

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H02985

研究課題名（和文）広範な病原性卵菌の感染を抑制するナス科植物特異的な分泌タンパク質の機能解析

研究課題名（英文）Functional analysis of a solanaceae plant-specific secreted protein that suppresses infection by a wide range of pathogenic oomycetes

研究代表者

竹本 大吾（Takemoto, Daigo）

名古屋大学・生命農学研究科・教授

研究者番号：30456587

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,700,000円

研究成果の概要（和文）：ジャガイモ疫病菌は、世界の4大作物であるジャガイモの最重要病原菌である。ナス科のモデル植物であるベンサムアナから疫病菌抵抗性に必須な分泌タンパク質遺伝子SAR8.2mを単離した。本研究では、SAR8.2mがコードする分泌タンパク質の成熟化ペプチドの構造を決定し、合成したSAR8.2mペプチドがジャガイモ疫病菌、灰色かび病菌、トマト萎凋病菌などを含む病原菌の胞子発芽や発芽菌糸の伸長を阻害することを見出した。またSAR8.2mを発現したジャガイモ形質転換体の病害抵抗性が向上することが示され、SAR8.2mがナス科植物の非宿主抵抗性に中心的な役割を担っていることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、ナス科植物由来のペプチドが病原性卵菌（ジャガイモ疫病菌）だけではなくは病原性糸状菌（灰色かび病菌およびトマト萎凋病菌）へも抗菌性を示すことが示された。非宿主抵抗性の決定因子として発見された抗菌ペプチドの例はこれまでなく学術的に新規性が高い。また、人工合成できる抗菌ペプチドが、様々な植物病原菌の伸長を阻害する活性を示すことが明らかとなったことから、環境負荷の少ない植物病害の制御資材としての活用も期待される。

研究成果の概要（英文）：Potato late blight is the most important disease of potato, one of the four major crops in the world. We isolated the secreted protein gene SAR8.2m from *Nicotiana benthamiana* (a model plant of the Solanaceae plants) as an essential gene for resistance to the potato late blight pathogen, *Phytophthora infestans*. In this study, we determined the structure of the matured peptide of SAR8.2m and found that the synthesized SAR8.2m peptide inhibited spore germination and mycelial elongation of pathogens including potato late blight, gray mold and tomato wilt. In addition, potato transformants expressing SAR8.2m showed enhanced disease resistance, indicating that SAR8.2m plays a central role in non-host resistance of Solanaceae plants.

研究分野：植物病理学

キーワード：ナス科植物 ジャガイモ疫病菌 分泌ペプチド 抗菌性

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ジャガイモ疫病菌は、世界4大作物の1つであるジャガイモの重要病原菌であるが、ジャガイモと同じナス科のモデル植物であるベンサミアナはジャガイモ疫病菌に非宿主抵抗性を示す。遺伝子サイレンシングを用いたスクリーニングから、ベンサミアナの疫病菌抵抗性に必須な新規遺伝子として分泌タンパク質をコードする SAR8.2m 遺伝子を単離した。SAR8.2m サイレシング株では、ジャガイモ疫病菌の感染が植物全体に進展したが、植物病原性の糸状菌や細菌に対する抵抗性は野生株と同等であった。さらに、14種の *Phytophthora* 属菌に対する SAR8.2m 遺伝子サイレンシング株の抵抗性を調べた結果、さまざまな疫病菌に対する抵抗性が顕著に低下した。以上の結果から、SAR8.2m は広範な *Phytophthora* 属菌に対する非宿主抵抗性に関与することが示唆された。疫病菌接種後のベンサミアナの野生株および SAR8.2m 破壊株の遺伝子発現を RNA-seq 解析により調査したところ、SAR8.2m 破壊株では、感染初期の疫病菌のエフェクター遺伝子群の発現が増加し、感染後期の宿主におけるファイトアレキシン合成遺伝子群の発現低下が顕著であった。また野生株と SAR8.2m 破壊株の疫病菌接種後のファイトアレキシン蓄積量を比較したところ、SAR8.2m 破壊株でファイトアレキシン蓄積量が著しく低下していた。以上の結果から、SAR8.2m 破壊株では疫病菌のエフェクターが効率的に宿主の抵抗性応答を抑制することで感染が確立していることが示唆された。

2. 研究の目的

様々な植物病原菌が多数の分泌タンパク質(エフェクター)の作用により植物の免疫機構を抑制し、感染を確立していることが知られている。一方、植物は病原菌の分子パターンやエフェクターを認識して病原菌に対する抵抗性を発動する。これまでに植物-病原菌相互作用を決定する新たな因子として、ナス科植物の分泌タンパク質が病原菌の感染機構を抑制する可能性を見出した。ベンサミアナの分泌タンパク質 SAR8.2m 遺伝子サイレンシング株では、ジャガイモ疫病菌などの *Phytophthora* 属菌への抵抗性が著しく低下するが、病原性糸状菌や細菌に対する抵抗性は影響を受けない。SAR8.2m は疫病菌の細胞内に移行することから、病原菌の感染機構を阻害する植物エフェクターとして機能する可能性が示された。そこで本研究では、SAR8.2m が病原菌の感染機構に作用するメカニズムを解明するために以下の問いを解明するための研究を行う。

