

植物代謝産物による根圏微生物叢形成に関する研究

Studies on the formation of rhizosphere microbiota mediated by plant metabolites

杉山 暁史

京都大学 生存圏研究所

植物は多種多様な有機化合物を生合成し、その数は 100 万種を超えると推定されている。その多くは、植物が環境へ適応する過程で獲得した特化代謝産物（二次代謝産物）であり、生物学的・非生物学的ストレスからの防御や他の生物との相互作用など、多様な生理機能を担う。私たちはこれら代謝物の根圏（植物根から影響を受ける領域と定義される根の周りの微小な領域）での機能に着目し、水耕および圃場で栽培した植物を用いて研究を進めてきた。

ダイズ根から分泌されるダイゼイン（イソフラボン）は、根粒形成のシグナルとして機能することが古くから知られていたが、圃場での解析から、根圏のダイゼイン濃度は根粒形成がほとんど起こらない生育後期まで維持されることが明らかになった。そこで、ダイゼインには根粒形成シグナル以外の機能があると推測し、根圏微生物叢への影響を調べた。標品化合物の添加により疑似的な根圏環境を試験管内で作成して微生物叢の変化を解析したところ、ダイゼイン処理により菌叢がダイズの根圏に近づくことが明らかになった。特に、コマモナス科の微生物がダイゼイン処理、ダイズ根圏の両方に共通して増加した。これらの結果から、ダイズがダイゼインの分泌を介してダイズ根圏微生物叢を形成することが示唆された。また、同様にダイズ根から分泌されるソヤサポニン（スフィンゴモノナス科）を増加させることも明らかになった。標品添加の実験系を用い、トマト根から分泌されるトマチン、タバコ根から分泌されるニコチンを処理することにより、それぞれトマト根圏に特徴的なスフィンゴモノナス科、タバコ根圏に特徴的なマイクロコッカス科が増加し、トマト、ダイズの根圏に近づくことを明らかにした。これらの成果は、植物特化代謝物が根圏微生物叢の形成に重要な役割を持つことを化合物添加によって初めて示したものである（表 1）。

表 1 根圏微生物叢を制御する植物特化代謝産物

代謝物	分類	植物	増加する微生物	文献
ダイゼイン	イソフラボン	ダイズ	コマモナス科	[1]
ソヤサポニン	サポニン ^{*1}	ダイズ	スフィンゴモノナス科	[2]
トマチン	サポニン ^{*2}	トマト	スフィンゴモノナス科	[3]
ニコチン	アルカロイド	タバコ	マイクロコッカス科	[4]
サントパイン	オパイン	タバコ	マイクロコッカス科	[4]

^{*1} トリテルペノイドサポニン, ^{*2} ステロイドグリコアルカロイド

根圏での植物代謝産物の機能を基盤としたバイオテクノロジーの活用に向けて、根から土壤中への代謝物の分泌 (①)、分泌された代謝物の根圏での動態 (②)、微生物の代謝機能に着目した微生物叢の形成メカニズム (③)、微生物叢が植物に与える影響 (④) についての解析を実験室と圃場の両方で行っている (図 1)。特にダイズのイソフラボンについては根圏モデリングによる動態シミュレーションに取り組み、イソフラボンが影響を与える根圏領域を数ミリ以内と推定するとともに、分泌の日周性や共発現解析により得られた候補輸送体遺伝子の機能解析を進めている

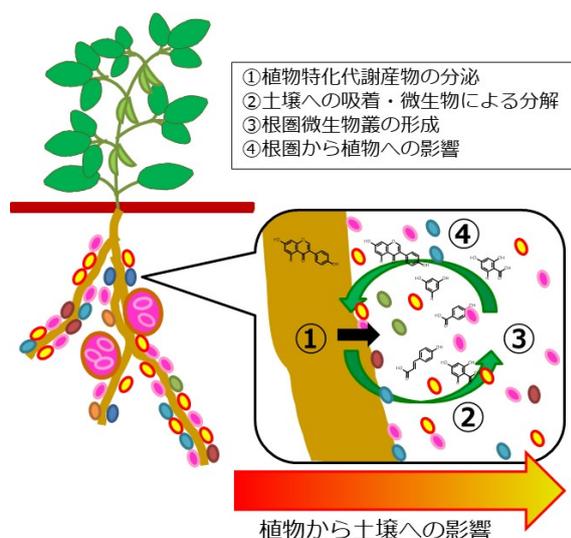


図 1. 植物特化代謝産物による根圏微生物叢の形成

る[5]。植物特化代謝産物と根圏微生物の機能を包括的に解析し、根圏微生物叢の形成と植物生育に与える効果の作用機序を明らかにすることができれば、根圏微生物の機能を実圃場で十分に発揮できていないという農業上の大きな課題の解決に貢献すると思われる。

本研究を進めるにあたり多大なご支援を賜りました先生方、共同研究者の方々、研究室の皆様に厚く御礼申し上げます。

引用文献

1. Okutani F, Hamamoto S, Aoki Y, Nakayasu M, Nihei N, Nishimura T, Yazaki K., Sugiyama A. Rhizosphere modelling reveals spatiotemporal distribution of daidzein shaping soybean rhizosphere bacterial community. *Plant Cell and Environment*. 2020;43(4):1036-46.
2. Fujimatsu T, Endo K, Yazaki K, Sugiyama A. Secretion dynamics of soyasaponins in soybean roots and effects to modify the bacterial composition. *Plant Direct*. 2020;4(9).
3. Nakayasu M, Ohno K, Takamatsu K, Aoki Y, Yamazaki S, Takase H, Shoji, T., Yazaki, K., Sugiyama, A. Tomato roots secrete tomatine to modulate the bacterial assemblage of the rhizosphere. *Plant Physiology*. 2021; 186 (1), 270-284
4. Shimasaki T, Masuda S, Garrido-Oter R, Kawasaki T, Aoki Y, Shibata A, Suda, W., Shirasu, K., Yazaki, K., Nakano, R.T., Sugiyama, A. Tobacco root endophytic arthrobacter harbors genomic features enabling the catabolism of host-specific plant specialized metabolites. *mBio* 2021; e00846-21.
5. Sugiyama A. Flavonoids and saponins in plant rhizospheres: roles, dynamics, and the potential for agriculture. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2021.