

2022年7月20日

新潟大学
秋田県農業試験場
鹿児島県農業開発総合センター

ユリの無花粉（雄性不稔）候補遺伝子の同定

— 無花粉選抜技術の開発 —

ユリ類の育種においては、無花粉（花被、他の花材や衣服を汚してしまわないため）であることが品種特性として重要であり、流通や生産関係者から無花粉の新品種育成が切望されています。最近、いくつかの花粉を生じないユリが商業市場に流通していますが、無花粉の特性にどのような遺伝子が関与しているか明らかになっておらず、計画的に無花粉のユリの育種を行うことはできないのが現状です。そこで、新潟大学農学部（岡崎桂一教授ら）、秋田県農業試験場、鹿児島県農業開発総合センターの研究グループは、シンテッポウユリ^(注1)「あきた清ひめ」が持つ自然突然変異で生じた無花粉特性の責任遺伝子（*TDF1*）を同定し、無花粉遺伝子をシンテッポウユリの品種間やシンテッポウユリから他のユリに導入する際、無花粉遺伝子の有無をPCRで簡易に判定できる育種支援技術を開発しました。ユリでは、無花粉（雄性不稔）の遺伝子を同定した報告は本研究が初めてです。本成果は、テッポウユリをはじめ各種ユリ類の無花粉品種育成に大きく貢献できると期待されています。

【本研究成果のポイント】

- ユリの無花粉特性を制御する責任遺伝子候補を同定しました。
- 無花粉遺伝子の有無をPCRで簡易に判定できる育種支援技術を開発しました。
- 本成果は、テッポウユリをはじめ各種ユリ類の無花粉品種育成に大きく貢献できると期待されています。

1. 研究の背景

ユリの葯は大きく、そこから溢れ出る花粉は自身の花弁や周辺の花材を汚染し、衣服に付着すると落ちにくいことから敬遠されます(図1)。生花店では開花前後に花粉発生前の葯を手作業で取り除いており、大きな労力負担です。市場等で調査を行うと生花業者や消費者の7割以上が「花粉のないユリ」を求めています。実際に手に取ったことがなく、その認知度が低いため新品種として定着していません。過去に鹿児島県では無花粉品種(条件付き)「クリスタルホルン」を育成しましたが、気温など栽培環境に影響を受け、無花粉特性が不安定である上に、日照不足などによりブラッシング(落花)が発生するなどして普及に至っていません。最近、オリエンタル系ユリで無花粉品種が上場されていますが、絶対的な流通量が少ないのが現状です。市場に安定的に「花粉のないユリ」を投入することができ



図1 有花粉品種(左)、無花粉「あきた清ひめ」(右) 秋田県農業試験場提供

な流通量が少ないのが現状です。市場に安定的に「花粉のないユリ」を投入することができ

ば、生花店等花き販売業者の労力軽減やクレームなどの精神的負担の軽減に繋がります。また、購入先で飾る場所を汚さないことからホームユースも喚起し、新たな需要を生み出す起爆剤となることが期待できます。秋田県では、2020年にシンテッポウユリでは初となる無花粉品種「あきた清ひめ」を市場出荷しました。これまでにガンマー線照射で育成した人為突然変異の無花粉は、不稔ですが花粉の残渣が残る不完全な無花粉でしたが、「あきた清ひめ」は花粉残渣が残らない完全な無花粉特性を示すため、「あきた清ひめ」の持つ無花粉遺伝子は優れた遺伝子ソースと言えます。無花粉ユリを使用した花束加工業者からは高評価を得ているものの、まだ流通量は少なく、無花粉ユリとしての十分な評価を得るには至っていません。また、テッポウユリでは完全な無花粉品種はまだ開発されていません。

