

食料増産に向けた有用根圈微生物叢の 制御技術開発に関する研究

所属：静岡大学 農学部

助成対象者：橋本将典

概要

植物の根圏には微生物叢が生息し、植物の栄養吸収や病害抵抗性に関与することから、持続的な食料生産への活用が期待されている。本研究では、モデル植物シロイヌナズナの根から分泌されるクマリン類が、多様な根圏細菌に抗菌活性を示すことを明らかにした。特に、フラキセチンは Firmicutes 門や Actinobacteria 門の菌に強い増殖抑制効果を示し、その活性はヒドロキシ基の数や配置に依存することが示唆された。今後はクマリン類による抗菌活性の作用メカニズムを解明し、微生物叢の制御技術開発を目指す。

Abstract

Plant roots are inhabited by the microbial community that is involved in nutrient uptake and disease resistance in plants, making them promising targets for sustainable agriculture. In this study, we demonstrated that coumarins secreted from the roots of the model plant *Arabidopsis thaliana* exhibited antibacterial activity against diverse root-derived bacteria. Especially, fraxetin showed strong anti-microbial activity on rhizobacteria belonging to the phyla Firmicutes and Actinobacteria. Structure-activity relationship study based on the anti-microbial activity suggested that the fraxetin activity depends on the number and position of hydroxyl groups. In the near future, we will aim to elucidate the mechanisms underlying the antibacterial activity of coumarins and to develop the plant microbiome manipulation mechanism.

研究内容

背景

植物の根圏には多様な微生物の集合体「根圏微生物叢」が生息する。根圏微生物叢は、植物の養分吸収や耐病性を向上させると考えられており、人口増に対応した食料増産と農業生産活動による環境負荷低減に向け、化学合成肥料や農薬の代替としての利用が期待されている。

根圏からは、植物の生育や耐病性を向上させる微生物が数多く発見される。しかし、実験室レベルで植物の生育を促進しても、フィールドでは期待したほどの効果が見られないことが多い。その理由は、外来の微生物が根圏において十分なニッチを獲得できないためと考えられ、根圏微生物叢を制御する技術の開発が求められている。

研究代表者らはこれまでに、モデル植物であるシロイヌナズナにおいて、根分泌性の二次代謝産物であるクマリン類が、根圏微生物叢のコミュニティ形成に関与し、さらに単一のクマリン化合物に依存して、根圏微生物叢が植物の鉄吸収を促進することを明らかにした [Harbort et al, *Cell Host Microbe*, 2020]。さらに、シロイヌナズナ根から分泌されるクマリン類のうち、スコポレチンとフラキセチンが根圏細菌の特定の分類群に対して抗菌活性を示すことを見出した。このことから、クマリン類の抗菌活性が根圏微生物叢のコミュニティ形成機能の原因の一つであると推定された。しかし、クマリン類の抗菌活性が、コミュニティ形成機能や植物の鉄吸収促進とどのように関係するかは明らかにされていない。

目的

本研究では、シロイヌナズナ根から分離された根圏細菌叢の培養コレクションを用いて、クマリン類が根圏細菌叢に対して示す抗菌活性の特徴を明らかにすることを目的とする。

結果

1. 多様な根圏細菌に対するクマリン類による抗菌活性

はじめに、クマリン類による抗菌活性がどのような分類群の根圏細菌にたいして作用するかを明らかにするため、多様な根圏細菌の培養液に対してクマリン類を添加して増殖の変化を調べることとした。実験には、シロイヌナズナ

の根圏細菌叢で見出される分類群から、多様性を出来る限り確保した 12 の分離株を用いた。クマリン類には、シロイヌナズナ根圏で主に検出されるフラキセチンおよびスコポレチンを用いた(図 1)。

12 個の菌株はいずれも、DMSO を添加したコントロール区において、60 時間程度で十分な増殖が見られた。クマリン類のうち、スコポレチン添加区ではいずれの菌株においても DMSO コントロール区と比較して増殖に差はほとんど見られなかった。他方で、フラキセチン添加区では、12 菌株中 10 菌株で有意な増殖抑制が検出された。特に、Firmicutes 門や Actinobacteria 門に分類される菌株に対して抗菌活性が強いことが示された。

