

呈色反応による花卉色の变化

大谷知輝, 田口菜奈子, 西野心咲

Tomoki OTANI, Nanako TAGUCHI, Misa NISHINO

奈良県立奈良高等学校

1. 要約

花の色は花卉細胞に蓄積する色素によって現れ、細胞内 pH と金属イオンの影響を受けて変化することが知られている。本研究では特定の試薬に対して発色または変色を示す呈色反応を用いて、花卉を本来持たない色に変色させることを目指した。ピンク色のペチュニアを塩化アルミニウム水溶液で処理すると、紫色に変色した。同様に紫色のパンジーと青色のビオラを塩化アルミニウム水溶液で処理すると、どちらも緑色に変色した。我々は花卉を本来持たない色に変色させることに成功した。

ABSTRACT

The color of flowers is expressed by the accumulation of pigments in petal cells, and affected by intracellular pH and metal ions. In this study, we aimed to change the original color of flowers by the color reaction which is a chemical reaction with the color change. Treatment of *Petunia* with an aluminum chloride solution changed its color from pink to purple. In the same method, purple *Pansy* and blue *Viola* turned to green. Thus, we succeeded in changing the original color of the petals.

【キーワード】 花卉, 変色, 呈色反応

Key word petal, color change, color reaction

2. はじめに

赤、白、黄などの多彩な花の色は、花粉を運ぶ昆虫や鳥などをひきつけるために植物が獲得した形質である。

花の色は花卉細胞に蓄積する色素によって現れ、細胞内 pH や金属イオンの影響を受けて変化することが知られている⁽¹⁾。赤や青紫色を示すアントシアニン⁽²⁾はアルミニウムイオンの影響により色の变化を示す⁽²⁾。

本研究では、特定の試薬により発色または変色を示す呈色反応を利用して、容易に花の色を変化させることができなかと考えた。

3. 目的

本研究では呈色反応により花卉を本来もたない色に変化させることを目的とした。植物体に遺伝子を導入し、花卉を人工的に発色させることが知られている⁽³⁾が、より容易な方法である呈色反応により花卉の変色を試みた。主に塩化アルミニウム水溶液を利用し、アントシアニンをもつ花の花卉を変色させることを目指した。

4. 材料と方法

ゼラニウム (紫)、マツバボタン (赤)、ペチュニア (ピンク)、パンジーピンクシェード (ピンク)、パンジー (紫)、ビオラ (黄、紫、青)、塩化鉄、塩化アルミニウム、塩化カルシウ

ム、硝酸コバルト、硫酸ニッケル、硝酸マグネシウム、ヨウ化カリウム、水酸化ナトリウム水溶液、塩酸、純水、シリカゲル、ビーカー、メスフラスコ、駒込ピペット、漏斗、pH 試験紙、乳鉢、乳棒、バット、ガラス棒、ろ紙、薬匙、電子天秤、ビニール袋、ビニールテープ、薬包紙

① 金属イオンが花卉の色を変化させるかどうかを調べるために、ゼラニウム (紫) とマツバボタン (赤)、 2.0×10^{-2} (mol/L) に調製した 7 種類の水溶液 (塩化鉄水溶液、塩化アルミニウム水溶液、塩化カルシウム水溶液、硝酸コバルト水溶液、硫酸ニッケル水溶液、硝酸マグネシウム水溶液、ヨウ化カリウム水溶液) を使用した。それぞれ一輪の状態 (茎の長さは約 7 cm) にした花を各水溶液の入ったビーカーにつけて処理し、花と茎の変化を観察した。

② ペチュニア (ピンク) の花卉をすりつぶしてシリカゲルと純水を加えてろ過し、色素を抽出した。その抽出液に水酸化ナトリウム水溶液や塩酸を加え、色の変化を観察した。

③ ペチュニア (ピンク) をさまざまな濃度や pH に調製した水溶液で処理し、花卉の色を観察した。植物体への影響を調べるため、茎の変化も観察した。水溶液は塩化鉄水溶液、塩化アルミニウム水

溶液、水酸化ナトリウム水溶液、塩酸、炭酸水素ナトリウム水溶液を使用した（表1、2）。

表1 実験③で使用した試薬の濃度

試薬	濃度 (mol/L)
塩化鉄水溶液	1.0×10^{-2}
	1.0×10^{-4}
塩化アルミニウム水溶液	1.0×10^{-2}

表2 実験③で使用した試薬の pH

試薬	pH
水酸化ナトリウム水溶液	10
塩酸	4
	6
炭酸水素ナトリウム水溶液	8

④ 実験①と③において、塩化アルミニウム水溶液で処理した場合のみ花卉の変色が確認できた。そこで、これ以降塩化アルミニウム水溶液のみを用いて実験を行った。

パンジーピンクシェード(ピンク)を4つの濃度の塩化アルミニウム水溶液で処理した。 1.0×10^{-1} , 1.0×10^{-2} , 1.0×10^{-3} , 1.0×10^{-4} (mol/L)を用意した。

