

アジアとアフリカを跨ぐ新種の稲を花粉から作出

～染色体を倍加した花粉が異種間の生殖障壁の解消に役立つ～

ポイント

- ・アジア稲とアフリカ稲の雑種から新種の稲の作出に成功。
- ・染色体を倍加した花粉が異種間の生殖障壁を打破できることを発見。
- ・多様な環境における稲の栽培化に期待。

概要

北海道大学大学院農学研究院の貴島祐治教授と同大学院博士後期課程の國吉大地氏、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター、酪農学園大学農食環境学群、九州大学大学院農学研究院、岡山大学資源植物科学研究所の共同研究グループは、アジア稲 (*Oryza sativa*) とアフリカ稲 (*O. glaberrima*) の雑種由来の花粉から、両種のゲノムを保持する新しい稲を作出しました。

二つの稲の間には種の壁 (生殖障壁^{*1}) があり、交配しても種子をつける雑種植物はこれまで得られていませんでした。この生殖障壁は雑種植物の花粉と卵が正常に発育しないことに起因します。本研究では、アジア稲とアフリカ稲の雑種植物から崩壊前の花粉を持つ雄しべ (葯) を取り出して、葯培養^{*2}を施すことにより、花粉から19の植物体を作成することに成功しました。植物体に分化した個体のゲノムは、アジア稲とアフリカ稲それぞれから構成されており、19株のうち5株は種子を作る能力がありました。驚くことにこの5株は全て親個体の2倍のゲノムを有する4倍体でした。

アジア稲とアフリカ稲の雑種植物では花粉を作るときの減数分裂^{*3}の過程で染色体数が減数しない異常が起きていました。4倍体の個体は、この異常によって染色体が通常の花粉の倍の2倍性花粉が生じ、それが植物体に分化したものでした。本来、減数分裂の異常は花粉の正常な生育を阻害します。しかし、減数分裂の異常で生じた2倍性の花粉を葯培養することで、生殖障壁を回避して種子を作る4倍体の稲が生まれました。得られた4倍体の稲は遺伝子組換え技術を用いずに作出されたものです。この実験結果は、植物の進化において倍数化が新しい種の発生に重要な役割を担ってきた事実を証明したことになります。

なお、本研究成果は、日本時間2020年11月5日(木)午後2時(グリニッジ標準時2020年11月5日(木)午前5時)公開のFrontiers in Plant Science誌に掲載されました。



アジア稲



アフリカ稲



葯培養で得た4倍体雑種の系統群

アフリカ稲とアジア稲のゲノムを半分ずつ持ち、なおかつ種子を实らせた稲

【背景】

稲には栽培稲と野生稲があり、栽培稲はアジア稲 (*Oryza sativa*) とアフリカ稲 (*O. glaberrima*) の2種に分かれます。ちなみに、世界の多くの人々はアジア稲を食べています。アフリカ稲は主に西アフリカで栽培されその地域の人々が利用しています。それぞれアジアとアフリカに自生していた野生稲から進化しました。二つの栽培稲の間には雑種不稔*⁴と呼ばれる種の壁があり、種子をつける雑種の形成を阻んでいます。両種の生殖障壁は、交雑によって生じた雑種植物の花粉と卵が正常に発育しないことに起因します。これまで2種間のゲノムを半分ずつ組み合わせた個体では、種子をつけることは困難だと考えられていました。本研究ではアジア稲とアフリカ稲の生殖障壁を超えて、アジア稲とアフリカ稲の両性質を持つ新しい稲を、遺伝子組換え技術を用いずに作出しました。

【研究手法】

本研究では、アジア稲とアフリカ稲の雑種個体から由来した発育初期の花粉を含む葯を培養（葯培養）することによって、花粉から植物体を分化させることができました。得られた植物体の染色体数は、通常の2倍体の稲との比較に基づいて、決定されました。また、減数分裂の異常は花粉母細胞*⁵を材料に、顕微鏡下で観察されました。葯培養から分化した種子をつける植物から子や孫の世代を育て花粉や種子など20の形質を調査し、新種の性質をアジア稲やアフリカ稲の性質と比較しました。ゲノムの93箇所についてアジア型かアフリカ型を区別する遺伝子型分析をPCR法によって実施しました。

【研究成果】

アジア稲とアフリカ稲の雑種個体（種子を作れない）から葯培養により19の個体を得ました。これら19の植物体はアジア稲とアフリカ稲のゲノムをほぼ半分ずつ保持する新しい稲であることが判明しました。さらに19個体の内5個体は、種子を作る能力がありました。これらの5個体の染色体数は全て葯培養を実施した親個体の2倍、すなわち4倍体のゲノムを有していました。そもそもアジア稲とアフリカ稲の間にある生殖障壁は、両種の雑種植物において花粉と卵が正常に発育しないことに起因します。イネの新種を作出できた理由として、花粉の発育が異常になる前に発育初期の花粉を培養したこと、その花粉の中に倍数化した花粉が含まれていたこと、が考えられました。アジア稲とアフリカ稲の雑種植物の減数分裂を調べると、確かに染色体が減数されていないと思われる大きな花粉を観察できました。種子が得られた4倍体の個体群は、2倍性の花粉を数%から40%の範囲で作成し、種子を実らせる能力もありました。以上の成果から、4倍体の植物から作られる2倍性の花粉が生殖障壁を回避できることが裏付けられました。

