



おしべとめしべの長さをそろえて自家受粉を成功させるための仕組みを発見

【本研究のポイント】

- ・1つの花の中のおしべとめしべで行う「自家受粉」により種子を作る植物は多く、植物の繁栄のためにも、安定的な農作物の供給のためにも、自家受粉を確実に成功させることは重要である。この自家受粉は、おしべとめしべの長さがそろうことで起こる。
- ・本研究では、3つのEPFL型と呼ばれるペプチドホルモン^{注1)}が働くと、おしべがめしべと同じ長さまで伸び自家受粉に成功することを発見した。そのうちの1つEPFL6は、特に自家受粉が失敗しやすい低温下で、自家受粉を成功させる役割を持つことも判明した。
- ・ERECTAというタンパク質の働きを止めると、おしべとめしべが同程度に短くなることも見つけた。おしべとめしべの長さがそろわずに自家受粉に失敗する植物でも、ERECTAの働きを止めると、おしべとめしべが同程度に短くなり、自家受粉に成功した。
- ・本研究成果は、植物の実りの元となる、自家受粉の失敗を防ぐ技術につながると期待される。

【研究概要】

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学遺伝子実験施設の打田 直行 教授らの研究グループは、植物がペプチドホルモンの働きにより、おしべとめしべの長さをそろえることで、自家受粉を成功させるための仕組みを新たに発見しました。

本研究成果は、植物の実りの元となる、自家受粉の失敗を防ぐ技術につながることが期待されます。

本研究成果は、2022年11月23日付イギリスの科学雑誌「Plant, Cell & Environment」のオンライン版に掲載されました。

【研究背景と内容】

多くの被子植物は種子を作ることで子孫を残しますが、そのためには、おしべの先端で作られる花粉が、めしべの先端の柱頭と呼ばれる部位に付着する「受粉」が達成される必要があります。特に、1つの花の中のおしべとめしべの間で受粉が起こるケースを「自家受粉」と呼びます（図1左。花粉がめしべの先端に付着し、自家受粉が達成された状態）。野生の植物種だけでなく、園芸品種や農作品種などでも、自家受粉により種子や果実を作るものは多く存在します。すなわち、自然の中で植物が繁栄するためにも、安定的に農作物を供給するためにも、自家受粉を確実に達成することは重要です。

受粉は環境ストレスに敏感な現象で、過度のストレス下では受粉に支障が生じやすいことが知られています。自然環境で特に大きいストレスの1つは、気温の変動です。そのため、ある程度の範囲内の気温の変化であれば、それに負けず、確実に子孫を残すために受粉を達成する仕組みを植物は持っているのですが、その仕組みには不明な点が多く残っていました。

