



・准教授
・星野友紀

・経歴

1999 年 大阪府立大学総合科学部卒業
2004 年 名古屋市立大学大学院修了
2007 年 大阪府立大学大学院修了
2011 年 農業生物資源研究所特別研究員
2013 年 山形大学農学部准教授
現在に至る

開花期突然変異体を用いた「おいしい」エダマメの生産力拡大

・要旨

山形県では、甘みやコク、香りのある「だだちゃ豆」や、大粒で味が濃いと評判な「秘伝」等の「おいしい」エダマメ品種の栽培が盛んである。しかしながら、山形県産のエダマメは、県内で統一された品種は存在せず、さらに各品種の出荷時期が限定されることから、「おいしい」エダマメの持続的な栽培や出荷ができない現状である。一方、近年のダイズゲノム情報を基にした分子遺伝学的な解析により、ダイズの開花は、いくつかの量的形質遺伝子 (*E1*、*E2*、*E3*、*E4* 等) により制御されていることが知られている。これらの遺伝子を標的として、薬剤処理等を用いて変異アリルを構築することによって、「秘伝」の開花期を人為的に制御できると考えられる。そこで本研究では、山形県の内陸部を中心に広く栽培実績がある晩生エダマメ品種「秘伝」に着目し、「おいしい」形質や栽培特性は維持しつつ、開花期のピンポイントな改良を目指した。表現型を指標に変異体を単離する順遺伝学的手法と、遺伝子レベルから変異体を単離する逆遺伝学的手法による 2 つのアプローチを用いて、有用な変異アリルを探索した。EMS 突然変異体集団 (M_2 集団) を作成し、順遺伝学的手法として開花調査を行ったところ、早生型が 12 個体、晩生型が 9 個体得られた。さらに、後代 M_3 系統では、野生型に比べて開花が有意に早い 8 系統が確認された。一方、TILLING 法を用いた逆遺伝学的解析では、*E1*、*E3*、*E4* 遺伝子においてそれぞれ独立した 3、7、8 系統の突然変異体が単離された。これらのうち、開花期への効果が最も高いとされる *e1* 突然変異体は、グリシンからグルタミン酸へのアミノ酸置換を有しており、この後代 M_3 系統では、野生型に比べて開花が 10 日以上有意に早まった。本研究で単離されたこれらの突然変異体は、山形県のエダマメ生産量の拡大に貢献できる貴重な遺伝資源になると考えられる。

・ 目的

ダイズの未完熟種子であるエダマメは、夏のビールのおつまみとしてだけでなく、「小学生の好きな野菜ランキング」で1位に輝くなど、幅広い世代から好まれる生鮮野菜である。加えて、世界的な健康志向の広がりに伴い、「えだまめ」は「Edamame」として世界中で認知・消費されるようになってきており、日本産の良食味エダマメは、自由貿易の導入を迎える日本において、輸出品目の最有力候補にあげられる。一方、日本産エダマメの生産を支える地方に目を向けると、急激な人口減少によって地方経済を支える農業は衰退しており、農業の持続的な維持・発展による活力ある地域づくりが急務な課題といえる。そこで私は、疲弊する地方に活力を与えるべく、山形県の強みであるエダマメ生産にフォーカスをあてる。すなわち、私が得意とする突然変異体を利用した育種技術によって、良食味かつ高品質な優良形質は維持しつつ、エダマメの開花期のみをピンポイントで改良することによって、「おいしい」エダマメを継続的に出荷（リレー出荷）可能な、新規なエダマメ品種群を開発し、地域農業の生産改革を提案する。

本研究を実現するための手段は、私がこれまでの研究によって構築させてきた、突然変異集団を用いた分子遺伝学的解析法を応用させる。この方法は、遺伝子組換えではなく、自然変異と同じ突然変異を人為的に誘発し、目的の変異を効率的に単離することによって、早期かつ確実に品種開発が可能な利点がある。本研究では、従来の表現型から突然変異体を選抜する順遺伝学的解析法のみならず、近年明らかにされたダイズゲノム情報（Schmutz et al. 2010）を用いて逆遺伝学的解析法を導入する（Hoshino et al. 2010, 2014）。本研究は、山形県の強みであるエダマメ栽培に着目し、私のこれまでの研究成果を応用させた実用化レベルの研究と位置づけ、「ダイズ開花期の改良によるエダマメ生産力拡大を実現し、活力ある地域づくり」を目指すものである。

・ 材料および方法

平成 27 年と 28 年に、24 mM エチルメタンスルホネート（EMS）処理を施した「秘伝」 M_1 系統を栽培し、各個体から個別に M_2 種子を得た。得られた M_2 種子を用いて、平成 28 と 29 年に山形大学農学部高坂農場の圃場において「秘伝」 M_2 系統を栽培し、それぞれ 1,017 と 1,438 系統の個別 DNA と突然変異体種子からなる突然変異体ライブラリーを構築した。開花期が変化した突然変異体を単離するために、7 から 8 月下旬の間、変異体個別の開花期を調査した（図 1）。また、変異体ライブラリーから、Targeting Induced Local Lesions In Genomes（TILLING）法を用いて、ダイズ開花期関連遺伝子である *E1*, *E3*, *E4* 遺伝子（Tsubokura et al. 2014）を対象に突然変異体の探索を行った（図 1）。平成 28 年に得られた突然変異体については、突然変異による開花期への影響を確認するために、平成 29 年に突然変異系統ごとに圃場で栽培し、開花期を調査した。

