

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
2017年度採択研究代表者

2020年度 年次報告書

杉山 暁史

京大生存圏研究所
准教授

根圏ケミカルワールドの解明と作物頑健性制御への応用

§ 1. 研究成果の概要

本チームでは、植物の成長に大きな影響を及ぼすとされる根圏(根の近傍の土壤環境)について、化学成分に着目した動態解明および制御技術の開発を目的として、①フィールドの根圏ケミカルを非破壊でモニターするための新規の技術開発、②オミクス・ケミカル・環境情報を統合するマルチモーダル学習手法の開発、③頑健性バイオマーカーの同定を目指して研究開発を行っている。本年度の代表的な成果は以下の通りである。

1) 根圏化学物質の情報を獲得するセンサーの開発

光ファイバーを用いたセンサーの開発を進め、根箱を用いて根や化合物に対する特徴的なシグナルを得ることに成功し、新たに作成した装置を用いて性能の評価を進めた。また、ダイズ根から分泌されるイソフラボンの位置情報を二次元で獲得することに成功し、根圏ケミカル濃度分布可視化シートとして特許出願を行った。

2) 根圏メタボロームによる根圏ケミカルの発見とその応用

前年度にメタボローム解析により殺虫活性成分オカラミンを、自然界で初めてヘアリーベッチの根圏、及び、ヘアリーベッチ栽培後の圃場で栽培したダイズの根圏に見出した。作物の安定生産への利活用を目指し、オカラミンの効果について実験室や圃場での詳細な実地検証を進めた。さらに、根圏から分泌される生物活性を有するケミカルをメタボローム解析により複数同定した。トマトの根から、サポニン的一种であるトマチンが分泌され、トマチンがスフィンゴモナス科の細菌を増加させることを見出した。さらに、種々の植物から分泌されるサポニン類や他の植物特化代謝産物の機能を明らかにし、根圏微生物叢形成における重要性を示した。

3) 頑健性モデルの開発

ダイズ圃場、トマト圃場、チャンバーにおいて、マルチオミクス解析と環境情報の測定を行った。得られたデータを用いて根圏判別モデルを作成するとともに、根圏データの統合モデリングを進めている。

§ 2. 研究実施体制

(1) 「杉山」グループ

- ① 研究代表者: 杉山 暁史 (京大大学生存圏研究所、准教授)
- ② 研究項目
 - ・制御環境下でのトマト栽培と情報取得
 - ・根圏メタボローム解析
 - ・疑似根圏環境の構築と根圏ケミカル影響評価
 - ・根圏センサーを用いた植物ストレス状態の診断

(2)「藤井」グループ

- ① 主たる共同研究者:藤井 義晴 (東京農工大学農学研究院、教授)
- ② 研究項目
 - ・根圏環境改善型栽培技術の開発
 - ・アレロケミカルの影響評価

(3)「櫻井」グループ

- ① 主たる共同研究者:櫻井 望 (国立遺伝学研究所 特任准教授)
- ② 研究項目
 - ・メタボローム解析による根圏ケミカルの網羅的な検出
 - ・センサーおよび IoT 技術を用いた新規根圏モニター技術の開発

(4)「青木」グループ

- ① 研究代表者:青木 裕一 (東北大学 東北メディカル・メガバンク機構、助教)
- ② 研究項目
 - ・根圏オミクスデータ解析と統合データベース開発
 - ・オミクス生成モデルの開発

(5)「小野寺」グループ

- ① 主たる共同研究者:小野寺 武 (九州大学大学院システム情報科学研究院、准教授)
- ② 研究項目
 - ・ケミカル計測技術の開発
 - ・センサーデバイスの製作

【代表的な原著論文情報】

- 1) Hinako Matsuda, Masaru Nakayasu, Yuichi Aoki, Shinichi Yamazaki, Atsushi J Nagano, Kazufumi Yazaki, Akifumi Sugiyama “Diurnal metabolic regulation of isoflavones and soyasaponins in soybean roots” *Plant Direct* 4(11), e00286 (2020)
- 2) Shinichi Yamazaki, Hossein Mardani-Korrani, Rumi Kaida, Kumiko Ochiai, Masaru Kobayashi, Atsushi J Nagano, Yoshiharu Fujii, Akifumi Sugiyama, Yuichi Aoki “Field multi-omics analysis reveals a close association between bacterial communities and mineral properties in the soybean rhizosphere” *Scientific Reports* 11(1), 1-16 (2021)
- 3) Masaru Nakayasu, Kohei Ohno, Kyoko Takamatsu, Yuichi Aoki, Shinichi Yamazaki, Hisabumi Takase, Tsubasa Shoji, Kazufumi Yazaki, Akifumi Sugiyama “Tomato roots secrete tomatine to modulate the bacterial assemblage of the rhizosphere” *Plant Physiology* (2021)
- 4) Tomohisa Shimasaki, Sachiko Masuda, Ruben Garrido-Oter, Takashi Kawasaki, Yuichi Aoki,

Arisa Shibata, Wataru Suda, Ken Shirasu, Kazufumi Yazaki, Ryohei Thomas Nakano, Akifumi Sugiyama “Tobacco Root Endophytic *Arthrobacter* Harbors Genomic Features Enabling the Catabolism of Host-Specific Plant Specialized Metabolites” *mBio* (in press)