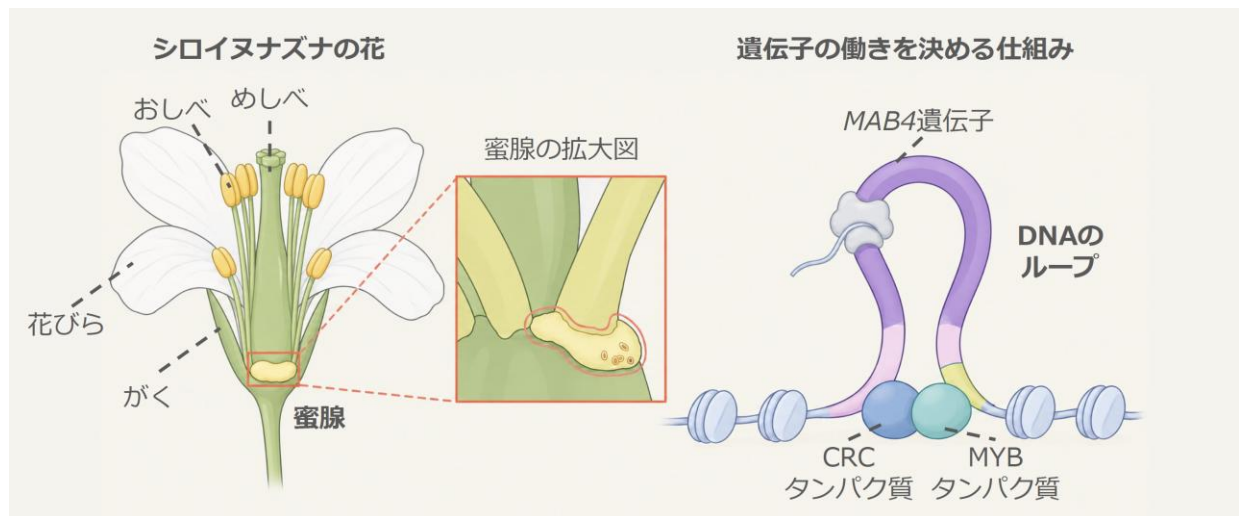


花が蜜を作る器官「蜜腺」を育てる仕組みを解明

—DNA が輪をつくり、成長を促す—

概要

花の蜜は、おしべの根元などにある小さな器官「蜜腺」で作られます。しかし、蜜腺がどのように育ち、蜜を分泌するための準備を整えるのか、その仕組みは十分に分かっていませんでした。京都大学化学研究所の山口暢俊教授、奈良先端科学技術大学院大学の飯村秀明 博士課程学生(研究当時、現：かずさ DNA 研究所 研究員)、伊藤寿朗教授らの研究グループは、シロイヌナズナを用いて、DNA が輪をつくることで、蜜腺の成長に必要な遺伝子の働きが高まる仕組みを明らかにしました。遺伝情報を担うひも状の DNA には、遺伝子の働きを高める調節領域があります。CRC と MYB というタンパク質が、離れていた遺伝子と調節領域が近づけ、間の DNA が輪のような形にします。これにより、蜜腺の成長を支える遺伝子の働きが高まります。さらに、CRC は、蜜の材料となる糖の輸送や、香り成分の一種であるテルペンの合成に関わる遺伝子の働きも調節していました。本成果から、CRC が蜜腺の成長を促すとともに、蜜の分泌や香り成分の合成に関わる遺伝子の働きを調節し、器官の成長と機能の両方を支えることが見えてきました。本研究成果は、2026 年 10 月 17 日に英国の国際学術誌「*Nature Communications*」にオンライン掲載されました。



シロイヌナズナの蜜腺と、その成長を支える遺伝子調節の仕組み。CRC と MYB タンパク質が DNA のループ形成を促し、*MAB4* 遺伝子の働きを調節することで、蜜腺の成長を支えます。

作成者：山口暢俊／生成 AI：ChatGPT (GPT-6.1 Sol)

