

令和 8 年 6 月 29 日

愛 媛 大 学

新しいシロイヌナズナ形質転換体選抜マーカー「*SmR* 遺伝子」を開発

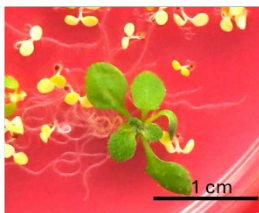
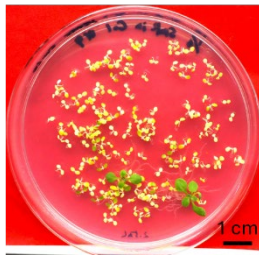
～安価な抗生物質で遺伝子組換えシロイヌナズナを明瞭に選抜可能～

愛媛大学大学院農学研究科 分子生物資源学研究室（小林 括平教授）の三木 葵葉さん（修士課程 2 年生）、平田 峻也さん（博士後期課程 3 年生）、秋山 樹菜さん（卒業生）、島谷 真奈さん（卒業生）、賀屋 秀隆准教授の研究グループは、シロイヌナズナの遺伝子組換え実験で利用できる新しい選抜マーカー遺伝子「*SmR* 遺伝子」を開発しました。

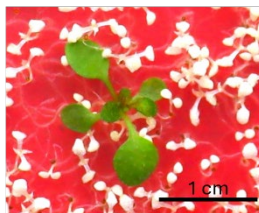
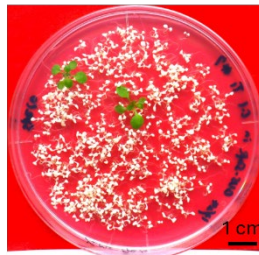
遺伝子組換え植物を作製する際、遺伝子組換え率は非常に低いため、目的の遺伝子が導入された植物（形質転換体）を効率よく選り出す必要があります。そのために「選抜マーカー遺伝子」と呼ばれる抗生物質耐性遺伝子が広く利用されています。選抜によく用いられている抗生物質のハイグロマイシンやカナマイシンにはコスト上の制約があります。

本研究では、細菌由来のストレプトマイシン/スペクチノマイシン耐性遺伝子 *AadA* I を植物向けに最適化した「*SmR* 遺伝子」を開発しました。

ストレプトマイシン (50 mg/l)



スペクチノマイシン (10 mg/l)



その結果、遺伝子組換えシロイヌナズナを安価でかつ明瞭に選抜できることを明らかにしました。さらに、*SmR* 遺伝子を持つ植物はカナマイシンやハイグロマイシンに対する感受性を維持するため、複数の遺伝子を導入した遺伝子組換え植物の作出にも利用できることを示しました。本成果は、植物の基礎研究や品種改良研究を効率化する新しい技術として期待されます。

本研究の成果は、2026 年 6 月 25 日 日本バイオテクノロジー学会会誌「Plant Biotechnology」に掲載されました。

本件に関する問い合わせ先

国立大学法人 愛媛大学 大学院農学研究科
食料生産学専攻 農業生産学コース 分子生物資源学
准教授 賀屋 秀隆

TEL : 089-946-9206

Mail : kaya.hidetaka.hu@ehime-u.ac.jp

※送付資料 4 枚（本紙を含む）

【研究成果のポイント】

- ストレプトマイシンおよびスペクチノマイシン^{※1}への耐性をシロイヌナズナに付与する選抜マーカー「*SmR* 遺伝子」を開発
- シロイヌナズナの遺伝子組換え体^{※2}（形質転換体）を安価に選抜可能
- *SmR* 遺伝子をもつ形質転換体は緑色のまま成長し、非形質転換体は白化するため判別が容易
- *SmR* 遺伝子はカナマイシン耐性やハイグロマイシン耐性遺伝子と併用可能で、複数の遺伝子を導入した植物（多重形質転換体）の作出を容易にする

【研究の背景】

植物の遺伝子機能を調べたり、新しい品種を開発したりするためには、目的の遺伝子を植物に導入した「形質転換体の作製」という遺伝子組換え技術^{※3}が必要です。しかし、遺伝子組換え後の植物集団には、遺伝子が導入された極少数の個体（形質転換体）と導入されていない大多数の個体（非形質転換体）が混在しています（図）。そのため「選抜マーカー遺伝子^{※4}」を利用して、目的の形質転換体だけを選び出す必要があります。シロイヌナズナではカナマイシン耐性遺伝子やハイグロマイシン耐性遺伝子が広く利用されていますが、これらに対応する抗生物質^{※5}は高価です。また、複数の遺伝子を導入した形質転換体を作製するには、異なる選抜マーカーが必要です。研究グループは、細菌で利用されているストレプトマイシン／スペクチノマイシン耐性遺伝子 *AadA* / に注目し、植物で利用可能な新しい選抜システムの開発を行いました。

