



配布先: 文部科学記者会、科学記者会、名古屋教育記者会

2024年6月3日

報道機関 各位

植物の免疫力を向上させる2種の物質を特定 ～“病気に強い”農作物をつくる農業資材の開発に貢献～

病原菌の攻撃を受けた植物は、菌が持つ特徴的な物質を異物として認識することで、免疫反応を活性化します。本研究では、世界の4大作物の1つであるジャガイモの最重要病原菌である「ジャガイモ疫病菌」の細胞膜に含まれる成分から、植物が病原菌由来の物質として認識している2種類の物質 Pi-Cer と Pi-DAG を特定しました。また Pi-Cer や Pi-DAG を植物に前もって処理すると、植物の病原菌への抵抗力が向上することが示されました。これらの物質は、植物が本来持っているの免疫力を活性化することで病害から作物を守る「バイオスティミュラント資材」^{注1)}としての活用が期待されます。

【本研究のポイント】

- ・植物は、病原菌の持つ物質を異物として認識し、病気に対する抵抗性を活性化する。
- ・ジャガイモの最も重要な病原菌であるジャガイモ疫病菌から、植物の免疫を誘導する2種類の物質を精製し、その構造を決定した。
- ・免疫誘導物質を前もって植物に処理すると病害が抑制された。
- ・免疫誘導物質は、イネやナズナなどの植物でも免疫応答を活性化した。
- ・これら物質のバイオスティミュラント(免疫の活性化剤)としての活用が期待される。

【研究概要】

名古屋大学大学院生命農学研究科の竹本 大吾 教授、小鹿 一 名誉教授、川北 一人 名誉教授、京都大学大学院農学研究科 加藤 大明 特定研究員らの研究グループは、ジャガイモ疫病菌の細胞膜成分から植物の免疫を活性化する2種類の物質 Pi-Cer D および Pi-DAG を精製しました。さらに、それらの物質に含まれる微生物特有の構造 9-methyl-4,8-sphingadienine (9Me-Spd) および 5,8,11,14-tetraene-type fatty acid(5,8,11,14-TEFA)を植物細胞が異物として認識し、病原菌の感染を抑制するための多数の抵抗性関連遺伝子を活性化することを明らかとしました。この2種類の物質を植物に処理することで、病気の発生が抑制されることも示されました。

本研究成果は、2024年6月3日付で米国の国際学術誌「Plant Physiology」誌にオンライン掲載されました。

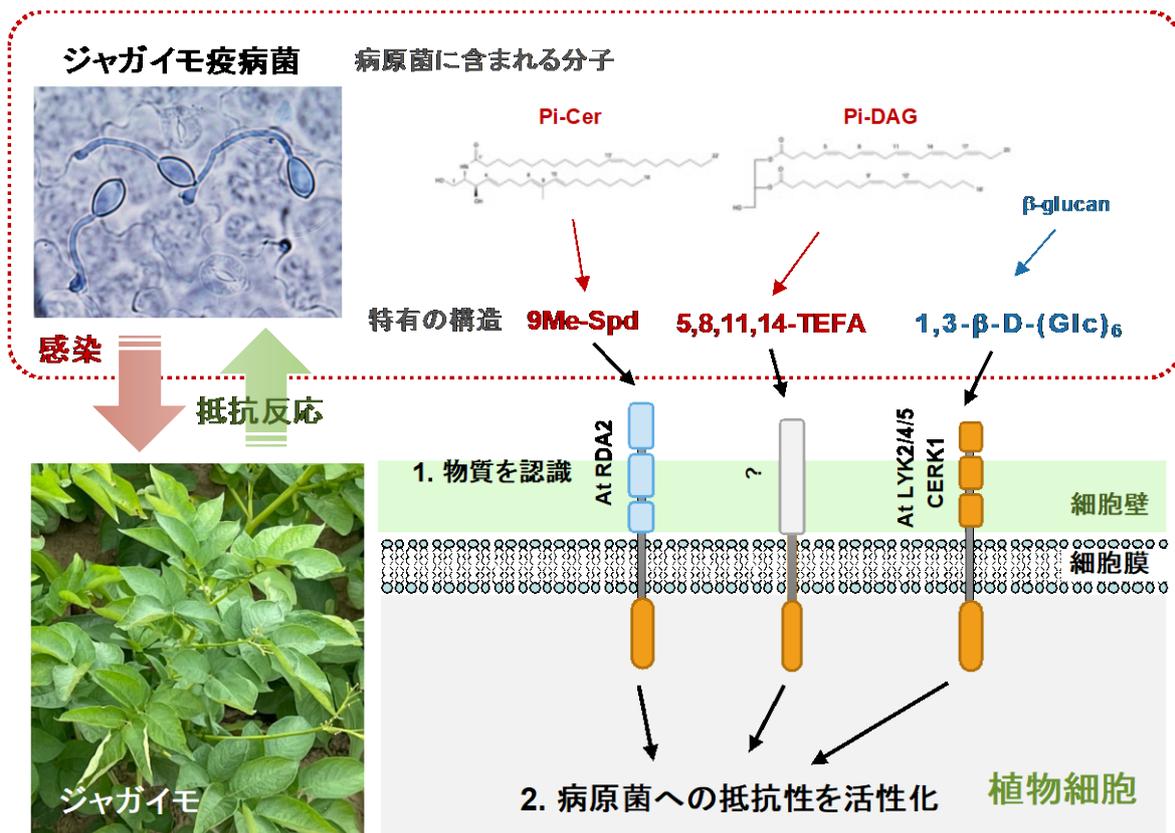


図 1. 植物による病原菌の認識.

