

2025 年 12 月 15 日

報道機関 各位

国立大学法人東北大学

コケ植物における共生シグナル物質の空間的制御 — ストリゴラクトンの生合成と分泌 —

【発表のポイント】

- 植物とアーバスキュラー菌根菌（AM 菌）^{（注1）}との共生は、植物の養分吸収に重要です。ストリゴラクトンは土壌で植物と AM 菌との共生を仲立ちするシグナル物質です。
- フタバネゼニゴケが、栄養（リン）が不足すると土に面した組織でストリゴラクトンを合成し分泌することを明らかにしました。また、AM 菌と共生する組織でもストリゴラクトンの合成が促進されることを発見しました。
- コケ植物は、約 4 億 5 千万年前に起こった植物の陸上進出後に最初に分岐した系統です。本発見は、ストリゴラクトンが植物と AM 菌の共生を支えるシグナル物質であったという植物の陸上進出に伴う適応戦略を理解する鍵となります。

【概要】

アーバスキュラー菌根菌（AM 菌）は、陸上植物の約 8 割と共生し、リンや窒素などの必須栄養素の土壌からの吸収を助けています。この共生関係は、陸上植物で広く見られるため、陸上植物の共通祖先で確立され、植物の陸上進出とその後の繁栄に大きく貢献したと考えられています。ストリゴラクトンは、AM 菌との共生に必須の物質ですが、植物のどの部分で作られ、どこから土壌へ分泌されるかはほとんどわかっていませんでした。

東北大学大学院生命科学研究科の依田彬義特任研究員、経塚淳子教授らの研究グループは、コケ植物のフタバネゼニゴケを用いてストリゴラクトンが生合成され、分泌される部位を 1 細胞レベルで明らかにしました。本研究は、植物が陸上進出した際の適応戦略を理解する鍵となります。

本成果は 2025 年 10 月 30 日に Plant and Cell Physiology に掲載されました。

【詳細な説明】

研究の背景

4億5千万年前ごろに陸上に進出した植物は土壌からの栄養吸収という大きな課題に直面しました。特に土壌中のリンは不足しやすいため、植物のリン吸収を助けるAM菌との共生システムが陸上進出前後に進化し、植物の陸上定着を助けたと考えられています。現在も陸上植物のほとんどがAM菌と共生関係を築き、リンが少ない環境に適応しています。植物はリンが不足するとAM菌の菌糸分岐を促進する物質であるストリゴラクトンを土壌に分泌し、共生を促進します。この生合成制御は効率的な共生の確立と維持に重要ですが、ストリゴラクトンがどこで作られ分泌されているのかは、ほとんどわかっていませんでした。

フタバネゼニゴケは苔類に分類されるコケ植物で、AM菌と共生します。研究グループは、これまでの研究でフタバネゼニゴケが合成するストリゴラクトンの構造を特定し、それがAM菌との共生シグナルとして機能することを示しました。

今回の取り組み

研究グループはまず、フタバネゼニゴケのどこでストリゴラクトンが合成されているかを大まかに特定するため、葉状体の基部側と先端側（図1）を切り分けてストリゴラクトン生合成遺伝子の発現量を比較しました。その結果、生合成遺伝子はリン欠乏時に強く発現し、それは、先端側に比べて基部側で7倍以上高いことがわかりました。

次に、ストリゴラクトン生合成の空間的制御を細胞レベルで明らかにするため、蛍光タンパク質を用いてストリゴラクトン生合成遺伝子（*MpaCCD8B*）の発現部位を観察しました。リン欠乏条件下では、土壌に面した組織（仮根と根元の表皮細胞）でストリゴラクトン生合成遺伝子が発現していることがわかりました（図2）。また、AM菌との共生実験を行うと、AM菌の共生している細胞において*MpaCCD8B*の発現が誘導されていることが明らかになりました（図2）。

さらに、根寄生植物ヤセウツボ^(注2)の種子発芽をストリゴラクトン分泌量の指標として使用し、ストリゴラクトンがどこから分泌されているかを明らかにしました。ストリゴラクトン生合成遺伝子の発現量解析の結果と一致して葉状体の基部側からストリゴラクトンが分泌されていました。

