

3月出荷作型トルコギキョウへの炭酸ガス施用が 花卉の糖組成と形質，および収穫後の品質保持に与える影響

池森恵子，市村一雄¹⁾，中山久之，前田瑛里

キーワード：花形質，花卉，炭酸ガス施用，糖組成

Effects of CO₂ Enrichment on Petal Sugar Content, Petal Traits and
Postharvest Cut Flower Quality of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. in Spring Shipment

Keiko IKEMORI, Kazuo ICHIMURA, Hisayuki NAKAYAMA, Eri MAEDA

目次

1. 緒言
2. 材料および方法
 - 1) 供試品種と栽培概要
 - 2) 試験1. 炭酸ガス施用の有無と花卉中の糖組成および花卉形質の比較
 - 3) 試験2. 炭酸ガス施用の有無と切り花相対重量の経時変化
3. 結果
 - 1) 栽培中の環境条件
 - 2) 試験1. 炭酸ガス施用の有無と花卉中の糖組成および花卉形質の比較
 - 3) 試験2. 炭酸ガス施用の有無と切り花相対重量の経時変化
4. 考察
5. 摘要
6. 引用文献

Summary

¹⁾元農研機構野菜花き研究部門

1. 緒言

花色や花形が多様なトルコギキョウは幅広い用途に用いられており、東京都中央卸売市場における切り花の取扱金額ではキク、バラ、カーネーションに次ぐ国内主要花き品目である(東京都中央卸売市場, 2019)。

本県での作付面積は約8ha(農林水産省, 2018)であり、収穫は「2度切り栽培(収穫後切下株の再仕立て)」を含め10月から翌6月で、県外市場を中心に出荷されている。本県の主要な作型は9月上旬から10月にかけて定植し、12月から3月に開花させる冬春季出荷作型である。この作型は花芽分化期から開花期にかけて低温、寡日照となるため、開花遅延や切り花ボリュームの不足、あるいは花芽が発達の途中で壊死するブラスチングの発生が多くなるなど、安定生産が課題となっている。

近年、本県では冬季の安定生産に向けた環境制御技術への関心が高まっており、生産者の一部ではすでに取り組みを始めている。これまでに、トルコギキョウの環境制御技術による光合成促進効果として、開花促進をはじめ、分枝数や茎径の

増大、切り花重量の増加、ブラスチング抑制による有効花蕾数の増加等が報告(千綿・栗山, 2013; Ushioら, 2014; 牛尾ら, 2018)されており、本センターでも1~2月出荷作型における炭酸ガス施用と28℃の高温換気によって同様の切り花品質向上効果を報告(池森, 2019)している。しかし、文献調査では花形質や日持ちに対する炭酸ガス施用効果の報告は見当たらない。

トルコギキョウは八重咲き品種の人气が高く、花卉数の多いボリュームのある花形質は消費者の嗜好を左右する重要な形質であり、取引単価に影響する。また、品目に限らず、一般的に花の日持ちに対する消費者のニーズは非常に高い(農林水産省, 2009)。

そこで、本研究では品種「セレブリッチホワイト」を用いて、3月出荷作型における炭酸ガス施用が、展開中の花卉の糖組成や満開時の花卉形質、収穫後切り花の品質保持に与える優位性を確認したので、その概要について報告する。

2. 材料および方法

1) 供試品種と栽培概要

試験には本県の冬春季出荷作型において導入が進んでいる品種「セレブリッチホワイト」(株サカタのタネ)を供試した。

試験は農林技術開発センター(諫早市貝津町)のAPハウス2棟で行い、うち1棟は炭酸ガスを施用する区(以下、施用区)、もう1棟は炭酸ガスを施用しない区(以下、無施用区)とした。

2019年7月19日に、684穴ペーパーポットに培土を充填し、かん水後播種した。播種後、5℃に設定した冷蔵庫内の暗黒条件下で22日間冷蔵処理を行った。その後54日間、終日22℃設定でクーラー育苗を行い、10月2日に本葉2~3対展開した苗を定植した。定植は10cm×10cm、6目のフラワーネットに中抜き両側2条植えとした。施肥はコーボしきしま9号(N:P₂O₅:K₂O=9:6:6)を7kg/10a施用した。頂花を摘蕾後、一次側枝が株あたり2~3本になるよう

