

平成 29 年 9 月 22 日

記者会見のお知らせ

(2017 年日本育種学会第 132 回秋季大会における発表課題)

1. 発表日時：平成 29 年 9 月 28 日（木曜日）14:00～15:30
(本記者発表に関わる記事解禁は、9 月 28 日の発表後 18:00 からとさせていただきます)

2. 発表場所：東京大学弥生講堂アネックス・エンゼル研究棟講義室（別紙参照）
(東大農学部正門入って左 http://www.a.u-tokyo.ac.jp/yayoi/plan_annex.html)

3. 出席者

日本育種学会幹事長 大澤 良

(筑波大学・生命環境科学研究科 生物圏資源科学専攻 教授)

日本育種学会庶務幹事 有村 慎一

(東京大学・大学院農学生命科学研究科 生産・環境生物学専攻 准教授)

4. 発表内容の紹介

育種学は作物の品種改良の技術基盤とその理論を追究する学問領域です。一般社団法人日本育種学会(会員数約 2,000 名)は、育種に関する研究および育種技術の進歩、研究者の交流と協力、および知識の普及をはかることを目的として活動しています。

本発表内容は 10 月 6 日（土曜日）、7 日（日曜日）に岩手大学上田キャンパスで行われる日本育種学会 2017 年秋季大会で発表予定のものです。合計 225 題（口頭発表 119 題、ポスター発表 106 題）の講演課題の中から選定された 5 課題について発表させていただきます。どうぞよろしく願いいたします。

発表タイトル：

- (1) 「CRISPR/Cas9 を用いたダイズにおけるゲノム編集プラットフォームの構築」
- (2) 「MutMapPlus 法による米デンプン糊化性変異原因遺伝子の同定と多様な米飯物性を示すイネ育種素材の開発」
- (3) 「コムギ縞萎縮病に強い小麦新品種「タマイズミ R」の育成」
- (4) 「水稻新品種「いちほまれ」の育成」
- (5) 「*Brassica rapa* の種内一側性不和合性を支配する花粉・柱頭認識因子の決定」

※詳細は別紙をご参照ください。講演要旨集は当日配布いたします。

問い合わせ先：

有村 慎一（東京大学・大学院農学生命科学研究科 生産・環境生物学専攻 准教授）

電話：03-5841-8158

FAX：03-5841-5183

E-mail：arimura@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

1. 話題

ゲノム編集を利用したダイズの遺伝的改変技術の確立

2. 講演タイトル

「CRISPR/Cas9 を用いたダイズにおけるゲノム編集プラットフォームの構築」

3. 発表者

金刺佑平¹、廣瀬亜矢¹、高橋一平¹、三上雅史²、遠藤真咲³、廣瀬咲子³、土岐精一³、
加賀秋人⁴、内藤健⁵、石本政男⁴、阿部純¹、山田哲也¹

(¹北大院農、²横浜市大院・生命ナノ、³農研機構・生物機能利用部門、⁴農研機構・次世代作物開発研究センター、⁵農研機構遺伝資源センター)

4. 発表概要

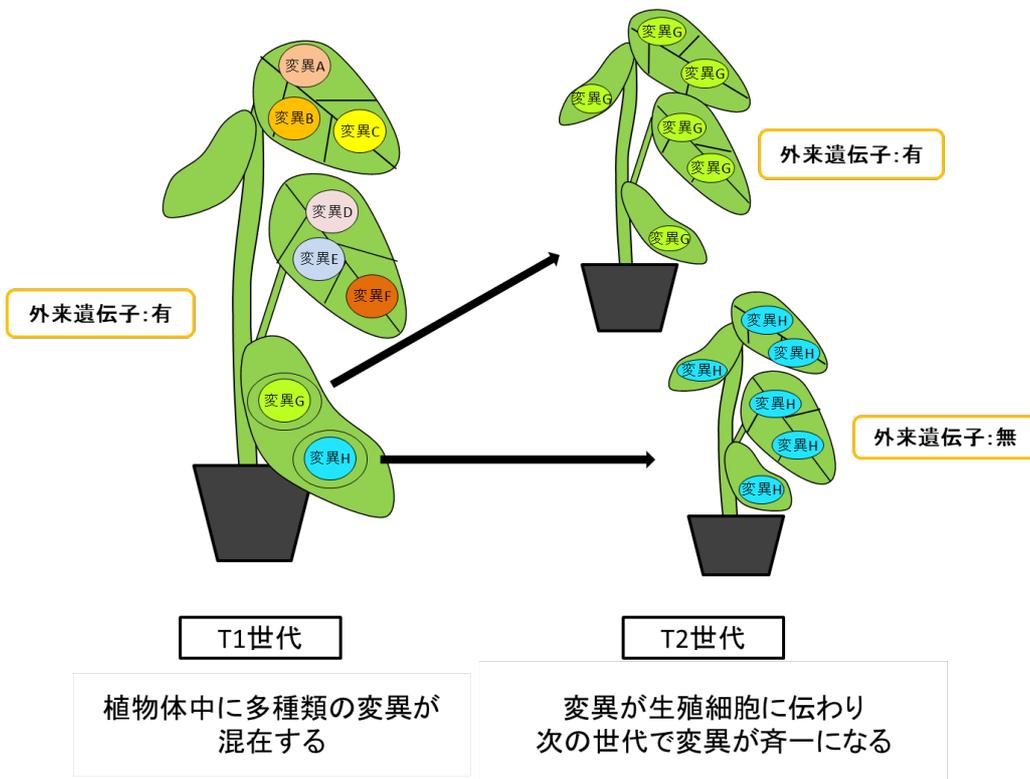
ダイズは日本特有の食文化を支える食用作物であり、かつ世界的に重要な油糧作物の一つでもあります。ダイズはそれぞれの地域の栽培環境に応じて様々な品種が育成されています。ダイズの品種改良は他の作物と同様、自然に生じた遺伝的変異や人為的に誘発された突然変異の中から目的とする変異を選び出し交雑を通してそれらを利用しています。近年、「選択的に遺伝子を改変」する技術の一つであるゲノム編集に関わる研究が様々な植物種において進められています。しかし、ダイズのゲノム編集に関する研究報告例は僅かであり、国内においては未だ成功例は報告されていません。本技術を用いた選択的な変異導入は、基礎研究における遺伝子の機能解析ツールとして利用できることに加え、ダイズの既存品種においてピンポイントな遺伝的改良を行う場合にも極めて有効であると考えられます。

