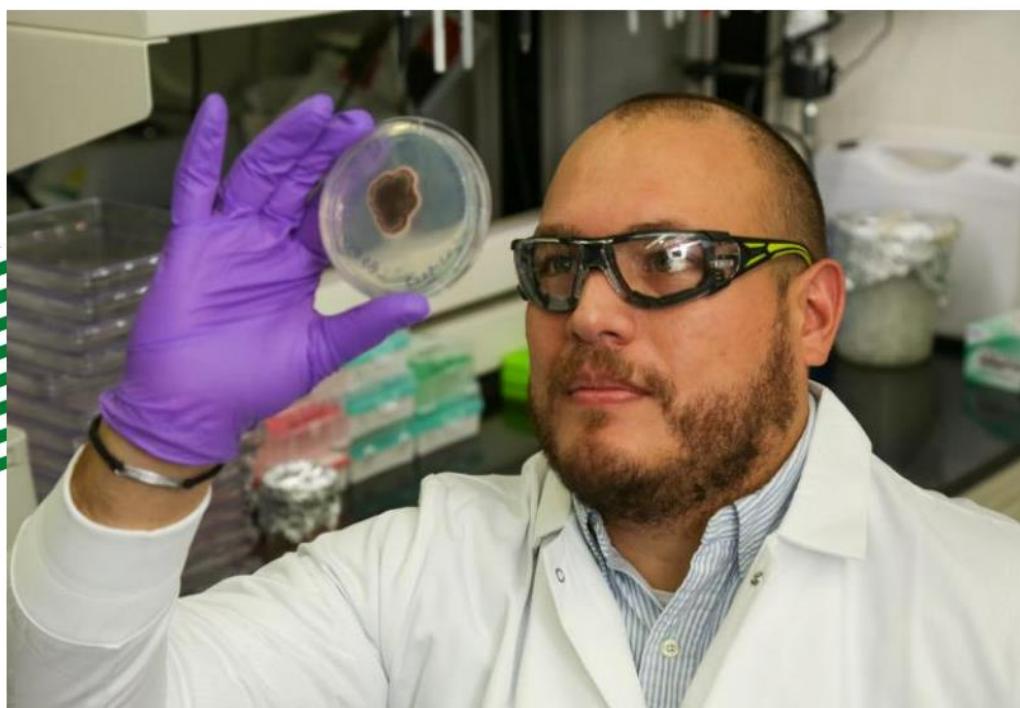


【バイオテクノロジー分野】

仮訳

## 植物と微生物の関係を巡視する真菌の「バウンサー」(米国)

2024年1月17日



エコシステムの健全性を助けたり妨げたりする植物と微生物の関係に関する研究で培養物を調査する ORNL の Tomàs Rush 氏。写真提供: J Genevieve Martin/ORNL, U.S. Dept. of Energy

オークリッジ国立研究所(ORNL)の研究者らが開発した新しい計算的フレームワークは、土壌微生物叢の中に入れるもの、入れないもの、そこには居ないものに関する理解を加速させている。土壌微生物叢では、菌類が植物のボディガードとして働き、敵を寄せ付けずに味方を身近に置いている。

この研究では、植物や他の生物を助けたり傷つけたりする菌類が産生する微小な分子である、特殊な菌類の代謝産物に注目している。これらの代謝産物は、例えば、ポプラの木のようなバイオエネルギー植物が厳しい生育条件で成長し、より多くの炭素を地下に貯蔵するのに役立っている。また、菌類の代謝産物は、クエン酸などの食品添

加物から細菌感染症やがんと闘う薬、さらに農薬や除草剤まで、あらゆるものを作るために人間にも使用されている。

このような特殊な代謝産物を産生する菌類の遺伝子群は、通常、外部の化合物や環境条件によるシグナルを受けるまで、標準的な実験室の培養では沈黙を守っている。ORNL の科学者らは、脂質やキチン等の化合物と菌類による代謝産物生産との相互作用を分析し、これらの代謝産物の蓄積を改善したいと考えていた。

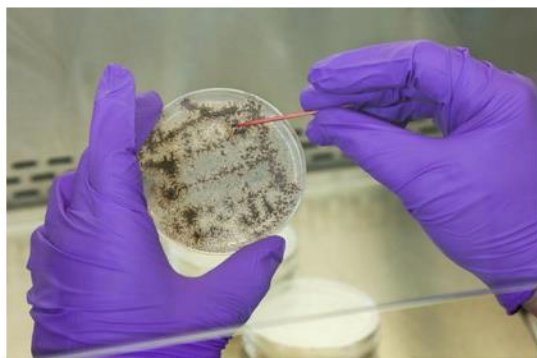


菌類による代謝物質生産に影響を及ぼす化合物や環境的ストレスをより良く分析する計算的フレームワークを開発した Muralikrishnan Gopalakrishnan Meena 氏。  
写真提供: J Genevieve Martin/ORNL, U.S. Dept. of Energy

ORNL の科学者らは、[PNAS Nexus に掲載されたデータ駆動型アプローチ](#)を使用して、どの物質が菌類の代謝産物を最も刺激するかを予測し、カビの一種である *Aspergillus fumigatus* (アスペルギルス・フミガタス) の培養、質量分析法、そして公開されているデータセットとの比較を通じて研究室にて結果を検証した。このアプローチは、特殊な代謝産物を特定、抽出、特性化するために通常行われる、骨の折れるプロセスを大幅に高速化する。