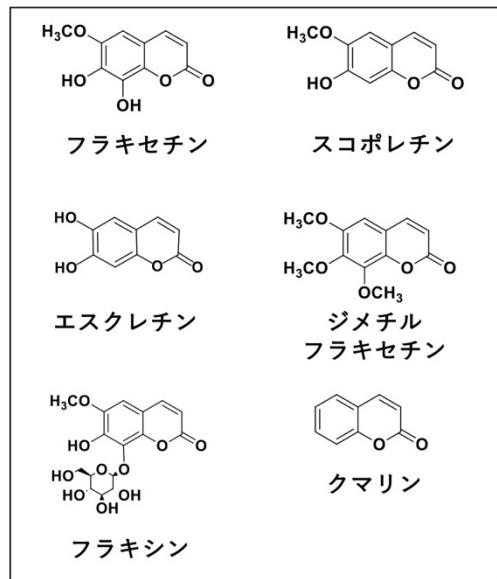


図 1 クマリン類の構造

2. クマリン類による抗菌活性の構造活性相関

シロイヌナズナ根圏において主に検出されるフラキセチンとスコポレチンの化学構造を比較すると、ベンゼン環に配位する 8 位のヒドロキシ基の有無が異なり、抗菌活性の有無との関連が予想された。そこで、クマリン類による抗菌活性の作用メカニズムを明らかにする目的で、抗菌活性評価に基づく構造活性相関について調査した。ヒドロキシ基の配位パターンが異なるクマリン類を用いて、前項と同様の抗菌活性試験を行なった。

フラキセチンのヒドロキシ基をメチル化したジメチルフラキセチン、ヒドロキシ基がグリコシル化されたフラキシン、ヒドロキシ基を持たないクマリンを添加した場合、いずれにおいても抗菌活性はほとんど検出されなかった。次に、フラキセチンにおいて 1 つのヒドロキシ基がオルト位に配位していることに着目し、同じくオルト位に配位するエスクレチンを用いて抗菌活性試験を行なった。その結果、エスクレチンを添加した場合に、フラキセチンと同程度の抗菌活性が検出された。以上の結果から、フラキセチンによる抗菌活性には、ヒドロキシ基の数や位置が重要であることが示唆された。

今後

今後は、クマリン類による根圏細菌に対する抗菌活性の特徴を詳しく調べる

ため、菌株を増やして抗菌活性試験を行う予定である。また、構造活性相関では、クマリン基本骨格やヒドロキシ基の配位パターンを変えた化合物を用いた試験を行い、抗菌活性に必要な構造的な特徴を明らかにする。

引用文献

Harbort CJ.*, Hashimoto M.* , Inoue H., Niu Y., Guan R., Rombolà AD., Kopriva S., Voges MJEEE, Sattely ES., Garrido-Oter R., Schulze-Lefert P. Root-secreted coumarins and the microbiota interact to improve iron nutrition in Arabidopsis. Cell Host & Microbe 28(6), 825-837, 2020. *: equal contribution.

本助成に関わる成果物

[論文発表]

平島昇羽, 橋本将典. 植物微生物叢を利用した持続的な農業に向けて-植物二次代謝産物による根圏細菌叢の群集形成と機能発現. アグリバイオ 6月号(2025) 9:40.

[口頭発表]

橋本将典. 植物ウイルスから根圏微生物叢に至るまでに考えてきたこと. 第8回植物病理を紡ぐ会, 2025年3月28日.

平島昇羽, Milena Malisic, 崔宰熏, 河岸洋和, Paul Schulze-Lefert, 橋本将典. シロイヌナズナの根から分泌されるクマリン類は多様な根圏細菌に対して抗菌活性を示す. 令和7年度日本植物病理学会大会, 2025年3月26日.

橋本将典. 植物に共生する微生物フローラはどのような機能を持つのかー持続可能な食料生産の実現に向けてー. 静岡商工会議所 新産業開発振興機構 テーマ探索研究会, 2025年2月27日.

橋本将典. 植物微生物叢の理解と細菌病防除に向けて. 第30回植物細菌病談話会, 2024年11月20日.

橋本将典. 合成コミュニティで植物根圏微生物叢の機能を理解する. 静大遺伝研合同シンポジウム, 2024年9月13日.

[ポスター発表]

なし

[その他]

なし