そこで私たちは、ゲノム編集技術の一つである **CRISPR/Cas9** のシステムを利用して、国内のダイズ品種においてゲノム編集を試みました。その結果、標的とする遺伝子の領域にゲノム編集によって変異を生じさせることに成功しました。このことにより、ゲノム編集技術を利用することで国内ダイズ品種のピンポイントな遺伝的改良が可能であることを証明しました。

5. 発表内容

我々は変異が誘発されることによって組織の大型化が期待される遺伝子を標的にゲノム編集を試みました。最初に、**CRISPR/Cas9** のシステムをダイズの細胞中で働かせる遺伝子（以下、外来遺伝子と記します）を持つ遺伝子組換えダイズを作成しました。さらに、自殖した次世代（**T1** 世代）において標的とする遺伝子に変異が生じていることを確認するため詳細な解析を行いました。その結果、ほとんどの個体において植物体中にたくさんの種類の変異が混在することを明らかにしました（図）。多種類の変異

が混在する状態は育種を進める上で好ましくないためさらに、次世代（T2 世代）においてその変異の状態を確認しました。その結果、T1 世代に存在した多種類の変異は生殖細胞に伝達されることによってT2 個体で斉一になることが明らかとなりました(図)。また、T2 個体の中には標的とした遺伝子に変異を持つことに加え、予め導入した外来遺伝子を持たない個体も確認しました(図)。これは、外来遺伝子が遺伝的な分離によって除去されたものと考えられました。標的とした遺伝子に変異を持つ個体の中には種子が大型化したものも見られましたが、これらの表現型については現在詳しい解析を進めているところです。本研究の成果は、ダイズにおいてゲノム編集により遺伝子を改変した国内で初めての報告であり、ゲノム編集技術を利用したダイズのピンポイント改良において重要な知見を与えるものと考えられます。



6. 発表雑誌

未定

7. 注意事項

本研究の一部は、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)「次世代農林水産業創造技術」(管理法人：農研機構 生研支援センター)によって実施されました。

8. 問い合わせ先

山田哲也

北海道大学大学院農学研究院 植物遺伝資源学研究室

Tel: 011-706-4186, Fax: 011-706-4933, E-mail: tetsuyay@res.agr.hokudai.ac.jp

9. 用語解説

① ゲノム編集技術

形態や色など生物の様々な性質は遺伝子によって決定されています。遺伝子は生物における設計図のようなものであると言えます。1つの遺伝子に生物の体の構成や生命を維持するパーツの1つが記されており、生物を構成する遺伝子1セットを総称してゲノムと呼びます。ゲノム編集技術とはこのゲノム内に存在する任意の遺伝子を書き換えることで生物の性質に新たな組み合わせを生み出す技術です。ゲノム編集技術による遺伝子を書き換えには、いくつかの機構が存在しますが、最もよく利用されているのは、はさみの役割をするタンパク質を用いて遺伝子の任意の場所を切断する方法です。遺伝子は切断されると設計図としての役割を遂行できなくなるため、生物は切断部分を修復しなければなりません。多くは切断部分を直接繋ぎ合わせる方法で修復されますが、この修復機構は繋ぎ合わせの際にエラーが起こり、切断部分の近傍が元の遺伝子とは異なるものになり働きが変化することがあります。ゲノム編集はこのエラーを利用して遺伝子を書き換えを行い生物の性質を変化させることができます。

② CRISPR/Cas9

現在、各生物において最もよく利用されるゲノム編集方法の一つです。遺伝子を切断するはさみの役割を持つタンパク質と任意の遺伝子配列を認識するパーツの組み合わせから成ります。はさみとして利用するタンパク質は本来、細菌の免疫機構に利用されるタンパク質ですが、ゲノム編集を行う生物で効率よく機能させるために改良したものが用いられます。

