

Technical Bulletin
of the Shizuoka Research Institute of Agriculture and Forestry
No.18 March 2026

静岡県農林技術研究所特別報告

第18号

令和8年3月

ガーベラ切り花の日持ち向上に関する研究
外岡 慎

Research on Improving the Vase Life of Cut Gerbera Flowers

Makoto Tonooka

静岡県農林技術研究所

静岡県磐田市

SHIZUOKA RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE AND FORESTRY
IWATA-SHI, SHIZUOKA-KEN, JAPAN

ガーベラ切り花の日持ち向上に関する研究*

Research on Improving the Vase Life of Cut Gerbera Flowers

外岡 慎

Makoto Tonooka

*岐阜大学大学院連合農学研究科博士学位審査論文 2022 年（令和 4 年）

目 次

第 1 章 緒言	1
第 2 章 ガーベラ切り花日持ち品種間差における生け水中の細菌の関与	8
第 3 章 ガーベラ切り花における切り戻しにより溶出する糖類と電解質と日持ちとの関連	16
第 4 章 ガーベラ切り花における切り戻しにより溶出する糖類と電解質と日持ちとの関連	25
第 5 章 細菌増殖を抑制した条件下でのガーベラ切り花の花茎の曲がりと花茎の強度との関係	31
第 6 章 ジベレリン A ₃ と塩化カルシウムの組合せ処理によるガーベラ切り花の日持ち延長総合考察	43
第 7 章 ジベレリン A ₃ と塩化カルシウムの組合せ前処理によるガーベラ切り花の日持ち	58
第 8 章 総合考察	75
摘 要	79
謝 辞	81
引用文献	82
Summary	86

第1章 緒言

1. はじめに

ガーベラは、その色や形の多様性から、世界で最も人気のある切り花の10種に入る (Shabanian ら, 2018)。

キク科ガーベラ属は、アフリカ、アジアの温帯の山地に約40種が分布している (塚本, 1974)。今日栽培されているガーベラ (*Gerbera hybrida*) は、南アフリカのトランスバール地方およびスワジランド原産の *G. jamesonii* Bol. Ex Adam. と南アフリカから東アフリカ、エチオピア、スーダン、ソマリア、カメルーンに分布する *G. viridifolia* (DC.) Schultz-Bip. の交雑である (John・Wilkins, 2005)。

花色は白、黄、橙、赤、緋紅および紫紅の各色があり、それぞれの色の濃淡、覆輪、ぼかしおよび2色花があり、花型も舌状花の射出角度や反り方の変化、さらに管状花が舌状花に変化した二重咲きや八重咲き、丁子咲きなどがある (松川, 1988)。

我が国へのガーベラの導入は明治末年 (1910年頃) で、大正5年 (1916) 頃多数の品種が入ってきた (塚本, 1974)。戦後、欧米で育成された大輪実生系品種が導入されて、施設を利用した切り花生産が本格化した。また、実生系品種から栄養繁殖系品種に移り、切り花の品質、形質が均一化されると需要が拡大した (浜田, 1994)。静岡県には昭和43年に、種子繁殖系品種のガーベラが導入されたが、大きくは伸びなかった。しかし、メリクロン苗の供給が本格的になった昭和57年頃から生産者、栽培面積とも急増し、平成元年頃に生産性が高い中小輪系品種が導入されると、一気に産地規模、生産額が増加した (松本, 2001)。

2020年における我が国のガーベラの産出額は35億円、キク、ユリ、バラ、トルコギキョウ、カーネーション、スターチス、カスミソウ、リンドウ、に次いで9番目の主要切り花品目である。このうち、静岡県の産出額は14億円で、全国の4割のシェアを占める1番目の産地である (農林水産省, 2022)。

ガーベラは通常温室で春に定植され、原則2年間にわたり周年生産される。生産方式は、浜松市では土耕栽培が多く、その他の地域では隔離栽培が多い。隔離栽培にはプランター栽培、ポット栽培、ロックウール栽培などがあり、単位面積当たりの収穫本数は生産者により大き

な差がある (外岡, 2012)。現在、静岡県内では、浜松市、牧之原市、島田市などで栽培が多い。

2. ガーベラ切り花の日持ち

ガーベラは、切り花の鮮度保持技術では世界最先端であるオランダにおいて、1970年頃から栽培面積が急速に増加したが、1980年をピークに減少した。その最大の理由は他の切り花と比べて水揚げ・日持ちが悪かったためであり、1991年から他の品目に先駆け、鮮度保証のための品質保証マーク制度を導入した (大川, 1995)。我が国においても、ガーベラは日持ちが悪い代表的な切り花とみなされている (市村, 2016)。

静岡県磐田市にある静岡県農林技術研究所で開催されたイベントにおいて、一般来場者を対象にガーベラの日持ちに関するアンケート調査を実施した。「ガーベラは日持ちする花だと思いますか」という問いに対し「思う」、「思わない」、「どちらとも言えない」の3択で、「自宅に飾ったガーベラは何日観賞できましたか」という問いに対し「1～3日間」、「4～6日間」、「7～10日間」、「11日以上」の4択で、「観賞できなくなった時、どういう症状でしたか (複数回答可)」という問いに対し「花茎が曲がった」、「花茎が腐った」、「花が萎れた」、「花色があせた」、「カビが発生した」、「花が閉じた」、「その他」の7択での回答とした。

ガーベラは「日持ちする花だと思いますか」の問いに対して124名が回答し、「日持ちする花だと思う」が44%、「思わない」が42%、「どちらとも言えない」が14%と、回答者の約半数がガーベラは日持ちしないと回答した (図I-1A)。また「自宅に飾ったガーベラは何日観賞できましたか」の問いに対して124名が回答し、「4～6日間」が58%と多く、次いで「1～3日間」が24%、「7～10日間」が18%、「11日以上」との回答はなく、ガーベラの観賞期間は、1週間未満であったとの回答が8割以上であった (図I-1B)。ガーベラが「観賞できなくなった時、どういう症状でしたか (複数回答可)」の問いに対し111名が回答し、「花茎が曲がった」が71%、「花茎が腐った」が35%、「花が萎れた」が18%、その他の選択肢はいずれも10%未満で、「花茎が曲がった」あるいは「花茎が腐った」との回答が多かった (図I-1C)。これ

らのことから、一般消費者におけるガーベラの日持ちは、多くの場合、花茎の曲がりや腐りなど、花茎に発生する症状で観賞価値を失っており、観賞期間は1週間未満であることが示唆された。なかでも回答者の4人に1人は3日以内に観賞できなくなったと回答しており、本アンケート調査から一般の消費者段階におけるガーベラ切り花の日持ちは短いと考えられた(外岡, 2020)。

ガーベラが観賞価値を失う症状には、花卉が萎れる場合と曲がる場合がある。花卉が萎れて観賞価値を失う場合は、日持ちが比較的長いのにに対し、花茎が曲がり観賞価値を失う場合は日持ちが短いことが報告されている(Wernet ら, 1996)。前述のアンケート調査で、回答者の多くがガーベラ切り花は花茎の曲がりにより観賞価値を失ったと回答している(図 I-1C)。このことから、花茎の曲がりの発生は、ガーベラの日持ちにおいて大きな課題となっていると考えられる。

3. 収穫後生理

ガーベラ切り花は、バラのように蕾で収穫すると、開花後の花径が極端に小さくなる(外岡, 2020)。また、収穫後も花茎が伸長するため、花茎の曲がりが発生しやすい。このため、花卉が完全に開いた状態で収穫する。収穫の目安は、管状花が1~2周程度開花した時点で、静岡県内の産地では、高温期は0.5~1周程度開花した時点と早めに、低温期はある程度開花が進んでから収穫している(図 I-2)。ガーベラの収穫はハサミを使うことなく、株から引き抜くように行う(図 I-3)。引き抜いた花茎の基部は組織が堅く空洞は存在しないが、花茎中央には空洞がある(図 I-4)。

ガーベラ切り花は、収穫後管状花がすべて開花した後、通常2週間程度で舌状花(花卉)に萎れが起きる。花卉の萎れ方は品種により異なり、花卉が垂れていくもの、閉じていくもの、横に萎縮していくもの、花全体が委縮し小型化していくものなど、様々な症状を示す。花卉の萎れがみられるようになると、花卉が脱離する切り花も発生する。また、花卉の萎れや脱離とほぼ同じ時期に、花首直下で花茎が折れ曲がる症状が発生することがある(図 I-5)。その症状は、バラで発生するベントネックに似ているが、発生時期が遅いことから、花卉の萎れや脱離とともに、日持ち上で大きな課題となることはない(外岡, 2020)。その一方、花卉の萎れや脱離、花首直下の折れが発生する前に、水中あるいはその直上部(図 I

-6) もしくは花首下10 cm程度(図 I-7)の部位で、花茎が曲がる症状が発生する場合がある。多くの消費者が花茎の曲がりによって観賞価値を失っていることから、その発生を抑制できれば、ガーベラ切り花の日持ちを向上することが出来ると考えられる。

4. 収穫後の取り扱い

市場への出荷において、静岡県内には水を供給しない状態で輸送する乾式輸送と水を供給しながら輸送する湿式輸送を行う産地がある。収穫後の取り扱いは、静岡県内の産地においても低温で保管することと、輸送時は切り花を立てた状態で行うこと以外は、産地により大きく異なる。

湿式輸送を行う産地では、花茎を切り戻した上で、生け水に抗菌剤を添加した状態で出荷している。一方、乾式輸送を行う産地では、花茎長が長すぎて出荷箱に収まらない場合を除き、原則花茎基部を残した状態で出荷している。このなか、水揚げを促進するために、花茎内の空洞がでないようにわずかに切り戻し、吸水促進効果がある前処理剤で水揚げを行ったのち、出荷している産地がある。一方、他県産地の中には乾式輸送であっても、空洞がでるまで花茎を切り戻した状態で出荷している産地がある。

高温期の乾式輸送では、輸送後に出荷箱を開けたとき、花茎の切り口周辺が腐ったものを目にする可能性がある(図 I-8)。花茎基部を残して出荷したもので、こうした症状を目にすることはない。このため、乾式輸送する場合には、花茎基部を残すことが、ガーベラの花茎の腐りを軽減する大きな対策となると考えられるが、その理由は明らかではない。

小売店あるいは消費者は、ガーベラ切り花を輸送方法に関係なく、花茎中央に空洞がある部分まで切り戻した状態で生けている。また、一部の消費者においては、生ける水を浅くし、水面から数 cm程度上の部分で切り戻すことと、水を交換することを繰り返す方法が知られているが、その普及の経過や根拠は明らかにされていない。

5. ガーベラ切り花の日持ちに影響を及ぼす要因

ガーベラ切り花の日持ちが短縮する重大な課題は細菌の増殖である(市村, 2011)。このほか、ガーベラ切り花の日持ちには、ジベレリン(Emongor, 2004)やカル

シウムイオン (Gerasopoulos・Chebli, 1999) などが影響する。以下に、ガーベラ切り花の日持ちに影響を及ぼす要因について記載する。

(1) 生け水中の細菌

ガーベラ切り花の生け水に細菌を加えると、花茎の曲がりが促進され、日持ちが短くなる (van Doorn・de Witte, 1994)。その一方、抗菌剤を処理することにより花茎の曲がりは抑制される (van Meeteren, 1978)。このことは、生け水中に増殖した細菌がガーベラ切り花の日持ちを短縮する原因であることを示唆している。しかし、生け水中に細菌が増殖する要因については明らかにされていない。

(2) 品種間差

ガーベラ切り花の日持ちには品種間差があり、品種間差をもたらす原因は細菌に対する感受性であることが示唆されている (van Doorn・de Witte, 1994)。しかし、生け水中の細菌の増殖に品種間差があるかについては不明である。

(3) 季節変化

Peric ら (2012) は、ガーベラ切り花の日持ちは季節により異なり、夏よりも冬の方が短く、冬に栽培されるガーベラ切り花の花茎は曲がりやすいと報告している。しかし、季節の違いがガーベラ切り花の日持ちに影響する要因については不明である。

(4) 塩化カルシウム

塩化カルシウム処理は葉からの蒸散を抑制することが報告されている (van Meeteren ら, 1999)。また、カルシウムは細胞壁の強度を高めることが知られている (Wyn Jones・Lunt, 1967)。さらに、塩化カルシウムの散布、浸漬および注入処理は、ガーベラの花茎の曲がりの発生を抑制し、日持ちを延長させることが報告されている (Gerasopoulos・Chebli, 1999)。また、塩化カルシウムの前処理および後処理は、ガーベラ切り花の日持ちの延長に有効であることも明らかにされている (Geshnizjany ら, 2014; Perik ら, 2014)。しかし、ガーベラ切り花の日持ちの延長に対する塩化カルシウムの作用機序は明らかにされていない。

(5) 気孔と蒸散

抗菌剤処理により生け水中の細菌の増殖を抑制した条件下においても、花茎の曲がりが発生する事例がみられた (未発表)。ガーベラ切り花の舌状花と花茎には気孔が分布している (Huang, 2018)。また、ガーベラ切り花

をスリーブで覆うと蒸散が抑制され、日持ちが延長することが報告されている (Peric ら, 2012)。このことは、気孔からの蒸散がガーベラ切り花の日持ちに影響している可能性があることを示唆している。しかし、ガーベラ切り花の蒸散が花茎の曲がりの発生に関与しているかは明らかではない。

(6) ジベレリン

ガーベラ切り花において、ジベレリンの連続処理は、花茎を曲げることなく、ガーベラ切り花の日持ちを延長するのに効果的であると報告している (Emongor, 2004)。しかし、ガーベラ ‘ミノウ’ 切り花で前処理をしたところ、花茎が伸長し、曲がりが発生し、日持ちが著しく短縮した。その一方、管状花の開花は明らかに遅くなった (未発表)。このため、花茎の伸長、曲がりの発生を抑制できれば、日持ちを延長できる可能性があると考えられる。

6. 本研究の目的

本研究では、一般に日持ちが短いとされるガーベラ切り花について、第Ⅱ～Ⅴ章では、日持ち上の大きな課題と考えられる花茎の腐りや曲がりの発生について、第Ⅵ～Ⅶ章では、ジベレリンと塩化カルシウムの組合せ処理による日持ち延長効果について検討した。

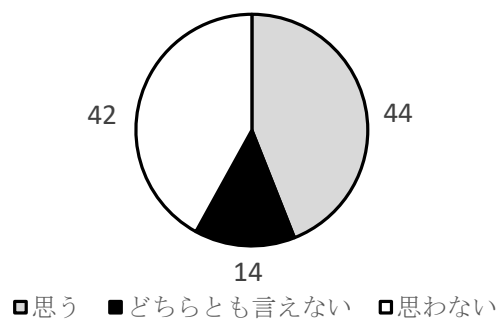
第Ⅱ章では、品種の違いが生け水中の細菌の増殖や抗菌剤の効果に及ぼす影響について検討した。第Ⅲ章では、ガーベラ切り花を生けた水に細菌が増殖する要因について、生け水の白濁程度が異なる2品種を用いて検討した。また、第Ⅳ章では、ガーベラ切り花の日持ちの季節変化について、第Ⅲ章と同じ2品種を用いて、生け水中に溶出する糖類や電解質と細菌の増殖との関係に着目し検討した。さらに、第Ⅴ章では、抗菌剤処理により細菌の増殖を抑制した条件下で、31品種を用いて、花茎の曲がりの発生率に品種間差があるか検討した。また、花茎の曲がりの発生率が異なる2品種を用いて、生け花後の花茎径や花茎の最大破断荷重の推移に着目し、花茎の曲がりが発生する要因について検討した。

第Ⅵ章では、ジベレリンと塩化カルシウムの組合せによる連続処理が日持ち延長に及ぼす影響について検討した。さらに、第Ⅶ章では、ジベレリンと塩化カルシウムの組合せによる前処理がガーベラ切り花の日持ち延長に及ぼす影響について検討した。

A

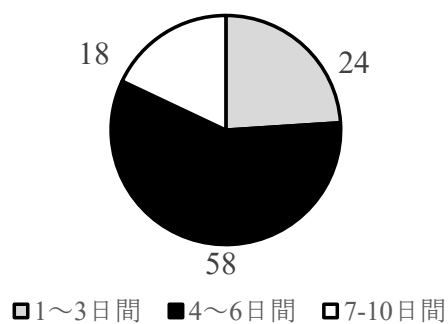
問1 ガーベラは日持ちする花 (%)

n=124

**B**

問2 自宅における観賞期間 (%)

n=124

**C**

問3 観賞価値を失った症状 (%)

n=111 (複数回答有)

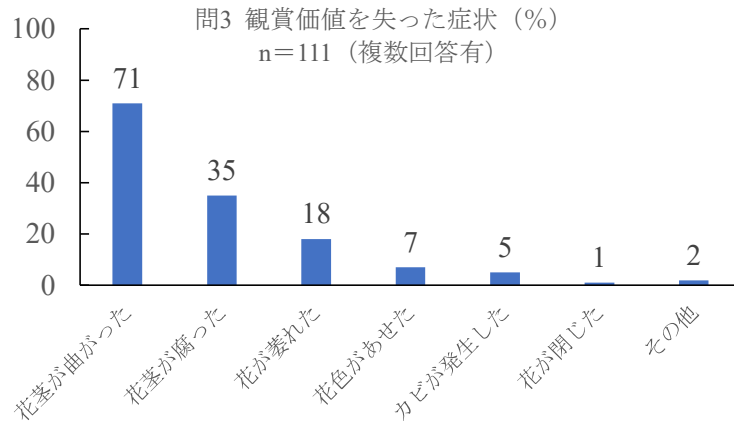


図 I-1 ガーベラの日持ちに関するアンケート調査結果

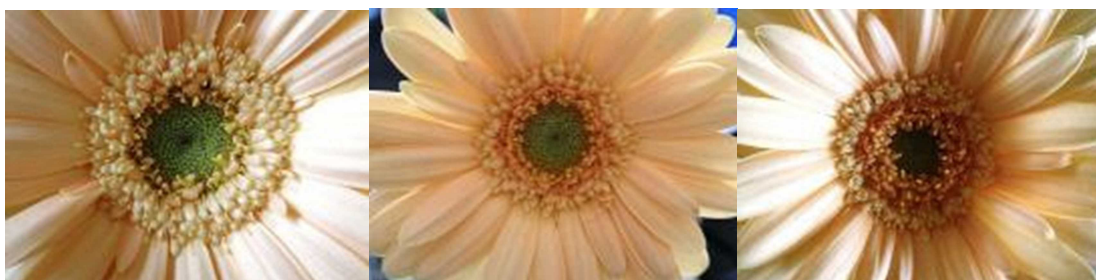


図 I-2 ガーベラ ‘ミノウ’ における外側の管状花の開花状況

左：咲き始め

中：1 周程度開花

右：3 周程度開花

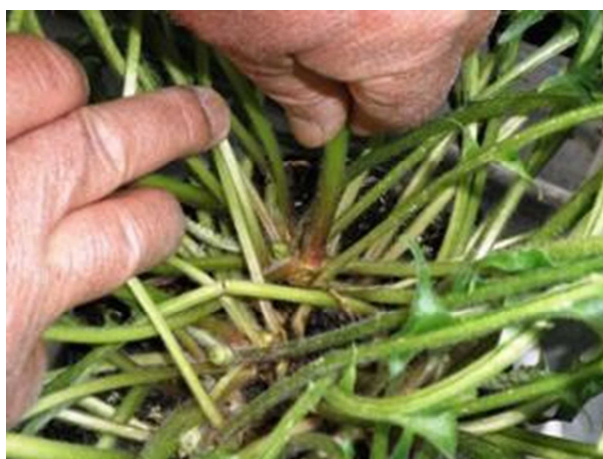


図 I-3 ガーベラ切り花の収穫

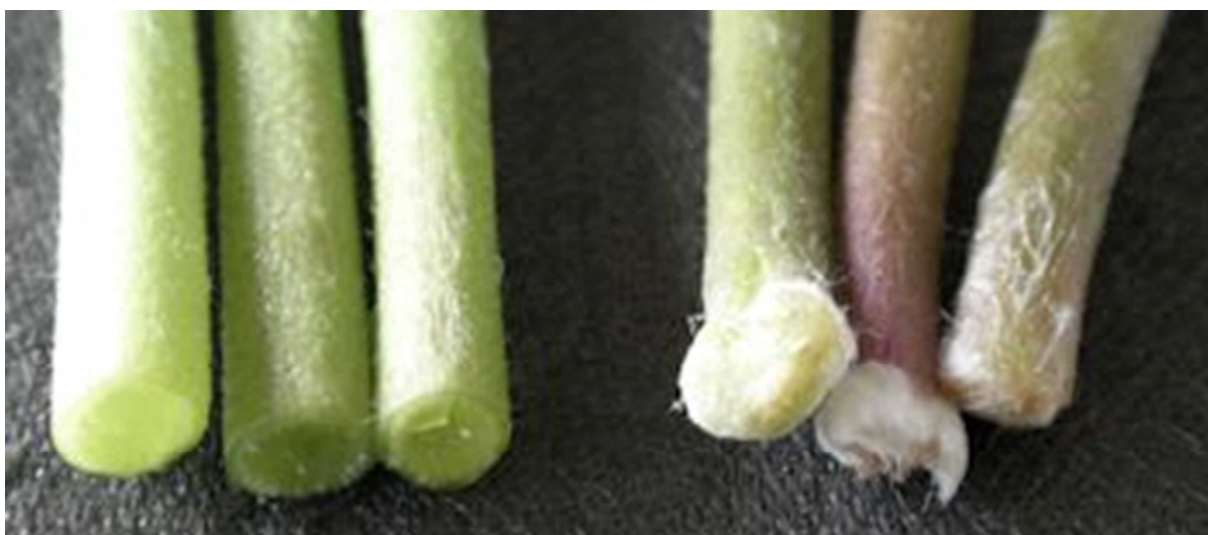


図 I-4 ガーベラの花茎基部と切り口

左：基部を切り取った切り口

右：収穫時の花茎基部



図1-5 ガーベラ‘未納’切り花に発生した花首直下における花茎の萎症状



図 I-6 ガーベラ切り花に発生した花茎の腐りの直上部に発生した花茎の曲がり症状

左:花茎の折れ曲がりが発生した切り花 右:花茎の折れ曲がりが発生していない切り花



図 I-7 ガーベラ切り花に発生した花首下 10 cm 程度における花茎の曲がり症状

左: 花茎の折れ曲がりが発生した切り花 右: 花茎の折れ曲がりが発生していない切り花

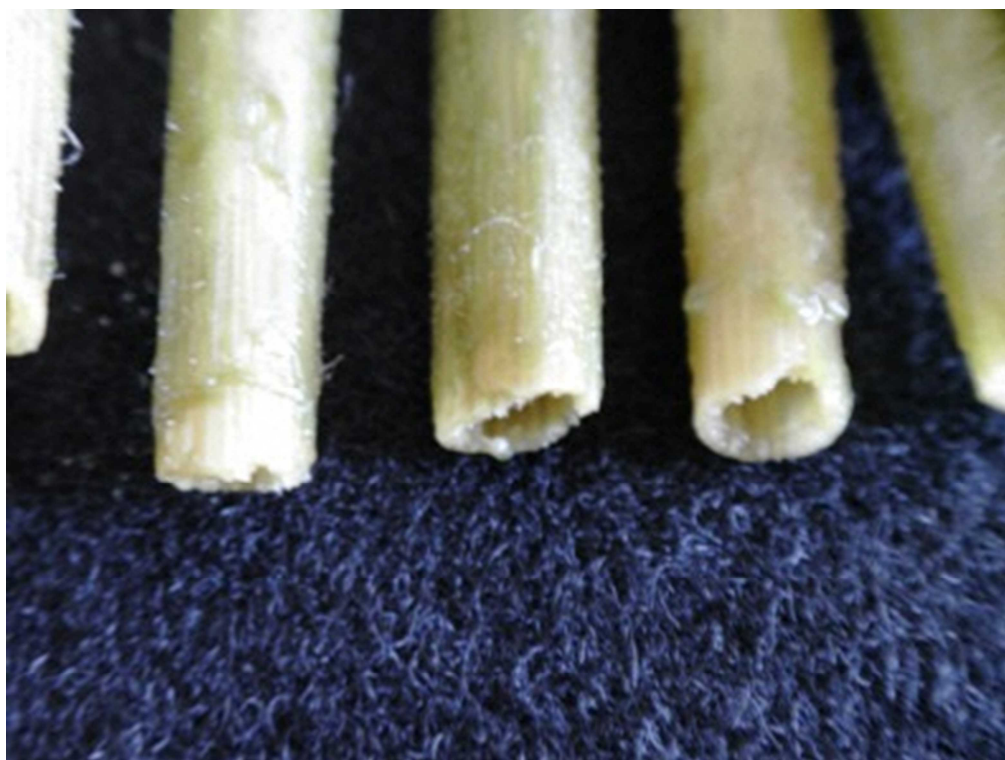


図 I-8 乾式輸送後に発生する花茎切り口の腐り症状

第2章 ガーベラ切り花日持ち品種間差における生け水中の細菌の関与

ガーベラ切り花を水替えることなく生け続けると、生けた水が白濁して悪臭を放ち、生け水中もしくはその直上部の花茎が腐敗することがある。花茎が曲がる場合、この腐敗した部位もしくは花首から10cm程度下の部位のいずれかで曲がることが多いが調査例はない(図I-6, 7)。また660nmの濁度は細菌数と相関が高いことが報告されており(佐藤ら, 1983), 水の濁りは細菌に由来することが示唆されている。

バラの切り花では、日持ちが短縮する要因として細菌の関与が明らかにされており、生け水中の細菌数濃度が 10^6 CFU・mL⁻¹以上では日持ちが著しく短くなること(Jones・Hill, 1993), 生け水の細菌の増殖は導管閉塞を引き起こし、日持ちを短縮させること(Put・Jansen, 1989), また細菌は導管内にも増殖すること(van Doorn ら, 1989)が報告されている。また、ガーベラ切り花においても、日持ちが短い理由として水分状態が悪化しやすいことが指摘されており(van Meeteren, 1978), バラと同様に細菌の増殖による導管閉塞が切り花の水分状態の悪化に寄与することが示唆されている(Clerkx ら, 1989; van Doorn・de Witte, 1994)。

ここでは、ガーベラの日持ちが短くなる原因と考えられる花茎が腐り曲がる症状に着目し、ガーベラ切り花の日持ちと生け水中の細菌との関係について検討した。

材料および方法

1. 実験共通

第II章～第VII章における実験において、特に記載がない限り、以下の(1)～(5)の材料および方法は共通とした。

(1) 植物材料

ガーベラ切り花は、静岡県農林技術研究所の温室内で栽培したものを用いた。ガーベラの苗は、培地(キノポット: 王子木材緑化, 東京)を入れた15cmのプラスチックポットに1株ずつ植え、焼成珪藻土粒(イソライトCG1号: イソライト断熱製品, 大阪)を入れた21cmのプラスチックポットの上に載せ栽培した(図II-1)。液肥(梅田・外岡, 2020)は1株当たり80～100mLを点滴チューブから供給し、温室の換気設定温度は25℃、加温設定温度は15℃とした。収穫は管状花の外側1列が開花

した状態でいき、保管することなく、速やかに実験に供試した。

(2) 日持ちの評価

日持ちの評価は、室温23℃、相対湿度70%、12時間明条件(6:00～18:00)、PPFD 10 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ に制御した恒温庫内で行った(Ichimura ら, 2009; Pun ら, 2013; Azuma ら, 2020; Norikoshi ら, 2022)。

日持ちは、花茎の曲がり角が90°を超える(花茎の曲がり)、花弁が1枚脱落する(花弁の脱落)、花頭直下で折れる(花首の折れ)、花弁がしおれる(花弁の萎れ)、花弁の脱色(花弁の脱色)が発生する時点までとした。

(3) 相対新鮮重、吸水量、蒸散量の測定

処理開始時とその後数日間隔で、切り花重と溶液重を調査した。なお、併せてガーベラ切り花を処理することなく、溶液のみ入れた試験管を準備し、自然に蒸散した溶液量を調査した。相対新鮮重は、処理開始時の切り花重を100として算出した。吸水量は、処理開始時点から減少した溶液重から自然に蒸散した溶液重を差し引き、処理開始時の切り花重1g当たりで算出した。蒸散量は、吸水量から新鮮重の増加量を差し引き算出した。

(4) 生け水の濁度

生け水の濁度は、生け水2mLを採取し、分光光度計(UV150-02, (株)島津製作所)により660nmの吸光度を測定することによって調査した。

(5) 統計分析

Studentの t 検定, Tukey-Kramerの多重検定および二元配置分散分析は、BellCurve for Excel ソフトウェア(社会調査研究情報, 東京, 日本)を用いて行った。

2. 第II章の実験

(1) ガーベラの日持ちの品種間差異(実験1)

2009年6月18日に収穫した‘ピンタ’、‘ブラバ’、‘バナナ’、‘ティム’、‘ミノウ’、‘キムシー’および‘ピクチャーパーフェクト’を花茎長が40cmになるよう調整したあと、対照区として蒸留水、抗菌剤添加区としてイソチアゾリン系抗菌剤CMIT/MIT(レジェンドMK, 有効成分として5.7mg・L⁻¹5-クロロ-2-メチル4-イソチアゾリン-3-オンおよび2mg・L⁻¹2-メチル4-イソチアゾリン-3-オンを含む, ロームアンドハースジャパン)を蒸留水

に添加して濃度を $0.25 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ に調整した溶液 100 mL を入れた直径 40 mm 、長さ 130 mm の試験管に1本ずつ生けた。1処理区当たり9本を供試した。生け水の濁度は、目視で複数の品種で濁りが確認された処理開始後10日目の蒸留水区について調査した。

(2) 生け水の白濁と生け水中の細菌数との関係 (実験2)

供試品種は‘ピンタ’と‘ピクチャーパーフェクト’を用いた。2010年10月1日に収穫した‘ピンタ’と‘ピクチャーパーフェクト’を花茎長が 40 cm になるよう調整した後、 200 mL の蒸留水を入れた容器に4本ずつ生けた。処理開始後7日目に生け水の濁度および生け水中の細菌数を調査した。生け水中の細菌数は、生け水を滅菌水で希釈後、希釈液の $100 \mu\text{L}$ を Yeast Pepton 培地（酵母エキス $5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、ペプトン $5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、塩化ナトリウム $5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、寒天 $15 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{pH}7$ ）を用い、 25°C 暗黒条件で5日間培養後、コロニー数を調査した。

(3) 花茎の切り戻しと生け水の状態が日持ちと日持ち終了様相に及ぼす影響（実験3）

供試品種は‘ミノウ’を用いた。供試した生け水は、対照区として蒸留水、生け水の状態が悪化した区としてあらかじめガーベラを生け続け白濁した水（白濁水）を用いた。生け花前に白濁した生け水の濁度と細菌数を調査した。細菌数は、生け水を滅菌水で希釈後、希釈液の 1 mL をペトリフィラム AC プレート（スリーエムジャパン（株））で、 35°C 暗黒条件で2日間培養後、コロニー数を調査した。

2011年10月7日に収穫した‘ミノウ’を花茎長が 40 cm になるよう調整したもの（調整区）と未調整で花茎基部を残したもの（未調整区）、各区とも生け水を 100 mL を入れた試験管に1本ずつ生けた。1処理区当たり10本を供試した。処理開始時と5日目に、切り花重と溶液重を調査した。

(4) 抗菌剤処理が生け水の白濁および日持ちに及ぼす影響（実験4）

供試品種は‘ミノウ’を用いた。2009年8月1日に収穫した‘ミノウ’を花茎長が 40 cm になるよう調整した後、対照区として蒸留水、抗菌剤添加区としてイソチアゾリン系抗菌剤 $0.25 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ を添加した蒸留水 100 mL を入れた試験管に1本ずつ生けた。日持ち調査は、1処理区当たり8本を供試した。処理開始時から2日間隔で12日目まで、切り花重と溶液重を調査した。吸水量は、

処理開始時点から8日目までで算出した。処理開始後4日目、8日目および12日目に生け水の濁度を調査した。

結 果

1. ガーベラの日持ちの品種間差異（実験1）

処理開始後10日目の水の濁度は、‘ピンタ’で0.003、‘ブラバ’で0.005、‘バナナ’で0.018と低く、これら3品種に比べ‘ピクチャーパーフェクト’では0.171と有意に高いことが示された（図II-2）。

蒸留水に生けた切り花の日持ちは、‘ピンタ’で18.0日と最も長く、次いで‘ブラバ’の16.0日であった。最も日持ちが短かったのは‘ピクチャーパーフェクト’で10.3日、次いで‘キムシー’の11.8日であった（表II-1）。

抗菌剤を添加した水に生けることで、生け水の濁りの発生は抑制された。7品種中5品種で日持ちは有意に長くなったが、‘ブラバ’と‘バナナ’では有意差は認められなかった（表II-1）。

蒸留水に生けた切り花の日持ちが最も長かった‘ピンタ’では、9本中花茎が腐るものはなかった。花茎の曲がりにより観賞価値を失ったものは1本と少なく、残り8本は花弁の萎れで観賞価値を失った。抗菌剤を添加した水に生けた切り花では、花茎が腐るものはなく、9本すべてが花弁の萎れで観賞価値を失った（表II-1）。なお、蒸留水に生けた切り花で、花茎が曲がる症状で観賞価値を失った1本の平均の日持ちは17日、その生け水の濁度は0.009であった。それ以外の症状で観賞価値を失った8本の平均の日持ちは18.1日、その生け水の濁度の平均値は0.003であった。

蒸留水に生けた切り花の日持ちが最も短かった‘ピクチャーパーフェクト’では、9本中花茎の腐りが4本発生し、この4本すべてが花茎の曲がりにより観賞価値を失った。残りは花弁の萎れで4本、花首の折れで1本が観賞価値を失った。抗菌剤を添加した水に生けた切り花では、花茎の腐りや曲がりの発生はなく、花首の折れで7本、花弁の萎れで1本、花弁の脱落で1本が観賞価値を失った（表II-1）。なお、蒸留水に生けた切り花で、花茎が曲がる症状で観賞価値を失った4本の平均の日持ちは4.8日、その生け水の濁度の平均値は0.341であった。それ以外の症状で観賞価値を失った5本の平均の日持ちは14.8日、その生け水の濁度の平均値は0.036であった。

蒸留水に生けた切り花の日持ちが‘ピクチャーパーフェクト’に次いで短い‘キムシー’では、9本中花茎の

腐りが4本発生し、このうち花茎の曲がりで3本、花卉の萎れで1本が観賞価値を失った。花茎の腐りが発生しなかった残り5本は、花卉の萎れで2本、花卉の脱色で2本、花首の折れで1本が観賞価値を失った。抗菌剤を添加した水に生けた切り花では、花茎の腐りや曲がりの発生はなく、9本すべてが花卉の脱色で観賞価値を失った(表II-1)。なお、蒸留水に生けた切り花で、花茎が腐り曲がる症状で観賞価値を失った3本の平均の日持ちは6.7日、その生け水の濁度の平均値は0.266であった。それ以外の症状で観賞価値を失った6本の切り花の平均の日持ちは14.3日、その生け水の濁度の平均値は0.042であり、生け水の濁度が高いと花茎が曲がる症状の発生が多く、日持ちも短いことが示された。

2. 生け水の白濁と生け水中の細菌数との関係 (実験2)

実験1で、蒸留水に生けた切り花の日持ちが最も長かった‘ピンタ’と最も短かった‘ピクチャーパーフェクト’を供試した。処理開始後7日目の生け水の濁度は、‘ピンタ’において0.004と低く、‘ピクチャーパーフェクト’において0.032と高かった。一方、処理開始後7日目の細菌数は、‘ピンタ’で $3.0 \times 10^3 \text{CFU} \cdot \text{mL}^{-1}$ と少なく、‘ピクチャーパーフェクト’で $3.7 \times 10^4 \text{CFU} \cdot \text{mL}^{-1}$ と多かった(図II-3)。

3. 花茎の切り戻しと生け水の状態が日持ちと日持ち終了様相に及ぼす影響(実験3)

実験1において、蒸留水に生けた7品種のうち、日持ち、生け水の濁度とも中間的な値を示した‘ミノウ’を用いた。

蒸留水に生けた切り花では、白濁した水に生けた切り花より吸水量が多く、5日目の相対新鮮重は高かった。生け水の状態に関係なく、花茎を切り戻した調整区は、切り戻さない未調整区に比べ吸水量が少なく、相対新鮮重は高かった。蒸留水に生けた切り花では、生け水の状態に関係なく、10本中花茎が腐るものはなかった。また10本中花茎の曲がりにより観賞価値を失ったものは調整区では2本、未調整区ではなかった。日持ちは、調整区では15.8日と長く、未調整区では11.8日と短かった(表II-2)。

白濁した生け水の濁度は0.238、細菌数は $10^8 \text{CFU} \cdot \text{mL}^{-1}$ であった。白濁した水に生けた切り花では、調整区は10本すべての花茎が腐ったが、未調整区は腐ることはなかった。花茎の曲がりにより観賞価値を失ったもの

は、調整区では9本と多かったが、未調整区では1本と少なかった。日持ちは、調整区は5.1日と短かったが、未調整区では10.1日と切り戻したものに比べ長かった(図II-4)。

4. 抗菌剤処理が生け水の白濁および日持ちに及ぼす影響(実験4)

実験3と同様に‘ミノウ’を用いた。生け水の濁度は、蒸留水に生けた切り花では処理開始後日数の経過により高くなったが、抗菌剤を添加した切り花では低く維持された(図II-5)。相対新鮮重は、処理開始後2日目までは増加し、その後12日目まで緩やかに減少した。蒸留水に生けた切り花よりも抗菌剤を添加した水に生けた切り花の方が、より緩やかに減少する傾向を示した(図II-6)。処理開始後8日目までの吸水量は、抗菌剤を添加した水に生けた切り花が蒸留水に生けた切り花に比べ多かった(表II-3)。日持ちは、抗菌剤を添加した水に生けた切り花では14.5日と、蒸留水に生けた切り花の12.0日に比べ有意に長かった(表II-3)。

蒸留水に生けたものでは、花茎の曲がりにより観賞価値を失ったものが2本、このうち1本で花茎の腐りが発生した。残りは花卉の脱落で5本、花卉の萎れで1本が観賞価値を失ったが、この6本に花茎の腐りは発生しなかった。抗菌剤を添加した水に生けた切り花では、花茎が腐るものではなく、花卉の萎れで4本、花卉の脱落で4本が観賞価値を失った(表II-3)。

考 察

ガーベラ切り花の日持ちには品種間差があることが報告されており(van Doorn・de Witte, 1994)、品種間差をもたらす原因は細菌に対する感受性であることが示唆されている。本研究ではガーベラ7品種を供試し、切り花の日持ちに及ぼす抗菌剤の効果に品種間差があること(表II-1)に加えて、生け水の濁度および細菌の増殖にも品種間差があること(図II-2,3)も新たに明らかにした。660nmの濁度は細菌数と相関が高いことが報告されている(佐藤ら, 1983)が、濁度が高い品種で生け水中の細菌数が多かった(図II-3)。また、生け水の濁度が高い品種では、花茎の曲がりや腐りにより観賞価値を失う本数が多く、日持ちが短かった(表II-1)。これらから、ガーベラ切り花において、生け水中に増殖する細菌数は品種により異なり、細菌の増殖しやすさが日持ちを短くする原因であると考えられた。

ガーベラ切り花の日持ちが短い理由は、水分状態が悪化しやすいことであり (van Meeteren, 1978), 生け水中に増殖した細菌が原因であることが示唆されている (Clerkx ら, 1989; van Doorn・de Witte, 1994). 本研究では、細菌数濃度が $10^8 \text{ CFU} \cdot \text{mL}^{-1}$ で、その濁度が高い水に、花茎長を 40 cm に調整したガーベラを生けたところ、供試した 10 本すべての切り花で花茎が腐り、9 本で花茎の曲がりが発生し、日持ちが短くなった (表 II-2). さらに生け水の白濁が起こりやすい ‘ピクチャーパーフェクト’ では (図 II-2), 蒸留水に生けたもので 10 本中 4 本が、花茎が腐り曲がる症状で観賞価値を失った. 抗菌剤に生けたものでは花茎の腐り曲がる症状の発生がなく、日持ちが長くなった (表 II-1). これらの結果は、ガーベラ切り花の日持ちが短くする花茎が腐り曲がる症状は、生け水中に増殖した細菌が原因である可能性が高いことが示唆された.

本実験では、花茎を切り戻したものに加え、花茎基部を残したものについて、花茎の腐りの発生について検討した. 花茎基部が残っていることで、細菌が増殖した白濁した水に生けても、花茎の腐りは発生しなかった (表 II-2, 図 II-4). 花茎内には空洞があるが、基部には空洞がない (図 I-4). このことから、花茎の腐りは、花茎内に細菌が侵入することで発生するものと考えられた.

切り花を蒸留水に生けた場合は、処理開始後日数の経過に伴い、生け水の濁度が高くなり、生け花後時間の経過とともに水分状態が悪化していることが示された. 一方、抗菌剤を添加した水に生けた場合、その生け水の濁度は低く推移され (図 II-5), 水分状態の悪化を抑制していた. 抗菌剤を添加した水に生けた切り花は、蒸留水に生けたものに比べ、ガーベラ切り花の吸水量が増加し、処理開始後の相対新鮮重が高く維持され、日持ちが長くなった (表 II-3, 図 II-6). 実験 1 においても、蒸留水に生けた水の濁度が高い品種では、抗菌剤を添加した水に生けることにより、花茎の曲がりや腐りにより観賞価値を失う症状の発生がなく、日持ちが長くなった (表 II-1).

本研究では、花茎の曲がりや腐りの発生が、日持ちを短くする重要な要因となっていることに着目し、生け水中の細菌と日持ちとの関係を明らかにした.

