

植物の間接防衛の誘導機構解明と防除への応用

Induced indirect defense of plants against herbivores and its application in pest control

高林 純示 (TAKABAYASHI JUNJI)

京都大学・生態学研究センター・教授



研究の概要

本研究はアウトプットとして持続的農業技術生産に寄与する事を目的として植物の誘導的間接防衛の解析を主要作物を用いて行う。次の2項目に焦点を絞って推進する。(1) フィトオキシリピン経路の間接防衛に果たす役割の全体像の解明とその応用、(2) 植物の揮発性物質が生態系の生物間相互作用ネットワークに及ぼす影響の解明とその応用。

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：生物分子科学・生物分子科学

キーワード：化学生態学

1. 研究開始当初の背景

植物が病害や食害を受けた際にどのような直接的な防衛を示すのかに関する分子的な研究は国内外で活発に行われてきている。一方、植物は害虫に食われたとき、害虫の種特異的な匂いを食害誘導的に生産・放出する。この「匂い(揮発性の化学情報)」は食害している害虫特異的な天敵を誘引する機能がある。この現象は、食害を受けた植物が「SOS」信号を出して、天敵をボディーガードとして雇っているという図式と考えることができる。従って、この現象は植物の「誘導的間接防衛戦略」と位置づけられている。

2. 研究の目的

本研究はアウトプットとして持続的農業技術生産に寄与する事を共通目的として、植物の誘導的間接防衛の解析を主要な作物が属する科を用いて行う。次の2項目に焦点を絞って推進する。(1) フィトオキシリピン経路の間接防衛に果たす役割の全体像の解明とその応用、(2) 植物の揮発性物質が生態系の生物間相互作用ネットワークに及ぼす影響の解明とその応用

3. 研究の方法

植物の間接防衛機能の解明のために、分子生物学、化学生態学、行動生態学、群集生態学、野外操作実験生態学等の手法を有機的に組み合わせて行う。また各研究手法に特色を持つ複数の研究機関と共同で行う。

4. これまでの成果

(1) フィトオキシリピン経路の間接防衛に果たす役割の全体像の解明とその応用

フィトオキシリピン経路を活性化する害虫のエリシターについて解析を行った。吸汁性昆虫のエリシターに関して科学的特性を示す知見は初めてである。ナミハダニのエリシターについては無菌ハダニの飼育法を確立することにより、ハダニ由来の微生物が、食害された植物の揮発性物質の生産を、植物シグナル物質に作用することによって制御していることを明らかにした。特に、節足動物の細胞内共生菌が、摂食する植物の防衛反応に関与するという知見は新規な物であり、学術的インパクトも大きい。この共生菌について詳細に解析することにより、植物に害虫が誘導する間接防衛のメカニズムについて、独創的な研究展開が期待できる。

フィトオキシリピン経路が関与する防衛系の一つであるピレトリン生合成に関する研究で得られた酵素は二種の異なる acyltransferase 反応と lipase 反応を触媒する二重機能酵素であることを発見した。このように加水分解の逆反応を native な状態で触媒する酵素の機能について報告がない。またさらに興味深いのは、lipase 反応によってピレトリンのみならず植物ホルモン JA やみどりの香りと呼ばれる炭素数6個の揮発性アルコール・アルデヒド類の原料リノレン酸をこの酵素が供給する可能性を秘めていることである。これまでに JA の生合成に寄与す

る可能性がある lipase は一例報告されているものの、花に局在しており、他の部分での JA の生合成に関与する lipase は未同定であった。本研究によって見出された新規酵素はピレトリンの生合成という限られた枠から飛び出し、長年不明であったオキシリピン経路の鍵ステップの解明に発展する可能性があり、極めてインパクトが大きい。

(2) 植物の揮発性物質が生態系の生物間相互作用ネットワークに及ぼす影響の解明とその応用

健全リママメを葉ダニ食害リママメ由来揮発性物質に曝露させた。その後、立ち聞き植物での葉ダニの産卵数を調査し、コントロールに比べ、産卵数が抑えられていることを確認した。このときキチナーゼ遺伝子発現のみが誘導された。また、キチナーゼタンパク質が蓄積することを確認した。人工飼料にキチナーゼを混ぜると葉ダニの産卵数が減少したので、キチナーゼ蓄積が抵抗性誘導に関与していることが示唆された。