整枝を行い、一次側枝および二次側枝に着生する花蕾数が5~7輪になるよう摘蕾した。

定植後から採花終了まで地上1.5mの高さから2.5m×2.5m間隔で設置した白熱灯(75W)で6時間(22:00~4:00)の暗期中断処理を行った。

定植後から10月28日までは側窓を昼夜開放して管理し、それ以降は27℃に設定した自動換気装置を用いて換気した。加温は11月13日から開始し、設定は5:00~7:00を12℃、7:00~14:00を15℃、14:00~18:00を18℃、18:00~5:00を10℃とする変温管理を行った。

炭酸ガスの施用には燃焼式炭酸ガス発生機(グロウウェアCG-25S1, ネポン(株))を用いた。発生機の吹き出し口から1m離れた位置に送風機を設置し、送風機から各畝の中央にポリダクト(送風時直径100mm, 直径3mmの穴が20cmピッチで配置されたもの)を配置した。

また、複合環境制御装置(ウルトラエースH, ㈱渡辺パイプ)を用いて、11月1日から1月5日まで400~500ppm, 1月6日から採花終了まで500~600ppmとなるよう濃度制御を行った。一方、無施用区では炭酸ガスの施用は行わなかった。

なお、施用区の炭酸ガス濃度計測には複合環境制御装置、無施用区はCO₂データロガー(TR-76Ui, ㈱ティアンドディ)を用い、各センサーを地上1mの位置に設置し測定した。気温の計測には両区ともに温度センサー(おんどとりJr, TR-52S, ㈱ティアンドディ)を炭酸ガスセンサーと同位置に設置し測定した。

2) 試験1. 炭酸ガス施用の有無と花卉中の糖組成および花卉形質の比較

2020年3月17日に、横径および縦径が40mm程度に発達した展開中の花蕾(図1)各区10個の外花卉を1枚採取し、分析に供した。なお、花卉からの糖抽出には簡易迅速抽出法(乗越ら, 2006)を用いた。抽出液を85℃で30分間乾固させ、その後、1mlの蒸留水で溶解し、メンブレンフィルター(amicon Ultrafree MC, 0.45μm, 日本ミリポア㈱)で除塵した。これを、日本分光㈱製高速液体クロマトグラフシステム(ポンプ: PU-4180, オートサンプラー: AS-4150)を用い、トルコギキョウの花卉に含まれる2つの主な糖質、スクロースとグルコースを分別し、面積百分率法による定量を行った。測定条件はカラムがShodex SUGAR SP8 10, 移動相が蒸留水, 流量が1.0ml/min, カラ

ム温度が80℃で、検出器は示差屈折率計RI-4030を用いた。

上記で供した花蕾が満開となった時点で花托部分から切り取って採取し、最大花径と1花あたりの花卉枚数、および花卉生重量を測定した。その後、100℃に設定した乾熱器で8時間乾燥させ乾重量を測定した。

3) 試験2. 炭酸ガス施用の有無と切り花相対重量の経時変化

2020年3月27日に、株あたり3輪が満開となった各区5本ずつの切り花を、長さ50cmに調整後、下20cmを脱葉して、蒸留水の入った直管試験管に1本ずつ浸漬した。室温を20℃に設定し、湿度は成り行きとした室内に静置し、3月27日から4月8日までの13日間、毎日切り花重量を測定した。



図1 糖の抽出に供試した花蕾

3. 結果

1) 栽培中の環境条件

低日照期にあたる2020年1月の月平均日照量は7.36MJ/m²であり(農技セ, 2020), これと同等の日照量となった1月20日(曇天日)と、同月で最も日照量が多かった1月21日(晴天日)の日平均温度を表1に示す。図2には両日の時間別の温度推移を、図3には日中11時~16時の炭酸ガス濃度と温度推移を示す。

日中の温度は燃焼式炭酸ガス発生機からの発熱によって施用区で高く推移し、特に炭酸ガス

発生器が頻繁に稼動する11:00~16:00の施用区の平均温度は1月20日で3.7℃, 1月21日で1.8℃, 無施用区より高く推移した。なお、両区の日平均気温の差0.2~0.3℃とわずかであった。

11時~16時の炭酸ガス濃度は、曇天の1月20日で施用区が500~680ppm, 無施用区が330~350ppmで推移した。晴天の1月21日は施用区で480~670ppm, 無施用区は320~340ppmで推移し、両日とも無施用区では外気レベルの380~400ppmを下回った。

表1 1月20日, 1月21日の日射量と日平均温度

試験区	1月20日(曇天日)		1月21日(晴天日)	
	日射量 (MJ/m ²)	日平均温度 (°C)	日射量 (MJ/m ²)	日平均温度 (°C)
施用区	7.44	16.2	13.62	16.9
無施用区		15.9		17.1

