

2020年10月22日

報道関係者各位

奈良先端科学技術大学院大学
理化学研究所
自然科学研究機構 基礎生物学研究所

寄生植物の宿主植物への侵入に必要な遺伝子を同定 ～深刻な病害寄生植物の防除法開発に期待～

発表のポイント

- ・寄生植物コシオガマのゲノムを解読し、その変異体から宿主侵入に関わる主要な遺伝子同定に成功
- ・寄生植物は植物がつくるエチレンのシグナル (情報伝達機構) を使って吸器の伸長と侵入を制御している
- ・寄生植物は宿主植物のエチレンを感知して侵入を開始する

【概要】

奈良先端科学技術大学院大学 (学長: 横矢直和) 先端科学技術研究科バイオサイエンス領域のツイ・スンクイ特任助教、吉田聡子教授らは、理化学研究所環境資源科学研究センターの白須賢グループディレクター、基礎生物学研究所の長谷部光泰教授らとの共同研究により、寄生植物が、宿主になる他の植物を認識し、植物体内への侵入を果たす仕組みを明らかにしました。宿主がつくるエチレンという生理作用を調節する植物ホルモン (シグナル伝達物質) を感知することにより、侵入を開始するので、その機構に関わる主要な遺伝子を初めて突き止めました。この成果は、大きな被害をもたらしている作物の病害を起こす寄生雑草の防除につながる応用が期待されます。

寄生植物は、他の植物 (宿主植物) に寄生して栄養を奪って生育します。寄生植物に寄生された宿主はダメージを受けてしまい、なかでもストライガやオロバンキなどハマウツボ科の一部の寄生植物は農業病害雑草として、世界的に大きな農業被害をもたらしています。この科の寄生植物は、「吸器」と呼ばれる寄生器官を自身の根に作り、吸器を宿主の根に付着させ、その組織の中に侵入したうえ、維管束をつなげて栄養を吸収します。しかし、吸器がどうやって宿主の根の位置を認識し、組織内に侵入するのかは全くわかっていませんでした。

今回研究チームは、日本に自生するコシオガマという寄生植物を使って、吸器の伸長が止まらず、宿主に侵入できない変異体を単離しました。また、ゲノム (遺伝情報) 解析により、この現象 (表現型) がエチレンのシグナル伝達に関わる遺伝子の異常に基づいて生じていることを突き止めました。つまり、寄生植物のエチレンのシグナル伝達に異常が生じると宿主の存在を認識できず、侵入することができないことが分かりました。さらに、エチレンを作れない宿主植物に寄生植物を感染させると、寄生率が低下したことから、寄生植物は、宿主植物が生産するエチレンを認識して侵入していることが明らかとなりました。これは、宿主の侵入に必要な遺伝子を初めて明らかにしたものであり、病害寄生雑草の防除法の開発への応用が期待されます。

この研究成果は、2020年10月28日(水) 午後2時 (日本時間 2020年10月29日(木) 午前3時) 付で Science Advances (サイエンス・アドバンス) に掲載されます。

【背景と内容】

寄生植物は他の植物に寄生して水分や栄養を吸収して生育します。ストライガやオロバンキなどのハマウツボ科寄生植物は、イネやトウモロコシなどの穀物や、ニンジン、トマトなどの野菜に寄生するため、世界各地で甚大な農業被害をもたらしています。ハマウツボ科の寄生植物は、根に「吸器」と呼ばれる特殊な寄生器官を形成して、宿主植物の根に侵入し寄生を成立させます(図1)。吸器は根に形成されるコブ状の器官で、宿主由来の誘導物質によって誘導され、宿主の根の表面に到達すると細胞の形を変えて宿主組織内への侵入を開始します。しかし、これまで、寄生植物の宿主への侵入に必要な遺伝子は分かっていませんでした。

