

## PRESS RELEASE

岡山大学記者クラブ、  
文部科学記者会、科学記者会

御中

令和 8 年 10 月 5 日  
岡 山 大 学

## 植物がリゾクトニア菌から身を守る仕組みを解明 ～病害に強い品種育成と防除法開発へ～

### ◆発表のポイント

- ・ *Rhizoctonia solani*（リゾクトニア・ソラニ）は宿主範囲の広い植物病原糸状菌であり、宿主組織を壊死させて栄養を摂取する「殺生菌」に分類されますが、本菌に対する植物の防御機構は十分に理解されていませんでした。
- ・ 今回、モデル単子葉植物であるミナトカモジグサの 153 系統の中から、*R. solani* AG-4 HG-I+II の葉への感染に対して抵抗性を示す 22 系統と罹病性を示す 6 系統を比較しました。その結果、罹病性系統では菌の接種に伴って葉のリグニン（植物の細胞壁を構成する成分の一つで、細胞壁を硬くし、外部からの物理的な侵入などに対するバリアとして機能する）含量が大きく減少する一方、抵抗性系統の多くではリグニン含量が維持または増加することを明らかにしました。
- ・ 本研究は、殺生菌に対する植物の防御において、物理的バリアとなる細胞壁を維持・強化する能力が重要性であることを示すとともに、将来的な耐病性育種への応用可能性を示しました。

岡山大学大学院環境生命自然科学研究科の Rozi Fernanda 大学院生（当時）、同大学院環境生命自然科学研究科の渡邊恵非常勤研究員、同大学術研究院環境生命自然科学学域（農）の能年義輝教授らの研究グループは、モデル植物であるミナトカモジグサを用い、植物が植物病原糸状菌 *Rhizoctonia solani* に対して示す抵抗性機構のひとつとして、細胞壁を維持・強化する能力の重要性を明らかにしました。本成果は日本時間 9 月 29 日、国際植物科学誌「*Plant, Cell & Environment*」にオンライン掲載されました。

*R. solani* は担子菌に属する宿主範囲の広い植物病原菌であり、イネ紋枯病をはじめ、さまざまな植物の根、地際部、地上部に感染し、収量や品質の低下を引き起こします。土壤中に生息するため殺菌剤での防除が難しく、また植物組織を壊死させながら感染する性質をもつことから、強い抵抗性を示す作物品種の育成も容易ではありません。今回、本菌と植物との攻防の場として植物細胞壁が重要であることが明らかになったことで、今後の耐病性育種や新たな防除法の開発につながることを期待されます。

## PRESS RELEASE

### ◆研究者からのひとこと

リゾクトニア菌は世界各地でさまざまな作物に病害を引き起こす厄介な植物病原菌ですが、遺伝子操作が難しいことなどから、その感染戦略や植物側の抵抗性機構については、まだ不明な点が多く残されています。私たちは、実験植物と国内で分離された菌系統とを組合せて横断的に解析する独自のアプローチにより、今回、細胞壁を維持・強化できる植物系統ほど本菌の感染に抵抗できるという現象を捉えました。植物細胞壁を舞台に繰り広げられる植物と病原菌の攻防の妙には、研究者として大きな興奮を覚えます。今回の発見は、同時に多くの新たな問いを投げかけています。今後は、この「戦い」を支える仕組みを分子レベルで明らかにしていきたいと考えています。



能年教授

### ■発表内容

#### <現状>

*Rhizoctonia solani* は担子菌に属する植物病原糸状菌です。本菌は多様な菌群からなる種複合体であり、菌糸同士の融合反応性に基づいて 13 の菌糸融合群（anastomosis group: AG）に分類され、さらに培養菌叢などの特徴に基づいて亜群に分類されます。

たとえば、イネ栽培における主要病害のひとつである紋枯病は、主に *R. solani* AG-1 IA によって引き起こされます。このように、*R. solani* は菌群全体として非常に広い宿主範囲を示しますが、各菌群の宿主特異性や病原性機構、さらに植物側の抵抗性機構については十分に解明されていません。その一因として、本菌では遺伝子操作が容易ではなく、病原性に関わる遺伝子の機能解析が難しいことが挙げられます。そこで私たちは、モデル単子葉植物であるミナトカモジグサ（*Brachypodium distachyon*）を用い、植物側の抵抗性を手掛かりとして、本菌の感染機構と植物の防御機構の解明を進めてきました。