表Ⅱ-1 ガーベラ7品種における抗菌剤処理が日持ちに及ぼす影響

品 種	生け水 ^z	日持ち日数 (日)	観賞価値を失った症状 (本)					花茎の腐り (本)
			花茎の曲がり	花弁の萎れ	花首の折れ	花弁の脱落	花弁の脱色	
ピンタ	蒸留水	18.0 ** ^y	1	8	0	0	0	0
	抗菌剤	19.4	0	9	0	0	0	0
ブラバ	蒸留水	16.0 ns	2	7	0	0	0	0
	抗菌剤	15.8	0	9	0	0	0	0
バナナ	蒸留水	13.9 ns	0	5	0	4	0	0
	抗菌剤	14.6	1	1	4	3	0	0
ティム	蒸留水	12.8 *	4	5	0	0	0	1
	抗菌剤	14.4	0	7	2	0	0	0
ミノウ	蒸留水	12.4 **	1	4	3	1	0	1
	抗菌剤	14.4	0	0	5	4	0	0
キムシー	蒸留水	11.8 *	3	3	1	0	2	4
	抗菌剤	16.0	0	0	0	0	9	0
ピクチャー パーフェクト	蒸留水	10.3 **	4	4	1	0	0	4
	抗菌剤	16.6	0	1	7	1	0	0
品 種		**						
分散分析 ^x 生け水		**						
交互作用		**						

^z 抗菌剤は、イソチアゾリン系抗菌剤を蒸留水に添加して濃度を0.25 mL・L⁻¹に調整した溶液^y t検定で、各品種生け水の違いにより、**は1%水準で、*は5%水準で有意差あり、nsは有意差なし^x **は分散分析で、1%水準で有意差あり

表Ⅱ-2 花茎の切り戻しと生け水の状態がガーベラ ‘ミノウ’ 切り花の観賞価値を失った症状と日持ちに及ぼす影響

花茎の状態	水	吸水量 ^z (g・g ⁻¹)		相対新鮮重 ^y (%)		日持ち日数 (日)		観賞限界となった症状(本)				花茎の腐り (本)
								花茎の曲がり	花弁の萎れ	花首の折れ	花弁の脱落	
切り戻し	蒸留水	0.73	a ^x	115	a	15.8	a	2	3	3	2	0
	白濁水	0.53	b	100	b	5.1	c	9	1	0	0	10
基部残し	蒸留水	0.41	c	92	c	11.8	b	0	10	0	0	0
	白濁水	0.33	c	91	c	10.1	b	1	9	0	0	0
分散分析 ^w		**		**		**						

^z 処理開始時の植物体1g当たりの処理開始から5日間の平均吸水量^y 処理開始時を100とした処理開始後5日目の相対新鮮重^x 異なる文字は、Tukey-Kramer法により5%水準で有意差ありを示す。^w **は分散分析で、1%水準で有意差ありを示す。

表Ⅱ-3 抗菌剤処理の有無がガーベラ ‘ミノウ’ 切り花の観賞価値を失ったと日持ちに及ぼす影響

生け水	吸水量 ^z (g・g ⁻¹ FW)	日持ち日数 (日)	観賞価値を失った症状 (本)			花茎の腐り (本)
			花茎の曲がり	花弁の萎れ	花弁の脱落	
蒸留水	1.70	12.0	2	1	5	1
抗菌剤	2.14	14.5	0	4	4	0
t検定 ^y	*	*				

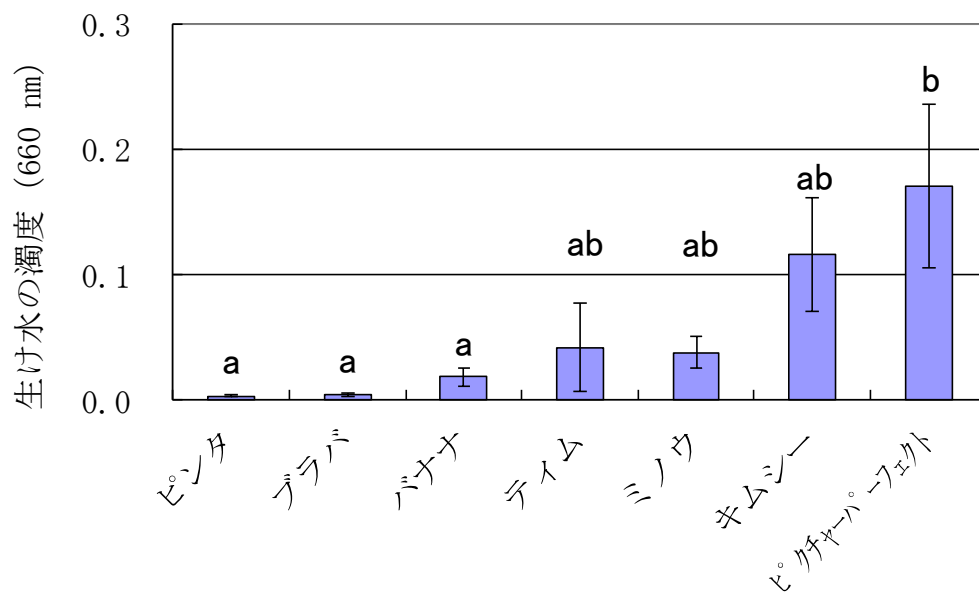
^z 処理開始時の植物体1 g当たりの処理開始から8日間の平均吸水量^y t検定で、**は1%水準で有意差あり



図II-1 ガーベラの栽培状況

左：ガーベラの株

右：栽培温室内の様子

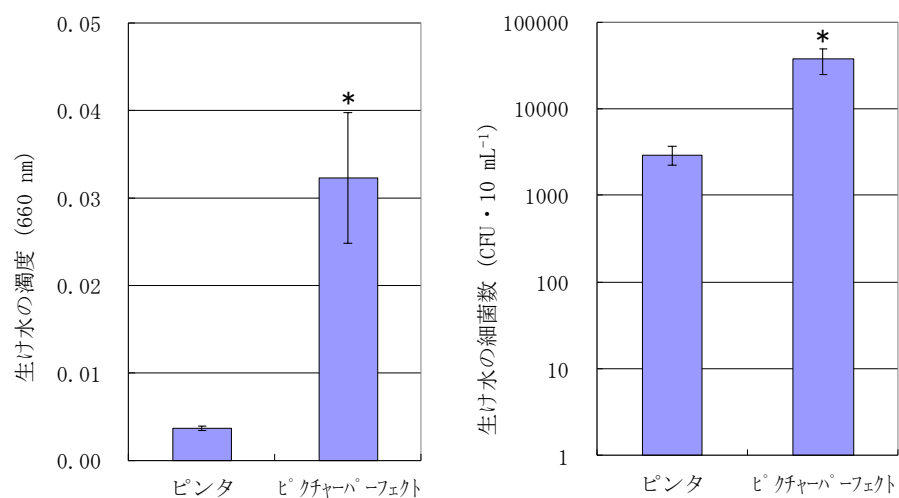


図II-2 ガーベラ7品種における生け水の濁度（実験1）

生け水の濁度は処理開始後10日目に測定。

図中の縦線は標準誤差を示す（n=9）。

異符号間には Tukey-Kramer 法により 5%水準で有意差があることを示す。



図Ⅱ-3 ガーベラ‘ピンタ’と‘ピクチャーパーフェクト’切り花における生け水の濁度と細菌数（実験2）

生け水の濁度と細菌数は処理開始後7日目に測定。

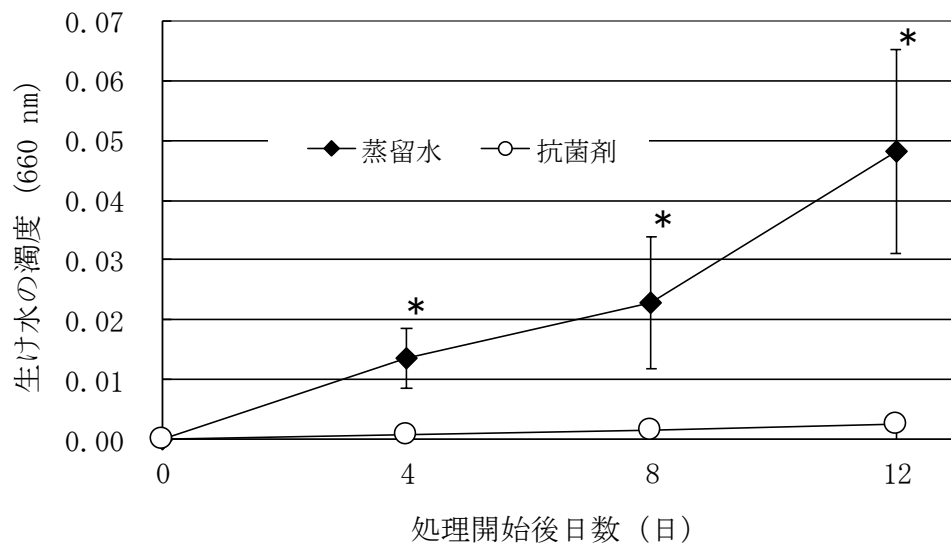
図中の縦線は標準誤差を示す（ $n=3$ ）。

*はt検定で、5%水準で有意差があることを示す。



図Ⅱ-4 花茎の調整および生け水の状態が処理開始後5日目のガーベラ‘ミノウ’に及ぼす影響

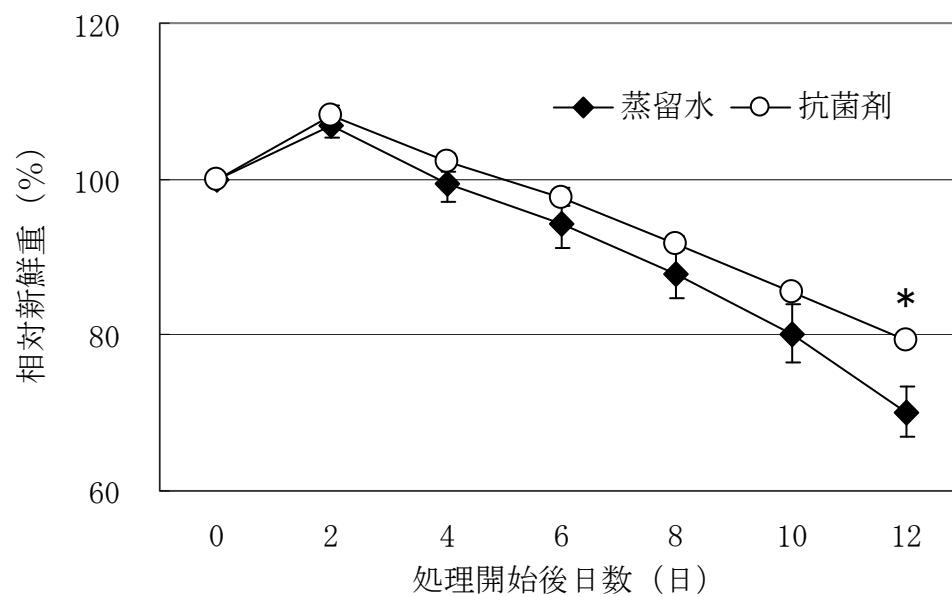
左 未調整, 蒸留水 中左: 未調整, 白濁水 中右: 調整, 蒸留水 右: 調整, 白濁水



図II-5 抗菌剤処理の有無がガーベラ‘ミノウ’切り花の生け水の濁度に及ぼす影響 (実験4)

図中の縦線は標準誤差を示す (n=8).

*はt 検定により5%水準で有意差があることを示す.



図II-6 抗菌剤処理の有無がガーベラ‘ミノウ’切り花の処理開始後の相対新鮮重に及ぼす影響 (実験4)

図中の縦線は、標準誤差を示す (n=8).

*はt 検定により5%水準で有意差があることを示す.

第3章 ガーベラ切り花における切り戻しにより溶出する糖類と電解質と日持ちとの関連

動物は有機物のみをエネルギー源として利用するが、微生物はその種類によって、有機物以外に、エネルギー源として光と無機物を利用する(青木,2007)。細菌生育の炭素源は細胞成分の合成素材およびエネルギー源として重要であり、広範な有機化合物が利用される。細菌の生育によく利用される糖類は単糖と二糖で、最も重要な糖類はグルコースである。環境中に2種類以上の糖が存在するとき、細菌は利用しやすいものから先に消費する(穴戸・塚越, 1998; 橋本ら, 1990)。植物に存在する低分子の糖類には様々な種類がある。このうち、グルコース、フルクトースおよびスクロースは、どのような器官においてもほとんど普遍的に存在する(市村, 2011)。

一方、細菌の増殖に必要な無機物は、陽イオンとして Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Cu^+ , NH_4^+ , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , 陰イオンとして H_2PO_4^- , SO_4^{2-} , Cl^- などで(橋本ら, 1990)、このうち、 H_2PO_4^- , K^+ , SO_4^{2-} , Mg^{2+} は、微生物の増殖のために比較的多量に必要とされる(青木,2007)。物質が水溶液中などでイオンに分かれることを電離といい、水に溶けたとき電離する物質を電解質という(辰巳ら, 2012)。電解質溶液の電気伝導は、溶質の電離によって生成した陽イオンと陰イオンの移動によるもので(安田ら, 1981)、伝導性の大小は電気伝導率で表される(齋藤,2011)。

本研究では、ガーベラ切り花において、調整方法が花茎から溶出する電解質と糖類に及ぼす影響を調査した。さらに7品種の切り花を用いて、日持ちと生け水における濁度の品種間差を調査した。また日持ちの短い‘ピクチャーパーフェクト’と長い‘ピンタ’において、花茎の切り戻しの有無、花茎からの糖類および電解質の溶出と生け水の濁度との関係について検討した。

材料および方法

1. 生け水の電気伝導率と糖類濃度および濁度との関係(実験1)

2010年10月12日に収穫した‘ミノウ’を供試した。収穫時の平均切り花長は57cmであった。‘ミノウ’を、①花茎基部を残したもの、②花茎基部から5mm部を水平に切ったもの、③花茎基部から5cm部を水平に切っ

たもの、④花首から40cm部を水平に切ったもの、⑤花首から40cm部を長さ2cmにわたり切断面が斜めになるよう切ったもの(以下、花首から40cm部を斜めに切ったもの)を調整し、20mLの蒸留水を入れた試験管に1本ずつ生けた。1処理区あたり10本を供試した。生け水の電気伝導率およびグルコース、フルクトース、スクロース濃度は、ガーベラ切り花からの生け水への溶出が安定する処理開始後48時間目に測定した。電気伝導率は、電気伝導度計(CONDUCTIVITY METER DS-12, (株)堀場製作所)で測定した。グルコース、フルクトース、スクロース濃度は、1mLの生け水を採取し、メンブレンフィルター(DISMIC-13CP, 0.45 μm , アドバンテック東洋(株))で除塵したのち、高速液体クロマトグラフ(Waters alliance 2695 Separations Module, 日本ウォーターズ(株))で分析した。カラムはSHODEX SUGAR SC1011(8.0 $\times$ 300mm, 6 μm , 昭和電工(株))、検出器は示差屈折計(Waters 2414 Refractive Index Detector, 日本ウォーターズ(株))、移動相は蒸留水を使用し、流量1.0mL $\cdot$ min⁻¹、カラム温度90 $^{\circ}\text{C}$ 、試料注入量10 μL の条件で測定した。生け水の濁度は、目視で濁りが確認された処理開始後7日目に調査した。

2. ガーベラ切り花品種別の生け水の電気伝導率と濁度と日持ちとの関係(実験2)

2009年7月6日に管状花の外側1列が開花した状態で収穫した‘ティム’、‘バナナ’、‘ピクチャーパーフェクト’、‘ビビット’、‘ピンタ’、‘ブラバ’および‘ミノウ’を供試した。花首から40cm部を水平に調整し、蒸留水100mLを入れた試験管に1本ずつ生けた。1処理区あたり9本を供試した。生け水の電気伝導率は、処理開始後2, 4, 7, 9, 11日目に測定した。生け水の濁度は、処理開始後7日目に調査した。相対新鮮重は、処理開始後2, 4, 7, 9, 11日目に調査した。吸水量は処理開始時点から7日目までで算出した。

3. ガーベラの品種および花茎の状態が日持ちに及ぼす影響(実験3)

‘ピクチャーパーフェクト’と‘ピンタ’を供試した。2010年7月26日に収穫した‘ピクチャーパーフェクト’と‘ピンタ’の平均切り花長はそれぞれ59cmと53cmであった。収穫後、調整せず、花茎基部を残したもの(未

調整区)と花茎長を40 cmに調整したもの(調整区)を用い、100 mLの蒸留水を入れた試験管に1本ずつ生けた。1処理区当たり9本を供試した。生け水の濁度は、処理開始後7日目に調査した。吸水量は処理開始時点から7日目までで算出した。

4. ガーベラの品種および花茎の状態が生け水中の糖類濃度に及ぼす影響(実験4)

2010年8月9日に収穫した‘ピクチャーパーフェクト’と‘ピンタ’を供試した。収穫時の‘ピクチャーパーフェクト’と‘ピンタ’の平均切り花長はそれぞれ52 cmと48 cmであった。収穫後、調整せず、花茎基部を残したもの(未調整区)と花首から40 cm部を水平に調整したもの(調整区)を用い、イソチアゾリン系抗菌剤CMIT/MIT(レジェンドMK)と硫酸アルミニウムを蒸留水に添加し、濃度をそれぞれ $0.25\text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ と $50\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ に調整した溶液60 mLを入れた試験管に4本ずつ生けた。1処理区あたり3本の試験管を供試した。処理開始後1, 2, 4, 6, 8, 24, 48時間目に、生け水1 mLを採取し、生け水に溶出したグルコース、スクロース、フルクトース濃度を測定した。

結 果

1. 生け水の電気伝導率と糖類濃度および濁度との関係(実験1)

ガーベラ‘ミノウ’切り花において、花茎基部を残したものでは、花茎内に空洞がなかったが、花首から40 cm部を水平に切り戻したものでは、花茎内に空洞が存在した(図III-1)。

処理開始後48時間目の電気伝導率は、収穫後未調整とし花茎基部を残したものおよび基部から5 mm部を水平に切り戻したものは、基部から5 cm部を水平に切り戻したものおよび花首から40 cm部を切り戻したものよりも有意に低くなった。また、花首から40 cm部を調整したものでは、花茎を斜めに切ったものの方が水平に切ったものよりも高くなった(表III-1)。

ガーベラ切り花を生けた水には、グルコースとスクロースが検出されたが、フルクトースは検出されなかった。処理開始後48時間目の生け水中のグルコース濃度は、花茎基部を残したもの、基部から5 mm部を水平に切り戻したもの、および基部から5 cm部を水平に切り戻したものでは比較的低く、花首から40 cm部を水平に切り戻したものでは比較的高かった。また、花首から40 cm部を調整したものでは、花茎を斜めに切ったものが、水

平に切ったものに比べ高かった。生け水中のスクロース濃度は、花首から40 cm部を斜めに切ったものが他区に比べ高かった(表III-1)。

処理開始後7日目の生け水の濁度は、花茎基部を残したものおよび基部から5 mm部を水平に切り戻したものは、基部から5 cm部を水平に切り戻したものおよび花首から40 cm部を切り戻したものよりも有意に低かった。また、花首から40 cm部を調整したものでは、花茎を斜めに切ったものが、水平に切ったものに比べ高かった(表III-1)。

本実験に供試した切り花データの相関関係を調べたところ、処理開始後48時間目の電気伝導率と処理開始後7日目の生け水の濁度には、高い相関が認められた(図III-2)。また処理開始後48時間目の生け水中のグルコースとスクロース濃度と処理開始後48時間目の電気伝導率には、高い相関が認められた(図III-3)。さらに処理開始後48時間目の生け水中のグルコースとスクロース濃度と処理開始後7日目の生け水の濁度にも高い相関が認められた(図III-4)。

2. ガーベラ切り花品種別の生け水の電気伝導率と濁度と日持ちとの関係(実験2)

ガーベラ7品種を供試し、生け水の電気伝導率、濁度、吸水量および日持ちの品種間差を調べた。

ガーベラ切り花の日持ちは‘ピンタ’と‘ブラバ’では比較的長く、‘ピクチャーパーフェクト’、‘バナナ’および‘ミノウ’では比較的短かった。処理開始後7日目の生け水の濁度は、‘ピンタ’、‘ブラバ’、‘ビビット’、‘ティム’および‘ミノウ’では比較的低く、‘ピクチャーパーフェクト’と‘バナナ’では高かった(表III-2)。日持ちと処理開始後7日目の生け水の濁度との相関関係を調べたところ、高い負の相関が認められた(図III-5)。

‘ピンタ’、‘ブラバ’、‘ビビット’および‘ティム’では、処理開始後7日目までの処理開始時の植物体1 g当たりの吸水量は、他の3品種よりも有意に多かった(表III-2)。処理開始時を100とした相対新鮮重は、いずれの品種も処理開始後2日目をピークに減少傾向となった。処理開始後7日目の相対新鮮重は、‘ピンタ’、‘ブラバ’、‘ビビット’、‘ティム’および‘ミノウ’では比較的高く、‘ピクチャーパーフェクト’で低かった(図III-6)。

処理開始後2日目、4日目および7日目の生け水の電気伝導率は、‘ピンタ’、‘ブラバ’、‘ビビット’および‘ティム’では比較的低く、‘ピクチャーパーフェクト’で高かった。処理開始後2日目という比較的早い時期におい

でも、電気伝導率には有意な品種間差が認められた(表III-2)。なお、いずれの品種も処理開始後2日目から4日目まではほぼ安定していた。それ以降‘ピンタ’と‘ブラバ’では増加はわずかであったが、‘ピクチャーパーフェクト’、‘バナナ’および‘ミノウ’では、4日目以降急速に高くなる傾向がみられた(図III-7)。

3. ガーベラの品種および花茎の調整が日持ちに及ぼす影響(実験3)

実験2において、最も日持ちが短かった‘ピクチャーパーフェクト’と‘ピンタ’を供試し、花茎の調整が吸水量、相対新鮮重、濁度および日持ちに及ぼす影響を調べた。

ガーベラ切り花の処理開始後7日目までの吸水量は、供試したいずれの品種も調整区は未調整区より有意に多かった。処理開始後7日目の相対新鮮重は、供試したいずれの品種も調整区は未調整区より有意に高かった。処理開始後7日目の生け水の濁度は、‘ピクチャーパーフェクト’では調整区は未調整区に比べ有意に高かったが、‘ピンタ’では調整区でも高くなることなく、未調整区と有意な差は認められなかった。日持ちは、‘ピンタ’では調整区が未調整区に比べ有意に長くなったが、‘ピクチャーパーフェクト’では調整区と未調整区に有意な差は認められなかった(表III-3)。

4. ガーベラの品種および花茎の調整が生け水中の糖類濃度に及ぼす影響(実験4)

実験3と同様に‘ピクチャーパーフェクト’と‘ピンタ’を供試し、調整が生け水中の糖類濃度に及ぼす影響を調べた。

ガーベラ切り花を生けた水のグルコース濃度は、‘ピクチャーパーフェクト’の調整区では、処理開始後1時間目は $43\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ であり、8時間目までは急速に上昇した。それ以降、上昇は緩やかとなり、48時間目は $234\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ に達した。未調整区では、処理開始後48時間目でも $1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ と低く推移した。‘ピンタ’では、調整区において処理開始後48時間目で $23\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、未調整区で $18\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ と低く推移した。処理開始後48時間目のガーベラ切り花を生けた水のグルコース濃度は、‘ピクチャーパーフェクト’の調整区が、未調整区および‘ピンタ’の調整区と未調整区より有意に高かった(図III-8)。また、処理開始後48時間目のスクロース濃度は、‘ピクチャーパーフェクト’の調整区は、未調整区および‘ピンタ’の調整区と未調整区と比べ有意に高かった。

考 察

本研究は、ガーベラ切り花において、花茎の調整(切り戻し)の有無、花茎からの糖類および電解質の溶出と生け水の濁度との関係について検討した。ガーベラ切り花の日持ちが短い理由は水分状態が悪化しやすいことであり(van Meeteren, 1978)、ガーベラ切り花を生けた水の濁度は、生け花後の日数の経過により高くなり(図II-5)、濁度の高い生け水には細菌数が多く(図II-3)、花茎の曲がり起こりやすく、日持ちが短かった(表II-1, 図II-2)。「ミノウ」切り花を生けた水の処理開始後7日目の濁度は、花茎の調整方法により異なり、花茎を切り戻すことにより高くなった(表III-1)。細菌数と660nmにおける水の濁度との間には相関があることから(佐藤ら, 1983)、花茎の切り戻しにより生け水中の細菌が増殖しやすくなることが示唆された。

ガーベラ「ミノウ」切り花を生けた水には、処理開始後48時間目にはグルコースとスクロースが検出され、生け水の濁度が高い調整方法でこれらの糖類濃度が高かった(表III-1)。また生け水の濁度とグルコースおよびスクロース濃度は、それぞれ高い相関がみられた(図III-4)。このことから、ガーベラ切り花から溶出したグルコースとスクロースがガーベラ生け水中の細菌の増殖に関与していることが示唆された。また、花首から40cm部を平らに切り戻したのに対し、斜めに切り戻したものでグルコースとスクロース濃度が高かったことから(表III-1)、これら糖類は主にガーベラ花茎の切り口から溶出しているものと考えられた。

微生物はその種類によって、有機物以外に、エネルギー源として光と無機物を利用する(青木, 2007)。処理開始後48時間目の生け水の電気伝導率は、グルコースとスクロース濃度が高く、濁度が高い調整方法で高かった(表III-1)。グルコースやスクロースなどは非電解質で、その水溶液は電流を導かないが(辰巳ら, 2012; 安田ら, 1981)、生け水の電気伝導率とグルコースおよびスクロース濃度にはそれぞれ高い相関が認められた(図III-3)。このことから、生け水にはガーベラ切り花から糖類のほか電解質も溶出されていることが示唆された。

細菌の増殖に必要な無機物は、陽イオンとして Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Cu^+ 、 NH_4^+ 、 Mn^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Co^{2+} 、陰イオンとして H_2PO_4^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- などである(橋本ら, 1990)。本研究では電解質である陽イオンや陰イオンを特定していないため、電気伝導率の上昇に寄与した電解

質が細菌増殖の栄養源となる無機物質であることを明らかにしていないが、生け水の電気伝導率と濁度には高い相関があった(図III-2)。このことから、電気伝導率の上昇に寄与した電解質も糖類と同様に、細菌増殖の栄養源となっている可能性があるものと考えられた。なお、電気伝導率は容易に測定できることから、ガーベラ切り花を生けた水への溶出物の定量的な評価に利用できるものと考えられた。

ガーベラ切り花の日持ちには品種間差があることが報告されており、品種間差をもたらす原因は細菌に対する感受性であることが示唆されている(van Doorn・de Witte, 1994)。ガーベラ切り花を生けた水の処理開始後7日目の濁度が高く、生け水中に細菌が多く増殖していると考えられる‘ピクチャーパーフェクト’では、他の品種に比べ吸水量が少なく、処理開始時を100とした相対新鮮重は処理開始後4日目以降に急速に低下し日持ちは短かった。一方、生け水の濁度が低い‘ピンタ’と‘ブラバ’では、他の品種に比べ吸水量が多く、処理開始後4日目以降の相対新鮮重の低下も緩やかで、日持ちは長かった(表III-2, 図III-6)。また、処理開始後2日目の生け水の電気伝導率については具体的なデータを表III-2に

示したが、‘ピクチャーパーフェクト’で高く、‘ピンタ’と‘ブラバ’で低かった。さらに、日持ちが長い‘ピンタ’では、花茎の切り戻しにより生け水中のグルコースとスクロース濃度の上昇はわずかで生け水の濁度も上昇しなかった。また吸水量は増加し、相対新鮮重が高まり、日持ちが向上した。一方、日持ちが短い‘ピクチャーパーフェクト’では、花茎の切り戻しにより処理開始から24時間目まで生け水のグルコースとスクロース濃度が急速に増加し、生け水の濁度も高かった。また吸水量が増加し、相対新鮮重は高まったが、日持ちに差は認められなかった(表III-3, 図III-8)。細菌の生育に利用される糖類は単糖と二糖で、最も重要な糖類はグルコースである(宍戸・塚越, 1998; 橋本ら, 1990)。これらのことから花茎を切り戻した切り花からは、グルコースとスクロースおよび電解質が溶出し、この量の違いが生け水の細菌の繁殖や日持ちの品種間差に関与している可能性が示唆された。

表III-1 ガーベラ‘ミノウ’における花茎の調整方法が生け水の電気伝導率、糖濃度および濁度に及ぼす影響(実験1)

花茎の調整方法	電気伝導率 ^z (mS・m ⁻¹)	糖濃度 (mg・L ⁻¹) ^y				濁度 ^x
		グルコース		スクロース		
基部残し (切戻しなし)	0.31 a ^w	0 ±	0 a	0 ±	0 a	0.004 a
基部から5 mm部水平	0.24 a	0 ±	0 a	0 ±	0 a	0.002 a
基部から5 cm部水平	0.89 b	133 ±	35 a	24 ±	9 a	0.021 b
花首から40 cm部水平	1.32 b	236 ±	40 b	27 ±	5 a	0.027 b
花首から40 cm部斜め	2.58 c	569 ±	106 c	65 ±	17 b	0.048 c

^z処理開始後48時間目の生け水の電気伝導率の平均値 (n=10)

^y処理開始後48時間目の各糖濃度の平均値±標準誤差, 検出限界以下は0とした (n=10)

^x処理開始後7日目の660 nmにおける生け水の濁度の平均値 (n=10)

^w異符号間にはTukey-Kramer法で、5%水準で有意差あり

表Ⅲ-2 ガーベラ7品種が電気伝導率、吸水量、濁度、日持ちに及ぼす影響（実験2）

品種	電気伝導率 ^z (mS・m ⁻¹)	吸水量 ^y (g・FW ⁻¹)	濁度 ^x	日持ち (日)
ピクチャーパーフェクト	7.3 c ^w	0.82 c	0.389 d	6.3 d
バナナ	4.0 b	0.79 c	0.237 cd	7.3 cd
ミノウ	3.6 b	0.89 c	0.137 abc	8.8 cd
ティム	2.5 ab	1.20 b	0.076 abc	9.3 c
ビビット	3.0 ab	1.24 b	0.037 ab	9.4 c
ブラバ	1.6 a	1.71 a	0.007 a	13.4 b
ピンタ	1.8 a	1.39 b	0.002 a	17.0 a

^z処理開始48時間目の生け水の電気伝導率の平均値 (n=9)^y処理開始時の切り花1 g当たりの処理開始7日間の吸水量の平均値 (n=9)^x処理開始7日目の生け水の660 nmにおける濁度の平均値 (n=9)^w異符号間はTukey-Kramer法により5%水準で有意差があることを示す

表Ⅲ-3 ガーベラの品種および花茎の状態がガーベラの日持ちに及ぼす影響

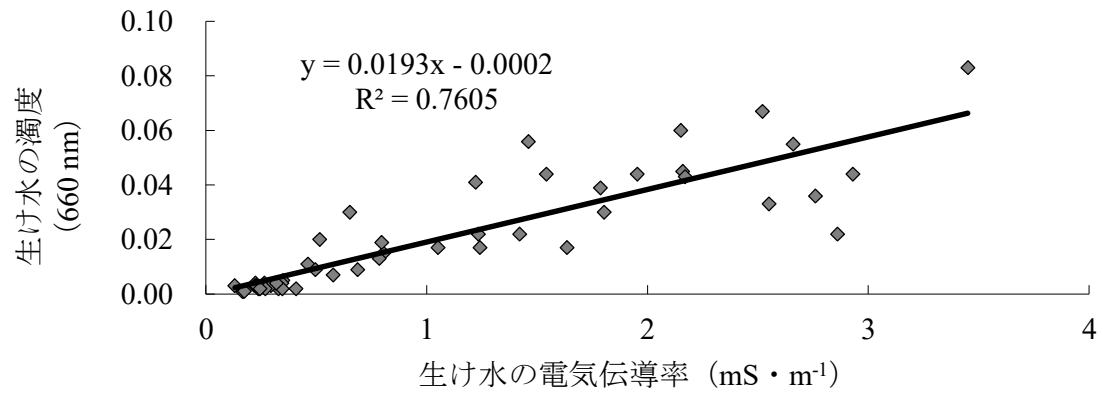
品種	花茎の状態 ^z	吸水量 ^y (g・gFW ⁻¹)	相対新鮮重 ^x (%)	濁度 ^w	日持ち (日)
ピクチャーパーフェクト	未調整	0.31 ** ^v	86 **	0.004 *	11.4 ns
	調整	0.80	113	0.029	12.4
ピンタ	未調整	0.39 **	89 **	0.002 ns	11.9 **
	調整	0.73	96	0.003	14.8

^z調整は花茎を切り戻し、切り花長40cmに調整したもの。未調整は切り戻ししていないもの^y処理開始後7日間の処理開始時の切り花1 g当たりの吸水量の平均値 (n=9)^x処理開始時の切り花重を100とした処理開始後7日後の相対新鮮重の平均値 (n=9)^w処理開始7日目の660 nmにおける生け水の濁度の平均値 (n=9)^v各品種における花茎の状態で、分散分析で**は1%水準で、*は5%水準で有意差あり、nsは有意差なし

図Ⅲ-1 ガーベラ‘ミノウ’切り花の調整方法別の花茎断面の状態（実験1）

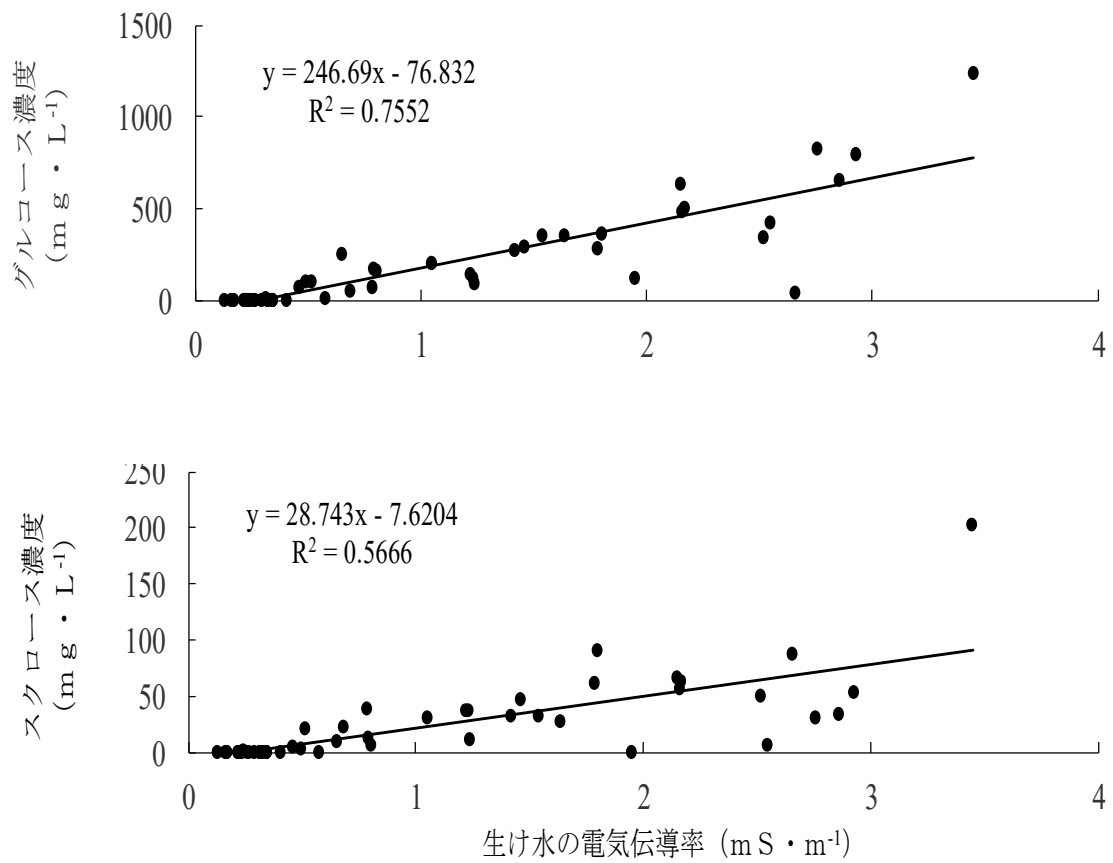
左：花茎基部を残したもの、花茎内に空洞はない

右：花首から40 cm部を水平に切ったもの、花茎内に空洞がある



図Ⅲ-2 ガーベラ‘ミノウ’切り花における生け水の電気伝導率と濁度の関係（実験1）

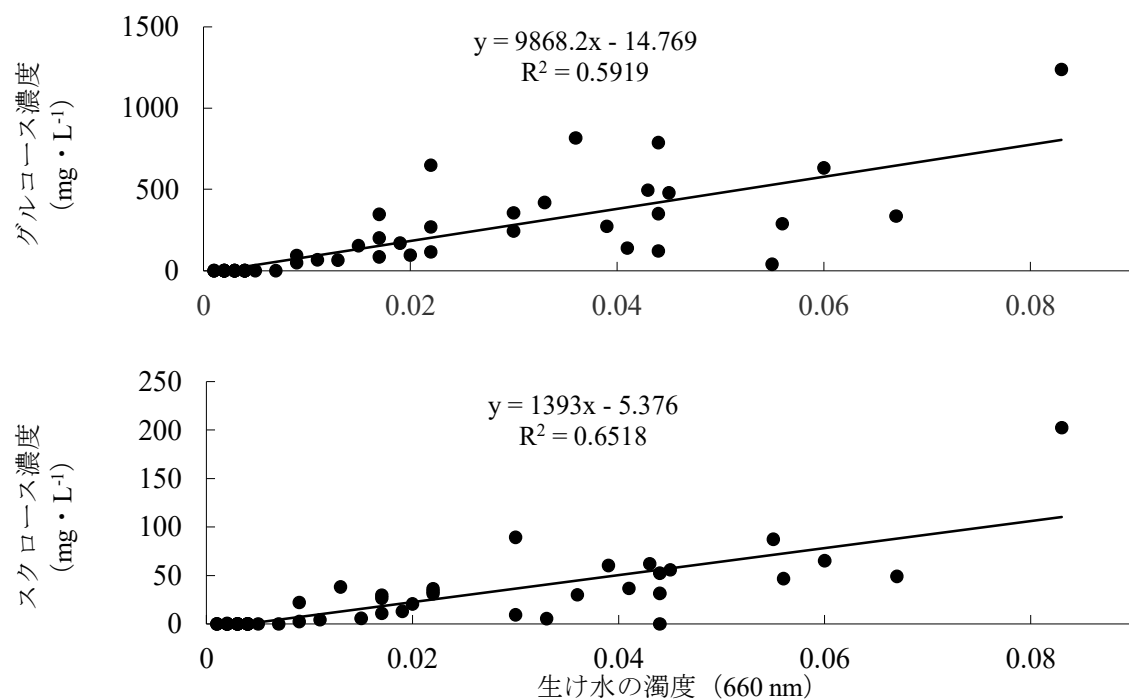
生け水の電気伝導率は処理開始後48時間目に、濁度は7日目に測定（ $n=50$ ）



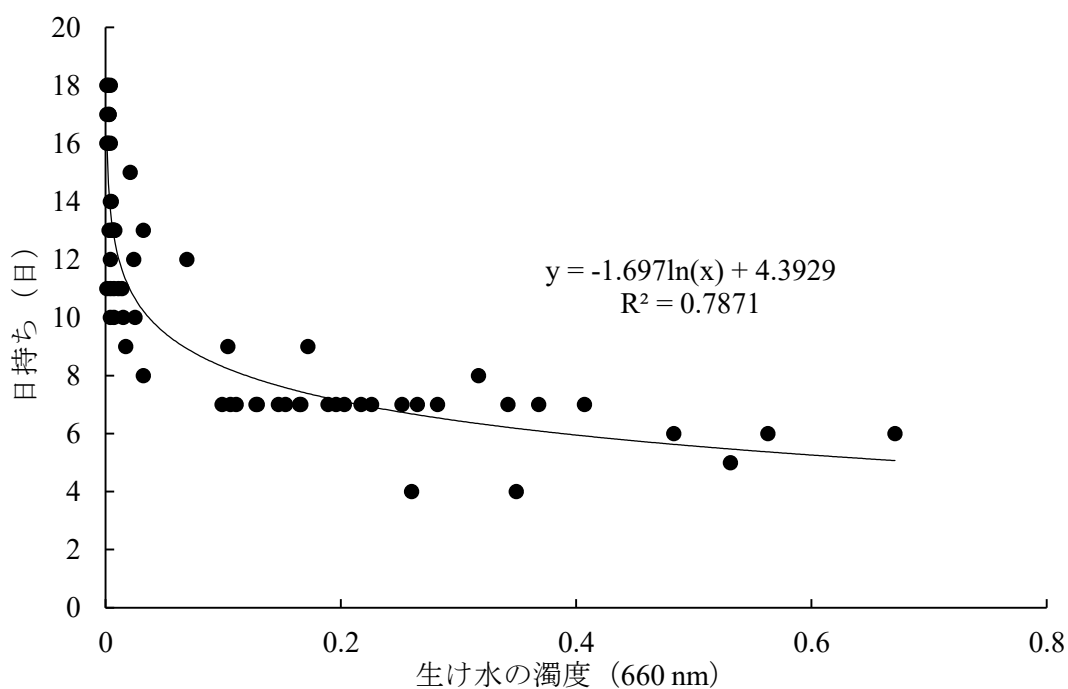
図Ⅲ-3 ガーベラ‘ミノウ’切り花における生け水の電気伝導率と糖濃度の関係（実験1）

