

## 長年の謎だったアブシジン酸生産の鍵となる酵素を発見

～食糧問題や緑化に資する植物ホルモン・アブシジン酸の大量合成に道を拓く～

### ポイント

- ・種子の休眠やストレス応答に関わるアブシジン酸の炭素骨格をつくる鍵となる酵素の同定に成功。
- ・遺伝子組換え技術を使ってアブシジン酸の人工生産を達成。
- ・食料問題や緑化に資するアブシジン酸の大量合成に期待。

### 概要

北海道大学大学院理学研究院の及川英秋教授，南 篤志准教授の研究グループは，植物ホルモンであるアブシジン酸をつくるメカニズムを解明し，その人工生産に成功しました。

アブシジン酸 (ABA) \*<sup>1</sup> は，種子の休眠やストレス応答に関わる重要な植物ホルモン\*<sup>2</sup> です。主に米国でトマト，ブドウといった野菜・果実類の肥大や着色促進剤，発芽時期の調整剤として農業利用されているほか，塩害による作物生産量の低下改善や乾燥地域の緑化にも効果があると期待されています。植物ホルモンという名称からもわかるように，種子植物全般でつくられているほか，菌類である糸状菌なども ABA を生産することが知られていました。

本研究グループは，糸状菌が ABA をつくるメカニズムの解明を目指して研究を進め，鍵となる新しいタイプの環化酵素\*<sup>3</sup> を突き止めました。さらに，ABA をつくるために必要な 4 種の酵素遺伝子を麹菌こうじに導入したところ，麹菌が ABA をつくることを確認しました。

今回の実験によって，糸状菌は植物と比較して短い工程数で ABA を生産することがわかったため，比較的簡単に，ABA を大量生産する株を人工的につくれるようになることが期待されます。ABA の工業生産が実現すれば，塩害地域や砂漠地域での農業生産量の向上などへの大きな貢献が見込まれます。

本研究は，日本学術振興会科学研究費助成事業 基盤研究 A JP15H01835，基盤研究 B JP16H03277，新学術領域研究（生合成リデザイン）JP16H06446 の助成を受けて実施されました。

なお，本研究成果は，2018 年 9 月 18 日（火）公開の Journal of the American Chemical Society 誌（アメリカ化学会誌）に掲載されました。

### 【背景】

植物はその発芽，分化や成長，開花そして落葉や枯死に至る一生の中で，様々な植物ホルモンを生産してその過程を制御しています。古くから存在が知られていた植物ホルモンは 5 種類あり，その一つにアブシジン酸 (ABA) があります。ABA は種子の休眠や乾燥などのストレス応答に関わる物質であり，主にアメリカで，トマトやブドウといった野菜・果実類の肥大や着色促進剤，発芽時期の調整剤として農業利用されています。また，塩害による作物生産量の低下改善や乾燥地域の緑化に対しても効果的であると考えられていることから，ABA は食料問題や砂漠化などを解決するための重要な物質の一つと位置づけられています（図 1）。

ABAは種子植物の他、植物に病害を引き起こす一部の菌(灰色かび病を引き起こす<sup>ボトリティス シネレア</sup>*Botrytis cinerea*など)もつくることが知られています。これらの病原菌は、植物への感染の過程において、植物の生命活動を攪乱させて病害を引き起こすために自らには作用しないABAをつくりませんが、その生産に関わる鍵酵素は明らかにされていませんでした。

### 【研究手法・研究成果】

ABAは、その化学構造などから、炭素と水素からなる環状化合物がつくられた後(ステップ1)、酸素官能基が順番に導入される(ステップ2-4)ことでつくられると考えられていました(図2, 上段)。この化学反応を触媒する酵素の内、病原菌がABAをつくる上で鍵となる酵素は、ステップ1の化学反応を触媒する環化酵素です。そこで研究グループは、組み換えタンパク質をつかった実験などにより、酵素BcABA3が環状化合物を構築するための環化酵素であることを突き止めました。また、各種実験から、BcABA3が従来の環化酵素とは全く異なる仕組みで環状化合物をつくることを明らかにしました。さらに、BcABA3を含む4種の酵素遺伝子(*bcABA1-4*)を麹菌へ導入することで、麹菌をつかったABAの人工生産にも成功しました。加えて、バイオインフォマティクス<sup>\*4</sup>解析の結果、これら4種の酵素遺伝子が植物以外の微生物(きのこ、放線菌など)にも幅広く保存されていることもわかりました。

### 【今後への期待】

地球環境問題や食料問題が顕在化する中、それらを解決するための新しい技術の開発が強く望まれています。ABAは、発芽から種子の形成に至るプロセスにかかわることから、大量生産技術を確立できれば、穀類の品質向上や収量増加などへの利用が期待されます。また、利用方法を模索する過程で、「種なしぶどう」をつくるために利用されている植物ホルモン・ジベレリンのような新たな利用法が見つかる可能性もあります。ただし、現在のところ、1mgあたり20万円以上と高価であることがABAの利用促進や開発研究における問題点となっており、他農薬のような有機合成での供給も多くの工程を要することから現実的ではありません。