- 1) SAR8.2m が標的とする *Phytophthora* 属菌の因子は何か？
- 2) ベンサミアナに病原性を示す *Phytophthora* 属菌はどのようにして SAR8.2m を介した抵抗性を打破しているのか？
- 3) SAR8.2m をジャガイモに導入することで、*Phytophthora* 属菌に対する非宿主抵抗性を付与できるのか？

3. 研究の方法

(再提出時に記載する)

4. 研究成果

(再提出時に記載する)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Kato H., Nemoto K., Shimizu M., Abe A., Asai S., Ishihama N., Matsuoka S., Daimon T., Ojika M., Kawakita K., Onai K., Shirasu K., Yoshida M., Ishiura M., Takemoto D., Takano Y., Terauchi R.	4. 巻 376
2. 論文標題 Recognition of pathogen-derived sphingolipids in Arabidopsis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 857 ~ 860
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.abn0650	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka Aiko, Takemoto Daigo, Sato Ikuo, Chiba Sotaro, Gavrilova Olga, Gagkaeva Tatiana	4. 巻 11
2. 論文標題 Draft Genome Sequences of Prototrophic and Biotin-Auxotrophic Fusarium langsethiae Strains Isolated from an Oat Grain in the Northern Region of Russia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Microbiology Resource Announcements	6. 最初と最後の頁 e0125021
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1128/mra.01250-21	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kuroyanagi Teruhiko, Bulasag Abriel Salaria, Fukushima Keita, Ashida Akira, Suzuki Takamasa, Tanaka Aiko, Camagna Maurizio, Sato Ikuo, Chiba Sotaro, Ojika Makoto, Takemoto Daigo	4. 巻 1
2. 論文標題 Botrytis cinerea identifies host plants via the recognition of antifungal capsidiol to induce expression of a specific detoxification gene	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PNAS Nexus	6. 最初と最後の頁 pgac274
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pnasnexus/pgac274	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Imano Sayaka, Fushimi Mayuka, Camagna Maurizio, Tsuyama-Koike Akiko, Mori Hitoshi, Ashida Akira, Tanaka Aiko, Sato Ikuo, Chiba Sotaro, Kawakita Kazuhito, Ojika Makoto, Takemoto Daigo	4. 巻 12
2. 論文標題 AP2/ERF Transcription Factor NbERF-IX-33 Is Involved in the Regulation of Phytoalexin Production for the Resistance of Nicotiana benthamiana to Phytophthora infestans	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 821574
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2021.821574	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka Aiko, Ryder Maarten H., Suzuki Takamasa, Uesaka Kazuma, Yamaguchi Nobuo, Amimoto Tomoko, Otani Motoyasu, Nakayachi Osamu, Arakawa Kenji, Tanaka Nobukazu, Takemoto Daigo	4. 巻 35
2. 論文標題 Production of Agrocinopine A by <i>Ipomoea batatas</i> Agrocinopine Synthase in Transgenic Tobacco and Its Effect on the Rhizosphere Microbial Community	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Molecular Plant-Microbe Interactions?	6. 最初と最後の頁 73 ~ 84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1094/MPMI-05-21-0114-R	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kimura Sachi, Shibata Yusuke, Oi Takao, Kawakita Kazuhito, Takemoto Daigo	4. 巻 46
2. 論文標題 Effect of flutianil on the morphology and gene expression of powdery mildew	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Pesticide Science	6. 最初と最後の頁 206 ~ 213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1584/jpestics.D21-003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Monjil Mohammad Shahjahan, Kato Hiroaki, Matsuda Kentaro, Suzuki Natsumi, Tenhiro Shiho, Camagna Maurizio, Suzuki Takamasa, Tanaka Aiko, Terauchi Ryohei, Sato Ikuo, Chiba Sotaro, Kawakita Kazuhito, Ojika Makoto, Takemoto Daigo	4. 巻 -
2. 論文標題 Two structurally different oomycete MAMPs induce distinctive plant immune responses	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 BioRxiv	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1101/2021.10.22.465218	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kato H., Nemoto K., Shimizu M., Abe A, Asai S., Ishihama N., Daimon T., Ojika M., Kawakita K., Onai K., Shirasu K., Ishiura M., Takemoto D., Takano Y., Terauchi R.	4. 巻 -
