

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 5 日現在

機関番号：12201

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2011～2012

課題番号：23880005

研究課題名（和文）ストリゴラクトンの植物界における起源および植物体内における分布の解明

研究課題名（英文）Elucidation of the origin of strigolactones in the plant kingdom

研究代表者

謝 肖男 (Xie Xiaonan)

宇都宮大学・雑草科学研究センター・助教

研究者番号：30610323

研究成果の概要（和文）：

植物が生産・分泌するストリゴラクトン(strigolactone: SL)は、植物体内では地上部の枝分かれを制御する植物ホルモンとして機能し、根圏に放出されるとアーバスキュラー菌根(AM 菌)菌および根寄生植物の宿主認識シグナルとして働いている。本研究では、植物界における SL の起源および分布状況を明らかにするため、陸上植物の基部に位置するとされるタイ類およびコケ植物より少し進化したシダ植物が SL の生産について検討することとした。その結果、タイ類のゼニゴケおよびシダ植物のイヌカタヒバから複数の既知、または新奇 SL の存在が確認できた。この結果から植物が陸上に進出した時にはすでに SL が存在しており、原始的な陸上植物においても種子植物と同様に複数の SL を生産していることが証明された。

研究成果の概要（英文）：

Strigolactones (SLs) are released from plant roots and function as communication signals for symbionts arbuscular mycorrhizal fungi and root parasitic plants in the rhizosphere. *In planta*, SLs function as a novel class of plant hormones regulating shoot and root architecture. In this study, SLs produced by *Marchantia polymorpha*, which is evolutionary most apart from angiosperms, and by a fern *Selaginella moellendorffii* were examined. LC-MS/MS and GC-MS analyses confirmed the presence of SLs in *Marchantia* and *S. moellendorffii* extracts, and identified several SLs, and six novel SLs, respectively. These results indicate that SLs existed when plants first colonized land.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2011 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2012 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

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：植物、生理活性、ストリゴラクトン

1. 研究開始当初の背景

ストリゴラクトン (strigolactone : SL) は、根寄生雑草ストライガ (*Striga* spp.) の一種である *Striga lutea* の発芽刺激物質として単離さ

れた strigol およびその構造類縁体の総称である。植物が自身を危機に曝すような根寄生植物の発芽刺激物質を生産・分泌する理由は不明であったが、2005 年、SL の 1 種である

5-deoxystrigol が、アーバスキュラー菌根 (AM) 菌の宿主認識に関わる菌糸分岐誘導物質として単離された。すなわち植物は、無機栄養分、特にリン酸を供給する AM 菌の共生を促すシグナルとして SL を根圏に分泌していることが分かった。さらに最近、SL あるいはその代謝産物が、植物地上部および地下部の形態制御に関わる植物ホルモンであることが明らかとなった。SL は AM 菌の共生促進による農作物の生産性の向上だけではなく、枝分かれの調節を通じて作物の形質や品質に大きく関わることから、園芸分野などでも重要視されてきている。そのため、近年国内外で SL に関する研究が盛んに行われているが、SL の起源、および植物ホルモンとしての活性本体など、未だに不明なままである。

2. 研究の目的

本研究では、植物界における SL の分布状況の精密な調査と、植物の各部位における SL の分布の定性・定量解析によって、植物界における SL の起源と、本来の生理機能の解明を目的とした。これらの研究結果に基づいて、未だに不明である枝分かれ抑制ホルモンの活性本体の解明を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、植物界における SL の分布状況、および植物体内の各部位における SL の含有量を明らかにする。SL の起源を明確にするため、まず植物の進化では最も基部に位置するとされるタイ類の代表であるゼニゴケ (*Marchantia polymorpha*) およびセン類のヒメツリガネゴケ (*Physcomitrella patens*) を用い、植物が陸上へ進出した際に SL が存在したかどうかを検証する。続いて、コケ植物より少し進化したシダ植物 (*Pteridophyta*)、が生産する SL の定性・定量分析を行う。また、SL の生産が確認されているキュウリを用いて、キュウリの根、茎、葉、実および導管液などにも、植物体内の各部位にも SL が含まれているかどうかを調査する。

4. 研究成果

(1)ゼニゴケが生産する SL の解析

ゼニゴケ (Takaragaike-1) の無性芽を培養し、10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 日間に培養した植物体を LC-MS/MS により、SL の検出を行った。その結果、ゼニゴケの生育ステージ別に SL の生産を解析したところ、無性芽の移植から 10, 15, 20 日にかけては SL の生産が認められなかった。25 日目以降に、fabacyl acetate、5-deoxystrigol、orobanchyl acetate および solanacol が検出された。そのほか、発芽活性および LC-MS/MS の分析結果により、2 種類

の orobanchol 異性体の存在が示唆された。さらに、ゼニゴケは生育ステージが進むにつれて生産する SL の総量が増大する傾向が認められた。

本研究から、植物が陸上へ進出した時にはすでに (あるいはほぼ同時に) SL が存在しており、原始的な陸上植物においても種子植物同様に複数の SL を生産していることが証明された。

