

2026年1月15日

報道機関 各位

国立大学法人東北大学
公益財団法人かずさ DNA 研究所

トマトの花粉稔性を回復させる新たな遺伝子を発見 —ミトコンドリア DNA 複製に関わる遺伝子が鍵—

【発表のポイント】

- 一代雑種の種子生産に用いられる細胞質雄性不稔性トマトにおいて、花粉稔性^(注1)を回復させる新たな核遺伝子を同定しました。
- ミトコンドリア DNA の複製に関わる DNA polymerase I または Topoisomerase I のいずれか一方の機能欠損が、花粉稔性の回復を誘導することを明らかにしました。
- 本成果は、トマトにおける効率的な一代雑種の種子生産につながることで期待されます。

【概要】

細胞質雄性不稔性 (CMS)^(注2) は、ミトコンドリア遺伝子の異常によって花粉が形成・機能しなくなる植物の性質です。CMS は、収量性の高い一代雑種 (F1 品種)^(注3) の種子を作るために、様々な作物で利用されてきました。一方、F1 品種の種子生産には、花粉稔性を回復させる核遺伝子 (稔性回復遺伝子) も不可欠ですが、トマトにおいてはその遺伝子の同定例が限られていました。

東北大学大学院農学研究科の桑原康介特任助教らの研究グループは、筑波大学、かずさ DNA 研究所と共同で、ミトコンドリア DNA 複製に関わる遺伝子である DNA polymerase I および Topoisomerase I の機能が失われることで、CMS トマトの花粉稔性が回復することを明らかにしました。本成果は稔性回復の新しい分子メカニズムを提示するとともに、トマトにおける F1 種子生産のさらなる効率化につながることで期待されます。

本成果は 2025 年 12 月 19 日に Plant Physiology and Biochemistry に掲載されました。

【詳細な説明】

研究の背景

トマトを含む多くの野菜では、異なる2つの品種を交配して得られるF1品種の開発が古くから行われています。F1品種は、両親の優れた性質を受け継ぎ、収量が多くなるなどの利点があります。トマトでF1品種の種子を作るには、自分の花粉で受粉（自家受粉）しないよう、開花前に雄しべを取り除く必要があります。しかし、この作業は非常に手間がかかります。この問題を解決するために役立つのが、CMSと呼ばれる植物の性質です。CMSとはミトコンドリア遺伝子の作用によって花粉が形成されなくなる性質です。CMSを利用することで自家受粉を防ぐことができ、雄しべを取り除く作業を省くことが可能になります（図1左）。

一方で、CMSを持つ植物は花粉を作れないため、そのままでは果実を実らせることができません。そのため、花粉稔性を回復させる稔性回復遺伝子が不可欠です。これまでに本研究グループは、突然変異育種を用いてCMSトマトの花粉稔性を回復できる系統を育成してきましたが、稔性回復を引き起こす突然変異や遺伝子は、トマトではほとんど明らかにされていませんでした。

今回の取り組み

本研究ではまず、花粉稔性を回復できるトマト系統の核ゲノムの塩基配列を網羅的に解析しました。その結果、ミトコンドリアDNA複製に関わるDNA polymerase I および Topoisomerase I の遺伝子に突然変異が生じていることを見出しました。

次に、これらの遺伝子が花粉稔性の回復に直接関与しているかを検証するため、CMSトマトの核ゲノムに存在するDNA polymerase I または Topoisomerase I の遺伝子を、ゲノム編集技術を用いて個別に破壊しました。その結果、いずれの遺伝子を破壊した系統においても、CMSトマトの花粉稔性が回復することを確認しました。興味深いことに、DNA polymerase I の機能が壊れた系統では弱い稔性回復が、Topoisomerase I の機能が壊れた系統では強い稔性回復が観察され、遺伝子の種類と稔性回復の程度との間に関係があることが示唆されました（図2）。