本研究により、病原菌は植物とは全く異なる経路でABAを生産しており、その工程数はわずか4工程と、極めて効率的なプロセスであることがわかりました(図2)。そのため、原料供給系を強化した酵母などでの人工生産へ応用することが現実的となり、将来的には、ABAの工業生産も可能になると考えられます。また、効果的な生産法がなかったことから未解明であった、生物での生理作用の解明研究が進展することも期待されます。

### 論文情報

論文名	Unveiling biosynthesis of the phytohormone abscisic acid in fungi: unprecedented mechanism of core scaffold formation catalyzed by an unusual sesquiterpene synthase (糸状菌が生産する植物ホルモン・アブシジン酸の生合成経路の解明; 新規セスキテルペン環化酵素による炭素骨格の構築)
著者名	瀧野純矢, 小崎拓登, 佐藤芳朗, 劉成偉, 尾崎太郎, 南篤志, 及川英秋(北海道大学大学院理学研究院)
雑誌名	Journal of the American Chemical Society (アメリカ化学会誌)
DOI	10.1021/jacs.8b08925
公表日	2018年9月18日(火)(オンライン公開)

## お問い合わせ先

北海道大学大学院理学研究院 教授 及川英秋（おいかわひであき）

T E L 011-706-2622 F A X 011-706-3448 メール hoik@sci.hokudai.ac.jp

U R L <http://wwwchem.sci.hokudai.ac.jp/~yuhan/>

## 配信元

北海道大学総務企画部広報課（〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目）

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール kouhou@jimu.hokudai.ac.jp

## 【参考図】

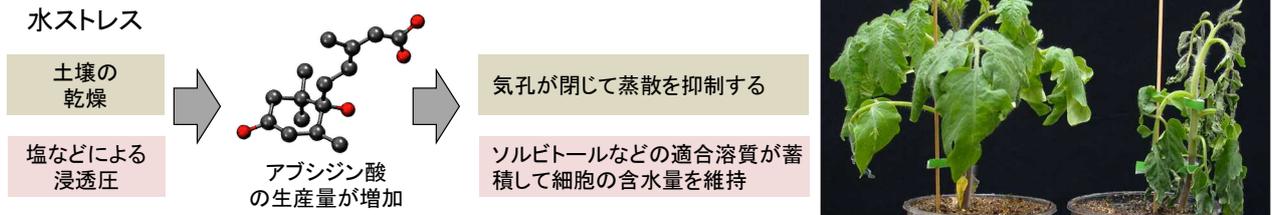


図1 植物ホルモン・アブシジン酸の機能。右の写真は乾燥ストレス条件下での植物の生育の様子（左；通常の植物，右；ABAをつくれない植物）

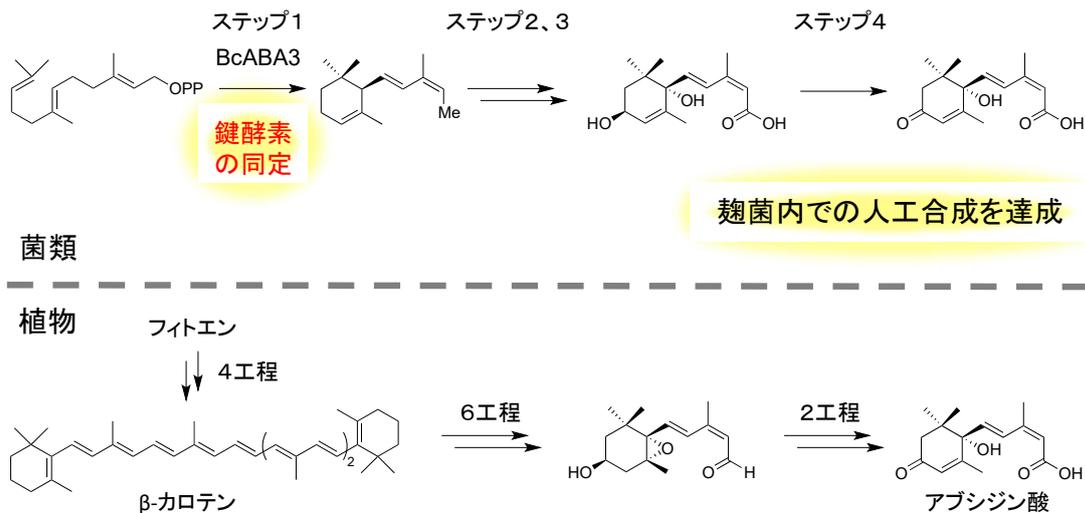


図2 病原菌と植物における ABA の生産メカニズム。病原菌では 4 種の酵素遺伝子によって ABA がつくられることが明らかになった。

## 【用語解説】

- \*1 アブシジン酸 … 15 個の炭素から構成される低分子の有機化合物。種子植物に加えて、シダ類、藻類、菌類にも広く分布している。
- \*2 植物ホルモン … 植物自身がつくり、植物に普遍的に存在する物質で、極めて微量で作用する植物成長調節物質。
- \*3 環化酵素 … 生物が普遍的にもつファルネシル 2 リン酸を基質とする化学反応に触媒として働き、環状骨格をもつ有機化合物を与える酵素。
- \*4 バイオインフォマティクス … 生命科学と情報科学の融合分野のひとつで、生命が持っている遺伝情報を、情報科学や統計学などのアルゴリズムを用いて分析することで生命について解き明かしていく手法。