

大輪八重咲きトルコギキョウ切り花の 蕾収穫で生じる着色ムラの軽減に有効 なジャスモン酸メチル

農研機構野菜花き研究部門
花き生産流通研究領域

水野 貴行*・湯本 弘子

*現：独立行政法人国立科学博物館 植物研究部

トルコギキョウの原産地は北米西南部からメキシコである。1935年ごろに日本に導入され、現在まで品種開発が盛んにおこなわれている。白色、紫色、桃色、黄色、緑色など様々な花色の大輪でかつ八重化した品種が多数市場流通している。また、日本では花芽整理などの栽培技術により高品質な大輪八重咲きトルコギキョウが生産されており、海外からも高い評価を受けている。一般的に大輪八重咲きトルコギキョウは3輪程度開花してから収穫する。緑色の蕾で早期に収穫を行うことが可能となれば、輸送時の積載本数の増加による輸送コスト削減や花卉の傷つき防止、冬季の圃場での切り残しの出荷などの利点が得られる。そこで、我々は農林水産省「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」（2013～2017年度）においてトルコギキョウの蕾開花法の開発に取り組んだ。

トルコギキョウ蕾開花法の開発には、大輪八重咲で開花時の花卉色が濃紫色のトルコギキョウ品種‘ボヤージュ（2型）ブルー’を主に用いた。先端部が開き始めた緑色の蕾で収穫し、花柄長5 cmに調整して糖と抗菌剤が入った溶液（GLA：1%グルコース、ケーソンCG 0.5 mL/L、硫酸アルミニウム 50 mg/L）に挿して20、25、30、35°C、PPFD 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、連続光のインキュベータに搬入して開花まで調査を行った（Mizunoら 2017）。その結果、いずれの温度においても開花時に花卉に緑色の部分が残る着色不良現象が生じ

た。我々はこの着色不良現象を「着色ムラ」とよび、その改善策を検討した（図-1）。「ボヤージュ（2型）ブルー」の開花時の花卉色はアントシアニンによるもので、着色ムラを改善するには緑色の色素であるクロロフィルの減少とアントシアニンの増加が必要と考えられた。

ジャスモン酸（Jasmonic acid: JA）はストレス応答時の防御物質の生産誘導や葯の裂開など様々な生理作用を示す植物成長調節物質である。JAのメチルエステルであるジャスモン酸メチル（methyl jasmonate: MeJA）はこれまでに様々な植物において、アントシアニン、カロテノイドおよびクロロフィル量の増減に影響を与えることが報告されている。MeJAは2.5 $\mu\text{L}/\text{L}$ でダイズの胚軸、200 $\mu\text{L}/\text{L}$ でチューリップ球根から伸長する葉でアントシアニンが増加する（Vincentら 1991; Saniewskiら 1998）。収穫後のリンゴ‘ふじ’果実において、0.224～2.24 g/L MeJAを浸漬処理することによりアントシアニン濃度が高くなる（Rudellら 2002）。ペチュニアの蕾では5 μM MeJAの吸液処理によって開花時の花卉のアントシアニン量が増加する（Tamariら 1995）。リンゴ‘ゴールデンデリシャス’の収穫後の果実において8 ppmのMeJAを曝露処理することにより果皮の β -カロテンが著しく増加し、クロロフィルの減少が促進される（Pérezら 1993）。また、シロイヌナズナ葉では、10 μM のMeJA処理によりクロロフィル分

解に重要な酵素であるクロロフィラーゼの遺伝子発現が上昇する（Tsuchiyara 1999）。

そこで、MeJA処理がトルコギキョウ蕾の開花時の着色ムラ改善に有効であるか調査した（Mizunoら 2017）。緑色で先端がやや開いたステージで収穫した‘ボヤージュ（2型）ブルー’蕾小花を花柄長5 cmに調整し、GLA溶液に挿して密閉アクリルチャンバー内に搬入し、4 μM MeJAを開花まで連続的に曝露処理した。環境条件は30°C、連続光（PPFD 95 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ）とした。その結果、MeJA処理によって着色ムラが改善されるとともに、開花が早まった（図-2）。また、収穫後1および2日間のMeJA処理は、連続処理と同等に着色ムラ改善および開花促進に有効であった。MeJA処理によりトルコギキョウ蕾の開花が促進されることは‘キングオブオーキッド’でも示されており、花卉の細胞壁を緩める働きのあるタンパク質の遺伝子発現がMeJA処理により上昇することが報告されている（Ochiaiら 2013）。