ハスモンヨトウ食害トマト由来揮発性物質に曝露した健全トマトでハスモンヨトウ抵抗性が高まることを確認し、メタボローム解析により、曝露トマトでヘキセニル配糖体が顕著に蓄積することが分かった。重水素標識 (Z)-3-ヘキセン-1-オールを用いた実験から揮発性物質はトマト葉に吸着、浸潤し、葉組織内で配糖体化されることが明らかとなった。現在当該配糖体の糖の立体構造確定のため、配糖体の精製を行っている。

(Z)-3-ヘキセニルをシロイヌナズナ健全葉に曝露するとヘキセニルが葉組織に浸潤し、細胞内で還元酵素の作用を受けてヘキセニルへと変換されることを明らかとした。

病害抵抗性がセジロウんカ加害時のみイネに誘導され、同じウんカでもトビロウんカ加害では誘導されないことが明らかとなり、同じウんカの加害でもそれぞれの加害に対するイネの反応が大きく異なることが明らかとなった。またセジロウんカ加害による誘導抵抗性は圃場レベルの実験においても証明された。さらにセジロウんカ加害を受けたイネはカビ病であるもち病のみならず、細菌病である白葉枯病に対しても同様に抵抗性になることが明らかとなった。セジロウんカ加害を受けたイネは病害抵抗性関連遺伝子の発現誘導や、抗菌活性がある「緑のかおり」の一つである青葉アルデヒドの合成に関与する遺伝子の発現を誘導し、植物体内に青葉アルデヒドを蓄積し、イネの病原体の攻撃に対して抵抗性になるという上の図のようなメカニズムが明らかとなった。この研究成果は、これまでにない全く新たな研究視点から重要作物であるイネの耐病性機構の解明を行ったため発見できたものである。

5. 今後の計画

これまでの成果に基づき、引き続き、(1) フィトオキシリピン経路の間接防衛に果たす役割の全体像の解明とその応用、(2) 植物の揮発性物質が生態系の生物間相互作用ネットワークに及ぼす影響の解明とその応用、の研究を進める。これまでの研究成果を論文発表し、社会発信にもつとめる。実用化が期待できる成果については、さらに研究費を獲得しその展開をはかる。

6. これまでの発表論文等

1) Kenji Gomi, Masaru Satoh, Rika Ozawa, Yumi Shinonaga, Sachiyo Sanada, Katsutomo Sasaki, Masaya Matsumura, Yuko Ohashi, Hiroo Kanno, Kazuya Akimitsu and Junji Takabayashi;

Role of hydroperoxide lyase in white-backed planthopper (*Sogatella furcifera* Horváth)-induced resistance to bacteria blight in rice, *Oryza sativa* L. *The Plant Journal*. 61, 46-57. 2010.

2) Yuki Yoshida, Ryosuke Sano, Takuji Wada, Junji Takabayashi and Kiyotaka Okada;

Jasmonic acid control of GLABRA3 links inducible defense and trichome patterning in *Arabidopsis*. *Development* 136: 1039-1048. 2009.

3) Pattana Kakumyan, Marie Kato, Makita Hajika and Kenji Matsui;

Development of a screening system for the evaluation of soybean volatiles. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*. 73: 1844-1848. 2009.

4) Keisuke Kohzaki, Kenji Gomi, Yumiko Yamasaki-Kokudo, Rika Ozawa, Junji Takabayashi and Kazuya Akimitsu; Characterization of a sabinene synthase gene from rough lemon (*Citrus jambhiri*) *Journal of Plant Physiology*. 166, 1700-1704. 2009

5) Kyutaro Kishimoto, Kenji Matsui, Rika Ozawa and Junji Takabayashi;

Direct fungicidal activities of C6-aldehydes are important constituents for defense responses in *Arabidopsis* against *Botrytis cinerea*. *Phytochemistry* 69: 2127-2132. 2008.

ホームページ等

<http://web.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~matsui/ki ban/index.html>