

アフリカの野生のイネが持つ雑種花粉の 発育不全を引き起こす遺伝子を同定

～アフリカ野生イネを用いた品種改良への貢献に期待～

ポイント

- ・イネの種間雑種において花粉の発育不全を引き起こす遺伝子を解明。
- ・ゲノム編集を用いて花粉の発育不全を起こさない変異体の作出に成功。
- ・アフリカの野生のイネを用いた品種改良の進展に期待。

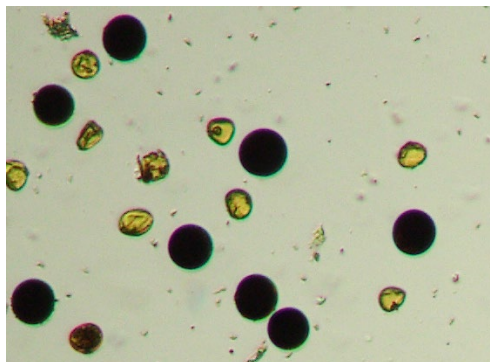
概要

北海道大学大学院農学研究院の小出陽平准教授、金澤 章教授らの研究グループは、アフリカの野生のイネが持つ、雑種において花粉の発達が異常になる現象（雑種 不稔性）の原因遺伝子を明らかにしました。品種改良において、交雑により雑種を作ることは欠かすことのできない過程です。しかしながら、イネの場合、異なる種 同士の交雑では、雑種を得ることはできても、雑種が作る花粉の発育不全などが生じます。このことが、異なる種が持つ有用遺伝子を品種改良に利用することを妨げています。

本研究では、アフリカ原産の野生イネ（オリザ ロンジスタミナータ）と、アジアの栽培イネの間の種間雑種で見いだされる花粉の発育不全に着目し、原因となる遺伝子の一つを明らかにしました。この遺伝子は、クロマチンリモデリング因子をコードしており、ゲノム編集を用いてこの遺伝子を破壊したところ、雑種における花粉の発育不全が緩和されることが示されました。興味深いことに、イネの近縁種において、この遺伝子が無くなっている系統が存在することが分かりました。この系統においても雑種における花粉の発育不全が緩和されていました。

今回見出した遺伝子以外にも、イネの種間雑種において花粉の発育不全を引き起こす遺伝子が存在することが示唆されています。今回の成果は、雑種における花粉の発育不全の全容を解明すること、さらには、異なる種を用いた品種改良につながるものと期待されます。

なお、本研究成果は、2024年4月17日（水）公開の*iScience* 誌に掲載されました。



イネの雑種花粉の発育不全。黄色の花粉は発育不全のためにデンプンが蓄積せず、機能を持たない。

【背景】

地球規模の気候変動下で食料を安定的に生産するためには、品種改良による作物の強靱化が欠かせません。小出准教授らの研究グループはこれまでに、日本で主に栽培されているイネの種（*Oryza sativa*）とは異なる野生のイネの種を用いて、イネの生産性やストレス耐性に関わる研究を行ってきました。今回の研究で利用されたアフリカ原産の野生イネ（*Oryza longistaminata*）は、旺盛なバイオマス生産性を持つことが知られています（図1）。

このような野生イネが持つ有用な特徴を農業に利用するためには、栽培イネと交雑を行い、その子孫から優れた特徴を持つ個体を選抜する必要があります。しかしながら、異なるイネの種の間での交雑では、交雑種子はできるものの、雑種の種子が稔らない現象が生じます。この現象は「雑種不稔性」と呼ばれています。アジアの栽培イネ（*Oryza sativa*）とアフリカの野生イネ（*Oryza longistaminata*）の間でも雑種不稔性が生じ、このことが、アフリカの野生イネが持つ有用な特徴を農業に利用することを妨げています。これまでに、アジアの栽培イネとアフリカの野生イネの間での雑種不稔性の原因として、*S13*と呼ばれる遺伝子座が存在することが、北海道大学の研究者により1990年代に報告されていました。しかしながら、その遺伝子座についての実態はよく分かっていませんでした。