生け水の電気伝導率と糖濃度は、処理開始後48時間目に測定（ $n=50$ ）。

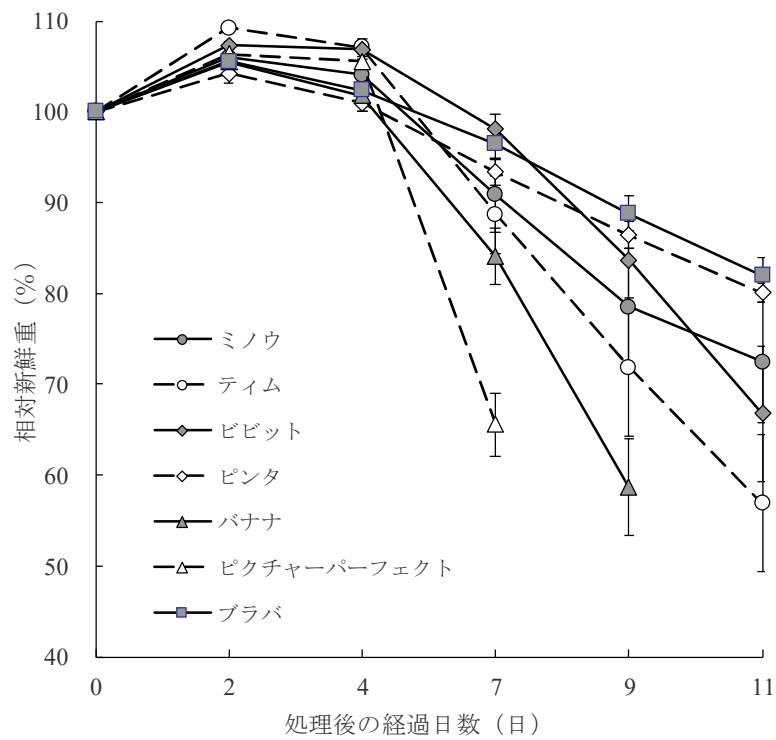
糖濃度は、検出限界以下は0とした。



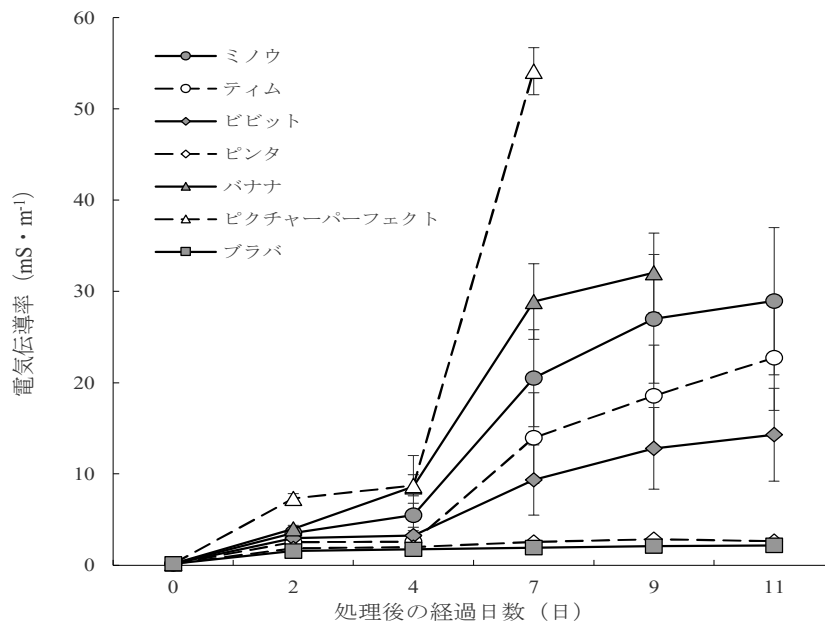
図Ⅲ-4 ガーベラ‘ミノウ’切り花における生け水の濁度と糖濃度の関係 (実験1)
生け水の糖濃度は処理開始後48時間目に、生け水の濁度は7日目に測定 (n=50).
糖濃度は、検出限界以下は0とした。



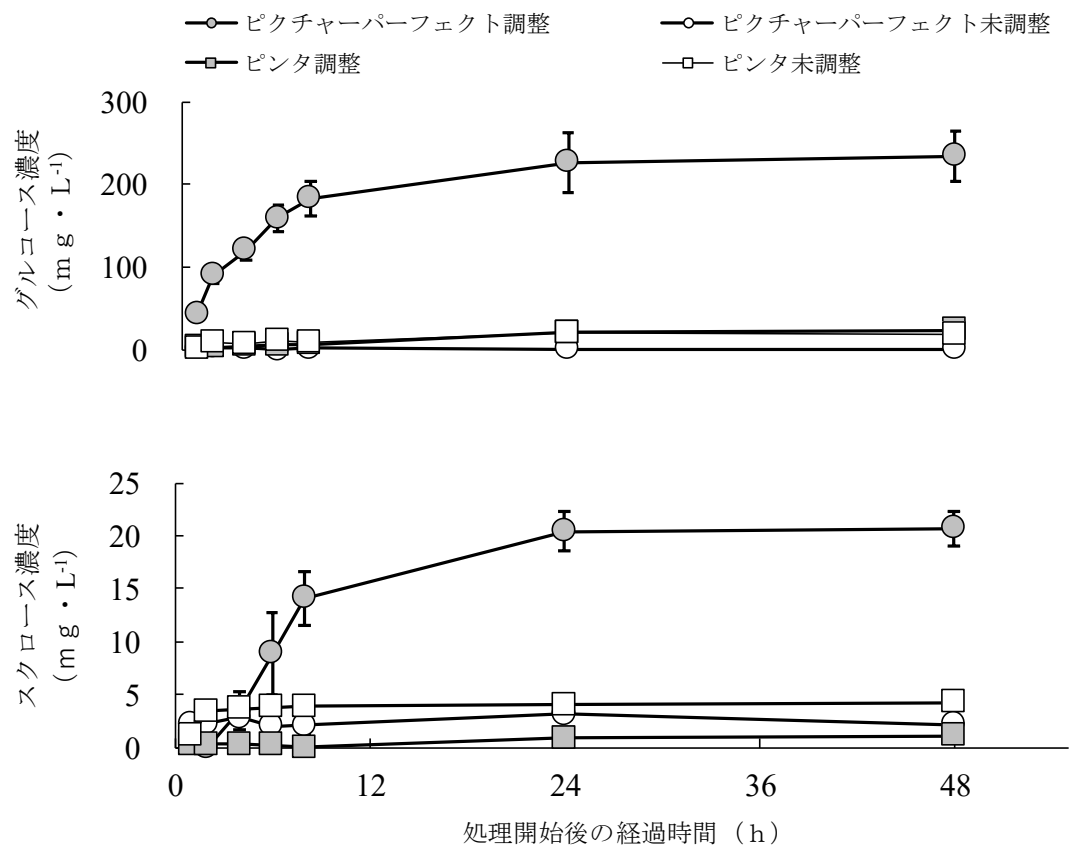
図Ⅲ-5 ガーベラ7品種切り花における濁度と日持ち日数との関係 (実験2)
生け水の濁度は処理開始後7日目に測定 (n=50)



図Ⅲ-6 ガーベラ7品種の相対新鮮重の推移 (実験2)
図中の縦線は標準誤差を示す (n=9)



図Ⅲ-7 ガーベラ切り花品種別の生け水の電気伝導率の推移 (実験2)
図中の縦線は標準誤差を示す (n=9)



図Ⅲ-8 ガーベラ‘ピンタ’と‘ピクチャーパーフェクト’切り花における花茎の状態が生け水中の糖濃度の推移に及ぼす影響(実験3)

図中の縦線は標準誤差を示す(n=3),
糖濃度は、検出限界以下は0とした。

第4章 ガーベラ切り花の日持ちの季節変動と花茎から生け水に溶出する電解質との関係

多くの植物において、水分状態の悪化は切り花の日持ちを短縮する (Halevy・Mayak, 1981; van Doorn, 1997). 生け水中の細菌、空気、茎の切断に対する生理的反応などが導管の閉塞を引き起こし、水分状態を悪化させる (Durkin, 1979; Marousky, 1969; van Doorn ら, 1989; van Doorn, 1990; Zagory・Reid, 1986). バラの切り花における細菌の増殖は導管の閉塞を引き起こし、日持ちを短縮する (Ichimura ら, 2003; Put・Jansen, 1989; van Doorn・de Witte, 1994; Zagory・Reid, 1986). また、水分状態が悪化は、ガーベラ切り花の日持ちを短縮する (van Meeteren, 1978).

生け水への細菌の添加は花茎の曲がりを促進し、ガーベラ切り花の日持ちを短縮する (van Doorn・de Witte, 1994). 抗菌剤処理は生け水中での細菌の増殖を抑制し、ガーベラ切り花の日持ちを延長する (表II-3, 図II-5) これらのことは、細菌の増殖がガーベラ切り花の日持ちを短くなることを示唆している.

ガーベラ切り花の日持ちには品種間差があり、品種間差をもたらす原因は細菌に対する感受性であることが示唆されている (van Doorn・de Witte, 1994). 660 nm の濁度は細菌数と相関が高いことが報告されており (佐藤ら, 1983), ガーベラ切り花においても濁度が高い生け水で細菌数が多かった (図II-3). ガーベラ切り花からは電解質と糖類が溶出する (表III-1, 図III-8). 花茎を切り戻した切り花から溶出する電解質と糖類は、生け水の濁度を高める (図III-2, 4). また、花茎を切り戻した切り花から溶出する電解質と糖類の量は品種により異なり、'ピンタ'で少なく、'ピクチャーパーフェクト'で多かった (表III-2, 図III-8).

生産時の環境条件は切り花の日持ちに影響を与える (Halevy・Mayak, 1979). バラの切り花の日持ちは季節によって異なる (In ら, 2009; In・Lim, 2018; Pompadakis ら, 2005). バラ切り花の日持ちは生産時の相対湿度に影響され、相対湿度が高いと短い (In ら, 2007; In・Lim, 2018). 日持ちが短いのは、主に気孔の開閉機能の低下が原因である (Torre・Fjeld, 2001). 同様に、ガーベラ切り花の日持ちは季節により異なり、夏よりも冬の方が短く、冬に栽培されるガーベラ切り花の花茎は曲がりやすいことが報告されている (Peric ら, 2012). しかし、ガーベラ切り花の日持ちの季節間差に影響する要因は不明であ

る.

本研究では、'ピクチャーパーフェクト'と'ピンタ'の2品種を用いて、季節の違いがガーベラ切り花の日持ち、電気伝導率および生け水の濁度に及ぼす影響について検討した. さらに、'ピクチャーパーフェクト'切り花への抗菌剤処理が日持ち、生け水の電気伝導率および濁度に及ぼす影響について検討した.

材料および方法

1. 植物材料

ガーベラは、1月20日、2月15日、3月17日、4月14日、5月17日、6月16日、7月14日、8月16日、9月15日、10月20日、11月24日、12月22日に収穫した切り花を用いた.

2. 日持ちの評価

ガーベラ切り花は、収穫後すぐに40cmの長さに調整し、イソチアゾリノン系抗菌化合物CMIT/MIT (レジェンドMK)を蒸留水に添加して濃度を $0.25\text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ に調整した溶液100 mLに1本ずつ生けた. 1処理区当たり9本の切り花を供試した.

3. 電気伝導率の測定

電気伝導率は、処理開始後48時間目に、電気伝導度計 (CONDUCTIVITY METER DS-12, (株)堀場製作所) で測定した.

4. 濁度の測定

濁度は、第II章に記載した方法で、処理開始後7日目に測定した.

5. 中心空洞の観察

'ピクチャーパーフェクト'および'ピンタ'の花茎を剪定鋏で花頭から40cmの位置で水平に切断した. 残った花茎の切断面をカミソリで切り取り、花茎中央の空洞を顕微鏡で観察した.

6. 統計分析

SigmaPlot ソフトウェア (v.12.5; Systat Software, San Jose, CA, USA) を用いて Student t-test と Tukey-Kramer の多重検定を行った.

結果

1. 日持ちと生け水の電気伝導率および濁度の季節

変化

‘ピクチャーパーフェクト’切り花の日持ちは、季節により大きく異なり、5月、6月、7月が3月、10月、11月、12月に比べて有意に短かった(図IV-1)．‘ピンタ’切り花の日持ちは、4月、5月、7月が3月、10月、11月、12月より有意に短かった．

‘ピクチャーパーフェクト’切り花の5月から7月にかけての生け水の電気伝導率は、‘ピクチャーパーフェクト’の1月から3月、8月、10月、11月および‘ピンタ’の1月から5月、8月から12月よりも有意に高かった(図IV-2)．また、年間を通して、‘ピクチャーパーフェクト’の方が‘ピンタ’よりも高い傾向にあった．

生け水の濁度は、‘ピクチャーパーフェクト’では、5月と6月は4月、10月、11月に比べて有意に高く、季節による差が大きかった(図IV-3)．一方、‘ピンタ’では周年を通じて低く、季節による差は認められなかった．また、5月、6月、7月、9月の生け水の濁度は、‘ピクチャーパーフェクト’が‘ピンタ’に比べ有意に高かった．

2. 抗菌剤処理が‘ピクチャーパーフェクト’の日持ちと生け水の濁りに及ぼす影響

細菌増殖が‘ピクチャーパーフェクト’の日持ちの季節間差に関与しているかを検討するため、抗菌剤処理が日持ちおよび生け水の濁度に及ぼす影響を検討した．

抗菌剤処理は、5月、6月、7月、9月の日持ちを有意に延長した(図IV-4)．抗菌剤処理は、4月を除くすべての月で生け水の濁度を有意に減少した(図IV-5)．

3. ‘ピクチャーパーフェクト’と‘ピンタ’における花茎の空洞の特徴

両品種とも、花茎中心の空洞の大きさには個体差があった(図IV-6)．‘ピクチャーパーフェクト’の花茎中央の空洞は円形であったが、‘ピンタ’の花茎中央の空洞は小さく、不定形であった．

考 察

切り花から生け水に溶出した電解質と糖類は細菌の増殖を促進し(表III-1)、ガーベラ切り花の日持ちを短くした(表III-2)．本章では、‘ピクチャーパーフェクト’と‘ピンタ’を用いて、生け水の電気伝導率と濁度の季節変化と日持ちとの関係を検討した．さらに、抗菌剤処理がガーベラ‘ピクチャーパーフェクト’の日持ち、電気伝導率、生け水の濁度の季節変化に及ぼす影響を検討した．

‘ピクチャーパーフェクト’切り花の日持ちは、5月、

6月、7月が他の月に比べて有意に短く、季節によって異なっていた(図IV-1)．生け水の電気伝導率と濁度は、ガーベラ切り花の日持ちに影響する(表III-2)．そこで、生け水の電気伝導率と濁度の季節変化が、日持ちに及ぼす影響を検討した．‘ピクチャーパーフェクト’の生け水の電気伝導率は、5月、6月、7月が他の月に比べ高かった(図IV-2)．電気伝導率と切り花から生け水に溶出される糖類との間には高い相関がある(図III-3)．このため、これらの月には生け水に多くの糖類が溶出しているものと考えられる．細菌の増殖には電解質と糖類が必要である．このため、これらの月では、生け水の濁度が高かったと考えられる(図IV-3)．

6月に収穫した切り花の生け水の濁度は‘ピクチャーパーフェクト’の方が‘ピンタ’より高かった(図II-2)．生け水の濁度は年間を通して‘ピクチャーパーフェクト’が‘ピンタ’に比べ高かった(図IV-3)．生け水の濁度と細菌数には高い相関がある(佐藤ら, 1983)．また、電気伝導率と切り花から生け水に溶出された糖類の量との間にも相関関係がある(図III-3)．したがって、‘ピクチャーパーフェクト’切り花の日持ちの季節間差は、切り花から生け水に溶出する電解質と糖類が及ぼす細菌の増殖の違いに起因すると考えられた．収穫時に切り花に付着した細菌は、ガーベラ切り花の日持ちに影響するものと考えられる．しかし、ガーベラ切り花に付着する細菌数の季節変動に関する報告は知る限りない．このため、切り花に付着した細菌数とガーベラ切り花の日持ちに影響を及ぼす生け水中の細菌数の季節変動との関連について、今後研究していく必要があると考えられる．

‘ピクチャーパーフェクト’の生け水の電気伝導率は、5月から7月にかけて、他の月に比べて有意に高かった(図IV-2)．ガーベラの花茎には中心に空洞がある(図III-1)．切り戻したガーベラの生け水の電気伝導率は、水平に切り戻した場合よりも斜めに切り戻した場合の方が高かった(表III-1)．さらに、ガーベラの花茎を切断した生け水の電気伝導率は、花茎中央の空洞が出現するまで切り戻した方が、空洞がない部分で切り戻した場合よりも高かった(表III-1)．これらの結果は、切り口だけでなく花茎中央の空洞の表面からも電解質が生け水に溶出されることを示唆している．このことは、‘ピクチャーパーフェクト’の方が‘ピンタ’よりも花茎中央の空洞が大きいことから説明ができる(図IV-6)．このため、花茎中央の空洞は、電解質の溶出に重要であるため、電解質の溶出量が多い5月から6月にかけて大きくなるもの

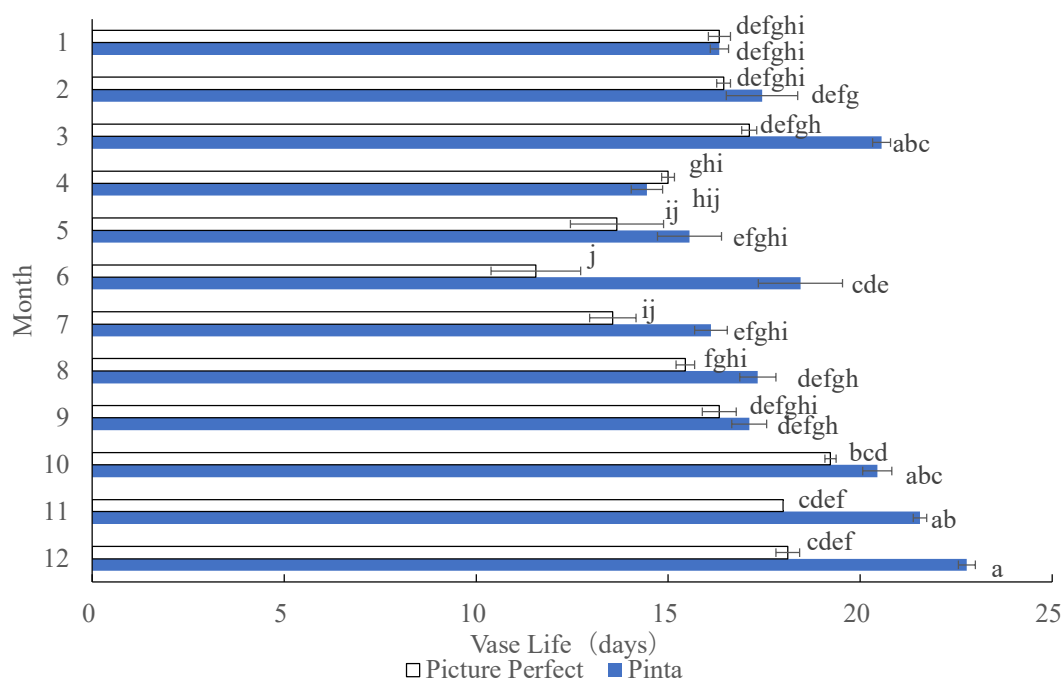
と考えられる。

生け水中の細菌増殖は、ガーベラ切り花の日持ちを短縮する（表Ⅱ-2）。抗菌剤処理は、生け水の濁度を低下させ、ガーベラ切り花の日持ちを延長する（表Ⅱ-3、図Ⅱ-5）。本実験では、抗菌剤処理した切り花の生け水の濁度は、4月を除き対照区に比べ有意に低く（図Ⅳ-5）、これは以前の実験結果と一致していた（図Ⅱ-5）。抗菌剤処理により、7品種中5品種の日持ちが有意に延長した（表Ⅱ-1）。「ピクチャーパーフェクト」の日持ちは、抗菌剤処理により対照区に比べ、5月、6月、7月、9月に延長したが、他の月には延長しなかった（図Ⅳ-4）。抗菌剤処理により日持ちを延ばせなかった月は、細菌の増殖が少なかったためと考えられる。

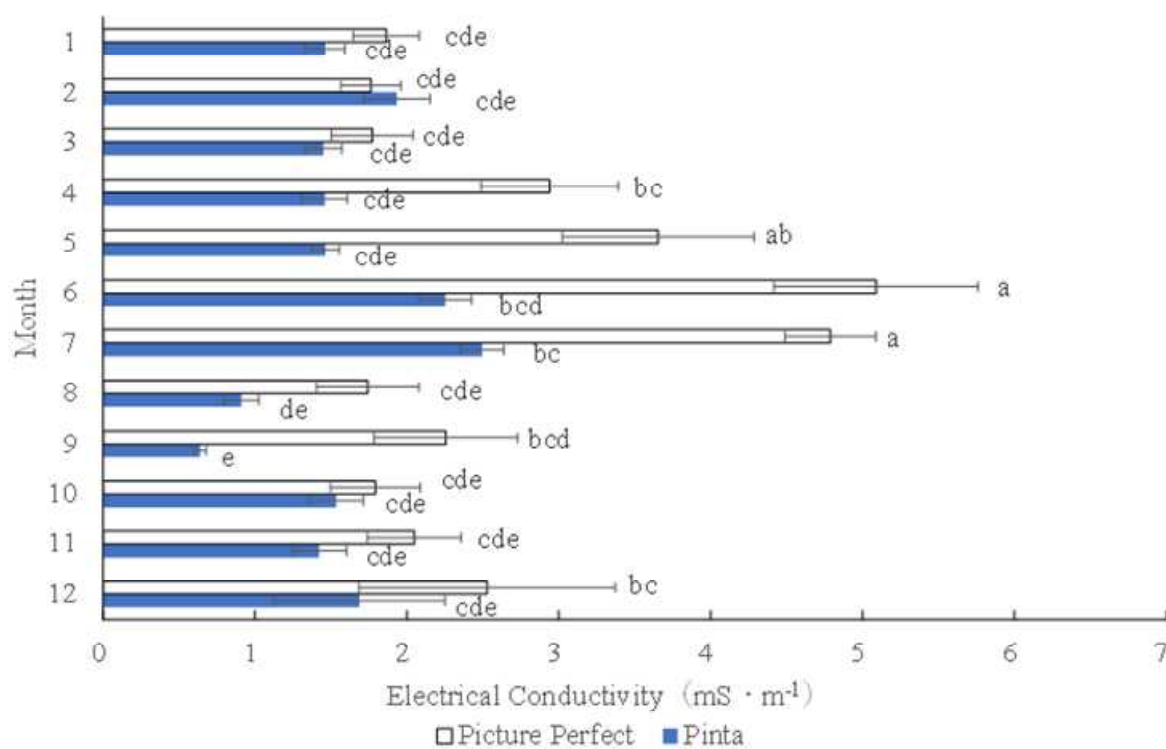
「ピンタ」切り花の日持ちは、4月、5月、7月が3月、10月、11月、12月に比べ有意に短く、季節により異なった（図Ⅳ-1）。しかし、この品種の生け水の電気伝導率は年間を通じて比較的低く（図Ⅳ-2）、日持ちの季節変化は電気伝導率に起因するものではないことが示唆された。したがって、「ピンタ」切り花の日持ちの季節変化は、「ピクチャーパーフェクト」切り花のそれとは異なるものと考えられる。オランダでは、「タマラ」切り花の日持ちは冬よりも夏が長いと報告されている（Peric ら,2012）。しかし、「タマラ」切り花の日持ちに季節変化が生じる要因は研究されていない。本研究とは異なる結果が得られた原因は、品種の特性の違いによるものである可能性がある。また、オランダの夏はそれほど暑くなく、冬は一般的に曇りがちであるのに対し、磐田市の夏は非常に暑く、冬は寒く晴天が多い、この生産時の気象条件の違いが影響している可能性もあるものと考えられる。

本研究の結果は単年度で得られたものであるが、「ピクチャーパーフェクト」の生け水の電気伝導率は、別の年に行った実験においても6月、7月に高かった（表Ⅱ-1、表Ⅲ-2,3）。さらに、この品種の生け水の電気伝導率は、2011年1月から3月にかけて低いことが確認されている（未発表）。したがって、結果の再現性は確認されていると考える。

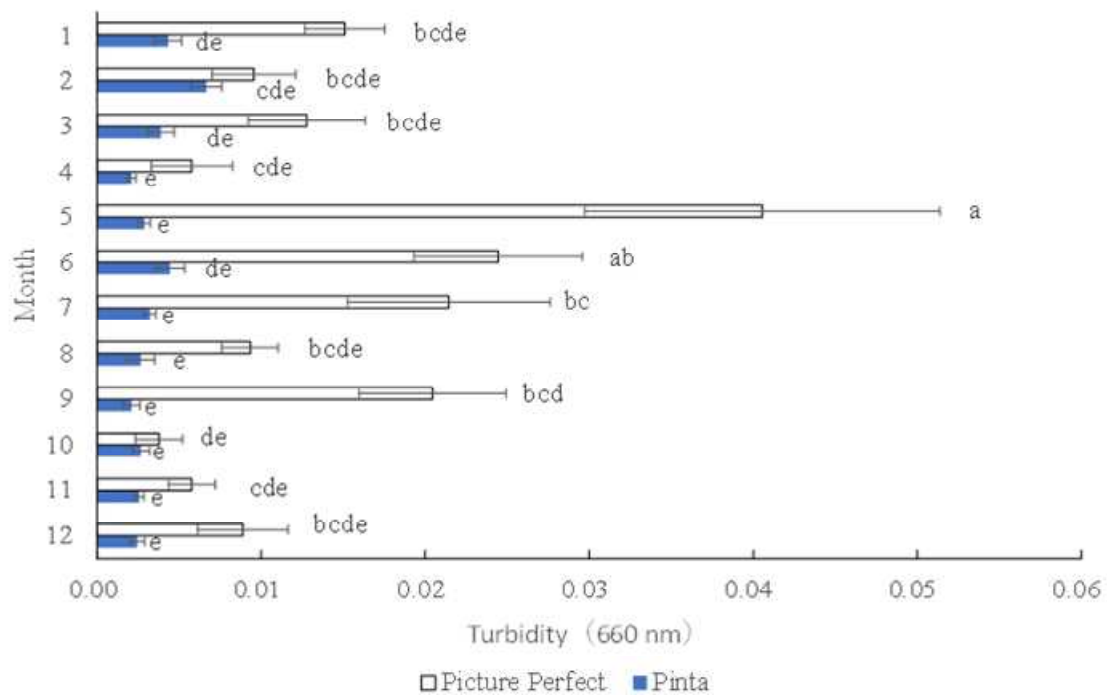
結論として、「ピクチャーパーフェクト」では、日持ち、生け水の電気伝導率と濁度に季節間差があった。しかし、「ピンタ」では季節変化はわずかであった。抗菌剤処理により、「ピクチャーパーフェクト」では5月から7月にかけて、生け水の濁度の上昇を抑制した。したがって、「ピクチャーパーフェクト」切り花の日持ちの変化は、切り花から溶出される電解質を含む溶出物の量に起因すると考えられる。



図IV-1 異なる月に収穫されたガーベラ ‘ピクチャーパーフェクト’ と ‘ピンタ’ の日持ち
 数値は9反復の平均±SE.
 異符号間には Tukey-Kramer 法において 5%水準で有意差ありを示す.



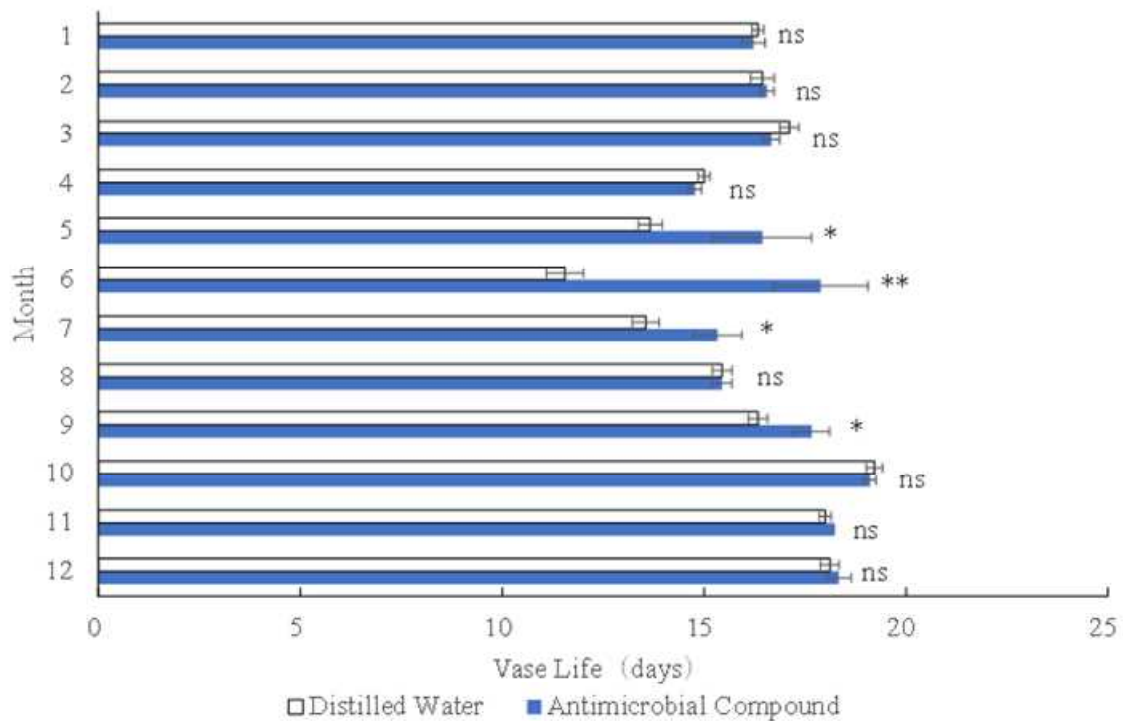
図IV-2 異なる月に収穫したガーベラ ‘ピクチャーパーフェクト’ と ‘ピンタ’ の生け水の電気伝導率
 数値は9反復の平均値±SE.
 異符号間には Tukey-Kramer 法により 5%水準で有意差ありを示す.



図IV-3 異なる月に収穫したガーベラ ‘ピクチャーパーフェクト’ と ‘ピンタ’ の生け水の濁度
処理開始後 7 日目に測定。

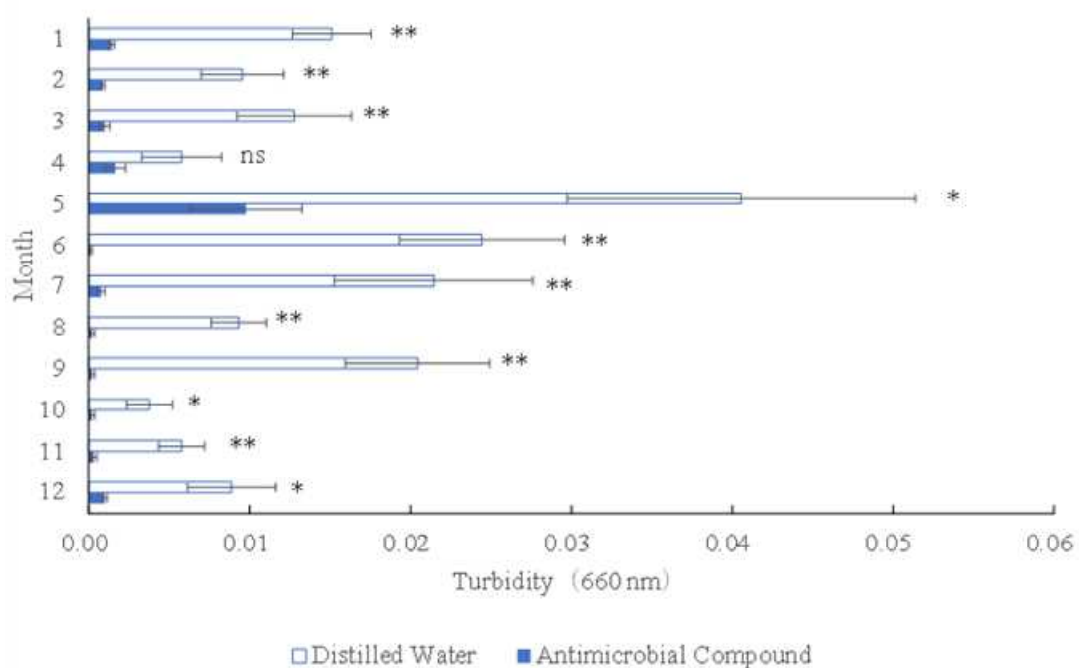
数値は 9 反復の平均値±SE.

異符号間とは Tukey-Kramer 法により 5%水準で有意差ありを示す。



図IV-4 抗菌剤処理が異なる月に収穫したガーベラ ‘ピクチャーパーフェクト’ の日持ちに及ぼす影響
数値は 9 反復の平均値±SE.

*, **, ns はそれぞれ t 検定で 5%水準, 1%水準で有意差あり, 有意差なしを示す。



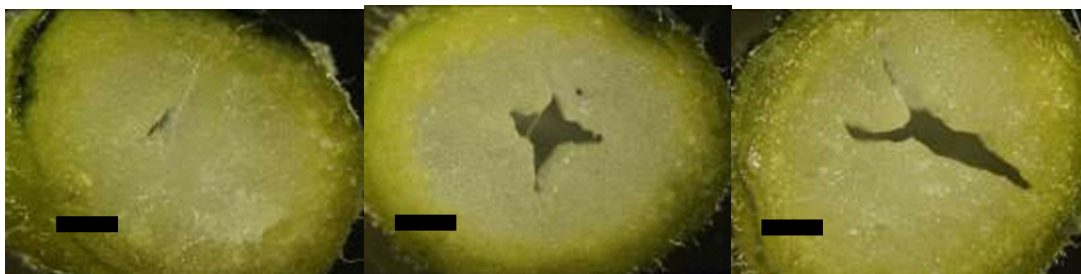
図IV-5 抗菌剤処理が異なる月に収穫したガーベラ‘ピクチャーパーフェクト’の生け水の濁度に及ぼす影響
数値は9反復の平均値±SE.

*, **, ns はそれぞれ t 検定で5%水準, 1%水準で有意差あり, 有意差なしを示す.

‘ピクチャーパーフェクト’



‘ピンタ’



図IV-6 6月収穫のガーベラ‘ピンタ’と‘ピクチャーパーフェクト’の花茎中央の空洞
各品種3本,
花首から40 cmの位置で観察.
上; ‘ピクチャーパーフェクト’,
下; ‘ピンタ’.
スケールバーは1 mm.

第5章 細菌増殖を抑制した条件下でのガーベラ切り花の花茎の曲がりと花茎の強度との関係

ガーベラ切り花を生けた水への細菌の添加は、ガーベラ切り花の花茎の曲がりを促進する (van Doorn・de Witte, 1994). その一方、硝酸銀やイソチアゾリン系抗菌剤を処理することにより花茎の曲がりは抑制される (van Meeteren, 1978). このように、ガーベラ切り花では、生け水中の細菌の増殖により花茎の曲がりが発生することがあるが、抗菌剤処理により細菌の増殖を抑制することで、花茎の曲がりの発生を抑制し、日持ちが延長する。しかし、ガーベラ切り花は、抗菌剤処理により細菌の増殖を抑制した条件下でも、花茎の曲がりが発生することがある (表II-1)。

ガーベラ切り花をスリーブで覆うと蒸散が抑制され、日持ちが延長する (Perik ら, 2012)。ガーベラは葉を付けずに収穫されるが、気孔は舌状花卉と花茎に分布している (Huang ら, 2018)。このことは、これらの組織からの蒸散が日持ちに影響している可能性を示唆している。

ガーベラ切り花において、塩化カルシウムの散布、浸漬および注入処理は花茎の曲がりの発生を抑制し、日持ちを延長させる (Gerasopoulos and Chebli, 1999)。また、塩化カルシウムの前処理および後処理はガーベラ切り花の日持ち延長に有効であることが明らかにされている (Geshnizjany ら, 2014 ; Perik ら, 2014)。カルシウムはペクチンを架橋し、細胞壁の強度を増強する (Thor, 2019 ; Wyn Jones・Lunt, 1967)。また、カルシウムには、気孔開口の抑制作用があり (Ruiz ら, 1993)、キクでは蒸散が抑制される (van Meeteren ら, 1999)。従って、塩化カルシウム処理を行うことは、抗菌剤を処理した条件において花茎が曲がる原因を解析することに有効であると考えられる。

そこで、本研究では抗菌剤処理により細菌の増殖を抑制した条件下で、ガーベラ切り花の花茎の曲がりに品種間差があるか検討した。また、花茎が曲がりやすい品種と曲がりにくい品種を用いて、塩化カルシウム処理が花茎の曲がり、蒸散および花茎の最大破断荷重に及ぼす影響を検討した。

材料および方法

1. 植物材料

2016年10月27日、管状花の外側1列が開花した状態で収穫した31品種のガーベラ切り花を静岡県浜松市の生産者から入手した。収穫後の切り花には水を与えず、12℃に設定した冷蔵庫で数時間保管した。その後、ガーベラ切り花は、1時間をかけ静岡県農林技術研究所に乾式輸送し、到着後すぐに40cmの長さに調整し、実験に供試した。

2. 日持ちの評価

ガーベラ切り花は、対照区として蒸留水 (DW)、抗菌剤添加区としてイソチアゾリン系抗菌剤 CMIT/MIT (Kathon CG, ローム・アンド・ハース・ジャパン) を蒸留水に添加して濃度を $0.25 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ に調整した溶液、各100mLを入れた試験管に1本ずつ生けた。8品種を用いた実験では、1処理区当たり9本を供試した (表V-1)。31品種を用いた実験では、1処理区当たり5本を供試した (表V-2)。花茎径は、花茎が曲がりやすい花頭から10cmの位置 (図I-7) で測定した。花茎の伸長量は、花茎の伸長が止まった処理開始後8日目に測定した。

3. 塩化カルシウム処理

ガーベラ ‘ケンタッキー’ および ‘キムシー’ は、上記のように浜松市で収穫した切り花を当研究所に輸送した。ガーベラ切り花は $0.25 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ イソチアゾリン系抗菌剤 CMIT/MIT に、塩化カルシウム濃度をそれぞれ 0 (0), 2 (180), 4 (360), 6 (540) $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ (mM) とした溶液、各100mLを入れた試験管に1本ずつ生けた。1処理区当たり10本を供試した。切り花重と溶液重は、処理開始時とその後2日ごとに8日目まで測定し、相対新鮮重、吸水量、蒸散量を算出した。

4. 花茎伸長量、花茎径、最大破断荷重の測定

花茎の部位別の伸長を測定するため、処理開始時に花頭から30cmまで5cmごとにフェルトペンで印をつけた。花茎の長さは、処理開始後6日目と12日目に測定した。花茎径と最大破断荷重は、処理開始時と処理開始後6日目と12日目に、処理開始時に印をつけた花頭から各5cmの部分ごとの中心で測定した。

花茎の最大破断荷重は、破断強度解析ソフトウェア (破断強度解析, Windows v.2, 山電) を搭載したレオナーRE3305 (山電, 東京, 日本) を用いて測定した。測定

条件は、ネギを用いた藤井ら(2008)の方法を参考に、プランジャー(No.21)にカッターナイフをつけ、速度は $10\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ 、歪率は85%とした。

結 果

1. 品種の違いが観賞価値を失う症状および日持ち

ちに及ぼす影響

8品種のガーベラの切り花を蒸留水および抗菌剤溶液に生け、日持ちと観賞価値を失う症状を調査した。抗菌剤処理により、8品種中5品種のガーベラ切り花の日持ちが有意に延長した(表V-1)。観賞価値を失う症状は品種ごとに異なっていた。‘キムシー’、‘ピンタ’および‘ティム’では、蒸留水区は花茎の曲がりの発生率が高かったが、抗菌剤処理区は花茎の曲がりは発生しなかった。しかし、‘バナナ’、‘ブラバ’、‘ピクチャーパーフェクト’および‘ビビット’では、抗菌剤処理区においても花茎の曲がりが発生した。

次に、抗菌剤処理条件下で31品種の切り花を用いて、日持ちと花茎の曲がりの発生について検討した。日持ちは、‘ケンタッキー’が最も短く(11.4日)、『ピンタ』が最も長かった(23.8日)。「キムシー」を含む9品種は、供試した5本すべての切り花が花弁の萎れにより観賞価値を失った。‘ケンタッキー’を含む4品種は、供試した5本すべての切り花が花茎の曲がりにより観賞価値を失った(表V-2)。日持ちが12.6日と4番目に短かった‘マタニティ’は、供試した5本すべての切り花が花茎の曲がりにより観賞価値を失ったが、花茎径は5.42mmと比較的大きく、花茎の伸長は18mmと小さかった。最も日持ちが長かった‘ピンタ’は、供試した5本すべての切り花が花弁の萎れによって観賞価値を失ったが、花茎径は比較的大きかった(5.38mm)。「ブロードウェイ」は、花茎の伸長が74mmと比較的大きかったが、花茎の曲がりによって観賞価値を失った切り花は1本のみで、日持ちは17.8日であった。花茎の曲がりの発生率と花茎径および花茎の伸長量との決定係数を計算したところ、花茎の曲がりと花茎径の決定係数は0.172、花茎の曲がりと花茎の伸びの決定係数は0.015と低かった(図V-1)。

2. 塩化カルシウム濃度が‘ケンタッキー’と‘キムシー’切り花の日持ちに及ぼす影響

対照区の吸水は、‘ケンタッキー’では6日目に減少した以外はほぼ一定であった(図V-2A)。また、‘キムシー’では、処理期間中はほぼ一定であった。塩化カルシウム処理は、両品種とも吸水を抑制した。蒸散量は、両品種と