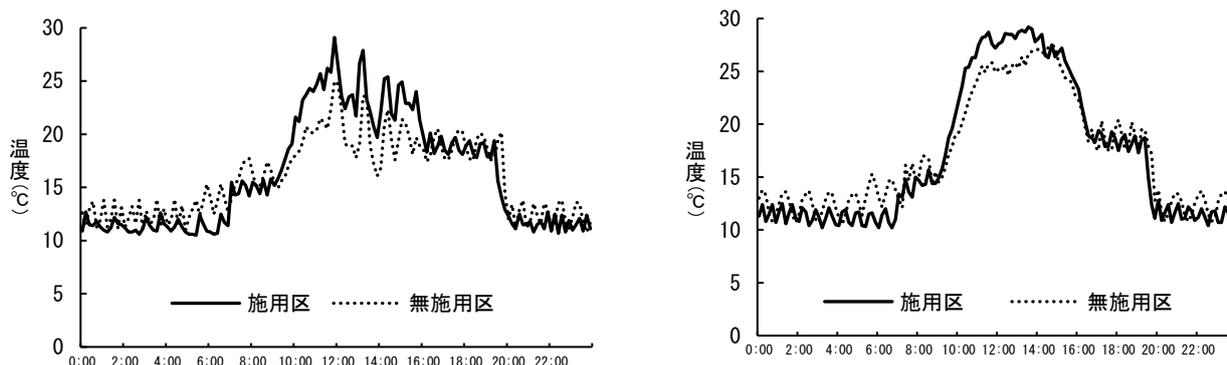


図2 時間別の温度推移(左:1月20日, 右:1月21日)

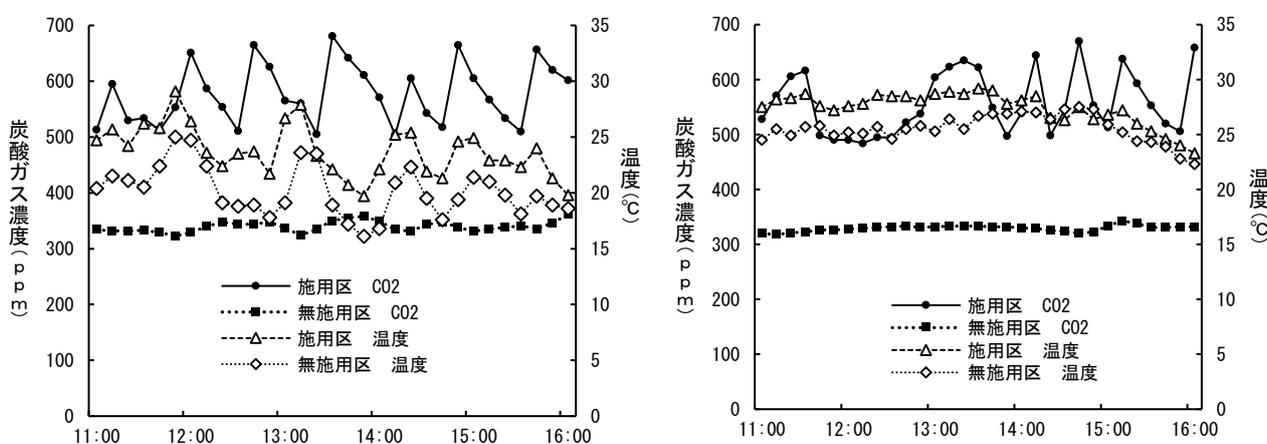


図3 日中の炭酸ガス濃度と温度推移(左:1月20日, 右:1月21日)

2) 試験1. 炭酸ガス施用の有無と花卉中の糖組成および花卉形質の比較

HPLC分析によって得られたスクロースとグルコースのピーク面積の合計から両区の糖含有量を比較した。無施用区の糖含有量を1.00としたときの施用区の糖含有量比は1.15で、施用区の

含有量が高かった。また、糖組成を相対割合で比較すると、無施用区はスクロースが54.5%と過半を占めたが、施用区ではグルコースがスクロースよりも多く含まれ、過半を占めた(表2)。

表2 花卉中のスクロースとグルコースの相対割合^z(%)

区名	糖含有量比 ^y	スクロース (%)	グルコース (%)
施用区	1.15	49.0	51.0
無施用区	1.00	54.5	45.5

^z 相対割合：スクロースとグルコースの合計面積に対して各糖のピーク面積が占める割合

^y 糖含有量比：無施用区の花弁から抽出・分析して得られたスクロースとグルコースのピーク合計面積を1.00としたときの含有量比

その後満開となった花卉の形質を調査した結果を表3に示す。満開時の花径は施用区で92.3mm，無施用区で97.5mmと，無施用区でやや大きくなったが有意な差までは見られなかった。一方，花卉枚数は施用区で40.2枚となり，

