

研究紹介

花色の安定化と切り花の
延命に関する研究

北村 嘉邦

(応用植物科学コース)

Studies for stabilization of flower color and
cut flower longevity

Yoshikuni Kitamura

(Course of Applied Plant Science)

My research interest is in the physiology and ecology of ornamental plants. Here, I introduce my research subjects on the stabilization of flower color and cut flower longevity. Seasonal color change of dahlia (*Dahlia variabilis*) is studied as practical study for improving the stable dahlia cut flower production during autumn and winter. The results obtained from pigment analysis and clone selection are presented. Research on cut flower longevity is presented from two aspects. Firstly, study on the structure of conductive tissues that contribute to water transport is presented. Secondly, study on the floral organs that contribute to transpiration from cut flowers is presented.

Key Words : cut flower, flower color, transpiration

はじめに

著者は、前職の信州大学時代から、園芸植物の生理生態の解明と、それに基づいた花卉園芸植物の管理技術の開発に興味を持ち、研究を続けている。ここでは、主要な研究テーマとして、花色の安定化と切り花の延命に関する研究を取り上げ、ご紹介させていただく。

ダリアの花色安定化に関する研究

ダリア (*Dahlia variabilis*) は、この10年程度で切り花の主要品目の一つとして市場に定着し、周年供給されるようになった花卉である。著者は、花色が季節性的変化を示すダリアを材料として、花色の安定化を目的とした研究を進めている。ダリアの普及初期から重要な位置を占めている品種のひとつとして、濃赤色花を特徴とする‘ネッショウ’がある (Fig.1)。この‘ネッショウ’は、秋から春にかけて品種本来の濃赤色花ではなくオレンジ色の花を咲かせるようになる (Fig.1)。この花色の不安定性が災いして、‘ネッショウ’の生産者は大幅に減ってしまった。‘ネッショウ’は濃赤色の花色のみならず、頭状花序の大きさや連続開花性を含めて、複数の優秀な特

徴を持ち合わせている。切り花ダリアの生産者には、花色の不安定性が解消されれば‘ネッショウ’を生産し続けたいという方が多く、著者は是非ともこの問題を解決したいと考えた。そこで、‘ネッショウ’の花色の安定化を目指し、花色が不安定化する原因を探索することにした。

まず、‘ネッショウ’本来の濃赤色花とオレンジ色花について、花卉に含まれる色素をアグリコンに変換し、色素種や含量の違いを調査した。その結果、濃赤色花ではアントシアニンであるシアニンとペラルゴニンが多く含まれていた一方で、オレンジ色花ではフラボンであるアピゲニンとルテオリンが多く含まれていた (Fig.2)¹⁾。シアニンとペラルゴニンは、ダリアの濃色花品種の花弁で多く含まれることが報告されている²⁾。‘ネッショウ’は濃赤色品種であることから、これらの2種類の色素が濃赤色の花弁に多く含まれていたことは妥当な結果であった。オレンジ色花に多く含まれていたアピゲニンとルテオリンについては、ダリアの濃色花品種がウイルスに感染し、花色の退色が起こる際に花弁内での含量が増大することが報告されている³⁾。すなわち、‘ネッショウ’で認められる季節性的花色変化は、季節性的ウイルス濃度の増減に起因している可能性が考えられた。そこで、冬期にオレンジ色を呈した花弁について、Deguchi ら³⁾によって報告されている Tomato Streak Virus のダリア系統の感染の有無を検定したが、感染は認められなかった。未知の病原体の感染の可能性も想定して接木調査も行ったが、花色の不安定性は接木伝播しなかったため、‘ネッショウ’の季節性的花色変化には病原体は関与しないと考えられた。

‘ネッショウ’の生産者の圃場では、冬にも赤色花を安定して形成する株が認められた。そこで、‘ネッショウ’には花色安定型の個体と不安定型の個体が混在しているとの仮説を立てた。冬に赤色花を咲かせた株と、初夏に頭状花序の一部にオレンジ色の舌状花を形成した株から挿し芽を取り、各々の株から得られた挿し芽増殖個体が示す花色の季節変化性を調査した。その結果、冬に赤色花を咲かせた株から増殖した挿し芽個体 (RL-2 系統) は11月中旬までは一部で花色の変化を認めたものの、赤色花を咲かせた。一方、初夏に頭状花序の一部にオレンジ色の舌状花を形成した株から増殖した挿し芽個体 (RH-2 系統) は、9月から花色の変化を起こし、10月中旬以降には赤色花を咲かせなかった (Fig.3)。以上から、冬期を通じて赤色花を咲かせる‘ネッショウ’は存在しないものの、相対的に花色が安定している花色安定型の‘ネッショウ’と、花色が不安定花しやすい花色不安定型の‘ネッショウ’が混在することが明らかになった。本研究では、花色安定型と花色不安定型の‘ネッ

