

平成21年 4月27日現在

研究種目：基盤研究（A）
研究期間：2006～2009
課題番号：18208010
研究課題名（和文） ストリゴラクトン生合成・分泌の分子機構とその調節による寄生・共生の制御
研究課題名（英文） Molecular mechanisms of biosynthesis and exudation of strigolactones, and regulation of parasitism and symbiosis through their manipulation
研究代表者
米山 弘一（YONEYAMA KOICHI）
宇都宮大学・雑草科学研究センター・教授
研究者番号：00114174

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農芸化学 生物生産化学・生物有機化学

キーワード：根寄生雑草、発芽刺激物質、ストリゴラクトン、アーバスキュラー菌根菌、宿主認識メカニズム、菌糸分岐誘導物質、カロテノイド、枝分かれ抑制ホルモン

1. 研究計画の概要

ストリゴラクトン（SL）は、植物の二次代謝産物であり、根から根圏に分泌されて根寄生雑草種子の発芽刺激物質として、同時に、アーバスキュラー菌根菌（AM菌）の菌糸分岐誘導物質として機能する。すなわち、SLは共生・寄生の両方の宿主認識に関与している重要な根圏情報物質である。本研究の最終的な目標であるSLの生産・分泌調節による寄生・共生の制御を可能とするためには、植物界におけるSLの多様性、分布、生合成、代謝、分泌機構およびそれらに影響する要因と相互作用の全体像を明らかにする必要がある。そこで本研究では、SLの①単離・構造決定、②構造活性相関の解明、③宿主植物の生育条件がSL生産・分泌に及ぼす影響の解明、④生合成経路・分泌機構の解明を行う。

2. 研究の進捗状況

(1) SLの単離・構造決定

各種植物を材料として、それらが生産・分泌するSLの単離・構造決定を行った。その結果、タバコ、ソルガム、エンドウ、アマなどの植物から新SLの単離・構造決定に成功すると共に、構造不明であったSLの構造を確定した。以上、現在までに7種のSLの構造解析を完了した。

(2) SLの構造活性相関

新しく単離されたSLについては、根寄生雑草種子に対する発芽刺激活性とAM菌に対する菌糸誘導活性を検定している。また、合成類縁体についても同様の検討を行った。その結果、根寄生雑草種子発芽刺激活性におけ

る構造要求性はAM菌の菌糸分岐誘導活性におけるそれと極めて類似しているが、例えばエノールエーテル部分が飽和化されても菌糸分岐誘導活性は維持されるが発芽刺激活性を喪失するなど、相違点も明らかになってきている（論文執筆中）。

(3) 宿主植物の生育条件がSL生産・分泌に及ぼす影響

植物に十分な栄養を与えて育てると、その根滲出液の発芽刺激活性や菌糸分岐活性が低下すること、根寄生雑草が痩せた土地を好んで生息し、その発生が施肥によって減少することなどから、植物栄養分がSL分泌に影響する可能性が示唆されていたが、植物栄養分とSLの分泌量との関連性を調べた報告は皆無であった。そこでマメ科植物のアカクローバーを用いた水耕栽培実験によって、N, P, K, Ca, Mgなどの栄養素のSL分泌への影響を検討した。異なった栄養条件で栽培し、根から分泌されたSLをLC-MS/MSによって定量した結果、低P条件でのみSLの分泌が顕著に増大することを明らかにした。次いで、イネ科植物のソルガムについて検討した結果、Pだけではなく、N欠乏もSL分泌を促進することが分かった。マメ科植物ではNは根粒から供給されるため、Pの吸収を、イネ科植物ではNとPの両方の吸収をAM菌に依存しているものと考えられた。実際に、AM菌と共生しないアブラナ科植物およびアカザ科植物やマメ科のホワイトルーピンでは、P欠乏条件下でもSL分泌は促進されなかった。以上のように、SLの生産・分泌調節は、植物の栄養獲得戦略と密接に関連している

ことが分かった。

一方、AM 菌と共生しない植物も SL を生産・分泌していることから、SL には未知の重要な生理機能があると考えられた。

(4) 生合成経路・分泌機構の解明

生合成経路の解明では、新しい SL と既知の SL を生合成的に関連づけることがまず必要である。これまで天然型 SL では D 環の付け根の不斉炭素の立体配置は総て R であったが、本研究では S 配置を持つエピ体の存在が明らかとなった。さらに、エンドウから単離された新 SL (fabacyl acetate) は C 環の配置が逆転した *ent* 体であることが分かった。すなわち、SL の生合成経路はその立体化学を含めて多様性に富むことが明らかとなった。

