

植物のストレス耐性と成長のバランスを コントロールする新しいホルモンの発見 ～作物の収量増加にも応用可能～

【本研究のポイント】

- ・ 植物は、自然環境下における病害・温度・塩などのストレスに適応するために、成長に使うエネルギーの一部を状況に応じてストレス応答に回すしくみを持つ。そのため、ストレス応答が活性化すると、代償として成長は抑制される。
- ・ 本研究では、ストレス応答と成長の切り替えをコントロールするホルモンを新たに発見した。
- ・ このホルモンのはたらきにより、ストレスによってダメージを受けた部位の周辺だけでストレス応答を活性化させ、植物体全体の成長への影響を最小限にとどめつつ、ダメージ部位の拡大を防いでいると考えられる。
- ・ 本成果に着目すれば、ストレス耐性と収量のバランスを最適化した作物の作出も可能となる。

【研究概要】

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学大学院理学研究科の松林 嘉克 教授、大西 真理 助教らの研究グループは、植物のストレス応答と成長の切替を制御するペプチドホルモン^{注1)} PSY とペプチドホルモン受容体^{注2)} PSYR を新たに発見しました。

植物は、自然環境下における病害・温度・塩などのストレスに適応するために、成長に使うエネルギーの一部を状況に応じてストレス応答に回すしくみを持っており、ストレス応答が活性化すると、代償として成長は抑制されます。このしくみは、「成長とストレス応答のトレードオフ」と呼ばれ、長い研究の歴史がありますが、これまではストレスを受けた細胞自身の中で起こる応答に着目した研究がほとんどでした。

本研究では、細胞間を移行して離れた細胞に作用できるペプチドホルモン PSY とその受容体 PSYR が、ストレス応答の ON と OFF を切り替えていることを発見しました。PSY と PSYR のはたらきにより、ストレスによってダメージを受けた部位の周辺部だけにストレス応答を誘導できるため、効率よくダメージ部位の拡大を防ぐことができます。このしくみに着目すれば、トレードオフの関係にあるストレス耐性と収量のバランスを最適化した作物の作出も可能になります。

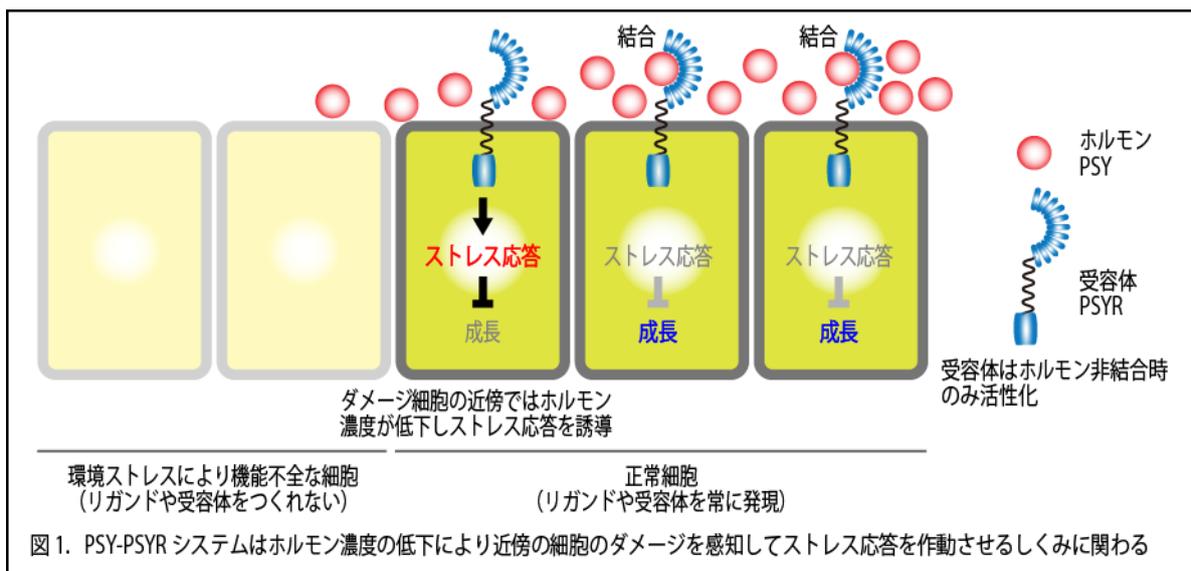
本研究成果は、2022年10月14日午前4時(日本時間)付アメリカ科学誌「Science」に掲載されました。

