

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

2021年度  
年次報告書

杉山 暁史

京大大学生存圏研究所  
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)に焦点を当て、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きた。本年度の代表的な成果は以下の通りである。

### 1) 根圏ケミカル、オカラミンを生合成するペニシリウム属を用いた頑健性向上

根圏メタボローム解析により自然界で初めてオカラミンを見出し、オカラミンを生合成するペニシリウム属菌(hvef18 株)を分離した。hvef18 株の全ゲノム配列を決定し、頑健性に関与する遺伝子群を探索した。圃場で hvef18 株をダイズ、トマト、ジャガイモ、コマツナ等、各種の作物に接種したところ、頑健性の向上が認められた。これら成果をもとに特許出願した(特願 2021-199569)。さらに、サポニン類が根圏微生物叢形成に重要であり、アグリコンの骨格の違いにより属レベルで微生物叢に与える影響が異なることを見出した。新たな根圏ケミカルとして L-カナバニンを見出した(Mardani-Korrani et al. 2021)。

### 2) 頑健性モデルの開発

前年度に引き続き、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。説明変数の重要度解析によりバイオマーカー候補を探索し、トマト頑健性を向上させる微生物 x 微生物や微生物 x 根圏ケミカルの組み合わせを見出した。次年度はこれらバイオマーカーの圃場での検証を行う。

### 3) 根圏化学物質の情報を獲得するセンサーの開発

圃場で実用できる光ファイバセンサーのプロトタイプを完成させた。センサーデバイスの感度の向上を目指し膜脂質の検討と改善を行うとともに、センサーシグナルの収集システムの開発を進めた。BSA 固定化シートを用いて、ダイズ根からのイソフラボンの分泌を可視化する技術を論文発表した(Onodera et al. 2022)。根圏ケミカルに対する抗体を用いた免疫クロマトグラフィーの開発に着手した。

## § 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
  - ・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
  - ・頑健性バイオマーカーの探索

### (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 主たる共同研究者: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
  - ・ゲノム解析
  - ・栽培試験データの統合モデリング
  - ・頑健性バイオマーカーの同定に向けた統合モデリング

### (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

### (6)「伊福」グループ

- ① 主たる共同研究者:伊福 健太郎 (京都大学大学院農学研究科 教授)
- ② 研究項目
  - ・ROS マーカー活用法の検討

(7)「三宅」グループ

① 主たる共同研究者:三宅 親弘 (神戸大学大学院農学研究科 教授)

② 研究項目

・迅速栄養診断法の開発

【代表的な原著論文情報】

1. Mardani-Korrani H., Nakayasu M., Yamazaki S., Aoki Y., Kaida R., Motobayashi T., Kobayashi M., Ohkama-Ohtsu N., Oikawa Y., Sugiyama A., Fujii Y. (2021) L-Canavanine, a Root Exudate From Hairy Vetch (*Vicia villosa*) Drastically Affecting the Soil Microbial Community and Metabolite Pathways. *Frontiers in Microbiology* 12
2. Onodera T., Miyazaki H., Li X., Wang J., Nakayasu M., Yatabe R., Tahara Y., Hosoki A., Sakurai N., Sugiyama A. (2022) Development of two-dimensional qualitative visualization method for isoflavones secreted from soybean roots using sheets with immobilized bovine serum albumin. *Biosensors and Bioelectronics* 196:113705.