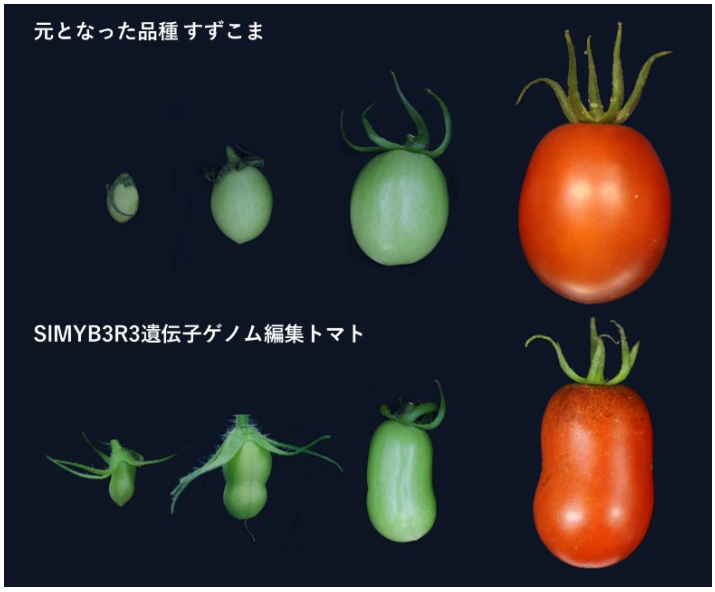

トマトの果実の形を変えるゲノム編集技術を開発

～ゲノム編集によりピーナッツ型のユニークな形のトマトの作出に成功～

【本研究のポイント】

・トマトは消費者に人気が高い野菜であり多種多様な形や色の品種が求められている。
・果実の形の決定に細胞分裂を制御する転写因子[注1)] SlMYB3R3 が関わることを発見。
・SlMYB3R3 遺伝子のゲノム編集[注2)]により、ピーナッツ型のユニークな形のトマトの開発に成功。

【研究概要】

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学大学院生命農学研究科の白武 勝裕 准教授らの研究グループは、金沢大学の伊藤 正樹 教授、華中農業大学（中国）の鄭 慶游 博士らとの共同研究により、トマトの果実で、細胞分裂を制御している転写因子 SlMYB3R3 の遺伝子を、CRISPR-Cas9[注3)] を用いたゲノム編集により機能破壊することで、ピーナッツ型のユニークな形のトマトの開発に成功しました。

私たちは、野菜を美味しさや栄養摂取の目的だけに食べるのではなく、様々な形や色の野菜で食卓を彩り、野菜を目でも楽しんでいます。トマトは消費者に人気が高い野菜のひとつです。

多様な形や色のトマトを消費者に届けるためには、形や色を司る遺伝子を特定し、その情報を活用した画期的な品種改良技術が必要です。本研究では、SlMYB3R3 がトマトの形の決定に関わることを特定し、その遺伝子をゲノム編集することで、トマトの形を変化させることができることを明らかにしました。本技術の活用により、これまでにない形のトマトを消費者に届けることができるようになることが期待されます。

本研究成果は、2022 年 12 月 8 日付国際科学雑誌「Journal of Experimental Botany」に掲載されました。

【研究背景と内容】

果実の形は、丸いもの、縦長のもの、平たく扁平なもの、あるいはヒョウタンのようにくびれたものなど様々です。トマトの果実の形にも、丸いもの、先が尖ったもの、ハート型のもの、イタリアントマトのように縦長のものや、洋ナシ型のものなどがあります。果実の形を決定する遺伝子の研究は、トマトを中心に進んでおり、OVATE や SUN といった遺伝子が特定されています。OVATE や SUN は、果実の細胞分裂パターンを変えることで、果実の形を変化させることが知られています。本研究では、シロイヌナズナにおいて、細胞分裂の制御に関わることが見出されている転写因子 MYB3R の、トマトにおけるオルソログ[注 4)] に着目しました。

