

Press Release

本件の取扱については下記のとおりといたします。

新聞：2月26日付朝刊解禁

放送・Web：2月26日AM1時解禁

この資料は、兵庫県教育委員会記者クラブ、神戸民放記者クラブ、大阪科学・大学記者クラブ、栃木県政記者クラブ、文部科学記者会、科学記者会に配信しています。

2019年2月22日

国立大学法人 神戸大学
国立大学法人 宇都宮大学
国立研究開発法人 科学技術振興機構
独立行政法人 国際協力機構

食糧生産に甚大な被害をもたらす 寄生植物ストライガの養水分収奪機構を解明 ～“魔女の雑草”防除方法の開発に期待～

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS^{注1}）の一環として、神戸大学大学院農学研究科の杉本幸裕教授の研究グループは、宇都宮大学バイオサイエンス教育研究センターの岡本昌憲助教らとの共同研究により、サブサハラアフリカ地域で食糧生産に甚大な被害をもたらしている根寄生雑草 *Striga hermonthica*（ストライガ^{注2}）が、高い蒸散^{注3}を維持するために特異なタンパク質を持っていることを発見しました。ストライガは宿主から吸い上げて自身に向かう蒸散流によって養水分を収奪していると考えられることから、このタンパク質はストライガ防除方法の開発に向けた新たな標的になると期待されます。

この研究成果は、2月26日（日本時間）に、国際学術雑誌「Nature Plants」に掲載される予定です。

ポイント

- ✓ ストライガはサハラ砂漠以南のアフリカで食糧生産を阻害する深刻な生物的要因である。
- ✓ ストライガは活発に蒸散を維持することで宿主の養水分を奪って生育する。
- ✓ 気孔を閉鎖して蒸散を低下させる植物ホルモン「アブシシン酸（ABA）^{注4}」の働きがストライガでは欠落していることを発見し、その原因が脱リン酸化タンパク質の一つ ShPP2C1 であることを突き止めた。
- ✓ 本研究成果は、ストライガの養水分収奪において重要な役割を担う ShPP2C1 が新たなストライガ防除方法開発の標的になる可能性を示している。

研究の背景

ストライガはサハラ砂漠以南のアフリカを中心に分布する寄生植物です。トウモロコシ、ソルガム、ミレット、イネ、コムギなど主要なイネ科作物の根に寄生し、宿主から養水分を収奪して生育します。アフリカではストライガによる農業被害が年間一兆円にも達すると推定されています（図 1）。ストライガは葉から盛んに蒸散することで、地下の結合部を通して宿主から養分や水分を吸い上げると考えられます（図 2）。乾燥条件下で、植物は一般に水分損失を抑えるために蒸散を抑制しますが、ストライガは高い蒸散を維持します。そのため、乾燥した地域ほど効率的に宿主から養水分を奪い取ることができます。しかし、ストライガが高い蒸散を維持できるメカニズムは明らかになっていませんでした。



図 1: ストライガの被害が深刻なソルガム畑(スーダン)



図 2: ストライガの養水分収奪モデル

研究の内容

植物は乾燥ストレスにさらされると「アブシシン酸 (ABA)」という植物ホルモンを合成し、これをシグナルとして気孔を閉鎖し蒸散を低下させることで、乾燥ストレスに抵抗性を示します。本研究グループは、まず、ストライガの ABA 合成能力および ABA 応答について調べました。その結果、ストライガの葉は ABA を高濃度に蓄積しており、外部から ABA を与えても蒸散がほとんど低下しないことを見出しました。これによりストライガの蒸散が低下しない原因は ABA の受容以降の情報伝達の異常にあると考えられました。

植物の ABA 情報伝達経路は 2C 型脱リン酸化酵素(PP2C)^{注 5}によって抑制されることが知られています。乾燥に反応して植物体内の ABA 濃度が高まると、ABA は受容体 (PYL^{注 6}) と結合します。ABA を包み込んだ受容体は活性化され、PP2C の機能を阻害します。これによって ABA 情報伝達経路の抑制が解除され、蒸散の低下を引き起こします（図 3）。

本研究グループはストライガの複数の ShPYL^{注7} および ShPP2C^{注7} 遺伝子を単離し、それらの機能を解析しました。その結果、単離したすべての ShPYL 受容体の機能はいずれも正常であるのに対し、4 種単離した ShPP2C(1~4)のうち、ShPP2C1 は ABA と PYL の存在下でも ABA 情報伝達を抑制し続ける機能があることを見出しました (図 3)。また ShPP2C1 は他の植物の PP2C には認められない特徴的なアミノ酸変異を持っていました。そこでモデル植物であるシロイヌナズナ^{注8}の正常な PP2C のひとつ AtABI1^{注7}のアミノ酸配列の一部を ShPP2C1 様に変化させた (AtABI1^{5 mutations})ところ、PYL による阻害を受けない性質を付与することができました。この ShPP2C1 と AtABI1^{5 mutations} 遺伝子をシロイヌナズナに形質転換すると ABA 感受性が低下し、乾燥条件でも蒸散が低下しにくくなりました (図 4)。