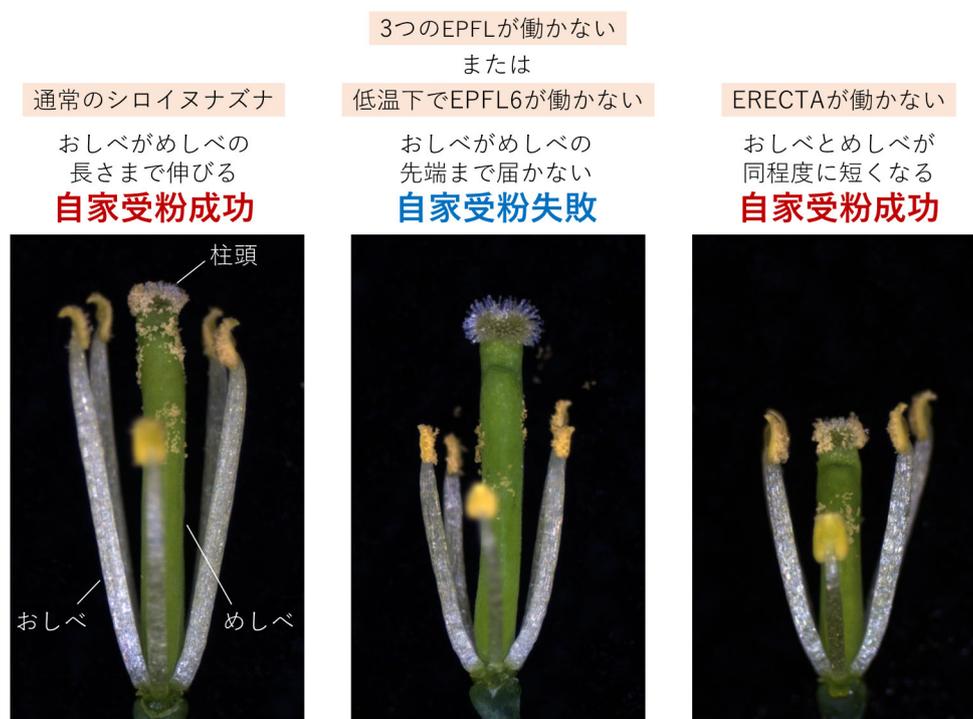


図1 おしべがめしべの長さまで伸び、おしべの先端で作られる花粉（黄色の粒々）がめしべの先端の柱頭と呼ばれる部位に付着すると自家受粉が達成される。これらの写真では、観察しやすいように花びら（花弁）とがく（萼片）は取り除いてある。

本研究では、自家受粉を行う双子葉類のシロイヌナズナを用いて、1つの花の中で、おしべをめしべと同じ長さまで伸ばして長さをそろえることで、自家受粉を成功させる因子を新たに発見しました。EPFLと呼ばれるタイプのペプチドホルモンのうち、似ている3つ（EPFL4・EPFL5・EPFL6）が働くことで、おしべがめしべと同じ長さまで伸びることができ、その結果、おしべの先端の花粉がめしべの先端に運ばれ自家受粉が成功しました。この3つ全てが働かない植物では、おしべが十分に伸びることができないため、花粉がめしべの先端にまで運ばれずに自家受粉に失敗します（図1中央）。

さらに、この仕組みが、低温下で自家受粉を確実に成功させるためにも使われていることも発見しました。この時には、上で述べた3つのペプチドホルモンのうちのEPFL6が重要な働きをします。通常の植物は多少の低温状態でも自家受粉を達成できます。しかし、EPFL6が働かない植物では、ほんの少し気温が低くなるだけで（通常は22°Cで栽培するイロイヌナズナを、わずか6°Cだけ低い16°Cで栽培しただけで）、おしべが十分に伸びずに、自家受粉に失敗しました（図1中央）。すなわち、EPFL6が働くおかげで「植物は多少の低温状態であっても自家受粉を達成できる」と言えます。

さらに、ペプチドホルモンであるEPFL4・EPFL5・EPFL6を感知する役目を持つERECTAというタンパク質に着目した研究も進めました。その結果、ERECTAは、おしべとめしべの両方の伸びに必要であることも発見しました。ERECTAが働かないとおしべとめしべがともに短くなりますが、興味深いことに、短くなる程度が同程度であるために、おしべの先端の花粉はめしべの先端に運ばれて、自家受粉は無事に成功します（図1右）。そして、この発見を活用し、おしべがめしべの先端まで届かずに自家受粉に失敗する植物でも、ERECTAの働きを止めることで、おしべとめしべを同程度に短くし、自家受粉を達成させることに成功しました（図2：MYB21というタンパク質が働かないために、おしべが短くなる植物で実験を行った例。他にも、低温により、おしべが短くなる植物でも同様の結果となる）。

