

ナス科植物が産生する抗菌物質を輸送するトランスポーターを発見
 — 農作物の病害防除技術への応用に期待 —

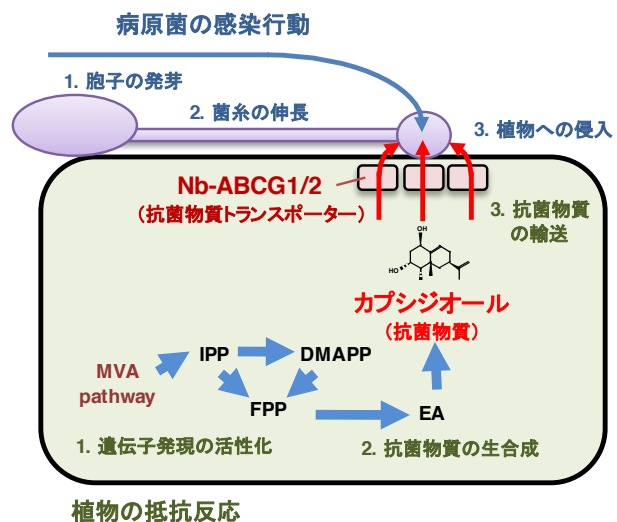
名古屋大学大学院生命農学研究科（研究科長:川北 一人）の竹本 大吾（たけもと だいご）准教授と柴田 裕介（しばた ゆうすけ）研究員（現 名古屋大学 学術研究・産学官連携推進本部）らの研究グループは、ナス科植物の生産する抗菌物質の輸送に関わるトランスポーターNb-ABCG1/2 の発見に成功しました。

「ジャガイモ疫病菌」は、19世紀中頃にヨーロッパで発生した「ジャガイモ飢饉」の原因病原菌であり、現在でも本病原菌は世界で年間約 27.5 億ドルの損失をもたらしていると試算されています。本研究では、ジャガイモ疫病菌に抵抗性の植物が、どのような機構で病原菌の感染を免れているかを調べました。ジャガイモと同じナス科植物で、ジャガイモ疫病菌が感染出来ない植物「ベンサミアナ」を用いて、病害の抑制に必須な遺伝子を探索したところ、ピーマンなどが生産する抗菌物質「カプシジオール」の生合成酵素遺伝子が多数見出されました。

さらに、ベンサミアナがジャガイモ疫病菌を撃退するために必須な因子として、カプシジオールを病原菌の攻撃部位に輸送するトランスポーターNb-ABCG1/2 を発見しました。このトランスポーターは、病原菌の攻撃にตอบสนองして菌の侵入部位に局所的に集まることで、効率的な抗菌物質の輸送を担っていることが示されました（右図）。

本研究により、ジャガイモ、トマト、ピーマン、ナス、トウガラシなどの重要作物を多く含むナス科植物の病害抵抗性に中心的役割を担っている抗菌物質の生産と輸送のメカニズムの全容が明らかとなり、今後の他作物の病害防除への応用が期待できます。

この研究成果は、平成 28 年 4 月 22 日（日本時間）に米国の植物科学専門誌「The Plant Cell」に掲載されました。



【ポイント】

- ・ ナス科植物にはジャガイモ、トマト、ピーマン、ナス、トウガラシなど、多くの重要作物が含まれている。本研究では、ナス科植物が病原菌を撃退するために自ら産生する抗菌物質の生合成酵素群の病害抵抗性における重要性を示した。
- ・ 植物細胞が生産した抗菌物質を病原菌の攻撃部位に輸送するトランスポーターNb-ABCG1/2 を発見に成功した。
- ・ ナス科植物が病原微生物の攻撃を排除するメカニズムの詳細が明らかになったことで、植物が自らを病気から守る性質を活用した、病害防除技術の確立が期待される。

【研究背景と内容】

ジャガイモ疫病菌（学名: *Phytophthora infestans*）は、世界 4 大作物の 1 つであるジャガイモの最重要病原菌の 1 つである（図 1）。ジャガイモ疫病菌は、19 世紀中頃にヨーロッパでジャガイモ飢饉を引き起こし、特に被害が甚大であったアイルランド島では餓死/病死と国外への移民により、800 万人近くいた人口が半数まで激減したことが知られている。現在でも、ジャガイモ疫病菌による世界全体での経済的損失は年間約 27.5 億 US ドルと試算されている。

