

## 植物は雨に打たれると免疫を活性化する

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多田 安臣 教授、野元 美佳 助教、名古屋大学大学院理学研究科の松村 護 博士後期課程学生らの研究グループは、植物が雨を感知して免疫を活性化する仕組みを新たに発見しました。

植物は、ヒトなどの動物と同様に高度な免疫系を保有しており、植物が細菌やウイルスなどを感知すると、免疫系を活性化することで病原体の感染を防除します。植物に感染する病原体は、その多くが雨によって媒介されることが知られています。したがって、雨は植物の生存に必須である一方、危険因子であるとも言えます。しかし、植物が雨に対してどのような応答を誘導するのかは未解明でした。

本研究では、植物は、雨を葉の表面に存在する毛状の細胞（トライコーム）によって感知すると、病原体の襲来を予見し、免疫系を活性化することを明らかにしました。トライコームは、雨に打たれると周辺の葉組織にカルシウムウェーブ<sup>注1)</sup>を誘導し、免疫抑制性の CAMTA 転写因子<sup>注2)</sup>を不活化することが示されました。これによって、免疫関連の遺伝子群を誘導し、病原体の感染行動は抑制されます。これらの現象はトライコームを持たない変異体では認められないことも明らかになりました。

この成果は、2022年3月8日19時（日本時間）付イギリス科学雑誌「Nature Communications」オンライン版で発表されました。

## 【ポイント】

- ・ 植物は、雨に打たれると免疫系を活性化する。
- ・ 葉の表面に存在する毛状の細胞（トライコーム）は、物理的な刺激を感知する感覚器として機能することを明らかにした。
- ・ 降雨に伴う病害発生を抑制する農法の開発に期待できる。

## 【研究背景、内容と成果の意義】

植物はヒトなどの多細胞生物と同様に免疫系を持っており、病原体を感知すると、免疫関連の遺伝子発現を介して感染を阻害します。一方で、植物に感染する病原体の多くは、雨によって媒介されます。雨滴の中には細菌、糸状菌やウイルスといった病原体が含まれており、それらが病害発生の直接的な原因になりうることも知られています。したがって、植物にとって雨は危険因子としての側面もありますが、植物が雨に対してどのように応答するかは未解明でした。

本研究では、まず RNA-seq 法<sup>注3)</sup> を用いて、モデル植物であるシロイヌナズナが、雨を受けた際にどのような遺伝子を発現するのかを解析しました。その結果、植物は、雨に打たれると免疫関連の遺伝子を発現することが分かりました。これらの遺伝子群は、CAMTA 転写因子によって制御されており、CAMTA の変異体では免疫応答は生じないことが示されました。CAMTA の機能は  $Ca^{2+}$  によって制御されることから、雨は植物の細胞内  $Ca^{2+}$  濃度を上昇させるのではないかと考え、 $Ca^{2+}$  を蛍光として検出できる *GCaMP3* 遺伝子を導入したシロイヌナズナを用いて解析しました。その結果、雨は葉の表面に存在する毛状の細胞（トライコーム）によって感知されると、トライコーム周辺の組織にカルシウムウェーブを誘導し（図 1A）、黒斑病菌などに対する免疫系を活性化し、その感染を防除することを明らかにしました（図 1B）。

本研究は、植物が雨を危険因子として認識していることを明らかにし、またトライコームがその感知を担っていることを示しました（図 2）。これらの結果は、免疫系の成り立ちの理解に寄与するだけでなく、農作物の病害防除にも応用が期待できます。

