



PRESS RELEASE

岡山大学記者クラブ

文部科学記者会

科学記者会

御中

令和 5 年 4 月 20 日

岡 山 大 学

<種子中に糖類を高蓄積するオオムギの発見!>

◆発表のポイント

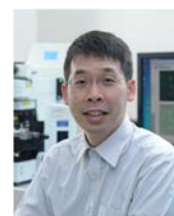
- ・ デンプン合成に関わる遺伝子に変異を持つオオムギを 2 種類単離しました。
- ・ 2 つの変異を組み合わせた二重変異体の種子では、デンプンが少なくなり、ブドウ糖やショ糖などの糖類が多く含まれていました。
- ・ この二重変異体は従来のオオムギと異なる種子成分を持つことから、新しい用途に利用でき、高付加価値な品種育成が期待されます。

デンプンはブドウ糖 (グルコース) が鎖のようにつながった物質で、穀物の種子中の 70% 以上を占めます。種子に貯蔵されたデンプンは植物が発芽する時のエネルギーとして使われますが、人間にとっても種子は主食であり、貯蔵デンプンは大切なエネルギー源となります。デンプンの合成に関係する植物の遺伝子(デンプン合成関連遺伝子(注 1))は既に多数発見されています。デンプン合成関連遺伝子の中には、変異によって機能が失われたり弱まったりした場合に合成されるデンプンの特性 (構造や性質) が変化することがあります。一方、複数のデンプン合成関連遺伝子に同時に変異が入った場合に、合成されるデンプンの特性がどのように変化するのは、その組み合わせの多さからあまり分かっていません。岡山大学資源植物科学研究所の松島良 准教授らは、このたび秋田県立大学ならびに立命館大学との共同研究により、オオムギのデンプン合成関連遺伝子のうち特定の 2 つの遺伝子の変異を組み合わせることにより、種子中のデンプンが減少することを見出しました。そのオオムギ変異体は、グルコースやショ糖(スクロース)などの単糖類や二糖類を多く蓄積していました。今回用いた 2 つの変異のうちの 1 つは、デンプンのグルコース鎖のつながり方を制御する酵素の遺伝子で、トウモロコシではスイートコーンの原因遺伝子として利用されています。もう 1 つの遺伝子はデンプン関連酵素を補助する機能を持つことが予想されていました。2 つの遺伝子変異を同時に持つことで、単独の変異よりも強い性質を示すことが明らかとなりました。オオムギは、醸造用、食用、飼料用、飲料用に利用される多用途作物であり、種子のデンプン特性や成分特性は重要です。本研究で発見したオオムギ変異体を利用することで、新しい用途開発や付加価値の高い品種育成につながるかもしれません。

本研究成果は、日本時間 4 月 3 日、国際科学雑誌「Theoretical and Applied Genetics」オンライン版で早期公開されました。

◆研究者からのひとこと

自分達の基礎的な研究が社会実装に繋がれば嬉しいです。オオムギの食品資源としての可能性に興味がある企業の方との共同研究を希望しています。



松島 准教授

PRESS RELEASE

■発表内容

＜背景＞

デンプンはグルコースが鎖のようにつながっている物質です。種子のデンプンは我々の主食としてだけでなく、甘味料、増粘剤、接着剤、印刷改良剤といった加工製品としても利用されています。多くのデンプン合成関連遺伝子が既に同定されており、デンプン合成関連遺伝子に変異を持つ突然変異体の中には、モチ米、モチ麦やスイートコーンといった実際の育種に用いられている例があります。一方、複数のデンプン合成関連遺伝子に同時に変異が入った場合に、デンプン特性がどのように変化するのは、その組み合わせの多さからあまり分かっていません。

一方で、デンプンは不溶性のため細胞内では粒子を形成します。この粒子は「デンプン粒」と呼ばれています。デンプン粒の形は植物の種類によって決まっています。例えば、イネの種子のデンプン粒は複数の小型のデンプン粒子が集合して出来ており複粒型と呼ばれています。一方、オオムギのデンプン粒は1つのデンプン粒子からできていて単粒型と呼ばれています。デンプン合成関連遺伝子に変異するとデンプン粒の形が野生型とは異なる場合があることが知られていました。