このモデリングフレームワークでは、微生物同士や植物との相互作用等のプロセスにおける複雑な関係を分析する機械学習アプローチのグラフ理論を活用している。「グラフ理論を使うことで、菌類の特定の代謝産物を誘発する化学シグナルをよりよく同定することができ、また、どの菌類が分析に重要であるかを絞り込むこともできます」と、ORNL の National Center for Computational Sciences の計算科学者である Muralikrishnan (Murali) Gopalakrishnan Meena 氏は説明する。

この研究は、米国エネルギー省(DOE) 科学局(SC)の生物・環境研究 (BER)プログラムが後援するプロジェクトである、ORNL の [Plant-Microbe Interfaces Scientific Focus Area](#) (PMI SFA) の一部である。このプロジェクトでは、根圏として知られる植物の根環境における、植物と微生物の相互に有益な関係をより深く理解することを目的としている。この情報は、バイオエネルギー、環境修復、土壌炭素貯蔵に関連する課題への対処に利用することができる。



ORNL の Plant-Microbe Interfaces Scientific Focus Area の研究で菌類の培養物を分析する Tomàs Rush 氏。写真提供: J Genevieve Martin/ORNL, U.S. Dept. of Energy

SFA では、バイオエネルギー生産に向けて ORNL が研究している重要なバイオマス作物であるポプラに主に焦点を当てている。「私たちは、代謝産物、生物や化合物がポプラの根、茎、葉やマイクロバイオーム全体に与える影響を理解したいと考えています」と、プロジェクトの共同リーダーである ORNL バイオサイエンス部門の菌類学者 Tomàs Rush 氏は言う。

ポプラの根圏で発見された、炭素循環に重要な微生物である *A.fumigatus* のような一部の菌類は、植物宿主に影響を与える土壌微生物叢を脅かすものと支援するものの両方を特定するのに優れていると Rush 氏は説明する。

#### 菌類は植物に好意的な微生物には「ロープを外す」

「アスペルギルスは、一部の微生物を根圏に近づけ、他の微生物を締め出しているようです」と Rush 氏は言う。「土壌中にはたくさんの微生物がいますが、ポプラの根圏で見つかるのは極僅かであるのはなぜか？ それについて私はナイトクラブの入り口でバウンサーがある人を締め出したり、入り口のロープを外して別の人を招き入れたりしているようなものだと思います。アスペルギルスは、ある種の微生物を植物に接近させ、他の微生物を遮断するボディガードの役割を果たしているのです」。

このような門番的な関係は、植物と菌類の有益な共生における微生物由来のシグナル伝達分子の役割を探求した [mSystems 誌の論文](#) でより詳細に説明されている。

昨年、Rush 氏とその同僚は実験的・計算的アプローチを用いて、ポプラの共生環境から分離した 1,500 種類を超える菌類を収集・特定し、従前のデータベースを倍増させている。

「植物—微生物 SFA の一環として、すでに多くの計算とバイオインフォマティクスの研究が行われています」と Gopalakrishnan Meena 氏は言う。「このプロジェクトでは、ネットワーク科学ツールを導入して生物学者以外の新鮮な視点で植物—微生物間の相互作用を分類しますが、問題の理解には生物学者の同僚に助けてもらいます。これと同様のデータ駆動型の AI ツールを、たくさんの複雑な科学の課題にも応用することができます」。



ポプラ等のバイオエネルギー作物への影響について ORNL の研究する微生物の一つである *Aspergillus fumigatus* の培養物。

写真提供: Tomàs Rush/ORNL, U.S. Dept. of Energy

このプロジェクトでは、ORNL の DOE SC のユーザー施設、Oak Ridge Leadership Computing Facility のリソースを使用した。例えば、JupyterHub プラットフォームでは、一つのハブでのデータとコードへのシームレスなアクセスを通じてマルチユーザーのデータ駆動型分析を支援する。

Meena 氏と Rush 氏の 2 人が共同研究を始めたきっかけは、ORNL の博士研究員だった Rush 氏が菌類と植物に関する研究を発表していたポスターセッションに、同じく ORNL の博士研究員だった Meena 氏が参加したことだった。Meena 氏は自身の機械学習の専門知識を活用する新たな使用先を探していたが、当時は主に大気と海洋の乱流のモデル化に応用していた。

「ORNL や PMI プロジェクトは特に、新しい学際的なアプローチで協力してアイデアを探求する Murali 氏や私のような若手の科学者ら育成に有効なものです」と Rush 氏は言う。

「若手研究者たちが ORNL のユニークな機能を活用して、困難な問題に対処する新しい方法を発見する様をみることに胸が躍ります。植物と微生物のインターフェイスでは何千もの代謝産物が働いています。それらがいつ使われ、何をしているのかを知る必要があります」と、ORNL コーポレートフェローで研究所のバイオイメージングおよび分析セクションの責任者であり、PMI SFA を率いる Mitchel Doktycz 氏は言う。

このプロジェクトに参加した他の ORNL の科学者は、(テネシー大学ブレデセン学際研究・大学院教育センターの学生でもある) Matthew Lane 氏と Armin Geiger 氏、そして Joanna Tannous 氏、Alyssa Carrell 氏、Paul Abraham 氏、Richard Giannone

氏、Daniel Jacobson 氏である。このプロジェクトに参加した 2 人の元 ORNL 科学者は、現在 TekHolding に在籍する JesseLabbe 氏と、現在 Australian Research Council Centre of Excellence for Plant Success in Nature and Agriculture に在籍する David Kainer 氏である。ウィスコンシン大学マディソン校の Jean-Michel Ané 氏と Nancy Keller 氏も貢献した。

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、オークリッジ国立研究所(ORNL)の記事 “Fungal ‘bouncers’ patrol plant-microbe relationship” (<https://www.ornl.gov/news/fungal-bouncers-patrol-plant-microbe-relationship>) を翻訳したものである。