無施用区の30.6枚と比べ有意に多かった(写真1)。また，花卉の生重量は，施用区で10.2g，無施用区で8.5gと，施用区で有意に重くなった一方，乾重量の差はわずか0.2gで有意な差は認められなかった。

表3 満開時の花卉形質

区名	花径 (mm)	花卉枚数 (枚)	花卉重量	
			生重量(g)	乾重量(g)
施用区	92.3	40.2	10.2	1.6
無施用区	97.5	30.6	8.5	1.4
有意性 ^z	n.s.	*	*	n.s.

^z t検定により*は5%水準で有意差あり，n.s.は有意差なし。(n=10)

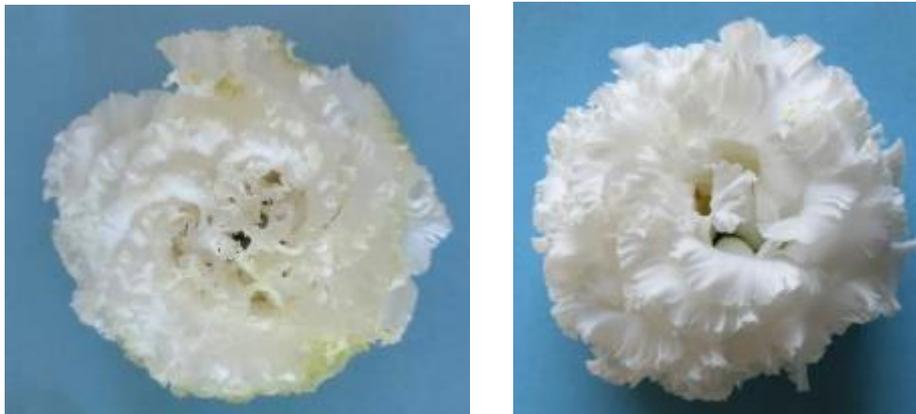


写真1 満開時の花形
左：施用区 右：無施用区

3) 試験2. 炭酸ガス施用の有無と切り花相対重量の経時変化

採花日から採花12日後までの切り花の相対重量の推移を図5に示す。両区とも相対重量は採花6日後にピークとなり、施用区の相対重量は8日後

から緩やかに減少し、採花12日後には採花日と同じ1.0となった。一方、無施用区では採花7日から10日後にかけて急激に減少し、採花12日後には0.9と、採花日の相対重量を下回った。

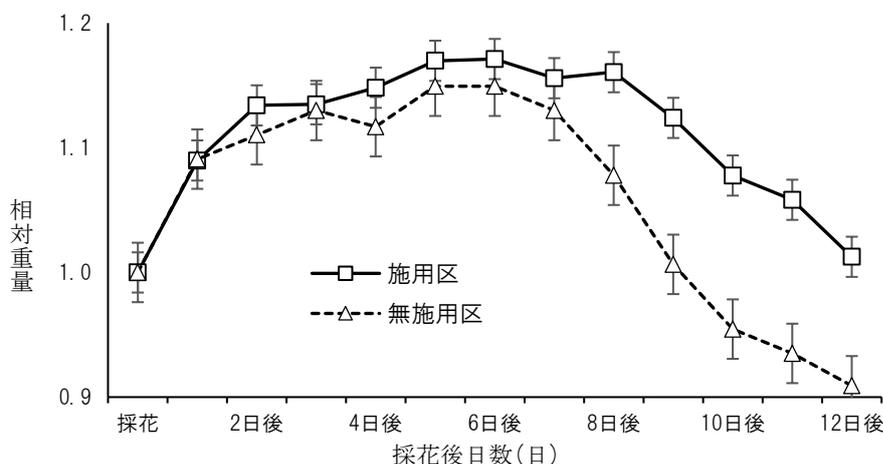


図5 採花日から12日後までの切り花相対重量²の推移 (n=5)