今回研究チームは、ストライガと同じハマウツボ科に属する寄生植物コシオガマ(図1)を用いて、宿主植物へ侵入ができない変異体を2つ単離しました。通常、吸器は宿主の存在を認識して宿主植物の根まで伸び、宿主の根の表面に到達すると侵入を開始します。しかし、変異体では、吸器が野生型に比べて長く伸びる性質を持ち、宿主植物に到達しても侵入できないことが分かりました(図2)。つまり、変異体では、吸器の伸長の停止と侵入の開始を司る遺伝子が壊れていると考えられました。また、吸器の誘導物質が存在するが宿主が近傍にいない状況では、野生型の吸器は数日で伸長を停止しますが、変異体の吸器では伸長を停止できないことも分かりました。このことは、野生型の寄生植物は近くに宿主がいると吸器を伸長させ、いなければ吸器の伸長を止めることができるのに、変異体では、宿主がいなくても吸器の伸長を止めることができないことを示しています。

この変異の原因となる遺伝子を同定するために、研究チームでは、コシオガマのゲノムを解読しました。変異体のゲノムと野生型のゲノムを比較することにより、変異を持つ遺伝子を同定することに成功しました。その結果、果実の成熟や植物の発達を制御する植物ホルモンであるエチレンのシグナル伝達で重要な役割を持つ遺伝子 **EIN2** とエチレン受容体 **ETR1** に変異が生じていたことが明らかになりました。このことから、寄生植物はエチレンのシグナルを感知して、吸器の伸長を停止し、宿主へ侵入することが分かりました。

しかし、寄生植物も宿主植物もどちらも植物ですので、同様にエチレンを生成することができます。そこで、エチレンの生成ができないシロイヌナズナ(宿主)の変異体を使って、コシオガマを感染させたところ、吸器の侵入率が著しく落ちることが分かりました。このことから、寄生植物は宿主へ到達すると、宿主由来のエチレンを感知して侵入を開始することが明らかになりました。

また、宿主植物の根の滲出液には、吸器の伸長を促進する効果があることが分かりました。エチレンをかけると吸器の伸長は停止するため、宿主植物が近傍にいる場合に、寄生植物は自らのエチレン

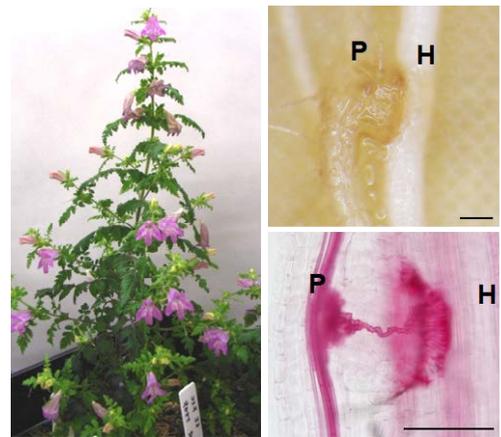


図1 コシオガマと寄生の様子
コシオガマ植物体(左)、宿主植物(H)に寄生するコシオガマ(P)の吸器(右上)、吸器内部の道管細胞を赤く染色した(右下)。宿主と寄生植物が吸器を介して繋がっている。

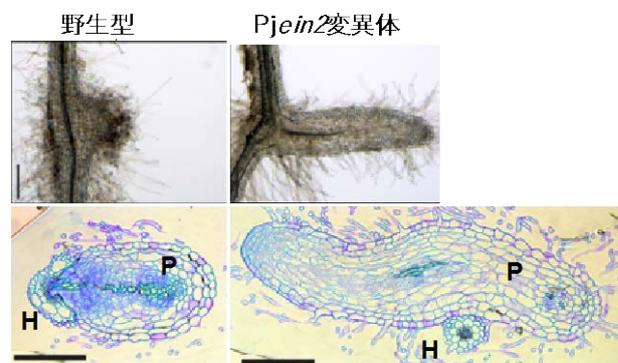


図2 吸器が伸張し侵入ができないコシオガマ変異体
吸器の誘導物質が存在するが、宿主がいない条件におけるコシオガマ野生型と変異体(上)。シロイヌナズナ(H)に感染させたコシオガマ(P)の吸器の横断切片(下)。Pjein2変異体では、宿主の組織内に入れず、そのまま伸張し続ける。

シグナルの制御によって宿主に到達するまで吸器を伸長させ、宿主に到達すると宿主植物由来のエチレンを感知して侵入を開始するという仕組みが明らかになりました (図 3)。

