

## 植物に有毒なアルミニウムを無毒化する タンニンの生合成経路を一部再現

樹木分子遺伝研究領域: 山溝 千尋、田原 恒  
産業技術総合研究所: 光田 展隆、江面 健太郎  
マルティン・ルター大学: Carsten Milkowski  
岡山県立大学: 伊東 秀之

ユーカリは酸性土壌でも元気に生育します。その理由は、ユーカリの根に蓄積する加水分解性タンニン\*が、酸性土壌に多く含まれる植物にとって有害なアルミニウムと結合してそれを無毒化するためです。他の樹木でも、根に蓄積されるタンニンの量を制御できれば、酸性土壌に強い樹木を創ることができます。そのためには、タンニンがどのような遺伝子によって生合成されるかを明らかにする必要があります。今回、タンニンを蓄積しない草本モデル植物\*ベンサミアナタバコの葉にユーカリの遺伝子を導入することで、タンニン生合成の一部を再現し、中間代謝産物\*を生成させることに成功しました。この成果により、タンニン生合成機構の解明が加速します。

### ■ タンニンはアルミニウム耐性の強い味方

ユーカリ (*Eucalyptus camaldulensis*) は、植物の生育にとって有害なアルミニウムを多く含む酸性土壌でも旺盛に成長します(写真1)。ユーカリの根から発見された加水分解性タンニン(以下、タンニン)は、根に侵入してきたアルミニウムと結合して、無害な状態にすることができます(図1)。植物に含まれるタンニンの量を制御して、アルミニウムに耐性をもつ樹木や作物の開発につなげたいと考えました。

### ■ 草本モデル植物で生合成経路の一部を再現

そのためには、植物内でタンニンがどのように生合成されるのかを明らかにする必要があります。しかし、草本モデル植物や木本モデル植物であるポプラは、タンニンを蓄積しないため、どのような遺伝子によってタンニンが生合成されるのかあまり分かっていませんでした。

そこで、植物がタンニンを生成する仕組みを解明するため、本来タンニンを蓄積しない草本モデル植物であるベンサミアナタバコでタンニンを作らせることに挑戦しました。ユーカリから、タンニン生合成の第一段階と第二段階の反応を担う酵素遺伝子(それぞれSDHとUGTといいます)が、これまでに2つずつ単離されています(図2)。草本モデル植物のシロイヌナズナやベンサミアナタバコには、タンニン生合成の起点となる没食子酸合成に関与するSDH遺伝子が存在しません。そこで、ユーカリで同定されているSDH遺伝子をベンサミアナタバコ葉に導入したところ没食子酸が検出され、更にSDH遺伝子とUGT遺伝子を導入することでβ-グルコガリンが検出されました。こうして、本来タンニンを蓄積しない草本モデル植物で生合成経路の一部を再現することに成功しました。

### ■ 加水分解性タンニンの生合成機構解明の加速

遺伝子組換えユーカリを作成して、候補となる遺伝子が実際にタンニンの生合成に関わっているかを調べるには、既存の技術では一年以上を要していました。しかし、今回構築した草本モデル植物ベンサミアナタバコを用いてタンニンの生合成経路を迅速に再現する技術によってその期間が1週間程

度に短縮されます(図3)。また、本来タンニンを蓄積しない草本モデル植物でタンニンを作らせることで、それぞれの代謝産物を明確に検出し、その役割を明らかにすることができます。この技術を活用して生合成機構の解明を加速させ、タンニンの人為的制御によって、酸性土壌で生育可能な樹木や作物の開発を目指します。

### 研究資金

- ・科研費(JP22K05739)「ユーカリの加水分解性タンニンの生合成機構とアルミニウム耐性における役割の解明」
- ・科研費(JP22H02391)「ゲノム編集ユーカリを用いた加水分解性タンニン生合成遺伝子の同定」

### 参照文献・サイト

Oda-Yamamizo C, Mitsuda N, Milkowski C, Ito H, Edura K, Tahara K (2023) Heterologous gene expression system for the production of hydrolyzable tannin intermediates in herbaceous model plants. *Journal of Plant Research*, 136 (6): 891–905.