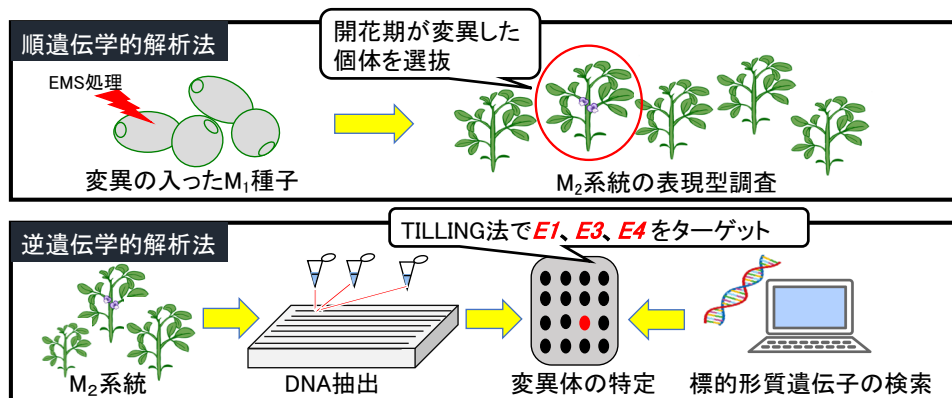


図1 順・逆遺伝学的解析法の概略図

・結果および考察

平成 28 に栽培した M₂ 集団 1,017 個体の開花調査を行ったところ、早生型が 12 個体、晩生型が 9 個体得られた (図 2)。さらに、平成 28 年に早生型として得られた後代 M₃ 系統について、平成 29 年に圃場で系統栽培し開花調査を行ったところ、野生型より 3 から 10 日、有意に開花の早い系統が複数確認された (図 2)。これらの変異体は、開花を制御する遺伝子に変異を有すると考えられ、これまでに報告のない新規な遺伝子に変異を有することも示唆できることから、原因遺伝子の単離が望まれる。原因遺伝子が特定されなくとも育種利用は可能であることから、本研究で得られた開花期突然変異体は、山形県のエダマメ生産量の拡大に貢献できる貴重な遺伝資源になると考えられる。

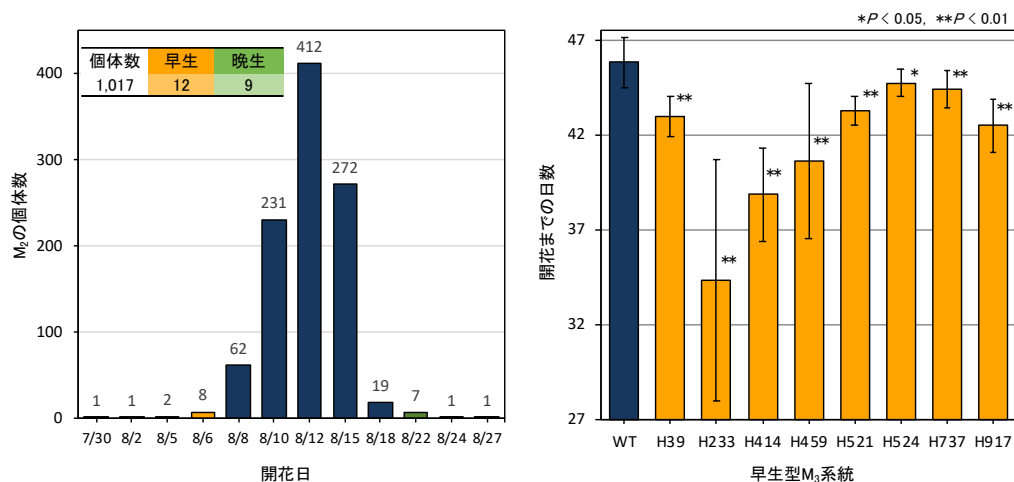


図2 秘伝 M₂ および M₃ 突然変異系統における開花日

TILLING 法を用いた逆遺伝学的解析では、*E1*、*E3*、*E4* 遺伝子において、それぞれ独立した 3、7、8 系統の突然変異体が単離された (図 3)。これらのうち、開花期への効果が最も高いとされる *e1* 突然変異体 (G578A) は、グリシンからグルタミン酸へのアミノ酸置換を有しており、 M_3 系統では、野生型に比べて開花が 10 日以上有意に早まった (図 3)。また、先行して得られた *e4* 突然変異体 (G2754A) は、メチオニンからイソロイシンへのアミノ酸置換を有しており、 M_3 系統では、野生型に比べて開花が 2 日程度有意に早まった (図 3)。また、*E3* と *E4* 遺伝子では、遺伝子の機能損失が期待できるナンセンス変異あるいは 1 塩基欠失の変異体が得られた。現時点で、これらの変異が開花に与える影響は解析できていないが、これら変異体では野生型に比べて開花が早くなることが期待できる。