ジャガイモ疫病菌は、ジャガイモおよびトマトなどには感染して病気を起こす一方で、同じナス科で比較的近縁なピーマン、タバコなどには感染出来ないことから、本研究では、ジャガイモ疫病菌に抵抗性のナス科植物が、どのような機構でジャガイモ疫病菌の感染を免れているかを調べた。



図 1 ジャガイモ疫病菌（上図、左下）によるジャガイモの病徴

【研究内容】

本研究では、ジャガイモ疫病菌に抵抗性のナス科植物であるベンサミアナ（*Nicotiana benthamiana*）を用いて、ジャガイモ疫病菌への抵抗性に必須な遺伝子の探索を行った。様々な遺伝子の働きに異常を起こした約 3,000 のベンサミアナを人為的に作出し、ジャガイモ疫病菌に対して弱くなった 82 系統のベンサミアナを調べた（図 2）。その結果、メバロン酸経路と呼ばれる生合成経路に異常が起こると、ベンサミアナはジャガイモ疫病菌に弱くなることが示された（次ページ、図 3）。



図 2 人為的な遺伝子発現異常により、ジャガイモ疫病菌に弱くなったベンサミアナ。
左：対照株、右：遺伝子発現抑制株 A2-189 株

メバロン酸経路は、すべての真核生物が持っているステロールなどの合成に関わる生合成経路である。ベンサミアナのジャガイモ疫病菌抵抗性には、このメバロン酸経路によって合成される物質である FPP (ファルネシル 2 リン酸) から、さらに 2 つ酵素の働きによって合成される抗菌物質「カプシジオール」の生産が重要であることが示された (図 3)。

さらに、ジャガイモ疫病菌の抵抗性に必須な因子として、細胞膜での物質の輸送に関わるトランスポーター-Nb-ABCG1/2 を発見した。Nb-ABCG1/2 は、病原菌が植物細胞への侵入を試みた際にその攻撃部位に集まり (図 3)、カプシジオールを病原菌に効果的に作用させることでその侵入を防ぐ役割を担っていることが明らかとなった。