以上の結果から、DNA polymerase I または Topoisomerase I のいずれか一方の機能が失われることが、稔性回復に重要であることが明らかになりました。

今後の展開

CMSトマトにおいて稔性回復を誘導できる遺伝子は、これまでほとんど明らかにされていませんでしたが、本研究では2つの稔性回復遺伝子を同定しました。これらの遺伝子変異を従来品種に導入することで、効率的なトマトF1育種が可能になると期待されます。具体的には、CMSトマトの利用により、雄し

べを取り除く作業を省略できるとともに、本研究で見出した遺伝子変異によって F1 品種で果実を実らせることが可能になります（図 1 右）。

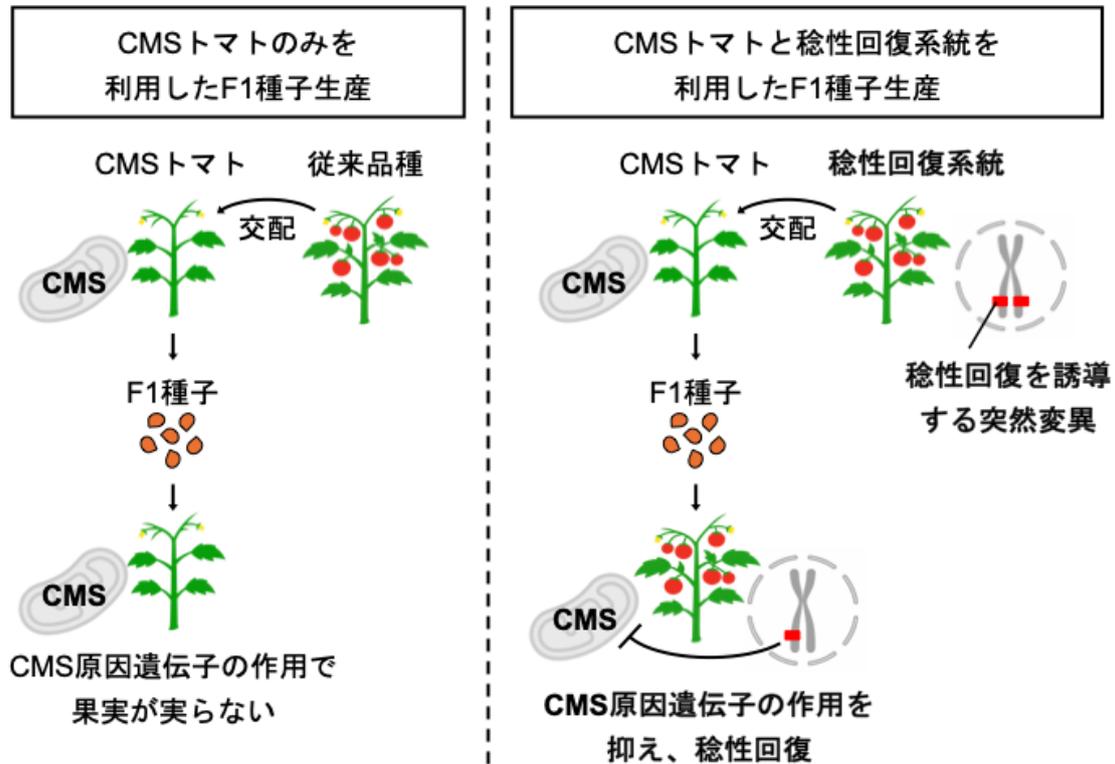


図 1. CMS 系統と稔性回復系統を利用したトマト F1 種子生産の概要

CMS 系統では、CMS 原因遺伝子の作用によって花粉が形成・機能しなくなり、果実が実りません。一方で、稔性回復を誘導する突然変異を持つ稔性回復系統を交配すると、CMS 原因遺伝子の作用が抑えられ、花粉が形成され果実が実るようになります。