も4日目に増加した(図V-2B)。塩化カルシウム処理は、両品種とも濃度が高くなるに従い蒸散を抑制した。相対新鮮重は両品種とも最初の2~4日間に増加し、その後減少した。塩化カルシウム処理は両品種ともいずれの濃度でも相対新鮮重の減少を抑制したが、濃度間に有意な差は認められなかった(図V-2C)。花茎の伸長は両品種とも塩化カルシウム処理によって減少した(表V-3)。日持ちは、‘ケンタッキー’切り花では、塩化カルシウム処理によって、対照区に比べて有意に延長した。対照区では、供試した10本すべての切り花が、花茎の曲がりにより観賞価値を失ったが、塩化カルシウム処理は、花茎の曲がりの発生を抑制した(表V-3、図V-3)。「キムシー」では、塩化カルシウム濃度が $2\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ で処理することで日持ちが有意に延長したが、 $6\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 処理では短くなった。「キムシー」では、塩化カルシウム処理の有無に関係なく、花茎の曲がりの発生はなかった。

3. 塩化カルシウム処理が‘ケンタッキー’と‘キムシー’切り花の花茎径、伸長および最大破断荷重に

及ぼす影響

花茎の伸長量は、両品種とも花頭から5cmまでの部分が他の部分よりも大きく、花頭から15cmより下の部分では伸長しなかった。花頭から5cmまでの部分の伸長量は、‘ケンタッキー’の方が‘キムシー’よりも大きかった(図V-4A)。

処理開始時の花頭から7.5cm下の花茎径は、‘キムシー’で4.4mm、‘ケンタッキー’で3.4mmであった。両品種とも、花茎径は花茎上部に向かって小さくなった(図V-4B)。対照区の花頭から5~10cmの中央部における花茎径は、‘ケンタッキー’では6日目に3.4mmであったが、12日目には2.6mmであった。「キムシー」では6日目に5.3mmまで増加し、12日目には3.9mmまで減少した。また、12日目の花茎径は‘ケンタッキー’よりも‘キムシー’で有意に大きく、塩化カルシウム処理は両品種とも花茎径を有意に増加させた(図V-5A)。

処理開始時の花頭から7.5cm下の花茎の最大破断荷重は、‘キムシー’では14.8Nであったのに対し、‘ケンタッキー’では18.5Nであった(図V-4C)。また、これらの品種の最大破断荷重は、花茎上部に向かって小さくなった。「ケンタッキー」は、花頭から7.5cm下の花茎の最大破断荷重は6日目に15.1N、12日目に8.5Nであった(図V-5B)。一方、「キムシー」は、最大破断荷重は6日目に27.3Nまで増加し、12日目には17.7Nまで減少した。また、12日目の最大破断荷重は‘キムシー’の方

が‘ケンタッキー’よりも有意に高かった。両品種とも最大破断荷重は塩化カルシウム処理区で対照区より有意に高かった。

考 察

ガーベラ切り花の日持ちは、細菌の増殖が抑制された条件下でも花茎の曲がりによって観賞価値を失う切り花があった(表II-1)。本研究では、ガーベラ8品種を用いてこの現象を確認した。さらに、ガーベラ31品種を試し、抗菌剤処理により細菌増殖を抑制した条件下において、花茎の曲がりの発生の品種間差について検討した。また、塩化カルシウム処理が‘ケンタッキー’と‘キムシー’の花茎径と最大破断荷重に及ぼす影響を検討した。

ガーベラの切り花の日持ちには品種間で大きな差がある(Wernett ら, 1996)。ガーベラ切り花では品種間差をもたらす原因は細菌に対する感受性であることが示唆されている(van Doorn・de Witte, 1994)。これらの研究では、生け水に抗菌剤は使用されていない。本研究では、抗菌剤であるCMIT/MITで処理した条件下で、品種間で花茎の曲がりの発生に差が見られた(表V-2)。de Witte ら(2014)は、ジクロロイソシアヌル酸、クエン酸8-ヒドロキシキノリンおよび硝酸銀を含む抗菌剤で処理しても、ガーベラ‘タマラ’切り花の日持ちは延長しなかったと報告している。抗菌剤処理によって生け水中の細菌数を減少することは確認している(図II-5)。したがって、本研究では、細菌の増殖を抑制した条件下においても花茎の曲がりが発生する品種をあることが確認した。

ガーベラの切り花の花茎の曲がりは、花首から約10 cm下の位置で起こる(図I-7)。「マタニティ」や「ウィズアウトユー」のように花茎の曲がりが発生する品種では、花茎径は小さくなかった(表V-2)。また、花茎径と花茎の曲がりの発生率の相関は低かった(図V-1)。したがって、収穫時の花茎径は、花茎の曲がりの発生を引き起こす主要な要因ではないと考えられた。

対照区の最大破断荷重は、処理期間中に減少し、12日目には‘ケンタッキー’は‘キムシー’よりも有意に小さかった(図V-5B)。また、塩化カルシウム処理によって‘ケンタッキー’の最大破断荷重は増加したが、これは花茎の曲がりの発生の抑制と関連していた(図V-3, 5B)。これらの結果から、最大破断荷重の低下が花茎の曲がりに関連していることが示唆された。

対照区の花茎径は、12日目に‘ケンタッキー’が‘キムシー’に比べ有意に小さかった(図V-5A)。花茎径と

最大破断荷重の動きは関連していた(図V-5A,B)。したがって、花茎径の減少は最大破断荷重を低下させ、その結果、花茎が曲がるものと考えられた。Perik ら(2014)は、ガーベラ‘タマラ’切り花において、花茎の曲がり厚壁組織の形成程度および花茎のリグニン含量と関連することを報告した。したがって、厚壁組織の形成とリグニン含量は、ガーベラの花茎の最大破断荷重と関連している可能性があると考えられる。

花茎径は、両品種とも時間の経過に伴い徐々に減少した(図V-5A)。切り花の相対新鮮重は、いったん増加し、その後減少した(図V-2C)。これらの品種における切り花の相対新鮮重は、吸水量と蒸散量のバランスによって反映されることから(He ら, 2006; Mayak ら, 1974; van Meetren, 1978), 処理期間中の後期には蒸散量が吸水量よりも多くなることが示唆された。また、塩化カルシウム処理により蒸散量が抑制され、花茎径が維持された。このことから、花茎径の減少は、水分バランスの減少によって引き起こされる可能性があると考えられた。

塩化カルシウムで処理すると、ガーベラ切り花の日持ちが延長することが報告されている(Gerasopoulos・Chebli, 1999; Geshnizjany ら, 2014; Perik ら, 2014)。しかし、ガーベラ切り花の日持ちの延長に対する塩化カルシウムの作用機序はまだ研究されていない。本研究では、塩化カルシウム処理により花茎の曲がりの発生が抑制され、‘ケンタッキー’切り花の日持ちが延長した(表V-3, 図V-3)。この品種では、塩化カルシウム処理によって蒸散が抑制され、花茎径および最大破断荷重の減少が抑制された(図V-2B, 5)。したがって、花茎の曲がりの発生には、花茎径の減少と最大破断荷重の低下が重要であると考えられる。塩化カルシウムは葉からの蒸散を抑制することが報告されている(van Meeteren ら, 1999)。また、カルシウムは細胞壁の強度を高めることが知られている(Wyn Jones・Lunt, 1967)。したがって、塩化カルシウム処理による花茎の曲がりの発生抑制は、蒸散の抑制と最大破断荷重の増加によるものと考えられる。花茎の曲がりが発生しやすい‘ケンタッキー’と発生しにくい‘キムシー’の花茎の曲がりの発生率の差は、処理期間中の花茎径と最大破断荷重の変化による花茎強度の差に起因すると考えられる。

花茎の伸長は、‘ケンタッキー’と‘キムシー’では花茎の上部の部分においてみられた(図V-4A)。同様の結果がPeric ら(2014)によって報告されている。チューリップの切り花では、生け花中に茎が急速に伸長し、茎が

折れて観賞価値が失われることが多い(渡邉ら, 2016). しかし, Perik ら(2014)は, ガーベラ‘タマラ’切り花について, 花茎の伸長と曲がりの発生との間に関係は認められなかったと報告している. 本実験では, 試験したすべての品種において, ガーベラ切り花の日持ちに花茎の伸長が観察された(表V-2). しかし, ‘ブロードウェイ’や‘レンブラント’のような花茎の伸長が顕著な品種においては, 抗菌剤を添加した条件下で花茎の曲がりの発生率は高くなかった(表V-2). また, 花茎の伸長量と花茎の曲がりの発生率との相関は低かった(図V-1B). これらの結果は, 花茎の曲がりが花茎の伸長に起因するものではないことを示唆している.

本研究では, ‘ケンタッキー’の花茎の曲がりの発生には, 花茎径の減少と花茎強度の低下が関与している可能性があるものと考えられた. 本研究において‘ケンタッキー’以外の14品種も抗菌剤処理条件下において花茎の曲がりが発生した(表V-2). このため, ‘ケンタッキー’以外の品種の花茎径と最大破断荷重を測定し, これらの要因が花茎の曲がり発生に共通に関与しているかどうかを明らかにする必要がある.

表 V-1 CMIT/MIT 処理がガーベラ切り花の日持ちと鑑賞価値を失った症状に及ぼす影響

Cultivar	Treatment	Vase life ^a (days)	Symptoms of loss of ornamental values (%)			
			Wilting	Abscission	Neck breaking	Stem bending
Banana	DW	13.9	56	44	0	0
	CMIT/MIT	14.6 NS	11	33	44	11
Brava	DW	15.7	0	11	78	11
	CMIT/MIT	16.9 NS	0	0	89	11
Kimsey	DW	12.4	56	0	11	33
	CMIT/MIT	16.1 *	100	0	0	0
Minou	DW	12.0	11	33	22	33
	CMIT/MIT	13.7 NS	0	44	44	11
Picture Perfect	DW	13.7	56	11	33	0
	CMIT/MIT	15.3*	0	22	67	11
Pinta	DW	18.1	89	0	0	11
	CMIT/MIT	19.3 **	100	0	0	0
Tim	DW	12.8	56	0	0	44
	CMIT/MIT	14.8 *	78	0	22	0
Vivid	DW	10.2	100	0	0	0
	CMIT/MIT	12.0 *	11	78	0	11
2-way ANOVA ^b		Cultivar		**		
		Treatment		**		
		Cultivar ×Treatment		NS		

^a t 検定により NS は有意差なし, *は 5%水準で, **は 1%水準で有意差あり.

^b NS は有意差なし, **は 1%水準で有意差あり.

表 V-2 ガーベラの品種の違いが切り花の日持ち, 鑑賞価値を失った症状, 花茎の直径, 花茎の伸長に及ぼす影響

Cultivar	Vase life (days)	Symptom of loss of ornamental value (%)				Diameter of stem ^a (mm)	Elongation of stem ^b (mm)
		Wilting	Abscission	Neck breaking	Stem Bending		
Kentucky	11.4	0	0	0	100	4.74	42
Malvina	11.6	0	0	0	100	4.86	55
Vivid	12.2	100	0	0	0	4.90	19
Maternity	12.6	0	0	0	100	5.42	18
Petit Fromage	13.8	0	0	0	100	4.43	35
Without You	14.6	0	20	20	60	5.82	22
Domain	15.0	100	0	0	0	6.16	37
Petit Golden Tamarin	15.4	60	40	0	0	5.10	17
Petit Orache Hawk	15.6	0	20	80	0	4.78	47
Sherry	15.6	20	40	0	40	5.03	17
Petit Corundum	15.6	0	0	100	0	5.10	14
Sunday	16.0	100	0	0	0	5.39	39
Petit Mahina	16.0	80	0	20	0	5.61	40
Banana	16.4	100	0	0	0	5.25	38
Petit Mile	16.6	60	20	0	20	5.31	27
Suri	17.4	100	0	0	0	5.61	33
Coralie	17.4	0	0	80	20	5.41	59
Minou	17.6	80	0	0	20	5.40	48
Malibu	17.6	80	0	0	20	5.37	61
Broadway	17.8	60	0	20	20	5.28	74
Bridal Kimsey	18.2	40	0	40	20	5.46	35
Kimsey	19.0	100	0	0	0	5.30	18
Rembrandt	19.0	80	0	20	0	6.28	56
Petit Fairy	19.2	80	20	0	0	5.28	29
Salene	19.4	80	0	20	0	5.92	35
Funny	19.4	60	0	0	40	5.04	30
Extra	19.8	40	0	0	60	5.60	62
Petit Cavalier	20.2	100	0	0	0	5.38	9
Rola	22.4	60	0	0	40	4.99	50
Brava	22.6	100	0	0	0	5.49	33
Pinta	23.8	100	0	0	0	5.38	40
ANOVA ^c		***				***	***

0.25 mL・L⁻¹ CMIT/MIT 溶液に保持

^a 花茎の直径は花頭から 10cm 下の位置で測定

^b 処理開始後 8 日目までに伸長した花茎の長さ

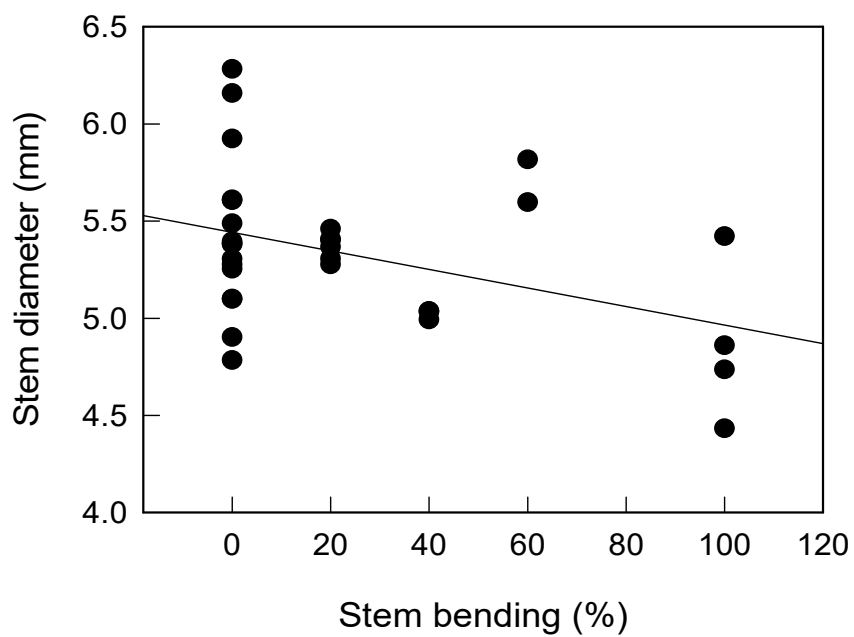
^c *** は 1%水準で有意差あり

表 V-3 塩化カルシウム処理濃度がガーベラ ‘ケンタッキー’ および ‘キムシー’ の吸水量, 蒸散量, 花茎の伸 , 長, 日保ちおよび鑑賞価値を失った症状に及ぼす

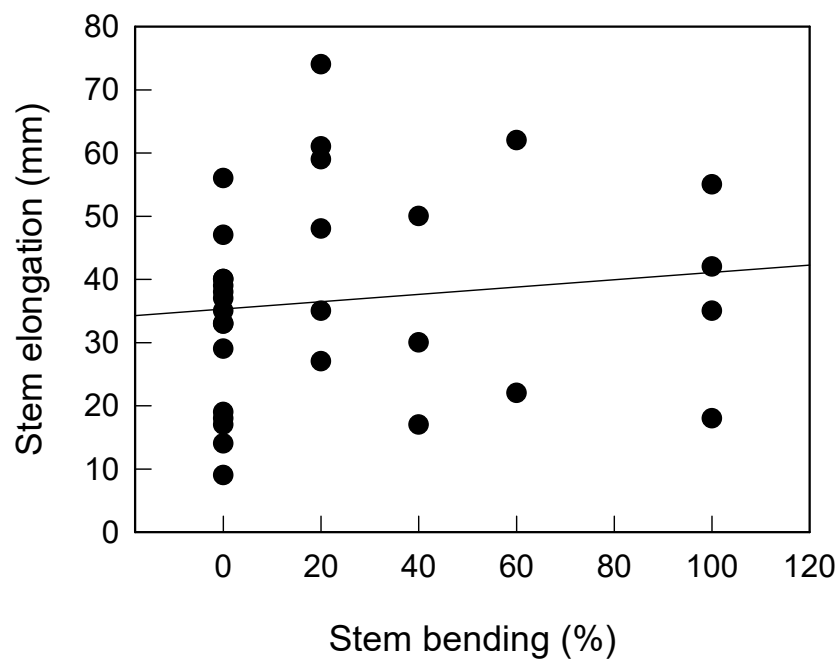
Cultivar	CaCl ₂ Concentration (g·L ⁻¹)	Elongation ^z (mm)		Vase life (days)		Symptom of loss of ornamental value (%)	
						Stem bending	Others
Kentucky	0	19	a	8.5	a	100	0
	2	8	b	16.2	b	10	90
	4	9	b	16.3	b	0	100
	6	2	c	15.6	b	0	100
Kimsey	0	16	a	17.8	b	0	100
	2	9	b	20.9	a	0	100
	4	5	bc	18.2	b	0	100
	6	1	c	15.0	c	0	100

^z 処理開始後 8 日目までに伸長した花茎の長さ

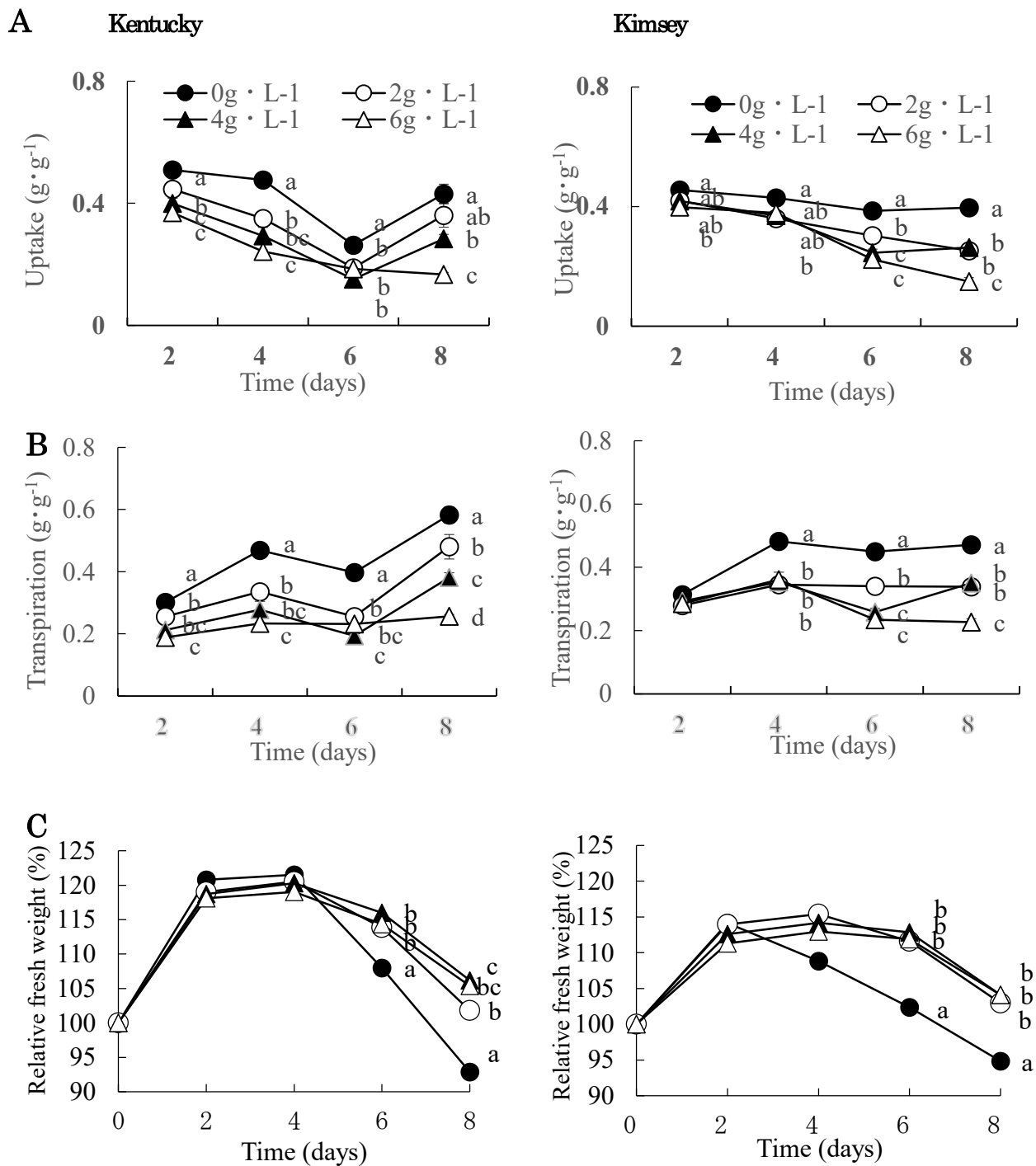
A



B



図V-1 ガーベラ 31 品種の切り花における花茎の曲がりと花茎の直径 (A) または花茎の伸び (B) との相関
花茎の曲がり、直径、伸びのデータは 5 反復の平均値。花茎の曲がりを示した切り花の割合は、観賞価値を失った時点で判断した。花茎の直径は、処理開始時に花首下 10 cm の位置で測定。伸長は処理開始後 8 日目に測定。決定係数 (r^2) は SigmaPlot を用いて計算した。



図V-2 塩化カルシウムの処理濃度がガーベラ ‘ケンタッキー’ と ‘キムシー’ 切り花の吸水量 (A), 蒸散量 (B), 相対新鮮重 (C) に及ぼす影響

各時点における異符号間には Tukey-Kramer 法により 5%水準で有意差ありを示す。

Kentucky



Control

 CaCl_2

Kimsey



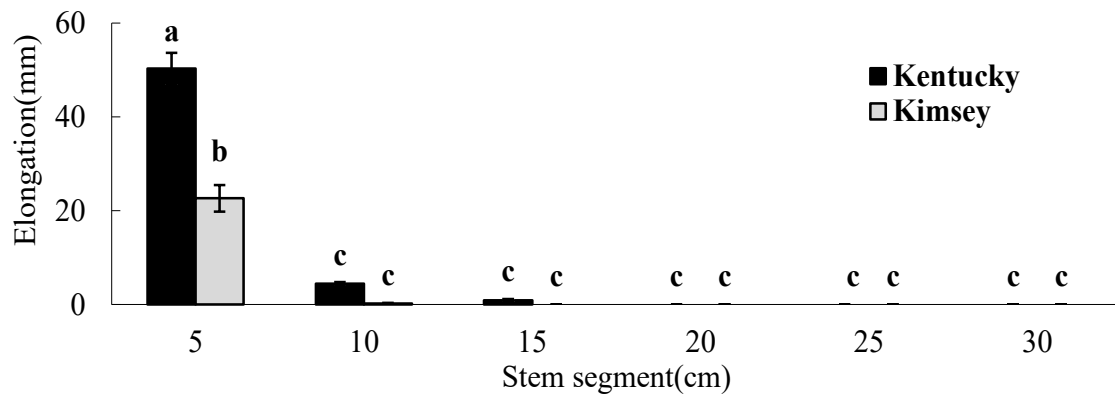
Control

 CaCl_2

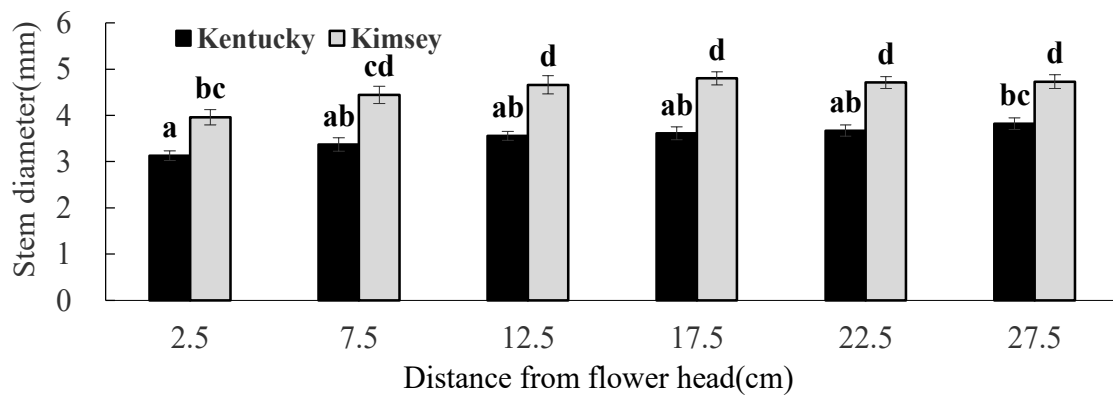
図V-3 $4 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 塩化カルシウム処理がガーベラ'ケンタッキー'および'キムシー'切り花の花茎の曲がりの発生に及ぼす影響

写真は処理開始後10日目。

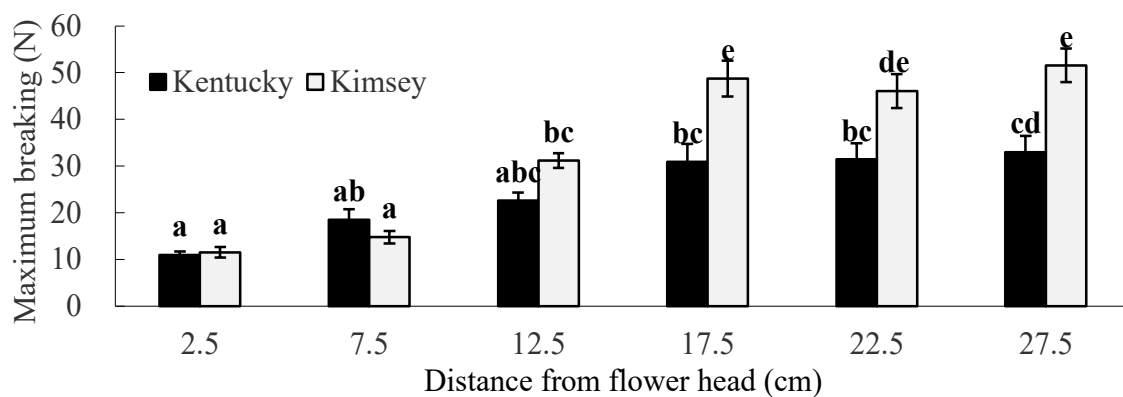
A



B



C

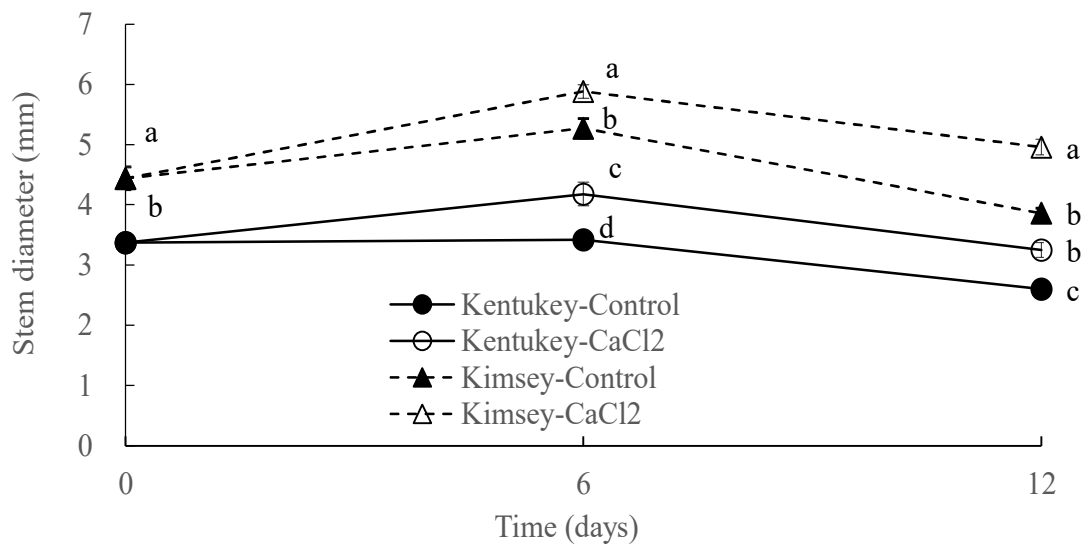


図V-4 ガーベラ‘ケンタッキー’と‘キムシー’切り花における花首からの位置による花茎の伸び (A), 花茎の直径 (B), 最大破断強度 (C)

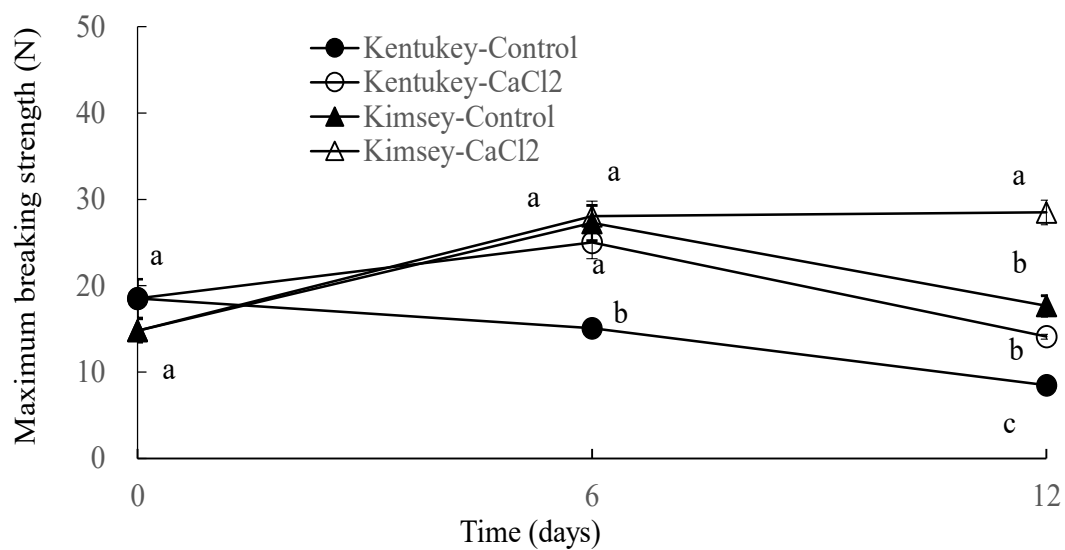
数値は10反復の平均±SE.

各品種で異符号間はTukey-Kramer法により5%水準で有意差ありを示す.

A



B



図V-5 2 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 塩化カルシウム処理がガーベラ ‘ケンタッキー’ と ‘キムシー’ 切り花の花茎直径 (A) と最大破断強度 (B) に及ぼす影響

値は10反復の平均 $\pm$ SE.

各時点で異符号間には Tukey-Kramer 法により 5%水準で有意差ありを示す.

第6章 ジベレリン A₃ と塩化カルシウムの組合せ処理によるガーベラ切り花の日持ち延長

植物ホルモンであるジベレリンには、細胞拡大や種子の発芽・開花促進など、さまざまな機能がある (Hedden・Sponsel, 2015)。ジベレリン処理は、切り花のアルストロメリア (Hicklenton, 1991)、ユリ (Han, 1995) およびスイセン (Ichimura・Goto, 2000) の葉の黄化を遅らせる。ジベレリン処理は、バラ (Goszczyńska ら, 1990 ; Sabchat・Zieslin, 1995) とアサガオ (Raab・Koning, 1987) の花卉の成長を促進し、スターチスの開花を促進する (Steinitz・Cohen, 1982)。ジベレリンによる処理は、切り花のカーネーション (Saks ら, 1992) とバラ (Goszczyńska ら, 1990) の日持ちを延長する。ジベレリンによる短期間処理は開花を遅らせ、アリウム切り花の日持ちを延長させる (坂本・土井, 2007)。Emongor (2004) は、ジベレリンによる連続処理は、花茎を曲げることなく、ガーベラ切り花の日持ちを延長するのに効果的であると報告している。

本研究では、ガーベラ切り花の日持ちを短くする細菌増殖の影響を避けるため、生け水に抗菌剤で処理した条件下で、ジベレリンと塩化カルシウム、およびこれらの組み合わせによる連続処理がガーベラ切り花の花卉の成長、花茎の伸長および日持ちに及ぼす影響について検討した。

材料および方法

1. 植物材料

静岡県農林技術研究所で栽培したガーベラ ‘キムシー’、‘ミノウ’、‘ピンタ’ および ‘サンディー’ を供試した。

1. 処理方法と日持ちの評価

特に断りのない限り、切り花は 40 cm の調整し、試験溶液 100 mL を入れた試験管に 1 本ずつ生けた。溶液は、0.25 mL・L⁻¹ イソチアゾリノン系抗菌化合物 CMIT/MIT (Kathon CG) に、50 mg・L⁻¹ (144 μM) ジベレリン A₃ (東京化成, 東京, 日本) を添加したものとし、および 5 g・L⁻¹ (180 mM) 塩化カルシウムを添加したものとし、4 処理区とした。塩化カルシウムは、第 V 章の連続処理で日持ち延長効果があった濃度とした (表 V-3)。ジベレリン濃度は予備実験の結果に基づいて決定した。1 処理区当たり 9 本を供試した。

花茎長を 10 cm の長さに調整した切り花を、0.25 mL・L⁻¹ CMIT/MIT に、ジベレリン濃度を 0 (0), 10 (29),

50 (144) mg・L⁻¹ (μM) とした溶液 100 mL を入れた試験管に 1 本ずつ生けた。1 処理区当たり 8 本を供試した。

1. 管状花が開花までの所要日数と未開花の管状花部の相対面積

管状花の開花に要した日数は、処理開始からすべての管状花が開花するまでの日数とした。未開花の管状花部の直径は、処理開始時とその後 2 日ごとに測定した。未開花の管状花部の面積は、半径の 2 乗に π を乗じて算出した。未開花の管状花部の相対面積は、処理開始時の未開花の管状花部の面積の比率として算出した。

1. 花茎の相対新鮮重、吸水量、蒸散量、花茎の伸長の測定

切り花重と溶液重は、処理開始時とその後 2 日ごとに測定し、相対新鮮重、吸水量、蒸散量を算出した。

2. 花卉の長さとの測定

花卉の長さとは、処理開始時とその後 2 日ごとに測定した。相対的花弁長と相対的花弁幅は、それぞれ処理開始時の花弁長または花弁幅に対する割合で表した。

結 果

1. ジベレリンおよび塩化カルシウム処理がガーベラ ‘ミノウ’ 切り花の日持ちに及ぼす影響

管状花が開花するまでの所要日数は、塩化カルシウム処理の有無に関係なく、ジベレリン未処理の切り花よりも処理した方が長かった (表 VI-1)。未開花の管状花部の相対面積は、対照区と塩化カルシウム処理区では、初日はほぼ一定で、その後減少した。一方、ジベレリン処理区とジベレリンと塩化カルシウムを組合せ処理した区では、最初の 2 日間に増加し、その後減少した (図 VI-1A, 図 VI-3)。

花茎の長さは、対照区では処理期間中に増加した (図 VI-1B)。花茎の伸長は塩化カルシウム処理によって抑制されたが、ジベレリン処理では促進された。

相対新鮮重は、対照区とジベレリン処理区では、最初の 4 日間増加し、その後減少した。一方、塩化カルシウム区とジベレリンと塩化カルシウムを組合せ処理した区では、最初の 8 日間増加し、その後はほぼ一定であった (図 VI-2A)。吸水量と蒸散量は、処理に関係なく、最初の 4~6 日間に減少し、その後安定した (図 VI-2B,C)。

吸水量と蒸散量は、ジベレリンと塩化カルシウムを組合せ処理した区で少なく、ジベレリン処理区で多かった。

ジベレリン処理は花茎の曲がりの発生を助長し、日持ちを著しく短縮した(表VI-1, 図VI-4)。一方、日持ちは対照区と比べ、塩化カルシウム処理では差は認められなかったが、ジベレリンと塩化カルシウムの組合せ処理では有意に延長した。

1. ジベレリンの処理濃度がガーベラ‘ミノウ’切り花の日持ちに及ぼす影響

ジベレリン処理が日持ち延長に効果があるかを明らかにするため、花茎を短く(10cm)した切り花を用い、ジベレリン濃度がガーベラの日持ちに及ぼす影響について検討した。

ジベレリン処理により、未開花の管状花部の相対面積が増加し、ジベレリン $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 処理は $10\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 処理よりも増加した(図VI-5A)。ジベレリン処理は、濃度に関係なく、花茎の伸長を著しく促進した(図VI-5B)。しかし、花茎の曲がりはジベレリン処理によって発生しなかった(表VI-2)。

切り花の相対新鮮重は、対照区では最初の5日間は増加し、その後減少した。ジベレリン処理は、いずれの濃度でも相対新鮮重の減少を抑制し(図VI-5C)、切り花の日持ちを有意に延長した(表VI-2)。

2. 舌状花卉の成長に対するジベレリンと塩化カルシウムの影響

舌状花卉の長さは、対照区では、最初の4日間は増加し、その後はほぼ一定であった(図VI-6A)。ジベレリン処理は、舌状花卉の長さを有意に促進し、塩化カルシウム処理は抑制した。一方、花卉の幅はこれらの処理によって影響を受けなかった(図VI-6B)。

1. ガーベラ3品種の日持ちに対するジベレリンと塩化カルシウムの影響

未開花の管状花部の相対面積は、‘キムシー’では、時間の経過とともに小さくなった。一方、‘ピンタ’と‘サンディー’では、最初の2日間大きくなった後、小さくなった(図VI-7)。ジベレリンと塩化カルシウム処理は、いずれの品種でも対照区より有意に大きかった。

花茎長は、‘キムシー’と‘サンディー’では、時間の経過とともに徐々に伸長し、ジベレリンと塩化カルシウムを処理した区では対照区との差はほとんどみられなかった(図VI-8)。一方、‘ピンタ’では、対照区の花茎長は著しく伸長したが、ジベレリンと塩化カルシウムを処理した区では花茎の伸長が抑制された。

3品種の切り花の相対新鮮重は、対照区では、初日に増加し、その後減少した(図VI-9)。一方、ジベレリンと塩化カルシウムで処理した区では12日間にわたって増加した。3品種において、ジベレリンと塩化カルシウムの処理は、切り花の吸水量および蒸散量にわずかに影響した(図VI-10, 11)。

日持ちは、‘キムシー’と‘サンディー’では、ジベレリンと塩化カルシウム処理によって対照区に比べ有意に延長した(表VI-3)。

考 察

予備実験では、ジベレリンを処理すると、管状花の開花は遅れるが、花茎の伸長による曲がりが促進され、日持ちが短くなった。塩化カルシウム処理は、花茎の曲がりの発生を抑制し、ガーベラ切り花の日持ちが延長することが報告されている(Geshnizjany ら, 2014; Peric ら, 2014)。また、Milani ら(2020)は、カルシウム肥料の量を増やすとガーベラ切り花の日持ちが延びることを報告している。本研究では、ジベレリンと塩化カルシウムの組合せ処理がガーベラ切り花の花茎の曲がり、管状花の開花、日持ちに及ぼす影響を検討した。細菌の増殖は花茎の曲がりを促進し、ガーベラ切り花の日持ちを短くすることから(表II-2)、抗菌剤であるCMIT/MITを生け水に加えた。

ガーベラ切り花の花茎の曲がりは、花頭から約10cm下の位置で起こる(図I-7)。ジベレリン単独処理ではガーベラ切り花の花茎の伸長が促進され、花茎の曲がりが発生した(図VI-1B, 図VI-4)。一方、花茎長を短くしたガーベラ切り花では、花茎の曲がりは発生しなかった。これらの結果は、花茎の曲がりが花茎の伸長促進によって引き起こされることを示唆している。同様に、ジベレリン処理による花茎の伸長促進は、切り花のチューリップでも報告されている(Okubo・Uemoto, 1985; van Doorn ら, 2011)。しかし、Emongor (2004)は、ジベレリンの連続処理では花茎の曲がりが生じないと報告している。Emongor (2004)の研究は、ジベレリン濃度が本研究よりも低かったため、花茎の曲がりの発生の違いは、ジベレリン濃度や供試した品種の違いが影響した可能性があるものと考えられる。

塩化カルシウム単独処理およびジベレリンと塩化カルシウムの組合せ処理では、花茎の伸長と花茎の曲がりの発生が抑制された(図VI-1B, 4)。塩化カルシウムは気孔開口の抑制作用があり、蒸散を抑制することが知られ

ている (Ruiz ら, 1993; van Meeteren ら, 1999). 本研究では, 塩化カルシウム処理によって吸水量が有意に減少した (図VI-2B). 吸水速度は, 蒸散速度, 温度, 溶液の組成に依存する (van Doorn, 1997). したがって, 吸水の抑制は, 塩化カルシウムによる蒸散の抑制によるものと考えられる. 花茎の伸長に伴う細胞の肥大には吸水が必要である (Chen ら, 1999; Litvin ら, 2016). したがって, 塩化カルシウムによる花茎伸長の抑制は, 吸水の抑制によるものであり, その原因は蒸散の抑制によるものであると考えられる.

塩化カルシウム処理はガーベラ ‘ミノウ’ 切り花の蒸散を抑制し (図VI-2C), 花茎の曲がりの発生を抑制し, 日持ちを延長した (表VI-1). 塩化カルシウム処理は葉からの蒸散を抑制することが報告されている (van Meeteren ら, 1999). カルシウムは細胞壁の強度を高めることも知られている (Wyn Jones & Lunt, 1967). 塩化カルシウム処理による花茎の曲がりの発生抑制は, 蒸散の抑制と最大破断強度の増加に起因する (図V-2B, 3, 5B).