植物細胞は、病原菌に特有の物質の構造を細胞膜上の受容体で認識することで、病原菌に対する抵抗性を活性化する。右下図ではシロイヌナズナで特定された受容体を示している。

【研究背景】

- ・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 つです。ジャガイモ疫病菌の感染が蔓延した 19 世紀中頃のヨーロッパでは深刻な飢饉が起こり、特に被害が甚大であったアイルランドでは餓死/病死と国外への移民により、800 万人近い人口が半減したことが知られています。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 67 億 US ドル(約 1 兆円)と試算されています。
- ・植物の病原菌には、細菌、真菌(カビ)、卵菌など様々な種類の微生物が知られています。植物が細菌や真菌の成分をどのように認識して免疫応答を活性化しているかについての研究は進んでいましたが、重要な病原菌(疫病菌、べと病菌など)を多く含む「卵菌」の成分についてはあまり研究が進んでいませんでした。

【研究内容】

本研究では、植物が卵菌の攻撃を認識する機構の解明を目的として、ジャガイモ疫病菌からの抵抗性誘導物質の精製を行いました。ジャガイモ疫病菌を培養した菌体の粗抽出液をジャガイモ細胞や塊茎に処理したところ、植物の病原菌に対する典型的な抵抗反応である活性酸素^{注 2)}の生成や抗菌物質^{注 3)}の生産が誘導されました。そこで、粗抽出液を各種カラムクロマトグラフィー^{注 4)}により分画することで、免疫応答を誘導する(= 植物に異物として認識される)物質の精製を進めたところ、活性酸素生成を誘導する物質としてセラミド^{注 5)}化合物(*Phytophthora infestans* Ceramide, Pi-Cer D)が得られま

した。さらに、抗菌物質の生産を誘導する活性を指標に精製を進めたところジアシルグリセロール^{注 6)}化合物(*P. infestans* Diacylglycerol, Pi-DAG A)が単離されました(図 2)。

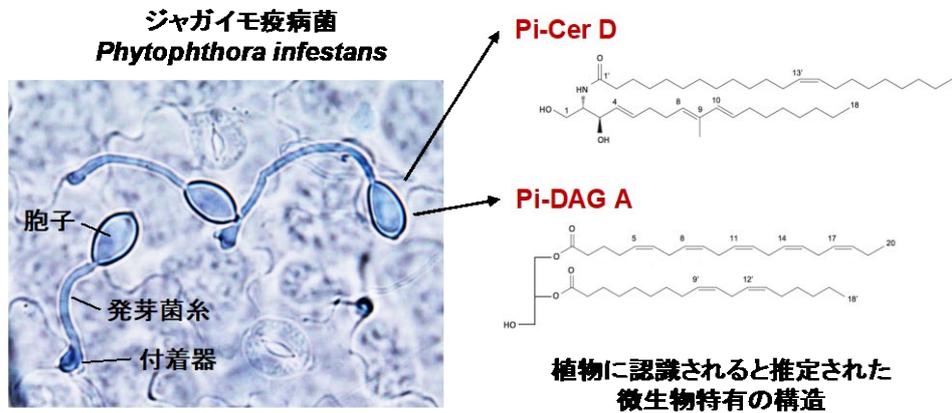


図 2. ジャガイモ疫病菌から精製された植物の免疫を活性化する物質。

精製した Pi-Cer D をジャガイモ葉に処理したところ、活性酸素の生成が誘導され、疫病菌への抵抗性が向上しました(図 3 上)。同様に、Pi-DAG A の部分構造であるエイコサペンタエン酸(EPA)^{注 7)}をジャガイモ塊茎(イモ)に処理したところ、ジャガイモが抗菌物質であるリシチンを生産し、疫病菌の感染が阻害されました(図 3 下)。また、Pi-Cer D や EPA による抵抗性応答の活性化は、ジャガイモ以外の植物でも確認されました。

さらに Pi-Cer D と EPA に含まれる、植物に認識される構造を調査したところ、それぞれ 9-methyl-4,8-sphingadienine (9Me-Spd) および 5,8,11,14-tetraene-type fatty acid (5,8,11,14-TEFA) であることが明らかとなりました(図 2)。

9Me-Spd と 5,8,11,14-TEFA は、真菌や卵菌では共通して見出される一方で、高等植物は持たない分子構造であり、植物はこれら非自己の分子を微生物関連分子パターン^{注 8)} (Microbe-associated molecular patterns, MAMPs)として認識し、免疫応答を発動する指標としていることが示されました。