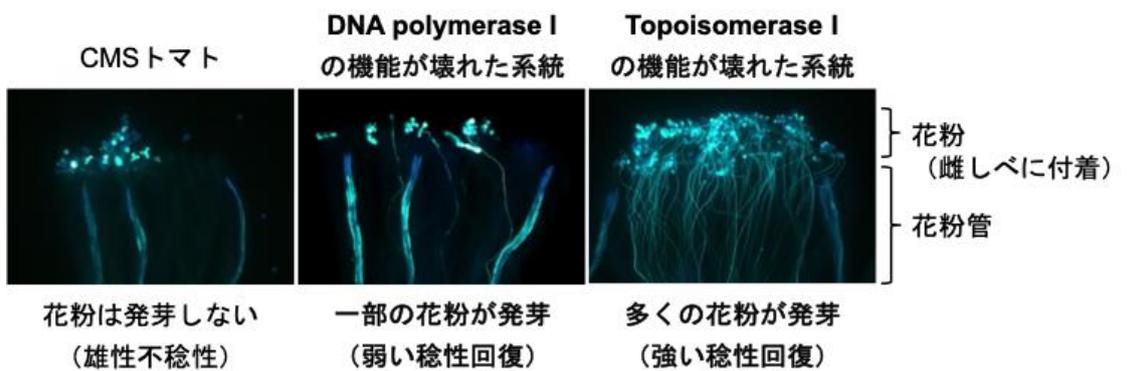


図 2. DNA polymerase I または Topoisomerase I の機能欠損による稔性回復

CMS 系統の花粉は雌しべの上で発芽できません。一方で、DNA polymerase I または Topoisomerase I の機能が壊れた系統では花粉が発芽できるようになります。

【謝辞】

本研究は、イノベーション創出強化研究推進事業（課題番号 JPJ007097）、JSPS 科研費（21J20479、25K18231）および公益財団法人かずさ DNA 研究所 研究助成の支援を受けて実施されました。掲載論文は『東北大学 2025 年度オープンアクセス推進のための APC 支援事業』の支援を受け Open Access となっています。

【用語説明】

- 注1. 花粉が正常に形成され、受粉後に発芽して果実をつける能力のこと。
注2. 細胞質雄性不稔性：ミトコンドリアゲノムに存在する遺伝子が、花粉の形成や機能を阻害する現象。
注3. F1 品種：種子親（母親）と花粉親（父親）の固定された組み合わせで作りに出される品種。

【論文情報】

タイトル：Fertility restoration in cytoplasmic male sterile tomato via knockout of either *DNA polymerase I* or *Topoisomerase I*, two nuclear-encoded organellar DNA replication genes

著者：Kosuke Kuwabara*, Van Bosstraeten Alexis Gaetan, Rika Nakajima, Kentaro Ezura, Kinya Toriyama, Kenta Shirasawa, Tohru Ariizumi

*責任著者：東北大学大学院農学研究科 特任助教 桑原康介

掲載誌：Plant Physiology and Biochemistry

DOI：10.1016/j.plaphy.2025.110970

URL: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2025.110970>

【問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学大学院農学研究科

特任助教 桑原康介

TEL: 022-757-4235

Email: kosuke.kuwabara.b2*tohoku.ac.jp

(*は@に変換してください)

(研究に関すること)

公益財団法人かずさ DNA 研究所

植物ゲノム生物学的研究室

室長 白澤 健太 (しらすわ けんた)

TEL : 0438-52-3935

Email : shirasaw*kazusa.or.jp

(*は@に変換してください)

(報道に関すること)

東北大学大学院農学研究科

総務係

TEL: 022-757-4003

Email: agr-syom*grp.tohoku.ac.jp

(*は@に変換してください)

(報道に関すること)

公益財団法人かずさ DNA 研究所

広報・教育支援グループ

TEL : 0438-52-3930

Email : kdri-kouhou*kazusa.or.jp

(*は@に変換してください)