



岡山大学記者クラブ

文部科学記者会

科学記者会

御中

令和 4 年 8 月 25 日

岡 山 大 学

リンゴ酸による植物の環境ストレス適応機構の解明

- 植物も、ストレス解消に爽快な酸味の『リンゴ酸』を利用!!! -

◆発表のポイント

- ・ 様々な代謝経路の中間体としてありふれた化合物であるリンゴ酸が、植物の気孔開閉運動を制御する仕組みを明らかにしました。
- ・ ヒトや土壌微生物が分解でき、食品添加物にも利用されているリンゴ酸を使った、安全性や環境に配慮した新たな作物の生産技術の開発につながることを期待されます。

岡山大学大学院環境生命科学研究科（農）博士後期課程の三俣好令大学院生（当時）、同大学学術研究院環境生命科学学域（農）の宗正晋太郎准教授、村田芳行教授らの研究グループは、様々な代謝経路の中間体としてありふれた化合物であるリンゴ酸が、植物の気孔開閉運動を制御する仕組みを明らかにしました。植物は様々な環境の変化に応答してリンゴ酸を細胞外に放出します。また過去の研究から、植物にリンゴ酸を与えると気孔の閉鎖が起こることが明らかとなっていました。その分子機構は不明でした。本研究では、リンゴ酸の標的分子として気孔閉鎖にかかわる陰イオン輸送体とタンパク質リン酸化酵素を同定し、リンゴ酸が気孔閉鎖を誘導する分子機構を明らかにしました。今後、ヒトや土壌微生物が分解でき、食品添加物にも利用されているリンゴ酸を使った、安全性や環境に配慮した新たな作物の生産技術の開発につながることを期待されます。

本研究成果は2本の論文として、7月22日に日本農芸化学会が発行する国際科学誌「*Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*」オンライン版、7月25日に英国の科学雑誌「*New Phytologist*」オンライン版に掲載されました。

◆研究者からのひとこと

岡山大学で行った研究成果を論文として発表できて光栄です。10月からは中国北京大学現代農業研究所で植物の研究を続けてまいります。研究を通して作物増産を実現し、人口増加が続く世界の食糧供給に貢献することが目標です。（三俣）



三俣好令
大学院生（当時）



PRESS RELEASE

大学院環境生命科学研究科生物機能化学講座（農学部農芸化学コース）にて、生化学・物理化学・遺伝学など多彩なアプローチを用いて植物の環境ストレス応答機構を解き明かす研究を行っています。興味のある方はご連絡ください。（村田・宗正）



村田芳行
教授

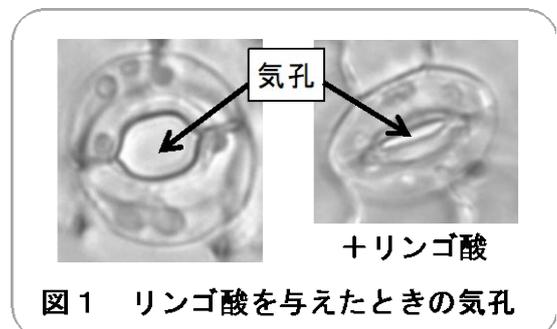


宗正晋太郎
准教授

■発表内容

<現状>

地に根を張る植物は、他の場所へ移動できないため、環境変化をいち早く察知し、それに対応しなければなりません。対応策の一つとして、葉の表皮に存在する通気口である気孔を開閉します（図1）。植物は気孔を開閉することで、光合成に必要な二酸化炭素の吸収や、蒸散による水の放出を調節しています。気孔の開閉調節は植物が生命を維持する上で必要不可欠であり、作物の生産性に大きく関わる生理現象です。過去の研究から、植物は環境ストレスに応答して、様々な代謝経路の中間体であるリンゴ酸を細胞外に放出することが明らかとなっていました。また、植物にリンゴ酸を与えると気孔の閉鎖が起こることが報告されており（図1）、環境ストレスに応答した気孔閉鎖にリンゴ酸が関わることを示唆されておりました。しかしながら、リンゴ酸が気孔閉鎖を誘導する分子機構は明らかになっていませんでした。



<研究成果の内容>

本研究では、モデル植物であるシロイヌナズナを用いて、リンゴ酸の標的分子として陰イオン輸送体 SLAC1 を同定しました。SLAC1 は孔辺細胞の細胞膜に存在する陰イオン輸送体であり、気孔閉鎖の誘導に深く関与しています。論文①では、アフリカツメガエル卵母細胞を用いた電気生理学実験から、リンゴ酸は細胞の外側から陰イオン輸送体 SLAC1 を直接活性化させることが明らかとなりました。さらに論文②では、シロイヌナズナ遺伝子破壊変異体や酵素阻害剤を用いた表現型解析実験の結果、リンゴ酸は、情報伝達因子である活性酸素種やカルシウムイオン、そしてタンパク質リン酸化酵素である GHR1 によって媒介される気孔閉鎖シグナル伝達を活性化することを明らかにしました。過去の研究から、タンパク質リン酸化酵素 GHR1 は陰イオン輸送体 SLAC1 を活性化することが報告されています。そのため、リンゴ酸は SLAC1 を、(1) 直接活性化する、(2) シグナル伝達を介して間接的に活性化する、という二重の効果により活性化させ、気孔閉鎖を効率的に誘導することがわかりました。

<社会的な意義>

本研究で、リンゴ酸による気孔閉鎖誘導の仕組みを明らかにすることができました。動物の神経



PRESS RELEASE

ではリンゴ酸とよく似た構造のグルタミン酸がシグナル伝達を制御しますが、神経系を持たない植物がどのようにして環境変化を感知し、適応するかについて、本研究の成果が科学的理解に大きく貢献することが期待されます。また、リンゴ酸はヒトや土壌微生物が分解でき、食品添加物としても利用されていることから、リンゴ酸散布などの方法による安全性の高い簡便な作物のストレス耐性強化技術の開発が期待できます。

■論文情報

論文①

論文名： Extracellular malate induces stomatal closure *via* direct activation of guard-cell anion channel SLAC1 and stimulation of Ca²⁺ signaling

掲載紙： *New Phytologist*

著者： Yoshiharu Mimata, Shintaro Munemasa, Toshiyuki Nakamura, Yoshimasa Nakamura, Yoshiyuki Murata

D O I： 10.1111/nph.18400

U R L： <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.18400>

論文②

論文名： Malate induces stomatal closure *via* a receptor-like kinase GHR1- and reactive oxygen species-dependent pathway in *Arabidopsis thaliana*

掲載紙： *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*

著者： Yoshiharu Mimata, Shintaro Munemasa, Fahmida Akter, Israt Jahan, Toshiyuki Nakamura, Yoshimasa Nakamura, Yoshiyuki Murata

D O I： 10.1093/bbb/zbac122

U R L： <https://academic.oup.com/bbb/advance-article-abstract/doi/10.1093/bbb/zbac122/6648702?redirectedFrom=fulltext>

■研究資金

本研究は、以下の支援を受けて実施しました。

- 日本学術振興会「科学研究費助成事業」基盤研究（C）（18K05557）
- 日本学術振興会「科学研究費助成事業」挑戦的研究（萌芽）（21K19087）
- 日本科学協会「笹川科学研究助成」（2021-4068）



＜お問い合わせ＞

岡山大学 学術研究院環境生命科学学域
教授 村田 芳行
(電話番号) 086-251-8310

岡山大学 学術研究院環境生命科学学域
准教授 宗正 晋太郎
(電話番号) 086-251-8310



岡山大学は持続可能な開発目標 (SDGs) を支援しています。