図-1 トルコギキョウ‘ボヤージュ（2型）ブルー’における開花時の着色ムラの例

MeJA無処理区

MeJA処理区



図-2 トルコギキョウ‘ボヤージュ (2型) ブルー’ 蕾への MeJA 連続処理が開花までの日数と着色ムラに及ぼす影響 (開花時の写真)

開花までの日数

5.3 ± 0.2

4.2 ± 0.2

着色ムラは花卉に不均一に発生することから目視での判断に加えて画像解析により定量評価を行った (Mizuno ら 2017)。上記の試験において‘ボヤージュ (2型) ブルー’の開花した全花卉をスキャナーで取り込み、ソフトウェア Photoshop CC 2015 (Adobe システム) 上で、画像データを Lab 表色系の a 値ごとのピクセル数のヒストグラムで示した。a 値は 0 から 255 の数字で示され、127 以下で緑寄りの色、128 以上で赤寄りの色を示す。着色ムラが発生した花では、緑色寄りの

ピークと赤色寄りのピーク 2 つに対して、着色ムラが発生していない個体では赤色寄りのピーク 1 つであった (図-3)。そこで、全花卉の総ピクセル数に占める a 値 127 以下のピクセル数の割合を着色ムラ面積率として算出した。着色ムラ面積率は MeJA 無処理では 36.5 ~ 48.9% であるのに対して、連続、1 日、2 日間の MeJA 処理により着色ムラが減少することを定量的に評価することができた。

トルコギキョウには紫色以外にも黄

色、白色、桃色、緑色など様々な花色の品種がある。紫色、桃色はアントシアニン、黄色はカロテノイド、緑色はクロロフィルにより発色する。一方、白色花卉は有色色素を含まない。これらの品種を用いて MeJA 処理による蕾切り花の着色ムラ改善効果について検討した (水野ら 2018)。大輪八重咲きトルコギキョウ 6 品種‘ボヤージュ (1型) イエロー’ (黄色), ‘アンバーダブルホップ’ (緑色), ‘エグゼラベンダー’ (淡紫色), ‘レイナホワイト’ (白色), ‘ボヤージュ (1型) ホワイト’ (白色) および‘セレブピンク’ (淡桃色) の先端が開き始めた薄緑色の蕾を花柄長 5 cm に調整し、GLA または GLA + 1 mM MeJA 溶液に挿し、30°C、連続光 (PPFD 85 μmol / m² / s) 下で開花または処理開始 7 日間調査した。その結果、開花

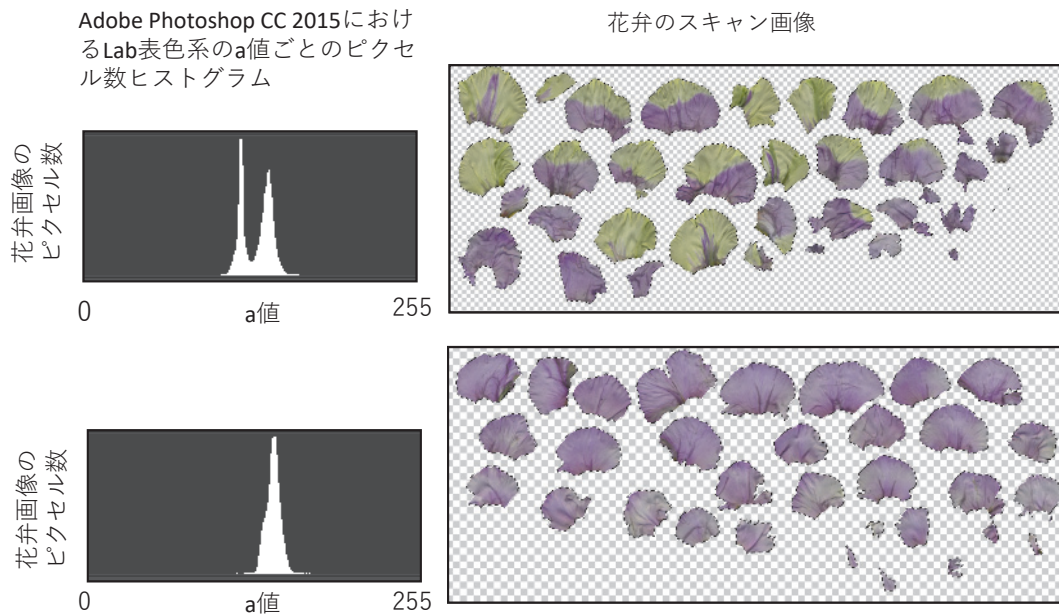


図-3 画像解析による花卉の着色ムラ面積率測定の一例 (上段: 着色ムラ個体, 下段: 正常開花個体)