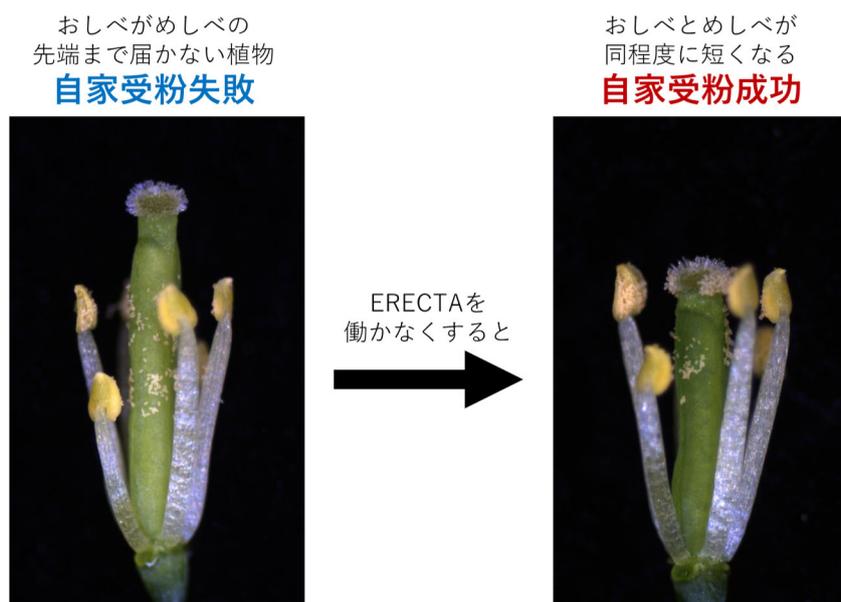


図2 おしべがめしべの長さまで伸びれずに自家受粉に失敗する植物でも（MYB21が働かないためにおしべが短い植物での実験例）、ERECTAの働きを止めるとおしべとめしべの長さが短くそろい、自家受粉が達成される。

【成果の意義】

低温時に、種子作りに失敗する植物種は多く存在します。おしべの伸びが十分でないことが理由で自家受粉に失敗する場合には、本研究成果で示したように、ERECTAの働きを阻害することで、自家受粉を成功に導くことが可能になると考えられます。ERECTAは、外部からのシグナルを感知する受容体と呼ばれるタイプのタンパク質で

す。一般に、受容体は薬剤のターゲットとなることが多いことから、ERECTA を阻害する物質の探索を通じて、低温時の自家受粉の失敗を防ぐ薬剤の開発が視野に入ります。昨今は、地球レベルでの気候変動で生じる問題の克服が課題となっています。気候変動により寒冷化が進む地域もあり、そのような地域では、従来は実った種子や果実が、今後は自家受粉の失敗により実らなくなることも考えられます。本研究成果は、そのような場合の対処技術の開発につながることも期待されます。

また、同じ花の中で受粉する自家受粉とは異なり、別の個体から運ばれてくる花粉で受粉する、他家受粉により種子を作る植物種も多く存在します。そのような植物種の中には、おしべとめしべの長さがそろわないために自家受粉の効率が低下し、結果として他家受粉が優先される植物種もあります。一般に、他家受粉は自家受粉よりも、受粉の確実性が低いことが知られています^{注2)}。そこで、本成果を活用することで、そもそもは他家受粉が起こる植物種においても、自家受粉を優先的に引き起こし、農作物などの実りの元となる受粉の確実性を向上させる技術へとつながることが期待できます。

【用語説明】

注 1) ペプチドホルモン：

複数のアミノ酸が結合した比較的小さめのタンパク質のうち、細胞外に分泌されて標的となる細胞に作用し、特定の生理作用を引き起こすもの。植物のペプチドホルモンは、アミノ酸の並びによりいくつかのグループに分類されるが、そのうちの 1 つに EPFL 型と呼ばれるグループがある。

注 2) 他家受粉のデメリットとメリット：

受粉の確実性が自家受粉より劣るデメリットを持つ他家受粉には、自家受粉にはないメリットもある。異なる親の交配により生まれる子には、両親から異なる遺伝子が持ち込まれるので、子の持つ遺伝子の多様性が増し、さまざまな自然環境に適応する上でのメリットとなる。一方で、栽培環境を人為的に一定に保つことが可能な場合も多い農作品種などの場合は、遺伝子の多様性を増す必要がない。そこで、他家受粉を優先的に起こす品種であっても、自家受粉を優先的に起こすように改変できれば、受粉の確実性の向上により、安定した実りが期待できる可能性がある。

【論文情報】

雑誌名：Plant, Cell & Environment

論文タイトル：EPFL peptide signaling ensures robust self-pollination success under cool temperature stress by aligning the length of the stamen and pistil.

著者：Satomi Negoro, Tomo Hirabayashi, Rie Iwasaki, Keiko U. Torii, and Naoyuki Uchida

DOI: 10.1111/pce.14498

URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/pce.14498>