③ 自殖

植物には雌性細胞(卵)と雄性細胞(花粉)の双方を持つものが多く、植物種の一部は安定的に次世代の種子を作るために、一つの個体の中で作られた卵と花粉で生殖を行うシステムを発達させました。これが自殖であり、ダイズは他の個体との生殖よりも自殖が優先して起こりやすい自殖性の作物です。同一個体の中で生殖を行うため、次世代は親とほとんど同じ遺伝子を持ち、同様の性質を示します。

1. 話題

コシヒカリを超える米へのチャレンジ

2. 学会講演タイトル

518：水稻新品種「いちほまれ」の育成

3. 発表者

小林麻子、富田桂、町田芳恵、中岡史裕、両角悠作、林猛、田野井真、渡辺和夫、酒井究、清水豊弘（福井農試）

4. 発表概要

コシヒカリが作付面積日本一となってから38年が経過し、コシヒカリの味は長い間、日本人に愛されてきました。しかし、著者らが福井県内及び東京都内の消費者およそ1,500人を対象にご飯の嗜好調査を行ったところ、コシヒカリの味は決して一番ではありませんでした。特に若い方々には、コシヒカリの特徴である強い粘りと軟らかさは好まれませんでした。また、近年、コシヒカリとは異なる味の特徴を持つ品種が、各道府県や農研機構の研究機関から続々と開発されています。これらのことは、近年、日本の消費者のご飯に対する嗜好が変化していることを示唆しています。

一方、地球温暖化に伴い、日本各地で夏の暑さが厳しくなっています。福井県産コシヒカリについても、登熟期間の高温により米の外観品質が低下する問題が危惧されています。

このような背景の下、福井県ではコシヒカリの後継となるブランド品種の開発に取り組んできました。著者らは、20万種のイネの中から選抜を繰り返し、平成28年12月に「越南291号」を選定し、平成29年4月に「いちほまれ」と命名しました。今回の発表では、「いちほまれ」の育成経過と品種の特徴についてご紹介します。

5. 発表内容

福井県農業試験場において、平成19年に中晩生で玄米外観品質に優れる「富山67号」（後の「てんこもり」）と中生で食味の優れる「イクヒカリ」を父として人工交配を行いました。平成23年より生産力検定試験を継続して行い、平成28年「越南291号」の地方系統番号を付しました。2017年は雑種第12代に当たります。

「いちほまれ」の福井県における出穂期、成熟期は「コシヒカリ」よりそれぞれ5日、7日遅いです。稈長は「コシヒカリ」より13cm程度短く、倒伏抵抗性

は“強”です。収量性は「コシヒカリ」対比103%とやや多収です。いもち病真性抵抗性は*Pita-2*を持ち、葉いもち圃場抵抗性は“中”と推定されます。高温登熟耐性は“やや強”としています。

「いちほまれ」の玄米の外観品質は「コシヒカリ」より優れ、高温下で登熟しても品質の劣化が少ないです。白米のアミロース含有率およびタンパク質含有率は「コシヒカリ」と同程度です。

「いちほまれ」の食味は「コシヒカリ」よりつぶ感が優れ、極良食味です。画像解析（町田ら2017）および目視判定で、炊飯米は「コシヒカリ」より白く、つやがあります。また、米澱粉の主成分であるアミロペクチン構造を解析した結果、短鎖の割合が「コシヒカリ」より多く、もっちりとした食感に寄与していると考えられます。

町田芳恵・林篤司・相良直哉・七夕高也・富田桂・田野井真・小林麻子（2017）画像解析による炊飯米の外観の評価．育種学研究19：（印刷中）

6. 発表雑誌

特になし

7. 注意事項

本研究のうち、炊飯米の画像解析手法の確立は、農林水産省「次世代ゲノム基盤プロジェクト」における「画像解析による形質評価のハイスループット化（NGB3001）」により、またアミロペクチン解析は、同プロジェクトにおける「遺伝資源から多様な地域特性や経営戦略に即した有用遺伝子を効率的に特定する技術の開発（IVG）」により実施されております。

8. 問い合わせ先

福井県農業試験場・ポストコシヒカリ開発部 小林麻子

〒918-8215 福井県福井市寮町辺操52-21

TEL: 0776-54-5100 FAX: 0776-54-5106

E-mail: asako_kobayashi@fklab.fukui.fukui.jp

9. 用語説明

①アミロペクチン：米澱粉の約80%を占める成分で、グルコースの鎖が枝分かれした構造をしている。

1. 話題

アブラナ科野菜で他者認識の新たな遺伝子セットを同定

2. 講演タイトル

Brassica rapa の種内一側性不和合性を支配する花粉・柱頭認識因子の決定

3. 発表者

高田美信¹、村瀬浩司^{2,3}、浅野(下里)裕子²、佐藤陽洋¹、中西ほのか⁴、諏訪部圭太⁵、Lim, Yong Pyo⁶、清水健太郎^{7,8}、高山誠司^{2,3}、鈴木剛⁴、渡辺正夫¹