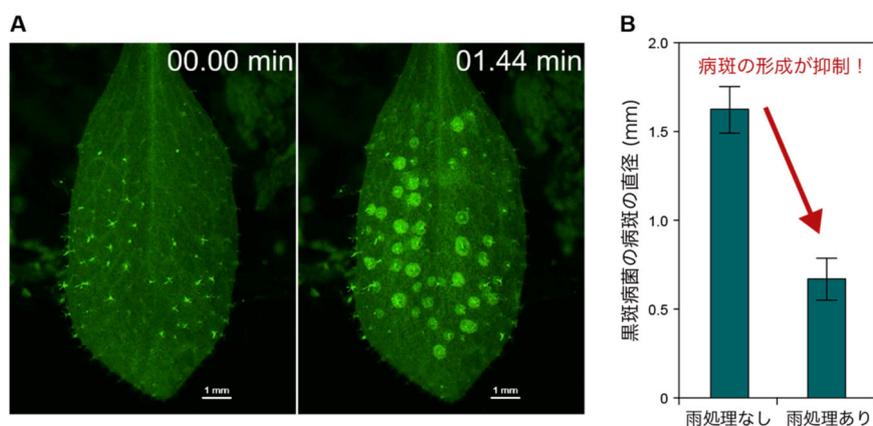


図1

A：葉面上の毛状の細胞（トライコーム）は、力を感じると、緑色で示すようにトライコーム周辺の組織にカルシウムウェーブを誘導します。細胞内のカルシウムイオン（ $Ca^{2+}$ ）濃度をGFP蛍光として可視化できる*GCaMP3*を導入した組換え植物を使用しました。トライコームの周辺組織にカルシウムイオンが流入していることが分かります。

B：雨によって免疫が活性化され、黒斑病菌による病斑の形成が抑制されました。

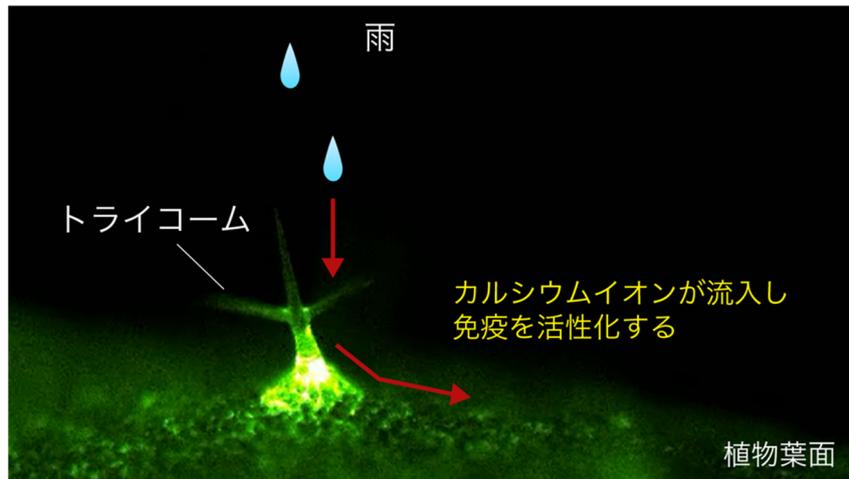


図2：植物葉面のトライコームは雨などの力を認識して免疫を活性化する

### 【用語説明】

注 1) カルシウムウェーブ：

局所で生じた  $\text{Ca}^{2+}$  濃度上昇がウェーブ状に周囲に伝搬する現象

注 2) CAMTA 転写因子：

細胞内  $\text{Ca}^{2+}$  濃度の上昇によって制御される転写制御因子

注 3) RNA-seq 法：

任意の細胞や組織における遺伝子の発現レベルを調査する技術

### 【論文情報】

雑誌名：Nature Communications

論文タイトル：Mechanosensory trichome cells evoke a mechanical stimuli-induced immune response in *Arabidopsis thaliana*

著者：Mamoru Matsumura\*, Mika Nomoto\*\*, Tomotaka Itaya, Yuri Aratani, Mizuki Iwamoto, Takakazu Matsuura, Yuki Hayashi, Tsuyoshi Mori, Michael J. Skell, Yoshiharu Y. Yamamoto, Toshinori Kinoshita, Izumi C. Mori, Takamasa Suzuki, Shigeyuki Betsuyaku, Steven H. Spoel, Masatsugu Toyota, Yasuomi Tada\*\*

(\*共同第一著者、\*\*共同責任著者)

DOI:10.1038/s41467-022-28813-8

URL: <https://www.nature.com/articles/s41467-022-28813-8>