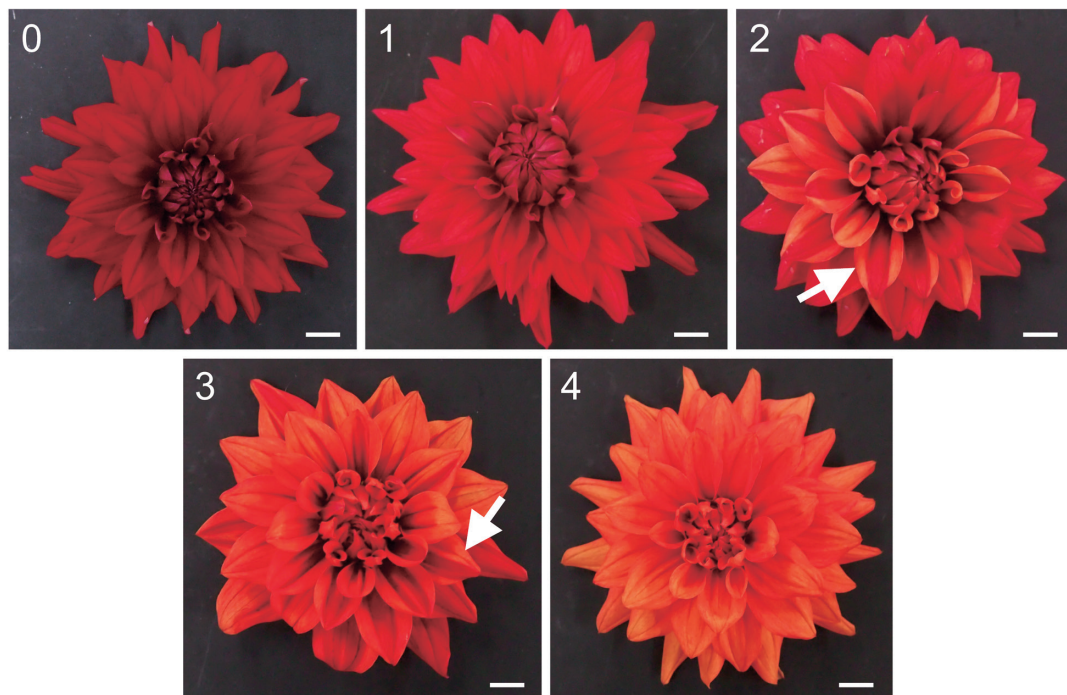


Fig. 1 Various color changes in dahlia 'Nessho' capitulum. Extent of color fading occurrence is defined as color fading index (CFI) : CFI 0, color fading not observed ; CFI 1, slight color fading is observed, but the faded color is not completely orange ; CFI 2, color-faded ray florets exhibit a completely orange color (white arrow), but red ray florets dominate the capitulum ; CFI 3, color-faded ray florets exhibit a completely orange color (white arrow) and orange ray florets dominate the capitulum ; CFI 4, all ray florets completely orange. Bars = 1 cm.
Cited from Okada et al., 2020.

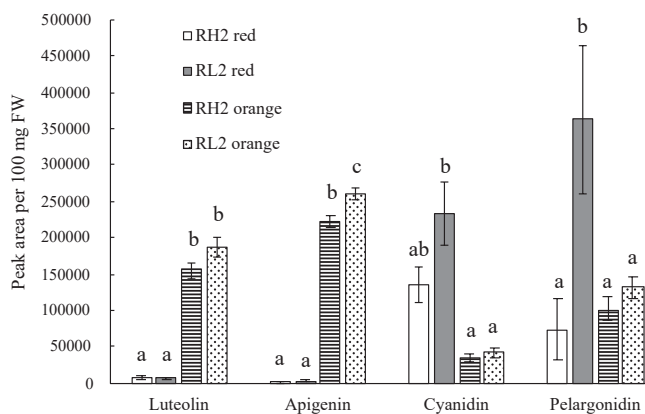


Fig. 2 Flavonoid compositions in red or orange ray florets of dahlia cultivar, 'Nessho'. Two lines of 'Nessho', RH2 and RL2, were studied. Bars indicate the mean $\pm$ SE ($n = 3 - 10$). Any two samples with a shared letter are not significantly different ($P < 0.05$) by ANOVA and the Tukey-Kramer test.
Cited from Okada et al., 2018.

ヨウ'を市販の苗に由来する個体から見いだした。花色不安定型の'ネッショウ'は、初夏に頭状花序の一部にオレンジ色の舌状花を形成するなど、冬期以外にも花色の変化を示す。この鋭敏な花色変化を指標として花色不安定型の'ネッショウ'を見つけ出し、除去することで、冬期の花色の不安定化が起こる時期を遅らせ、花色の不安定化に伴うロスを軽減することができると考えられた⁴⁾。

切り花の日持ち延長に関わる新規因子の探索

ここでは、切り花の日持ちの延長に関わる通道組織の

構造に関する研究について紹介する。日本では、個人消費者による切り花の消費額が少ない。その主たる要因として、切り花の日持ちが短いことが挙げられている。著者は、切り花の日持ちが半年におよぶことがあるアジサイを用いて、切り花の長期延命を実現するための要因を探索してきた。

一般に流通しているアジサイの切り花には、収穫する際の生理状態が異なるものが混在している。具体的には、開花中で萼片が品種固有の呈色を示しているものをフレッシュ、開花終了後に萼片が緑色ないし赤色を呈するよ

