

生体触媒化学研究領域の研究紹介

植物ホルモンは、植物が生長や形態を自らコントロールするために必要なだけでなく、環境やストレスへの適応にも重要な役割を果たしています。私たちは、植物ホルモンがつくられてから役割を終えるまでの生合成／輸送／シグナル伝達／代謝の全ての局面を時間的・空間的な要素も含めて視野に入れ、植物ホルモンの作用メカニズムを理解することを目指しています。また、得られた知見を利用して植物の生長を制御する技術の開発や、新しい植物ホルモンの探索にも取り組んでいます。



ストリゴラクトン：地上部の枝分かれを制御する植物ホルモン

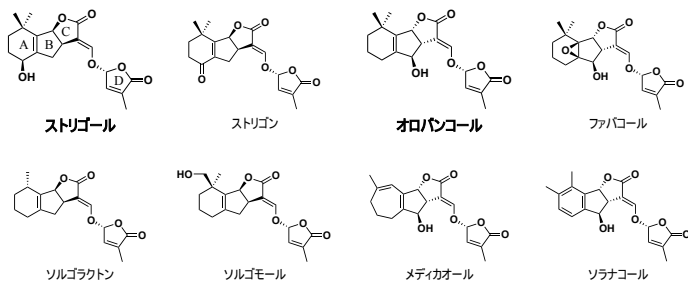
ストリゴラクトンは、私たちが世界ではじめて植物ホルモンであることを明らかにした化合物群で、植物の地上部の枝分かれを制御します。また、ストリゴラクトンは植物の栄養吸収を助ける菌根菌と植物との共生を促進する一方で、農業に深刻なダメージを与える根寄生植物の種子の発芽を誘導します。そのため、ストリゴラクトンの生合成／代謝経路やシグナル伝達機構の解明は、作物収量の増産や根寄生植物の防除を可能とする新しい農業技術の開発へとつながります。

【ストリゴール型】

(ドクダミ、ソルガム、イチゴ etc.)

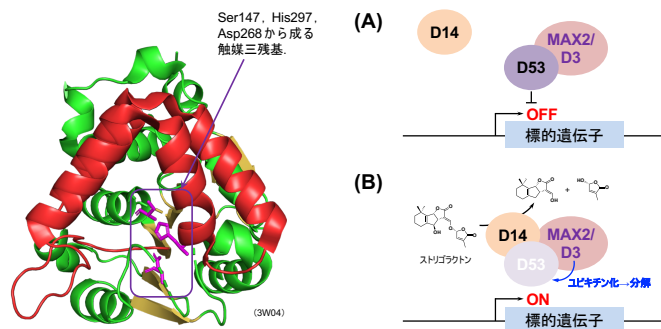
【オロパンコール型】

(イネ、シロイヌナズナ、ゼニコケ etc.)



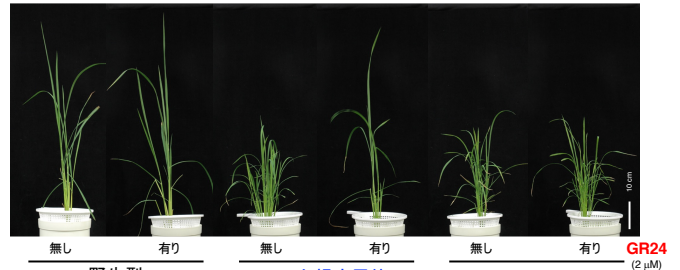
代表的な天然ストリゴラクトンの構造。C環部分の立体構造の違いから、ストリゴール型とオロパンコール型に大別されます。多くの植物では、いずれか一方の型のストリゴラクトンのみが確認されますが、タバコやレンゲなどからは両方の型のストリゴラクトンが検出されています。

シグナル伝達



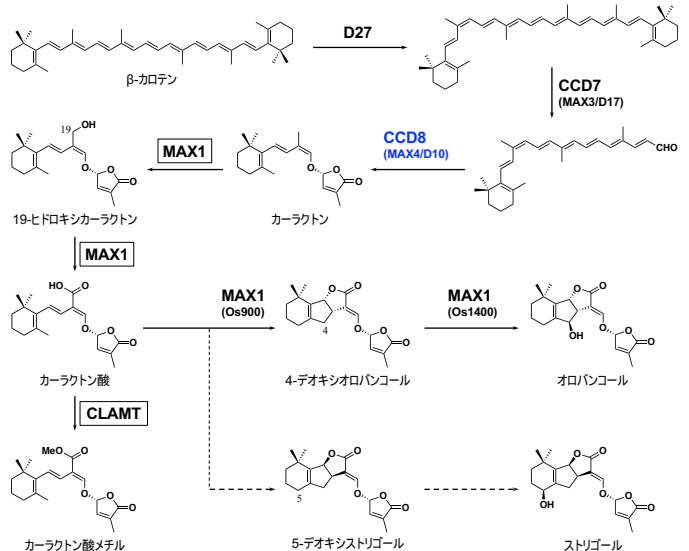
私たちが決定したイネのストリゴラクトン受容体(D14)のX線結晶構造。D14はストリゴラクトンのD環部分を加水分解して不活性化化する酵素活性を持ちます。私たちはこの触媒活性について、シグナル伝達には必須ではないと考えています。