以上の結果から、PP2C の数ヶ所のアミノ酸変異をきっかけに PP2C の性質が変化したことで、ストライガは ABA 感受性を低下させ、乾燥条件でも高い蒸散を維持できるようになったと考えられます。

陸上植物は水分条件が絶えず変動する環境を生き抜くために ABA 情報伝達機構を獲得・維持しています。しかし、ストライガは寄生生活に適応する過程でこの伝達機構を喪失し独自の養水分収奪方法を獲得したと考えられます。

今後の展開

本研究成果はストライガの養水分収奪において ShPP2C1 が重要な役割を担っていることを示唆しており、この分子を標的とした新たなストライガ防除方法の開発が可能となることを示しています。ShPP2C1 の機能を抑えることができれば、ストライガの ABA 応答を回復させ、養水分収奪能力を低下させられると期待されます。今後、ShPP2C1 の構造をより詳細に解析することで、ShPP2C1 の機能を抑える薬剤の開発が展望できます。

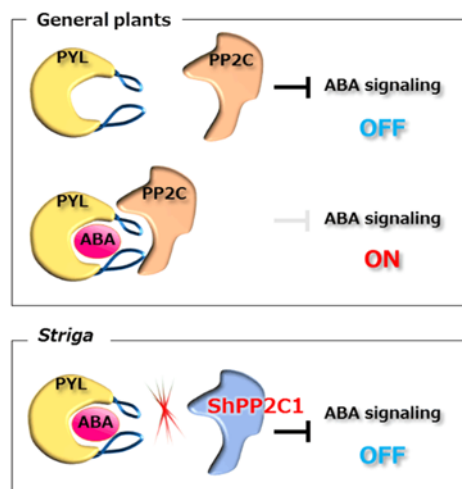


図 3: ABA 受容機構の模式図

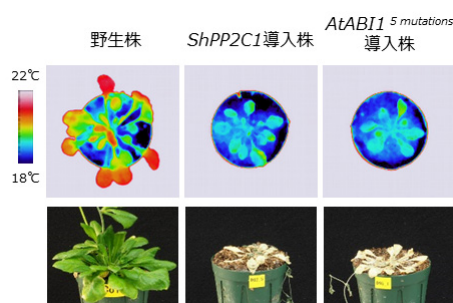


図 4: 各遺伝子の導入が蒸散に与える影響

上段: サーモグラフィー写真。蒸散しているほど温度が下がり青く見える。

下段: 遺伝子導入株は給水を止めると蒸散が止まらず枯死してしまう。

用語解説

1. SATREPS

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS、サトレップス）とは、国立研究開発法人 科学技術振興機構（JST）、独立行政法人 国際協力機構（JICA）の連携により、地球規模課題解決のために日本と開発途上国の研究者が共同で研究を行う 3～5 年間の研究プログラム。日本国内など、相手国内以外に必要な研究費については JST が委託研究費として支援、開発途上国内に必要な経費については、JICA が技術協力プロジェクト実施の枠組みにおいて支援する。国際共同研究全体の研究開発マネジメントは、国内研究機関へのファンディングプロジェクト運営ノウハウを持つ JST と、開発途上国への技術協力を実施する JICA が協力して行う。

JST ホームページ：<https://www.jst.go.jp/global/about.html>

JICA ホームページ：<http://www.jica.go.jp/activities/schemes/science/index.html>

2. *Striga hermonthica*（ストライガ, Giant witchweed）

サハラ砂漠以南のアフリカに広く分布する寄生雑草の一種。これらの地域の主要作物であるソルガム、トウモロコシ、ミレットなどの根に寄生し、収量を大幅に低下させる。“魔女の雑草”とも呼ばれ、0.2 mm 程度の小さな種子を一個体が何万粒も生産するため、いったん耕作地に侵入すると駆除することは極めて困難である。アフリカの食糧生産を阻害する最大の生物的要因であり、被害は拡大の一途を辿っているため、防除方法の確立が喫緊の課題となっている。

3. 蒸散

植物体内の水分が気孔と呼ばれる小さな穴(数 μm (マイクロメートル) 程度)から水蒸気として排出される現象。植物体内の水の約 90%は、この小さな穴を通じて失われる。これにより植物の根から地上部に向けての水の流れが形成され、根が土壌から水分を吸収する際の推進力となる。

4. アブシシン酸（アブシジン酸や abscisic acid を略して ABA とも表記される）

植物が乾燥時に生合成する植物ホルモンの一種。種子や芽の休眠、蒸散の低下など、植物の環境ストレスに対する耐性を高める作用を有する。陸上植物は ABA の生合成および情報伝達経路を保有しているとされ、植物の陸上進出に必須の物質であると考えられている。

