

## 作物を病気に強くする遺伝子が害虫の成長を抑制 —作物の新しい病害虫防除技術の開発に貢献—

農研機構と岡山大学は、イネの *BSR1*（ビーエスアールワン）遺伝子を強く働かせることにより、病害を防ぐだけでなく、葉を食べる害虫（クサシロキョトウの幼虫）の成長を抑制することを明らかにしました。この発見は、作物を病原菌と害虫の両方に強くすることができる新しい病害虫防除技術の開発につながります。

農作物はさまざまな病原菌が引き起こす病害だけでなく、害虫による養分の吸汁や葉の食害等を受けます。このような多様な外敵に対して複数の化学農薬（殺菌剤や殺虫剤等）を使用した防除が行われており、化学農薬使用量低減に向けて病原菌と害虫との両方に有効な新しい防除技術が求められています。

農研機構はこれまでに、イネを病原菌から守る遺伝子（病害抵抗性遺伝子）の探索を他機関と共同で行ってきました。2010年には、イネいもち病菌など4種類の病原菌に対する病害抵抗性遺伝子 *BSR1*<sup>1)</sup>をイネから発見し、その機能について調査を進めてきました。2023年2月には、この *BSR1* 遺伝子を遺伝子組換え技術によりサトウキビ、トマト、トレニアに導入して強く働かせた<sup>2)</sup>場合でも、病原菌に対して抵抗性を示すことを明らかにしました。

今回、農研機構と岡山大学は、東京大学、東京理科大学と共同で、*BSR1* 遺伝子を遺伝子組換え技術によりイネで強く働かせると、葉を食べる害虫（クサシロキョトウ<sup>3)</sup>の幼虫）に対する抵抗性が高まること、また、そのメカニズムにイネが生産する抗菌性化合物が関わることを明らかにしました。たった一つの遺伝子の働きが病原菌や害虫という幅広い外敵に抵抗性を示すことは珍しく、この発見は新しい病害虫防除技術の開発の糸口になると考えられます。

今後は、*BSR1* 遺伝子の作用メカニズムをさらに詳細に解明するとともに、*BSR1* 遺伝子の働きを強める技術を開発することにより、作物を病原菌と害虫の両方から守る新たな防除法につながると期待されます。また、幅広い種類の作物が *BSR1* に似た遺伝子を持っており、将来的にはこれらの作物に応用していくことも展望できます。

この成果は2023年6月20日に国際誌「*International Journal of Molecular Sciences*」に掲載されました。

### <関連情報>

予算：科学研究費補助金（20H02953、21H02196、21K05506）

## 問い合わせ先など

---

研究推進責任者：農研機構 生物機能利用研究部門 所長 中島 信彦

研究担当者：同 作物生長機構研究領域 研究員 神田 恭和

岡山大学 資源植物科学研究所 教授 Galis Ivan

准教授 新屋 友規

広報担当者：農研機構 生物機能利用研究部門 研究推進室 小川 智子

※取材のお申し込み・プレスリリースへのお問い合わせ

(メールフォーム) <https://www.naro.go.jp/inquiry/index.html>

岡山大学 総務・企画部 広報課

TEL 086-251-7292

本資料は農政クラブ、農林記者会、農業技術クラブ、筑波研究学園都市記者会、岡山大学記者クラブ、文部科学記者会、科学記者会に配付しています。

※農研機構（のうけんきこう）は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。  
新聞、TV等の報道でも当機構の名称としては「農研機構」のご使用をお願い申し上げます。

## 開発の社会的背景

世界的な人口増加に伴って食料需要が増大する中で、病虫害による作物の損失が大きな問題になっています。病虫害は、細菌や糸状菌（カビ）といった病原菌や、ウンカやガの幼虫などの害虫等の幅広い外敵によって引き起こされています。これらを防ぐために農薬が広く用いられていますが、農薬散布のコストや薬剤耐性・薬剤抵抗性の発達、使用量低減等による環境負荷の低減への対応が課題となっており、農薬に頼らない病虫害防除技術の開発が求められています。