ストリゴラクトンのシグナル伝達。(A)ストリゴラクトン非存在下ではD53が遺伝子発現を抑制しています。(B)ストリゴラクトンがD14に結合するとタンパク質三量体が形成され、結果としてD53が分解されることで遺伝子発現が誘導されます。



イネのストリゴラクトン変異体の表現型。野生型と比較して枝分かれが過剰になり、草丈も低くなります。d10変異体はストリゴラクトン生合成においてカーラクトンを与える酵素の遺伝子が欠損しており、ストリゴラクトンアナログ(GR24)を投与すると野生型と同様の表現型に回復します。d3変異体はストリゴラクトンのシグナル伝達に関わる酵素の遺伝子が欠損しているため、GR24を投与しても表現型は回復しません。

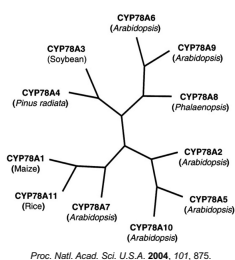
生合成／代謝



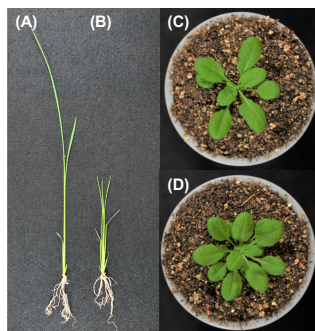
ストリゴラクトンの生合成／代謝経路の概要。ストリゴラクトンは植物体内でβ-カロテンを原料として、多段階の酵素反応により生合成されます。四角で囲った酵素は、私たちがその機能を実験的に解明したものです。カーラクトンからどのようにしてストリゴール型のストリゴラクトンが生合成されるかについては不明です。また、カーラクトン酸メチルはストリゴラクトン受容体D14と相互作用することができるため、ホルモンとして活性型のストリゴラクトンの一つと考えてよいかも知れません。

新しい植物ホルモンの探索

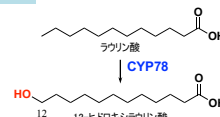
植物ホルモンのはたらきに異常が生じると、植物の表現型が大きく変化します。私たちは新しい植物ホルモンを発見するため、既知の植物ホルモンでは説明のつかない表現型を示す変異体に注目して、その原因の解明に取り組んでいます。



CYP78ファミリータンパク質の系統樹。現在までに、シロイヌナズナ、トウモロコシ、イネ、コチョウランといった被子植物の他、ラジアータマツ(裸子植物)やヒメツリガネゴケ(蘚類)など、植物界に広く存在することが明らかになっています。cyp78変異体の表現型は既知の植物ホルモンでは回復せず、CYP78によって発現が調節される遺伝子群も既知の植物ホルモンで調節されるものと異なります。



cyp78変異体の表現型。イネのcyp78a11変異体(B)は細胞数の減少や器官サイズの小型化、葉間期の短縮といった表現型を示し、野生型(A)と比較して草丈が低くなり葉数が増加します。同様に、シロイヌナズナのcyp78a5変異体(D)は野生型(C)と比較して葉数が増加します。



	K_m μM	V_{max} pmol min ⁻¹	K_{cat} min ⁻¹
A5	14	2.4	0.25
A7	12	13	1.3
A10	22	2.5	0.13

CYP78組み換え酵素の触媒活性。ラウリン酸などのω末端を位置選択的に水酸化しますが、生成物の12-ヒドロキシラウリン酸はcyp78変異体に投与しても表現型は回復しないため、植物本来の基質はラウリン酸とは異なると考えられます。

	A5	A7	A10
ラウリン酸	72	100 ^a	31
ミリスチン酸	60	3	10
ミリスチレン酸	5	7	ND
パルミチン酸	ND	15	ND
パルミトレン酸			
ステアリン酸			ND

ラウリン酸を基質とした時の相対活性

Plant Biotechnol. 2009, 26, 175.