ジベレリン処理により, 舌状花卉の長さは増加したが, 幅は増加しなかった (図VI-6). 同様に, Zhang ら (2012) は, *in vitro* 培養を用いて, ジベレリン処理が舌状花卉の成長を促進することを報告している. 舌状花卉の増加は細胞の膨張に依存することが示されている (Zhang ら, 2012). これらの結果から, ジベレリンによる花卉の成長促進は, 細胞の拡大に依存している可能性が高いことが示唆された.

ジベレリン処理は, 舌状花卉の老化を遅らせた (表VI-2). 一般に, バラ (Ichimura ら, 2006), カーネーション (Fukai ら, 2007), デルフィニウム (Ichimura ら, 2000) などの花では, 可視的に確認できる花卉の老化の開始は, 花卉の成長が終了した後に観察される. 従って, 花卉の老化の遅延は, 細胞膨張の促進によるものと考えられる. この説明は, 抗菌剤を併用した糖類処理によって花卉細胞の膨張が促進され, 切り花のバラ (Norikoshi ら, 2016) やカーネーション (Fukai ら, 2007) の日持ちが延長するという知見からも支持される.

ジベレリン処理がエチレンの生成を抑制し, カーネーション切り花の日持ちを延長したことが報告されてい

る (Saks ら, 1992; Saks & van Staden, 1993). 同様に, ジベレリン処理は, スイセン切り花の日持ちを有意に延長した (Ichimura & Goto, 2000). ガーベラの花はエチレンにやや敏感である (Woltering & van Doorn, 1988). したがって, ジベレリンによる花卉の老化遅延は, エチレンの生成または作用に関与している可能性がある.

ジベレリンは植物の花成に関与することが知られている (Mutasa-Göttgens & Hedden, 2009). ジベレリン処理は, ペチュニア (Weiss & Halevy, 1989) やダイコン (Nishijima, 2003) を含む多くの植物種において, 花の発達を促進する. ガーベラ切り花では, 未開花の管状花部の相対面積の増加が目に見える管状花の数の増加を伴っていた (図VI-1A, 3). このことから, ジベレリン処理が管状花の発達を促進することが示唆された. また, ジベレリン処理により, 管状花の開花は遅延した (図VI-1A). したがって, ガーベラ切り花の品質は, ジベレリン処理によって維持されているものと考えられる.

細菌の増殖がガーベラ切り花の日持ちを短くすることが報告されている (van Doorn & de Wite, 1994). ジベレリンと塩化カルシウムの日持ちへの影響を明らかにするために, 抗菌剤溶液で実験を行った. 本実験では, ジベレリンと塩化カルシウムの連続処理により, 4 品種中 3 品種のガーベラ切り花の日持ちが有意に延長され (表VI-1, 3), 日持ちの延長に効果があることが示された. しかし, この処理は ‘ピンタ’ 切り花の日持ちを有意に延長しなかった. 蒸留水で生けた ‘ピンタ’ の日持ちは 18.1 日で, ガーベラ 8 品種の中で最長であった (表V-1). 従って, ‘ピンタ’ の日持ちはジベレリンと塩化カルシウム処理をしなくても十分に長いと思われる.

ガーベラ切り花にジベレリンを連続処理すると, 花茎が著しく伸長し, 曲がりが発生し, 日持ちが短くなった. しかし, ジベレリン処理は花茎を短くした切り花では, 管状花の開花を遅延させ, 舌状花卉の老化を遅延させた. ジベレリン処理による花茎の伸長は, 塩化カルシウムとの組合せ処理によって抑制された. したがって, ジベレリンと塩化カルシウムの連続処理は, ガーベラ切り花の日持ちを延長するのに有効であると考えられた.

表IV-1 50mg・L⁻¹GA₃ および 5g・L⁻¹CaCl₂ 処理がガーベラ ‘ミノウ’ 切り花の管状花開花までの所要日数, 日持ちおよび観賞価値を失った症状に及ぼす影響

Concentration		Time to complete tubular floret opening	Vase life	Ornamental value loss symptoms			
GA ₃	CaCl ₂			Abscission	Bending	Neck breaking	Wilting
(mg・L ⁻¹)	(g・L ⁻¹)	(days)	(days)	(%)	(%)	(%)	(%)
0	0	7.7 b ^z	15.3 b	0	0	22	78
50	0	10.2 a	10.8 c	0	89	0	11
0	5	8.1 b	17.2 b	44	0	56	0
50	5	10.6 a	22.4 a	56	0	0	44

^z 列内の異なる文字は, Tukey-Kramer 法により 5%水準で有意差あり.

表IV-2 GA₃ 処理濃度がガーベラ ‘ミノウ’ 切り花の管状花開花までの所要日数, 日持ちおよび観賞価値を失った症状に及ぼす影響

GA ₃ concentration	Time to complete tubular floret opening	Vase life	Ornamental value loss symptoms			
			Abscission	Bending	Neck breaking	Wilting
(mg・L ⁻¹)	(days)	(days)	(%)	(%)	(%)	(%)
0	8.3 b ^z	16.1 b	0	0	0	100
10	10.0 a	24.3 a	0	0	0	100
50	9.6 a	25.3 a	0	0	0	100

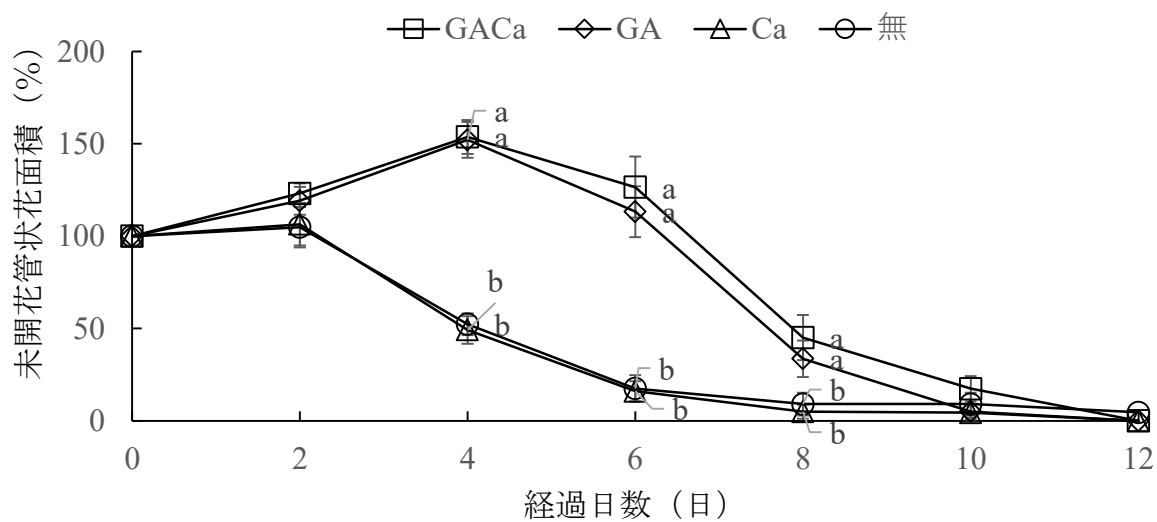
^z 列内の異なる文字は, Tukey-Kramer 法により 5%水準で有意差あり.

表IV-3 50mg・L⁻¹GA₃ および 5g・L⁻¹CaCl₂ 処理がガーベラ ‘キムシー’, ‘ピンタ’ および ‘サンディー’ 切り花の管状花開花までの所要日数, 日持ちおよび観賞価値を失った症状に及ぼす影響

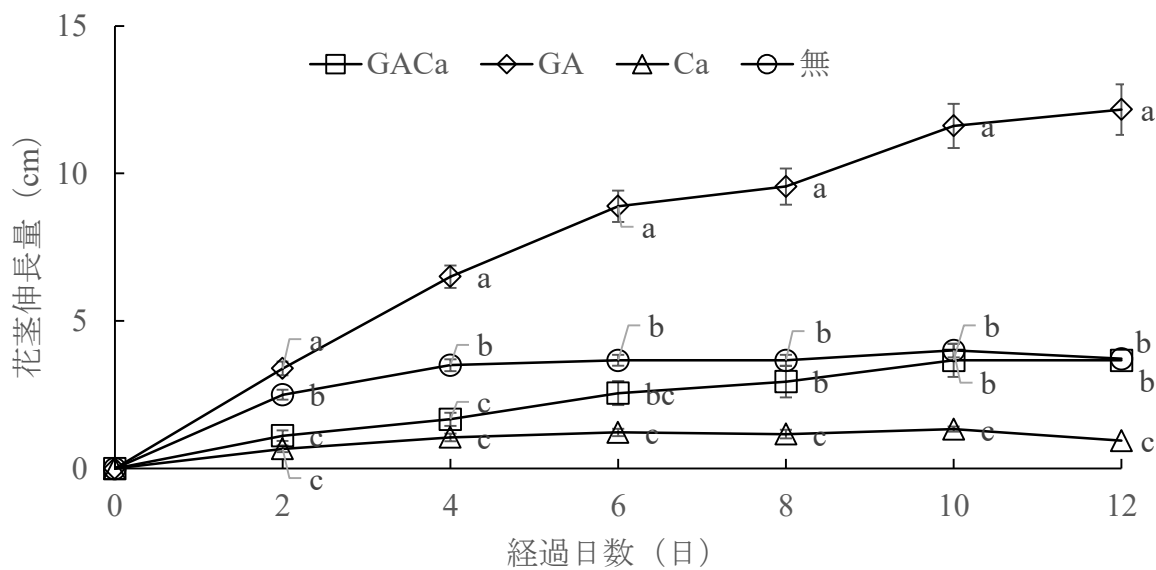
Cultivar	Treatment	Time to complete tubular floret opening	Vase life	Ornamental value loss symptoms			
				Abscission	Bending	Neck breaking	Wilting
		(days)	(days)	(%)	(%)	(%)	(%)
Kimsey	Control	6.0** ^z	15.8 **	83	0	17	0
	GA ₃ +CaCl ₂	8.2	20.8	33	0	50	17
Pinta	Control	8.0 NS	20.5 NS	0	0	0	100
	GA ₃ +CaCl ₂	8.7	22.5	33	0	17	50
Sandy	Control	7.2 **	13.3**	0	0	0	100
	GA ₃ +CaCl ₂	9.3	22.7	17	0	0	83
ANOVA	Cultivar (C)	NS	NS				
	Treatment (T)	**	**				
	(C)×(T)	NS	NS				

^z 分散分析により**は 1%水準で, *は 5%水準で有意差あり, NS は有意差なし.

A



B

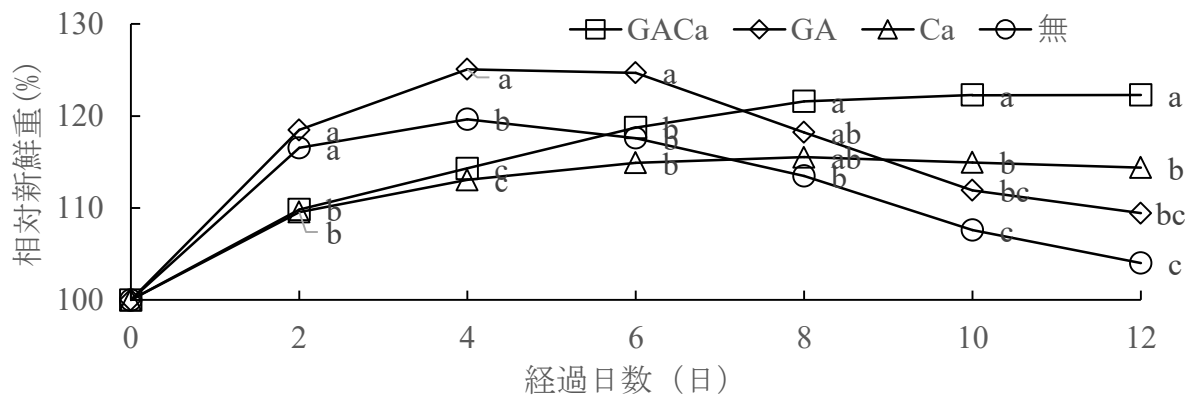


図VI-1 50mg・L⁻¹ ジベレリン, 5g・L⁻¹ 塩化カルシウムおよびその組合せ処理がガーベラ ‘ミノウ’ 切り花の未開花の管状花部の相対面積(A) および花茎の伸長(B)に及ぼす影響

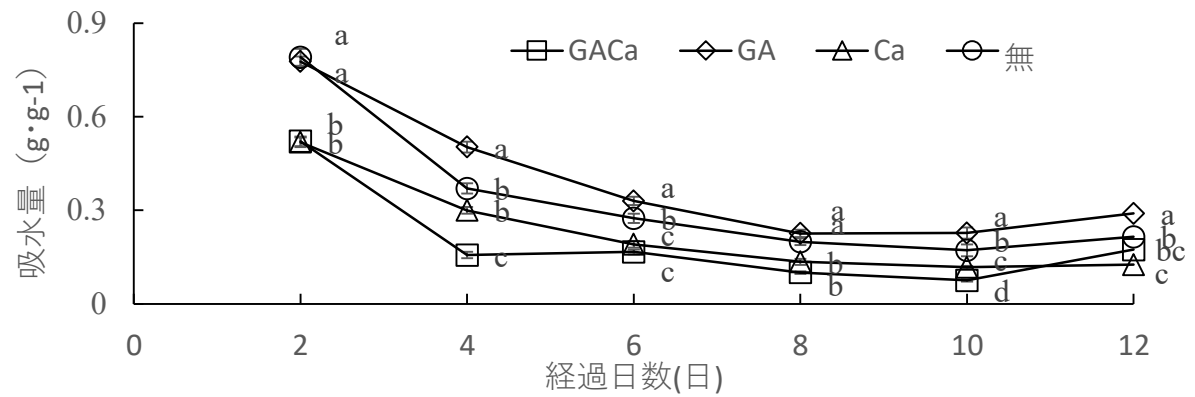
数値は9反復の平均±SE.

各時点で異符号間は, Tukey-Kramer 法において5%水準で有意差ありを示す.

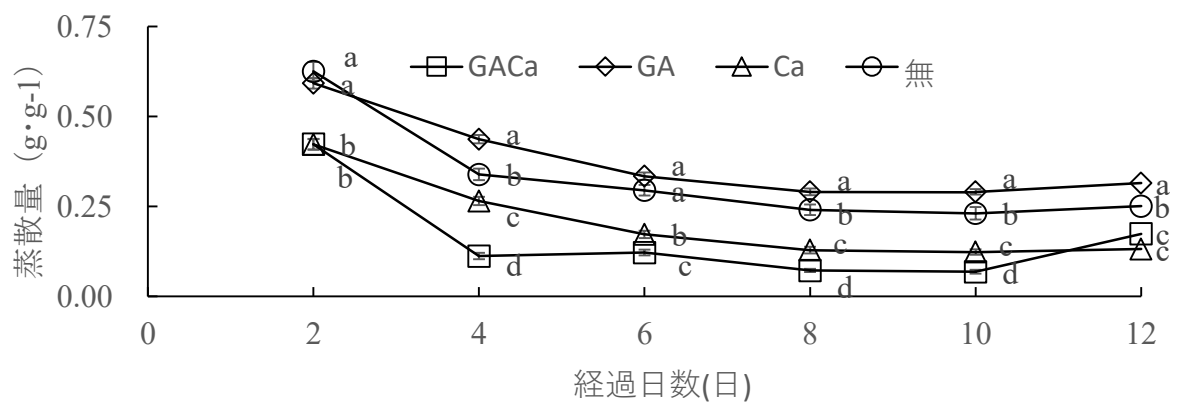
A



B



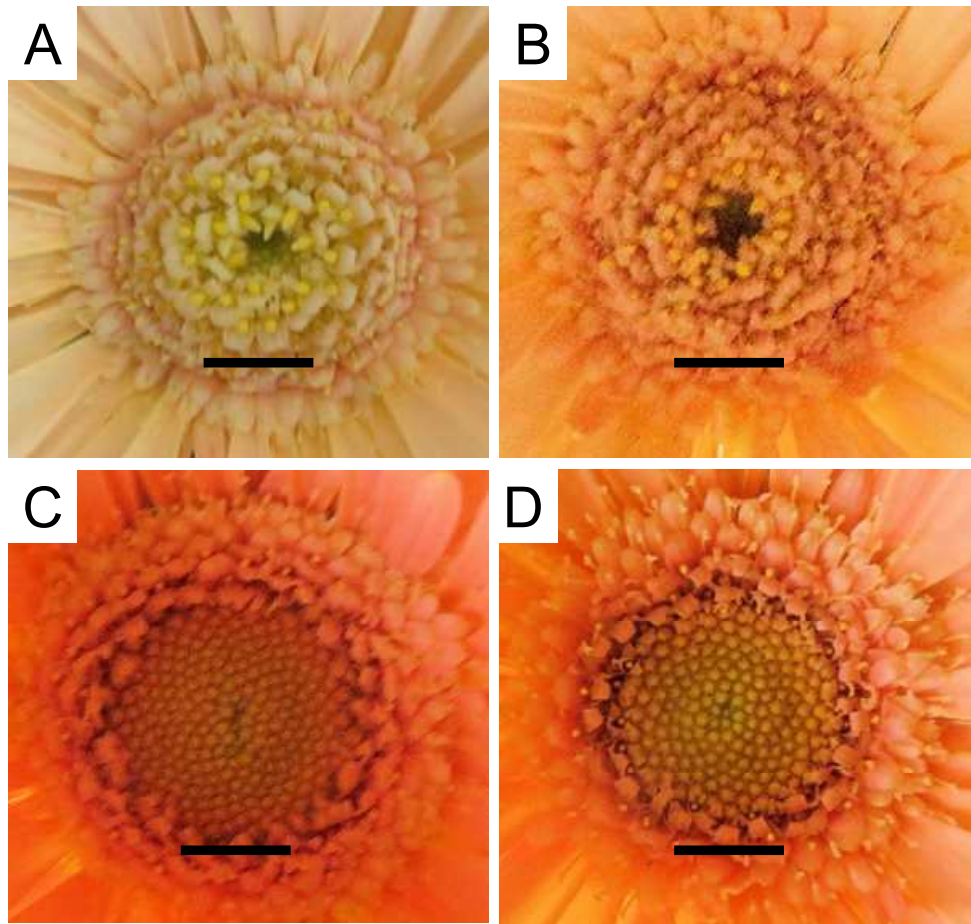
C



図VI-2 50mg・L⁻¹ ジベレリン, 5g・L⁻¹ 塩化カルシウムおよびその組合せ処理がガーベラ ‘ミノウ’ 切り花の相対新鮮重(A), 吸水量(B) および蒸散量(C) に及ぼす影響

数値は9反復の平均±SE.

各時点で異符号間は, Tukey-Kramer 法において5%水準で有意差ありを示す.



図VI-3 処理開始から5日後のガーベラ‘ミノウ’切り花の管状花の状態

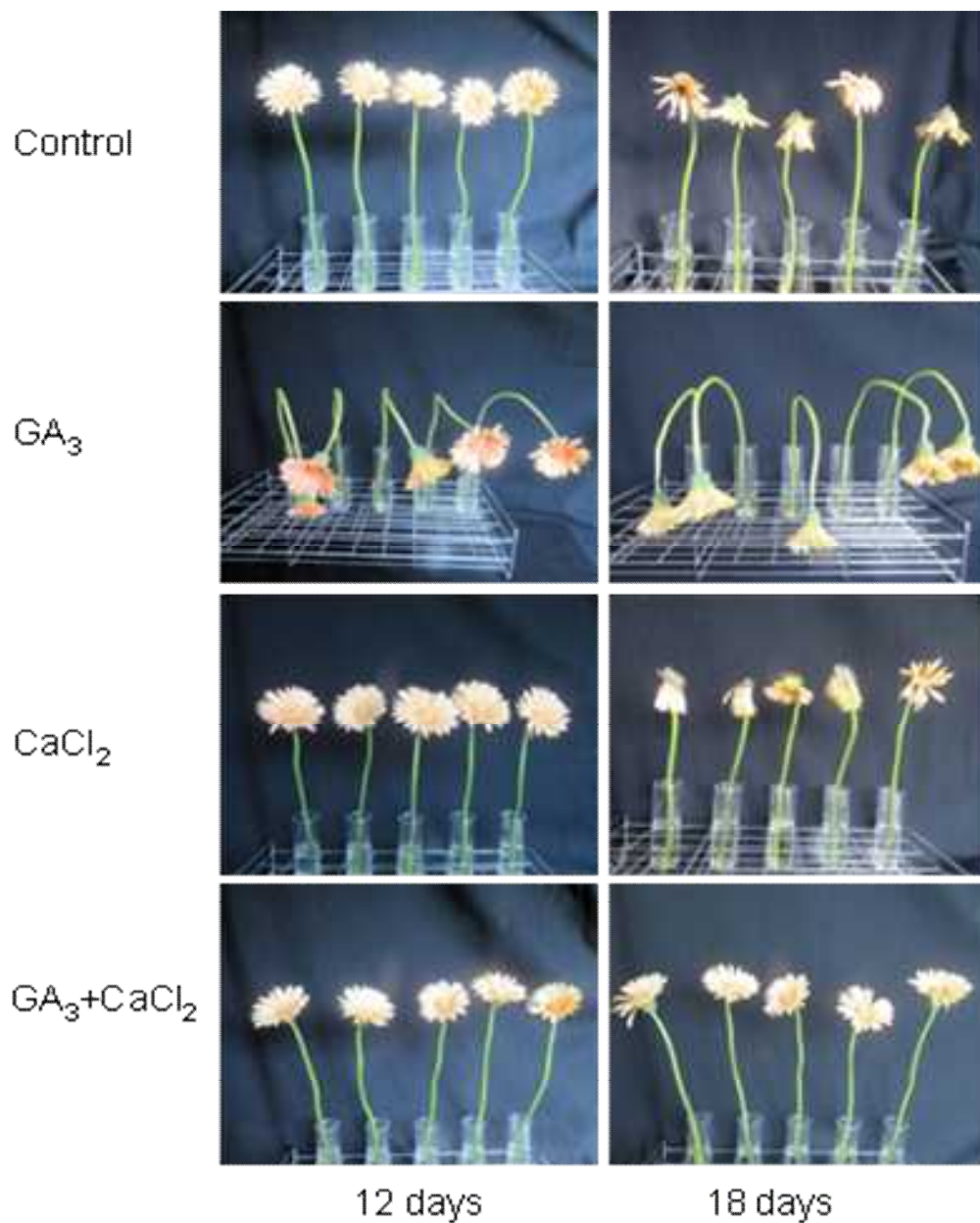
A: コントロール

B: $5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 塩化カルシウム

C: $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ジベレリン

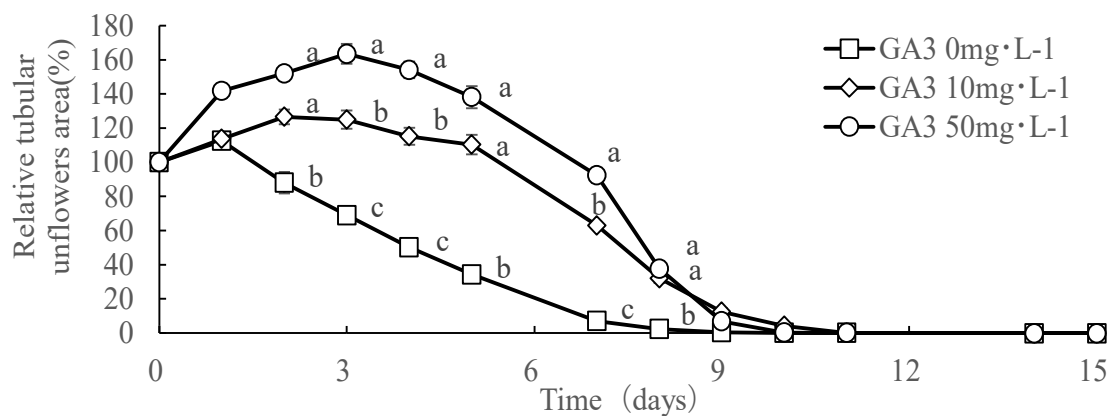
D: $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ジベレリンと $5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 塩化カルシウム

スケールバーは5 mmを表す.

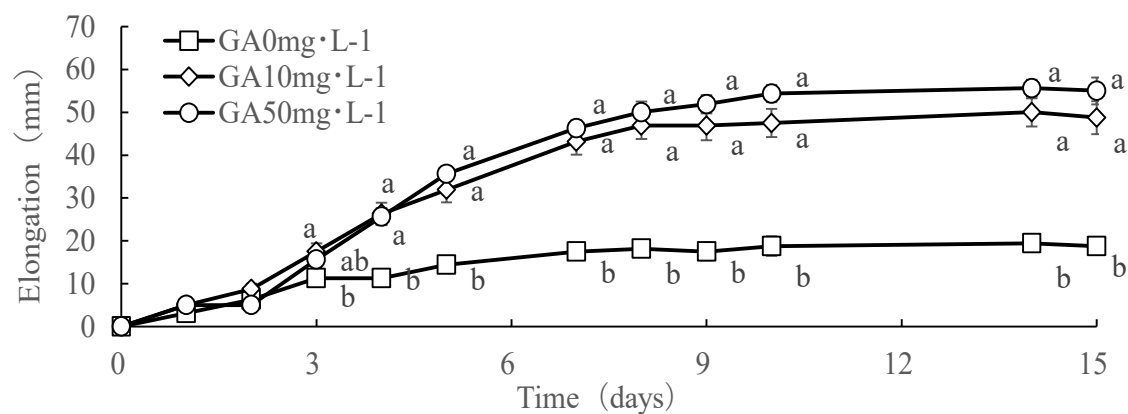


図VI-4. ジベレリン、塩化カルシウムおよびその組合せ処理したガーベラ‘ミノウ’切り花
 上段：コントロール
 中上段： $50\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ジベレリン
 中下段： $5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 塩化カルシウム
 下段： $50\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ジベレリンと $5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 塩化カルシウム
 左：処理開始から12日後
 右：処理開始から18日後

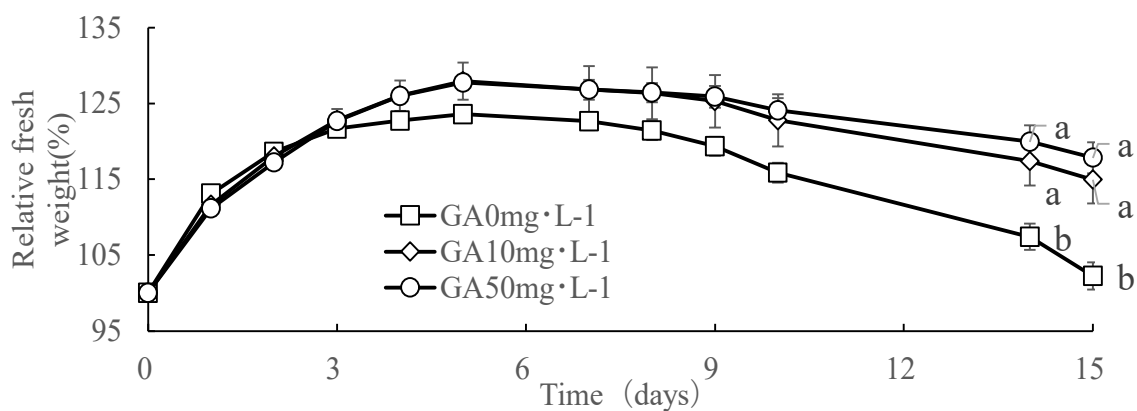
A



B



C

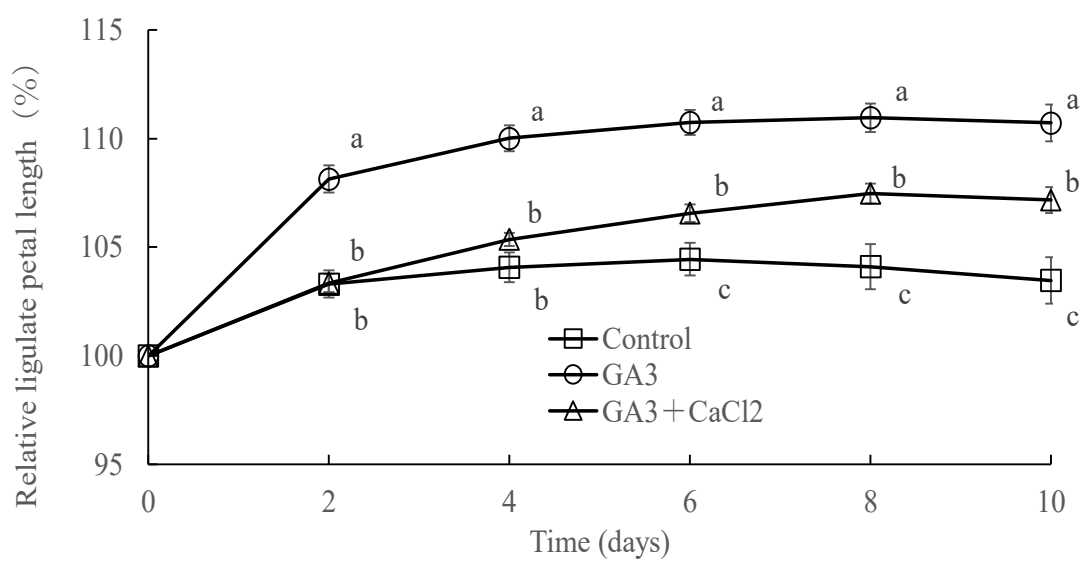


図VI-5 ガーベラ ‘ミノウ’ 切り花におけるジベレリン処理濃度が未開花の管状花部の相対面積 (A), 花茎の伸長 (B) および相対新鮮重 (C) に及ぼす影響

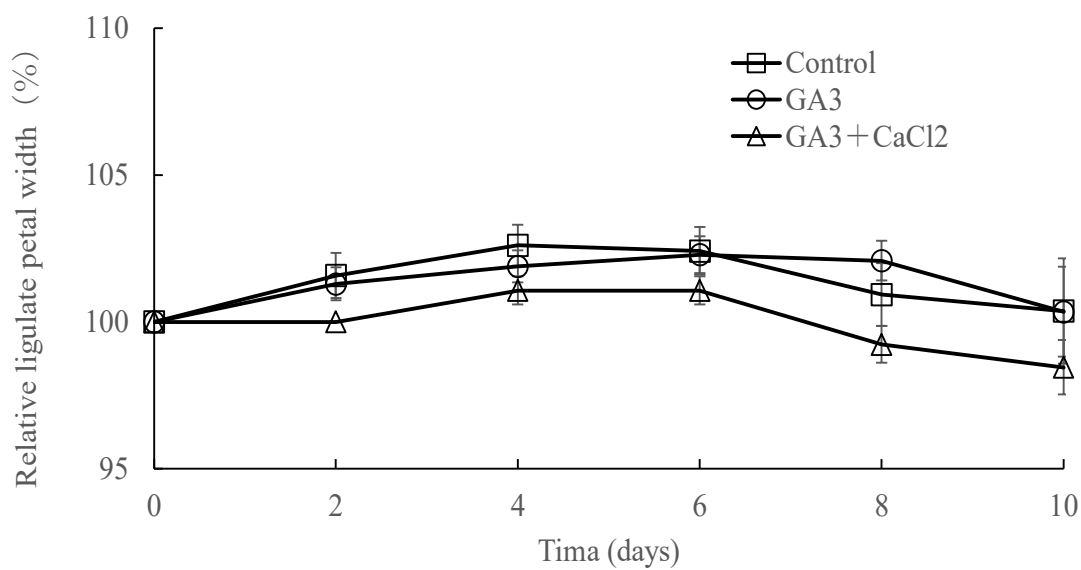
数値は8反復の平均値±SE.

各時点で異符号間は, Tukey-Kramer 法において5%水準で有意差ありを示す.

A



B

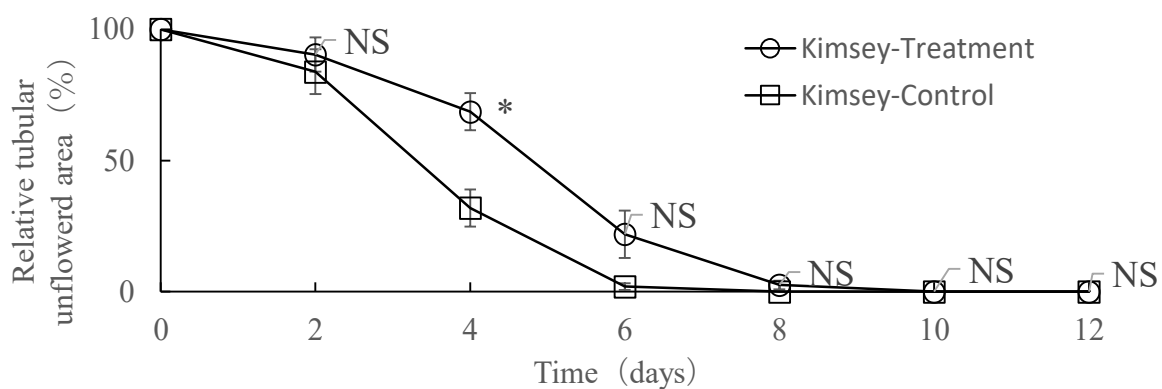


図VI-6 50mg・L⁻¹ ジベレリンおよび5g・L⁻¹ 塩化カルシウム処理によるガーベラ ‘ミノウ’ 切り花の舌状花長 (A) および幅 (B) に対する影響

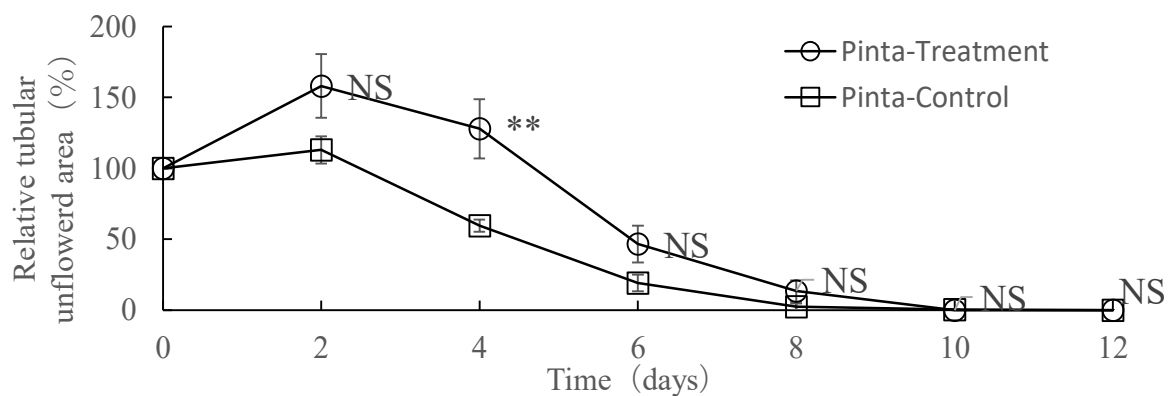
数値は9反復の平均±SE.

各時点で異符号間はTukey-Kramer 法において5%水準で有意差ありを示す.

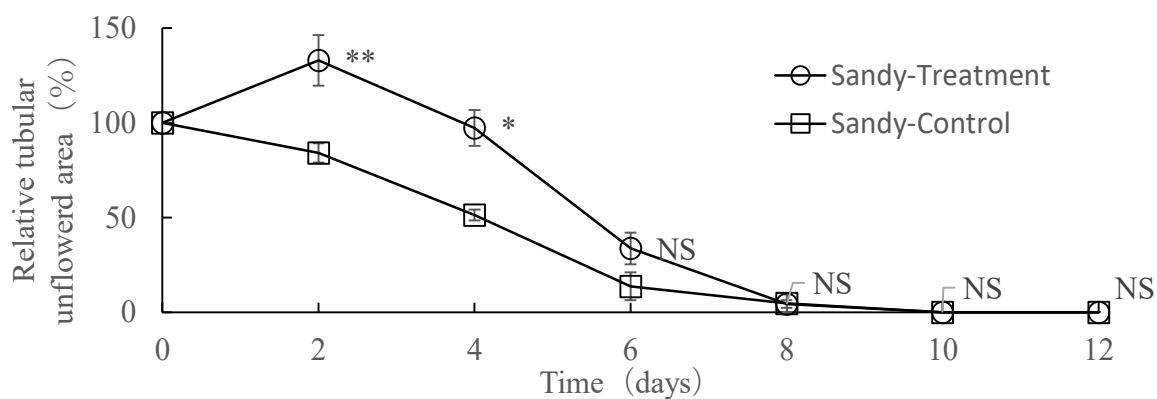
Kimsey



Pinta

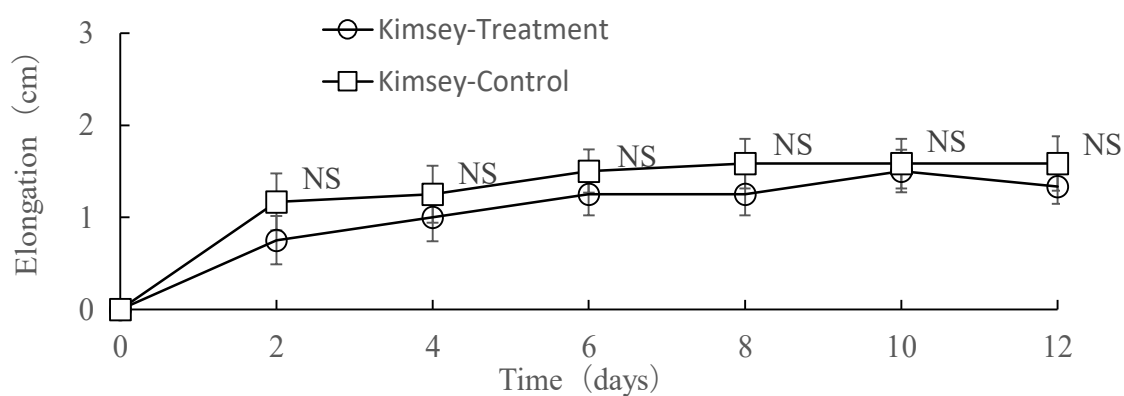


Sandy

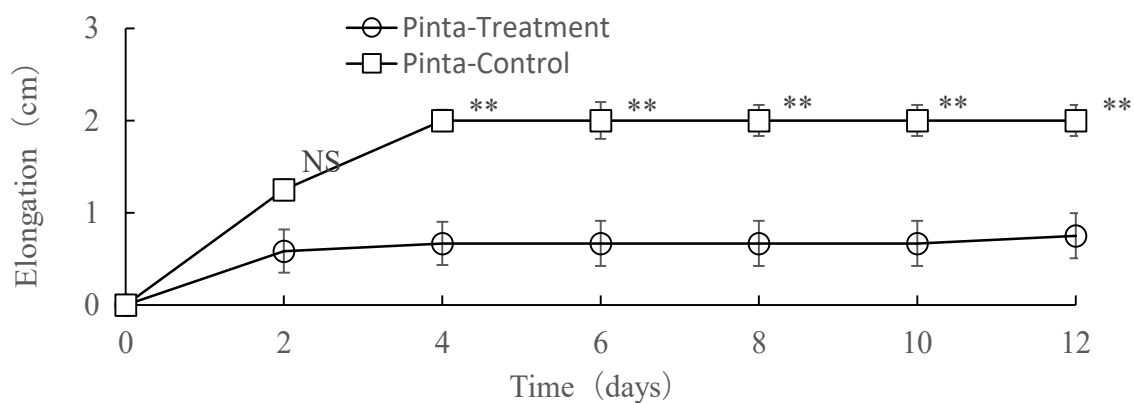


図VI-7 50 mg・L⁻¹ ジベレリンと 5 g・L⁻¹ 塩化カルシウム処理がガーベラ ‘キムシー’, ‘ピンタ’ および ‘サンディー’ の切り花の未開花の管状花部の相対面積に及ぼす影響
 数値は9反復の平均±SE. ** および*は、それぞれt 検定により1%水準, 5%水準で有意差ありを示す。

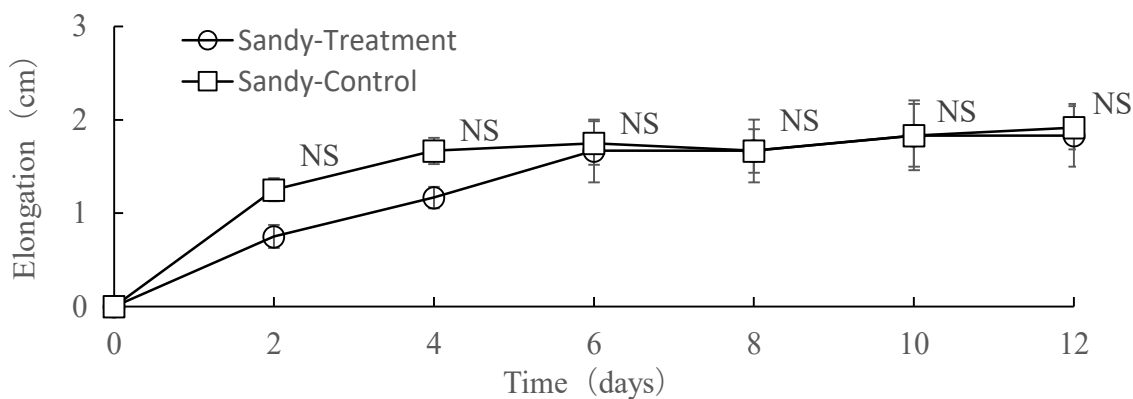
Kimsey



Pinta

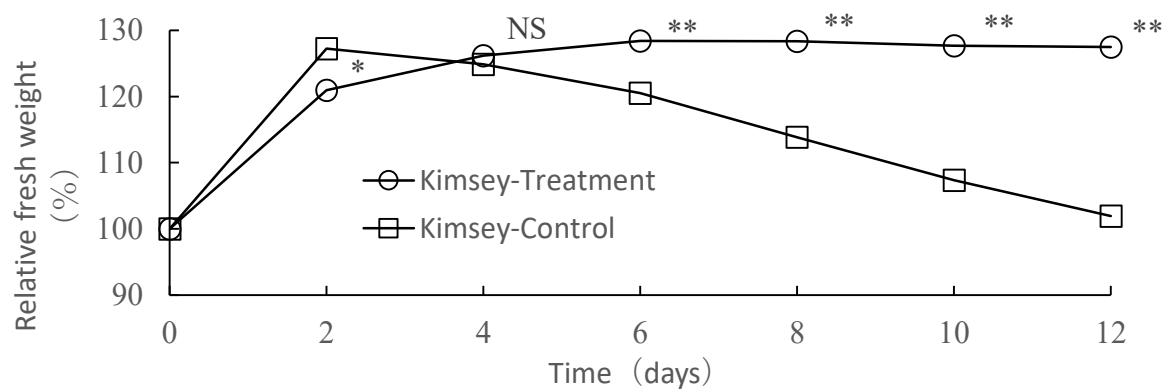


Sandy

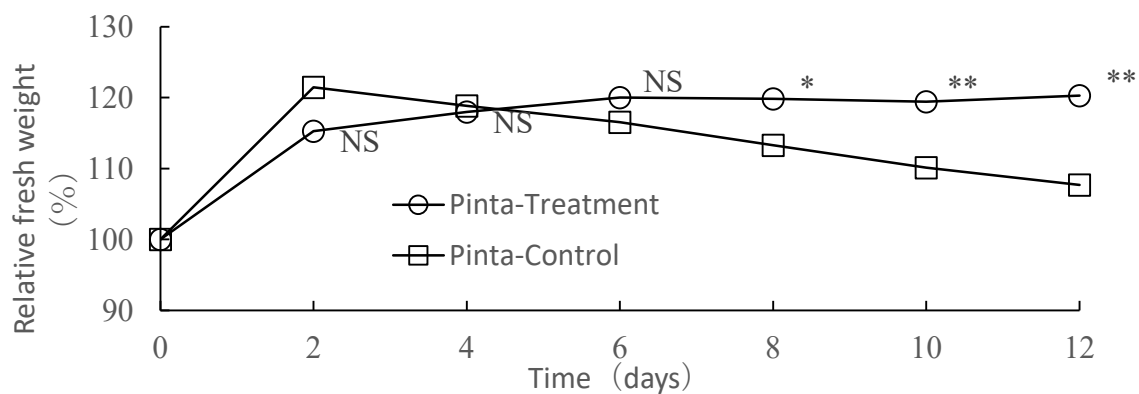


図VI-8 $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ジベレリンと $5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 塩化カルシウム処理がガーベラ ‘キムシー’, ‘ピンタ’ および ‘サンディー’ の花茎の伸長に及ぼす影響
 数値は9反復の平均 $\pm$ SE. ** および*は、それぞれt検定により1%水準, 5%水準で有意差ありを示す.