本研究における順・逆両方向から単離された「秘伝」早生型変異体は、「秘伝」の開花期バリエーションが増すことによるリレー栽培・出荷を可能とし、山形県のエダマメ生産量の拡大に貢献できる貴重な遺伝資源になると考えられる。

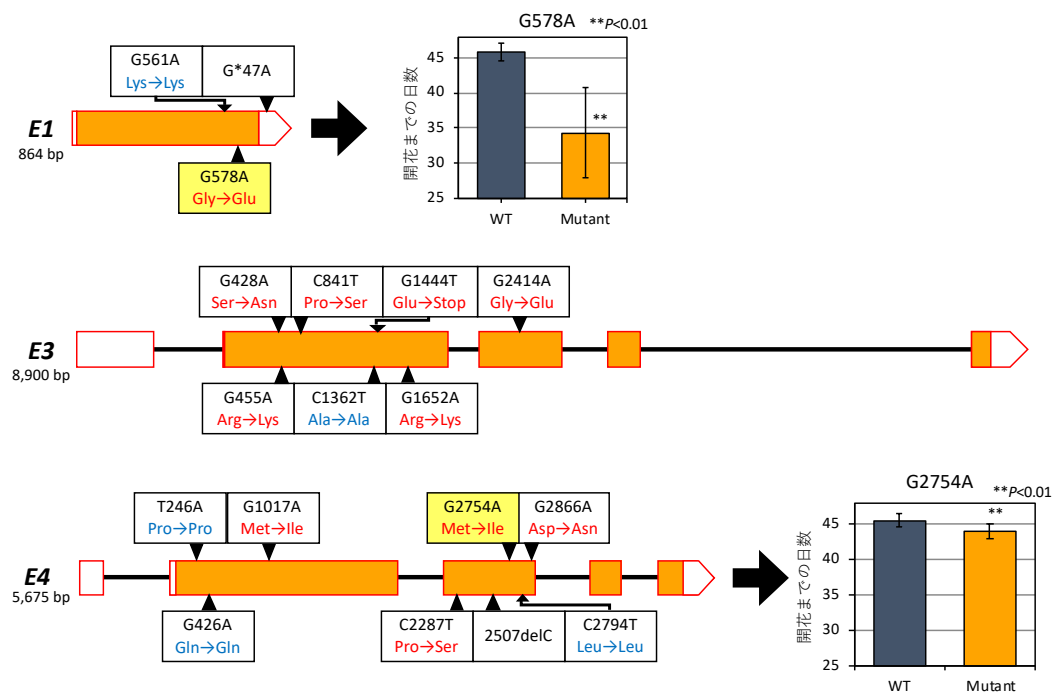


図 3 TILLING 法で単離された *e1*、*e3*、*e4* 突然変異体と一部変異体の開花期

・ 謝辞

本研究を実施するにあたり、ご支援賜りました公益財団法人サッポロ生物科学振興財団様に深く感謝致します。また、当研究の遂行に尽力していただいた山形大学農学部植物遺伝育種学分野星野研究室の学生諸氏に深く感謝申し上げます。

・引用文献

- Hoshino T, Takagi Y, Anai T (2010) Novel *GmFAD2-1b* mutant alleles created by reverse genetics induce drastic elevation of oleic acid content in soybean seeds in combination with *GmFAD2-1a* mutant alleles. *Breed. Sci.* 60:419-425.
- Hoshino T, Watanabe S, Takagi Y, Anai T (2014) A novel *GmFAD3-2a* mutant allele developed through TILLING reduces α -linolenic acid content in soybean seed oil. *Breed. Sci.* 64:371-377.
- Schmutz J et al. (2010) Genome sequence of the palaeopolyploid soybean. *Nature* 463:178-183.
- Tsubokura Y, Watanabe S, Xia Z, Kanamori H, Yamagata H, Kaga A, Katayose Y, Abe J, Ishimoto M (2014) Natural variation in the genes responsible for maturity loci *E1*, *E2*, *E3* and *E4* in soybean. *Ann. Bot.* 113:429-421.

・学会発表

- 高橋弘紀、畑昌和、飯島信繁、川上珠恵、太田千恵、五十嵐徹、星野友紀（2017 年 10 月）エダマメ品種「秘伝」突然変異集団の作出と開花期突然変異体の単離、日本育種学会第 132 回講演会、岩手大学
- 高橋弘紀、畑昌和、飯島信繁、川上珠恵、太田千恵、五十嵐徹、星野友紀（2017 年 12 月）良食味エダマメの生産力強化に向けた突然変異による「秘伝」開花期の改良、東北植物学会第 7 回大会、岩手大学