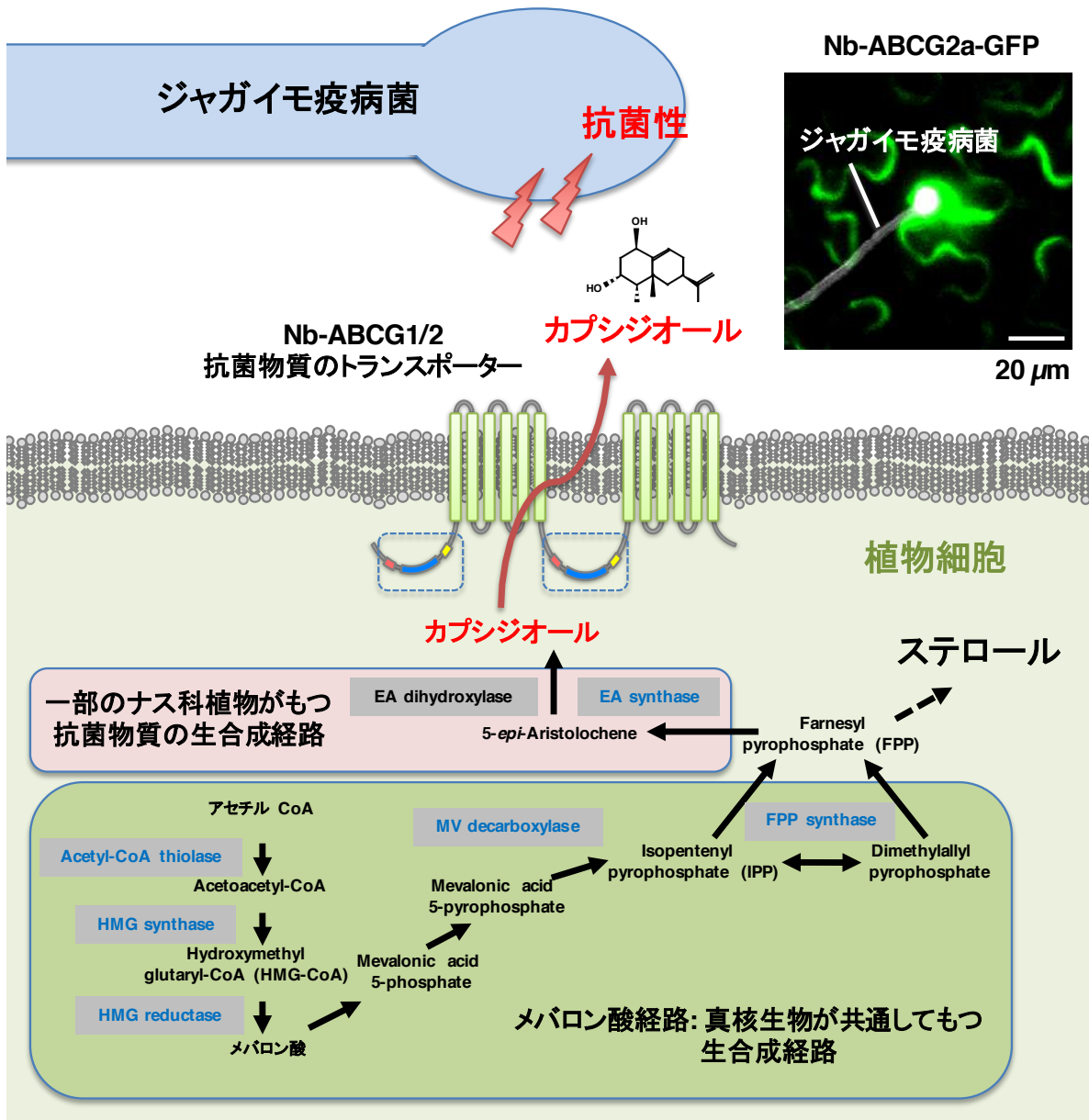


図 3 本研究の発見の概要。ベンサミアナ、ピーマン、タバコなどジャガイモ疫病菌に抵抗性のナス科植物は、真核生物が共通してもつメバロン酸経路を介して FPP (ファルネシル 2 リン酸) を生成し、さらに抗菌物質合成に特異的な 2 つの酵素の活性により、抗菌物質であるカプシジオールを産生する。カプシジオールは、植物の細胞膜上のトランスポーター-Nb-ABCG1/2 を介して、病原菌の攻撃部位に分泌され、病原菌の感染が抑制される。右上: GFP (緑色蛍光タンパク質) によって可視化した Nb-ABCG1/2 が、病原菌の侵入部位に集まっている様子を撮影。

【成果の意義】

本研究では、ナス科植物の病害抵抗性に必須な抗菌物質カプシジオールの生合成および分泌機構の全容を明らかとした。得られた結果から、2つの抗菌物質生合成特異的な酵素（EA synthase および EA dihydroxylase, 図2）およびその輸送タンパク質である Nb-ABCG1/2 を導入すれば、理論的にはすべての植物種でカプシジオールの生産と分泌が行えることが示唆された。また、ジャガイモおよびトマトからも Nb-ABCG1/2 と極めて類似した遺伝子を既に見出しており、本研究の成果は、種々のナス科植物の抗菌物質を介した病害抵抗性を解明する基盤となる知見を示したと言える。今後、本研究で得られた情報を用いて、ジャガイモ、トマト、ピーマン、ナス、といった重要作物の自ら病気から守る性質を活用した病害防除法の確立が期待される。

【論文名】

掲載雑誌: The Plant Cell

著者: Shibata, Y., Ojika, M., Sugiyama, A., Yazaki, K., Jones, D.A., Kawakita, K., and Takemoto, D.

論文タイトル: The full-size ABCG transporters Nb-ABCG1 and Nb-ABCG2 function in pre- and post-invasion defense against *Phytophthora infestans* in *Nicotiana benthamiana*.

DOI: 10.1105/tpc.15.00721