(2) イヌカタヒバが生産する SL の解析

シダ植物としてはゲノム解析の終了しているイヌカタヒバ (*Selaginella moellendorffii*) を用い、イヌカタヒバの根浸出物を用いて LC-MS/MS および GC-MS を用いて分析した。LC-MS/MS および GC-MS 分析により、イヌカタヒバが既知の SL である orobanchol, orobanchyl acetate および ent-2'-epi-5-deoxystrigol を生産していることが確認された。また、GC-MS およびヤセウツボ種子に対する発芽刺激活性の結果では、イヌカタヒバが既知 SL 以外に、少なくとも 4 種類の新奇 SL を生産していることが示唆された。現在、各種クロマトグラフィーによる精製を進め、これら新奇 SL の探索を行っている。

(3)植物の各部位における SL の含有調査

キュウリの根、茎、葉、実および導管液にそれぞれ SL が含まれているかを調査したところ、キュウリの根にはキュウリの根浸出物とほぼ同様、13 種類の SL の存在を確認した。また、キュウリの実にはごく少量の 7-hydroxy-orobanchyl acetate, orobanchyl acetate および 7-oxoorobanchyl acetate が検出された。しかし、茎、葉および導管液には SL が検出されなかった。すなわち、キュウリの茎、葉および導管液には SL が含まれていないか、含まれていても検出限界以下であることが分かった。SL は主に植物の根で生産され、導管液を通じて植物の各部位に運ばれると考えられているが、導管液から SL が検出できなかったことから、導管は SL の輸送経路ではないと考えられる。

5. 主な発表論文等

(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 5 件) 全て査読あり

- ① Kisugi T, Xie X, Kim HI, Yoneyama K, Sado A, Akiyama K, Hayashi H, Uchida K, Yokota T, Nomura T, Yoneyama K. Strigone, isolation and identification as a natural strigolactone from *Houttuynia cordata*. *Phytochemistry*. 87, 60-64 (2013). DOI: 10.1016/j.phytochem.2012.11.013.

- ② Xie X, Yoneyama K, Kisugi T, Uchida K, Ito S, Akiyama K, Hayashi H, Yokota T, Nomura T, Yoneyama K. Confirming stereochemical structures of strigolactones produced by rice and tobacco. *Mol. Plant.* 6, 153-163 (2013). DOI: 10.1093/mp/sss139.
- ③ Delaux PM, Xie X, Timme RE, Puech-Pages V, Dunand C, Lecompte E, Delwiche CF, Yoneyama K, Bécard G, Séjalon-Delmas N. Origin of strigolactones in the green lineage. *New Phytol.* 195, 857–871 (2012). DOI: 10.1111/j.1469-8137.2012.04209.x.
- ④ Höniges A, Ardelean A, Xie X, Yoneyama K, Yoneyama K, Wegmann K. Towards understanding *orobanche* host-specificity. *Rom. Agric. Res.* 29, 313–322 (2012). http://www.incda-fundulea.ro/rar/nr29/rar29_39.pdf
- ⑤ Yoneyama K, Xie X, Kim H I, Kisugi T, Nomura T, Sekimoto H, Yokota T, Yoneyama K. How do nitrogen and phosphorus deficiencies affect strigolactone production and exudation? *Planta* 235, 1197–1207 (2012). DOI:10.1007/s00425-011-1568-8

[学会発表] (計 5 件)

- ① 謝肖男、米山香織、来生貴也、内田健一、横田孝雄、野村崇人、米山弘一 イヌカタヒバが生産するストリゴラクトンの探索 農芸化学会 2013 年度大会 2013 年 3 月、東北大学
- ② 謝肖男、米山香織、来生貴也、内田健一、秋山康紀、横田孝雄、野村崇人、米山弘一 タバコが生産するストリゴラクトンの同定 植物化学調節学会第 47 大会 2012 年 10 月、山形大学
- ③ Xiaonan Xie, Kaori Yoneyama, Takaya Kisugi, Koki Akiyama, Kenichi Uchida, Takao Yokota, Takahito Nomura, Yasutomo Takeuchi, Koichi Yoneyama Characterization of strigolactones produced by tobacco plant. The 6th International Weed Science Congress, HangZhuo, China, 15-21 June, 2012.
- ④ 謝肖男、米山香織、高根沢恵子、来生貴也、内田健一、横田孝雄、野村崇人、米山弘一 エンバクが生産する新規ストリゴラクトンの探索 農芸化学会 2012 年度大会 2012 年 3 月、京都女子大学
- ⑤ 謝肖男、米山香織、来生貴也、Pierre-Marc Delaux、Guillaume Bécard、Nathalie Séjalon-Delmas、野村崇人、米山弘一 ゼ

ニゴケが生産するストリゴラクトンの解析 植物化学調節学会第 46 大会 2011 年 11 月、宇都宮大学

[図書] (計 2 件)

- ① Yoneyama K, Xie X, Yoneyama K. Strigolactones: structures and biological activities. *Handbook of Natural Products* (in press).
- ② Yoneyama K, Kisugi T, Xie X, Yoneyama K. Chapter 34 Chemistry of strigolactones: why and how do plants produce so many strigolactones? *Rhizosphere Book* (in press).

[その他]

ホームページ等

<http://wsc.mine.utsunomiya-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

謝 肖男 (XIE XIAONAN)

宇都宮大学・雑草科学研究センター・助教
研究者番号：30610323