【研究成果】

研究グループは、細菌由来の *AadA* / 遺伝子の配列をシロイヌナズナで発現しやすいようにコドンの最適化^{※6}を行い、「*SmR*」と名付けました。この *SmR* 遺伝子をシロイヌナズナに導入したところ、ストレプトマイシンあるいはスペクチノマイシンを含む培地上で、形質転換体のみが生長し、緑色の葉を形成しました。一方、遺伝子を持たない非形質転換体は葉緑体^{※7}の機能が阻害され、白く変色（白化）しました（図）。特にスペクチノマイシンでは、緑色の形質転換体と白色の非形質転換体の違いが明瞭であり、形質転換体を容易に判別できました。さらに、得られた植物の次世代（T₂世代）を解析した結果、耐性形質はメンデルの法則に従って遺伝していることが確認され、*SmR* 遺伝子が核ゲノムに安定に導入されていることが示されました。また、*SmR* 形質転換体はカナマイシンおよびハイグロマイシンに対して感受性を維持しており、既存の選抜マーカーとの併用が可能でした。実際に研究グループは、カナマイシン耐性遺伝子、ハイグロマイシン耐性遺伝子、そして *SmR* 遺伝子の3つを同時に持つ三重形質転換体の作出にも成功しました。

【今後の展望】

近年、植物科学ではゲノム編集やエピゲノム編集など高度な分子育種技術の利用が進んでいます。これらの研究では、複数の遺伝子を導入することが多く、新しい選抜マーカーの需要が高まっています。今回開発した *SmR* 遺伝子は、1) 安価な抗生物質を利用できる。2) 形質転換体の選別が容易。3) 既存の耐性マーカーと併用できる。という特徴を持ちます。今後はシロイヌナズナだけでなく、他の植物種への応用も期待されます。

本技術は、植物の基礎研究を加速するとともに、将来的な品種改良や食料生産技術の発展に貢献することが期待されます。

【用語説明】

※1) ストレプトマイシン・スペクチノマイシン

細菌のタンパク質合成を阻害する抗生物質。植物では葉緑体の機能を阻害し、白化させる。

※2) 遺伝子組換え体（形質転換体）

遺伝子組換え技術により、別の生物種の遺伝子（DNA）がゲノムに組み入れられた生物。

※3) 遺伝子組換え技術

人為的に取りだした遺伝子（DNA）を、別の生物種のゲノムに組み入れて働かせる技術。

※4) 選抜マーカー遺伝子

遺伝子が導入された遺伝子組換え体（形質転換体）だけを効率よく選び出すための遺伝子。抗生物質耐性遺伝子が主に利用される。耐性遺伝子を持つ生物は、対応する抗生物質への耐性が付与される。

※5) 抗生物質

微生物が作り出す物質のうち、他の微生物や植物などの細胞を殺すものや、細胞増殖を抑えるものの総称。カナマイシン、ハイグロマイシン、ストレプトマイシン、スペクチノマイシン、アンピシリン等、様々なものが知られている。

※6) コドンの最適化

コドン（遺伝暗号）は、ほとんどの生物で共通しているが、その運用は生物によって“くせ”が異なる。組み入れる遺伝子の DNA 配列を組み入れる先の生物の“くせ”に合わせて変化させること。

※7) 葉緑体

植物が光合成を行うための細胞小器官。クロロフィルを含み、葉を緑色にしている。

【論文情報】

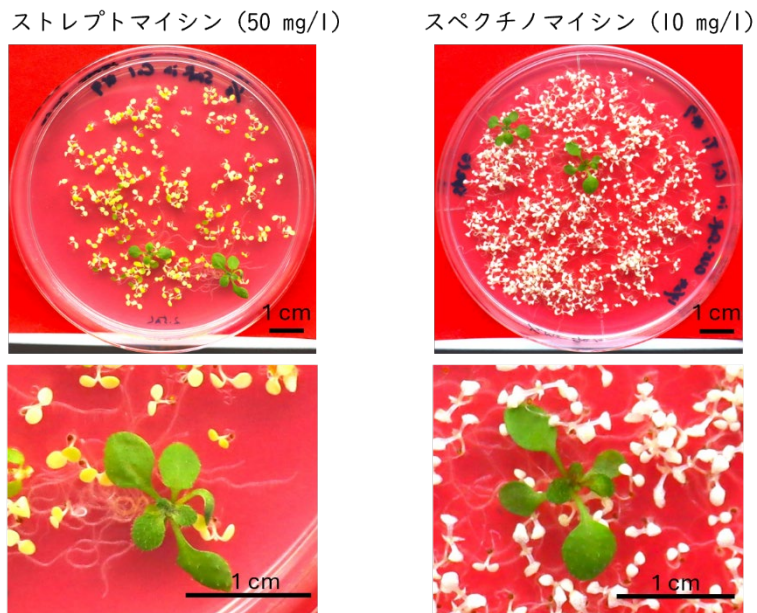
掲載誌：Plant Biotechnology

題名：A Simple *SmR* Selectable Marker Gene for Streptomycin/Spectinomycin Selection in Arabidopsis Nuclear Transformation

(和訳)

著者：三木 葵葉、平田 峻也、秋山 樹菜、島谷 真奈、小林 括平、賀屋 秀隆、

DOI：10.5511/plantbiotechnology.26.0420b



図：ストレプトマイシン、スペクチノマイシンによる形質転換シロイヌナズナ T_1 世代の選抜

上段：選抜培地の全体図、下段：形質転換体候補個体の拡大図

スペクチノマイシン選抜の方がストレプトマイシンよりも低濃度でかつ、非形質転換体と形質転換体の選抜が明瞭である。