II. 研究の概要・成果

本研究では、自然突然変異で生じた無花粉（雄性不稔）のシンテッポウユリ「あきた清ひめ」の花粉不稔の原因となる突然変異遺伝子候補を同定しました。「あきた清ひめ」の無花粉は、減数分裂前の花粉母細胞（PMC）の分解で起こっていました（図2）。有花粉ユリと無花粉ユリ（あきた清ひめの親系統）を交雑した後代での分離比検定では、無花粉特性が単一の劣性遺伝子に起因することが示唆されました。その後、有花粉と無花粉ユリの葯のトランスクリプトーム比較から、有花粉植物でのみ発現される転写産物を同定したところ、それは、花粉発生の主要な調節因子として知られている *TDF1* 遺伝子のホモログの転写産物でした。*TDF1* 遺伝子のシロイヌナズナの機能欠損変異体 (*tdf1*) は雄性不稔性を示すため、有花粉個体で発現し無花粉個体で発現が見られない *TDF1* ホモログが無花粉特性の原因であると推測し、有花粉個体が持つ正常型の対立遺伝子を *Lf1TDF1*、対して無花粉個体では機能欠損突然変異型の対立遺伝子を *lf1tdf1* としました（図3）。

さらに、ゲノム塩基配列のロングリードシーケンシングによる解析から、無花粉の *lf1tdf1* では、少なくとも 30kbp の長さのゲノム領域が欠失し、機能型の *Lf1TDF1* 遺伝子を失っていることが明らかになりました。シンテッポウユリ (*L. ×formolongi*) とテッポウユリ (*L. longiflorum*) の交配は可能であるため、「あきた清ひめ」の *lf1tdf1* をテッポウユリに導入する育種事業が鹿児島県で進められています。*lf1tdf1* による無花粉特性は、栽培温度で左右されず発現し、不稔花粉の残渣も残らず鑑賞性が優

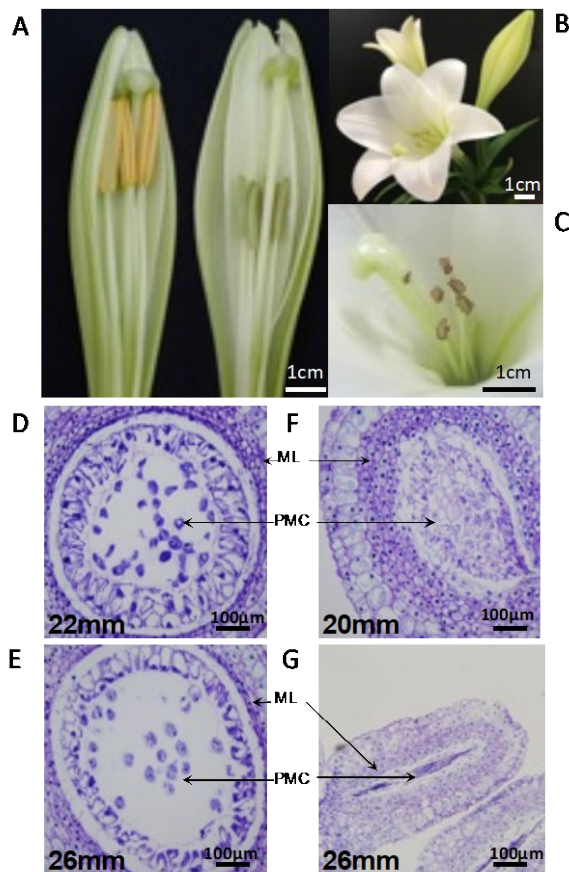


図2 有花粉、無花粉個体の外部および内部形態、A: 有花粉(左)、無花粉(右)、B: 無花粉個体の花、C: その拡大図、D,E: 有花粉個体の減数分裂時の葯の横断切片、E,F: 有花粉個体の減数分裂時の葯の横断切片。図中の数字、20-26mm は、サンプルを採取した蕾のサイズ、ML: 中間層、PMC: 花粉母細胞。

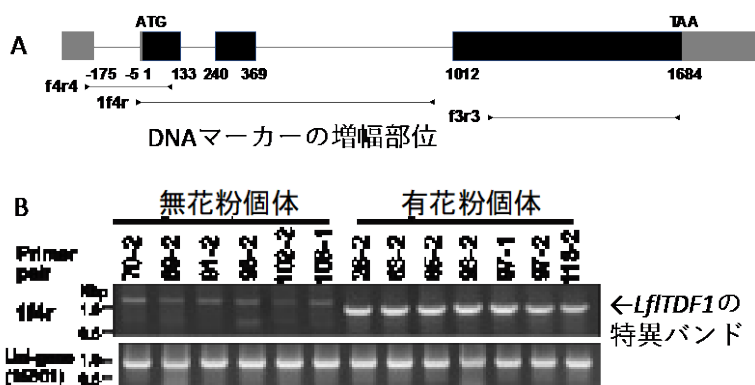


図3 A: *Lf1TDF1* 遺伝子の構造、ボックスはエクソン、直線はイントロンを示す。B: 有花粉、無花粉個体の外部および内部形態、A: 有花粉(左)、無花粉(右)、B: f4r プライマーによる *Lf1TDF1* 遺伝子の PCR 増幅、Uni-gene は PCR 反応のチェックのため。