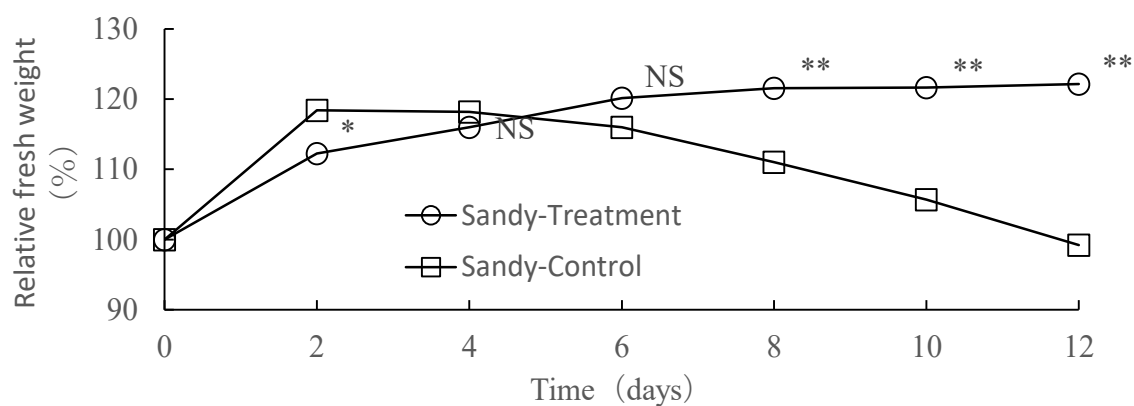
Kimsey



Pinta

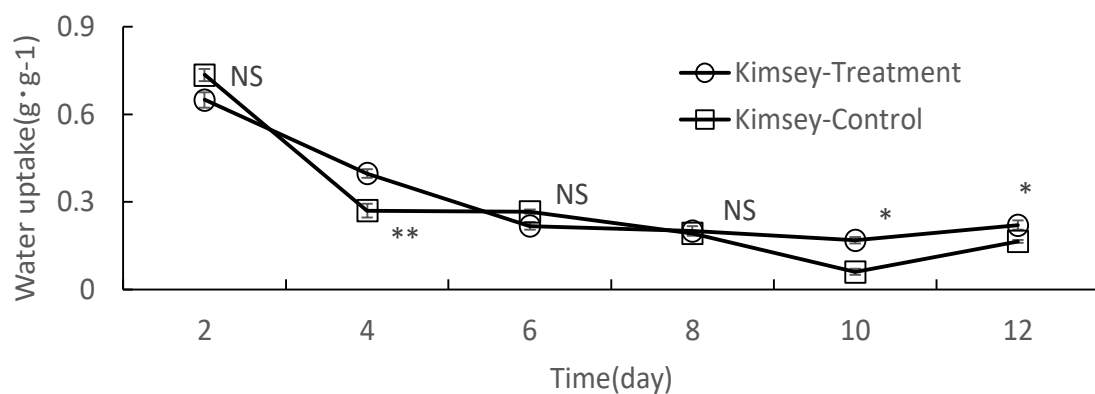


Sandy

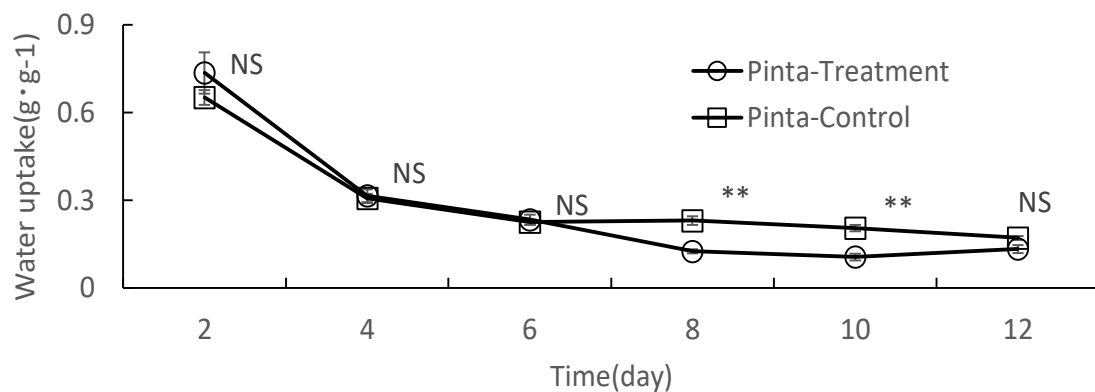


図VI-9 50 mg・L⁻¹ ジベレリンと5 g・L⁻¹ 塩化カルシウム処理がガーベラ ‘キムシー’, ‘ピンタ’ および ‘サンディー’ の相対新鮮重に及ぼす影響
 数値は9反復の平均±SE. ** および*は, それぞれt 検定により1%水準, 5%水準で有意差ありを示す.

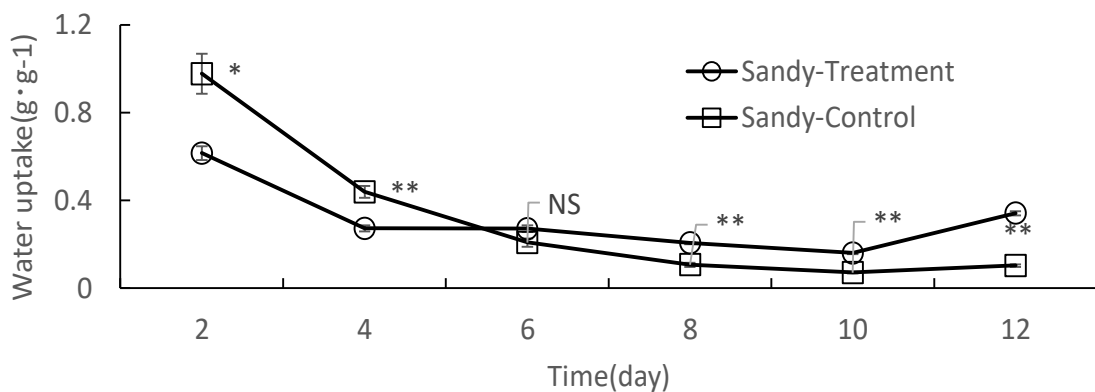
Kimsey



Pinta



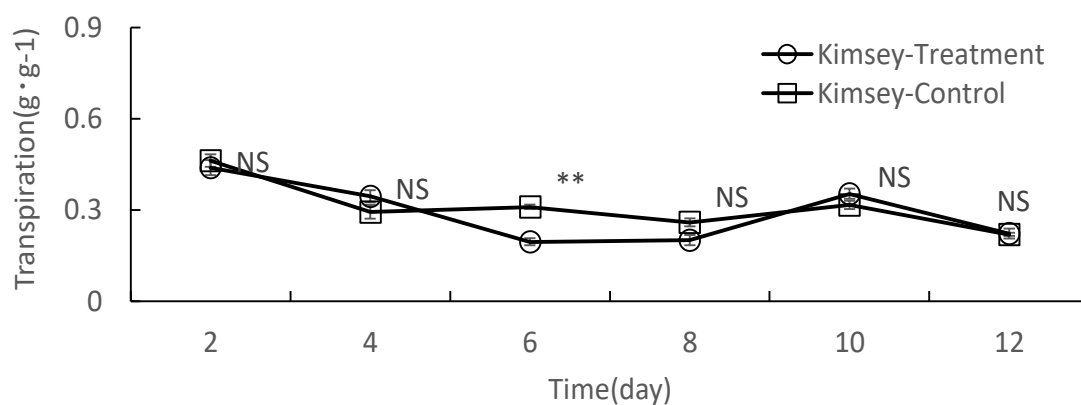
Sandy



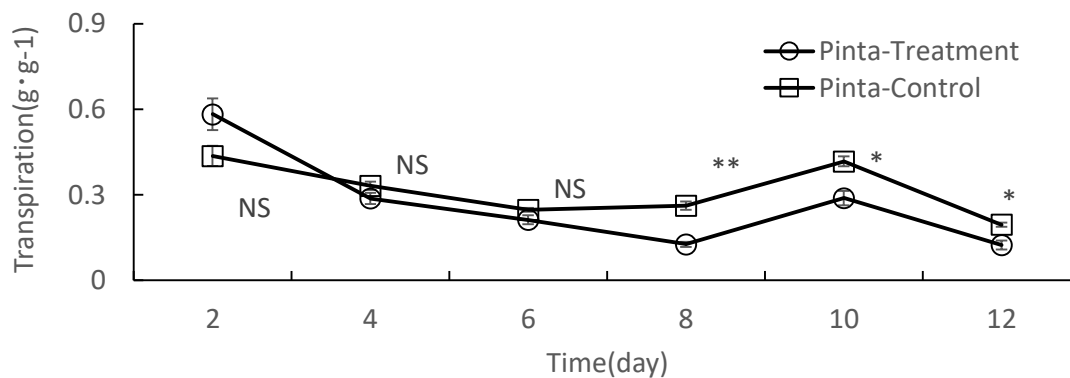
図VI-10 50 mg·L⁻¹ ジベレリンと 5 g·L⁻¹ 塩化カルシウム処理がガーベラ ‘キムシー’, ‘ピンタ’ および ‘サンディー’ 切り花の吸水量に及ぼす影響

数値は9反復の平均±SE. ** および*は、それぞれ t 検定により 1%水準, 5%水準で有意差ありを示す。

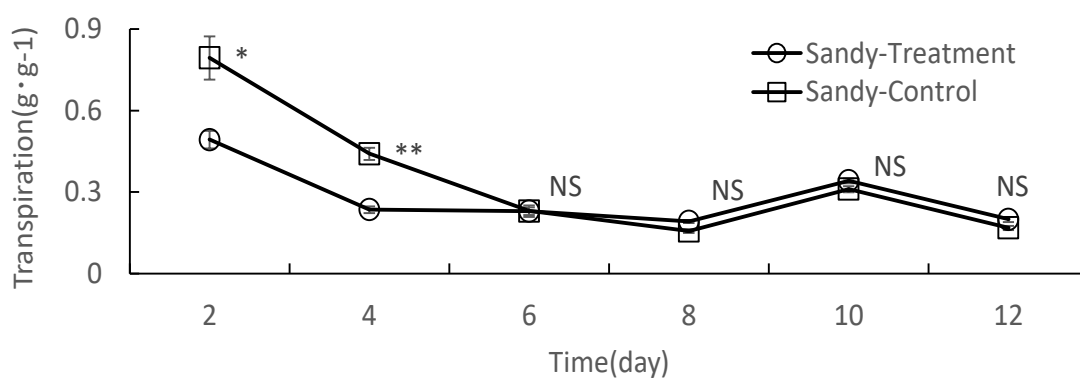
Kimsey



Pinta



Sandy



図VI-11 50 mg·L⁻¹ ジベレリンと 5 g·L⁻¹ 塩化カルシウム処理がガーベラ ‘キムシー’, ‘ピンタ’ および ‘サンディー’ 切り花の蒸散量に及ぼす影響

数値は9反復の平均±SE. ** および*は、それぞれt検定により1%水準、5%水準で有意差ありを示す.

第7章 ジベレリン A3 と塩化カルシウムの組合せ前処理によるガーベラ切り花の日持ち延長

第VI章では、ジベレリン A₃ (ジベレリン) と塩化カルシウムを連続処理することで、ガーベラ切り花の日持ちが延長することを明らかにした (表VI-1, 3)。短期間の処理で日持ちを延長することができる品質保持剤は、生産者にとって有用である。カーネーションやデルフィニウムを含む多くの切り花は、日持ちを延ばすために出荷前に品質保持剤で処理される (市村ら, 2011; Kato ら, 2022)。切り花を出荷前に品質保持剤で処理できる時間は限られている。このため、ジベレリンおよび塩化カルシウムによる処理時間はできるだけ短いことが望ましい。

本実験では、ジベレリンと塩化カルシウムによる前処理がガーベラ切り花の花茎の伸長、管状花の開花および日持ちに及ぼす影響を検討した。

材料および方法

1. 植物材料

静岡県農林技術研究所において栽培したガーベラ ‘バナナ’、‘キムシー’、‘ミノウ’、‘ピンタ’、‘ティム’ および ‘ビビット’ 切り花を供試した。

2. 処理方法と日持ち評価

前処理濃度を検討するため、ジベレリンの濃度は、0 (0), 10 (29), 25 (72), 50 (144), 100 (289) mg・L⁻¹ (μM) とした。また、50 mg・L⁻¹ ジベレリンに添加する塩化カルシウム濃度を検討するため、塩化カルシウム (東京化成, 日本) 濃度は、0 (0), 10 (90), 20 (180), 30 (270), 40 (360) g・L⁻¹ (mM) とした。さらに、ジベレリンと 塩化カルシウムの単独もしくは組合せ処理の日持ち効果を検討するため、ジベレリン濃度は 50 mg・L⁻¹、塩化カルシウム濃度は 30 g・L⁻¹ とした。実験は各溶液 100 mL 入れた試験管にガーベラ切り花を 1 本ずつ入れ 24 時間処理した。前処理後の切り花は、イソチアゾリノン系抗菌剤 CMIT/MIT (Kathon CG) に蒸留水を添加して濃度を 0.25 mL・L⁻¹ に調整した溶液 100 mL を入れた試験管に 1 本ずつ生けた。1 処理区あたり 10 本を供試した。

3. 未開花の管状花部の相対面積

未開花の管状花部の直径を処理開始後 9 日目まで毎日測定した。未開花の管状花部の面積は、半径の 2 乗

に π を乗じて算出した。未開花の管状花部の相対面積は、前処理開始時の未開花の管状花部の面積の比率として算出した。

4. 花茎の新鮮重, 吸水, 蒸散, 伸長の測定

切り花重, 溶液重, 花茎の長さは、処理開始後 9 日目まで毎日測定し、吸水量, 蒸散量, 花茎伸長量を算出した。

5. 塩化カルシウム溶液の EC と pH の測定

電気伝導率 (EC) は LAQUA cond meter (DS-71; Horiba, Kyoto, Japan) で、pH は pH meter (F-22; Horiba) で測定した。

結 果

1. ジベレリン濃度がガーベラ・ミノウ切り花の日持ちに及ぼす影響

未開花の管状花部の相対面積は、対照区 (0 mg・L⁻¹) では、時間の経過とともに減少した (図VII-2A)。一方、25, 50, 100 mg・L⁻¹ のジベレリン処理区では、処理開始後 2~4 日間増加し、その後減少した。未開花の管状花部の相対面積の減少は、ジベレリンによる前処理によって遅延した (図VII-1A)。花茎の伸長は、ジベレリンを処理したすべての区で対照区に比べ大きくなり、25, 50, 100 mg・L⁻¹ 区では、花茎の伸長が 10 cm を超えた (図VII-2B)。

切り花の相対新鮮重は、すべての処理区において、処理開始後 3~4 日間は大きくなり、その後小さくなった。相対新鮮重の減少はジベレリン処理によって抑制された (図VII-3A)。吸水量と蒸散量はジベレリン処理による影響はみられなかった (図VII-3B, C)。

対照区の切り花は、花茎の曲がりが発生することなく観賞価値を失った (表VII-1)。一方、ジベレリンで前処理した切り花では、主に花茎の曲がりにより観賞価値を失い、50 mg・L⁻¹ と 100 mg・L⁻¹ のジベレリン処理区で顕著であった (図VII-1B)。日持ちは、10 mg・L⁻¹ ジベレリン処理区では対照区と差はなかったが、25, 50, 100 mg・L⁻¹ 処理区では有意に短くなった (表VII-1)。しかし、花茎の曲がり以外の症状で観賞価値を失った切り花の日持ちは、25 mg・L⁻¹ ジベレリン処理区が対照区 (0 mg・L⁻¹ ジベレリン) に比べ有意に長かった。

1. 50 mg・L⁻¹ ジベレリンに添加する塩化カルシウム

濃度がガーベラ‘ミノウ’切り花の日持ちに及ぼす影響

処理溶液のECとpHは、塩化カルシウム濃度が高くなるに従い高くなった(表VII-2)。塩化カルシウム濃度と組み合わせるジベレリン濃度は、管状花の開花を著しく遅延した $50\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ とした。前処理剤の吸水量は、塩化カルシウム濃度が高くなるに従い減少する傾向があった(表VII-2)。

未開花の管状花部の相対面積は、すべての処理区で、処理開始後1〜2日間大きくなったのち小さくなった。未開花の管状花部の相対面積の減少は、塩化カルシウム濃度が高くなるに従い大きくなった(図VII-4A)。

花茎の伸長は塩化カルシウムを $10\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ とした区では、対照区と差は認められなかったが、 $20, 30, 40\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ とした区では有意に小さくなった(図VII-4B)。

前処理終了時の切り花の相対新鮮重は、塩化カルシウム濃度が高くなるに従い大きくなった(図VII-5A)。前処理後の切り花の相対新鮮重は、対照区では、時間の経過とともに徐々に小さくなった。相対新鮮重の低下は、塩化カルシウムの前処理によって抑制され、塩化カルシウム濃度が高くなるに従い、相対新鮮重は大きく維持される傾向にあった。切り花の吸水量と蒸散量は、塩化カルシウムの処理濃度に関係なく減少した(図VII-5B, C)。

花茎の曲がりの発生は、塩化カルシウム濃度が高くなるに従い少なくなった(表VII-2)。日持ちは、塩化カルシウム濃度を $20, 30, 40\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ とした区で、対照区および $10\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ とした区よりも有意に長かった(表VII-2)。

2. ジベレリンと 塩化カルシウムの組合せ処理がガーベラミノウの日持ちに及ぼす影響

塩化カルシウムを含む溶液では、前処理剤の吸水量が減少した(表VII-3)。未開花の管状花部の相対面積は、対照区および塩化カルシウム処理区では、時間の経過とともに徐々に減少したが、ジベレリンを含む処理区では減少が抑制された。(図VII-6A)。花茎の伸長は、塩化カルシウム処理によって小さくなり、ジベレリン処理によって大きくなった(図VII-6B)。なお、ジベレリン処理によって大きくなった花茎の伸長は、塩化カルシウムとの組合せ処理により抑制された。

相対新鮮重は、ジベレリン処理では対照区と差が認められなかったが、塩化カルシウム処理により高く維持された(図VII-7A)。吸水量と蒸散量は、塩化カルシウム処理で減少し、ジベレリン処理で増加した(図VII-7B, C)。

ジベレリン処理は花茎の曲がりの発生を増加させ、日

持ちを著しく短くした(表VII-3)。日持ちは、塩化カルシウム処理では対照区と差は認められなかったが、ジベレリンと塩化カルシウムの組合せ処理では有意に延長した。ジベレリンと塩化カルシウムの組合せ処理における花茎の曲がりの発生率は30%であった。ジベレリンと塩化カルシウムの組合せ処理で花茎の曲がりで観賞価値を失った切り花の日持ちは15.3日であり、他の症状を示した花より短かった。

3.ジベレリンと塩化カルシウムの組合せ処理がガーベラ5品種の日持ちに及ぼす影響

未開花の管状花部の相対面積は、時間の経過とともに徐々に減少した(図VII-8)。また、5つの品種において、ジベレリンと塩化カルシウムの組合せ処理が対照区よりも有意に大きかった。

花茎の伸長量は、品種によって異なっていた。5品種の花茎の伸長量は、ジベレリンと塩化カルシウムの組合せ処理により対照区よりも短くなる傾向にあった(図VII-9)。

ガーベラ5品種の切り花の相対新鮮重は、対照区では最初の1〜2日間に増加し、その後減少した(図VII-10)。ジベレリンと塩化カルシウムの組合せ処理では、対照区に比べ減少が抑制され、5日間にわたって増加し、その後維持された。5品種の切り花の吸水量と蒸散量は、ジベレリンと塩化カルシウムの組合せ処理により対照区に比べ有意に抑制した(図VII-11, 12)。

5品種の切り花の日持ちは、ジベレリンおよび塩化カルシウム処理によって有意に延長した(表VII-4, 図VII-13)。

考 察

ジベレリン単独での前処理は、ガーベラ切り花の花茎の伸長を促進し、花茎が曲がった。同様に、ジベレリン処理による花茎の伸長促進は、チューリップ切り花で報告されている(Okubo・Uemoto, 1985; van Doornら, 2011)。シロイヌナズナ(Cowling・Harberd, 1999)、トウモロコシ(Zhao・Wang, 2008)、イネ(Tongら, 2014)、トマト(van den Heuvelら, 2001)など多くの植物において、細胞の伸長はジベレリン処理によって促進される。したがって、ジベレリン処理によるガーベラの花茎の伸長は、細胞の伸長に依存しているものと考えられる。対照的に、Emongor (2004)は、ジベレリン処理によりガーベラ切り花‘イダレッド’の花茎の曲がりは発生しなかったと報告しており、本実験結果とは異なっていた。本実験では、ジベレリン濃度

が高いほど花茎の曲がり方が促進されたが、上記報告での最高濃度は $7.5 \text{ (22) mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (μM) と、本実験のジベレリン濃度よりも低い。したがって、花茎の曲がりの発生の有無の違いは、実験に用いたジベレリン濃度の違いに起因すると考えられる。

塩化カルシウム単独処理およびジベレリンと塩化カルシウムの組合せ処理は、花茎の伸長を抑制した。塩化カルシウムは気孔開口の抑制作用があり、蒸散を抑制することが知られている (Ruiz ら, 1993; van Meeteren ら, 1999)。本研究では、塩化カルシウム処理により吸水量と蒸散量が著しく減少した。この減少は、蒸散が阻害されたことに起因する。水分の吸水は、花茎の伸長に伴う細胞の膨張に必要である (Chen ら, 1999; Litvin ら, 2016)。したがって、塩化カルシウムによる花茎の伸長抑制は、蒸散の抑制によって引き起こされる吸水の抑制によるものであると考えられる。

ジベレリン単独処理では花茎が伸長しガーベラ切り花の日持ちが短くなった。日持ちが短くなった原因は花茎の伸長により、その曲がりが発生したためと考えられる。しかし、ジベレリンと塩化カルシウムの組合せ処理は、塩化カルシウム単独処理よりも日持ちを有意に延長した。ジベレリンによる花卉の日持ち延長は、カーネーション (Saks ら, 1992) やバラ (Goszczynska ら, 1990) でも報告されている。また、ジベレリン処理によって、花茎の曲がり以外の症状で観賞価値を失ったガーベラ切り花の日持ちは有意に延長した。このことは、ジベレリンがガーベラの花弁の寿命を延ばすことを示唆している。

ジベレリンは植物の花成に関与することが知られている (Mutasa-Göttgens・Hedden, 2009)。ジベレリン処理は、ペチュニア (Weiss・Halevy, 1989) やダイコン (Nishijima, 2003) を含む多くの植物種で花の発達を促進する。ガーベラ切り花では、未開花の管状花部の相対面積の増加は、管状花の数の増加を伴っていた。このことから、ジベレリン処理が管状花の発達を促進することが示唆された。また、ジベレリン処理は、管状花の開花を抑制した。したがって、ガーベラ切り花の品質保持は、ジベレリン処理によって維持されるものと考えられる。

ガーベラ切り花の日持ちを延ばすために、抗菌剤による前処理の効果が研究されているが、日持ちは有意に延長されなかった (Perik, 2014)。対照的に、ジベレリンと塩化カルシウムによる前処理は、ガーベラ5品種の日持ちを有意に延長した。したがって、この処理はガーベラ切り花の日持ちを延長するのに有効であると思われる。しかし、この処理の実用性を実証するためには、異なる品種や異なる環境条件下で生産された切り花を使用するなど、さらなる研究が必要と考えられる。細菌が増殖すると切り花の日持ちが短くなる (表II-2)。一般的に、消費者は切り花に水道水やスクロースと抗菌剤からなる品質保持剤を使用する。ガーベラ‘キムシー’切り花の日持ちは、グルコースと抗菌剤によって延長される (市村ら, 2011)。こうしたジベレリンと塩化カルシウムによる前処理と品質保持剤による後処理との組合せが、ジベレリンと塩化カルシウムによる前処理よりも日持ち延長に効果的かどうかを明らかにするためには、さらなる研究が必要である。

ガーベラ切り花にジベレリンを前処理すると、花茎が著しく伸長するため、花茎が曲がり、日持ちが短くなった。しかし、ジベレリン処理は管状花の開花を遅らせ、舌状花の老化を遅らせた。ジベレリン処理による花茎の伸長は、塩化カルシウムとの組合せ処理によって抑制された。ジベレリンと塩化カルシウムの組合せ処理は、ジベレリン単独および塩化カルシウム単独による前処理よりもガーベラ切り花の日持ちを延長した。ジベレリンと塩化カルシウムの組合せ処理は、他の5品種の日持ちを有意に延長した。このことからジベレリンと塩化カルシウムの組合せによる前処理がガーベラ切り花の日持ちを延長するのに有効であると結論づけた。

表Ⅶ-1 ジベレリンの前処理濃度がガーベラ ‘ミノウ’ 切り花の吸水量, 日持ち, 観賞価値を失った症状に及ぼす影響

GA ₃ (mg・L ⁻¹)	Solution uptake (g・g ⁻¹)	GA ₃ uptake (μ・g ⁻¹)	Vase life (days)	Ornamental value loss symptoms (%)		Other symptoms vase life (days)
				Bending	Other	
0	0.20	0 a ^z	16.1 a	0	100	16.1 b
10	0.21	2.1 a	15.4 a	80	20	16.5 b
25	0.22	5.4 b	12.5 b	70	30	19.7 a
50	0.20	10.1 c	9.1 b	100	0	
100	0.22	22.5 d	9.4 b	100	0	

^z 列内の異符号間, Tukey-Kramer 法により 5%水準で有意差あり.

表Ⅶ-2 前処理として 50mg・L⁻¹ ジベレリンに添加する塩化カルシウム濃度がガーベラ ‘ミノウ’ 切り花の吸水量, 日持ちおよび観賞価値を失った症状に及ぼす影響

CaCl ₂ (g・L ⁻¹)	EC (S・m ⁻¹)	pH	Solution uptake (g・g ⁻¹)	CaCl ₂ uptake (mg・g ⁻¹)	Vase life (days)	Ornamental value loss symptoms (%)	
						Bending	Other
0	0.00	4.55	0.29 a ^z	0 e	7.7 b	100	0
10	1.75	4.68	0.20 b	2.0 d	10.9 b	100	0
20	3.21	5.19	0.16 c	3.1 c	17.6 a	50	50
30	4.63	6.38	0.13 c	4.0 b	19.3 a	10	90
40	5.80	7.28	0.13 c	5.1 a	19.2 a	10	90

^z 列内の異符号間, Tukey-Kramer 法により 5%水準で有意差あり.

表Ⅶ-3 50mg・L⁻¹ ジベレリンと 30mg・L⁻¹ 塩化カルシウムによる前処理がガーベラ ‘ミノウ’ 切り花の吸水量, 日持ちおよび観賞価値を失った症状に及ぼす影響

CaCl ₂ (g・L ⁻¹)	GA ₃ (mg・L ⁻¹)	Solution uptake (g・g ⁻¹)	CaCl ₂ uptake (mg・g ⁻¹)	GA ₃ uptake (μ・g ⁻¹)	Vase life (days)	Ornamental value loss symptoms (%)	
						Bending	Other
0	0	0.29 a ^z	0 b	0 c	15.8 b	0	100
30	0	0.14 b	4.2 a	0 c	14.8 b	0	100
0	50	0.32 a	0 b	16.0 a	9.0 c	90	10
30	50	0.15 b	4.5 a	7.5 b	18.6 a	30	70

^z 列内の異符号間, Tukey-Kramer 法により 5%水準で有意差あり.

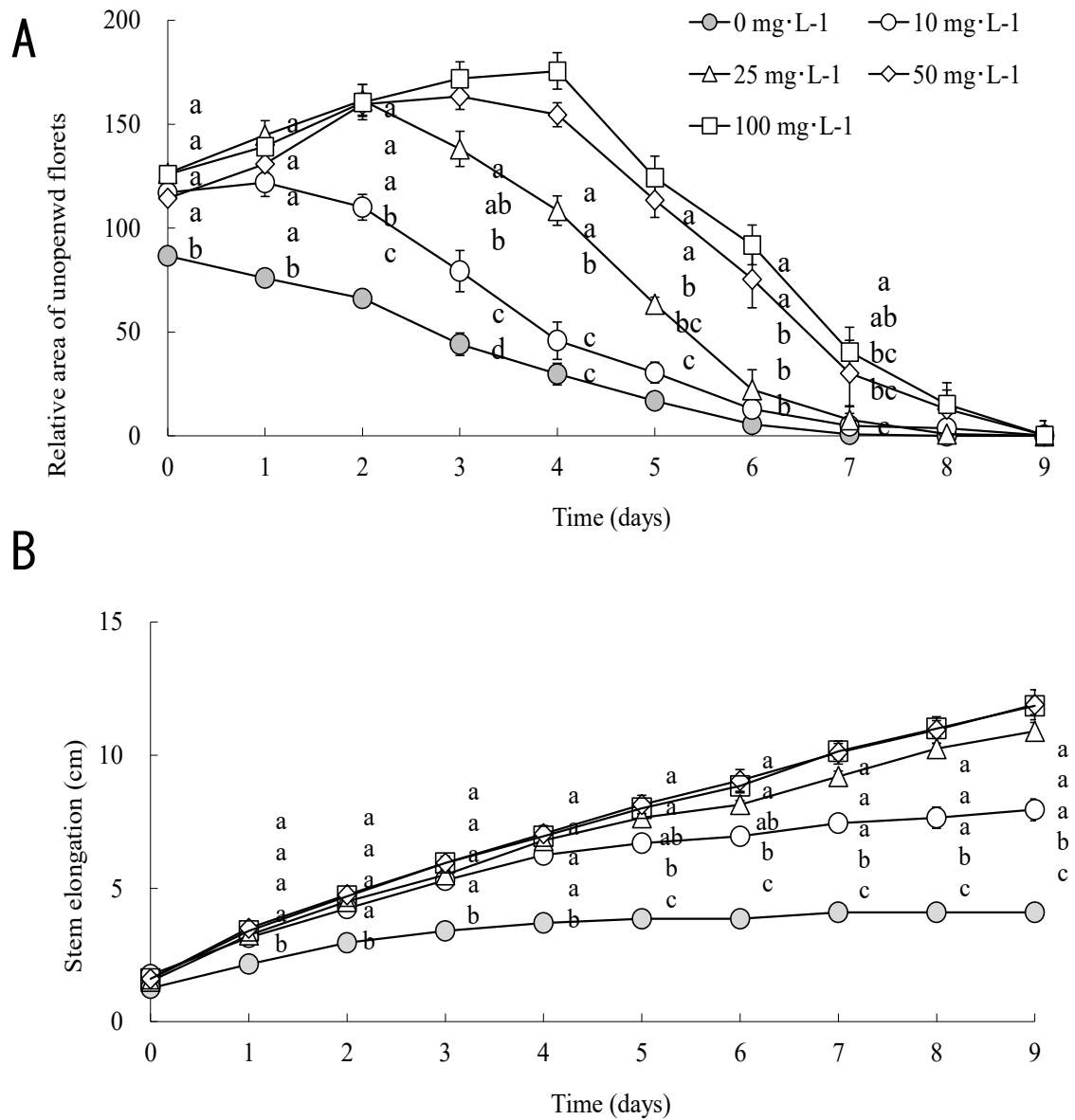
表Ⅶ-4 50mg・L⁻¹ ジベレリンと 30mg・L⁻¹ 塩化カルシウムによる前処理がガーベラ ‘バナナ’, ‘キムシー’, ‘ピンタ’, ‘ティム’, ‘ビビット’ 切り花の吸水量, 日持ちおよび観賞価値を失った症状に及ぼす影響

Cultivar	Treatment	Solution uptake (g g ⁻¹)	CaCl ₂ uptake (mg g ⁻¹)	GA ₃ uptake (μ g ⁻¹)	Vase life (days)	Ornamental value loss symptoms (%)	
						Bending	Other
Banana	Control	0.26 ** z	0 **	0 **	14.0 **	0	100
	GA ₃ +CaCl ₂	0.13	3.8	6.3	17.3	0	100
Kimsey	Control	0.33 **	0 **	0 **	15.5 **	0	100
	GA ₃ +CaCl ₂	0.14	4.3	7.1	19.7	0	100
Pinta	Control	0.28 **	0 **	0 **	15.9 **	0	100
	GA ₃ +CaCl ₂	0.12	3.5	5.8	20.3	0	100
Tim	Control	0.33 **	0 **	0 **	13.9 **	0	100
	GA ₃ +CaCl ₂	0.14	4.2	7.0	16.7	0	100
Vivid	Control	0.29 **	0 **	0 **	9.9 **	0	100
	GA ₃ +CaCl ₂	0.14	4.0	6.8	14.3	10	90
ANOVA	Cultivar (C)	**	**	**	**		
	Treatment (T)	**	**	**	**		
	(C)×(T)	*	**	**	NS		

z 分散分析により**は 1%水準で, *は 5%水準で有意差あり, NS は有意差なし.

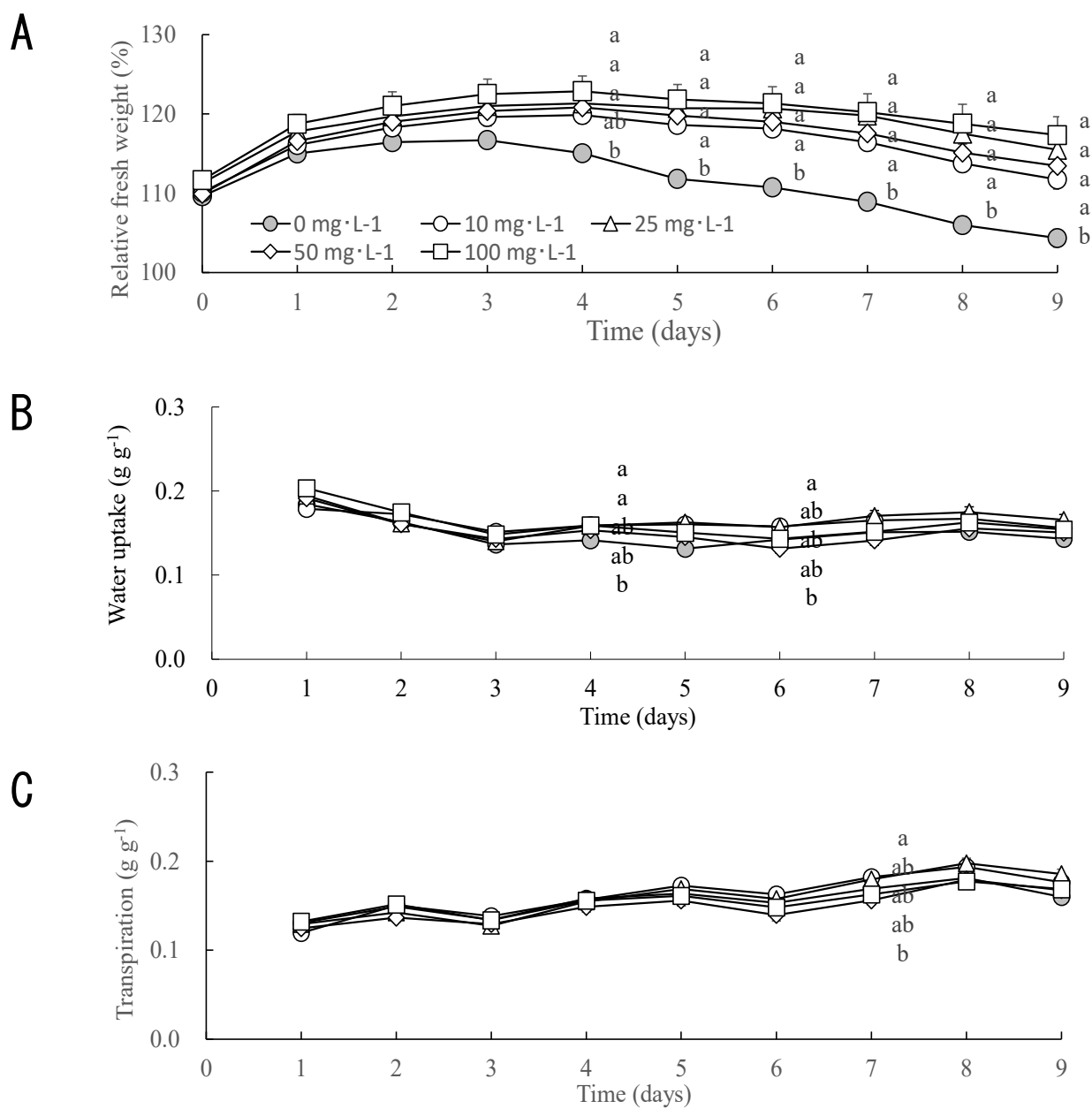


図Ⅶ-1 50 mg・L⁻¹ ジベレリンによる前処理がガーベラ ‘ミノウ’ 切り花の開花に及ぼす影響
上：処理 5 日後の管状花 (A)
下：処理 10 日後の切り花 (B)
左：蒸留水 (コントロール)
右：50 mg・L⁻¹ GA₃ 処理
スケールバーは 1cm を表す.



図VII-2 ジベレリンの前処理濃度がガーベラ‘ミノウ’の未開花の管状花の相対面積(A)および花茎の伸長(B)に及ぼす影響

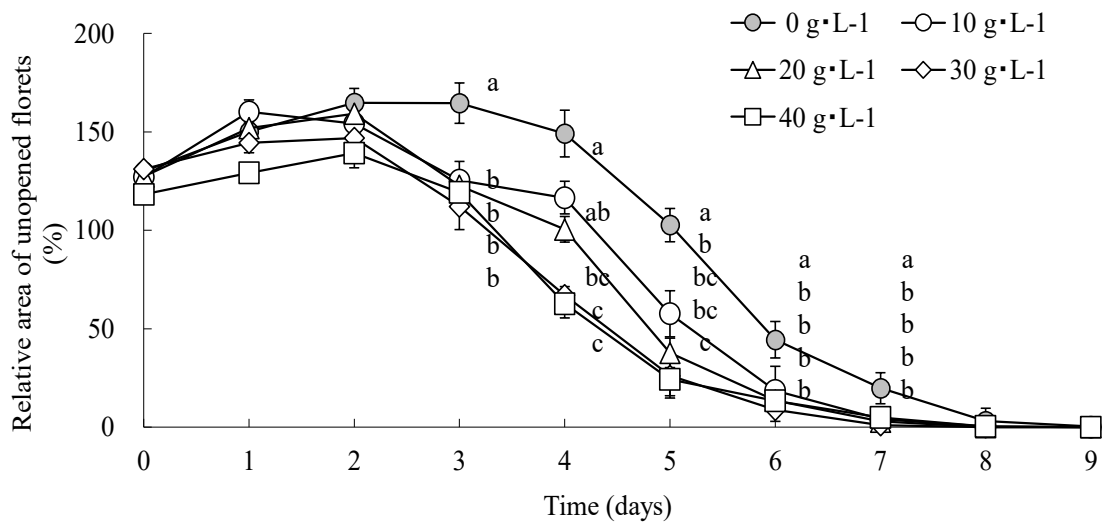
数値は9反復の平均±SE. 各時点における異符号間は, Tukey-Kramer 法において5%水準で有意差ありを示す.