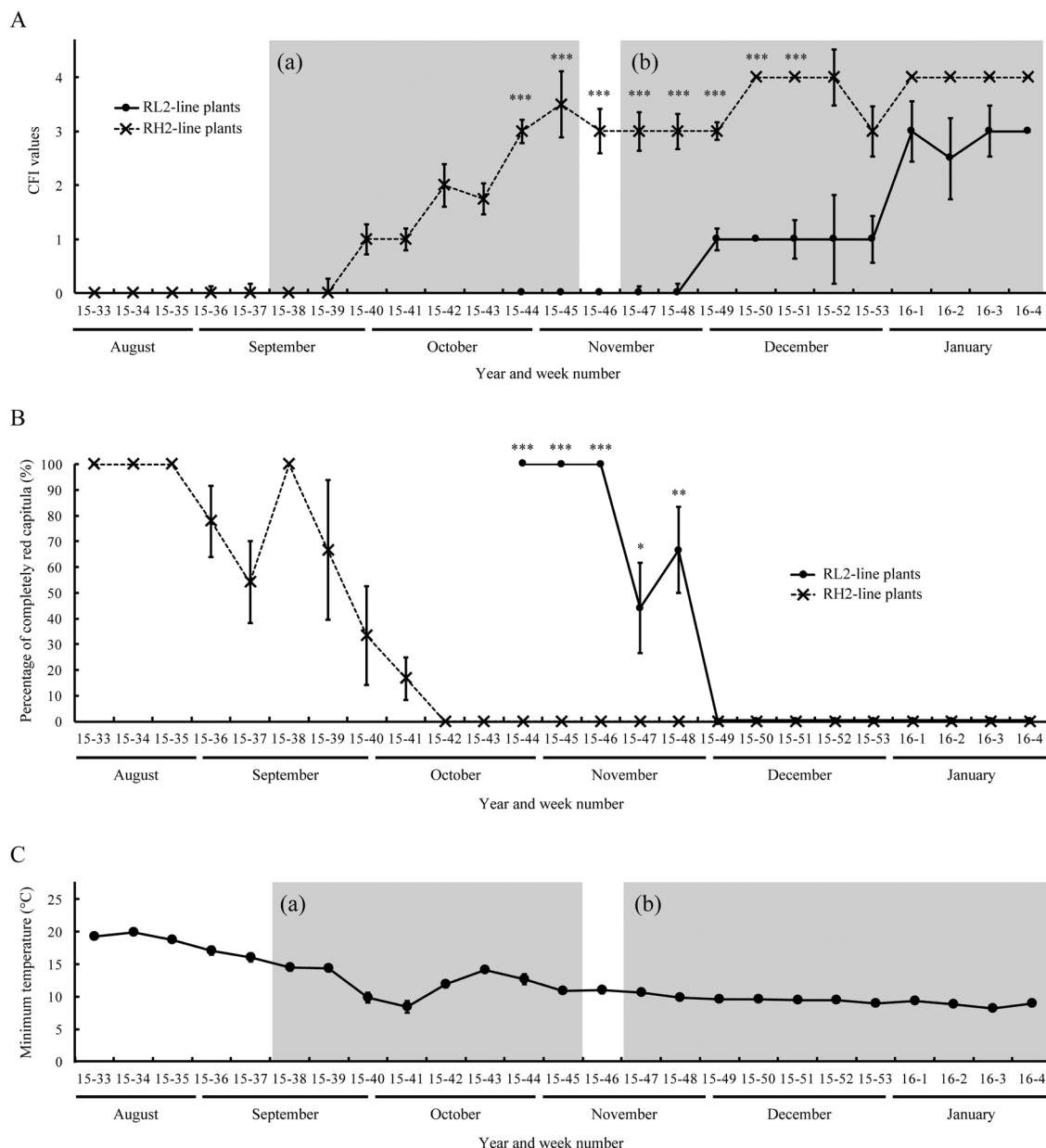


Fig. 3 Difference in the seasonal change of color fading occurrence and percentage of completely red capitula between RL2- and RH2-line plants of dahlia 'Nessho'.

A : CFI values of RL2- and RH2- line plants from August 2015 to January 2016 (from week 33 2015 through 4 2016). Data indicate the median CFI values in each week.

B : Percentage of completely red capitula in RL2- and RH2- line plants from August 2015 to January 2016 (from week 33 2015 through week 4 2016). Data indicate the mean percentage of completely red capitula in each week.

C : Mean minimum temperatures of cultivation area in each week.

Occurrences of the color fading in capitula were evaluated according to the color fading index (CFI) as described in Fig. 1. Capitula evaluated as CFI 0 were counted as completely red capitula. Numbers on horizontal axis indicate years and week numbers ; week 45 2015 is indicated as 15-45. In week 4 2016, two RL2-line plants produced a capitulum, respectively, and SE was not attached. Shaded periods in **A** and **C** indicate the periods that analyzed for the correlations between CFI values and minimum temperatures in RH2-line plants (**a**) and RL2-line plants (**b**). Medians or means followed by ***, **, and * indicate significant differences at $P < 0.001$, 0.01, and 0.05 by Mann-Whitney U test. Bars indicate $\pm$ SE ($n = 2-19$).