一方、SL の分泌機構については主に生産量の多いソルガムを材料にして検討した。24 時間に根から分泌される SL の量と、根に含まれている SL の量がほぼ対応していたことから、生合成された SL は速やかに外部に排出される可能性が示唆された。また、水耕液の容量を少なくした場合に SL 分泌量が低下し、逆に活性炭カートリッジによって SL を連続的に吸着させて取り除いた場合に SL 分泌量が上昇することから、フィードバック制御されている可能性が示唆された。

(5) 新しい局面

SL について研究を進める過程で、前述のように SL の未知の機能が示唆されていた。イネの枝分かれ変異体を用いた詳細な解析から、SL が長い間その本体が不明であった枝分かれ抑制植物ホルモンであることが明らかとなった。すなわち SL の生理機能についての全く新しい局面が拓けた。

3. 現在までの達成度

① 当初の研究計画以上に進展している。

(理由)

本研究を通じて 7 種類以上の新 SL の単離・構造解析に成功しており、この分野では世界をリードしている。また、植物栄養分の SL 分泌に及ぼす影響を化学的に解析したのも本研究が最初である。これらの点からも、当初の研究計画以上に進展していると考えている。

更に特筆すべきは本研究を開始した時点では不明であったストリゴラク톤の植物体内における生理機能が明らかとなったことである。この点については当初は予想していなかったが、本研究の重要な成果でもある。

4. 今後の研究の推進方策

本研究では当初から SL の 2 種類の生理活性を対象として研究を推進してきたが、SL (あるいはその代謝物) が新しい植物ホルモンであることが分かったことから、枝分かれ

抑制活性についても並行して研究を推進する必要が生じた。また、生合成についても、枝分かれ変異体の遺伝子情報に基づいたアプローチが可能となった。すなわち、当初の研究計画を見直し、新発見に対応した研究計画を構築する必要がある。そこで新しい研究チームを中心とした基盤研究 (S) の提案を行っている。本研究は本年が最終年度であり、これまでのとりまとめを精力的に行うと共に、次の新たな展開に向けて必要な準備を行うこととしたい。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 20 件)

Xie, X., Yoneyama, K., Harada, Y., Fusegi, N., Yamada, Y., Ito, S., Yokota, T., Takeuchi, Y., Yoneyama, K., Fabacyl acetate, a germination stimulant for root parasitic plants from *Pisum sativum*. *Phytochemistry*, **70**, 211–215, 2009.

Yoneyama, K., Xie, X., Sekimoto, H., Takeuchi, Y., Ogasawara, S., Akiyama, K., Hayashi, H., Yoneyama, K., Strigolactones, host recognition signals for root parasitic plants and arbuscular mycorrhizal fungi, from Fabaceae plants. *New Phytol.*, **179**, 484–492, 2008.

Umehara, M., Hanada, A., Yoshida, S., Akiyama, K., Arite, T., Takeda-Kamiya, N., Magome, H., Kamiya, Y., Shirasu, K., Yoneyama, K., Kyojuka, J., Yamaguchi, S., Inhibition of shoot branching by new terpenoid plant hormones. *Nature*, **455**, 195–200, 2008.

Yoneyama, K., Yoneyama, K., Takeuchi, Y., Sekimoto, H., Phosphorus deficiency in red clover promotes exudation of orobanchol, the signal for mycorrhizal symbionts and germination stimulant for root parasites. *Planta*, **225**, 1031–1038, 2007.

[学会発表] (計 76 件)

米山弘一、謝 肖男、米山香織、竹内安智 根寄生植物の宿主認識とストリゴラク톤の構造多様性 日本植物生理学会第 50 回大会 シンポジウム 2009 年 3 月 21 日、名古屋

[その他]

新聞報道

朝日新聞 2008 年 8 月 12 日

「枝分かれを抑える植物ホルモンを発見」

朝日新聞 2008 年 5 月 19 日

「根寄生雑草、撲滅に挑む」