(1. 東北大・院・生命, 2. 奈良先端大・バイオ, 3. 東大農学生命科学, 4. 大阪教育大・教育協働, 5. 三重大・院・生物資源, 6. 忠南大, 7. チューリッヒ大・進化生物学環境学, 8. 横浜市大・木原生研)

4. 発表概要

植物の受粉時にみられる一側性不和合性(unilateral incompatibility, UI)^{*1}は、雌雄の交雑組合せにおいて一方では不和合性、雌雄を入れ替えた逆の交雑時には和合性を示す現象であり、近縁種間の交雑時に頻繁に起こることが知られています。種間で起こる UI は交雑前隔離の一種として働くと考えられ、生物の種分化とも関連しますが、その分子機構については分かっていないことが多くあります。また、栽培種に近縁野生種の遺伝子を交雑により導入する場合には、この UI に注意する必要性もありますが、育種現場では「経験と勘」によって交雑の可否を判断しているのが現状です。

こうした中、発表者らはこれまでにアブラナ科植物 *Brassica rapa* の日本由来とトルコ由来の系統間において同一種内で UI を示す交雑組合せを見出し、遺伝学的解析を行ってきました。本発表においては、この種内 UI を制御する遺伝子セットを単離し、その機能を証明しました。その結果、アブラナ科植物が受粉時に他者の花粉を認識して拒絶する仕組みが明らかになりました。アブラナ科野菜では、自己花粉の認識・拒絶機構である自家不和合性(Self-incompatibility, SI)^{*3} 形質を利用した採種が行われてきました。本発表において発見した UI の他者認識機構を用いることで、さらに安定で効率的な F₁ 採種^{*2} や特定の組合せの雑種形成を防ぐ技術に応用可能ではないかと考えられます。

5. 発表内容

アブラナ科植物には、ハクサイ(*B. rapa*)、キャベツ(*B. oleracea*)、ダイコン(*Raphanus sativus*)など我が国における主要な野菜が数多く含まれます。これらの野菜における F₁ 雑種育種時には、品質

や生育特性などの有用な農業形質に加えて SI もまた重要な選抜形質となっています。アブラナ科植物の SI 自他識別機構は 1 遺伝子座 *S* 複対立遺伝子によって制御されており、その柱頭・花粉側因子は SRK と SP11 であることが分かっています。自己花粉が受粉した場合には、柱頭側因子の受容体型キナーゼ^{*4}である SRK と花粉側因子のリガンド SP11^{*5}のアレル番号が一致するため、両者が結合して花粉拒絶シグナルが伝達され、不和合性反応が引き起こされます。異なる *S* アレルを固定した両親系統の交雑が SI を利用した効率的 F₁ 採種の基本といえます。

発表者らはこれまでの研究で、*B. rapa* において、トルコに自生する集団と日本の栽培品種の交雑時に、同一種内で SI 因子のアレル番号が異なるにも関わらず、不和合性を示し、種子ができない新しい不和合性現象を見出しておりました。興味深いことに、雌雄の親を入れ替えた逆組合せの交雑は和合性を示し、花粉管侵入、種子形成が見られました。つまり、これら両親間に一方向性の UI が存在していました。この UI の生理現象は SI 時と酷似しており、花粉管は柱頭表面で停止していました。

本発表では、この UI 現象の原因となる遺伝子の探索を行い、めしべ♀側遺伝子 *SUII* と花粉♂側遺伝子 *PUII* を発見し、形質転換実験やバイオアッセイ実験によって証明しました。*PUII* がコードするリガンドタンパク質が、*SUII* がコードする受容体型キナーゼの受容体部分と鍵と鍵穴のように結合することで、SI の時と同様な不和合性現象を引き起こしていると考えられます(図)。興味深いことに、*SUII*, *PUII* はそれぞれ SI の自他認識因子 *SRK*, *SP11* と相同な遺伝子であり、*SRK*, *SP11* がセットで遺伝子重複した結果、*SUII*, *PUII* が生じたものと考えられました(図)。また、トルコの自生集団では *SUII* が変異して機能喪失し、日本の自生集団では逆に *PUII* が機能喪失していることが明らかとなり、不和合性の方向性が生じる原因となっていました。

本研究成果により見出された *SUII-PUII* が引き起こす不和合性機構を利用することで、これまで自家不和合性の認識機構に頼っていた効率的 F₁ 採種をさらに安定化できることが期待できます。また、都合の悪い組合せの交雑を意図的に拒絶する生殖バリアとしても応用できる可能性を秘めた新規な形質といえます。

6. 発表雑誌

Duplicated pollen-pistil recognition loci control intraspecific unilateral incompatibility in *Brassica rapa*.

