

平成 25 年 2 月 19 日

岡山県農林水産総合センター 生物科学研究所
独立行政法人 理化学研究所
京都府公立大学法人 京都府立大学
独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構(農研機構) 野菜茶業研究所
玉川大学
国立大学法人 筑波大学
独立行政法人 農業生物資源研究所
国立大学法人 京都大学

病害抵抗性作物創製の新技术の開発 —2つの蛋白質の同時導入で「科」の壁を越えて作物に抵抗性を付与—

ポイント

- ・ 病原体の攻撃を認識し、防御応答に関与する植物の異なる2つの蛋白質を導入して複数の病害に抵抗性の作物を開発
- ・ 2つの蛋白質の同時導入で複数の植物種に抵抗性を付与
- ・ 病害抵抗性作物の開発に新たな知見を提供
- ・ 環境にやさしい病害防除剤の開発へ貢献

概要

岡山県農林水産総合センター生物科学研究所(永井一哉所長)の鳴坂義弘専門研究員、鳴坂真理流動研究員は、2つの遺伝子を同時に植物に導入することで植物が正常に生育し、かつ複数の病原体に対する病害抵抗性植物の開発に成功しました。これは、理研植物科学研究センター(篠崎一雄センター長)植物免疫研究グループの白須賢グループディレクター、京都府立大学(渡辺信一郎学長)生命環境科学研究科の久保康之教授、農研機構野菜茶業研究所(小島昭夫所長)の畠山勝徳主任研究員、玉川大学(小原芳明学長)農学部の今村順教授、筑波大学(山田信博学長)生命環境系の江面浩教授、農業生物資源研究所(石毛光雄理事長)の田部井豊室長、七里吉彦特別研究員、京都大学(松本紘総長)農学研究科の高野義孝准教授による共同研究の成果です。

本研究は、農研機構生物系特定産業技術研究支援センターのイノベーション創出基礎的研究推進事業、平成22年度採択課題「病原糸状菌の分泌戦略を標的とする作物保護技術の基盤開発」(研究代表者:白須賢)及びJSPS 科研費 21580060、21780038、24228008による成果と各機関との共同研究により行われたものです。なお、この研究は平成22年4月から平成24年冬に実施しました。

本研究成果の詳細は、2月21日付け(日本時間)で米国オンライン科学誌「PLOS ONE(プロスワン)」に掲載されています。

成果の内容

鳴坂義弘(岡山県農林水産総合センター生物科学研究所 植物免疫研究グループ グループリーダー)らのグループは、シロイヌナズナ(アブラナ科シロイヌナズナ属)の2つの抵抗性遺伝子を同時に、農作物ナス科のトマト、タバコ、アブラナ科のナタネ、コマツナ、ウリ科のキュウリに導入し、作物の生産に甚大な被害を及ぼす青枯病(細菌)、斑葉細菌病(細菌)及び炭疽病(カビ)に抵抗性の作物の開発に世界で初めて成功しました。

これまで1つの抵抗性遺伝子を植物に導入しても、病害抵抗性を付与できないか、または、抵抗性を付与できても植物が矮小化することが報告されていました。また、抵抗性遺伝子は植物の科、属及び種を超えて機能しないことが報告されていましたが、これら2つの遺伝子を同時に植物に導入することで植物が正常に生育し、かつ複数の病原体に対する病害抵抗性植物を開発することが可能となりました。今後、この原理に基づいた病気に強い作物の開発が期待できます。

また、シロイヌナズナ由来の2つの抵抗性遺伝子(蛋白質)が複数の植物種で機能したことから、共通のメカニズムにより植物の免疫が機能していると考えられます。

【注:植物の病原体認識機構】

植物の病原体に対する抵抗反応は、Flor 氏が唱えた遺伝子対遺伝子説により、植物の抵抗性遺伝子(病原体を認識する植物側の受容体)と、対応する病原体の因子の1対1の組み合わせによって決定されると考えられています。しかし、例えばモデル実験植物シロイヌナズナのゲノム上には約 150 の受容体しか存在せず、多様な病原体に対する抵抗性はどのようなメカニズムによって発揮されているのか、遺伝子対遺伝子説のみでは説明できませんでした。近年、動物の自然免疫と植物の耐病性の分子機構に類似した機構があることが明らかになっており、植物の免疫系も動物と同様に、少ない遺伝子を組み合わせることにより多様な病原体を認識し、防御系を発動している可能性が考えられます。