5. 2C 型脱リン酸化酵素（Protein phosphatase 2C; PP2C）

タンパク質からリン酸を取り除く反応（脱リン酸化）を触媒する酵素群の一つ。一部のタンパク質はリン酸化－脱リン酸化によって機能が調節されることから、脱リン酸化酵素はタ

ンパク質のスイッチとしての役割を持つ。ABA の情報伝達に関わる PP2C は下流の ABA 情報伝達タンパク質を脱リン酸化することで機能を抑制する。モデル植物であるシロイヌナズナには約 80 種類の PP2C が存在し、その内 9 種類が ABA の情報伝達に関わる。本研究ではストライガから単離した 4 種の PP2C のうち、ShPP2C1 が ABA 受容体の制御を受けず、常に ABA の情報伝達を負に制御していることを明らかにした。

6. Pyrabactin resistance like protein (PYL)

植物の ABA 受容体タンパク質。ABA を受容することで構造が変化し、PP2C と結合できるようになる。PYL の結合によって PP2C は脱リン酸化酵素としての機能が阻害されるため、ABA 情報伝達経路が活性化する。

7. ShPYL, ShPP2C, AtABI1

ShPYL と ShPP2C の Sh はストライガの学名 *Striga hermonthica* のイニシャルであり、ストライガの PYL と PP2C を意味する。AtABI1 の At はシロイヌナズナの学名 *Arabidopsis thaliana* のイニシャルであり、複数存在する AtPP2C のなかの 1 つ。AtABI1 は ABA のシグナル伝達の研究で、古くから研究知見が蓄積している。

8. シロイヌナズナ

植物研究において最も広く用いられているモデル植物。遺伝子組換えによって外来の遺伝子を導入する方法が確立されているため、他の植物の遺伝子を組み込んで、植物体内でどのような機能を持つのか調べる際に用いることができる。

謝辞

本研究は国立研究開発法人 科学技術振興機構 (JST)、独立行政法人 国際協力機構 (JICA) 連携プログラム地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS) 「ストライガ防除による食料安全保障と貧困克服」(研究代表者: 杉本幸裕)、JST 戦略的創造研究推進事業 さきがけ「フィールドにおける植物の生命現象の制御に向けた次世代基盤技術の創出 (研究総括: 岡田清孝)」における研究課題「化学遺伝学的手法を利用した乾燥ストレス適応型作物設計」(研究者: 岡本昌憲)、日本学術振興会 (JSPS) 二国間交流事業 共同研究 (研究代表者: 杉本幸裕)、JSPS 科学研究費「稲作に対する根寄生雑草ストライガの脅威の検証と抵抗性・耐性機構の解明」(研究代表者: 杉本幸裕)、「化学遺伝学的手法によるアブジン酸シグナル伝達機構の解明」(研究代表者: 岡本昌憲)、鳥取大学乾燥地研究センター共同研究 (研究代表者: 杉本幸裕)等の支援を受けて行ったものです。

論文情報

・タイトル

“Aberrant protein phosphatase 2C leads to abscisic acid insensitivity and high transpiration in parasitic *Striga*”

・著者

Hijiri Fujioka, Hiroaki Samejima, Hideyuki Suzuki, Masaharu Mizutani, Masanori Okamoto, Yukihiro Sugimoto

・掲載誌

Nature Plants

研究に関する問い合わせ先

■神戸大学大学院農学研究科

教授 杉本 幸裕

TEL : 078-803-5884 E-mail : yukihiro@kobe-u.ac.jp

■宇都宮大学バイオサイエンス教育研究センター

助教 岡本 昌憲

TEL : 028-649-5555 E-mail : okamo@cc.utsunomiya-u.ac.jp

SATREPS 事業に関する問い合わせ先

■科学技術振興機構 国際部 (SATREPS グループ)

加藤 裕二

TEL : 03-5214-8085 E-mail : global@jst.go.jp

報道に関する問い合わせ先

■神戸大学総務部広報課

TEL : 078-803-6678 E-mail : ppr-kouhoushitsu@office.kobe-u.ac.jp

■宇都宮大学企画広報部企画広報課

TEL : 028-649-5201 E-mail : kkouhou@miya.jm.utsunomiya-u.ac.jp

■ 科学技術振興機構（JST） 広報課

TEL : 03-5214-8404 E-mail : jstkoho@jst.go.jp

■ 国際協力機構（JICA） 広報室報道課

TEL : 03-5226-9780 E-mail : mptme@jica.go.jp

JICA 事業に関する問い合わせ先

■ 国際協力機構（JICA） 広報室報道課

TEL : 03-5226-9780 E-mail : mptme@jica.go.jp