Four to five capitula were evaluated for each plant during the study period.

うになったものをアンティークと呼んでいる (Fig. 4)。

アジサイの切り花を扱っている市場や生花店の担当者の

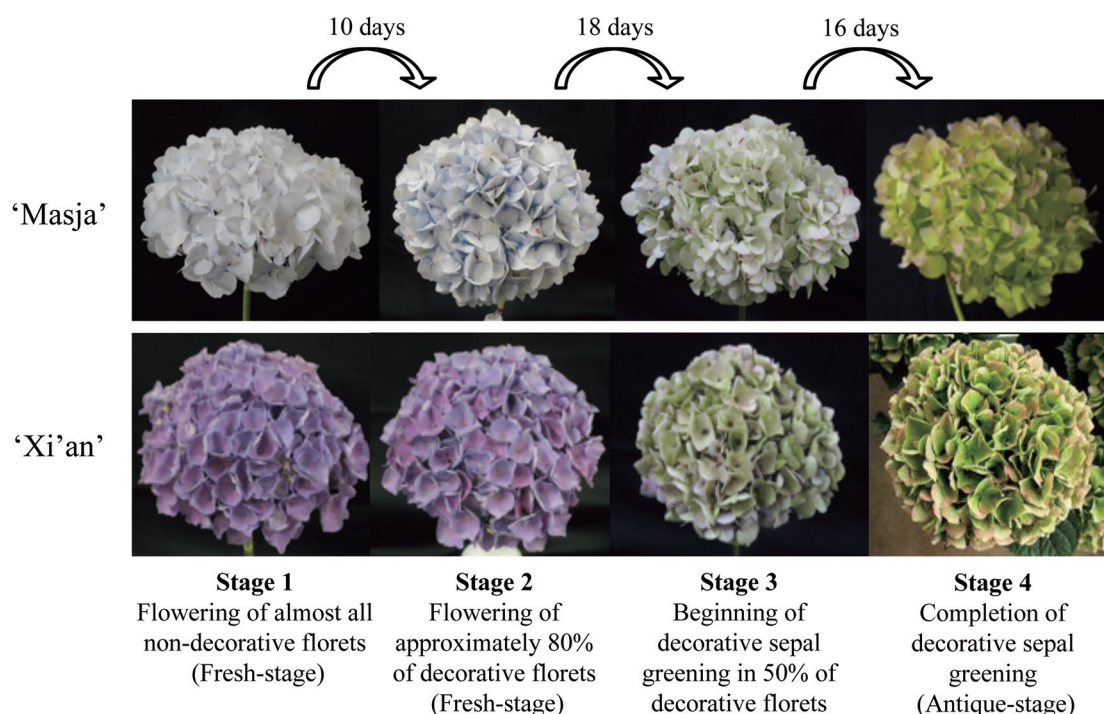


Fig. 4 Fresh-stage and antique-stage of hydrangea flowers.
Cited from Kitamura et al., 2018.

Table 1 Numbers of decorative florets per cut flower, vase life, and number of rooted cut flower of fresh- and antique-stage cut flowers.

Cultivar and line	Number of cut flowers studied		Number of decorative florets			Vase life (days)						Number of rooted cut flowers		
	Fresh	Antique	Fresh ^z	Antique	<i>t</i> -test ^y	Fresh			Antique			<i>t</i> -test	Fresh	Antique
						Average	Min.	Max. ^x	Average	Min.	Max. ^x			
Benton	5	4	183.0 ± 21.2	141.3 ± 7.2	NS	132 ± 4.0	6	27	40.8 ± 15.0	20	85	NS	0	1
Christmas	5	7	446.0 ± 59.0	429.7 ± 53.1	NS	11.4 ± 1.2	8	14	26.0 ± 10.3	11	87	NS	0	1
Endless Summer	8	5	351.1 ± 57.4	304.5 ± 41.1	NS	11.0 ± 1.4	6	17	24.2 ± 1.9	18	31	*	0	0
Flambeau	4	5	68.0 ± 1.7	70.0 ± 4.9	NS	11.3 ± 2.3	6	15	9.0 ± 0.4	8	10	NS	0	0
Glowing Alps	5	6	215.4 ± 31.7	209.5 ± 29.9	NS	14.2 ± 0.7	13	16	21.7 ± 1.5	17	27	*	0	0
Grünherz	5	5	216.6 ± 11.4	162.6 ± 7.1	NS	7.0 ± 1.8	4	14	16.8 ± 2.9	8	25	*	0	0
Madame Emile Mouillere	6	6	149.0 ± 25.2	178.3 ± 16.0	NS	20.3 ± 4.3	4	29	25.7 ± 2.3	15	31	NS	0	0
Masja	9	6	213.2 ± 31.2	174.3 ± 10.3	NS	10.4 ± 1.8	6	20	70.3 ± 22.7	21	153	*	0	2
Temari Ezo	4	4	396.5 ± 56.3	345.8 ± 32.2	NS	12.5 ± 0.9	10	14	45.0 ± 11.1	26	73	*	0	0
Xi'an	4	5	200.5 ± 28.3	197.8 ± 20.5	NS	14.3 ± 0.4	14	15	71.6 ± 28.8	23	144	NS	0	2
No. 1	5	6	246.8 ± 47.3	225.5 ± 22.1	NS	10.0 ± 1.8	6	11	12.3 ± 0.5	11	14	NS	0	0
No. 2	6	6	241.3 ± 16.6	307.5 ± 55.0	NS	12.5 ± 2.0	9	22	62.0 ± 19.4	14	120	*	0	3
No. 3	4	6	113.3 ± 12.4	145.0 ± 27.5	NS	28.5 ± 4.4	18	39	48.0 ± 24.5	14	142	NS	0	1
No. 4	6	6	286.7 ± 28.7	273.2 ± 24.6	NS	16.0 ± 2.5	11	27	62.5 ± 27.4	10	173	NS	0	2
No. 5	5	5	105.6 ± 16.3	136.0 ± 5.4	NS	18.2 ± 4.4	10	29	29.2 ± 4.6	15	36	NS	0	0