Yoshinobu Takada, Kohji Murase, Hiroko Shimosato-Asano, Takahiro Sato, Honoka Nakanishi, Keita Suwabe, Kentaro K. Shimizu, Yong Pyo Lim, Seiji Takayama, Go Suzuki, and Masao Watanabe

Nature Plants, 3:17096, doi: 10.1038/nplants.2017.96

7. 注意事項

2017年6月27日に、東北大学等よりプレスリリース済みです。

本研究は文部科学省科学研究費補助金、日本学術振興会科学研究費、植物科学最先端研究拠点ネットワークの支援を受けて行われました。

8. 問い合わせ先

渡辺 正夫 (わたなべまさお)

東北大学大学院生命科学研究科

電話番号: 022-217-5681, Eメール: nabe@ige.tohoku.ac.jp

研究室 HP: <http://www.ige.tohoku.ac.jp/prg/watanabe/>

9. 用語解説

*1. 一側性不和合性: 交雑時の両親をAとBとした時、Aを♀親、Bを♂親にした場合には、子孫を残すことができるが、Bを♀親、Aを♂親にした逆交雑では子孫を残せない現象。植物においては種間交雑時のみならず、種内間交雑時にもまれに見られることが知られている。

*2. 効率的な F₁ 採種: ある組合せの両親間の交雑により得られた雑種第一代(F₁)個体が両親の特性よりも優れた形質を示す雑種強勢を示す F₁ 種子を大量に採種する方法。自家不和合性以外にも、雄性不稔性を用いた方法が知られる。

*3. 自家不和合性: 近親の交雑を続けることによる個体の弱体化を防ぎ、集団の均一化を避けるための機構。雌雄が正常であるにもかかわらず、自己の花粉を認識・拒絶することで、受精には至らない。アブラナ科の植物では、自己認識をつかさどる因子が♀側・♂側ともに明らかになっており、それぞれ、受容体型キナーゼ・リガンドタンパク質からなる。これらは、個体ごとに構造の異なる多型性を持っており、♀側因子と♂側因子が同一個体由来であった場合には、互いに結合することで、めしべ細胞内に花粉拒絶のシグナルを伝えることがわかっている。逆に♀側因子と♂側因子が異なる場合には、これらが結合できないために、受粉・受精が正常に行われ、種子を作ることができる。

*4. 受容体型キナーゼ: キナーゼ部位を持つ受容体タンパク質で、キナーゼ部位は他のタンパク質をリン酸化することで情報を伝達する。SUI1のような膜一回貫通型の種類では、細胞外に突き出した受容体部位と細胞内にキナーゼ部位を持つ構造をしている。リガンドタンパク質と受容体部位は「鍵と鍵穴」の関係になっており、適切な組合せの時、細胞外の情報が細胞内に伝達される。植物

では様々な環境に応答するため、受容体型キナーゼが重要な役割を果たしている。

*5. リガンドタンパク質: 特定の受容体 (レセプター) に特異的に結合する物質を称してリガンドと呼ぶ。ここでは、めしべ側 SUI1 タンパク質の受容体に対して、花粉側 PUI1 タンパク質はリガンドとして機能していると考えられる。

