

令和 3 年 6 月 4 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05633

研究課題名(和文) 四季成り性を消失した変異株を用いたイチゴ季性遺伝子の解析

研究課題名(英文) The analysis of everbearing flowering gene of the cultivated strawberry using flowering-defective mutants

研究代表者

本城 正憲 (Honjo, Masanori)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・東北農業研究センター・上級研究員

研究者番号：40401195

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：四季成り性品種なつあかりから見出された四季成り性を消失した変異株と正常株を交配してF1およびF2系統を作出し、季性に関する表現型と遺伝子型を明らかにした。次世代シーケンサーを用いて取得したF1系統の塩基配列を、塩基配列が公開されているCamarosaと比較したところ、変異型とCamarosaでは計268345個の変異が見出され、うち42804個が、四季成り性遺伝子座が座乗すると推定される第4連鎖群から見出された。また、正常型とCamarosaでは計286355個の変異が見出され、うち57824個が第4連鎖群に座乗すると推定されるものであった。このうち4339の遺伝子を候補因子として選定した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

イチゴは生食用やケーキ等業務用として周年需要があるが、6月から11月にかけての夏秋期は生産量が落ち込み、端境期となっている。国内の寒冷地・高冷地では、冷涼な気候を活かして、夏秋期に主に業務用として果実を出荷する夏秋どり栽培が行われ、高単価販売による高収益経営が行われている。しかし、夏秋どり栽培で用いられている四季成り性品種の歴史は浅く、収量性や日持ち性、輸送性などの改良が求められている。四季成り性を支配している遺伝的基盤を明らかにすることは、夏秋どりイチゴの収量性の安定化や品種改良に大きく貢献するだけでなく、適応度や繁殖戦略に大きく影響する生活史の変化をもたらす遺伝的基盤の解明につながる。

研究成果の概要(英文)：We analyzed the flowering phenotypes and marker genotypes of F1 and F2 individuals from crosses between the everbearing strawberry cultivar 'Natsuakari' and its flowering-defective mutants. We sequenced the genome of normal-flowering and flowering-defective individuals and compared to reference genome of the cultivar 'Camarosa'. As a result, we detected 268345 sequence differences between the flowering-defective individual and 'Camarosa'. Among these differences, 42804 were located on the linkage group IV in which the everbearing flowering gene of the cultivated strawberry is located. Also, total 286355 nucleotide sequence differences were found between normal-flowering individual and 'Camarosa', and 57824 were located on the linkage-group IV. Consequently, we selected 4339 sequences as the candidate factor of everbearing flowering behavior.

研究分野：植物育種・生態遺伝学

キーワード：イチゴ 季性 四季成り性 一季成り性 突然変異体

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

一季成り性や四季成り性といった「季性」は、適応度や繁殖戦略と密接に関わり、農業上も極めて重要な形質である。栽培イチゴにも四季成り性が知られているが、栽培イチゴは 8 倍体であるためゲノム解析が難しく、どのような遺伝子により支配されているのかは明らかになっていない。申請者らは、近年、東北農業研究センターが育成した四季成り性品種「なつあかり」のなかから、四季成り性遺伝子周辺に構造変異が生じたために一季成り状態になったと考えられる変異株を発見した。四季成り性遺伝子周辺以外は同じバックグラウンドをもつと推定される正常株と変異株を材料として、正常株だけがもつ塩基配列を探索することで、季性というダイナミックな生活史の変化をもたらしている遺伝子の解明につながる知見を得られる可能性がある。このことは、いまだ十分に明らかになっていない栽培イチゴの重要な形質の遺伝的制御機構の解明につながるとともに、実用品種育成にも寄与すると期待される。

2. 研究の目的

四季成り性を消失した「なつあかり」変異体を活用し、8 倍体である栽培イチゴにおける季性支配遺伝子の解明につながる知見を得る。

3. 研究の方法

「なつあかり」正常株と変異株(図1)の交配を行って F1 系統を取得し、さらにそれらを自殖して F2 集団を育成する。F1 系統および F2 系統について自然日長下での季性判定および四季成り性連鎖マーカーを用いた解析により、季性に関する表現型と遺伝子型を明らかにする。F1 系統および F2 系統について、塩基配列解析を進めるとともに季性データを用いた QTL 解析を行い、四季成り性と関連している可能性のある配列を探索する。四季成り性と関連する塩基配列が得られた場合、四季成り性個体を簡便に検出するための PCR プライマーを設計し、異なる四季成り性品種における連鎖関係を明らかにする。