1. 背景

花の蜜は、おしべの根元などにある小さな器官「蜜腺」で作られます。蜜腺は、ただ糖を蓄えるだけでなく、糖を運び、蜜として分泌するための働きを備えています。こうした器官がどのように育ち、蜜を分泌するための準備を整えるのかを理解することは、植物が特殊な役割を持つ器官を作る仕組みの解明につながります。これまで、モデル植物のシロイヌナズナ※1 では、CRC というタンパク質が蜜腺の形成に不可欠であることが知られていました。また、蜜腺の成長や糖の輸送に関わる遺伝子も個別に見つかっていました。しかし、CRC がこれらの遺伝子の働きをどのように調節し、器官の成長と蜜の分泌を支えているのかは、十分に分かっていませんでした。

蜜腺は直径約 100 マイクロメートルの小さな器官で、周囲の組織から分けて調べるのが難しく、従来の解析では、どの場所でどの遺伝子が働いているのかを捉えることに限界がありました。そこで本研究では、細胞ごとの遺伝子の働きを調べる解析と、組織の位置ごとの遺伝子の働きを調べる解析を組み合わせることで鍵となる遺伝子とそのつながりを見つけることで、蜜腺の成長と機能を支える仕組みの解明を目指しました。

2. 研究手法・成果

花の中で働く遺伝子を、細胞と場所の両面から解析

公開されている単一核 RNA 解析※2 のデータを再解析し、蜜腺の細胞集団で *CRC* や *MYB* の遺伝子が働いていることを確認しました。さらに、組織内の位置を保ったまま遺伝子の働きを調べる空間トランスクリプトーム解析※3 により、蜜の糖を運ぶ輸送体や、香り成分をつくるテルペン合成酵素の遺伝子が、蜜腺で特徴的に働くことを明らかにしました。蜜腺を欠く *crc* 変異体との比較も合わせ、蜜腺の位置とそこで働く遺伝子に対応づけました。

CRC タンパク質が、蜜腺の成長と糖・テルペンに関わる遺伝子を調節

CRC が DNA 上のどこに結合するかと、CRC を失うとどの遺伝子の働きが変わるかを調べました。その結果、CRC が調節する遺伝子には、器官の成長に関わるものに加え、糖の輸送や、香り成分の一種であるテルペン※4 の合成に関わるものが含まれていました。また、CRC が *MYB21*、*MYB24*、*MYB57* というタンパク質と結合し、共通の遺伝子の働きを調節することを明らかにしました。これら 3 種類の *MYB* の働きを同時に失った植物では蜜腺が小さくなり、CRC と *MYB* が蜜腺の成長に重要であることが分かりました。

DNA が輪をつくり、成長に必要な遺伝子の働きを高める

CRC と *MYB* が共通して調節する遺伝子の中から、蜜腺の成長に関わる *MAB4* 遺伝子に着目しました。*MAB4* 遺伝子の下流には、その働きを高める調節領域※5 がありました。この領域の働きが損なわれた植物では、*MAB4* の働きが弱まり、蜜腺も小さくなりました。DNA 上で離れた領域同士の近づきやすさを調べたところ、*MAB4* 遺伝子の働きが始まる付近と、下流の調節領域との接触が検出されました。CRC の働きを失うと、この接触は減少しました。これらの結果は、CRC と *MYB* が両領域を近づけ、間の DNA が輪のような形をとることで、*MAB4* 遺伝子の働きを高める仕組みを支持しています。さらに、*MAB4* が植物ホルモン「オーキシシン」※6 を運ぶタンパク質の配向を整え、蜜腺内でのホルモンの分布と成長を支えることも分かりました。本研究は、DNA 上での遺伝子の調節が、細胞内のタンパク質の配置を通じて、小さな器官の成長につながる仕組みを示しています。

3. 波及効果、今後の予定

本研究から、CRC が蜜腺の成長を促すとともに、糖の輸送やテルペンの合成に関わる遺伝子の働きも調節することが明らかになりました。器官を育てる仕組みと、その器官が特殊な役割を果たすための仕組みを、CRC が調節していると考えられます。