これまでに、イネやミナトカモジグサが、植物免疫に重要なホルモンであるサリチル酸を介したシグナル伝達によって *R. solani* AG-1 IA に対抗していることを明らかにしました（参考文献 1,2）。その後、ミナトカモジグサに感染する別の菌群である *R. solani* AG-4 HG-I+II について解析を進めたところ、サリチル酸をあらかじめ処理しても抵抗性が誘導されず、葉上での感染行動も AG-1 IA とは異なることを明らかにしました（参考文献 3）。さらに、ミナトカモジグサが本来備えている防御機構を詳しく調べるため、世界各地に由来するミナトカモジグサの野生系統 153 種類について、*R. solani* AG-4 HG-I+II に対する抵抗性を調査しました。その結果、抵抗性の程度は系統間で連続的に異なっており、本菌に対する抵抗性が複数の遺伝子によって制御される量的な形質であることが示されました（図 1、参考文献 4）。

また、抵抗性を示す 22 系統では、感染時にサリチル酸に関連する防御応答を誘導する系統や、別の植物ホルモンであるジャスモン酸に関連する防御応答を示す系統などが混在していました。一方、それらの多くで二次細胞壁やリグニンの合成に関わる遺伝子の発現が認められたことから、異なる免疫シグナルの下流で生じる「細胞壁の強化」が抵抗性に重要である可能性が示されていました。

## PRESS RELEASE

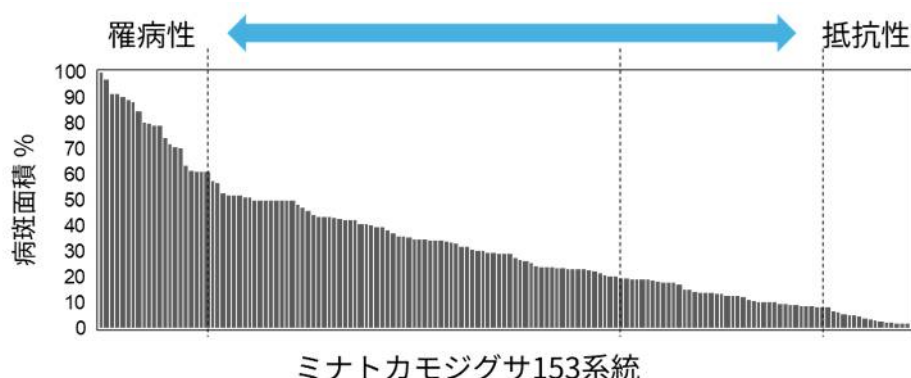


図 1：ミナトカモジグサ 153 系統が示すリゾクトニア菌に対する抵抗性レベルの多様性

### <研究成果の内容>

今回、能年教授らのグループは、*R. solani* AG-4 HG-I+II の葉への感染に対して抵抗性を示す 22 系統と、罹病性を示す 6 系統のミナトカモジグサについて、菌接種前後の葉のリグニン含量を比較しました。その結果、罹病性系統では、接種前のリグニン含量の高低にかかわらず、菌の接種に伴ってリグニン含量が大きく減少しました（図 2）。これに対して、抵抗性系統の多くでは、接種前のリグニン含量が感染後も維持される、あるいはさらに増加することが明らかになりました（図 2）。