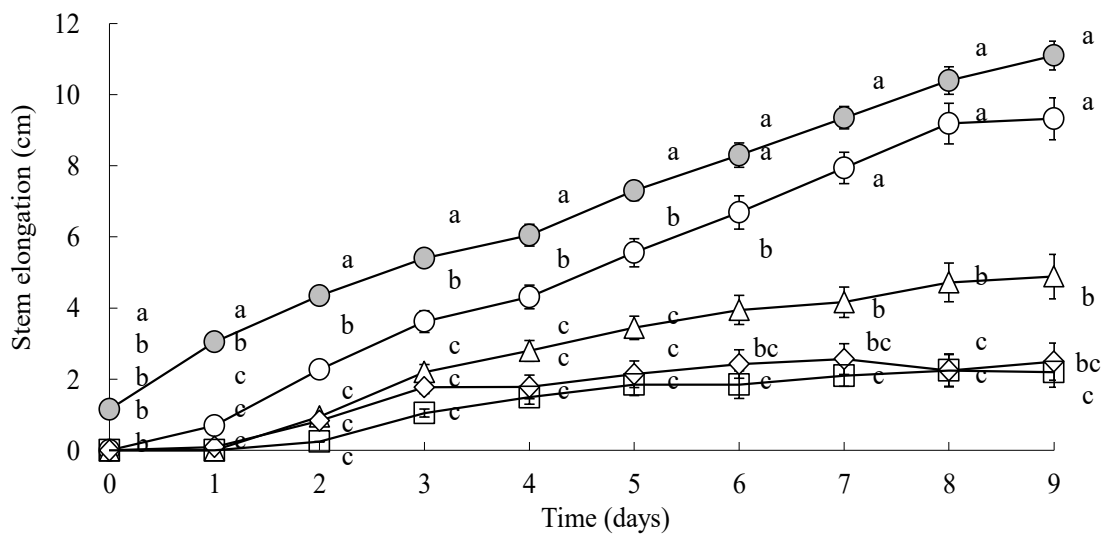
図Ⅶ-3 ジベレリンの前処理濃度がガーベラ‘ミノウ’の相対新鮮重(A), 吸水量(B)および蒸散量(C)に及ぼす影響

数値は9反復の平均±SE. 各時点における異符号間には, Tukey-Kramer 法において5%水準で有意差ありを示す.

A

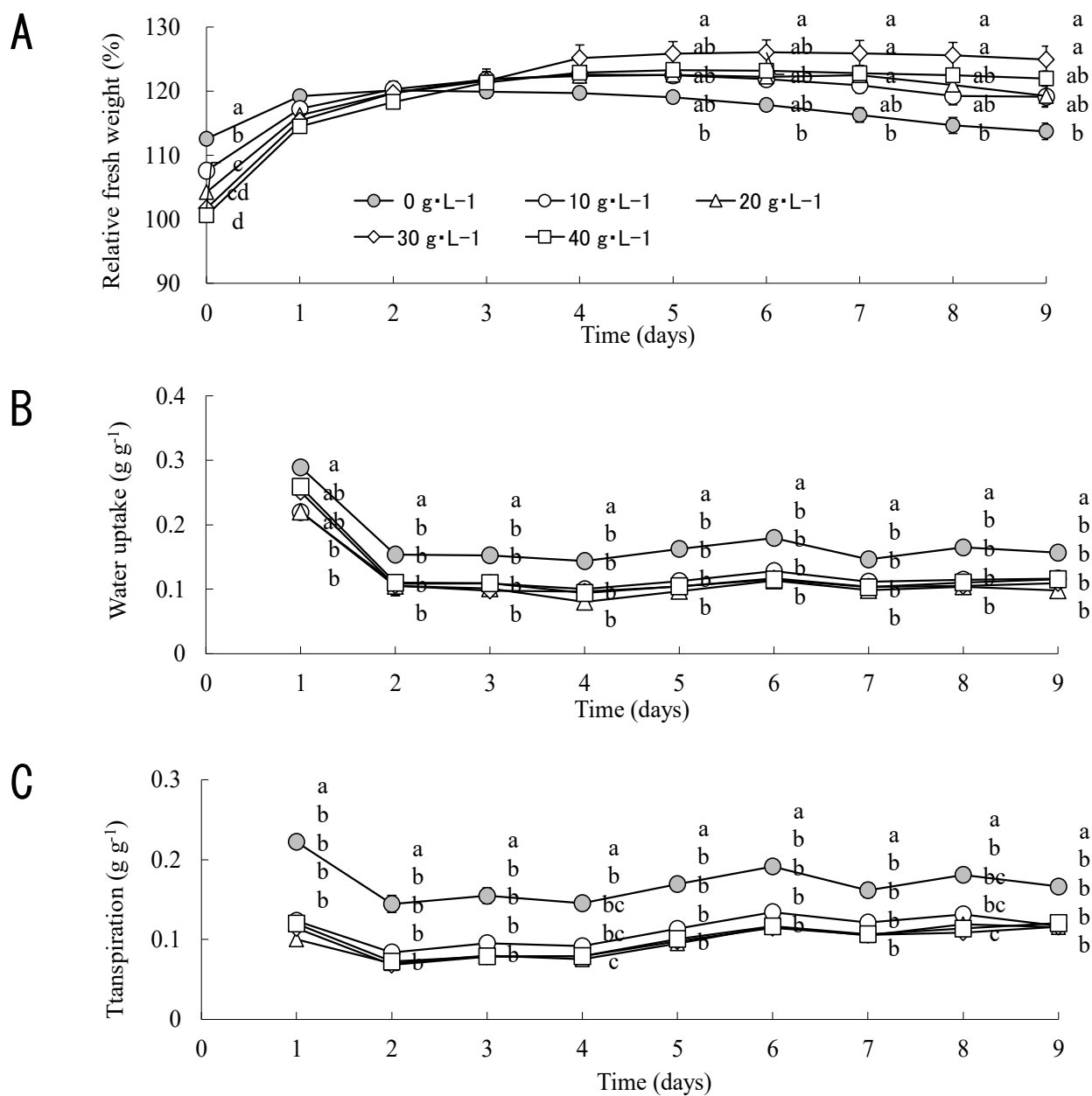


B



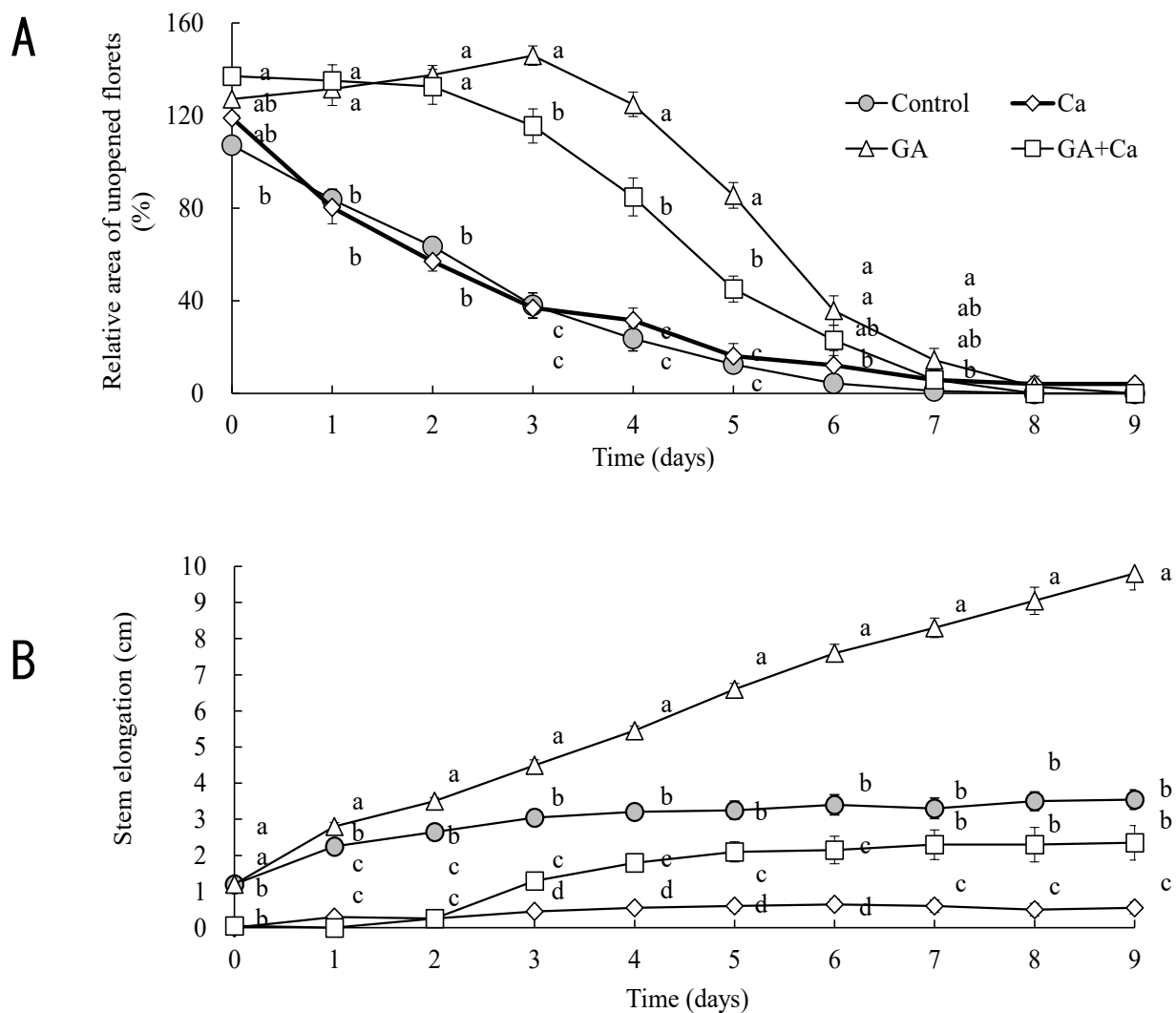
図Ⅶ-4 前処理濃度として 50mg·L⁻¹ ジベレリンに添加する塩化カルシウム濃度がガーベラ ‘ミノウ’ の未開花の管状花の相対面積 (A) および花茎の伸長 (B) に及ぼす影響

数値は 9 反復の平均±SE. 各時点における異符号間には, Tukey-Kramer 法において 5%水準で有意差ありを示す.



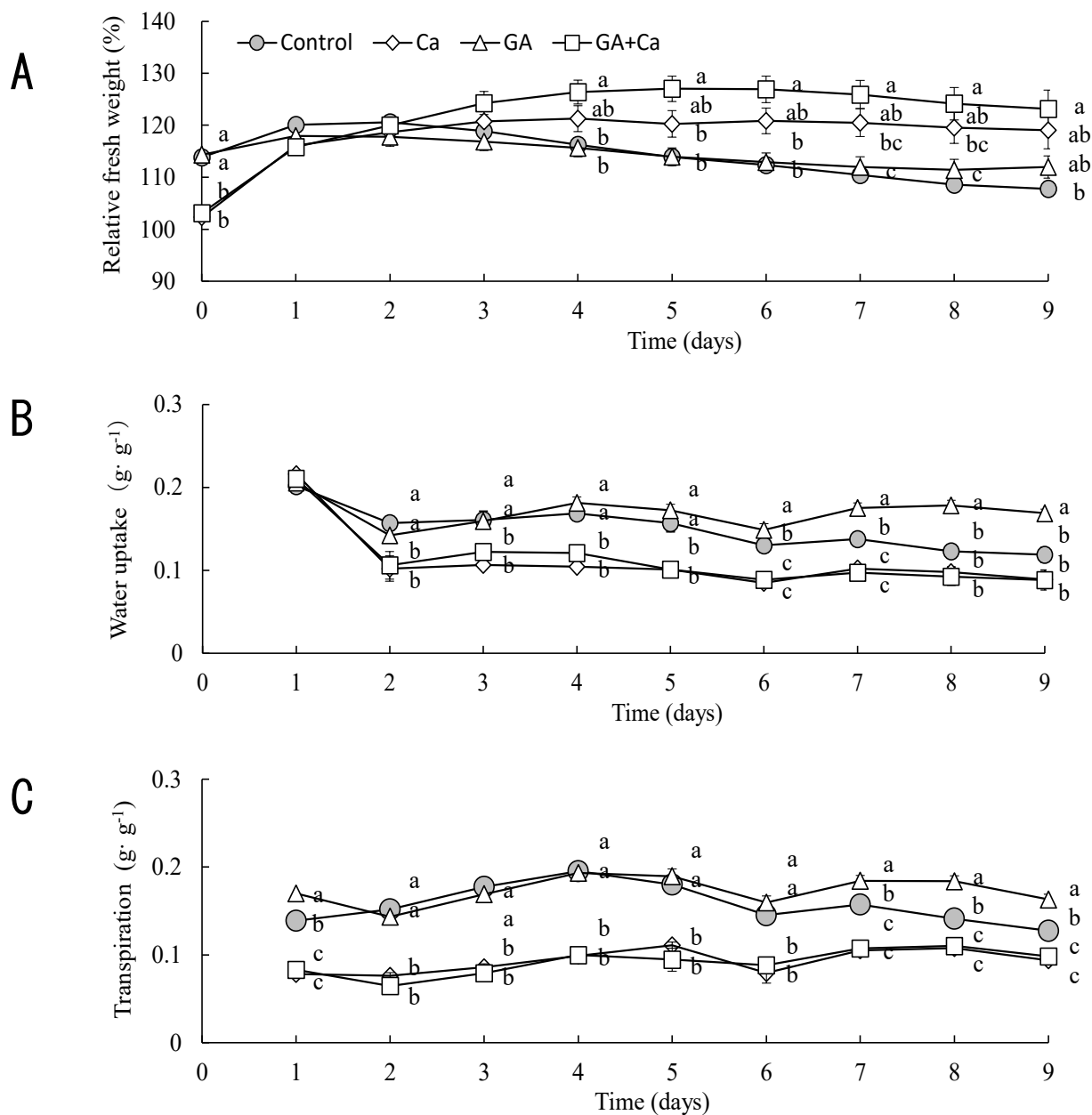
図Ⅶ-5 前処理濃度として $50\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ジベレリンに添加する塩化カルシウム濃度がガーベラ ‘ミノウ’ の相対新鮮重(A), 吸水量(B)および蒸散量(C)に及ぼす影響

数値は9反復の平均 $\pm$ SE. 各時点における異符号間は, Tukey-Kramer 法において5%水準で有意差ありを示す.



図Ⅶ-6 GA_3 $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ジベレリンと $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 塩化カルシウムによる前処理がガーベラ ‘ミノウ’ 切り花の未開花の管状花部の相対面積 (A) および花茎の伸長 (B) に及ぼす影響

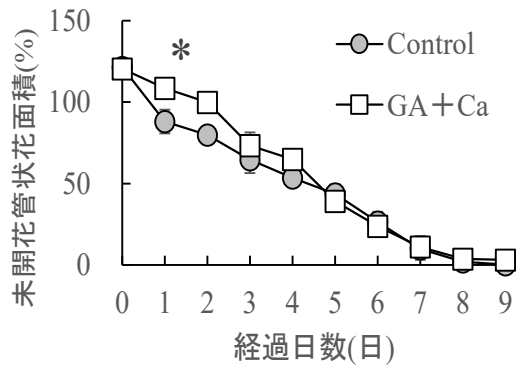
数値は9反復の平均 $\pm$ SE. 各時点における異符号間には, Tukey-Kramer 法において5%水準で有意差ありを示す.



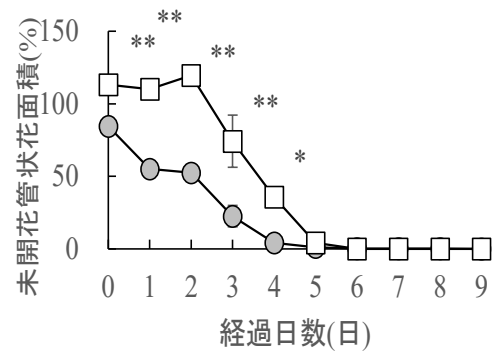
図Ⅶ-7 GA_3 $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ジベレリンと $30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 塩化カルシウムによる前処理がガーベラ ‘ミノウ’ 切り花の相対新鮮重 (A), 吸水量 (B) および蒸散量 (C) に及ぼす影響

数値は9反復の平均 $\pm$ SE. 各時点における異符号間には, Tukey-Kramer 法において5%水準で有意差ありを示す.

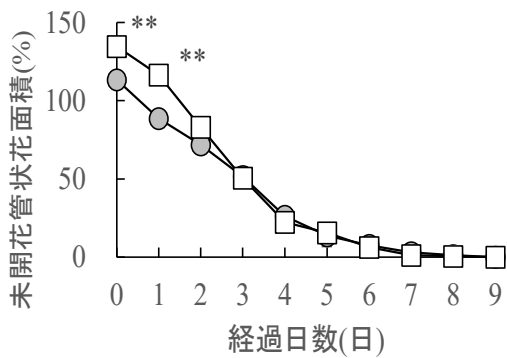
バナナ



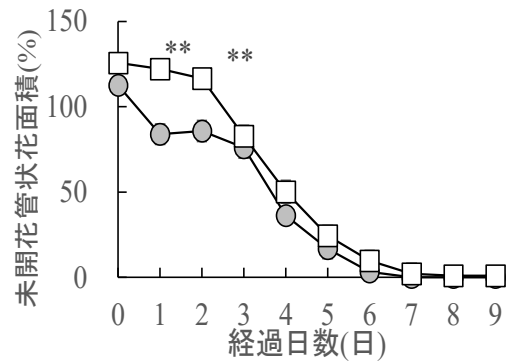
キムシー



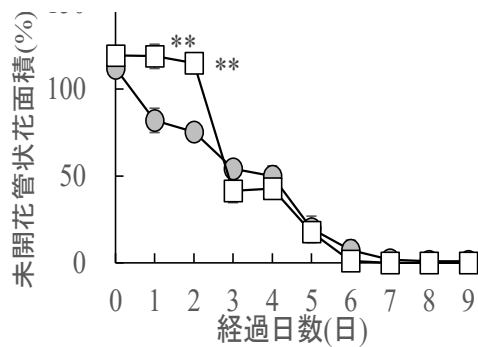
ピンタ



ティム

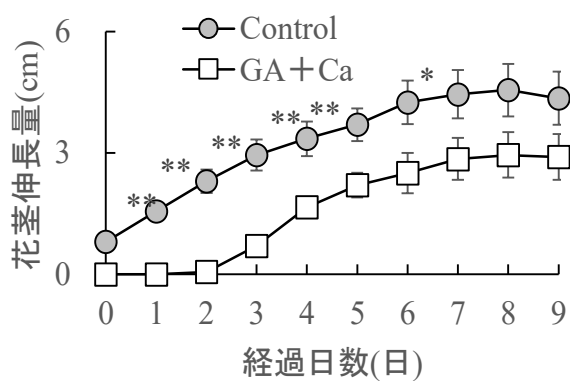


ビビット

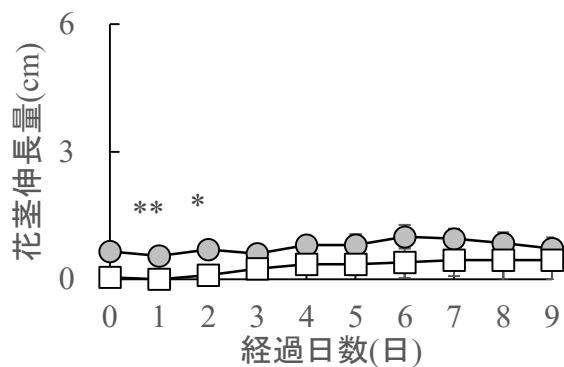


図VII-8 50 mg・L⁻¹ ジベレリンと 30 g・L⁻¹ 塩化カルシウムによる前処理がガーベラ ‘バナナ’, ‘キムシー’, ‘ピンタ’, ‘ティム’ および ‘ビビット’ 切り花の未開花の管状花部の相対面積に及ぼす影響
数値は 9 反復の平均値±SE. ** および*は, それぞれ t 検定で 1%水準, 5%水準で有意差ありを示す.

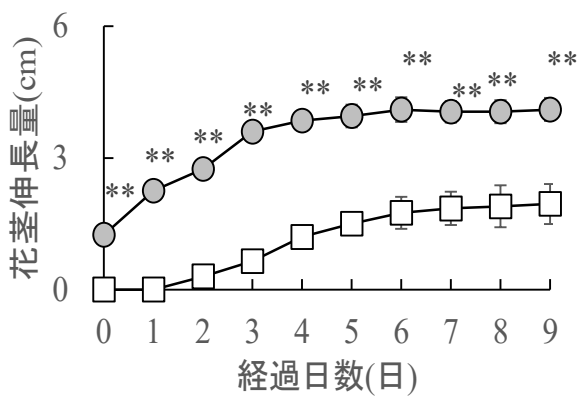
バナナ



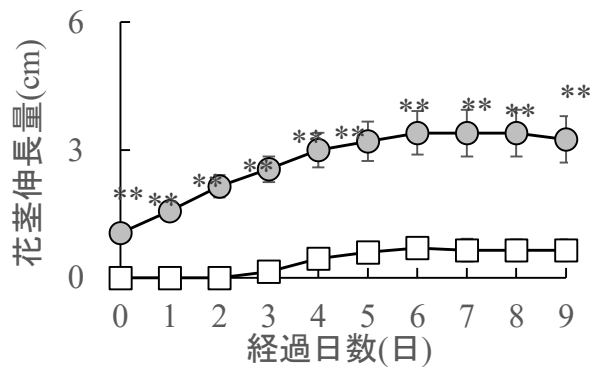
キムシー



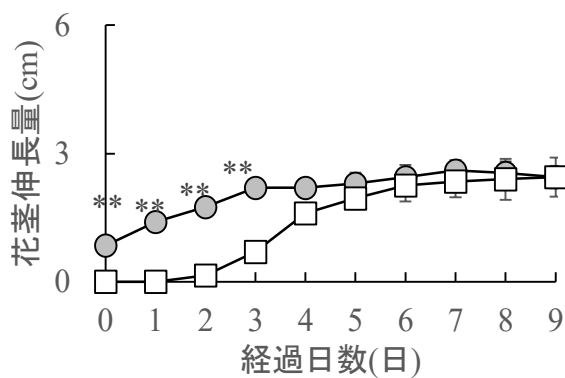
ピンタ



ティム



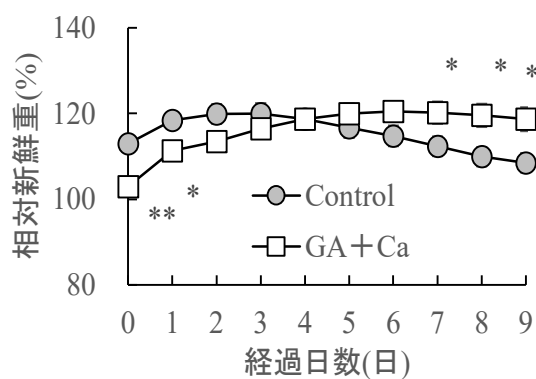
ビビット



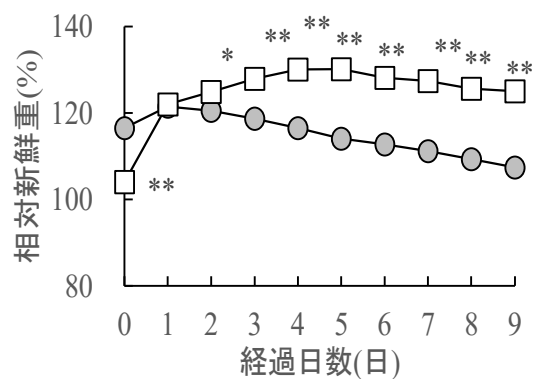
図VII-9 50 mg・L⁻¹ ジベレリンと 30 g・L⁻¹ 塩化カルシウムによる前処理がガーベラ ‘バナナ’, ‘キムシー’, ‘ピンタ’, ‘ティム’ および ‘ビビット’ 切り花の花茎伸長に及ぼす影響

数値は9反復の平均値±SE. ** および*は、それぞれ t 検定で 1%水準, 5%水準で有意差ありを示す.

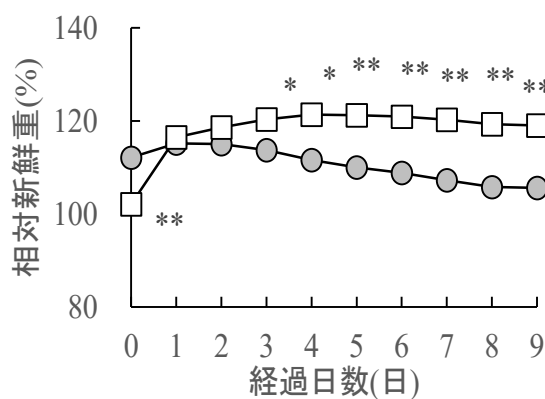
バナナ



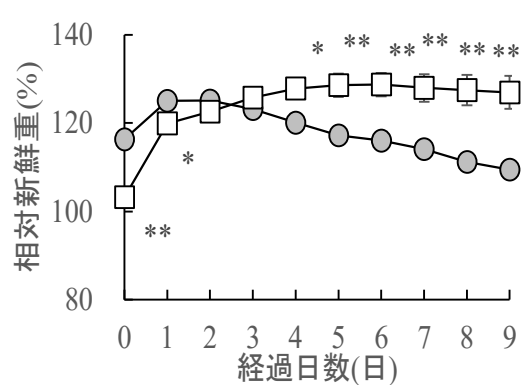
キムシー



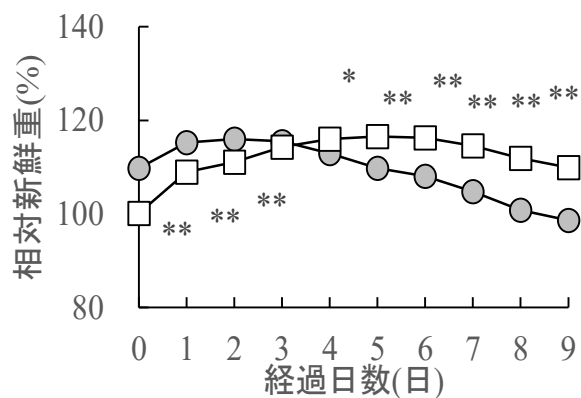
ピンタ



ティム

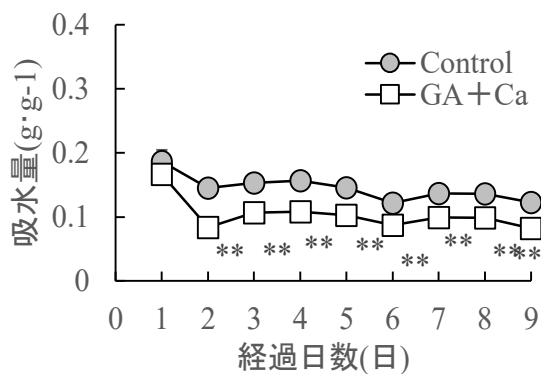


ビビット

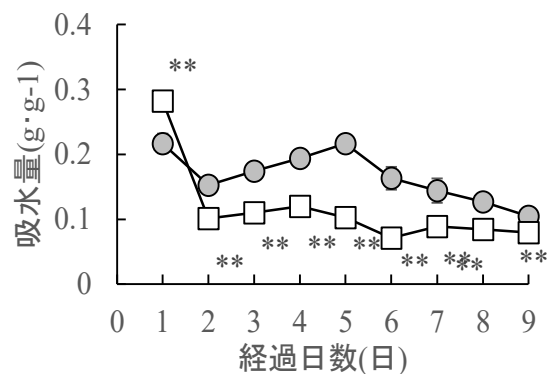


図VII-10 50 mg・L⁻¹ ジベレリンと 30 g・L⁻¹ 塩化カルシウムによる前処理がガーベラ ‘バナナ’、‘キムシー’、‘ピンタ’、‘ティム’ および ‘ビビット’ 切り花の相対新鮮重に及ぼす影響
 数値は 9 反復の平均値±SE. ** および*は、それぞれ t 検定で 1%水準、5%水準で有意差ありを示す。

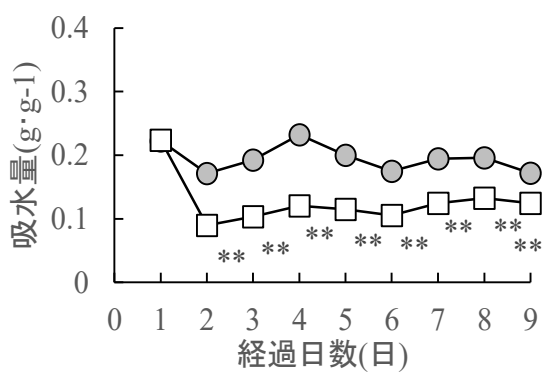
バナナ



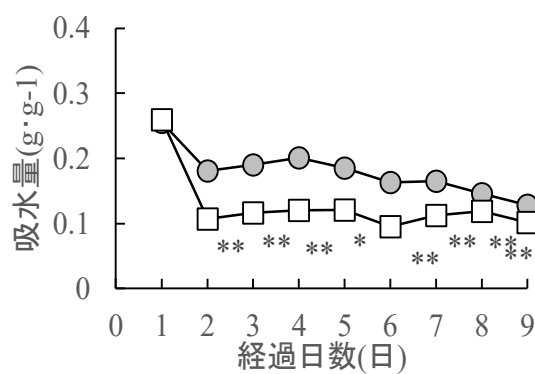
キムシー



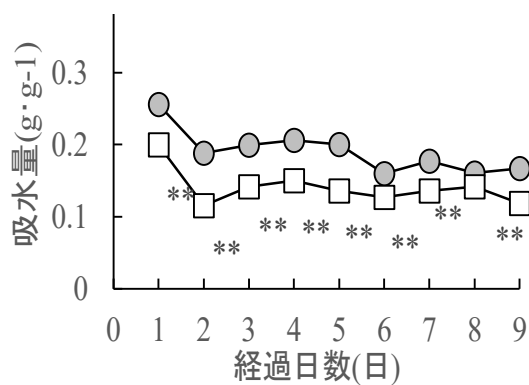
ピンク



ティム

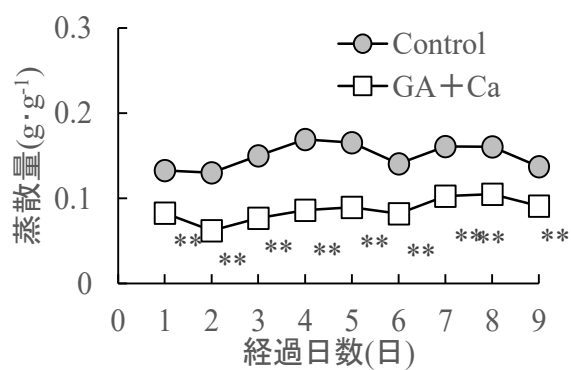


ビビット

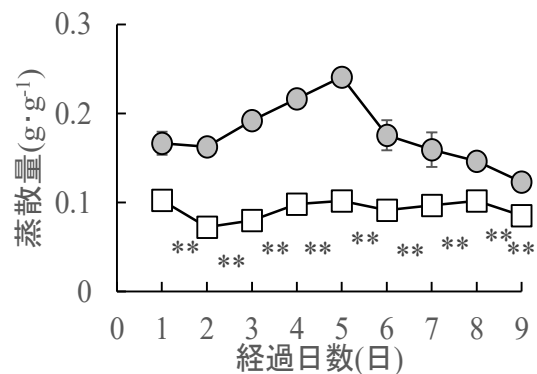


図Ⅶ-11 50 mg・L⁻¹ ジベレリンと 30 g・L⁻¹ 塩化カルシウムによる前処理がガーベラ ‘バナナ’, ‘キムシー’, ‘ピンク’, ‘ティム’ および ‘ビビット’ 切り花の吸水量に及ぼす影響
 数値は 9 反復の平均値±SE. ** および*は, それぞれ t 検定で 1%水準, 5%水準で有意差ありを示す.

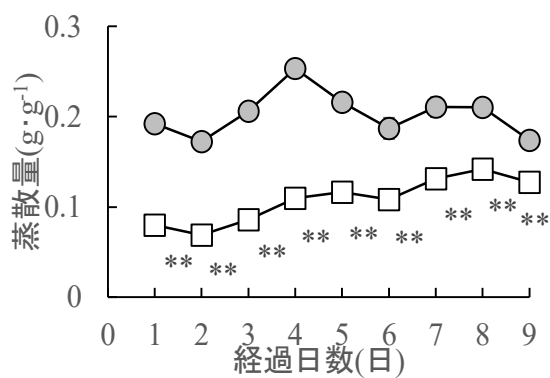
バナナ



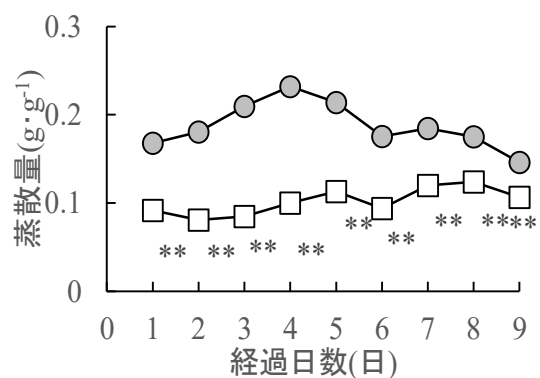
キムシー



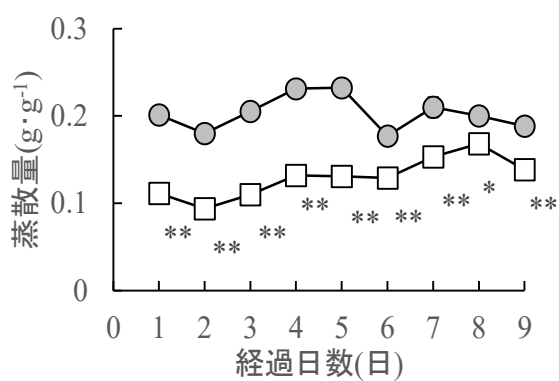
ピンタ



ティム



ビビット



図VII-12 50 mg・L⁻¹ ジベレリンと 30 g・L⁻¹ 塩化カルシウムによる前処理がガーベラ ‘バナナ’, ‘キムシー’, ‘ピンタ’, ‘ティム’ および ‘ビビット’ 切り花の蒸散量に及ぼす影響

数値は9反復の平均値±SE. ** および*は、それぞれt検定で1%水準、5%水準で有意差ありを示す。



図Ⅶ-13 処理開始から13日後のガーベラ‘ビビッド’切り花
左：50 mg・L⁻¹ ジベレリンと 30 g・L⁻¹ 塩化カルシウムで前処理.
右：コントロール（蒸留水）.

第8章 総合考察

多くの消費者は、切り花を購入する際に日持ちを重視している（今西ら, 1992; Mochizuki-Kawai ら, 2012）。ガーベラは日持ちが短い代表的な切り花とみなされている（市村, 2016）。消費者を対象としたアンケート調査では8割以上がガーベラ切り花の日持ちは1週間以内であったと回答した。その一方、ガーベラの観賞期間は10日以上であったという報告がある（Jones・Hill, 1993; 小笠原ら, 2012）。本研究においてもガーベラ切り花の日持ちのほとんどは10日以上であり、20日以上という事例もあった（表V-2）。上記アンケート調査では、観賞価値を失った症状として、「花茎が曲がった」が71%、「花茎が腐った」が35%（複数回答あり）と回答された（外岡, 2020）。本研究においても、ガーベラ切り花を細菌が増殖した水に生けると、花茎が腐り曲がり、日持ちが著しく短縮した（表II-2）。このことから、ガーベラ切り花の日持ちでは、花茎の腐りや曲がりの発生が大きな課題となっていると考えられた。そこで、当研究では第II～V章で、花茎の曲がりの発生の実態や原因および対策について検討した。

ガーベラ切り花の日持ちには品種間差があり、品種間差をもたらす原因は細菌に対する感受性であることが示唆されている（van Doorn・de Witte, 1994）。本研究では、ガーベラ切り花を生けた水の濁度は、品種により異なり（図II-2）、濁度が高い品種で日持ちが短かった（表II-1）。濁度は細菌数と相関が高く（佐藤ら, 1983）、本研究においても濁度が高い品種で、生け水中の細菌数が多かった（図II-3）。このことから、ガーベラ切り花を生けた水の細菌の増殖には品種間差があり、日持ちの品種間差に起因しているものと考えられた。

花茎長を40 cmに切り戻した‘ピクチャーパーフェクト’を生けた水には、生け花後から急速にグルコースとスクロースの溶出が始まり、48時間後には濃度が一定になった（図III-8）。生け水の電気伝導率を経時的に測定した結果、糖類濃度の変動と同様の動きを示した（未発表）。溶出したグルコースおよびスクロースと生け水の電気伝導率にはそれぞれ高い相関があった（図III-3）。また、生け水中の糖類および電気伝導率は、濁度とそれぞれ高い相関があった（図III-2, 4）。このことから、ガーベラ切り花から糖類や電解質が溶出し、これが栄養源となり、生け水中の細菌が増殖しているものと考えられた。

なお、生け花後48時間目の電気伝導率が高かった‘ピクチャーパーフェクト’では、その4日後から、再び電気伝導率が急速に高くなった（図III-7）。この電気伝導率の上昇には、濁度の上昇を伴っていた（未発表）。これは、細菌の増殖もしくはそれに伴う花茎の腐りによるものと考えられるが、さらなる検討が必要であると考ええる。

ガーベラ生け水に溶出されるグルコースとスクロースは、花茎を切り戻すことにより増加し（図III-8）、花茎中央にある空洞まで深く切り戻すことにより増加した（表III-1）。また、空洞がある部分では、花茎を水平に切り戻したものに比べ、斜めに切り戻すことにより増加した（表III-1）。糖類や電解質の溶出量が多い品種‘ピクチャーパーフェクト’では、少ない‘ピンタ’に比べ花茎の空洞が大きかった（図III-8, 図IV-6）。このことから、ガーベラ切り花から溶出する糖類や電解質は、花茎中央にある空洞や花茎の切り口から溶出されているものと考えられた。なお、花茎の糖度を測定したところ、生け水中に糖類の溶出が多い‘ピクチャーパーフェクト’が‘ピンタ’に比べ低かった（未発表）。このことは、花茎内の糖類量と生け水へ溶出する糖類量の相関は低いと考えられる。花茎の組織と生け水中に糖類が溶出する関係については、今後さらなる検討が必要と考えられる。

糖類や電解質の溶出量が多い品種‘ピクチャーパーフェクト’の生け水の電気伝導率は、低温期には低かったが、5～7月の初夏を中心に高かった（図IV-2）。また、電気伝導率の高い月は濁度が高まり（図IV-3）、日持ちが短かった（図IV-1）。一般にガーベラ切り花は高温期に日持ちが短いとされる。このことから、ガーベラ切り花が高温期に日持ちが短くなる原因として、ガーベラ切り花から溶出する糖類や電解質が関与しているものと考えられた。

ガーベラの栽培では、枯れた葉や古い葉を取り除く「葉かき」と呼ばれる作業が行われる。定植2年目以降の株では、春から盛夏にかけ、生育が旺盛となり、株あたりの葉数が増加するが、葉かき作業が追い付かず、株元が蒸れた状態になる現象を目にすることがある。こうした状況が、花茎に付着した細菌数に影響を与え、初夏に濁度が高くなることに影響を与えている可能性も考えられる。このため、切り花からの溶出物とともに、花茎の付着した細菌数とガーベラ切り花の日持ちとの関

係についても、今後検討していく必要があると考えられる。

花茎の曲がりとは、花茎の中央が空洞となっている部位で切断し、水分状態を改善することにより抑制される (van Meeteren, 1978)。本実験においても花茎を切り戻すことにより吸水量が増加し、濁度が高くなりにくい‘ピンタ’では日持ちが延長した (表Ⅲ-3)。このため、ガーベラの日持ちを考慮した場合、収穫後のいずれかの段階で、花茎の切り戻しを行う必要があると考えられる。

抗菌剤を添加した溶液と添加しない溶液で、生け水の電気伝導率を測定すると、処理前の溶液の電気伝導率には大きな差があったが、生け花後48時間目までに上昇した値には、抗菌剤の添加の有無による差は認められなかった (未発表)。このことについては、さらなる検討が必要であるが、花茎を切り戻したガーベラ切り花からは、抗菌剤処理の有無に関係なく、糖類や電解質が溶出していると考えられる。このため、切り花から溶出する糖類や電解質を除去するためには、生け水を交換する以外に方法はないものと考えられる。また、ガーベラ‘ミノウ’切り花を用いて、同量の蒸留水に、異なった本数の切り花を生けると、本数が多い方が少ないものより、生け水の電気伝導率が上昇し、濁度が高くなり、日持ちが短くなった (未発表)。このため、溶出量が多くなる高温期や生け花本数が多い場合などは、花茎を切り戻した後に、頻繁に水替えをする必要があると考えるが、現実的には細菌の増殖に対し、水替えが対応できていないため、花茎の腐りや曲がりが発生しているものと考えられる。

抗菌剤処理は、ガーベラ切り花から糖類や電解質が溶出した状態においても、生け水中の細菌の増殖を抑制し (図Ⅱ-5)、日持ちを向上する (表Ⅱ-3)。このため、花茎を切り戻した後は、生け花する状況に応じて、抗菌剤を適切に使用することが望ましいと考えられる。

