

# トマトのトマチンによる根圏細菌叢の制御

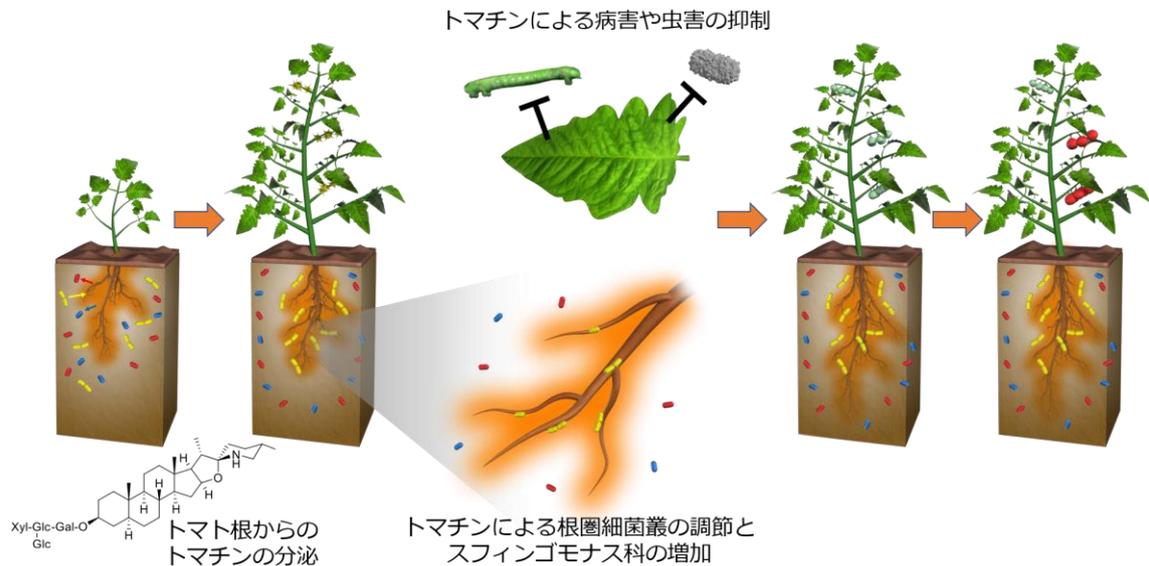
## — トマト苦味・有毒物質の根圏での新しい機能 —

### 概要

トマチンはサポニン<sup>1</sup>の一種であり、トマトが生産する主な植物特化代謝物<sup>2</sup>として植物体全体に蓄積しています。トマチンは苦味・有毒物質であるため、病原菌や捕食者からの防御に関わることが知られていました。

京都大学生存圏研究所 杉山暁史 准教授、中安大 同特任助教、大野滉平 同大学院農学研究科修士課程学生、高松恭子 同大学院農学研究科修士課程学生、東北大学メディカル・メガバンク機構 青木裕一 助教、山崎真一 同研究員らの研究グループは、水耕栽培と圃場栽培の両条件でトマトが根からトマチンを分泌することを示しました。また、トマチンを人工的に与えた土壌の細菌叢は非添加土壌のものとは異なり、多くの細菌の分類群が影響を受けました。そのうちスフィンゴモナス科はトマチンを添加した土壌とトマト根圏で共通して増加しました。トマチン低生産変異体 *jre4-1* の根においてスフィンゴモナス科の特定のグループの存在量は野生型よりも少ないことが明らかになりました。これらの結果から、トマト根から分泌されるトマチンが根圏細菌叢を変化させ、スフィンゴモナス科を増加させる機能を持つことを新たに見出しました。スフィンゴモナス科の中には、植物の病害抑制効果や生長促進効果を示す菌株がこれまでに報告されています。この研究成果は、サポニンを活かしたスフィンゴモナス科の微生物資材としての利用が幅広い作物の生育向上をもたらす可能性を示唆します。

本研究成果は、2021年02月23日に米国の国際学術誌「Plant Physiology」にオンライン掲載されました。



## 1. 背景

植物は根から多様な代謝物を分泌し、それらは根近傍領域である根圏に暮らす生物の栄養分やシグナルとして機能します。根分泌物には、糖やアミノ酸、有機酸などのほぼ全ての生物に共通して存在する一次代謝産物や、特定の植物が環境適応の過程で獲得した二次代謝産物（特化代謝物）が含まれます。根圏に分泌された特化代謝物の一部は、植物の栄養不足の改善や他の生物の誘引や忌避に関わることが知られています。近年では、植物の生育に大きく影響を与える根圏微生物のコミュニティ（微生物叢）形成にも関わる例がいくつか報告されています。しかし、植物特化代謝物には構造や機能が多岐にわたる 100 万種以上の化合物が存在すると推定されているため、特化代謝物の微生物叢への影響は大部分が未解明です。本研究の実験材料であるトマトは世界で最も生産されている野菜であり、植物科学研究でよく用いられるモデル植物でもあります。トマトの主な特化代謝物であるトマチンは多様な生物に対する毒性物質として知られているため、病原菌や捕食者からの防御物質として位置付けられてきました。しかし、根圏においては明らかになっていませんでした。本研究は特化代謝物を介した植物—根圏微生物の相互作用を解明し、持続可能な農業の確立を目指すものであります。