トマトのゲノムデータベースの探索により、トマトに 4 種類の MYB3R が存在することが明らかとなり、SlMYB3R1、SlMYB3R2、SlMYB3R3、SlMYB3R4 と名付けました。これらのうち、細胞分裂の抑制に働くことが予想され、花器官で特異的な遺伝子発現を示した SlMYB3R3 に着目し、CRISPR-Cas9 技術を用いたゲノム編集により、SlMYB3R3 遺伝子を機能破壊したトマトを作出しました。SlMYB3R3 遺伝子ゲノム編集トマトの果実の重量は、元となった品種‘すずこま’と同じでしたが、果実が縦長になり、果実の真ん中がくびれたピーナッツ型の果実も存在しました（図 1）。

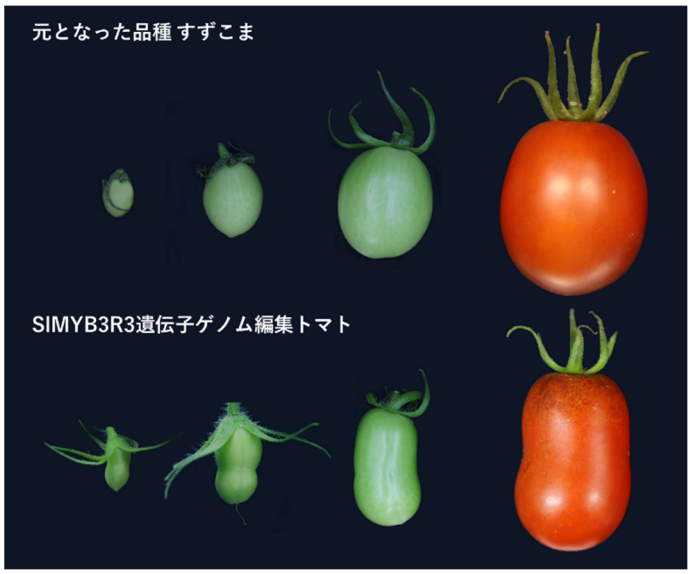

図 1. 元となった品種‘すずこま’と SlMYB3R3 遺伝子ゲノム編集トマトの果実

発育初期の果実（子房）の組織観察を行った結果、SlMYB3R3 遺伝子ゲノム編集トマトでは、縦方向の細胞数が増加しており、これが縦長の果実が形成された原因と考えられました。また、花器官の組織観察を行った結果、SlMYB3R3 遺伝子ゲノム編集トマトでは、花冠[注 5)] の締め付けによる子房の変形が観察されました（図 2）。果実が縦長なトマト品種‘サンマルツァーノ’の花器官の組織観察を行ったところ、SlMYB3R3 遺伝子ゲノム編集トマトと同様な、花冠の締め付けによる子房の変形が観察されました（図 2）。さらに、洋ナシ型の果実を着けるトマト品種‘ラダナ’において、花器官から花冠を取り除くと、洋ナシ型の果実が楕円形になることが分かりました（図 3）。以上の結果

から、トマトの縦長や洋ナシ型の果実の形は、果実の細胞分裂の方向に加えて、花冠による子房の締め付けによって起こることが示されました。

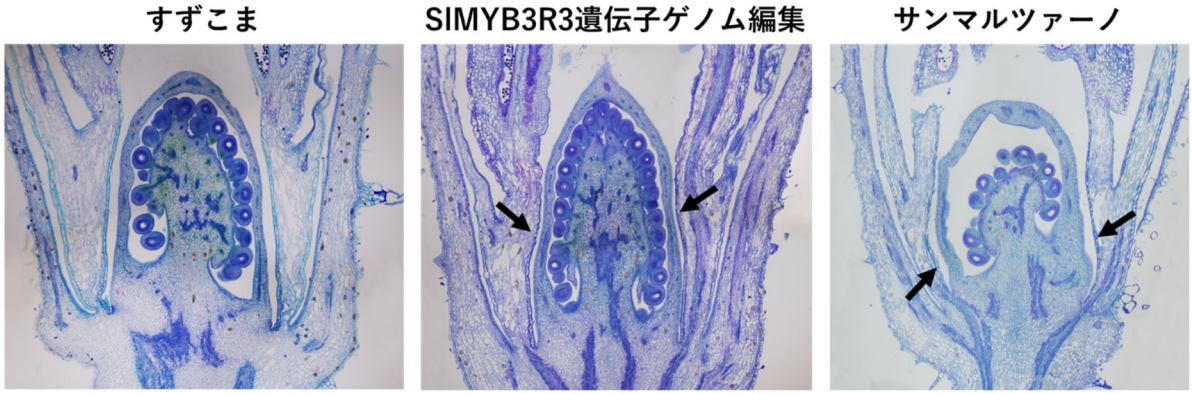

図 2. 開花期のトマトの花器官。SIMYB3R3 遺伝子ゲノム編集トマトと、果実が縦長なトマト品種‘サンマルツァーノ’において、矢印の部分で花冠の締め付けによる子房の変形が観察された。