また、Pi-Cer D と EPA を処理した植物の遺伝子発現を網羅的に解析して比較したところ、異なるセットの遺伝子群が活性化されていました。これらの結果から、Pi-Cer D と EPA は植物の異なる受容体^{注 9)}を介して認識されて

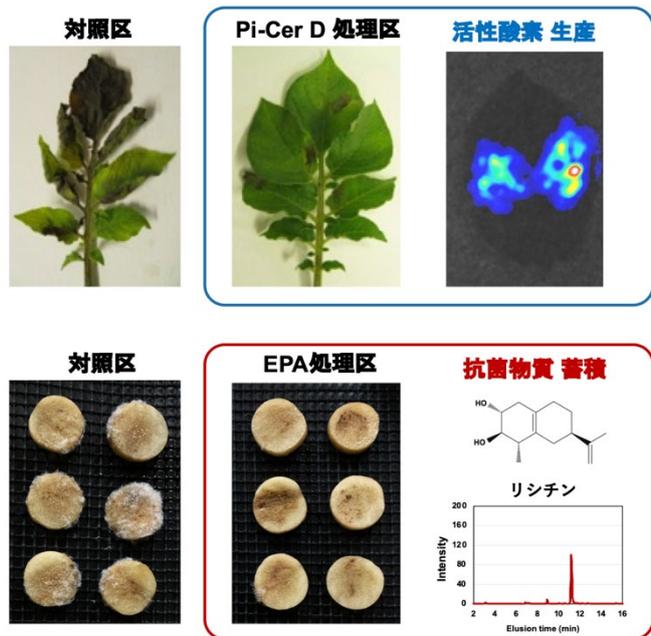


図 3. (上) Pi-Cer D 処理によるジャガイモ葉での活性酸素生成。(下) EPA 処理によるジャガイモ塊茎での抗菌物質の蓄積。いずれも対照区と比較して、病原菌の感染が抑制された。

いることが示唆されました(図 1)。

【成果の意義】

作物の農業生産の現場において、病原菌の感染による減収は最も重大な問題の一つです。本研究では、病原菌の細胞に含まれる「植物に認識される構造」を明らかとし、これらの物質を植物に与えることで、免疫反応が活性化されて病害が軽減されることが示されました。今回の研究で見出された物質は、魚介類やきのこなどに多く含まれている成分であり、植物の病気を予防するバイオスティミュラント資材としての活用が可能です。植物が本来持っている免疫力を活性化するバイオスティミュラント資材は、環境負荷を低減した農業への活用が期待されています。

【用語説明】

注 1)バイオスティミュラント:

生物(Bio)を刺激する(Stimulate)資材のこと。植物を刺激して本来持っている有益な能力を引き出すことを目的として用いる。

注 2)活性酸素:

酸素分子(O₂)よりも活性化された反応性の高い分子の総称。スーパーオキシド(O₂⁻)、過酸化水素(H₂O₂)など。植物の病害抵抗性が活性化される際に生産される。

注 3)抗菌物質:

植物が病原菌の攻撃を認識して生産する、菌の生育を阻害する物質。ジャガイモは、テルペノイドの抗菌物質であるリシチンを生産する。

注 4)カラムクロマトグラフィー:

化合物の精製法のひとつ。筒状の容器に充填剤をつめて混合物を流し、物質の充填剤との親和性や分子の大きさの違いを利用して物質を分画する。

注 5)セラミド:

スフィンゴシンと脂肪酸がアミド結合した化合物群。

注 6)ジアシルグリセロール:

グリセリンにエステル結合を介して 2 本の脂肪酸鎖が結合した化合物群。

注 7)エイコサペンタエン酸(EPA):

不飽和脂肪酸の 1 種。一般に青魚などに多く含まれることが知られ、血中脂質を改善するサプリメントとしても用いられる。高等植物には含まれていない。

注 8)微生物関連分子パターン:

多くの微生物が共通して持つ分子および含まれる特徴的な構造。動物や植物は、このような構造を異物として認識し、免疫応答を活性化する。

注 9)受容体:

細胞の表面で、外界の刺激を受容するタンパク質。Pi-Cer D の受容体は、その構造から植物細胞が Pi-Cer D の部分構造と接した際に細胞内のリン酸化を活性化して、その情報を細胞内の核に伝えることで免疫関連の遺伝子発現を活性化していると推定される。

【論文情報】

雑誌名: Plant Physiology

論文タイトル: Two structurally different oomycete lipophilic microbe-associated molecular patterns induce distinctive plant immune responses.

著者: Monjil MS, Kato H, Ota S, Matsuda K, Suzuki N, Tenhiro S, Tatsumi A, Pring S, Miura A, Camagna M, Suzuki T, Tanaka T, Terauchi T, Sato I, Chiba S, Kawakita K, Ojika M and Takemoto D

DOI:10.1093/plphys/kiae255

【関連プレスリリース】

<https://www.nagoya-u.ac.jp/researchinfo/result/2024/02/-----1.html>

<https://www.nagoya-u.ac.jp/researchinfo/result/2022/05/post-260.html>