＜研究成果の内容＞

発表者らはこれまでにデンプン粒の形を簡便に観察する方法を開発しています(Matsushima et al. 2010)。この方法を用いて、デンプン粒の形を指標にした探索を行えば、デンプン合成関連遺伝子の変異体を効率的に単離できるのではないかと考えました。本研究では、オオムギを用いてデンプン粒の形を指標にした探索を行い、デンプン粒の形が野生型とは異なる *hvisa1* 変異体と *hvflo6* 変異体を単離しました。解析の結果、*hvisa1* 変異体はデンプン合成関連酵素の1つで、グルコース鎖のつながり方を制御するイソアミラーゼという酵素の遺伝子に変異していました。一方、*hvflo6* 変異体は、デンプン合成関連酵素を補助する機能を持つと考えられている Flo6 遺伝子に変異していました。これまで植物がこの2つ遺伝子の変異を同時に持った場合にどういう事が起きるのかは分かっていませんでした。そこで両者を交配することにより二重変異体を作出したところ、二重変異体の種子では一部の細胞でしかデンプンが合成されず、野生型や単独変異体よりも種子中のデンプン量が顕著に減少している事が分かりました(図1)。

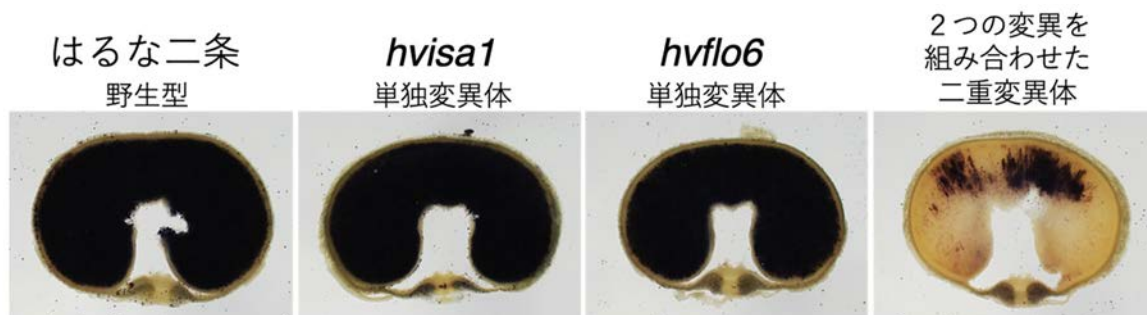


図1: 二重変異体では、デンプン合成が阻害されている。

登熟途中のオオムギ種子を輪切りにしてヨウ素溶液で染色した。黒色に染まっている部分はデンプンが合成されている。野生型や単独変異体では、種子の大半の部分でデンプンが合成されているが、二重変異体では一部の場所だけがデンプンが合成されていない。

PRESS RELEASE

また二重変異体ではデンプンが減少する一方で、単糖類(グルコースやフルクトース)や二糖類(スクロースやマルトース)が種子中に多く蓄積していることが分かりました(図2)。

