

## 天然素材を利用してダイズの病気を防ぐ ～植物病原菌に葉面を認識させないカモフラージュ作戦～

世界の農業現場では、植物病原菌の感染が原因の病気により、安定的な作物生産が脅かされています。その中でもダイズの生産現場では、ダイズさび病菌の感染により、多額の経済的損失が生じています。主な防除手段は殺菌剤の散布ですが、環境汚染や経済負担などさまざまな問題があり、持続可能な農業の実現につながる新たな防除方法の開発が求められています。

本研究では、植物由来のバイオマス素材であるセルロースナノファイバー（CNF）をダイズさび病の病害管理に応用することを検討しました。0.1%のCNFをスプレーで噴霧し、葉全体をCNFで覆ったダイズ葉では、ダイズさび病菌接種後の病斑数が無処理葉に比べて約50%減少しました。このことから、ダイズ葉をCNFで覆うとダイズさび病への耐性が付与されることが分かりました。更に解析を進めたところ、CNFで覆ったダイズ葉では、表面特性が疎水性から親水性に変化していました。また、ダイズさび病菌が植物表面から侵入する際に必要な感染器官である付着器の形成に関連する酵素をコードする遺伝子の発現が、無処理葉に比べて有意に抑制されることが、明らかになりました。

これらの結果から、CNFは、ダイズ葉の表面を親水性へ変化させることでダイズさび病菌が本来認識するはずの疎水性をカモフラージュし、ダイズさび病菌に対する抵抗性を付与することができたと考えられます。

本研究は、植物病原菌による病害の防除にCNFを適用した世界初の研究になります。

### 研究代表者

筑波大学生命環境系

石賀 康博 助教

## 研究の背景

食糧問題は地球規模の課題です。世界中の農業現場では、さまざまな植物病原菌による病気のため、安定的な作物生産が脅かされています。中でも、ダイズを宿主とするダイズさび病菌<sup>注1)</sup>の感染により、ダイズの生産現場では、多額の経済的損失が生じています。実際にブラジルでは、2003年から2014年の間で年間20億ドル以上の経済的損失が生じたことが報告されています。ダイズさび病菌に対しては、殺菌剤を用いた防除が主に行われています。しかし、殺菌剤の使用は、農業環境にいる有益な菌類を含めた微生物環境の攪乱などの環境汚染や生産者の経済的な負担、薬剤に対する耐性菌の出現の助長といった問題点を抱えています。従って、これらの問題点を解決し、持続可能な農業を実現するための新たな植物保護資材の開発が求められています。軽くて強い植物由来のバイオマス素材であるセルロースナノファイバー<sup>注2)</sup>(以下CNF)は、工業分野での利用例はありましたが、農業分野では利用されていませんでした。そこで、私たちは、CNFをダイズさび病の病害管理に応用することを検討しました。

## 研究内容と成果

本研究チームは、0.1%CNFをダイズ葉面上にスプレーで噴霧して葉面全体をCNFで覆うことで、ダイズさび病の発生が約50%抑制されることを世界で初めて明らかにしました。

ダイズさび病菌の感染は、宿主植物ダイズとの複雑な相互作用により進行していきます。初めに、ダイズ葉面に付着した夏孢子が葉面の疎水性を認識した後に発芽し、付着器<sup>注3)</sup>を形成することにより植物表皮細胞に直接貫入していきます。植物内への侵入後は、侵入菌糸を伸長し、宿主細胞から養分を吸収する吸器と呼ばれる器官を形成します(参考図左)。葉面全体をCNFで覆ったダイズ葉で、これら一連の感染過程を顕微鏡観察しました。その結果、CNFで覆った葉では、コントロール葉と比較してダイズさび病菌の感染に必要な付着器の形成が約50%に抑制されていました。

ダイズさび病菌はダイズ葉の表面特性を認識することにより、付着器を形成します。そこで、葉面全体をCNFで覆ったダイズ葉面の表面特性の解析を行いました。その結果、ダイズ葉面全体をCNFで覆うことで、ダイズ葉の表面特性が疎水性から親水性に変化することを明らかにしました。更に、親水性となったダイズ葉上では、付着器形成に必要なキチン合成酵素をコードする遺伝子の発現が有意に抑制されることも明らかになりました。

以上の結果から、CNFで覆ったダイズ葉では、ダイズさび病菌が表面特性を認識できないことからキチン合成酵素遺伝子が働かず、それにより付着器も形成されないために感染行動が阻害され、ダイズさび病の病害の発生が抑制されたことが明らかになりました(参考図右)。

## 今後の展開

本研究チームは、CNFによる植物病害防除の技術を、世界中で生産されているあらゆる農作物を脅かしている植物病原菌に使用できるようにするため、研究室や国内外の圃場で更なる研究を進めています。さまざまな種類の病原菌に対するCNFによる防除メカニズムを深く理解することで、農薬や殺菌剤を使わない、環境に優しい持続可能な農業の実現に一步近づくことができると考えています。