⑤ 実験④で変色が確認された濃度の詳細を調べるため、塩化アルミニウム水溶液の濃度を 1.0×10^{-1} , 7.5×10^{-2} , 5.0×10^{-2} , 2.5×10^{-2} , 1.0×10^{-2} (mol/L)に設定して実験を行った。

⑥ 3色のビオラ(黄、紫、青)を塩化アルミニウム水溶液 (7.5×10^{-2} , 5.0×10^{-2} , 2.5×10^{-2} (mol/L)) で処理した。

⑦ パンジー(紫)とビオラ(青)を塩化アルミニウム水溶液で処理した。また、土壌を含むポットをバットに並べて塩化アルミニウム水溶液に浸し、ビニールで覆うことで、植物体全体を処理した。

⑧ 実験⑦の変色前後のビオラ(青)の色素を抽出し、変色前の抽出液に塩化アルミニウム水溶液を加えた。

5. 結果

① 7種類の水溶液のうち、塩化アルミニウム水溶液のみでマツバボタン(赤)の花卉において色が暗くなった。塩化鉄水溶液で処理すると、ゼラニウム(紫)の茎が青黒く変色した。

② ペチュニア(ピンク)の花卉から抽出した色素は褐色だった。塩基性である水酸化ナトリウム水溶液を加えると濃い黄色に、酸性である塩酸を加えると赤色に変化した。

③ さまざまな pH で処理したペチュニア(ピンク)の花卉は変色しなかった(表4)が、塩化鉄水溶液と塩化アルミニウム水溶液で処理したペチュニア(ピンク)の花卉は変色した(表3)。茎に変化は見られなかった。

表3 ペチュニア(ピンク)の金属イオンによる影響

試薬	濃度(mol/L)	結果
塩化鉄水溶液	1.0×10^{-2}	紫に変色し、しぼんだ
	1.0×10^{-4}	
塩化アルミニウム水溶液	1.0×10^{-2}	紫に変色し、しぼんだ

表4 ペチュニア(ピンク色)の水素イオンによる影響

試薬	pH	結果
水酸化ナトリウム水溶液	10	変化なし
塩酸	4	枯れてしぼんだ
	6	変化なし
炭酸水素ナトリウム水溶液	8	変化なし

④ 1.0×10^{-1} (mol/L)で処理したパンジーピンクシェード(ピンク)は緑色に変化した(表5)。また、花はしわっぼくなり茎は腐らなかった。 1.0×10^{-2} (mol/L)で処理すると青色に変化し、茎は腐らなかった。 1.0×10^{-3} (mol/L)と 1.0×10^{-4} (mol/L)で処理した場合、色の変化は確認できなかった。

⑤ パンジーピンクシェード(ピンク)は、塩化アルミニウム水溶液の濃度が高いほど花卉の変色が強くなり、茎は脱色されていた(表5)。

⑥ 7.5×10^{-2} (mol/L)で処理すると、ビオラ(黄)は花卉の縁およびその周辺が緑色に変化した。ビオラ(紫)とビオラ(青)は花卉の大部分がそれぞれ青色、緑色に変化した(写真1)。 5.0×10^{-2} (mol/L)による処理では、ビオラ(黄)に変化は見られなかったが、ビオラ(紫)とビオラ(青)は 7.5×10^{-2} (mol/L)で処理したときより範囲が狭いが、同様の変色が見られた。 2.5×10^{-2} (mol/L)で処理すると、ビオラ(黄)

とビオラ（紫）は変色が見られなかった。ビオラ（青）は花卉の縁のみ緑色に変化した。

表5 パンジーピンクシェード（ピンク）の塩化アルミニウム水溶液による影響

濃度 (mol/L)	器官	結果
1.0×10^{-1}	花卉	深緑や深い青に変色した
	茎	先端部分が脱色し固さはあるがほっそりとしていた
7.5×10^{-2}	花卉	深緑に変色し外側は変色していなかった
	茎	先端部分が脱色していた
5.0×10^{-2}	花卉	薄い緑色に変色したが、変色範囲は濃度が低くなるにつれ狭くなっていった
	茎	変化なし
2.5×10^{-2}	花卉	薄い緑色に変色したが、変色範囲は濃度が低くなるにつれ狭くなっていった
	茎	変化なし
1.0×10^{-2}	花卉	薄い緑色に変色したが、変色範囲は濃度が低くなるにつれ狭くなっていった
	茎	変化なし



