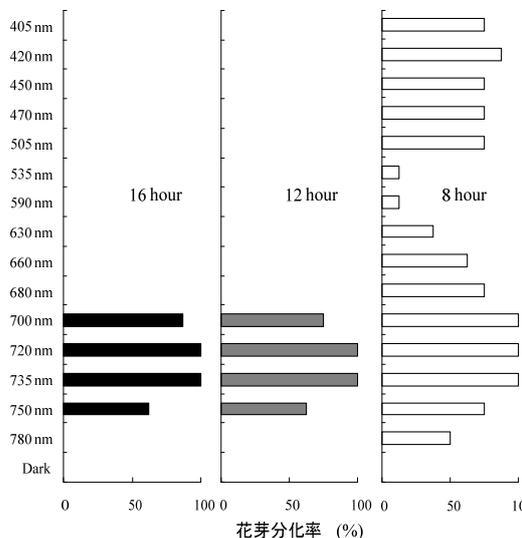


図 PGFLの照射時間と各LEDの波長が花芽誘導におよぼす影響

3) 実験 3 : LED の光質と光量が花芽分化に及ぼす影響

720nm では、 $0.5 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以上の光処理区で花芽分化が 100%であり、700nm と 735nm では $7.5 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ で 100%，420nm では $10 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ で 100%となった。以上の結果を基に、最も誘導効果が高かった 720nm で 50%の個体が花芽分化した光量子束密度を 100%とし、各 LED の 50%花芽誘導光量子束密度を算定した。この結果、本反応がフィトクロームを光受容体とし媒介するものである考えられる。

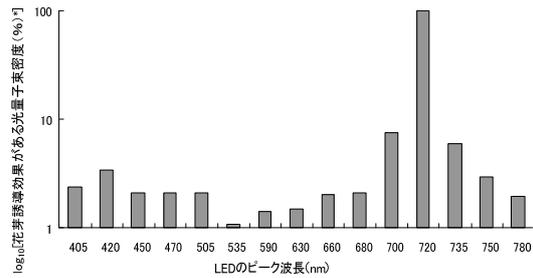


図 各LEDにおける花芽誘導効果がある光量子束密度(相対値)
* 50%の個体が花芽分化した各LEDの光量子束密度を算出し、最も誘導効果が高かった720nmのLEDの光量子束密度を100%とした場合の相対値

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2件)

・柳 智博, 奥田延幸, 加藤賢一郎: イチゴ野生種 *Fragaria chiloensis* L. CHI-24-1 の植物育成用蛍光灯による花芽誘導, 農業技術管理学会誌 18: 95-100 (2011)

・柳 智博, 奥田延幸, 加藤賢一郎: イチゴ品種 ‘女峰’ × *Fragaria chiloensis* L. CHI-24-1 のF1 系統に栽培イチゴ品種を戻し交雑した第1代の花房発生と果実の特性, 農業技術管理学会誌, 18: 101-108 (2011)

〔学会発表〕(計3件)

・柳 智博: *Fragaria chiloensis* L. CHI-24-1 の24時間日長条件下における花芽誘導の活性波長, 園芸学研究 10 別冊 1, 129 (2011).

・加藤賢一・柳 智博: ‘女峰’ × *Fragaria chiloensis* L. CHI-24-1 のF1 系統に戻し交雑して得たBC1 系統の花芽分化に及ぼす

24 時間日長条件の影響, 園芸学研究 9 別冊
1, 335 (2010).

・加藤賢一郎・柳 智博: 八倍体イチゴの
野生種系統 *Fragaria chiloensis* L.
‘CHI-24-1’ の花芽分化に及ぼす光質の影響,
園芸学研究 8 別冊 2, 207 (2009)

[その他]

ホームページ等

<http://www.ceda.kagawa-u.ac.jp/kudb/servlet/RefOutController?exeBO=WR4100RBO&monitorID=WR4100S&workType=detail&primaryKey=1000027098&kyoinID=&gyosekiNendo=null>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柳 智博 (YANAGI TOMOHIRO)
香川大学・農学部・教授
研究者番号: 70221645

(2) 分担研究者

奥田延幸 (OKUDA NOBUYUKI)
香川大学・農学部・教授
研究者番号: 20253255