今回の研究では、*S13*遺伝子座に着目し、ゲノム編集技術^{*1}を用いて*S13*遺伝子の同定を行いました。

【研究手法】

アフリカの野生イネが持つ*S13*遺伝子座を、戻し交雑^{*2}によってアジアの栽培イネに導入した準同質遺伝子系統^{*3}を作成しました。この準同質遺伝子系統に対し、ゲノム編集技術を用い、*S13*遺伝子座に存在するクロマチンリモデリング因子^{*4}をコードする遺伝子（*OICHR*）の機能欠損個体を作成しました。この機能欠損個体をアジア栽培イネと交雑し、雑種不稔性が生じるかどうかの検証を行いました。

【研究成果】

まず、アフリカの野生イネとアジアの栽培イネを交雑しました。得られた雑種と、アジアの栽培イネをさらに交雑する作業を繰り返し、アフリカの野生イネが持つ*S13*遺伝子座を、アジアの栽培イネに導入した系統（準同質遺伝子系統）を作成しました。この準同質遺伝子系統をアジアの栽培イネと交雑して得られた雑種では、花粉の発育過程で異常が生じることが分かりました（図2）。このことは、*S13*遺伝子座による雑種不稔性は、雑種花粉の発育不全に起因することを示しています。

次に、ゲノム編集技術を用いて、*S13*遺伝子座に存在するクロマチンリモデリング因子をコードする遺伝子（*OICHR*）の機能欠損個体を作成し、アジアの栽培イネと交雑したところ、雑種不稔性が生じないことが分かりました。このことは、*OICHR*が雑種不稔性を引き起こすために必須の遺伝子であることを示しています。

さらに、様々なイネ属の種において*OICHR*の存在を調査したところ、アフリカで栽培されているイネ（*Oryza glaberrima*）では、*OICHR*の相同遺伝子が無くなっていることが分かりました。アフリカの栽培イネにおいて、*OICHR*の相同遺伝子が無いことの影響を調べるために、アフリカの栽培イネとアジアの栽培イネを交雑しました。得られた雑種と、アジアの栽培イネをさらに交雑する作業を繰り返し、アフリカの栽培イネに由来する*S13*遺伝子座をアジアの栽培イネに導入した新たな準同質遺伝子系統を作成しました。この系統を用いて交雑実験を行ったところ、興味深いことに、アフリカの栽培イネが持つ*S13*遺伝子座の対立遺伝子^{*5}は、アジアの栽培イネが持つ*S13*遺伝子座の対立遺伝

子と、アフリカの野生イネが持つ *S13* 遺伝子座の対立遺伝子の双方との雑種において雑種不稔性を示さない「中立的な」対立遺伝子であることが示されました。ゲノム編集を用いた実験の結果と合わせて、アフリカの野生イネ由来の機能型の *OICHR* とアジアの栽培イネ由来の非機能型の *OICHR* (*OsCHR745* と命名) の両者が存在する場合に雑種不稔が引き起こされると結論づけられました。さらに、アジアの栽培イネとアフリカの栽培イネの双方で *OICHR* が非機能型であるにもかかわらず、アフリカの栽培イネは、「中立的な」ふるまいを示すことから、花粉発育不全の引き金となる *OICHR* のほかに、*OICHR* の作用から花粉を保護する因子がアフリカの栽培イネに存在することが示唆されました。また、*OICHR* はイネ属の中のより遠縁な種にも存在しており、*OICHR* 遺伝子はイネの栽培化以前にイネ属のいくつかの種に広まったことが示唆されました。

【今後への期待】

将来のイネ品種の可能性を広げるためには、これまでに利用されていない野生イネが持つ有用な遺伝子を効果的に利用することが必要です。本研究では、野生イネの利用を妨げる「雑種不稔性」に着目し、その原因となる遺伝機構の一端を解明しました。本研究の成果を用いることで、野生イネを品種改良に利用する際に、*S13* 遺伝子座による雑種不稔を引き起こさない交雑組合せの選択が可能になると考えられます。