【論文題目】

Interfamily transfer of dual NB-LRR genes confers resistance to multiple pathogens

米国オンライン科学誌「PLOS ONE(プロスワン)」(日本時間 2 月 21 日付け)

「2つの抵抗性遺伝子を導入した植物は複数の病原体に対して抵抗性を示す」

<http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0055954>

問い合わせ先など

[研究代表者]

岡山県農林水産総合センター生物科学研究所 植物免疫研究グループ 鳴坂 義弘
〒716-1241 岡山県加賀郡吉備中央町吉川 7549-1

Tel: 0866-56-9450, Fax: 0866-56-9453, E-mail: yo_narusaka@bio-ribs.com

[研究担当者]

岡山県生物科学研究所	流動研究員	鳴坂 真理
理化学研究所 植物科学研究センター	ディレクター	白須 賢
京都府立大学	教授	久保 康之
農研機構野菜茶業研究所	主任研究員	畠山 勝徳
玉川大学	教授	今村 順
筑波大学	教授	江面 浩
農業生物資源研究所	室長	田部井 豊
	特別研究員	七里 吉彦
	(現鳥取大学農学部、プロジェクト研究員)	
京都大学	准教授	高野 義孝

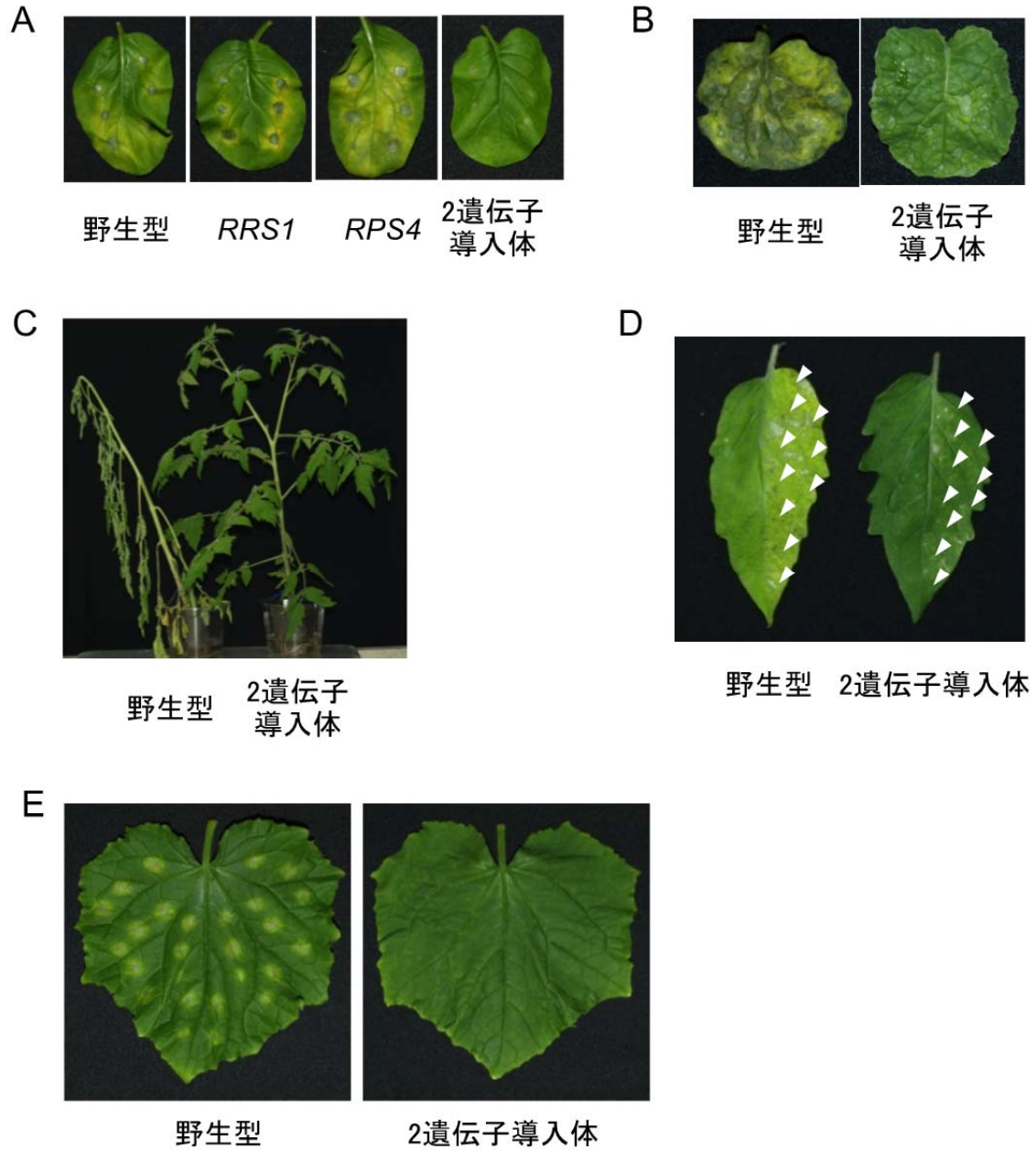


図 1. シロイヌナズナ由来の2つの遺伝子(蛋白質)を同時に導入した作物の耐病性試験の結果
遺伝子導入体はいずれの病原菌に対しても抵抗性を示した。

「写真の説明」

- ・アブラナ科野菜類炭疽病菌を接種したコマツナ(A)、ナタネ(B)における接種 6 日後の病徴
- ・青枯病菌を接種したトマトにおける接種 15 日後の病徴(C)
- ・斑葉細菌病菌を接種したトマトにおける接種 7 日後の病徴(D):矢印は菌を接種した部位
- ・ウリ類炭疽病菌を接種したキュウリにおける接種 6 日後の病徴(E)

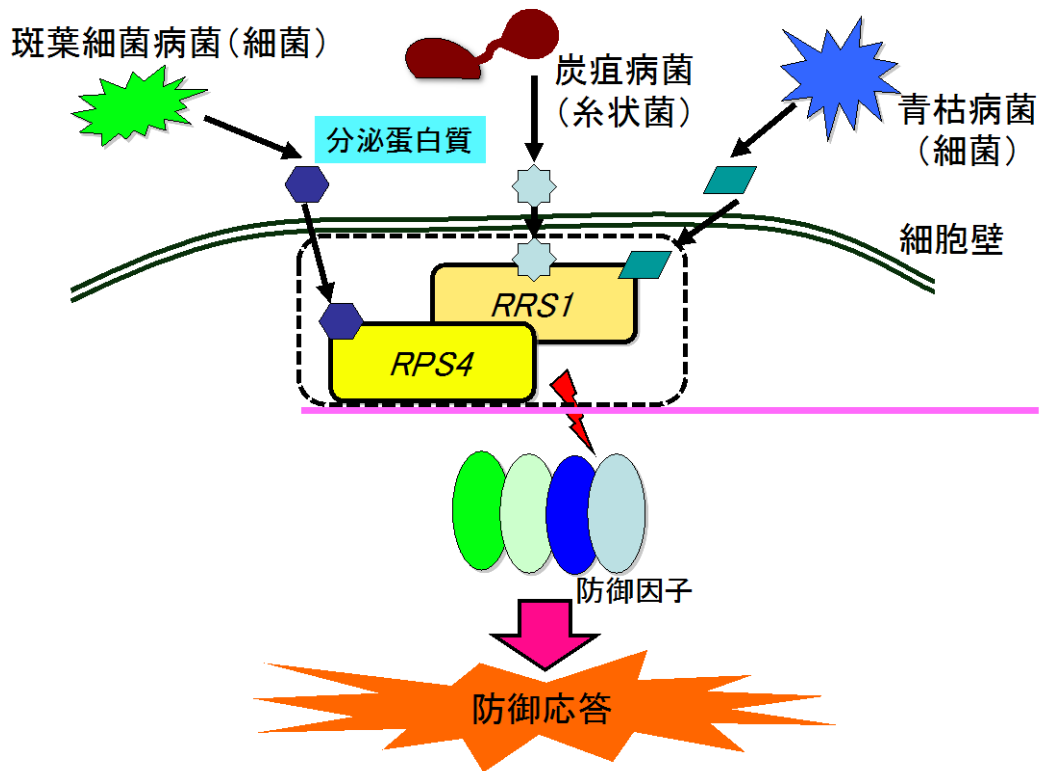


図2. 2つの遺伝子(蛋白質)を導入した植物における抵抗性発現の仕組み
 病原体が感染時に放出する分泌蛋白質を植物へ導入した2つの蛋白質(RPS4 と RRS1)が認識し、防御応答する。