【研究背景と内容】

植物は、自然環境下における病害・温度・塩などのストレスに適応するために、本来は成長に使うエネルギーの一部を状況に応じてストレス応答に回すしくみを持っています。そのため、植物がストレスを感知すると、ストレスに耐えるためのタンパク質や有機物を合成するためにエネルギーが使われ、その代償として成長は抑制されます。この概念は「成長とストレス応答のトレードオフ」と呼ばれ、長い研究の歴史がありますが、これまではストレスを受けた細胞自身の応答についての研究がほとんどでした。

本研究グループは、シロイヌナズナを実験材料として、これまで機能が分かっていなかったペプチドホルモン PSY ファミリーの解析を進めていました。その過程で PSY を認識する受容体 (PSYR) を発見し、この PSYR を欠損するシロイヌナズナを作出したところ、成長が促進された一方で、病害・高温・高塩濃度などの様々な環境ストレスに弱くなっていることに気がつきました。

詳しく調べた結果、受容体 PSYR は、ホルモン PSY が存在しない場合にストレス応答に関わる様々な遺伝子群の発現を誘導し、逆に PSYR に PSY が結合するとストレス応答は誘導されることが明らかになりました。非ストレス下で生育している植物では PSY が全身的に発現してストレス応答は抑制されており、成長が促されていました。さらに様々なストレスにより組織にダメージを与えた場合におけるストレス応答遺伝子群の発現パターンから、以下のようなモデルを提唱しました (図 1)。



すなわち、ストレスによって細胞が機能不全になった部位ではホルモン PSY がつくられなくなるため、周辺の PSY 濃度が減少します。これにより、ダメージ部位に隣接した細胞群のみで受容体 PSYR が活性化されてストレス応答が誘導されます。細胞間を移行して離れた細胞に作用できるホルモンの性質をうまく利用して、ストレスによってダメージを受けた部位の周辺部だけにストレス応答を誘導し、植物体全体の成長への影響を最小限にとどめつつ、効率よくダメージ部位の拡大を防いでいるものと考えられます。

【成果の意義】

本研究の意義は二つあります。一つ目は、個々の植物細胞が近傍の細胞の機能不全を知るための新しいしくみが明らかになったことです。ストレスを受けて機能不全に

陥った細胞には自ら危機を周囲に知らせるシグナルを出す余裕はもはやありません。そこで普段はホルモン PSY を分泌して周囲の細胞のストレス応答を抑えておき、機能が不全に陥って PSY を分泌できなくなると自動的に周囲の細胞でストレス応答が誘導されるというしくみを進化させたものと考えられます。

二つ目は、遺伝子操作によって受容体 PSYR を欠損させた植物は、ストレス耐性が低下する代わりに成長が促進されたことから、トレードオフの関係にあるストレス耐性と収量のバランスを最適化した作物の作出が可能になる点です。近年は植物工場で生産される野菜も増えていますが、屋内の低ストレス環境で栽培する場合に、野外の変動環境に耐えるための強靱なストレス応答システムは必ずしも必要ではありません。植物工場用に受容体 PSYR のはたらきを弱めた品種を作出すれば、制御された環境下では、より収量を高めることができる可能性があります。

本研究は、平成 30 年度から始まった科研費・基盤研究(S) (課題番号 18H05274) および令和 2 年度から始まった学術変革研究(A) (課題番号 20H05907) の支援のもとで行われたものです。

【用語説明】

注 1) ペプチドホルモン：

アミノ酸が十数個結合した小さいタンパク質のうち、細胞に対し微量で特定の生理作用を引き起こす活性をもつもの。

注 2) ペプチドホルモン受容体：

細胞の表面に存在し、ペプチドホルモンの結合の有無に依存して、細胞内で特定の遺伝子群の発現を誘導するはたらきをもつ。通常は、ホルモンが結合すると遺伝子発現が誘導されるが、PSYR は逆で、ホルモン PSY が結合していない場合に遺伝子発現を誘導する。

【論文情報】

雑誌名：Science

論文タイトル：Peptide ligand-mediated trade-off between plant growth and stress response

著者：Mari Ogawa-Ohnishi, Tomohide Yamashita, Mitsuru Kakita, Takuya Nakayama, Yuri Ohkubo, Yoko Hayashi, Yasuko Yamashita, Taizo Nomura, Saki Noda, Hidefumi Shinohara, Yoshikatsu Matsubayashi

DOI: 10.1126/science.abq5735

URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abq5735>