今回、イネ属に存在する雑種不稔性遺伝子の一つを明らかにしましたが、イネ属の中には他にも多くの雑種不稔遺伝子が存在し、交雑による品種改良の妨げとなっています。小出准教授らの研究グループでは、これまでもイネ属の他の種における雑種不稔遺伝子の同定に成功しています。今後も研究を続け、雑種における花粉の発育不全の全容を解明することで、イネの品種改良の可能性を広げることが期待されます。

【関連する研究成果】

北海道大学プレスリリース「イネの種の壁をつくる遺伝子の同定と機能改変に成功～異種間交配を利用したイネの品種改良に期待～」

発表日：2018年2月16日

URL：https://www.hokudai.ac.jp/news/180216_pr2.pdf

【謝辞】

本研究は北海道大学大学院農学研究院を中心とする研究グループに加え、帯広畜産大学、神戸大学、佐賀大学、九州大学、信州大学に所属する研究者の協力の下で行われました。また、本研究は JSPS 科研費 JP19043001、JP21024001、JP21H02160 の助成を受けたものです。

論文情報

論文名 *OICHR*, encoding a chromatin remodeling factor, is a killer causing hybrid sterility between rice species *Oryza sativa* and *O. longistaminata* (クロマチンリモデリング因子をコードする *OICHR* 遺伝子は *Oryza sativa* と *Oryza longistaminata* の種間における雑種不稔性を引き起こすキラー因子である)

著者名 ジン マー ミント¹、小出陽平¹、高西若菜¹、池ヶ谷智仁¹、チェ クァン¹、曳地 究¹、徳山芳樹¹、岡田脩平¹、大西一光²、石川 亮³、藤田大輔⁴、山形悦透⁵、松村英生⁶、貴島祐治¹、金澤 章¹ (1北海道大学、2帯広畜産大学、3神戸大学、4佐賀大学、5九州大学、6信州大学)

雑誌名 iScience (自然科学全般の専門誌)

D O I 10.1016/j.isci.2024.109761

公表日 2024年4月17日(水)(オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学大学院農学研究院 准教授 小出陽平 (こいでようへい)

T E L 011-706-4697 メール ykoide@agr.hokudai.ac.jp

U R L <https://www.agr.hokudai.ac.jp/r/lab/plant-breeding>

<https://ykoide.agr.hokudai.ac.jp/>

配信元

北海道大学社会共創部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

【参考図】



図1. アフリカ原産の野生イネ *Oryza longistaminata* (オリザ ロンジスタミナータ)。

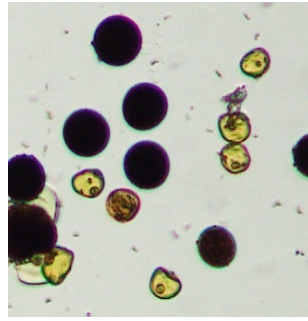


図2. 雑種で見いだされる花粉の発育異常。黄色の花粉には通常花粉に蓄積されるはずのデンプンが蓄積していない。

【用語解説】

- *1 ゲノム編集技術 … 染色体上の部位特異的に働くヌクレアーゼを利用して、任意の部位において染色体（DNA）を切断し、切断した場所に遺伝変異を導入する技術のこと。
- *2 戻し交雑 … 交雑により得られた雑種に対し、片方の親と同じ品種を再度交雑する手法のこと。戻し交雑を連続的に行うことにより、雑種の特性を片方の親に近づけていくことができる。
- *3 準同質遺伝子系統 … 連続的に戻し交雑を行うことにより、特定の染色体領域のみを置換した系統のこと。
- *4 クロマチンリモデリング因子 … DNA とタンパク質の複合体である、クロマチンと呼ばれる構造を調節する因子のこと。
- *5 対立遺伝子 … 染色体上の同じ位置（相同な遺伝子座）に存在する、異なる遺伝情報を持つ遺伝子のこと。