^z Means ± SE.

^y * and NS : significance at $P < 0.05$ and non-significance by *t*-test.

^x Minimum vase life and maximum vase life (day).

間では、フレッシュの状態で作られたアジサイの切り花は日持ちが悪く、アンティークの状態で作られたアジサイの切り花は日持ちが良いとされていた⁵⁾。しかしながら、これらの異なる収穫ステージで作られた切り花アジサイの日持ちの違いを詳細に調査したデータは報告されていなかった。著者は、アンティークの切り花アジサイの日持ちがフレッシュよりも長くなる要因に興味を持ち、フレッシュとアンティークの日持ちを比較した

データをまとめ、蒸散量や通道組織の構造に着目して研究を進めた。

まず、フレッシュの切り花アジサイとアンティークの切り花アジサイでは、後者で日持ちが良いものが多かった。しかしながら、両者の間での日持ちの差には品種間で大きなばらつきがあった (Table 1)⁶⁾。切り花アジサイの日持ちには花序からの蒸散量が大きく影響する。具体的には、花序からの蒸散を抑制することで、切り花ア

ジサイの日持ちは良くなる⁷⁾。そこで、アンティークの切り花アジサイでは、フレッシュの切り花アジサイと比較して花序からの蒸散量が少ないという仮説のもと、調査した。しかし、アンティークの切り花アジサイでは萼片からの蒸散量が増大しており、フレッシュの切り花アジサイと比較して必ずしも蒸散量が少ないわけではないことを認めた⁸⁾。

次に、アンティークの切り花アジサイの萼片では、通道組織が物理的に強固になっていることに着目した (Fig. 5)。通道組織の物理的な頑強性には、リグニンの沈着が関わっていることが多い。リグニンの沈着は、道管などの死細胞からなる通水組織で認められる。そこで、アンティークの切り花アジサイで認められる頑強な通道組織が通水能力を強化し、アンティークの切り花アジサイの日持ちの向上に寄与している、との仮説のもと、調査を続けた。まず、アンティークのアジサイの萼片とフレッシュのアジサイの萼片との間で通道組織の構造を比較し、アンティークのアジサイの萼片で特異的に認められるリグニン化した構造があるか否かを調査した。その結果、フレッシュのアジサイの萼片ではリグニン化が道管特異的に認められた一方で、アンティークのアジサイの萼片では道管に加えて道管周囲の細胞もリグニン化していることを認めた (Fig. 6)。アンティークのアジサイの萼片で特異的に認められた道管周囲のリグニン化した組織について、透過型電子顕微鏡 (TEM) によって微細構造を観察した。リグニン化した組織は、一次細胞壁の内側に二次細胞壁が肥厚した死細胞の一群からなっており、二次細胞壁には隣の細胞と接続された壁孔の存在を認めた (Fig. 6)。アンティークのアジサイの萼片で特異的に認めたリグニン化は、前述の死細胞群が持つ二次細胞壁に沈着したリグニンを検出したものであった。次に、serial block-face scanning electron microscopy (SBF-SEM) によって、リグニン化した死細胞群の立体構造を把握した。リグニン化した死細胞は紡錘型で、立体再構築した三次元画像上でも壁孔が隣り合う細胞同士を連絡している様子が確認できた (Fig. 7)。以上の調査で認めた特徴から、アンティークのアジサイの萼片で特

Decorative sepals rot leaving the vein.



Fig. 5 Remaining veins after rotting of a decorative sepal at antique-stage under periodic mist conditions.

