



世界で初めて解明された“枝分かれスイッチ”—森と農を変える新しい生命設計学

農芸化学およびその関連分野

研究者所属・職名 : バイオサイエンス教育研究センター・准教授

ふりがな しゃ しょうなん

氏名 : 謝 肖男

主な採択課題 :

- [基盤研究\(B\)「真の枝分かれ抑制ホルモンの化学構造、生理機能、生合成経路の解明」\(2021-2025\)](#)
- [基盤研究\(C\)「カラクトンから派生した新奇発芽刺激物質に関する生物有機化学的研究」\(2018-2020\)](#)

分野 : 植物科学、生物有機化学

キーワード : 枝分かれ、植物ホルモン、ストリゴラクトン、オーキシシン、木のアーキテクチャ

課題

●なぜこの研究をおこなったのか？(研究の背景・目的)

樹木や作物の枝分かれは、光合成効率、果実収量、材質、管理コストを左右する重要な形態要素であり、植物の「設計図」に相当する。これを制御する中心因子はストリゴラクトン(SL)と呼ばれるホルモンであるが、その中で実際に枝分かれを抑制する本体「枝分かれスイッチ」の正体は長く不明であった。本研究は、従来の典型的SLではなく、カロテノイド由来の中間体カラクトノ酸(CLA)の水酸化誘導体こそが真のスイッチ分子であるという仮説に基づき、その実体を追究するものである。枝分かれスイッチの作動機構と、それが植物形態の形成に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

●研究するにあたっての苦労や工夫(研究の手法)

スイッチ分子は極微量かつ不安定であるため、検出には高度な精度を要した。イオンモビリティ質量分析(IMMS/MS/MS)を用いてミリグラム未満の組織からでもストリゴラクトン関連化合物を検出できる高感度法を確立した。さらに、*E. coli*と酵母による合成生物学的生産系を構築し、植物体内の生合成経路を再現して未知中間体を捕捉した。これらの手法により、従来不可能であった極微量スイッチ分子の構造解析が実現した。

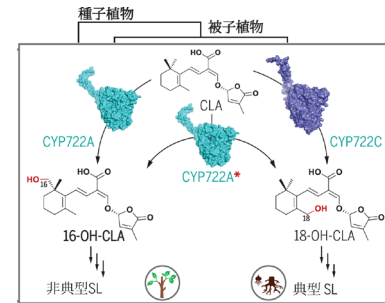


図1 ストリゴラクトン生合成におけるCYP722A/Cの進化分岐のイメージ図



世界で初めて解明された“枝分かれスイッチ”—森と農を変える新しい生命設計学

農芸化学およびその関連分野

研究成果

●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

①「木」と「低木」を分ける指標を、SL×オーキシンで解読

SL欠損シラカンバ (BpMAX1変異) では一次枝数は変わらず、二次・三次など高次分枝が増加し、若齢期の枝角度が立ち気味になることを確認した。幹に沿うオーキシン (IAA) 勾配は、野生型では上部が高く下部が低いが、SL欠損では勾配の消失や反転が生じる。3Dレーザースキャンと数理モデルにより、樹高や分岐階層の違いだけで幹全体のIAA分布が変わることを示し、形がホルモンの分布を作り、ホルモンが再び形を規定するという新しいアーキテクチャモデルを提示した (図2)。

② SL生合成の進化的分岐とスイッチ分子の同定

合成生物学コンソーシアム (*E. coli*×酵母) でSL経路を再構成し、CYP722AがCLAをC16酸化して16-OH-CLAを生成することを明らかにした。16-OH-CLAは地上部に特異的に存在し、D14受容体経路を介して枝分かれ抑制を誘導する。また、CLAMTおよびLBOによる段階的変換で活性が増幅されることを示した。さらに、CYP722A (16位酸化) → 非典型SL (ホルモン) とCYP722C (18位酸化) → 典型SL (根圏シグナル) という進化的二分化を明らかにし、植物体内ホルモン作用と土壌シグナル機能の分業という新たな視点を提示した (図1)。これらの成果により、CLA水酸化体が枝分かれスイッチ (BIH) の中核であることが裏づけられ、分子から樹形までをつなぐ統合的理解が確立された。



図2 制御する樹木のモデル

今後の展望

●今後の展望・期待される効果

枝分かれスイッチの生合成経路と制御機構を明らかにし、分子設計による樹形デザイン技術へ発展させる。これにより、果樹では受光と通風を最適化し、林業では節の少ない通直材を、穀物では倒伏しにくい株姿を実現する (図3)。また、SLによる共生菌誘引を活かしてリン肥料依存を減らし、土壌環境を改善する。本研究はSDGs目標2 (飢餓をゼロに)、13 (気候変動に具体的対策を)、15 (陸の豊かさを守ろう) に資する取り組みであり、分子スイッチを介して「分子→枝分かれ→樹形→生産性」を設計可能にする次世代バイオアーキテクチャの構築を目指す。



図3 枝分かれを抑え、光と養分分配を最適化して果実糖度と材質を高める。