## 研究の経緯

農研機構はこれまでに、食料供給の安定化や生産コストの削減、環境負荷の低減を両立することを目指したアプローチとして、作物そのものもつ病虫害に抵抗する仕組みを強化した病虫害抵抗性作物の開発に向けた研究を進めてきました。我々のグループでは、理化学研究所環境資源科学研究センター、岡山県農林水産総合センター生物科学研究所との共同研究で、イネいもち病など4種類の病原菌に対する抵抗性を与える遺伝子 *BSR1* をイネから発見しました（農業生物資源研究所（現農研機構）2010年12月6日プレスリリース「広範な植物病原菌に対する抵抗性を付与する遺伝子を発見」<https://www.naro.affrc.go.jp/archive/nias/press/20101206/>）。

また農研機構は2023年2月に、岡山県農林水産総合センター生物科学研究所との共同研究で、この *BSR1* 遺伝子を遺伝子組換え技術によりサトウキビ、トマト、トレニアに導入して強く働かせた場合でも病原菌に対して抵抗性を示すことを明らかにしました。（前田ら、2023年2月、*International Journal of Molecular Sciences* 誌）。植物において、*BSR1* 遺伝子は病原菌等の外敵からの防御に重要であると考えられます。そこで本研究では、この遺伝子の害虫に対する有効性を調べることにしました。

## 研究の内容・意義

1. 遺伝子組換え技術によりイネの品種「日本晴」で *BSR1* 遺伝子を通常より強く働かせると、イネ等の作物を食害する害虫クサシロキョトウの成長が抑制される（抵抗性が增強される）ことを室内実験で明らかにしました（図1）。
2. *BSR1* 遺伝子を強く働かせたイネが害虫に強くなる仕組みを調べました。植物は害虫の唾液が付着したことを感知して反応（防御応答）する仕組みを持っていることが知られていますが、詳細なメカニズムは明らかになっていませんでした。今回初めて、イネでは *BSR1* が昆虫の唾液によって誘導される防御応答に関与していることが明らかになりました。（図2）
3. イネはモミラクトン B<sup>4)</sup> と呼ばれる抗菌性化合物を生産することが知られていますが、*BSR1* 遺伝子を強く働かせたイネでは、モミラクトン B が通常のイネより有意に多く生産されていることが明らかになりました（図3A）。このことに注目し、クサシロキョトウの幼虫にモミラクトン B 入りのエサを食べさせる実験を行ったところ、幼虫の成長（体重増加）を抑制することができました（図3B）。

4. 以上の結果により *BSR1* 遺伝子が害虫の抵抗性に関与することが示され、一つの遺伝子によって多様な病原菌だけでなく害虫にまで強くなる珍しい防御機構が明らかになりました。

## 今後の予定・期待

---

農業生産の現場では今回実験に使用したクサシロキョトウの他に大きな被害をもたらす害虫が存在しており、それらへの有効性を評価していくことが重要です。病原菌への抵抗性を調べた以前の研究で、*BSR1* 遺伝子は遺伝子組換え技術により他の作物（サトウキビ、トマト、トレニア）に導入した場合でも働くことがわかっており、これらの作物が同じように害虫に対しても強くなることが期待できます。*BSR1* 遺伝子による病虫害抵抗性がどの種類の害虫に対して有効かをはっきりさせたいと、病原菌と害虫の両方に強い作物の作出などに利用することが考えられます。

## 用語の解説

---

### 1) *BSR1* (*Broad-Spectrum Resistance 1*) 遺伝子

遺伝子組換え技術によって強く働かせることによって、作物を様々な病原菌に対して強くすることができるイネの遺伝子です。タンパク質をリン酸化する酵素をコードしており、イネが病原菌を認識した際の信号伝達や防御応答に関与することがわかっています。

### 2) 強く働かせる

ここでは、*BSR1* タンパク質を通常よりも多く、かつ恒常的に作らせること（高発現）を表します。具体的には、常に遺伝子を発現させるような DNA 配列（構成的発現プロモーター）と *BSR1* 遺伝子をつなげたものを植物に導入することで、*BSR1* タンパク質がその植物の全身で常に作られるようになり、その働きが増強されます。

### 3) クサシロキョトウ

チョウ目（チョウやガの仲間）ヤガ科ヨトウ亜科に分類される害虫（ヨトウムシ）の一種です。幼虫がイネや小麦、トウモロコシなど様々な作物の葉を食べて加害します。日本では近い仲間の害虫アワヨトウと同時に発生することが多いことが知られています。ヨトウムシの仲間は農業生産に被害を与える主要な害虫として知られています。