異的に認められたリグニン化した死細胞群は厚壁柔組織であると考えられた⁹⁾。

厚壁柔組織は仮道管と類似した形態を持っている。裸子植物では仮道管が主たる通道組織として水の輸送に寄与することから、類似した形態を持つ厚壁柔組織が水分

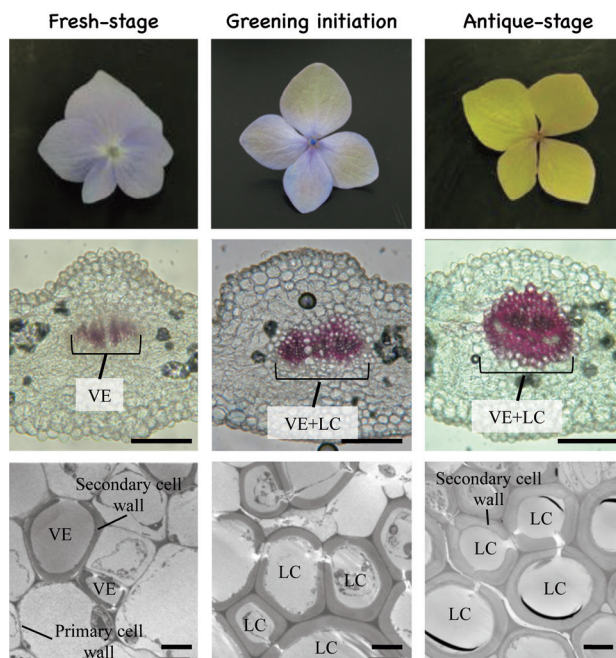


Fig. 6 Differentiations of lignified cells around the vessel elements.

Upper : Studied hydrangea samples.

Middle : Differentiations of lignified cells (LC) surrounding vessel elements (VE). Lignified cells were stained red using phloroglucinol/HCl-staining.

Lower : TEM images of vein cell transverse sections. The cells surrounding vessel elements (VE) are living cells in fresh-stage. The cells surrounding vessel elements (VE) are dead cells with secondary cell wall in antique-stage.

Cited from Kitamura et al., 2018.

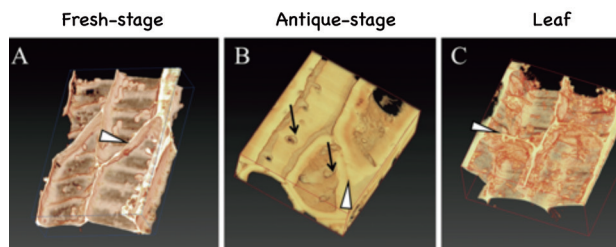


Fig. 7 Reconstructed three-dimensional images of the cell-surrounding vessel elements in hydrangea decorative sepals. (A) Vein cells of a fresh-stage decorative sepal ; (B) vein cells of an antique-stage decorative sepal ; (C) vein cells of a leaf. White arrowhead denotes cell ends and black arrow denotes a bordered pit.

Cited from Kitamura et al., 2018.

輸送能力を持つ可能性が考えられた。そこで、厚壁柔組織を持つアンティーク化したアジサイの小花と、厚壁柔組織を持たないフレッシュのアジサイの小花に色素液を与え、萼片の着色程度を指標として吸水能力を比較した。アンティーク化したアジサイの小花では、色素水の給水開始から24時間で萼片全体が着色した一方で、フレッシュのアジサイの小花では色素水による着色は通道組織のみにとどまった (Fig. 8)。また、アンティーク化しても厚壁柔組織が分化しない品種のアンティーク化した小花に色素水を与えたところ、色素水の吸水による着色は通道組織のみにとどまった (Fig. 8)¹⁰⁾。以上から、アンティーク化に伴う厚壁柔組織の分化によって、萼片内の水分輸送能力が向上すると考えられた。現在、著者はアンティーク化にともなって分化する厚壁柔組織が持つ水分輸送能力とアンティークの切り花アジサイの日持ちとの関係を調査している。また、厚壁柔組織の分化メカニズムを明らかにすべく、関連遺伝子の発現解析を進めている。

切り花からの蒸散に関わる花器官と日持ちとの関係

収穫後の切り花の日持ちには、切り花からの蒸散量が大きく影響する。切り花からの蒸散には、萼片や花弁といった花器官の中でも比較的面積が大きいものに関わると考えられてきた。一方で一部の花卉では、一見して蒸散への寄与が少なく見える花器官が蒸散に大きく寄与することが報告されている。例えば、サトイモ科の花弁であるアンスリウム (*Anthurium* spp.) は、サトイモ科植物に普遍的に見られる仏炎苞と肉穂花序からなる花序を持つ。一見して、より大きな面積を持つ仏炎苞からの蒸散が、アンスリウムの切り花からの蒸散量を制御すると考えがちである。しかし、実際にはアンスリウムの切り花からの蒸散には肉穂花序からの蒸散が大きく寄与する

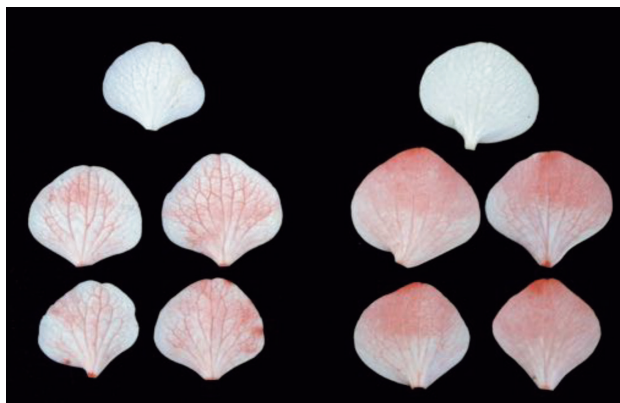


Fig. 8 Difference in the water absorption of fresh-stage and antique-stage hydrangea decorative sepals.
Left : Fresh-stage. Right : Antique-stage. Uppermost sepals are control (pure water was supplied).
Cited from Kitamura and Akahori, 2020.