図1 「なつあかり」開花正常株と不良株

4. 研究成果

正常株と変異株の交配により得た F1 系統について、表現型とマーカー遺伝子型から、四季成り性遺伝子型が ex (正常四季成り性遺伝子と変異遺伝子のヘテロ型) および ej (正常四季成り性遺伝子と正常一季成り性遺伝子のヘテロ型) を示す系統を特定した。そのなかから、各 1 系統を自家交配して得た F2 集団について、自然日長、無加温のハウス内で栽培し、季性を判定した。その結果、ex 由来の 180 系統のうち、気温低下に伴い生育がほぼ止まる 12 月上旬までに開花したのは 143 系統であった。各系統の第一花開花日は 7/8-12/9 であり、平均では 8/4 であった。一方、ej 由来の 200 系統のうち、12 月上旬までに開花したのは 163 系統であり、各系統の第一花開花日は 7/11-12/6、平均では 8/9 であった。開花した系統のうち、気温が低下した晩秋～初冬に開花した系統は一季成り性、それ以外は四季成り性である可能性が考えられた。さらに季性判定の精度をあげるため 2020 年夏秋期に 2 回目の開花調査を行った。またこれらの系統について四季成り性遺伝子に連鎖する DNA マーカーを用いて遺伝子型を判定した。その結果、(1) の ex 型の自殖実生 182 系統のうち 8 系統は 2019、2020 年度ともに夏秋期(本年度の場合 8 月中旬～11 月)に花房が発生しなかった。しかし一方で、非開花系統含め全系統が四季成り性と判定されるマーカー遺伝子型 (ee 型、ex 型) を示した。マーカー遺伝子座と四季成り性遺伝子座間の遺伝的組換え等の影響も考えられるが、表現型において一季成り性と判定される系統の出現頻度が期待値より低いほか、マーカー遺伝子座においても xx 型が出現することが期待されるが発生せず、原因の究明を行っている。一方、(2) の ej 型の自殖実生では表現型から一季成り性と

判定される系統が出現し、マーカー遺伝子型においても期待値と沿う結果であった。F2 個体の作出に用いた F1 系統（変異型、正常型）について、次世代シーケンサーを用いて塩基配列を取得した。得られた配列について、これまでに海外の研究グループにより塩基配列が公開されている一季成り性品種 Camarosa と比較したところ、変異型と Camarosa では計 268345 個の変異が見出され、うち 42804 個が、四季成り性遺伝子座が座乗すると推定される第 4 連鎖群から見出された。また、正常型と Camarosa では計 286355 個の変異が見出され、うち 57824 個が第 4 連鎖群に座乗すると推定されるものであった。このうち 4339 の遺伝子を候補因子として選定した。国内外の一季成り性および四季成り性イチゴ品種・系統について、四季成り性遺伝子をはさむ 2 つの連鎖マーカーで遺伝子型を分析したところ、81 品種・系統では表現型とマーカー型が一致、6 品種・系統では片方のマーカー型のみ表現型と一致、4 品種・系統では両方のマーカーで表現型から期待される遺伝子型とは異なる型を示した。表現型とマーカー型の不一致については遺伝的組換えやプライマーサイトの塩基配列変異等の可能性が考えられるが、今後、四季成り性遺伝子の候補配列解析を進め、遺伝子内部またはより近傍の配列情報に基づいてマーカーを改良することで、判定精度は向上するものと期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 遠藤(飛川)みのり、本城 正憲、曾根 一純、森下 昌三、由比 進	4. 巻 18
2. 論文標題 四季成り性イチゴ品種の暖地冬春季栽培における開花およびランナー発生特性の解明と適正品種の選定	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 園芸学研究	6. 最初と最後の頁 215-226
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2503/hrj.18.215	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Masanori Honjo, Hiroaki Koishihara, Hikaru Tsukazaki, Satoru Nishimura, Susumu Yui	4. 巻 89
2. 論文標題 DNA Marker Linked to Everbearing Flowering Gene in Cultivated Strawberry, with High Applicability to Various Breeding Populations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Horticulture Journal	6. 最初と最後の頁 161-166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2503/hortj.UTD-034	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hamano Megumi, Honjo Masanori, Sato Shiori, Ito Atsushi, Machita So, Matsushima Uzuki, Okada Masumi, Kato Kazuhisa, 1st and 2nd authors contributed equally to this work.	4. 巻 89
2. 論文標題 Confirmation of Everbearing Mutants in the Everbearing Strawberry Cultivar 'Natsuakari' and the Effect of an Overwintering Condition on Inflorescence and Runner Development	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Horticulture Journal	6. 最初と最後の頁 167-174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2503/hortj.UTD-133	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	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 濱野恵、佐藤史織、本城正憲、松嶋卯月、岡田益己、加藤一幾
2. 発表標題 採苗時期と越冬時の温度環境が四季成り性イチゴ‘なつあかり’とその変異株の花房とランナー発生に及ぼす影響
3. 学会等名 園芸学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 濱野 恵
2. 発表標題 四季成り性イチゴ‘なつあかり’の夏秋どり栽培に及ぼす栽培時期，越冬条件，長日処理の影響
3. 学会等名 園芸学会
4. 発表年 2019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	黒倉 健 (Kurokura Takeshi) (10650898)	宇都宮大学・農学部・講師 (12201)	

	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
連携研究者	濱野 恵 (Hamano Megumi) (20701105)	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構・東北農業研究センター 畑作園芸研究領域・上級研究員 (82111)	
連携研究者	塚崎 光 (Tsukazaki Hikaru) (30355622)	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構・東北農業研究センター 畑作園芸研究領域・上級研究員 (82111)	

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
---------	---------