10. 添付資料

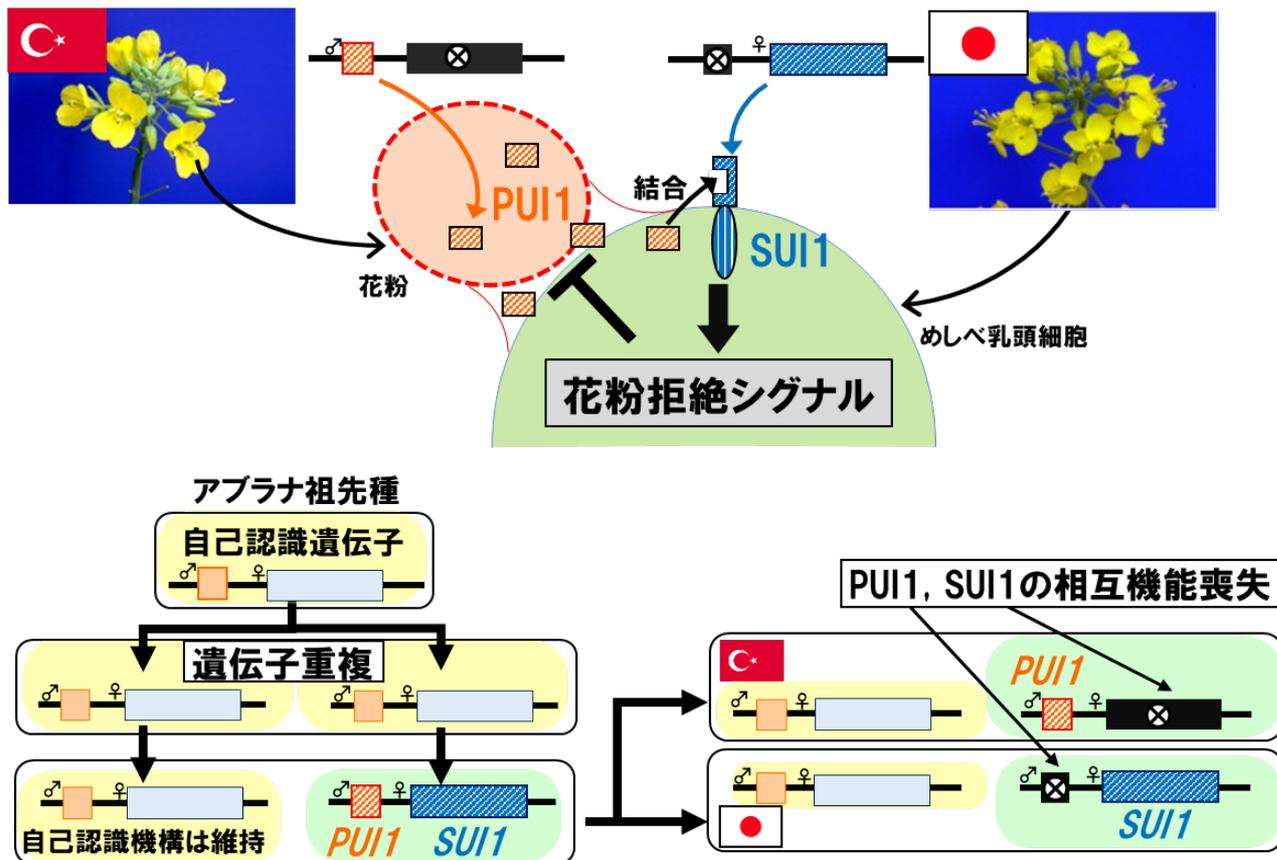


図. 一側性不和合性の進化モデル図

一側性不和合性を引き起こす仕組みのモデルとしては、トルコ由来花粉に付着している PUI1 が、受粉時に日本由来めしべの乳頭細胞上の受容体 SUI1 と結合し、そのシグナルが伝達されて花粉拒絶に至ると考えられる (図上)。アブラナ祖先種において起こった自家不和合性の自己認識遺伝子の遺伝子重複により、SUI1 遺伝子と PUI1 遺伝子が生み出され (図左下)、その後、トルコでは SUI1 遺伝子が、日本系統では PUI1 遺伝子が相互に機能を喪失したと考えられる (図右下)。自己認識遺伝子の多型性により、トルコと日本の間では本来交雑可能なはずだが、機能的な PUI1 と SUI1 が出会う組合せでは不和合となる。

1. 話題

コムギ縞萎縮病に強い小麦新品種の早期育成 — 半数体育種とマーカー選抜の利用 —

2. 学会講演タイトル

P009: コムギ縞萎縮病に強い小麦新品種「タマイズミR」の育成

3. 発表者

P009: 藤田雅也、乙部千雅子、高山敏之、小島久代、蝶野真喜子、藤田由美子
(農研機構・次世代作物開発研究センター)

4. 発表概要

農研機構が 2002 年に育成したコムギ品種「タマイズミ」は多収で中華麺適性が優れており、三重県などで栽培されていましたが、近年コムギ縞萎縮病の発生により栽培面積が半減し、同病に対する抵抗性の付与が急務でした。そこで、戻し交雑と半数体育種法、DNA マーカー選抜法を利用することで効率的に改良し、短期間で「タマイズミ」のもつ長所を受け継ぎ、かつコムギ縞萎縮病に強い新品種「タマイズミR」を育成しました。「タマイズミR」はコムギ縞萎縮病が発生している畑で「タマイズミ」より多収で、その他の栽培特性や中華麺への適性は「タマイズミ」とほぼ同等です。2019 年から三重県で一般栽培が開始される予定です。

5. 発表内容

「タマイズミ」は多収で栽培特性が優れた白粒の硬質小麦品種で、中華麺などに適することから三重県などで 1,000ha 以上の栽培がありました。近年コムギ縞萎縮病の多発により栽培面積が減少し生産量を増やせない状況となっていました。そこで、農研機構では「タマイズミ」のもつ長所を受け継ぎ、かつコムギ縞萎縮病に強い品種の早期育成に取り組みました。

【育成経過】

コムギ縞萎縮病抵抗性親に北海道のパン用品種「ゆめちから」を用い、抵抗性近傍マーカー (wmc41, wmc181, TNAC1139) 等を利用しつつ戻し交雑を 3 回行い、2012 年度にトウモロコシ花粉利用による半数体育種により、遺伝的に固定した倍加半数体(DH)を作出しました。

576 の DH 系統からコムギ縞萎縮病抵抗性や穂発芽関連遺伝子、グルテンなどの品質関連遺伝子のマーカー等を用いて、40 系統に絞り込み生産力予備試験を 2013 年度に実施しました。さらに、特性検定試験、地域適応性検定試験、品質検定試験等により優れた成績を示した 2 系統に「関東 140 号」「関東 141 号」の地方系統番号を 2015 年度に付けました。