図-4 トルコギキョウ 6 品種における蕾収穫した小花の開花時の様子(左:MeJA 無処理 右: MeJA 処理)
中心部の花弁が展開し開閉した時点を開花とした。
‘アンバーダブルホップ’は開花時の花色が緑色のため着色ムラ調査未実施。

時の着色ムラ発生個体率は、‘アンバーダブルホップ’以外の品種において MeJA 無処理で 75% 以上、MeJA 処理で 20% 以下となった(図-4)。また、開花率は‘エグゼラベンダー’、‘レイナホワイト’、‘ボヤージュ (1 型) ホワイト’では MeJA 無処理で 67, 33, 67%であったのに対して、MeJA 処理で 100%となった。開花は‘アンバーダブルホップ’では MeJA 処理により早まった。これらの結果から、MeJA はトルコギキョウの様々な品種において着色ムラの改善や開花率の向上、開花促進に効果があると考えられた。

小花の試験に続いて、‘ボヤージュ (2 型) ブルー’切り花を用いて MeJA 処理の着色ムラ軽減効果について調査を行った(水野ら 2018)。先端部が開き始めた緑色の蕾 1 個が付

いた全長 50 cm の切り花を実験に用いた。GLA + 1 mM MeJA 溶液の処理期間と処理時の光条件を組み合わせる 7 処理区を設け、秋と春の 2 回試験を実施した。着色ムラ発生個体率および緑色部面積率(着色ムラ面積率)は、MeJA 処理区で低下した。また、MeJA 無処理区においても連続暗黒条件で開花させると着色ムラが軽減したが、花色が著しく薄くなった。トルコギキョウ鉢花において、蕾が付いた植物体を弱光条件で栽培すると開花時の花弁のアントシアニン量が減少する(Griesbach 1992; Kawabata ら 1999)。このことから、紫色、桃色等のアントシアニンにより発色する花色においては、蕾から開花させる際の光条件が濃淡に影響すると考えられた。開花率はすべての区で 83% 以上と高

かった。開花は MeJA 処理区で早くなる傾向がみられた。開花時の花弁の大きさは連続暗黒条件で MeJA を連続処理すると小さくなった。

大輪八重咲きトルコギキョウ 6 品種‘ボヤージュ (1 型) イエロー’(黄色)、『アンバーダブルホップ’(緑色)、『エグゼラベンダー’(淡紫色)、『レイナホワイト’(白色)、『ボヤージュ (1 型) ホワイト’(白色) および『セレブピンク’(淡桃色)においても切り花を用いた MeJA 処理実験を行った。GLA または GLA + 1 mM MeJA 溶液を暗黒・30°C 条件で 24 時間処理後、開花または処理開始 10 日間連続光 (PPFD 65 $\mu\text{mol} / \text{m}^2 / \text{s}$)・30°C 条件で GLA 溶液を処理した。その結果、『レイナホワイト’と『ボヤージュ (1 型) ホワイト’において、MeJA 処理により着色ムラ個体の発生が減少した。その他の品種では MeJA 無処理においても着色ムラが発生しなかった。『レイナホワイト’において開花が MeJA 処理で早まった。開花率はいずれの品種および処理においても 83% 以上と高くなった。

トルコギキョウの大輪八重品種の蕾において、MeJA 処理は開花時の着色ムラ改善や開花率および開花促進に有効であると考えられた。その効果については品種によって差がみられた。また、全長 50 cm の切り花に比べて花柄長 5 cm の小花を用いた試験において、MeJA 処理の効果が顕著に認められた。小花と切り花で著しく異なっている点は茎や葉の有無である。一般的に

植物体内のジャスモン酸は分裂が盛んな部分や花芽において濃度が高いと言われているが、トルコギキョウにおける内生ジャスモン酸類の種類や分布については明らかになっていない。今後、トルコギキョウの開花時の着色とジャスモン酸類の関係を明らかにするため、内生のジャスモン酸類の分析を進める予定である。トルコギキョウの蕾開花法の開発については、開花時の温度、光等の環境条件がアントシアニンによる花色の濃淡に影響を与えることから、さらに研究を進める必要がある。