また、遺伝情報の配列だけでなく、DNA 上で離れた領域が近づくことが器官の成長に関わるという成果は、植物が遺伝子の働きを場所に応じて調節する仕組みを理解する手がかりになります。今後、ほかの植物の蜜腺や、異なる器官でも同様の仕組みが働くかを調べることで、植物の器官形成に共通する原理の解明につながる と期待されます。

一方、本研究では、DNA 領域間の接触を複数の組織を含む試料で測定しており、蜜腺の個々の細胞で輪の形成を直接観察したわけではありません。今後は、蜜腺の成長段階や細胞ごとに、DNA の状態と遺伝子の働きを詳しく調べる必要があります。また、CRC による遺伝子の調節が、蜜の量や成分、テルペンの生産量にどのように反映されるかも課題です。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は、京都大学、奈良先端科学技術大学院大学、理化学研究所、ペンシルベニア大学、中部大学の共同研究として実施しました。

以下の研究費の支援を受けました。

日本学術振興会 特別研究員奨励費：24KJ1694（古田優生）

学術変革領域研究（A）：25H01834（川勝泰二）、22H05176（伊藤寿朗）、21H05663・23H04968（山口暢俊）

基盤研究（A）：26H02380（伊藤寿朗）

基盤研究（B）：23H02503・26K02031（山口暢俊）

基盤研究（C）：23K05809（鈴木孝征）

挑戦的研究（萌芽）：25K22474（山口暢俊）

内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「スマートバイオ産業・農業基盤技術」（市橋泰範）

米国国立科学財団（NSF）：IOS-2319036（Doris Wagner）

ロッテ財団研究助成（山口暢俊）

<用語解説>

※1 シロイヌナズナ

アブラナ科の小さな植物。世代が短く、遺伝子を調べるための情報や実験材料が整っていることから、植物研究で広く使われています。

※2 単一核 RNA 解析

細胞の核を一つずつ分け、遺伝子の働きによって作られる RNA を調べる方法。さまざまな細胞が混ざった組織から、特徴的な遺伝子が働く細胞集団を見つけられます。

※3 空間トランスクリプトーム解析

組織内の位置と、そこで働く遺伝子に対応づけて調べる方法。本研究では、薄く切った花の組織から RNA を回収する Slide-seq という技術を用いました。

※4 テルペン

植物が作る多様な化合物の総称。花の香りを構成する成分も含まれます。本研究では、テルペンを合成する酵素の遺伝子が CRC による調節を受けることを示しました。

※5 調節領域

遺伝子の働きの強さや、働く場所などを調節する DNA 上の領域。本研究で調べた *MAB4* 遺伝子の下流領域は、遺伝子の働きを高める「エンハンサー」として機能します。

※6 オーキシン

植物の成長や器官の形成に関わる植物ホルモン。植物体内で運ばれ、特定の場所に集まることで、細胞の成長や発達を調節します。

<研究者のコメント>

花の蜜を作る小さな器官の中で、DNA の離れた部分が近づき、成長を支える遺伝子の働きが高まる。そのつながりが今回の研究の面白さです。さらに、同じ調節役が糖の輸送やテルペンの合成に関わる遺伝子にも働きかけていました。器官の形を作る仕組みと、その器官が役割を果たす仕組みを一緒に理解することで、花の小さな器官に備わる精巧な仕組みを、今後も明らかにしていきたいと考えています。(山口暢俊)

<論文タイトルと著者>

タイトル：A CRC-MYB chromatin loop controls auxin-mediated nectary growth in Arabidopsis
(CRC と MYB がつくる DNA ループが、オーキシンを介して蜜腺の成長を制御する)

著者：Hideaki Iimura, Makoto Takahashi, Ryosuke Ohta, Asumi Nagamori, Seika Togawa, Yuki Furuta, Koki Nakamura, Febri Yuda Kurniawan, Xuejing Wang, Kie Kumaishi, Samantha Klasfeld, Taiji Kawakatsu, Yasunori Ichihashi, Takamasa Suzuki, Doris Wagner, Toshiro Ito, Nobutoshi Yamaguchi

掲載誌：Nature Communications DOI：10.1038/s41467-026-78943-6