## 参考図

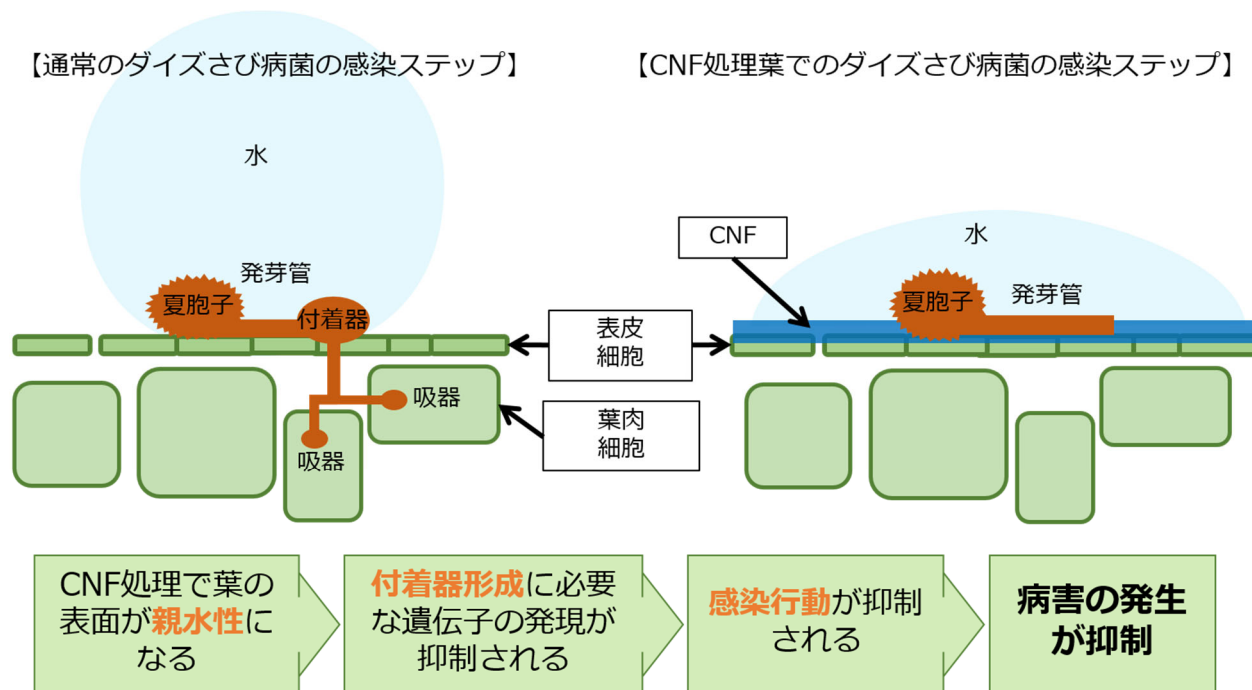


図 本研究の概略図

ダイズ葉表面をセルロースナノファイバー（CNF）で覆った際のダイズ葉とダイズさび病菌に与える影響を示した。まず、葉面をCNFで覆うことで、ダイズ葉表面の特性が疎水性から親水性に変化する。これにより、ダイズさび病菌の付着器形成に必要なキチン合成酵素遺伝子の発現の抑制が起こり、ダイズさび病菌の付着器形成率が低下する。その結果、ダイズさび病菌の感染行動が抑制され、病気の発生が減少する。

## 用語解説

注1) ダイズさび病菌

ダイズを含めたマメ科植物に寄生する真菌（*Phakopsora pachyrhizi*）によって引き起こされるダイズさび病は、南北アメリカのダイズ主要産地がその脅威にさらされている。本菌の感染に対して、適切な防除が施されない場合は、90%以上の減収となる。

注2) セルロースナノファイバー

植物の細胞壁の主な構成成分であるセルロースをナノレベルまで高度に微細化したバイオマス素材。直径が数～数十ナノメートルで、長さは数マイクロメートル程度。環境中で分解される生分解性という特徴をもつ。

注3) 付着器

ダイズさび病菌が感染初期に形成する器官。植物体表面に強固に付着し、そこから植物体内へ侵入菌糸を進展させる。

## 研究資金

本研究は、中越パルプ工業株式会社・丸紅株式会社との共同研究契約およびJST ERATO 野村集団微生物制御プロジェクトの一環として実施されました。

## 掲載論文

【題名】 Covering soybean leaves with cellulose nanofiber changes leaf surface hydrophobicity and confers resistance against *Phakopsora pachyrhizi*

(ダイズ葉をセルロースナノファイバーで覆うことにより葉表面の疎水性が変化し、ダイズさび病菌に対する抵抗性が付与される)

【著者名】 Haruka Saito (齊藤 悠香 筑波大学理工情報生命学術院・生命地球科学研究群・生物資源科学学位プログラム博士前期課程 2 年)、Yuji Yamashita (山下 祐司 筑波大学生命環境系助教)、Nanami Sakata (坂田 七海 筑波大学理工情報生命学術院・生命地球科学研究群・農学学位プログラム博士後期課程 2 年・日本学術振興会特別研究員 DC2)、Takako Ishiga (石賀 貴子 筑波大学生命環境系 研究員 (当時))、Nanami Shiraishi (白石 菜奈美 筑波大学理工情報生命学術院・生命地球科学研究群・生物資源科学学位プログラム博士前期課程 2 年)、Giyu Usuki (臼杵 義侑 筑波大学理工情報生命学術院・生命地球科学研究群・生物資源科学学位プログラム博士前期課程 2 年)、Viet Tru Nguyen (筑波大学理工情報生命学術院・生命地球科学研究群・農学学位プログラム博士後期課程 1 年・Western Highlands Agriculture and Forestry Science Institute, Vietnam)、Eiji Yamamura (山村 英司 筑波大学研究支援アソシエイト)、Yasuhiro Ishiga (石賀 康博 筑波大学生命環境系 助教)

【掲載誌】 Frontiers in Plant Science

【掲載日】 2021 年 9 月 3 日

【DOI】 10.3389/fpls.2021.726565

## 問合わせ先

【研究に関すること】

石賀 康博 (いしが やすひろ)

筑波大学生命環境系 助教

URL: <https://trios.tsukuba.ac.jp/researcher/0000003518>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報室

TEL: 029-853-2040

E-mail: [kohositu@un.tsukuba.ac.jp](mailto:kohositu@un.tsukuba.ac.jp)