## 2. 研究手法・成果

本研究で着目したトマチンは被子植物に広く存在する特化代謝物の一群であるサポニンに属します。これまでに、水耕栽培ダイズが根からソヤサポニンを分泌することが報告されています。そこで、トマトがトマチンを根から分泌することを確認するために、生育段階別の水耕栽培トマトの代謝物分析を行いました。根の新鮮重当たりのトマチン分泌量は生育段階の初期（3週齢）で最も多く、その後減少しました。これはダイズ根からのソヤサポニンの分泌と同様の傾向です。圃場栽培トマトにおいても、トマチン含量は根から離れたバルク土壌よりも根圏土壌中の方が多かったことから、トマトがトマチンを分泌することを明らかにしました。また、トマチンの疎水性骨格トマチジンも水耕液と根圏土壌から検出されました。

次に、根圏におけるトマチンとトマチジンの機能を検証するために、これらを人工的に添加し培養した土壌の細菌叢解析を行いました。添加土壌と非添加土壌の細菌叢は大きく異なり、トマチン、トマチジンの添加により複数の科が増加または減少しました。また、圃場栽培トマト根圏土壌との比較から、スフィンゴモナス科が唯一トマチン添加、トマチジン添加、トマト根圏で共通して増加したことを見出し、特にスフィンゴビウム属の特定の遺伝子配列をもつグループ（ASV 6）が顕著に増加することを明らかにしました。更に、トマチン低生産変異体 *jre4-1* では根の細菌叢が野生型トマトと大きく異なり、スフィンゴモナス科（特にスフィンゴビウム属 ASV 6）が *jre4-1* 変異体において野生型よりも少ないことを明らかにしました。これらの結果から、トマト根から分泌されたトマチンが根圏細菌叢の調節を担うことを新たに発見することができました。

## 3. 波及効果、今後の予定

これまでに、植物の生長促進やストレス軽減、病害抑制に関わるスフィンゴモナス科の菌株が多数報告されています。したがって、トマチンによってトマト根圏で増加したスフィンゴモナス科がトマト生育を向上させることが期待されます。また、ダイズのソヤサポニンもスフィンゴモナス科を増加させる効果が最近報告されたことから、サポニン共通の効果が推定されます。サポニンは被子植物に広く存在するため、スフィンゴモナス科はトマトに限らず幅広い作物に対して効果が見込まれる微生物資材になり得る可能性があります。

## 4. 研究プロジェクトについて

本研究は、JST CREST 研究領域「環境変動に対する植物の頑健性の解明と応用に向けた基盤技術の創出」科研費基盤研究 (B)「根圏メタボロダイナミックスの分子・数理基盤」の支援を受けて行われました。

## <用語解説>

### 科

生物の分類階級（門・綱・目・科・属・種など）の1つであり、その階級の分類群。スフィンゴビウム属はプロテオバクテリア門αプロテオバクテリア綱スフィンゴモナス目スフィンゴモナス科の中の1グループ。

### 根圏

植物の根から影響を受ける領域と定義されている、根の近傍の土壌のこと。本研究では、刷毛で根から擦り落とした土を根圏土壌と定義しています。

### サポニン

ラテン語の石鹼を意味する「サポ」を語源とする化合物群であり、疎水性骨格に糖鎖が結合した両親媒性構造を持つことにより界面活性作用を示します。

### 植物特化代謝物

ほぼ全ての生物に共通して存在する一次代謝産物以外の、ある特定の植物に限ってみられる代謝物。植物の環境適応や自己および他者の制御に関わり、生物活性を有するものが多い。それぞれの特化代謝物が持つ色や香り、味、薬理作用などの特性が、染料や香料、医薬品原料などとして私たちの生活に役立てられています。

### 微生物叢（細菌叢）

微生物の集合・コミュニティ。土壌に生息する微生物には細菌、菌類、藻類、線虫などが存在する。ヒトの健康状態と腸内細菌叢、植物の生育と根圏微生物叢の関連性が近年注目されており、盛んに研究されています。

## <研究者のコメント>

植物特化代謝物はこれまでも様々な機能が知られており、私たちの生活に役立てられてきましたが、根圏微生物菌の形成に関わることで近年新たに報告されてきました。植物が本来持っている特化代謝物を活用することで、植物生育に影響を与える根圏微生物叢の制御を実現し、化石資源に依存した現代農業から持続可能な農業へのシフトに貢献していきたいです。

## <論文タイトルと著者>

タイトル：Tomato roots secrete tomatine to modulate the bacterial assemblage of the rhizosphere

（トマトはトマチンを分泌し、根圏細菌叢を調節する）

著者：Masaru Nakayasu, Kohei Ohno, Kyoko Takamatsu, Yuichi Aoki, Shinichi Yamazaki, Hisabumi Takase, Tsubasa Shoji, Kazufumi Yazaki, Akifumi Sugiyama

掲載誌： Plant Physiology 10.1093/plphys/kiab069