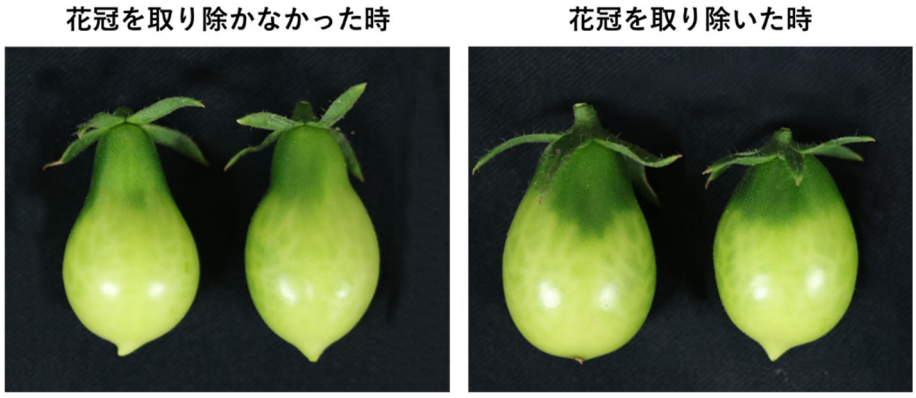

図 3. 洋ナシ型の果実を着けるトマト品種‘ラダナ’において、花器官から花冠を取り除かなかった時と、取り除いた時の果実の形。

【成果の意義】

多種多様な形や色のトマトを消費者に届けるためには、形や色を司る遺伝子を特定し、その遺伝子を活用した画期的な品種改良技術が必要です。本研究では、MYB3R 転写因子がトマトの形の決定に関わることを特定し、その遺伝子をゲノム編集することで、トマトの形を変えることができることを明らかにしました。本技術の活用により、これまでにない形のトマトを消費者に届けることができるようになることが期待されます。

本研究は、2014 年度から 2018 年度にかけて実施された「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）次世代農林水産業創造技術」及び日本学術振興会「科学研究費補助金」の支援のもとで行われたものです。

【用語説明】

注 1）転写因子：

遺伝子の上流には、遺伝子の発現（遺伝子からの mRNA の転写）の調節に関わるプロモーターが存在する。このプロモーターに結合して、遺伝子の発現を促進あるいは抑制するタンパク質を転写因子という。

注 2）ゲノム編集：

生物の設計図であるゲノムの中のターゲットとする塩基配列を、特異的に変化させる技術。

注 3）CRISPR-Cas9：

2020 年のノーベル化学賞の発見となったゲノム編集技術のひとつ。ターゲットとするゲノム塩基配列の相補鎖の RNA 配列を使って、ターゲットとするゲノム塩基配列を認識させることにより、従来の技術より格段に、ゲノム編集を容易に行うことが可能となった。

注 4）オルソログ：

ある生物の遺伝子に対して、別の生物において同じ機能を果たし、進化上同じ遺伝子に由来すると考えられる遺伝子。

注 5）花冠：

複数の花弁が合着してできている器官を花冠という。トマトは５枚程度の花弁が根元で合着して花冠を形成しており、この合着した部分が子房を取り囲んでいる。

【論文情報】

雑誌名：Journal of Experimental Botany
論文タイトル：Genome editing of SlMYB3R3, a cell cycle transcription factor gene of tomato, induces elongated fruit shape
著者：Qingyou Zheng[1,2], Rie Takei-Hoshi[1], Hitomi Okumura[1], Masaki Ito[3], Kohei Kawaguchi[1], Shungo Otagaki[1], Shogo Matsumoto[1], Zhengrong Luo[2], Qinglin Zhang[2], and Katsuhiro Shiratake[1]（所属：名古屋大学[1]，華中農業大学[2]，金沢大学[3]）
DOI：10.1093/jxb/erac352
URL：https://academic.oup.com/jxb/article/73/22/7312/6693846