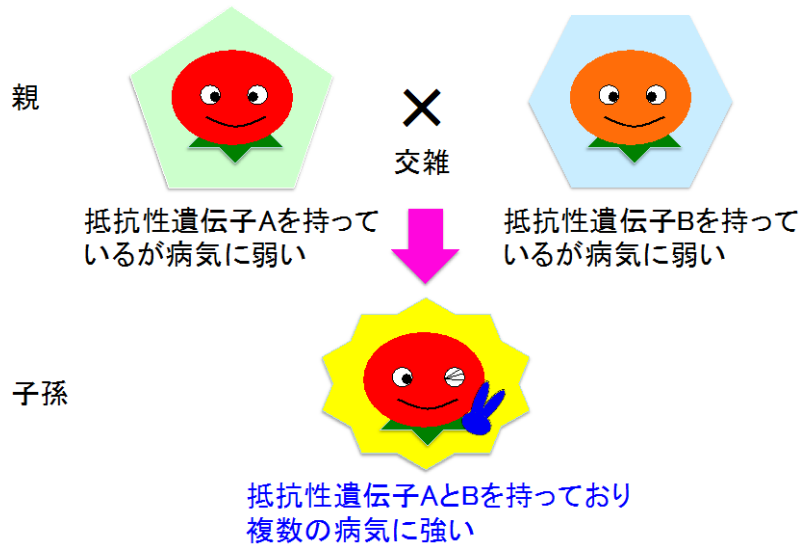


図3. 2つの抵抗性遺伝子(蛋白質)の導入による病害抵抗性植物の育種概念図
 どちらか一方の抵抗性遺伝子を持つだけでは病気に弱い、2つの抵抗性遺伝子を獲得した植物は病気に強くなる。

補足説明資料

【研究の背景・ねらい】

病害による世界の農業生産被害は10~20%といわれており、これは8億人の食糧に値します。世界の飢餓人口が8億人と見積もられていることから、病害を防ぐことは食糧の安定供給において最も重要な課題の一つです。このような植物の感染症の80%以上は糸状菌(カビ・菌類)によって引き起こされ、残りは細菌、ウイルスなどが原因です。地球上には十萬種の糸状菌が存在しますが、そのほとんどは植物に感染せず、植物病原菌は約8000種です。これらのうち、1つの植物種に激害を起こすものは10種もありません。このことは、植物は大方の病原体に抵抗性を示し、わずか一握りの病原菌種によって病害を受けることを意味しています。

植物の病原体の認識機構は、抵抗性遺伝子産物の作用機作として病原体由来分子と直接結合する場合(レセプター-リガンドモデル、遺伝子対遺伝子説)、病原体によって影響を受ける他の宿主因子の状態変化を認識する場合(ガードモデル)によって説明されています。この度の発見は第3の説として位置づけられます。

【成果の内容・特徴】

青枯病(細菌)は200種類以上の植物に感染し作物生産に甚大な被害を及ぼしています。斑葉細菌病(細菌)は作物に感染し、生産を減じます。炭疽病は、約40種あるコレトリカム(*Colletotrichum*)属菌によって引き起こされ、それらによる病害は、600種以上の穀物、野菜、果樹、花卉(かき)などで確認されています。被害は世界各地に広がり、日本ではイチゴ炭疽病菌とウリ類炭疽病菌による被害が多発しています。研究グループが発見したシロイヌナズナ(アブラナ科シロイヌナズナ属)の2つの抵抗性遺伝子(*RPS4*と*RRS1*;デュアル抵抗性遺伝子)を同時に、農作物トマト(ナス科ナス属トマト)、タバコ(ナス科タバコ属タバコ)、ナタネ(アブラナ科アブラナ属セイヨウアブラナ)、コマツナ(アブラナ科アブラナ属ラバ)、キュウリ(ウリ科キュウリ属キュウリ)に導入し、重要病害である青枯病(細菌)、斑葉細菌病(細菌)及び炭疽病(カビ)に抵抗性の作物の開発に世界で初めて成功しました。