2. 論文標題 Pathogen-derived 9-methyl sphingoid base is perceived by a lectin receptor kinase in Arabidopsis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 BioRxiv	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1101/2021.10.18.464766	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Rin Soriya, Imano Sayaka, Camagna Maurizio, Suzuki Takamasu, Tanaka Aiko, Sato Ikuo, Chiba Sotaro, Kawakita Kazuhito, Takemoto Daigo	4. 巻 86
2. 論文標題 Expression profiles of genes for enzymes involved in capsidiol production in <i>Nicotiana benthamiana</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of General Plant Pathology	6. 最初と最後の頁 340 ~ 349
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10327-020-00931-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 竹本大吾
2. 発表標題 植物と病原菌の相互作用におけるファイトアレキシンの役割
3. 学会等名 令和3年度植物感染生理談話会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Imano S., Kondou Y., Shibata Y., Suzuki T., Tanaka A., Sato I., Chiba S., Kageyama K., Kawakita K. and Takemoto D.
2. 発表標題 Secretory peptide SAR8.2m is required for non-host resistance of <i>Nicotiana benthamiana</i> to taxonomically distant <i>Phytophthora</i> species.
3. 学会等名 IPSR International Plant Web Forum 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Bulasag, A., Kuroyanagi, T., Ojika, M., Suzuki, T., Sato, I., Chiba, S. and Takemoto, D.
2. 発表標題 Functional analysis of the ABC transporter gene <i>BcatrB</i> of gray mold fungus <i>Botrytis cinerea</i> induced by various phytoalexin treatments.
3. 学会等名 IPSR International Plant Web Forum 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Abriel Bulasag・黒柳輝彦・鈴木孝征・佐藤育男・千葉壮太郎・小鹿一・竹本大吾
2. 発表標題 種々のファイトアレキシン処理により発現誘導される灰色かび病菌の ABC トランスポーター遺伝子 BcatrB の機能解析
3. 学会等名 令和3年度日本植物病理学会関西支部会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今野沙弥香・近藤洋平・柴田裕介・近藤竜彦・田中愛子・佐藤育男・千葉壮太郎・松林嘉克・川北一人・竹本大吾
2. 発表標題 ベンサミアナの疫病菌抵抗性に必須なNbSAR8.2mは抗菌性の分泌型ペプチドである
3. 学会等名 日本植物病理学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mohammad Shahjahan Monjil・加藤大明・松田健太郎・鈴木捺美・天広志保・Maurizio Camagna・鈴木孝征・田中愛子・寺内良平・佐藤育男・千葉壮太郎・川北一人・小鹿一・竹本大吾
2. 発表標題 構造的に異なる2種類のジャガイモ疫病菌MAMPが植物の異なる免疫応答を誘導する
3. 学会等名 日本植物病理学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Bulasag Abriel, Kuroyanagi Teruhiko, Ojika Makoto, Suzuki Takamasa, Aiko Tanaka, Sato Ikuo, Chiba Sotaro and Takemoto, Daigo
2. 発表標題 Analysis on expression profiles of Botrytis cinerea genes induced by phytoalexins from Solanaceae, Fabaceae and Brassicaceae
3. 学会等名 日本植物病理学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 カマーニャ マウリツィオ・小鹿 一・竹本大吾
2. 発表標題 ジャガイモのリシチン解毒に関するCytochrome P450遺伝子StSPHの単離
3. 学会等名 令和2年度日本植物病理学会関西支部会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 今野沙弥香・近藤洋平・柴田裕介・鈴木孝征・田中愛子・佐藤育男・千葉壮太郎・景山幸二・川北一人・竹本大吾
2. 発表標題 Phytophthora属菌抵抗性に必須なベンサミアナSAR8.2m遺伝子の破壊株におけるジャガイモ疫病菌および宿主遺伝子群のRNA-seq 解析
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今野沙弥香・近藤洋平・柴田裕介・鈴木孝征・田中愛子・佐藤育男・千葉壮太郎・景山幸二・川北一人・竹本大吾
2. 発表標題 ベンサミアナの疫病菌抵抗性に必須なSAR8.2m遺伝子の破壊株では疫病菌が効率的に宿主の抵抗性応答を抑制し感染を確立させる
3. 学会等名 令和3年度植物病理学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 Daigo Takemoto, Barry Scott	4. 発行年 2023年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 15
3. 書名 NADPH Oxidases Revisited; From Function to Structure.	

1. 著者名 竹本大吾、今野沙弥香、芦田晃、Maurizio Camagna	4. 発行年 2023年
2. 出版社 日本土壌協会(作物生産と土づくり)	5. 総ページ数 6
3. 書名 ナス科植物の生産する抗菌物質(ファイトアレキシン)の多様性と病害防除	

1. 著者名 真山滋志、土佐幸雄など(共著)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 文永堂出版	5. 総ページ数 360
3. 書名 植物病理学 第2版	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 植物病害防除剤	発明者 竹本大吾、今野沙弥香	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2023-043447	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	近藤 竜彦 (Kondo Tatsuhiko) (30362289)	名古屋大学・生命農学研究科・講師 (13901)	
研究分担者	竹本 愛子(田中愛子) (Tanaka Aiko) (90464148)	名古屋大学・生命農学研究科・研究員 (13901)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------