高温期の乾式輸送では、輸送後、花茎の切り口の腐りが問題となることがあるが、抗菌剤処理をして輸送する湿式輸送では問題にはならない。産地において花茎を切り戻して水揚げする場合、花茎の切り口には糖類や電解質が溶出されている可能性があり、これが原因で花茎切り口の腐りを発生させる可能性があると考えられる。静岡県内の乾式輸送を行う産地では、原則花茎基部を残した状態で出荷している。乾式輸送であったとしても、花茎基部が残っている状態で花茎が腐ったという事例はこれまで聞いたことがない。糖類や電解質は、花茎基部が残っている状態では、ほとんど溶出しない (図Ⅲ-8)。

花茎基部が残っていることで、細菌に増殖した白濁した水に生けても、花茎の腐りは発生しなかった (表Ⅱ-2、図Ⅱ-4)。これらのことは、花茎基部があると、生け水中に糖類や電解質が溶出せず、細菌が増殖しにくいだけではなく、細菌が増殖した条件下においても、花茎の腐りの発生を抑制できるものと考えられる。このため、乾式輸送を行う場合は、花茎基部を残した状態で行うことが、花茎の腐りや曲がりの発生に対して、有効であると考えられる。

静岡県内の一般消費者への聞き取り調査では、ガーベラを生ける場合は、水面を浅くし、水面より数cm上で切り戻しながら、水替えするという方法が、ある程度定着していると考えられる。その起源は明らかではないが、おそらく花茎の腐りの発生の原因菌が、花茎内の空洞を通じて、水面の数cm程度上まで侵入することが、その考え方のもとになっていると考えられる。このため、こうした生け方は、花茎の腐りや曲がり対策として有効であると考えられる。

上記のように、花茎の曲がりの発生の主な原因は、生け水中の細菌の増殖であると考えられる。しかし、本実験において、抗菌剤処理により生け水中の細菌の増殖を抑制した状態でも生け花後に花茎の曲がりが発生する事例があった (表Ⅴ-1)。チューリップの切り花では、生け花中に茎が急速に伸長し、茎が折れて観賞価値が失われることが多い (渡邉ら, 2016)。ガーベラ切り花も収穫後に花茎が伸長するが、伸長量には品種間差がある (表Ⅴ-2)。しかし、ガーベラ切り花の品種では、花茎の伸長量と花茎の曲がりの発生率の相関は低かった (図Ⅴ-1B)。このことから、ガーベラ切り花では、花茎の伸長が花茎の曲がりの直接的な原因ではないと考えられた。また同様に、収穫時の花茎径と花茎の曲がりの発生率も相関が低かった (図Ⅴ-1A)。このことから、ガーベラ品種における収穫時の花茎径は、花茎の曲がりの発生率とは直接関係がないものと考えられた。ガーベラ切り花は、花茎の曲がりが発生する前に吸水量が減少し、新鮮重が低下すると報告されている (van Meeteren, 1978)。本実験においても、ガーベラ切り花の相対新鮮重は、処理開始後数日間大きくなった後に小さくなり、花茎の曲がりが発生した (表Ⅴ-3、図Ⅴ-2C)。花茎径と最大破断荷重は、‘キムシー’では処理開始後大きくなった後に小さくなった (図Ⅴ-5)。また、‘ケンタッキー’は時間の経過とともに小さくなった。その変化は相対新鮮重同様、品種により差はあるものの、時間の経過とともに減少した。この

ことから、花茎の曲がりは、相対新鮮重の減少に伴い、花茎径と最大破断荷重が小さくなり、花茎強度が弱まることにより発生するものと考えられた。

上記のように、品種間では、処理開始前の花茎径と花茎の曲がりの発生率の相関は低かった(図V-1A)。しかし、花茎の曲がりは、生け花後の時間の経過とともに、花茎径と最大破断荷重が小さくなることにより発生すると考えられる(図V-5)。このため、同一品種においては、花茎径が大きいものの方が、花茎の曲がりが発生しにくいと考えられる。静岡県内の一部産地では、花茎上部の花茎径を出荷基準に取り入れているが、‘ケンタッキー’のように花茎が曲がりやすい品種においては、こうした基準を設定し、花茎の曲がりの発生しにくい切り花を出荷することも、日持ち上有効な手段と考えられる。

塩化カルシウムは気孔開口の抑制作用があり(Ruiz ら, 1993)、蒸散を抑制し、相対新鮮重を高く維持する(図V-2B,C)。また、生け花後の花茎径や最大破断荷重が小さくなるのを抑制し、花茎の曲がりの発生を抑制した(図V-3,5)。このため、本実験の‘ケンタッキー’のように、花茎の曲がりにより観賞価値を失いやすい品種は、塩化カルシウム処理は極めて有効であると考えられた。その一方、‘キムシー’のように花茎の曲がりが発生しにくい品種では、その日持ち延長効果は限定的であると考えられる。

Perik ら(2012)は、花茎の曲がりに伴う水の損失量は、花よりも花茎で多いと報告している。このことは、水分不足により花茎の曲がりが発生しても、花卉は萎れにくいことを示している。実際、花茎が曲がり観賞価値を失った切り花においても花卉は萎れなかった(図VIII-1)。このことは、ガーベラ切り花は、水分が不足する環境下では、花茎から花へ水分が移動しているため、花茎の水分が減少し、花茎径が細くなり、最大破断荷重が低くなり、花茎の曲がりが発生しているものと考えられるが、その詳細な理由は、今後検討する必要があると思われる。

本実験においても、細菌が増殖した水に生けたガーベラは、花茎の曲がりが発生し、日持ちは極端に短くなった(表II-2)。また、花茎の曲がりが発生しやすい‘ケンタッキー’は、塩化カルシウム処理により花茎の曲がりの発生を抑制することで日持ちが著しく延長した(表V-3, 図V-3)。このように、ガーベラ切り花は、本来の花弁が観賞価値を失う以前に、花茎の曲がりが発生することにより、日持ちを短くしているものと考えられる。従

って、一般に日持ちがしないとされることが多いガーベラ切り花であるが、その花卉の日持ちは、他の切り花品目に比べ、必ずしも短くないと考えられる。このため、花茎の切り戻しや抗菌剤および塩化カルシウムを適切に使用することで、花茎の曲がりの発生を抑制できれば、ガーベラ切り花の日持ちが短いという印象は解消できる可能性が高いと考えられる。

ジベレリン処理は、カーネーション(Saks ら, 1992)やバラ(Goszczyńska ら, 1990)の日持ちを延長する。ヒマワリでは管状花の開花を抑制する(市村, 2016)。本実験においても、ガーベラの管状花の開花を遅延し、舌状花の老化を抑制した(表VI-2)。このため、ジベレリンを利用したガーベラ切り花の日持ち延長効果を検討した。しかし、ガーベラ切り花に対するジベレリン処理は花茎の伸長を促進し、花茎の曲がりの発生を助長し、日持ちを短くした(図VI-4)。塩化カルシウム処理は、蒸散を抑制し(図VI-2C)、相対新鮮重を高く保ち(図VI-2A)、花茎の伸長を抑制した(図VI-1B)。ジベレリンに塩化カルシウムを添加することにより、ジベレリンによる花茎の伸長と花茎の曲がりの発生を抑制し(図VI-4)、対照区およびそれぞれを単独で処理したものに比べ、日持ちを延長した(表VI-1)。予備実験では、ジベレリンとエセホンとの組合せ処理も検討したが、塩化カルシウム同様、花茎の伸長と曲がりの発生を抑制したが、早期に花卉の萎れが発生し、日持ちは短くなった(未発表)。

このため、ジベレリンと塩化カルシウムを利用した前処理効果について検討した。ジベレリンと塩化カルシウムによる日持ち延長効果は、前処理によっても確認された(表VII-3)。このことから、ジベレリンと塩化カルシウムの組合せ処理は、第II～V章における花茎の曲がりを抑制することによる日持ち延長以上の効果が期待できるものと考えられる。当研究におけるジベレリンと塩化カルシウムの前処理の実験は、前処理後は、抗菌剤を使用した条件下で行っている。これまでの予備実験の中で、高濃度の塩化カルシウム処理によりガーベラの花茎を傷めることがあった。この問題を解決するため、前処理後に蒸留水で生ける実験を行ったところ、 $10\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ジベレリンと $7.5\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 塩化カルシウムの前処理において、5品種のガーベラ切り花に対して、日持ち延長効果が認められた(未発表)。このことから、今後はコスト面を含めた実用的な濃度を検討していく必要があると考える。

当研究の結果は、生け花後の切り花に腐りが発生する

ような品目について、同様な現象が起きている可能性があるものと考えられる。また、ジベレリンの管状花の開花抑制効果は、ヒマワリ（市村，2016）で確認されており、キク科の植物において、同様の効果が期待される可能性があると思われる。また、ジベレリンの開花抑制については、他にも予備実験で日持ち延長効果がある品目を確認しており、今後他の切り花品目への応用について、さらなる研究が期待される。

本研究により、ガーベラは一般に日持ちが短いとされているが、その主要な原因は花卉が萎れる以前に、花茎の曲がりが発生するためと考えられる。これらは、輸送方法や輸送後の取り扱いに応じて、収穫後の花茎の切り戻しを適切なタイミングに行うことに加え、品種、季節、生ける環境等に応じて、適切に抗菌剤や塩化カルシウムを使用することにより、ガーベラ切り花の日持ちが短いという印象は解消できるものと考えられる。このため、産地、流通、小売り、消費者、各段階の関係者がガーベラ切り花の特性を理解し、適切に取り扱うことが重要と考えられる。さらに、ガーベラ切り花は、これらの取り扱いを理解したうえで、ジベレリンと塩化カルシウムを組合せ利用することにより、他の切り花品目以上に、日持ちする可能性を秘めた切り花であると考えられる。実用的には、品種や生産や生け花環境等さらなる研究が必要であるが、今後検討を重ね、利用方法を確立することで、ガーベラ切り花の日持ちが向上し、利用拡大されることを期待したい。

摘 要

切り花を購入する際、多くの消費者は観賞期間（日持ち）が長いことを重視している。しかし、ガーベラ切り花は、一般に日持ちが短いことが問題となっている。本研究では、ガーベラ切り花の日持ちを短縮させる原因の解明を行い、観賞期間を延長するための対策について検討した。

ガーベラ切り花が観賞価値を失う現象として、主に「花茎の曲がり」が発生する。ガーベラ切り花を花瓶に生けると、数日後に生けた水が白濁する。生け水の濁度は細菌の増殖と相関があり、濁度が高くなる品種で花茎の腐りや曲がりが多く発生し、日持ちが短かった。このことから、花茎の腐りや曲がりの発生は、生け水に増殖した細菌が原因であると考えられた。

ガーベラ切り花は、生け水に挿した後、グルコースとスクロースが溶出していた。溶出した糖類濃度が高い生け水では、細菌が増殖していた。また、糖類だけでなく、電解質も溶出しており、これも細菌の増殖に関与していた。このことから、ガーベラ切り花から溶出した糖類や電解質が細菌の増殖に関与していると考えられた。生け水中の糖類や電解質の濃度は、花茎を切り戻すことにより高くなった。このことから、糖類や電解質は、日持ちの悪い品種では多く溶出し、また花茎を切り戻すことで更に溶出が促進することがわかった。ガーベラ切り花からの溶出物が栄養源となり細菌が増殖し、その結果、花茎の曲がりや花茎の腐りを発生しているものと考えられた。

花茎が曲がり日持ちの短い‘ピクチャーパーフェクト’と、花茎の曲がりが起こり難く日持ちの長い‘ピンタ’を用いて、日持ちの季節間差を検討した。‘ピンタ’では、年間通して糖類や電解質の溶出量が少なかった。一方、‘ピクチャーパーフェクト’は、5～7月に電気伝導率と濁度が高く、この時期の日持ちは短かった。また、生け水に抗菌剤を添加することで、生け水の濁度は低下し、5～7月の日持ちは延長した。しかし、糖類や電解質の溶出量が少ない時期の切り花には抗菌剤による日持ち延長の効果はみられなかった。このことから、‘ピクチャーパーフェクト’の日持ちの季節間差は、切り花から溶出する糖類や電解質の量に関与しているものと考えられた。

生け水への抗菌剤添加処理した条件下で、花茎の曲が

りの発生の品種間差について検討した。この結果、抗菌剤を添加し、細菌の増殖を抑制したにも関わらず、花茎の曲がりが発生する品種が存在し、細菌による導管の閉塞以外にも、切り花の日持ち期間を短縮する要因があることが明らかになった。このような品種では、収穫直後の花茎径および生け花後の花茎の伸長量と花茎の曲がりの発生率の相関は低かった。このことから、収穫時の花茎径や生け花後の花茎の伸長量は、花茎の曲がりに関与していないものと考えられた。次に、花茎の曲がりが発生やすい‘ケンタッキー’と発生しにくい‘キムシー’を供試し、生け花後の花茎径と最大破断荷重の変化を検討した。いずれの品種も生け花後、花茎径と最大破断荷重の低下がみられたが、‘ケンタッキー’が‘キムシー’より顕著であった。塩化カルシウム処理を行うことで、両品種とも蒸散量が抑制され、花茎径や最大破断荷重の減少を抑制した。‘ケンタッキー’では花茎の曲がりの発生が抑制された。このことから、花茎の曲がりの発生には、花茎径の減少と最大破断荷重の減少が関与しているものと考えられた。また、塩化カルシウム処理は、蒸散の抑制と最大破断荷重が増加され、花茎の曲がりの抑制に効果的であると考えられた。

ジベレリン処理は、バラやカーネーション切り花で日持ちが向上させることが報告されている。このため、ジベレリン処理がガーベラの日持ちに及ぼす影響を検討した。ジベレリン処理は、ガーベラ切り花の管状花の開花を遅延したが、花茎が伸長し、花茎の曲がりが発生し、日持ちが低下した。このため、花茎の伸長を抑制する効果がある塩化カルシウムとの組合せ処理を検討した。ジベレリンと塩化カルシウムを組合せた連続処理は、ガーベラ切り花の管状花の開花を抑制し、舌状花卉の老化を遅延した。また、ジベレリン処理による花茎の伸長は、塩化カルシウムと組合せ処理することで抑制され、花茎の曲がりの発生を抑制した。

連続処理で日持ち延長効果が認められたジベレリンと塩化カルシウム処理について、前処理としてもガーベラ切り花の日持ち延長できるかどうか検討した。ジベレリンと塩化カルシウムを組合せた前処理は、塩化カルシウム単独処理により日持ちが延長した。このことから、ジベレリンと塩化カルシウムの前処理は、ガーベラの日持ち向上に有効であると考えられた。

本研究により、ガーベラ切り花の日持ちの上で大きな課題となっている花茎の曲がりの発生は、切り戻しのタイミングや抗菌剤および塩化カルシウムを適切に行うことで抑制でき、花茎の曲がりの発生することで、日持ちの向上は可能と考えられた。また、ジベレリンと塩化カルシウムを組合せ利用することで、管状花や舌状花の老化を抑制し、観賞期間の延長の可能性があると考えられた。本研究の知見は、ガーベラ切り花に対する消費者の不満を解消し、需要拡大に貢献することが期待できる。

謝 辞

静岡大学農学部中塚貴司教授には、本研究の遂行、とりまとめに際して終始御親切な御助言、御示唆をいただき、かつ御校閲賜った。ここに深く感謝の意を表する。また、岐阜大学応用生物科学部山田邦夫教授、静岡大学農学部加藤雅也教授には御校閲の労をとっていただいた。深く感謝の意を表する。

福花園種苗株式会社市村一雄博士には、共同研究者として、本研究の遂行、とりまとめに際して、御親切に御助言、御示唆をいただいた。また、論文作成にあたり、終始並々ならぬ御支援、御助言、御激励をいただいた。ここに深く感謝の意を表する。

浜松市農業バイオセンター本間義之氏には、本研究に取り組むきっかけとなる御助言や設計、遂行にあたり、御教授いただいた。また、貫井秀樹氏、大場聖司氏、豊泉友康氏、入谷明里氏には、共同研究者として、本研究の遂行にあたり、御助言、御支援を賜った。心より感謝の意を表する。

堀内正美氏、竹内隆氏には、実験期間中、数々の御配慮並びに御激励をいただいた。心より感謝申し上げる。

佐藤展之氏、岩崎勇次郎氏、興津敏広氏、名越勇樹氏、石田圭祐氏、井出由美香氏、梅田さつき氏には、同僚として、調査および実験の遂行に際して貴重な御助言をいただき、かつ御協力いただいた。また、稲葉善太郎氏には、論文作成に向け、終始暖かい励ましのお言葉をいただいた。心より感謝申し上げる。

中村寛氏、鈴木礼二氏、平田立氏、社浦由佳氏、鈴木郁代氏には、供試したガーベラ切り花の生産、実験施設の管理および調査において、御協力をいただいた。心より感謝申し上げる。

JA 大井川ガーベラ部会、JA ハイナナガーベラ部会、JA とびあ浜松ガーベラ部会の生産者並びに農協担当者の皆様には、生産現場で抱える問題点や栽培管理に関して情報提供いただいたほか、研究内容について、率直な意見いただいた。心より感謝申し上げる。

静岡県経済農業協同組合連合会の担当者様、静岡県花卉市場連合会並びに国内花き市場の皆様、小売店の担当者の皆様には、ガーベラ切り花の流通や消費の現状や課題について、御助言をいただいた。心より感謝申し上げる。

独立行政法人農業・生産系特定産業技術研究機構並びに各県試験研究機関の切り花日持ち関係研究担当者の皆様には、本研究の遂行にあたり、切り花の日持ち関係の会議や園芸学会など様々な場面を通じて、多くの御助言をいただいた。心より感謝申し上げる。

引用文献

- 青木健次. 2007. 基礎生物学テキストシリーズ4 微生物学. p. 72-73. 化学同人. 京都.
- Azuma, M., T. Onozaki and K. Ichimura. 2020. Difference of ethylene production and response to ethylene in cut flowers of dahlia (*Dahlia variabilis*) cultivars. *Sci. Hortic.* 273: 109635.
- Chen, J.-J., Y.-W. Sun and T.-F. Sheen. 1999. Use of cold water for irrigation reduces stem elongation of plug-grown tomato and cabbage seedlings. *HortScience*. 34: 852–854.
- Clerckx, A. C. M., A. Boeckstein and H. M. C. Put. 1989. Scanning electron microscopy of the stem of cut flowers of *Rosa* cv. Sonia and *Gerbera* cv. Fleur. *Acta Hortic.* 261: 97–105.
- Cowling, R. J. and N. P. Harberd. 1999. Gibberellins control *Arabidopsis* hypocotyl growth via regulation of cellular elongation. *J. Exp. Bot.* 50: 1351–1357.
- de Witte, Y., H. Harkeme and W. G. van Doorn. 2014. Effect of antimicrobial compounds on cut *Gerbera* flowers: Poor relation between stem bending and numbers of bacteria in the vase water. *Postharvest Biol. Technol.* 91: 78–83.
- Durkin, D. J. 1979. Effect of Millipore filtration, citric acid, and sucrose on peduncle water potential of cut rose flower. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 104: 860–863.
- Emongor, V. E. 2004. Effects of gibberellic acid on postharvest quality and vase life of gerbera cut flowers (*Gerbera jamesonii*). *J. Agron.* 3: 191–195.
- 藤井均・北田幹夫・布目光勇・堀江秀樹. 2008. カッター一刃を用いた根深ネギの物性評価方法. 富山農技研報. 25: 43–49.
- Fukai, S., Y. Manabe, P. Yangkhamman and T. Takamura. 2007. Changes in pigment content and surface micro-morphology of cut carnation flower petals under high-temperature conditions. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 82: 769–775.
- Gerasopoulos, D. and B. Chebli. 1999. Effects of pre-and postharvest calcium applications on the vase life of cut gerberas. *J. Hort. Sci. Biotech.* 74: 78–81.
- Geshnizjany, N., A. Ramezani and M. Khosh-Khui. 2014. Postharvest life of cut gerbera (*Gerbera jamesonii*) as affected by nano-silver particles and calcium chloride. *Int. J. Hort. Sci. Technol.* 1: 171–180.
- Goszczynska, D. M., N. Zieslin, Y. Mor and A. H. Halevy. 1990. Improvement of postharvest keeping quality of Mercedes roses by gibberellin. *Plant Growth Regul.* 9: 293–303.
- Halevy, A. H. and S. Mayak. 1979. Senescence and postharvest physiology of cut flowers, part 1. *Hort. Rev.* 1: 204–236.
- Halevy, A. H. and S. Mayak. 1981. Senescence and postharvest physiology of cut flowers, part 2. *Hort. Rev.* 3: 59–143.
- 浜田豊. 1994. 農業技術体系花卉編9 宿根草. p5-6. 農山漁村文化協会. 東京.
- Han, S.S. 1995. Growth regulators delay foliar chlorosis of Easter lily leaves. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 120: 254–258.
- 橋本雅一・奥脇義行・高橋信二・小林とよ子・西田 博・庄司フミ. 1990. 微生物学. p. 29-30. 建帛社. 東京.
- He, S., D. C. Joyce and D. E. Irving. 2006. Competition for water balance between inflorescences and leaves in cut flowering stems of *Grevillea* ‘Crimson Yul-lo’. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 81: 891–897.
- Hedden, P. and V. Sponsel. 2015. A century of gibberellin research. *J. Plant Growth Regul.* 34: 740–760.
- Hicklenton, P.B. 1991. GA₃ and benzylaminopurine delay leaf yellowing in cut *Alstroemeria* stems. *Hort. Sci.* 26: 1198–1199.
- Huang, X., S. Lin, S. He, X. Lin, J. Liu, R. Chen and H. Li. 2018. Characterization of stomata on floral organs and scapes of cut ‘Real’ gerberas and their involvement in postharvest water loss. *Postharvest Biol. Technol.* 142: 39–45.
- Ichimura, K. and R. Goto. 2000. Effect of gibberellin A₃ on leaf yellowing and vase life of cut *Narcissus tazetta* var. chinensis flowers. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 69: 423–427.
- Ichimura, K., Y. Kawabata, M. Kishimoto, R. Goto and K. Yamada. 2003. Shortage of soluble carbohydrates is largely responsible for short vase life of cut ‘Sonia’ rose flowers. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 72: 292–298.
- Ichimura, K., M. Taguchi and R. Norikoshi. 2006. Extension of the vase life in cut roses by treatment with glucose, isothiazolinonic germicide, citric acid and aluminum sulphate solution. *JARQ* 40: 263–269.
- Ichimura, K., H. Shimizu-Yumoto, R. Goto. 2009. Ethylene production by the gynoecium and receptacle is associated

- with sepal abscission in cut *Delphinium* flowers. *Postharvest Biol. Technol.* 52: 267–272.
- 市村一雄・湯本弘子・渋谷健市・望月寛子. 2011. 主要切り花品目の異なる季節における花持ちの調査. *Bull. Natl. Inst. Flor. Sci.* 11: 49–65.
- 市村一雄. 2011. 切り花の品質保持. p. 17-19, 21-22, 42-44, 157-159. 筑波書房. 東京.
- 市村一雄. 2016. 切り花の鮮度・品質保持. p84-87. 誠文堂新光社. 東京.
- 今西弘子・米沢富士雄・今西英雄. 1992. 花に対する花店利用者の意識. *園学雑.* 60: 981-987.
- In, B.-C., S. Motomura, K. Inamoto, M. Doi and G. Mori. 2007. Multivariate analysis of relations between preharvest environmental factors, postharvest morphological and physiological factors, and vase life of cut ‘Asami Red’ roses. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 76: 66–72.
- In, B.-C., K. Inamoto and M. Doi. 2009. An analysis of the causes of the seasonal fluctuations in vase life of cut roses. *Hort. Environ. Biotechnol.* 50: 446–450.
- In, B.-C. and J. H. Lim. 2018. Potential vase life of cut roses: Seasonal variation and relationships with growth conditions, phenotypes, and gene expressions. *Postharvest Biol. Technol.* 135: 93–103.
- John M. Pole and Harold F. Wilkins. 2005. *Floriculture Principles and Species.* P545-550. Prentice Hall.
- Jones R. B. and M. Hill. 1993. The effect of germicides on the longevity of cut flowers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118: 350-354.
- Kato, M., M. Kanda and K. Ichimura. 2022. Effects of pulse treatments with sucrose, silver thiosulfate and calcium chloride on the vase life and soluble carbohydrate and aurone levels in cut snapdragon flowers. *Hort. J.* 91: 112–121.
- Litvin, A.G., M.W., van Iersel and A. Malladi. 2016. Drought stress reduces stem elongation and alters gibberellin-related gene expression during vegetative growth of tomato. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 141: 591–597.
- Marousky, F. J. 1969. Vascular blockage, water absorption, stomatal opening, and respiration of cut ‘Better Times’ roses treated with 8-hydroxyquinoline citrate and sucrose. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 94: 223–226.
- 松川時晴. 1988. 園芸植物大辞典 1. P499-503. 小学館. 東京.
- 松本弘義. 2001. 静岡県野菜・花き園芸発達史. P379-382. 静岡県野菜・花き園芸発達史編纂委員会. 静岡.
- Mayak, S., A.H. Halevy, S. Sagie, A. Bar-Yoseph and B. Bravdo. 1974. The water balance of cut rose flowers. *Physiol. Plant.* 31: 15–22.
- Milani, M., E. M. Pradella, W. Heintze, G. Schafer and Bender, R.J. 2020. The effects of supplemental nitrogen and calcium on the quality and postharvest life of cut gerbera. *Ornam. Hortic.* 25: 365-373.
- Mochizuki-Kawai, H., S. Kishimoto, Y. Wada, T. Masuda and K. Ichimura. 2012. Petal saturation affects visible flower senescence in cut lilies. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 81: 350–356.
- Mutasa-Göttgens, E. and P. Hedden. 2009. Gibberellin as a factor in floral regulatory networks. *J. Exp. Bot.* 60: 1979–1989.
- Nishijima, T. 2003. Effect of gibberellin biosynthesis inhibitor on prevention of precocious bolting and flowering in Japanese radish (*Raphanus sativus* L.). *JARQ.* 37: 175–181.
- 農林水産省. 令和2年産切り花類, 鉢ものの類及び花き苗類の品目別, 都道府県別産出額.
<<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kaki/flower/attach/pdf/f-kaboku-5.pdf>>
- Norikoshi, R., T. Shibata, T. Niki and K. Ichimura. 2016. Sucrose treatment enlarges petal cell size and increases vacuolar sugar concentrations in cut rose flowers. *Postharvest Biol. Technol.* 116: 59–65.
- Norikoshi, R., T. Niki and K. Ichimura, 2022. Differential regulation of two 1-aminocyclopropane-1-carboxylate oxidase (ACO) genes, including the additional cloned *DeACO2* during senescence in carnation flowers. *Postharvest Biol. Technol.* 183: 111752.
- 小笠原悠・市村一雄・福永哲也・永田昌彦・井上守. 2012. 切り花の水揚げに関する生花店へのアンケート調査および水切りが主要切り花の吸水と品質保持に及ぼす影響. *園学研.* 11: 577-583.
- Okubo, H. and S. Uemoto. 1985. Changes in endogenous gibberellin and auxin activities during first internode elongation in tulip flower stalk. *Plant Cell Physiol.* 26: 709–719.
- 大川清. 1995. 花卉園芸総論. P176-179. 養賢堂. 東京.
- Perik, R. R. J., D. Razè, H. Herkeme, Y. Zhong and W. G. van

- Doom. 2012. Bending in cut *Gerbera jamesonii* flowers relates to adverse water relations and lack of stem sclerenchyma development, not to expansion of the stem central cavity or stem elongation. *Postharvest Biol. Technol.* 74: 11-18.
- Perik, R. R. J., D. Razé, A. Ferrante, W. G. van Doorn. 2014. Stem bending in cut *Gerbera jamesonii* flowers: Effects of a pulse treatment with sucrose and calcium ions. *Postharvest Biol. Technol.* 98: 7-13.
- Pompadakis, N. E., L. A. Terry, D. C. Joyce, D. Lydakis and M. D. Papadimitriou. 2005. Effect of seasonal variation and storage temperature on leaf chlorophyll fluorescence and vase life of cut roses. *Postharvest Biol. Technol.* 36: 1-8.
- Pun, U.K., T. Niki, K. Ichimura. 2013. Ethanol reduces sensitivity to ethylene and delays petal senescence in cut *Tweedia caerulea* flowers. *Plant Growth Regul.* 69: 125-130.
- Put, H. M. C. and L. Jansen. 1989. The effects on the vase life of cut *Rosa* cultivar 'Sonia' of bacteria added to the vase water. *Sci. Hortic.* 39: 167-179.
- Raab, M. M. and R. E. Koning. 1987. Interacting roles of gibberellin and ethylene in corolla expansion of *Ipomoea nil* (Convolvulaceae). *Amer. J. Bot.* 74: 921-927.
- Ruiz, L. P., C. J. Atkinson and T. A. Mansfield. 1993. Calcium in the xylem and its influence on the behavior of stomata. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 341: 67-74.
- Sabehat, A. and N. Zieslin. 1995. Promotion of postharvest increase in weight of rose (*Rosa hybrida* cv. Mercedes) petals by gibberellin. *J. Plant Physiol.* 145: 296-298.
- 齋藤勝裕. 2011. 絶対にわかる電気化学. P56. 株式会社講談社, 東京.
- 坂本浩・土井元章, 2007. ジベレリン A₃ 前処理がアリウムおよびオルニトガルム切り花の品質と日持ちに及ぼす影響. *J. Fac. Agric. Shinshu Univ.* 43: 27-31.
- Saks, Y., J. van Staden and M. T. Smith. 1992. Effect of gibberellic acid on carnation flower senescence: evidence that the delay of carnation flower senescence by gibberellic acid depends on the stage of flower development. *Plant Growth Regul.* 11: 45-51.
- Saks, Y. and J. van Staden. 1993. Effect of gibberellic acid on ACC content, EFE activity and Ethylene release by floral parts of the senescing carnation flower. *Plant Growth Regul.* 12: 99-104.
- 佐藤昭二・後藤正夫・土井養二. 1983. 植物病理学実験法. p. 94-95. 講談社サイエンティフィク. 東京.
- Shabanian, S., M. N. Esfahani, R. Karamian and L.-S. P. Tran. 2018. Physiological and biochemical modifications by postharvest treatment with sodium nitroprusside extend vase life of cut flowers of two gerbera cultivars. *Postharvest Biol. Technol.* 137: 1-8.
- 穴戸和夫・塚越規弘. 1998. 微生物科学—基礎・バイオ・環境利用まで—. p. 63-64. 昭晃堂. 東京.
- Steinz, B. and A. Cohen. 1982. Gibberellic acid promotes flower bud opening on detached flower stalks of statice (*Limonium sinuatum* L.). *HortScience.* 17: 903-904.
- 辰巳 敬・伊藤真人・窪田好浩・小林憲正・新名主輝男・本間善夫・渡辺 巖・雨宮孝志・庄司憲仁・中込真・矢田部健・米山 裕・ほか2名. 2012. 化学. p. 61. 数研出版. 東京.
- Thor, K. 2019. Calcium-nutrient and messenger. *Front. Plant Sci.* 10: 440.
- Tong, H., Y. Xiao, D. Liu, S. Gao, L. Liu, Y. Yin, Y. Jin, Q. Qian and C. Chua. 2014. Brassinosteroid regulates cell elongation by modulating gibberellin metabolism in rice. *Plant Cell.* 26: 4376-4393.
- 外岡慎. 2012. 静岡県のガーベラ生産の状況, p18-19, ハイドロボニックス 25(1). 日本養液栽培研究会, 東京
- 外岡慎. 2020. ガーベラ切り花の品質保持技術. P692-696. 農業および園芸 95(8). 養賢堂, 東京
- Torre, S. and T. Fjeld. 2001. Water loss and postharvest characteristics of cut rose grown at high or moderate relative air humidity. *Sci. Hortic.* 89: 217-226.
- 塚本洋太郎. 1974. 原色花卉図鑑 (上). P77. 保育社. 大阪
- 梅田さつき・外岡慎. 2020. 栽培2年間に於いて季節, 品種, 株齢がガーベラの収量構成要素に及ぼす影響. 静岡農林研報. 13: 1-6.
- van den Heuvel, K.J.P.T., G. W. M. Barendse and G. J. Wullems. 2001. Effect of gibberellic acid on cell division and cell elongation in anthers of the gibberellin deficient gib-1 mutant of tomato. *Plant Biol.* 3: 124-131.
- van Doorn, W. G., K. Schurer and Y. de Witte. 1989. Role of endogenous bacteria in vascular blockage of cut rose flowers. *J. Plant Physiol.* 134: 375-381.
- van Doorn, W. G. 1990. Aspiration of air at the cut surface of rose stems and its effect on the uptake of water. *J. Plant Physiol.*

- 137: 160–164.
- van Doorn, W. G. and Y. de Witte. 1994. Effect of bacteria on scape bending in cut *Gerbera jamesonii* flowers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119: 568–571.
- van Doorn, W. G. 1997. Water relations of cut flowers. Hort. Rev. 18: 1–85.
- van Doorn, W. G., R. R. J. Perik, P. Abadie and H. Harkema. 2011. A treatment to improve the vase life of cut tulips: Effects on tepal senescence, tepal abscission, leaf yellowing and stem elongation. Postharvest Biol. Technol. 61: 56–63.
- van Meeteren, U. 1978. Water relations and keeping-quality of cut Gerbera flowers. I. The cause of stem break. Sci. Hortic. 8: 65–74.
- van Meeteren, U., H. van Gelder and W. van Ieperen. 1999. Reconsideration of the use of deionized water as vase water in postharvest experiments on cut flowers. Postharvest Biol. Technol. 17: 175–187.
- 渡邊祐輔・宮島利功・中野優・市村一雄. 2016. エテホンと6-ベンジルアミノプリンを組み合わせた前処理がチューリップ切り花の品質保持期間に及ぼす効果. 園学研. 15: 445–452.
- Weiss, D. and A. H. Halevy. 1989. Stamens and gibberellin in the regulation of corolla pigmentation and growth in *Petunia hybrida*. Planta. 179: 89–96.
- Wernett, H. C., T. J. Sheehan, G. J. Wilfret, F. J. Marousky, P. M. Lyrene and D. A. Knauff. 1996. Postharvest longevity of cut-flower Gerbera. I. Response to selection for vase life components. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121: 216–221.
- Woltering, E. J. and W. G. van Doorn. 1988. Role of ethylene in senescence of petals-morphological and taxonomical relationships. J. Exp. Bot. 39: 1605–1616.
- Wyn Jones, R. G. and O. R. Lunt. 1967. The function of calcium in plants. Bot. Rev. 33: 407–426.
- 安田元夫・鈴木計之介・奥田 聡・諸川俊夫. 1981. 化学の基本. p. 90. 朝倉書店. 東京.
- Zagory, D. and M. S. Reid. 1986. Role of vase solution microorganisms in the life of cut flowers. J. Am. Soc. Hort. Sci. 111: 154–158.
- Zhao, G. and J. Wang. 2008. Effect of gibberellin and uniconazole on mesocotyl elongation of dark-grown maize under different seeding depths. Plant Prod. Sci. 11: 423–429.
- Zhang, L., L. Li, J. Wu, J. Peng, L. Zhang and X. Wang. 2012. Cell expansion and microtubule behavior in ray floret petals of *Gerbera hybrida*: Responses to light and gibberellic. Photochem. Photobiol. Sci. 11: 279–288.

Summary

Flower longevity is one of the most important traits for ornamental plants. Consumers appreciate long-lasting flowers, but gerbera (*Gerbera* × *hybrida*) cut flowers have relatively short vase life. Here I revealed some cause of shortened vase life in gerbera cut flowers. In addition, I proposed some ways how to improve vase life of them.

First, I investigated a factor that shortens the vase life of cut gerbera was investigated. In gerbera cut flowers, “stem bending” is responsible for short vase life. An experiment using vase water of cut ‘Picture Perfect’ and ‘Pinta’ revealed a correlation between the turbidity and bacterial number, suggesting that an increase in the turbidity of vase water is attributable to bacterial proliferation. There were differences among seven cultivars in the turbidity of vase water. These results suggest that there is variation among cultivars in the turbidity of vase water, which is closely associated with the vase life of cut gerbera.

Second, I investigated the effects of stem cutting on electrolytes and sugars released from cut stems, the turbidity of vase water, and vase life in gerbera. In cut gerbera ‘Minou’, electrical conductivity, sugar concentrations, and turbidity of vase water were affected by positions of stem cutting and the method of cutting. Electrical conductivity, turbidity, and sugar concentrations in the vase water were significantly correlated. Variations in vase life, turbidity of vase water at 7 days after cutting, and water uptake were investigated using seven cultivars. The vase life was negatively correlated with electrical conductivity and sugar concentrations in the vase water at 2 days after cutting. Next, we investigated the effect of cutting on turbidity and sugars in ‘Pinta’ and ‘Picture Perfect’, whose vase life was the longest and shortest among the seven cultivars, respectively. In cut ‘Pinta’, turbidity and sugar concentrations in vase water were only slightly increased and the vase life was significantly extended by cutting stems. In contrast, these values were markedly increased and vase life was not extended in ‘Picture Perfect’. These results suggest that sugars and electrolyte were released into vase water by cutting stems, and difference in the amounts of these compounds may be associated with cultivar variations in vase life in cut gerbera flowers.

Third, Seasonal changes in vase life and the electrical conductivity and turbidity of vase water was studied in cut gerbera using two cultivars, namely, ‘Picture Perfect’ and ‘Pinta.’ From May to July, when the electrical conductivity and turbidity of vase water were relatively high, the vase life of cut ‘Picture Perfect’ was relatively short. From May to July, the vase life of cut ‘Pinta’ was not reduced. CMIT/MIT antimicrobial compound treatment reduced the turbidity of vase water in ‘Picture Perfect.’ The vase life of cut ‘Picture Perfect’ was found to have a significant seasonal variation. The amounts of compounds, including electrolytes, released by cut ‘Picture Perfect’ stems may explain the variation in vase life.

Fourth, to explore in detail variations in the occurrence of stem bending under condition in which bacterial proliferation is suppressed, the occurrence of stem bending was investigated using cut flowers from 31 cultivars in the presence of the antimicrobial compound. The occurrence of stem bending varied significantly between cultivars. Following that, the stem diameter, stem elongation, and maximum breaking strength of stems were investigated using ‘Kentucky’, which is prone to stem bending, and ‘Kimsey’, which is less prone to it. The flower stem diameter of ‘Kentucky’ became smaller than that of ‘Kimsey’. In addition, the maximum breaking strength of the stem became lower in ‘Kentucky’ compared to ‘Kimsey’. Treatment with calcium chloride (CaCl₂) suppressed the occurrence of stem bending in ‘Kentucky’. In ‘Kentucky’ and ‘Kimsey’, CaCl₂ treatment suppressed transpiration and increased stem diameter and maximum breaking strength. These results suggest stem bending in cut gerbera ‘Kentucky’ may be caused by a decrease in flower stem diameter and a weakening of stem strength under conditions of suppressing bacterial proliferation.

Fifth, to clarify whether vase life extension by CaCl₂ is improved by combined treatment with gibberellin

A₃ (GA₃), the effect of treatment with 50 mg·L⁻¹ GA₃, 5 g·L⁻¹ CaCl₂ or in combination on the vase life of cut gerbera 'Minou' was investigated. Treatment with GA₃ alone delayed the opening of tubular florets and increased the area of unopen florets, but stem elongation which led to stem bending shortened vase life. Combined treatment with GA₃ and CaCl₂ extended the vase life of cut gerbera more than did treatment with CaCl₂ alone. To clarify whether GA₃ delays petal senescence, the effect of GA₃ at 10 and 50 mg·L⁻¹ on petal senescence was investigated using shortened stems. GA₃ at both concentrations significantly delayed petal senescence. It was concluded that combined treatment with GA₃ and CaCl₂ is an available treatment for extending the vase life of cut gerbera.

Finally, the effect of pretreatment with gibberellin A₃ (GA₃) and calcium chloride (CaCl₂) on the vase life of cut gerbera 'Minou' was investigated. The effect of pretreatment with gibberellin A₃ (GA₃) and calcium chloride (CaCl₂) on the vase life of cut gerbera 'Minou' was investigated. When cut gerbera was pretreated with 144 M GA₃ in combination with CaCl₂ at 90, 180, 270, and 360 mM, stem elongation was suppressed with the increasing concentration of CaCl₂. Next, the effect of pretreatment with 144 M GA₃, 270 mM CaCl₂, and their combination on the vase life of the cut gerbera was investigated. Combined treatment with GA₃ and CaCl₂ significantly extended vase life more than GA₃ alone and CaCl₂ alone. The vase life of the cut gerbera 'Banana', 'Kimsey', 'Pinta', 'Tim', and 'Vivid' was significantly extended by pretreatment with 144 M GA₃ and 270 mM CaCl₂. It was concluded that combined treatment with GA₃ and CaCl₂ was effective in extending the vase life of the cut gerbera.

Taken together, stem bending is a major reason to shorten vase life in gerbera cut flowers, and can be suppressed by applicable cutting back, the combination application of antimicrobials and calcium chloride. These treatments would be improved the extension of vase life in gerbera.

静岡県農林技術研究所 〒438-0803 静岡県磐田市富丘 678-1
電話(0538) 35-7211

茶業研究センター 〒439-0002 菊川市倉沢 1706-11
電話(0548) 27-2880

果樹研究センター 〒424-0101 静岡市清水区茂畑
電話(054) 376-6150

伊豆農業研究センター 〒413-0411 賀茂郡東伊豆町稲取 3012
電話(0557) 95-2341

森林・林業研究センター 〒434-0016 浜松市浜名区根堅 2542-8
電話(053) 583-3121

令和 8 年 3 月 31 日 発行

〒438-0803 静岡県磐田市富丘 678-1

編集兼
発行者

静岡県農林技術研究所

電話(0538) 35-7211