### 4) モミラクトン B

イネが生産する「ファイトアレキシン」と呼ばれる抗菌性化合物の一種です。イネのファイトアレキシンは植物病原菌に対する抗菌性化合物として知られていましたが、クサシロキョトウのようなチョウ目害虫に対する効果はわかっていませんでした。

## 発表論文

---

*BSR1*, a Rice Receptor-like Cytoplasmic Kinase, Positively Regulates Defense Responses to Herbivory

Yasukazu Kanda, Tomonori Shinya, Satoru Maeda, Kadis Mujiono, Yuko Hojo, Keisuke Tomita, Kazunori Okada, Takashi Kamakura, Ivan Galis, & Masaki Mori  
*International Journal of Molecular Sciences* (2023) 24(12):10395.  
<https://doi.org/10.3390/ijms241210395>

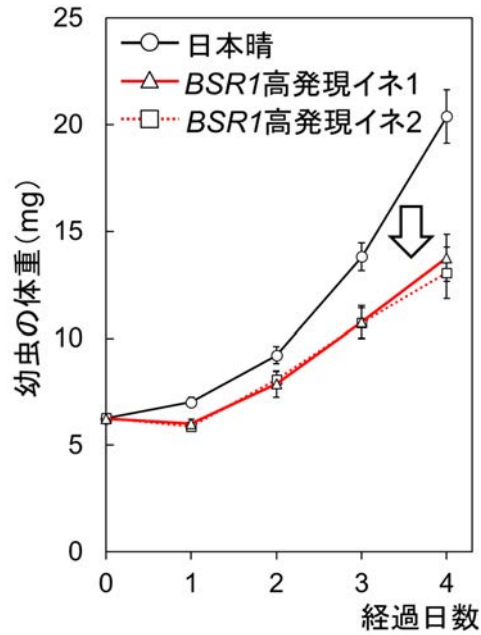


図1 BSR1 遺伝子を強く働かせたイネ (BSR1 高発現イネ) のヨトウ虫抵抗性

2 種類の BSR1 高発現イネまたは通常のイネ (日本晴) をエサとしてクサシロキヨトウの幼虫を育てる実験を行いました。BSR1 高発現イネをエサとして育てた幼虫では通常と比べて体重の増加が抑制されました。