【今後への期待】

アジア稲は収量性に勝り、アフリカ稲は様々なストレスに強い性質を持つといわれています。互いの長所を組み合わせることができれば、稲の栽培可能な環境の限界が拡がり、作物としてもご飯以外の多様な活用方法を期待できます。本研究のもう一つの成果は、生殖障壁によって子孫ができない植物に対して、倍数化を行うことで新しい植物の作出を可能にすることが実証できたことです。現に、小麦、ジャガイモ、サツマイモ、コーヒーなどは、染色体が倍数化して生まれた作物です。本研究は遺伝子組換えを利用せずに、花粉を培養することによって、作物における新種発生のプロセスの一端を示したことに意義があります。

【謝辞】

本研究は科学研究費基盤研究 A (19H00937), 北海道大学「ロバスト農林水産工学研究プログラム」及び岡山大学資源植物科学研究所における共同利用・共同研究拠点事業による支援を受けて行われました。

論文情報

論文名	Diploid male gametes circumvent hybrid sterility between Asian and African rice species. (2倍体雄性配偶体はアジア栽培稲とアフリカ栽培稲の間の雑種不稔性を回避する)
著者名	國吉大地 ¹ , 増田 到 ¹ , 金岡義高 ¹ , 島崎優樹 ¹ , 小出陽平 ² , 高牟禮逸朗 ² , 貴島祐治 ² , 星野洋一郎 ³ , 岡本吉弘 ⁴ , 安井 秀 ⁵ , 山本敏央 ⁶ , 長岐清孝 ⁶ (¹ 北海道大学大学院農学院, ² 北海道大学大学院農学研究院, ³ 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター, ⁴ 酪農学園大学農食環境学群, ⁵ 九州大学大学院農学研究院, ⁶ 岡山大学資源植物科学研究所)
雑誌名	Frontiers in Plant Science (植物科学の専門誌)
DOI	10.3389/fpls.2020.579305
公表日	日本時間 2020年11月5日(木)午後2時(グリニッジ標準時 2020年11月5日午前5時) (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 教授 貴島祐治 (きしまゆうじ)

T E L 011-706-2439 F A X 011-706-3341 メール kishima@abs.agr.hokudai.ac.jp

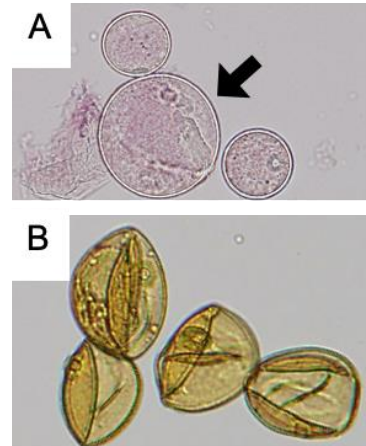
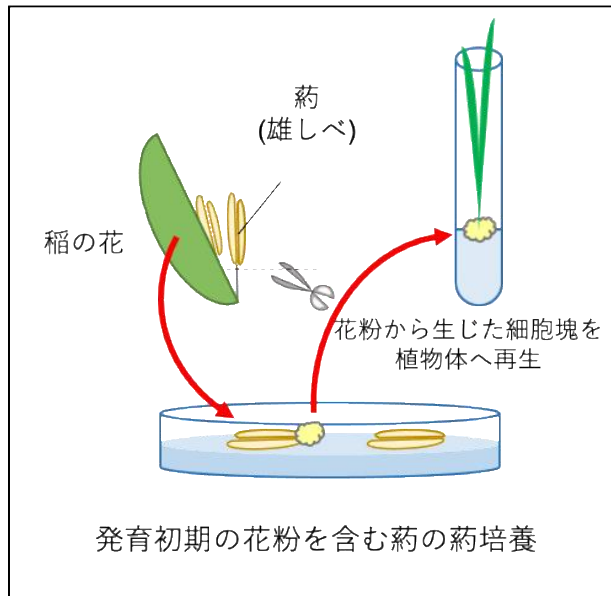
U R L <https://www.agr.hokudai.ac.jp/r/lab/plant-breeding>

配信元

北海道大学総務企画部広報課 (〒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 kouhou@jimuhokudai.ac.jp

【参考図】



雑种植物の花粉

A: 発育初期の正常と異常な花粉が混在。矢印は倍加した花粉。

B: 発育後期の崩壊した花粉。

【用語解説】

- *1 生殖障壁…異なる二つの種間の遺伝子交換を妨げる仕組みのこと。二つの種間の雑種が生まれる前に致死となる場合や、雑種が生まれたとしても生殖能力が欠如するために子孫を残せない場合がある。
- *2 葯培養…発達の途中にある雄しべ（葯）を培養することによって、葯の中の花粉が特殊な細胞（カルス）に変化を促し、その細胞から植物体を分化させる技術。
- *3 減数分裂…動物や植物が配偶子を形成する際に行う特殊な細胞分裂。2回の細胞分裂が連続して行われ、体細胞の半数の染色体を持った配偶子（花粉や卵）が作られる。
- *4 雑種不稔…異なる品種・種・属の間での雑種が、正常な受精能力を持つ花粉や卵を作れない現象。
- *5 花粉母細胞…花粉のもととなる細胞。花粉母細胞が減数分裂することで花粉ができる。