ことが報告されている^{11,12)}。このように、切り花からの蒸散に寄与する花器官の詳細を明らかにした例は多くはない。

アジサイの切り花の場合、大きく発達する装飾的な萼片が蒸散量に大きく寄与するように見える。しかし著者は、アジサイの花序からの蒸散を制御する要因を調査する中で、アジサイの花序からの蒸散には装飾的萼片以外の花器官も大きく寄与することを明らかにした。ここではその調査内容について紹介する。調査の端緒は、異なる二つのアジサイの花序型と切り花の日持ちとの関係に興味を持ったことにある。アジサイでは、テマリ咲きとガク咲きという二つの型の花序が存在する (Fig. 9)。野生集団の大部分はガク咲き花序をもち、テマリ咲きは野生集団で偶発的な変異によって生まれた形質である。切り花として利用されるのは大部分がテマリ咲き花序を持つ品種である。一方で、近年はガク咲き花序を持つ品種の中にも切り花として利用されるものが現れている。

著者は、テマリ咲き花序を持つアジサイの切り花の場合、花序中の装飾的萼片を持つ小花 (以下、装飾花) の数が切り花からの蒸散量を決定することを明らかにした⁷⁾。

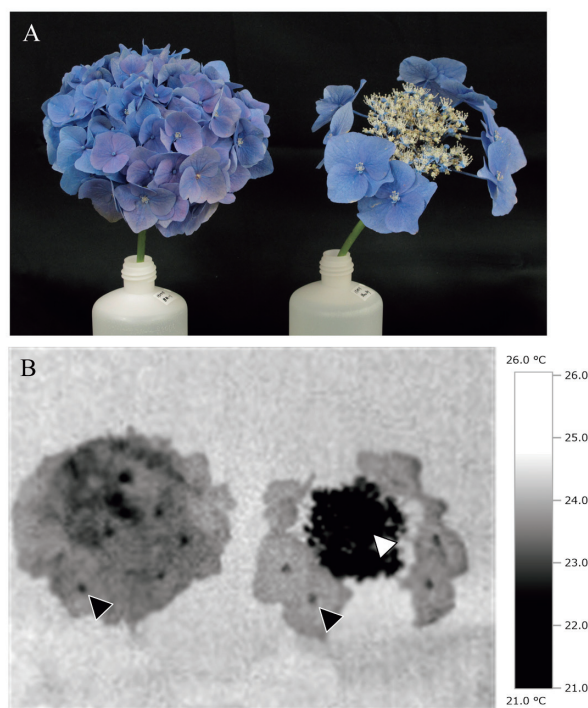


Fig. 9 Visible light image (A) and thermal image (B) of inflorescences of 'BM-1' (Hortensia : left) and 'Blue sky' (Lacecap : right). The white arrowhead on the thermal image indicates a cluster of non-decorative florets. The black arrowheads on the thermal image indicate clusters of petals, stamens, and pistils of the decorative florets. The bar shown on the right side of the thermal image indicates the temperature scale.

そこで、花序に形成される装飾花の数が少ないガク咲き花序を持つアジサイの切り花であれば、切り花からの蒸散量が少なく、切り花の日持ちが長いと考え、調査を開始した。滋賀県立大学の上町達也准教授から、二つのガク咲き遺伝資源およびそれらから偶発的に出現したテマリ咲き花序を持つ変異株を分譲いただき、ガク咲き花序を持つ切り花とテマリ咲き花序を持つ切り花の間で日持ちおよび蒸散量を比較した。その結果は予想とは異なり、装飾花を多く持つテマリ咲き花序を持つ切り花と、装飾花の数が少ないガク咲き花序を持つ切り花との間で日持ちや蒸散量に差は認められなかった。すなわち、装飾花に形成される装飾的萼片のみがアジサイの花序からの蒸散を決定しているわけではないことが示唆された。蒸散量が多い器官は、潜熱により温度が低いことが知られている。そこで著者は、サーモグラフィーを用いてアジサイの花序中で特に温度が低い器官を可視化し、蒸散量が多い花器官を推定することにした。サーモグラフィーによってテマリ咲き花序とガク咲き花序をそれぞれ撮影したところ、双方の花序で花卉・雄蕊・雌蕊が存在する小花の中心部分で特に温度が低いことが明らかになった (Fig. 9)。ガク咲き花序の中心には、萼が発達しない非装飾花が数多く形成されるが、サーモグラフィー像ではこの非装飾花の温度が低いことも確認することができた。以上から、アジサイでは装飾的萼片のみならず、表面積が非常に小さい花卉・雄蕊・雌蕊も花序からの蒸散に大きく寄与することが明らかになった。ガク咲き花序を持つ品種を用いて、花序から非装飾花を除去した切り花と除去しない切り花との間で日持ちと蒸散量を比較したところ、非装飾花を除去した切り花で蒸散量が少なく、日持ちも長かった (Fig.10)。この結果は、多くの花卉の切り花で、表面積が大きい花卉や萼片といった器官のみ