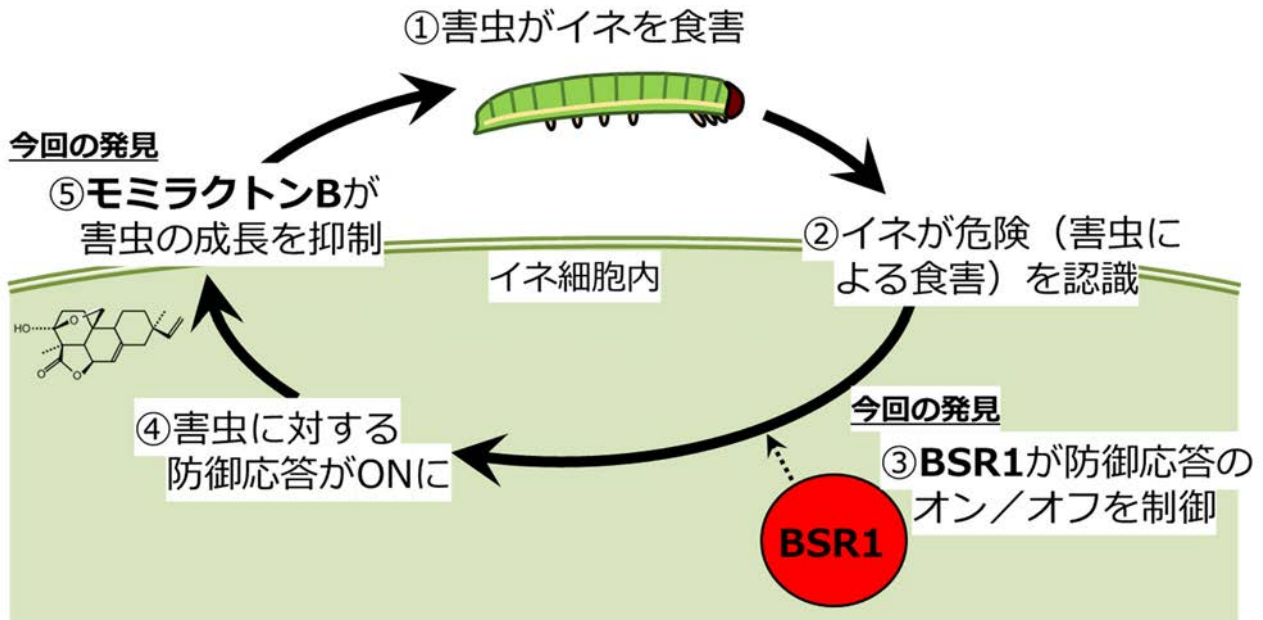
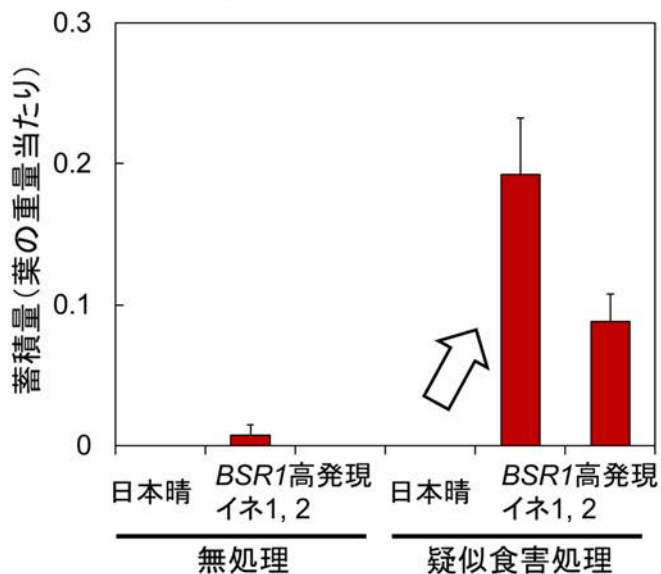


図2 BSR1 が害虫 (クサシロキヨトウ) に対するイネの防御応答を制御する

害虫が植物を食べると、植物は傷口に付着した害虫の唾液等に反応して防御応答を起こします。今回の研究で、この防御応答のオン/オフをBSR1が制御していることがわかりました (図中の③)。さらに、防御応答がオンになったイネが蓄積するモミラクトンBという化合物が、害虫の体重増加を抑制する効果を示すこともわかりました (図中の⑤; 詳しくは図3)。

(A) 疑似食害時のモミラクソンB蓄積量



(B) モミラクソンBの成長抑制効果

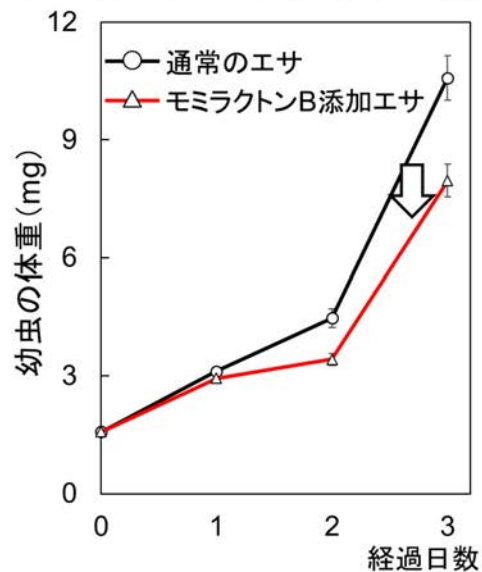


図3 イネ由来の抗菌性化合物モミラクソンBによるヨトウ虫成長抑制効果

(A) イネの葉に傷をつけてクサシロキヨトウの唾液を塗るという食害を模した処理（疑似食害処理）を行いました。通常のエサでのモミラクソンBの蓄積量は検出限界以下だったのに対し、BSR1高発現イネでは有意に多く蓄積していました。なおこの処理をしない場合はほとんど蓄積していませんでした。(B) モミラクソンBをエサに添加して幼虫を育てたところ、通常のエサと比べて幼虫の体重増加が抑制されました。