参考文献

- Griesbach, R. J. 1992. Correlation of pH and light intensity on flower color in potted *Eustoma grandiflorum* Grise. HortScience 27, 817- 818.
- Kawabata, S. *et al.* 1999. The regulation of anthocyanin biosynthesis in *Eustoma grandiflorum* under low light conditions. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 68, 519-526.
- Mizuno, T. *et al.* 2017. Nonuniform coloration of harvested flower buds of double-flowered *Eustoma* is reduced by methyl jasmonate treatment. Hort. J. 86, 244-251.
- 水野貴行ら, 2018. ジャスモン酸メチル処理と光条件が蓄で収穫した大輪八重咲きトルコギキョウ品種の花弁着色および切り花品質に及ぼす影響. 園学研 17, 465-474.
- Ochiai, M. *et al.* 2013. Methyl jasmonate treatment promotes flower opening of cut *Eustoma* by inducing cell wall loosening proteins in petals. Postharvest Biol. Technol. 82, 1-5.
- Park, W. T. *et al.* 2013. Accumulation of anthocyanin and associated gene expression in radish sprouts exposed to light and methyl jasmonate. J. Agric. Food Chem. 61, 4127-4132.
- Pérez, A. G. *et al.* 1993. Methyl jasmonate vapor promotes β -carotene synthesis and chlorophyll degradation in golden delicious apple peel. J. Plant Growth Regul. 12, 163-167.
- Rudell, D. R. *et al.* 2002. Methyl jasmonate enhances anthocyanin accumulation and modifies production of phenolics and pigments in 'Fuji' apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127, 435-441.
- Saniewski, M. *et al.* 1998. Effects of methyl jasmonate on anthocyanin accumulation, ethylene production, and CO₂ evolution in uncooled and cooled tulip bulbs. J. Plant Growth Regul. 17, 33-37.
- 湯本弘子・水野貴行・福田直子. 「花きの着色ムラ防止剤」特開 2017-086030.
- Tamari, G. *et al.* 1995. Methyl jasmonate induces pigmentation and flavonoid gene expression in petunia corollas: A possible role in wound response. Physiol. Plant. 94, 45-50.
- Tsuchiya, T. *et al.* 1999. Cloning of chlorophyllase, the key enzyme in chlorophyll degradation: Finding of lipase motif and the induction by methyl jasmonate. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 96, 15362-15367.
- Vincent, R. *et al.* 1991. Induction of soybean vegetative storage proteins and anthocyanins by low-level atmospheric methyl jasmonate. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 88, 6745-6749.

田畑の草種

猪子槌・牛膝・対節菜(イノコヅチ)

ヒユ科イノコヅチ属の多年草。本州以南の山野, 路傍, 藪などの日のあまり当たらないところに生えることからヒカゲイノコヅチともいう。これに対して日当たりの良いところに生えるものをヒナタイノコヅチという。背丈 50cm ~ 1m。茎は四角形で節がふくらむ。イノコヅチの名は, この節のふくらんだ太い茎を「猪の子」の脚の膝頭に見立てたものというが, まだ, 比較してみたことはない。

日本在来で, 万葉人たちも, 野を走り回った後, 裳裾に付着するおびただしい数の砲弾型の果実に悩まされていたはずである。それほどイノコヅチであるが万葉集には出てこない。イノコヅチが初めて記載されるのは平安時代に入ってから, 漢方としての「牛膝」としてであった。

目だった花を持たないイノコヅチである。近世までの歌人, 俳人には見向きされることはなく, イノコヅチが歌や俳句に詠

(公財)日本植物調節剤研究協会
兵庫試験地 須藤 健一

まれるようになるのは近代になってからであった。

イノコヅチは秋の季語であり, 近代以降, 多くの句が詠まれている。その中にこんな句があった。

背にとめて何のあかしのみのこづち 加藤楸邨

一方, 今を代表するシンガーソングライターの松任谷由実。そのユーミンの「りんごの匂いと風の国」の中に, こんなくだりがある。「言えなかった想いを込めて口づけた『いのこずち』をセーターに投げる」のである。『いのこずち』の1個の果実を投げつけても, 思うようには届かないかと思われるが, そこは口づけた『いのこずち』の1果実を, 投げるといいながらそっとセーターの背中にとどめたのであろう。楸邨と言い, ユーミンと言い, 背中にとどめたイノコヅチにどんな思いを込めたのであろうか。