【今後の展開】

本研究によって、寄生植物が植物ホルモンであるエチレンを巧みに利用して、宿主植物へたどり着き、侵入していることが明らかになりました。エチレンはストライガの発芽誘導物質としても知られており、実際、アメリカでは、侵入したストライガを駆除する方法として、他の植物に寄生する前に強制的に発芽させて栄養不足に陥らせて死滅に導く自殺発芽物質として用いられました。本研究でエチレンの新たな機能がわかったことにより、これまでの自殺発芽法が有効ではなかった種の寄生雑草についても活用が進むと期待されます。

また、本研究では、寄生植物コシオガマのゲノム解読を行い、コシオガマ変異体からの遺伝子同定を行いました。これは、寄生植物を使った分子遺伝学として初めての報告であり、この実験系を用いて寄生植物の寄生機構の解明が更に進むと期待されます。

【用語解説】

寄生植物：他の植物の組織内に侵入し、維管束を連結させて栄養を吸収する植物。

ストライガ：魔女の草とも呼ばれるハマウツボ科の寄生植物。イネやトウモロコシに寄生し、アフリカの半乾燥地域を中心に年間 10 億ドルを超える農業被害をもたらしている。

宿主植物：寄生植物に寄生される植物。

吸器：寄生植物が形成する特殊な寄生器官。宿主への付着、侵入、栄養吸収の機能を持つ。

エチレン：気体の植物ホルモン。果実の成熟や根の発達、葉の老化など様々な生理学的機能を持つ。

変異体：ゲノム中に変異を入れることで異常な形態や機能を持つようになった植物。

変異原因遺伝子：変異体の異常な形態、機能の原因となっている遺伝子。

野生型：変異が入っていない植物体のこと。

EIN2：ETHYLENE INSENSITIVE 2 エチレンシグナル経路の鍵遺伝子。変異が入るとエチレン非感受性になることが知られている。

ETR1：ETHYLENE RESPONSE 1 エチレン受容体をコードする遺伝子。

ゲノム解読：ある生物のゲノムを全て明らかにすること。

【掲載論文】

雑誌名：Science Advances

論文タイトル：Ethylene signaling mediates host invasion by parasitic plants

著者：Songkui Cui, Tomoya Kubota, Tomoaki Nishiyama, Juliane K. Ishida, Shuji Shigenobu, Tomoko F. Shibata, Atsushi Toyoda, Mitsuyasu Hasebe, Ken Shirasu, Satoko Yoshida

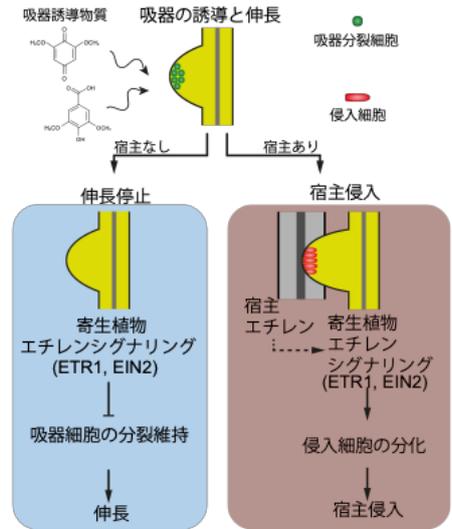


図 3 寄生植物の吸器の伸長と侵入におけるエチレンの役割。

【研究に関するお問い合わせ先】

奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 バイオサイエンス領域 植物共生学研究室
教授 吉田 聡子

TEL : 0743-72-5481 E-mail : satokoy[at]bs.naist.jp

理化学研究所環境資源科学研究センター 植物免疫研究グループ
グループディレクター 白須 賢

TEL : 045-503-9574 E-mail : ken.shirasu[at]riken.jp

【報道に関するお問い合わせ先】

奈良先端科学技術大学院大学 企画・教育部 企画総務課 広報渉外係

TEL: 0743-72-5026 E-mail: s-kikaku[at]ad.naist.jp

理化学研究所 広報室 報道担当

E-mail: ex-press[at]riken.jp

基礎生物学研究所 広報室

TEL: 0564-55-7628 E-mail: press[at]nibb.ac.jp