### 専門用語

**加水分解性タンニン**: 植物に分布するポリフェノール的一种。皮なめしや下痢止め、防腐効果が古くから報告され活用されています。タンパク質や金属イオンと反応し、強く結合する能力を持っています。

**モデル植物**: 普遍的な生命現象の研究に用いられる実験植物。栽培が容易で遺伝子情報の解明が進んでいる種が使われます。草本モデル植物のベンサミアナタバコは短期間で大量のタンパク質を作れるため、ワクチン製造にも使われています。

**中間代謝産物**: 生体内の代謝において、最終的な代謝産物に至る過程で生じる中間段階の物質。加水分解性タンニン生合成における最初の中間代謝産物は没食子酸で、没食子酸を材料にして生合成される代謝産物がβ-グルコガリンです。



写真1 ユーカリは、有害なアルミニウムを多く含む酸性の土壌でも旺盛に成長します。

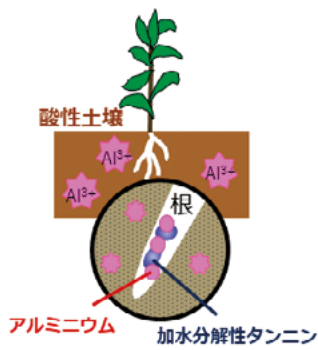


図1 加水分解性タンニンのアルミニウム無毒化機構

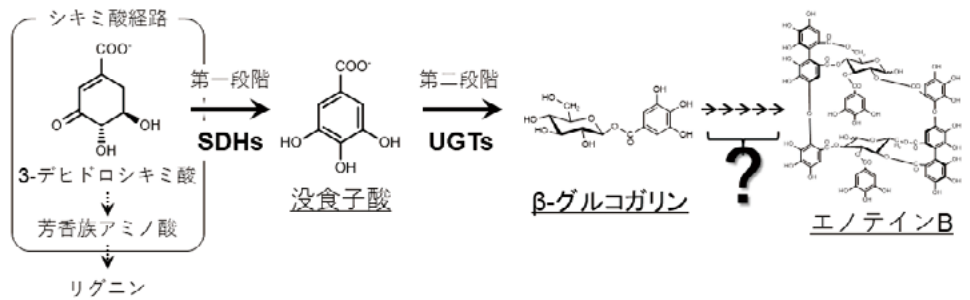


図2 加水分解性タンニン生合成経路

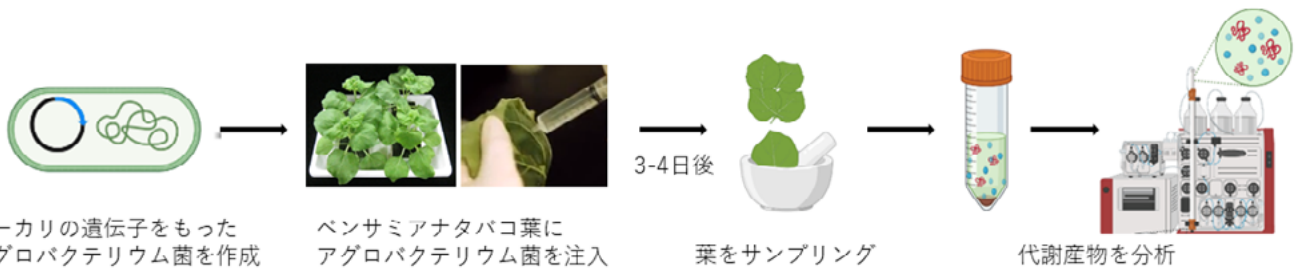


図3 ベンサミアナタバコ葉で加水分解性タンニンの生合成経路を一部再現