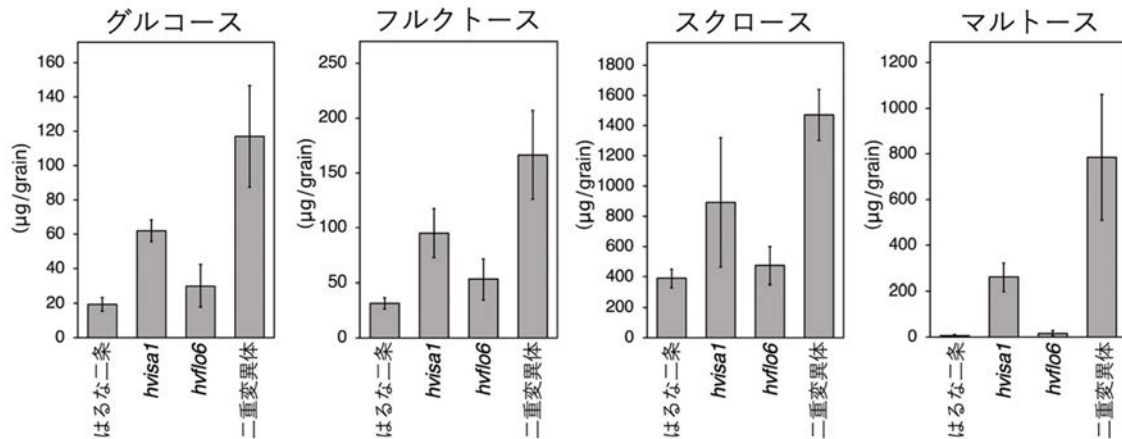


図2: 二重変異体では、糖類が高蓄積している。

完熟種子中の蓄積している糖類の量を比較した。はるな二条は野生型、hvisa1とhvflo6はそれぞれの単独変異体を示す。

このような表現型は、hvisa1の単独変異体でも観察されましたが、その程度は弱く、hvflo6変異を同時に持つ事でより強く変異の特徴が表れたと考えられます。2つ遺伝子の変異の間に何らかの相互作用が起こり、二重変異体ではデンプン合成が阻害され、その結果引き起こされた代謝異常の結果、糖類の量が上昇したと考えられます。

<社会的な意義>

オオムギは世界で4番目に多く栽培されている穀物で、醸造用、食用、飼料用、飲料用に利用される多用途作物です。主に種子を利用する作物のため、種子のデンプン特性や成分特性は重要形質です。本研究で作出した二重変異体の種子は、デンプンが少なく単糖類や二糖類が豊富なため、新しい用途を開発できる可能性があります。例えば、風味の異なるビールや麦茶、栄養価の異なる麦ご飯、オオムギデンプンを原料とする製品の開発、嗜好性の高い家畜の飼料などの可能性が考えられます。また、hvisa1の原因遺伝子であるイソアミラーゼは、トウモロコシではスイートコーンの原因遺伝子として利用されています。そのため、本研究で得られたイソアミラーゼの変異を亢進する変異の発見は、トウモロコシのスイートコーン育種にも利用できる可能性があります。

■論文情報

論文名: FLOURY ENDOSPERM 6 mutations enhance the sugary phenotype caused by the loss of ISOAMYLASE1 in barley

掲載紙: Theoretical and Applied Genetics 136, 94 (2023)

著者: Ryo Matsushima, Hiroshi Hisano, Ivan Galis, Satoko Miura, Naoko Crofts, Yuto Takenaka, Naoko F. Oitome, Takeshi Ishimizu, Naoko Fujita, Kazuhiro Sato

DOI: 10.1007/s00122-023-04339-5



U R L : <https://link.springer.com/article/10.1007/s00122-023-04339-5> (オープンアクセス)

■研究資金

本研究は、日本学術振興会 科学研究費補助金 (研究者: 松島 良、研究期間: 2020 年 4 月 - 2023 年 3 月, No. 20K05970)、新エネルギー・産業技術開発機構 官民による若手研究者発掘支援事業 (研究者: 久野裕・松島良、研究期間: 2021 年 1 月 - 2023 年 1 月)、東洋食品研究所 (研究者: 松島良、研究期間: 2017 年 4 月 - 2018 年 3 月)、エリザベス・アーノルド富士財団 (研究者: 松島 良、研究期間: 2019 年 4 月 - 2020 年 3 月)、高橋産業経済研究財団 (研究者: 松島 良、研究期間: 2018 年 4 月 - 2019 年 3 月)、前川報恩会 (研究者: 松島 良、研究期間: 2019 年 4 月 - 2020 年 3 月)、G-7 奨学財団 (研究者: 松島 良、研究期間: 2023 年 1 - 12 月)、大原奨農会ならびに文部科学省ナショナルバイオリソースプロジェクト (オオムギ) の支援を受けて実施しました。

■補足・用語説明

(注 1) デンプン合成関連遺伝子

デンプンのグルコース鎖を伸長させるデンプン合成酵素、グルコース鎖の枝を作るデンプン枝作り酵素、不要なグルコース鎖を除去するデンプン枝切り酵素といった酵素遺伝子の他に、これらの酵素を補助する機能があるタンパク質の遺伝子もあります。

■参考文献

Matsushima R, Maekawa M, Fujita N, Sakamoto W (2010)

A rapid, direct observation method to isolate mutants with defects in starch grain morphology in rice.

Plant Cell Physiol 51:728–741. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcq040>

<お問い合わせ>

岡山大学 資源植物科学研究所

准教授 松島 良

(電話番号) 086-434-1224



岡山大学は持続可能な開発目標 (SDGs) を支援しています。