写真1 塩化アルミニウム水溶液で処理したビオラ左:ビオラ（青）の花弁色の変化、右:ビオラ（紫）の花弁色の変化

⑦ ポッドに入っている花は、部分的な変色が確認できた。直接水溶液で処理した花は実験③と同様に、 $1.0 \times 10^{-1} \sim 5.0 \times 10^{-2}$ (mol/L) で緑色への変化を確認できた。

⑧ ビオラ（青）の花弁の色素抽出液（青）に塩化アルミニウム水溶液（ 1.0×10^{-1} mol/L）を加えると、緑色に変化した。しかし、変色後に抽出した抽出液の緑色とは異なっていた。

6. まとめ

塩化アルミニウム水溶液で処理したペチュニアの花弁では、ピンク色から紫色への変化が確認できた。さらに、パンジーとビオラの花弁でも塩化アルミニウム水溶液での処理により緑色への変色を確認できた。ビオラから抽出した色素に塩化アルミニウム水溶液を直接加えると、緑色への変化を確認できた。また、この緑色は変色した花卉の色とは異なっていた。

7. 考察

私たちは塩化アルミニウム水溶液による呈色反応によりパンジーピンクシェード（ピンク）とビオラ（青）を本来ではみられない緑に変色させることに成功した。この呈色反応は塩化アルミニウムのみの特異的にみられたことから、塩化アルミニウムが直接的もしくは間接的にこれらの花卉細胞に含まれる色素に化学変化を与えたことが考えられる。パンジーの赤色系統および青色系統はどちらも主要色素としてアントシアニンをもつ⁽⁴⁾ことから、本研究で用いたパンジーピンクシェード（ピンク）も小輪パンジーであるビオラ（青）もアントシアニンを主要色素としてもつことが考えられる。金属イオンであるモリブデンは根から吸収され、花卉細胞にあるアントシアニンと結合し、ストックやチューリップの花弁を赤色から青色に変色させることが報告されている⁽⁵⁾。本研究においても、茎断面からの吸水により輸送されたアルミニウムイオンが花卉細胞に含まれるアントシアニンと結合し、緑色への呈色反応を示したことが示唆される。さらに、ビオラ（黄）は塩化アルミニウムによる呈色反応により緑色への変色を示した。黄色系統および白色系統のパンジーからはアントシアニンが検出されておらず⁽⁴⁾、本研究で用いたビオラ（黄）もアントシアニンを持たない可能性がある。花の色はアントシアニンだけではなくカロテノイドなどの色素によって複合的に発現する。塩化アルミニウムはアントシアニンだけではなく、他の色素にも呈色反応を起こさせた可能性が示唆される。

8. 今後の課題

ビオラ（青）の花弁の抽出液に塩化アルミニウム水溶液を加えると、緑色への変色を示した（実験⑧）。これは、塩化アルミニウム水溶液処理後のビオラ（青）の花弁でみられた緑色とは異なっていた。このことから、よりインタクトな状態の色素を分離できるように抽出方法を改良し、また、呈色反応を行う生理的な条件を今後検討していく必要があると考える。

9. 謝辞

今回の研究にあたり多くの指導を頂きました先生方、協力して頂いた方々に深く感謝します。

10. 参考文献

- (1) “花の色はなぜ多彩で安定か - アントシアニンの花色発現機構” (近藤忠雄, 吉田久美) 化学と生物, 33 巻 2 号, p. 91-99, 1995 年発行
- (2) “花の色とナノサイエンス” (吉田久美, 尾山公一, 近藤忠雄) 有機合成化学協会誌, 62 巻 5 号, p.490-499, 2004 年発行
- (3) “夢かなうー青いバラアプローズの開発とその香り” (中村典子, 城市篤, 寺島有史, 田中義和) におい・かおり環境学会誌, 41 巻 3 号, 2010 年発行
- (4) “パンジー花色の花弁フラボノイド組成の HPLC による系統評価” (長谷暢一, 松浦誠司, 山口雅篤) 園芸学研究, 4 巻 2 号, 2005 年発行
- (5) “金属イオンを用いた園芸作物の花の色変化法” (国立大学法人 鹿児島大学, 渡部由香) 特開 2007-143506. 2012-7-4.