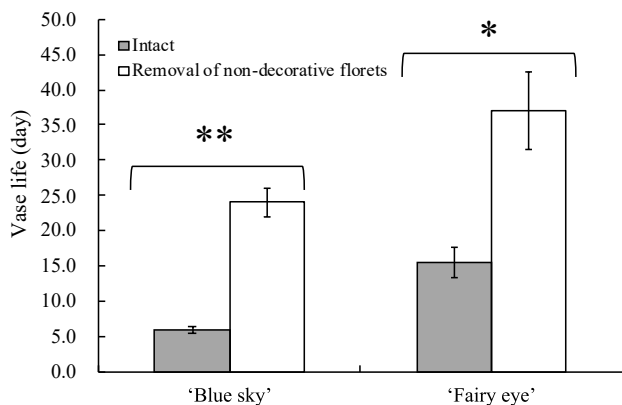


Fig. 10 The vase life of intact and non-decorative florets-removed lacecap type hydrangea cut flowers. * and ** indicate significant difference between the intact and non-decorative florets-removed cut hydrangea flowers at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ by Welch's t -test. Values are the means $\pm$ SE ($n = 5-6$).

ならず、雄蕊や雌蕊といった表面積が小さい器官からも活発に蒸散が起っていることを示唆している¹³⁾。本研究を通じて、雄蕊や雌蕊からの蒸散の抑制という、新たな切り花延命の指針を提示することができたと考えている。

さいごに

ここに示した研究ではいずれも、研究対象となった品目のみならず、他の品目にも広く存在し得る生理生態現象について取り扱い、研究対象としてきた。本学で研究を行ってゆく上でも同じく研究を続け、新たなテーマの展開も含めて結果を得てゆきたいと考えている。

文 献

- 岡田啓雅, 唐澤ゆき乃, 北村嘉邦: ダリア 'ネッショウ' で発生する花卉の退色と葉での *DvFNS* の発現量との関係. 園学研(別1), **17**: 425 (2018).
- Deguchi, A., Ohno, S., Hosokawa, M., Tatsuzawa, F., and Doi, M.: Endogenous post-transcriptional gene silencing of flavone synthase resulting in high accumulation of anthocyanins in black dahlia cultivars. *Planta*, **237**: 1325–1335 (2013).
- Deguchi, A., Tatsuzawa, F., Hosokawa, M., Doi, M., and Ohno, S.: Tobacco streak virus (strain dahlia) suppresses post-transcriptional gene silencing of *flavone synthase II* in black dahlia cultivars and causes a drastic flower color change. *Planta*, **242**: 663–675 (2015).
- 岡田啓雅, 田内康裕, 唐澤ゆき乃, 喜久村徳勇, 北村嘉邦: ダリア (*Dahlia variabilis*) 'ネッショウ' では舌状花での退色発生の原因となる低温感受性が異なる個体が混在する. 植物環境工学, **32**: 29–36 (2020).
- 北村嘉邦: 切り花アジサイの生産技術. (農山漁村文化協会編). 最新農業技術・花卉. **8**: 93–102, 農山漁村文化協会, 東京 (2016).
- Kitamura, Y., Ueno, S., Aizawa, H., and Teoh, W.W.: Differences in vase lives of cut hydrangea flowers harvested at different developmental stages. *Hort. J.*, **87**: 274–280 (2018).
- Kitamura, Y. and Ueno, S.: Inhibition of transpiration from the inflorescence extends the vase life of cut hydrangea flowers. *Hort. J.*, **84**: 156–160 (2015).
- Kitamura, Y., Kato, Y., Yasui, T., Aizawa, H., and Ueno, S.: Relation between increases in stomatal conductance of decorative sepals and the quality of antique-stage cut hydrangea flowers. *Hort. J.*, **86**: 87–93 (2017).
- Kitamura, Y. et al.: Sclerified parenchyma differentiation in hydrangea veins is essential for robust decorative sepals (*Hydrangea* spp.). *Hort. J.*, **87**: 549–556 (2018).
- 北村嘉邦, 赤堀真子: アジサイの装飾的萼片で分化する厚壁柔組織は水分輸送に寄与する. 園学研(別1) **19**: 445 (2020).
- Mujaffar, S. and Sankat, C. K.: Effect of waxing on the water balance and keeping qualities of cut anthuriums. *Int. Agrophysics*, **17**: 77–84 (2003).
- Paull, R. E. and Goo, T. T. C.: Ethylene and water stress in the senescence of cut anthurium flowers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **110**: 84–88 (1985).
- Kitamura, Y., Uemachi, T., and Kato, Y.: Non-decorative floral organs largely contribute to transpiration and vase life of cut hydrangea flowers with lacecap inflorescence. *Hort. J.*, **86**: 263–268 (2017).