その後の三重県での奨励品種決定調査試験などの結果から、2016年度に「関東 141号」を「タマイズミ R」として品種登録申請を行いました。

このように、半数体育種法、DNA マーカー選抜法の利用により効率的に改良し、短期間でコムギ縞萎縮病に強くした新品種「タマイズミ R」を育成しました。

【新品種「タマイズミ R」の特徴】

1. パン用小麦「ゆめちから」由来のコムギ縞萎縮病に強い遺伝子を持つ。コムギ縞萎縮病への抵抗性は「強」で「タマイズミ」の「やや弱」に比べて明らかに強く、通常の畑では「タマイズミ」と同程度の収量だが、コムギ縞萎縮病の発生している畑では「タマイズミ」より多収となる。

2. 従来品種「タマイズミ」に比べて、稈長がやや短い、その他の栽培特性はほぼ同じである。また栽培適地は関東・東海などの温暖地である。

3. 「タマイズミ」に比べて、製粉歩留、粉のタンパク質含量及び灰分含量は同程度である。ペーストにした粉の色（明るさ、赤み、黄色み）も同程度である。

4. 中華麺適性試験の総合評価は、中華麺適性の高い「タマイズミ」と同等である。

5. 三重県で奨励品種に採用され、2019年から一般栽培が開始される予定。

6. 発表雑誌等

未定

品種登録出願番号：第 31563 号(平成 29 年 2 月 23 日出願公表)

・農研機構プレスリリース

(研究成果) 縞萎縮病に強い小麦新品種「タマイズミ R」

http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nics-neo/075374.html

7. 注意事項

本研究は、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業(26085C)の支援を受けて実施しました。

8. 問い合わせ先

農研機構・次世代作物開発研究センター

麦研究領域小麦・大麦育種ユニット 藤田 雅也

〒305-8518 茨城県つくば市観音台 2-1-2

tel.029-838-7497, fax.029-838-7498

e-mail : www-nics@naro.affrc.go.jp

9. 用語説明

1. 半数体育種法

小麦の花の雌しべにトウモロコシの花粉をかけると、受精して幼胚ができますが、やがてトウモロコシの染色体だけが消失してしまいます。この時点で幼胚を取り出して培養すると、通常の半分の染色体だけをもつ、すなわち半数体の小麦に育ちます。この半数体の小麦をコルヒチンという薬品で処理すると、染色体が倍加して通常的小麦と同じ染色体数になります。この仕組みを育種に利用するのが半数体育種法で、育種の初期世代（交雑第1代など）で用いることで、通常は何年もかかる遺伝的固定が短期間で行えます。

2. DNA マーカー選抜

目的とする遺伝子（病気に強くなる遺伝子など）と密接に連鎖した DNA の配列を目印に、遺伝子型を選抜することを DNA マーカー選抜といいます。「タマイズミR」の場合は、「タマイズミ」と「ゆめちから」の交配後代から「ゆめちから」のもつコムギ縮萎縮病抵抗性遺伝子と密に連鎖した3つの DNA マーカーを目印に、その全てが「ゆめちから」と同じタイプのものを選抜しています。

3. コムギ縮萎縮病

土壌伝染性のウイルス病で、コムギ縮萎縮ウイルスが感染して発病します。典型的な症状は、2月～3月頃に葉にかすり状の黄化がみられることで、発病がひどい場合は、株が萎縮し収量が大きく減少します。

1. 話題

ご飯の硬さと粘りを調節する DNA マーカーの開発

2. 学会講演タイトル

MutMapPlus 法による米デンプン糊化性変異原因遺伝子の同定と多様な米飯物性を示すイネ育種素材の開発

3. 発表者

山川博幹¹, 高木宏樹², 中田克¹, 宮下朋美¹, 黒田昌治¹, 山口武志¹, 梅本貴之³

(¹農研機構中央農業研究センター, ²石川県立大, ³農研機構次世代作物開発研究センター)

4. 発表概要

現在、国内で年間に消費される米 800 万トンのうち、4 割に相当する 320 万トンがレストランやお弁当屋さんなどの業務用途で消費されています。工場等における大スケールでの炊飯では、ご飯が炊飯器具や容器に付着すると作業性が低下するため、粘りを抑えた硬めの米が求められています。また、カレー、牛丼、炒飯などの具材をからめて食べるメニューでも、べた付きの少ない硬めのご飯が好まれます。このような市場ニーズに応えるため、ご飯の硬さを段階的に調節することができる育種材料と DNA マーカーの拡充が必要です。

イネはわが国の基幹作物であるため、国内には膨大な数の変異イネが遺伝資源の宝庫として保存されており、品種改良への活用が望まれています。しかしながら、有用な性質をもつ変異イネを見つけることができても、原因となる遺伝子の同定と判別 DNA マーカーの作成に、従来は少なくとも数年以上の年月と多大な労力を必要としたため、品種改良への利用が限定されていました。近年、次世代シーケンサーによって全ゲノム配列が容易に解読できるようになったため、迅速かつ低コストで作物の有用遺伝子を同定し、DNA マーカー育種に利用することが可能となりました。私たちはこの度、米の胚乳デンプンの糊化特性が変化した変異イネから、ご飯の粘りを抑え適度に硬くする遺伝子を、次世代シーケンスによる MutMapPlus 法で迅速に同定し、業務用途米の育種に利用可能な DNA マーカーを作成しました。本変異イネおよび DNA マーカーを既存の糊化性改変イネと組み合わせて使用することで、ご飯の硬さと粘りを従来よりも細かく調節することができるようになりました。

