

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

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情報解析手法の開発、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。

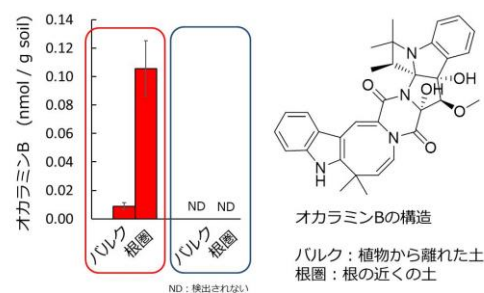
根圏情報を獲得するセンサーの開発

光ファイバーを用いたセンサーの開発を進め、根や化合物に対して特徴的なシグナルを得ることに成功した。また、光ファイバーセンサーを安定させる技術を開発した(Hosoki et al. 2020)。ダイゼイン等、主要な根圏ケミカルの位置情報を二次元で獲得することに成功した。

新規根圏ケミカルの発見

殺虫活性成分オカラミンを、自然界で初めてメタボローム解析により根圏に見出した(Sakurai et al. 2020)。オカラミンはヘアリーベッチの根圏と、ヘアリーベッチ栽培後の圃場で育てたダイズの根圏からは検出されたが、ヘアリーベッチを栽培していない圃場で育てたダイズの根圏からは検出されなかった。このことから、緑肥効果が知られるヘアリーベッチで生産されたオカラミンまたはその生産菌が、後作のダイズへと「受け渡された」ことにより効果を発揮している可能性(遺産モデル)が示唆された。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圃場での詳細な実地検証を進めている。

根圏から分泌される生物活性ケミカルを複数同定した。ダイズにおいては、ダイゼインがダイズ



ヘアリーベッチ栽培後にダイズを栽培

ヘアリーベッチを栽培せずダイズを栽培

根圏微生物叢の形成に機能することを明らかにした (Okutani et al. 2020)。ダイズ根圏にはダイゼインだけでなくトリテルペノイドサポニンのソヤサポニンも分泌される。トマトにおいては、サポニンの一種であるステロイドグリコアルカロイドのトマチンが分泌されることを前年度報告し、今年度は、トマチン、トマチジンの根圏での機能の一端を明らかにした。さらに、種々の根圏ケミカルについての生物活性を測定し、1-デシンが植物生育阻害活性を有することを明らかにした。

統合的圃場オミクス解析による、植物成長の数理モデルの開発

前年度から継続して、ダイズ圃場、トマト圃場において、環境情報の測定と、遺伝子発現解析、根圏微生物叢解析、ミネラル解析、メタボローム解析を行った。得られたデータは本チームに設置したサーバーに保存し、データベース化を進めるとともに、行多変量解析や機械学習モデル開発を行った。その中で、トマト根圏にトマト生育パラメータに相関する代謝物を見出した。

このように、研究期間を通して蓄積する情報を統合して解析し、新規の根圏ケミカルを発見するとともに、作物頑健性を向上させる効果を検証している。今後も、これらケミカルを含め根圏のシグナルを検出するセンサーを開発するとともに、根圏ケミカルを介して作物頑健性を向上させる技術開発を進める。

【代表的な原著論文】

Nozomu Sakurai, Hossein Mardani Korrani, Masaru Nakayasu, Kazuhiko Matsuda, Kumiko Ochiai, Masaru Kobayashi, Yusuke Tahara, Takeshi Onodera, Yuichi Aoki, Takashi Motobayashi, Masakazu Komatsuzaki, Makoto Ihara, Daisuke Shibata, Yoshiharu Fujii, Akifumi Sugiyama “Metabolome analysis identified okaramines in the soybean rhizosphere as a legacy of hairy vetch”, *Frontiers in Genetics*, 11, 114, 2020

Fuki Okutani, Shoichiro Hamamoto, Yuichi Aoki, Masaru Nakayasu, Naoto Nihei, Taku Nishimura, Kazufumi Yazaki, Akifumi Sugiyama, “Rhizosphere modelling reveals spatiotemporal distribution of daidzein shaping soybean rhizosphere bacterial community”, *Plant, Cell & Environment*, 43 (4), 1036-1046, 2020

Ai Hosoki, Michiko Nishiyama, Nozomu Sakurai, Hiroataka Igawa, Kazuhiro Watanabe, “Long-term hydrogen detection using a hetero-core optical fiber structure featuring Au/Ta₂O₅/Pd/Pt multilayer films”, *IEEE Sensors Journal* 20 (1), 277-233, 2020

§ 2. 研究実施体制

(1)「杉山」グループ

- ① 研究代表者:杉山 暁史 (京都大学生存圏研究所 准教授)
- ② 研究項目
 - ・トマトの栽培とデータ取得
 - ・根圏微生物の単離と解析
 - ・根圏メタボローム解析

(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
 - ・アレロケミカル動態解析(フィールドオミックス解析)
 - ・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)「小林」グループ

- ① 主たる共同研究者:小林 優 (京都大学大学院農学研究科 准教授)
- ② 研究項目
 - ・根圏土壌のミネラル分析

(5)「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

(6)「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