れている特徴があります。無花粉の安定性に優れた *1fltdf1* 変異の同定とマーカー開発は、テッポウユリや他のユリの無花粉化育種に貢献できます。

III. 今後の展開

鹿児島県、秋田県で実施されているテッポウユリ、シンテッポウユリの無花粉化育種へ無花粉特性の DNA マーカー利用選抜技術を導入し、効率的な育種ができるよう支援します。また、*1fltdf1* 遺伝子とその DNA マーカーを利用した育種は、テッポウユリ、シンテッポウユリと交雑可能なユリ類のみ適用でき、シンテッポウユリと交雑できないオリエンタルハイブリッドなどへの利用はできません。そこで、ユリ類全般に *TDF1* 遺伝子破壊による完全無花粉系統の育成をはかるため、*TDF1* 遺伝子のゲノム編集による無花粉化技術の開発を行っています。現場のニーズにマッチしたユリ類の無花粉化品種の開発を加速することにより、全国のユリ生産地の発展に貢献できるほか、ユリの切り花生産額が全国一である新潟県への波及効果が期待されます。

IV. 研究成果の公表

本研究成果は、2022 年 6 月 29 日に科学誌「Frontiers in Plant Science」の電子版に掲載されました。

【論文】

タイトル: Identification of a male sterile candidate gene in *Lilium x formolongi* and transfer of the gene to Easter Lily (*L. longiflorum*) via hybridization

著者: Takahiro Moriyama, Daniel John Sheal, Naoto Yokoi, Seiro Imakiire, Takaaki Saito, Hikaru Ohshima, Hina Saito, Satoru Okamoto, Eigo Fukai and Keiichi Okazaki

掲載誌: *Frontiers in Plant Science* (2022 年 6 月 29 日オンライン公開)

doi : 10.3389/fpls.2022.914671

【本成果に関連する学会発表】

タイトル: シンテッポウユリ ‘あきた清ひめ’ の雄性不稔遺伝子の同定 (口頭発表)

著者: 森山高広・横井直人・今給黎征郎・齋藤隆明・シェイ ダニエル・大島輝・

齋藤日菜・深井英吾・岡崎桂一

掲載誌: 日本育種学会第 139 回講演会要旨集 (2021 年 3 月)

【特許出願】

花粉の形成に関わるポリヌクレオチド、及びその利用、並びに本塩基配列を用いた雄性不稔性の判定方法 (特願 2020-187502)

岡崎桂一・森山高広・シェイ ダニエル・横井直人・齋藤隆明・佐藤孝夫・今給黎征郎・

吉水竜次・熊本修・長谷健

V. 謝辞

本研究は国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター「イノベーション創出強化推進事業」(No. 28036C) の支援を受けて行われました。

【用語解説】

(注 1) シンテッポウユリ (*L. x formolongi*) は、タカサゴユリ (*L. formosanum*) とテッポウユリ (*L. longiflorum*) と種間交雑と、それに続くテッポウユリへの連続戻し交配によって開発されました。その結果、シンテッポウユリはテッポウユリのような広葉と種まき後 1 年以内に咲くタカサゴユリの特徴を組み合わせた園芸種として育成されました。シンテッポウユリと

テッポウユリの栽培品種は、それぞれ種子または球根によって繁殖され、切り花生産では7月から10月にシンテッポウユリ、11月から6月にテッポウユリが市場へ出荷されます。

本件に関するお問い合わせ先

新潟大学自然科学系（農学部）

教授 岡崎 桂一（おかざき けいいち）

E-mail: okazaki@agr.niigata-u.ac.jp