5. 発表内容

ご飯の軟らかさや粘りは、米の胚乳のデンプンが糊化することで生じます。私たちは、イネ品種「日本晴」の人為変異集団を探索し、通常のイネよりも胚乳デンプンが糊化しにくい変異イネの AGE(Altered GElatinization)¹ および AGE2 を見つけ出しました。

そこで、MutMapPlus 法で変異イネの全ゲノム配列を解読して原因遺伝子を探索したところ、いずれもデンプンの粘りと硬さに影響の大きいアミロペクチンの構造を支配するデンプン分枝酵素 BEIIb 遺伝子の機能低下が原因とわかりました。詳しく調べたところ、AGE1 では BEIIb タンパク質の 723 番目のメチオニンがリジンへ置き換わっているため、酵素活性が完全に消失したタンパク質が作られていることがわかりました。一方、AGE2 では 17 番目のイントロンの中にトランスポゾンが挿入されているため、活性のある正常な酵素は作られるが、その量が半減しており、酵素活性も半分になっていることがわかりました。AGE1 と AGE2 の胚乳デンプンは糊化温度が、通常のイネのものに比べて、それぞれ 10°C および 6°C 上昇しており、実際に両変異イネのご飯を食べてみると、炊飯直後から粘りが控えめのご飯となり、さらにご飯が冷めるにつれて硬めの食感を示すようになりました。粘りを抑え硬くする効果は AGE1 のほうが AGE2 よりも顕著で、これらの変異を使い分けることで米飯の硬さと粘りを段階的に改変することができます。そこで、AGE 変異遺伝子を判別できる DNA マーカーを作成して、同様にご飯を硬くする効果のあるインド稲由来のデンプン合成酵素 SSIIa 遺伝子を併せ持つイネを作成したところ、さらに硬く粘りの少ないご飯となりました。このように、AGE1 および AGE2 変異イネとその DNA マーカーを用いることで、従来よりも多様な硬さと粘りをもつご飯のイネを容易に育種することができるようになりました。業務用途米の米飯食味の最適化に活用できます。

6. 発表雑誌

Nakata M, Miyashita T, Kimura R, Nakata Y, Takagi H, Kuroda M, Yamaguchi T, Umemoto T, Yamakawa H (2017) MutMapPlus identified novel mutant alleles of a rice starch branching enzyme IIb gene for fine-tuning of cooked rice texture. **Plant Biotechnol. Journal** 印刷中・早期公開 (DOI: 10.1111/pbi.12753)

7. 注意事項

本研究は農林水産省プロジェクト研究「ゲノム情報を活用した農産物の次世代生産基盤技術の開発プロジェクト(IVG3001)」の支援を受けて実施されました。

8. 問い合わせ先

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究開発機構 中央農業研究センター
作物開発研究領域 山川 博幹
〒943-0193 新潟県上越市稲田 1-2-1
Tel/Fax: 025-526-3245
E-mail: hy741220@affrc.go.jp
URL: <http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/ricequalitylab/>

9. 用語説明

アミロペクチン：米胚乳デンプンの70-100%を構成する成分で、ご飯の軟らかさや粘りを生み出す。ブドウ糖が α -1,4および α -1,6グルコシド結合でつながった巨大分子で、糖の鎖が途中で規則的に枝分かれして、多数の側鎖を形成する。側鎖が長いほど、結晶性が高まり、デンプンの糊化温度が上昇するため、冷めると硬いご飯になる。反対に、側鎖が短いほど糊化温度が下がり、冷めても軟らかいご飯となる。

デンプン合成酵素 (SS)：デンプン粒結合性のものと可溶性のものがあり、可溶性デンプン合成酵素はアミロペクチンの糖側鎖を伸長する。イネの胚乳では、主にSSI、SSIIa、SSIIIaの3種類が、それぞれ短い側鎖、中間程度の側鎖、長い側鎖の伸長を担う。

デンプン分枝酵素 (BE)：アミロペクチンに新しい糖側鎖を付加する枝作り酵素。イネの胚乳ではBEI、BEIIa、BEIIbの3種類が働く。このうち、BEIIbは短い側鎖の形成を担い、完全に欠損すると糊化温度が大幅に上昇し、たいへん硬いご飯となる。

糊化温度：デンプン水溶液に熱が加わり、糊状に変化する温度。この温度が高いと、冷めると硬いご飯になり、反対に低いと、冷めても軟らかいご飯になる。

MutMapPlus 法：次世代シーケンサーを用いて、遺伝変異の原因遺伝子を迅速に同定する方法。交雑後代F2世代などの変異が分離する集団から、変異の性質を受け継いだ変異型個体と通常の変異を示す野生型個体を選抜し、それぞれバルクとしてまとめて全ゲノム配列を解読する。両バルクで塩基配列が違う箇所を抽出し、原因変異を同定する。