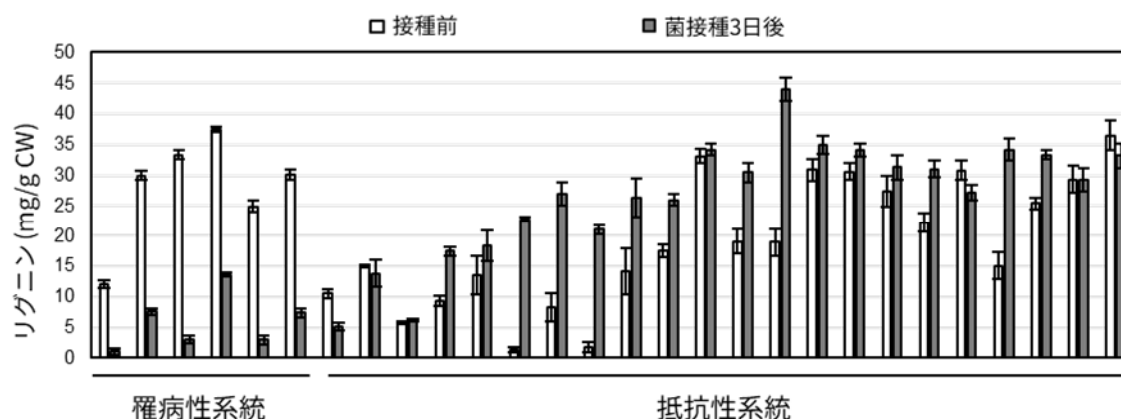


図 2：リゾクトニアに対する罹病性および抵抗性系統の菌接種前後の葉のリグニン含量の推移

さらに、リグニン含量を維持した抵抗性系統では、二次細胞壁の形成に関わるセルロース合成酵素遺伝子 *BdCESA4*、*BdCESA7*、*BdCESA8* のいずれか、またリグニン形成に関わるラッカーゼ遺伝子 *BdLAC6*、*BdLAC10* のいずれかが、菌接種後に有意に発現誘導されていました（図 3）。

これまでの解析から、抵抗性系統ではサリチル酸やジャスモン酸など、系統ごとに異なる防御シグナルが働くことが示されています。今回の結果と合わせると、異なる防御シグナルを利用しながらも、その下流で細胞壁の維持・強化に関わる遺伝子群を誘導できることが、*R. solani* AG-4 HG-I+II に対する抵抗性に寄与していると考えられます。

一方、抵抗性を示した 22 系統のうち 3 系統では、感染後のリグニン含量が罹病性系統と同程度

## PRESS RELEASE

でした。このことは、ミナトカモジグサの *R. solni* AG-4 HG-I+II に対する抵抗性が、リグニンだけで決まるものではないことを示しています。セルロースやヘミセルロースなどリグニン以外の細胞壁成分の合成・維持に加え、抗菌物質の産生や、病原菌が分泌する細胞壁分解酵素を阻害する仕組みなど、複数の防御機構が抵抗性に寄与している可能性があります（図 3）。

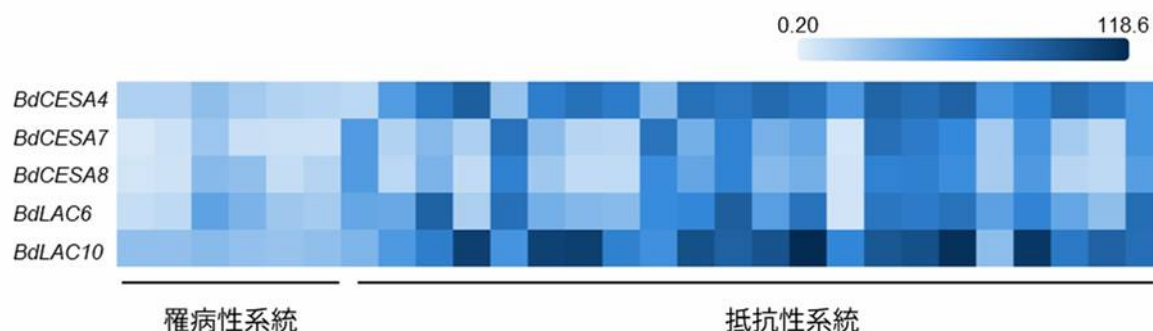


図 3：リゾクトニアに対する罹病性および抵抗性系統の二次細胞壁合成酵素遺伝子の発現誘導（菌接種後の遺伝子発現量をヒートマップで示した）

### <社会的な意義>

植物病原菌の感染機構はさまざまです。生きた宿主細胞から栄養を得る病原菌（活物寄生菌）の多くは、「エフェクター」と呼ばれる分泌タンパク質などを用いて、宿主が病原体を感知して防御反応を誘導する仕組みを抑制しながら感染を成立させます。これらに対し、一部の植物品種は、特定のエフェクターを抵抗性タンパク質によって認識することで、非常に強い抵抗性を発揮します。この仕組みは、耐病性品種の育成に利用されてきました。