土壌に面した組織でストリゴラクトンを生合成することは、土壌に効率的にストリゴラクトンを分泌するという点で合理的であり、ストリゴラクトンの共生シグナルとしての機能において重要な制御であると考えられます。さらにAM菌の共生部位でストリゴラクトン生合成が起こるという発見は、ストリゴラクトンが土壌中の共生シグナルとしてだけでなく、共生している細胞で栄養交換や菌糸の発

達にも関与している可能性を示唆しています。

今後の展開

本研究でフタバネゼニゴケがリン不足時に土壤に面した組織でストリゴラクトンを合成し分泌することが明らかになりました。しかし、リン欠乏をどのように感知し、特定の組織で生合成を誘導するかという仕組みは不明です。フタバネゼニゴケを研究対象としてリン欠乏に応答したストリゴラクトン生合成の制御機構を明らかにすることは、約4億5千万年前に陸上植物の共通祖先がとった適応戦略を理解する上で重要な研究課題です。

また、重要な作物のほとんどは種子植物ですが、種子植物においてもストリゴラクトンの空間制御はほとんどわかっていません。種子植物において栄養条件や共生によるストリゴラクトン生合成の空間的な制御を明らかにすることにより、ストリゴラクトン生合成の最適化による低肥料作物開発に貢献することが期待されます。

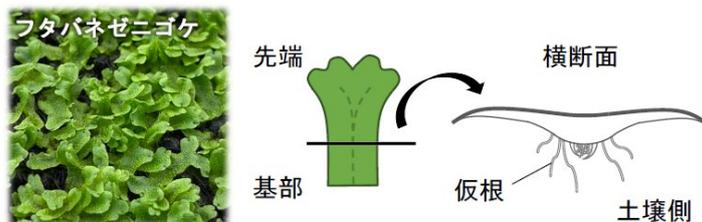


図 1. フタバネゼニゴケの葉状体

葉状体の土壤側には仮根と呼ばれる根に似た組織が生えており、アーバスキュラー菌根菌は仮根から侵入します。

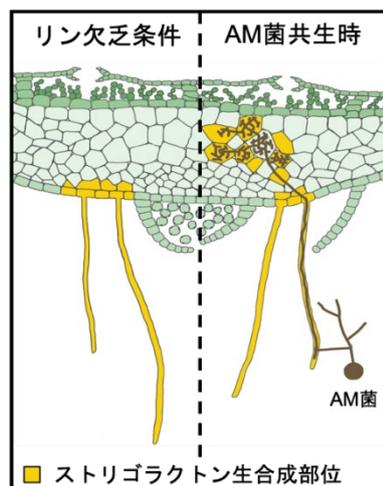


図 2. ストリゴラクトンの生合成部位

ストリゴラクトンはリン欠乏条件では土壤に面した組織（仮根と根元の表皮細胞）で生合成され、AM 菌共生時には共生領域特異的に生合成が誘導されます。

【謝辞】

本研究は、文部科学省科学研究費補助金 (JP23H05409, JP20H05684, JP23KJ0091, JP21J14530) による助成を受けて行われました。

【用語説明】

注1. アーバスキュラー菌根菌 (AM 菌)

植物の根に共生する糸状菌で、土壌からリンなどの無機栄養を植物に提供する一方で、植物から糖分を受け取るという共生関係を築く。フタバネゼニゴケには根がないため、仮根から菌糸を侵入させ、葉状体に共生する。

注2. ヤセウツボ

植物の根に寄生する根寄生植物で、その種子は宿主植物が生産するストリゴラクトンを検知して発芽する。発芽はストリゴラクトンの濃度に依存するため、ストリゴラクトンの分泌量を推定する指標として使われる。

【論文情報】

タイトル : Spatial Localization of Strigolactone Biosynthesis and Secretion in *Marchantia paleacea*

著者 : Akiyoshi Yoda, Kyoichi Kodama, Masaki Shimamura, Junko Kyoizuka*

*責任著者 : 東北大学大学院生命科学研究科 教授 経塚 淳子

掲載誌 : Plant and Cell Physiology

DOI : 10.1093/pcp/pcaf144

URL : <https://doi.org/10.1093/pcp/pcaf144>

【問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学大学院生命科学研究科

教授 経塚 淳子

TEL:022-217-6226

Email: junko.kyoizuka.e4@tohoku.ac.jp

(報道に関すること)

東北大学大学院生命科学研究科広報室

高橋さやか

TEL: 022-217-6193

Email: lifsci-pr@grp.tohoku.ac.jp