【成果の意義と今後の展望】

これまで、個々の抵抗性遺伝子はそれぞれ単独で機能し、病原体と1対1で対応すると考えられていました。このため、シロイヌナズナのわずか150個の抵抗性遺伝子で、数十万の病原微生物にどのように対応しているかの説明が困難でした。しかし、本発見により、遺伝子対遺伝子説におけるガード説と並び、わずかな抵抗性遺伝子で無数の病原体に対応するメカニズムを解明し、植物の免疫系も動物と同様に少ない遺伝子を組み合わせることで多様な病原体を認識して防御系を発動していることが明らかとなりました。動物と植物が生存するためには、病原体を認識し、排除するシステムが不可欠です。動物と植物において高く保存された免疫の基本システムを解明することで、生命現象の普遍性を論じることができるようになりました。

病害抵抗性育種では、抵抗性遺伝子を発見し、作物に導入することが伝統的に行われてきました。しかし、抵抗性遺伝子を対象作物に単独で形質転換しても、抵抗性が安定的に発揮できない例が数多く報告されており、病害抵抗性の分子育種における障害となっています。また、抵抗性遺伝子は植物の科、属及び種を超えて機能しないことが報告されていましたが、これら2つの遺伝子を同時に植物に導入することで植物が正常に生育し、かつ複数の病原体に対する病害抵抗性植物を開発することが可能となりました。

2つの抵抗性遺伝子のうち、*RPS4* 遺伝子または *RRS1* 遺伝子を単独で植物に導入しても植物に病害抵抗性を付与できません。しかし、2つの抵抗性遺伝子を同時に植物に導入した場合、科、属及び種を超えて抵抗性が付与され、生育も正常であることを明らかにしました。また *RPS4* は抵抗性発現において主たる役割を担い、*RRS1* は *RPS4* を制御する因子であるという知見を得ています。このような遺伝子セットはシロイヌナズナのゲノム上に9セット存在するとともに、イネやタバコなどにおいても同様な遺伝子セットが発見されており、本知見の普遍性を示唆しています。本メカニズムを明らかにすることは、病害抵抗性の育種の発展に多大な貢献をもたらすと考えています。今後、植物のゲノム解析の進展によりゲノム上に存在する抵抗性遺伝子群が明らかになり、遺伝子セットを構成するそれぞれの遺伝子を単独で有する品種間で交雑することで、2つの抵抗性遺伝子のセットを有する病害抵抗性作物の育種が可能になると考えられます。

また、シロイヌナズナ由来の2つの抵抗性遺伝子(蛋白質)が複数の植物種で機能したことは、2つの抵抗性遺伝子産物による病原体の認識以降の抵抗性発現メカニズムが多くの植物種で共通のシステムにより機能していることを示唆しています。本メカニズムを明らかにすることで、植物の免疫システムを活性化することで病害を防除する新規病害防除剤(抵抗性誘導剤)の開発に貢献できます。

【語句の説明】

抵抗性誘導剤

植物にあらかじめ処理しておくことにより、病原菌に対する抵抗性を誘導する作用を持つ物質。日本ではプロベナゾール、ブイゲット、ルーチンが農薬登録されている。プラントディフェンスアクティベーター及びプラントアクティベーターと同義。

抵抗性蛋白質(抵抗性遺伝子)

遺伝子対遺伝子説により説明される、植物の病原体による疾病において病原体の非病原力遺伝子産物と対応する植物の因子。

デュアル抵抗性遺伝子システム

アブラナ科作物における重要病害であるアブラナ科野菜類炭疽病菌に対応する抵抗性遺伝子が、シロイヌナズナのゲノム上にペアで2つ存在する。これら2つの抵抗性遺伝子産物(蛋白質)が協調的に病原体の認識と防御応答に関与するシステム。また、これらタンパク質がナス科作物の重要病害である青枯病と斑葉細菌病の認識と防御応答にも関与していることが明らかとなり、植物側の2つの抵抗性遺伝子が、異なる3つの病原菌の攻撃を認識する画期的なシステムであることが示された。

分泌蛋白質(エフェクター)

宿主内で植物病原体から分泌される蛋白質のうち、病原性に影響を与えるもの。

生物分類

目→科→属→種の順

(例)トマトの場合、ナス目ナス科ナス属トマト