一方、宿主組織を壊死させて栄養を得る殺生菌に対する抵抗性は、一般に複数の遺伝子によって制御される量的な形質であることが知られていますが、その具体的な仕組みについては未解明な部分が多く残されています。今回の研究により、二次細胞壁を維持・強化する能力が、*R. solani* AG-4 HG-I+II に対する抵抗性と密接に関係することが明らかになりました。この結果は、植物細胞壁が植物と病原菌との重要な攻防の場となっており、細胞壁という物理的バリアを維持・強化することによって、病原菌の侵入や組織内での進展を抑制または遅延できる可能性を示しています。

私たちのこれまでの研究では、ミナトカモジグサが *R. solni* AG-1 IA に対して抵抗性を発揮する際にも、二次細胞壁形成に関わる遺伝子群が発現誘導されることを確認しています（参考文献 1,2）。このことから、細胞壁の強化は、異なるリゾクトニア菌群に対し共通して利用される植物の抵抗性機構のひとつである可能性があります。

さらに今回、細胞壁強化に至るまでの防御シグナルには、ミナトカモジグサの系統間で多様性が存在することも示唆されました。今後、その制御を担う遺伝子や分子機構を明らかにし、それらを適切に組み合わせることで、リゾクトニア病に強い作物品種の育成につながることを期待されます。

### ■参考文献

1. Kouzai, Y., Kimura, M., Watanabe, M., Kusunoki, K., Osaka, D., Suzuki, T., Matsui, H., Yamamoto, M., Ichinose, Y., Toyoda, K., Matsuura, T., Mori, I.C., Hirayama, T., Minami, E., Nishizawa, Y., Inoue, K., Onda, Y., Mochida, K., and Noutoshi, Y., Salicylic acid-dependent immunity contributes to resistance against

## PRESS RELEASE

*Rhizoctonia solani*, a necrotrophic fungal agent of sheath blight, in rice and *Brachypodium distachyon*. *New Phytologist* 2018; 217: 771–783.

2. Kouzai, Y., Shimizu, M., Inoue, K., Uehara-Yamaguchi, Y., Takahagi, K., Nakayama, R., Matsuura, T., Mori, I., Hirayama, T., Abdelsalam, S.H.S., Noutoshi, Y., Mochida, K., BdWRKY38 is required for the incompatible interaction of *Brachypodium distachyon* with the necrotrophic fungus *Rhizoctonia solani*. *The Plant Journal* 2020; 10: 995–1008.
3. Niranjana Mahadevan, Rozi Fernanda, Yusuke Kouzai, Natsuka Kohno, Reiko Nagao, Khin Thida Nyein, Megumi Watanabe, Nanami Sakata, Hidenori Matsui, Kazuhiro Toyoda, Yuki Ichinose, Keiichi Mochida, Hiroshi Hisano, and Yoshiteru Noutoshi, Y., Distinct infection mechanisms of *Rhizoctonia solani* AG-1 IA and AG-4 HG-I+II in *Brachypodium distachyon* and barley. *Life* 2025; 15: 235.
4. Rozi Fernanda, Niranjana Mahadevan, Natsuka Kohno, Reiko Nagao, Megumi Watanabe, Nanami Sakata, Hidenori Matsui, Kazuhiro Toyoda, Yuki Ichinose, Yusuke Kouzai, Keiichi Mochida, and Yoshiteru Noutoshi, Quantitative resistance to *Rhizoctonia solani* AG-4 develops independently in leaves and roots of *Brachypodium distachyon*. *Frontiers in Plant Science* 2026;17: 1875734.

### ■論文情報

論文名 : Natural variation in *Brachypodium distachyon* primarily links lignin reinforcement to *Rhizoctonia solani* resistance

掲載誌 : *Plant, Cell & Environment*

著者 : Rozi Fernanda, Niranjana Mahadevan, Megumi Watanabe, Nanami Sakata, Hidenori Matsui, Kazuhiro Toyoda, Yuki Ichinose, and Yoshiteru Noutoshi

DOI : 10.1111/pce.70937

URL : <https://doi.org/10.1111/pce.70937>

### ■研究資金

本研究は、科学研究費補助金（JP21H02197、JP24K01759）の助成を受け実施しました。

#### <お問い合わせ>

岡山大学学術研究院環境生命自然科学学域（農）

教授 能年 義輝（ノウトシ ヨシテル）

（電話番号）086-251-8356



岡山大学は持続可能な開発目標（SDGs）を支援しています。