² 採花日にお各各区切り花の新鮮重量を1.0としたときの重量比

4. 考察

蕾の正常な発達には糖が重要な役割を果たすとされる。その一つは浸透圧調節物質としての役割であり、花卉細胞の液胞に蓄積した糖は細胞内の浸透圧を上昇させ、細胞内へ水が流入することで細胞を肥大させ花卉を展開させる (Yamadaら, 2009; Norikoshiら, 2016b)。また、花卉展開中に生成される雄ずいや雌ずいなどの花器官形成にも糖が利用されるほか、呼吸基質としての役割など、多数の重要な生体制御に利用される (Halevy・Mayak, 1979; Doorn・Wolterring, 2008; 市村, 2018)。このため、花芽分化後から開花期にかけて多量の糖を必要とするのだが、低温、寡日照となる冬春季作型では同化産物である糖が不足し、発達途中の蕾が壊死するブラッシングの発生を誘発する。

花きの種類によって含まれる糖質は異なり、トルコギキョウの花弁の糖組成は、ほぼ同等に含まれるグルコースとスクロースで全体の9割程度を占め、ボルネシトール等のその他糖質がわずかに含まれている (Norikoshiら, 2016a)。試験1. では低温、寡日照栽培時の炭酸ガ

ス施用の有無が、展開中の花蕾の花弁に含まれる主要な二つの糖含有量およびその組成に与える影響を比較した。この結果、施用区の花弁にはより多くの糖が認められ、その組成はグルコースが、スクロースに比べ高かった。このことは、炭酸ガス施用によって花卉中のグルコースの蓄積量が増加し、全体の糖含有量が増加したことを示唆している。炭酸ガス施用が糖組成にもたらす効果はトマトで報告があり、炭酸ガス施用下で生育した果実中の糖含有量は無施用に比べ多く (Islamら, 1995)、その組成については還元糖であるフルクトースが増加し、非還元糖であるスクロースの蓄積量に変化は見られなかったとしている (Islamら, 1994)。本研究では、炭酸ガス施用によって、花卉中の糖含有量増加と、フルクトースの蓄積がみられないトルコギキョウでは還元糖のグルコース割合が増加した点においてトマトと共通した結果が得られた。炭酸ガス施用による花卉中の糖含有量が増加は、その後調査した満開時の花卉生重量でも明らかであった。施用区の生重量は無施用の2割

も重く、有意な差が認められた一方で、乾重量には差がなかったのは、施用区の花弁には多くの糖が蓄積されたことで細胞内の浸透圧が高くなり、細胞内への水の流入量が多かったためと推察できる。

他方、施用区の花弁数が有意に増加した理由については、糖含有量の差では説明ができない。近年、トルコギキョウの花弁数には生殖成長初期の日平均温度が影響していることが報告された(Kawakatsuら, 2018)が、これは高温期の栽培についての報告であり、本研究で対象とした冬春季作型には当てはまらない。事実、本研究での生殖成長初期にあたる2019年12月20日から2020年1月8日までの20日間の日平均気温は施用区では15.2℃、無施用区は15.6℃で、温度の差はほとんど認められなかった(図6)。したがって、炭酸ガス施用によって10枚近く花弁数が増加した理由を明らかにするには、さらに詳細な調査が必要である。

試験2. では炭酸ガス施用の有無と収穫後の品質の保持を切り花相対重量の経時変化で比較した。両区の差は相対重量がピークを迎えた採花6日後以降に見られ、無施用区では7日後から10日後にかけて切り花重量が大きく低下し、10日後には採花日の重量を下回った。また、無施用区では相対重量の急激な低下と同時に、葉の張りが衰えや花弁の軽度な萎れが確認された(データ略)。一方、施用区の相対重量の低下は8日後から緩やかに始まり、調査を終了した12日後においても採花時の重量を維持し、この間の視覚的な品質の低下は見られなかった。糖質

は切り花の品質保持にも重要であり、トルコギキョウの切り花にスクロースやグルコース等の糖を吸水処理することで開花促進や花の老化を遅らせる効果がある(Ichimura・Korenaga, 1998; Shimizu・Ichimura, 2005; 湯本・市村, 2007; Norikoshiら, 2016c)ことはすでによく知られており、老化の原因となるエチレンの作用を阻害する剤(STS)等をあわせた前処理剤は本県の生産現場でも広く普及している。試験2. は両区ともに前処理は行っておらず、外部からの糖補給がない条件下で行った。施用区の切り花相対重量が高く維持され、老化の兆候も見られなかったことから、施用区では花弁同様に茎葉にも光合成産物である糖を多く含んでいた可能性が考えられる。トルコギキョウを含む花きにおいては、光合成による同化産物の転流や分配に関して未解明な部分が多い。本研究は展開中の花卉の糖分析のみにとどまったが、茎葉など他部位も含めて糖含有量やその組成の変化を経時的に調査することで転流や分配の仕組みを明らかにすることができると思われる。本研究では低温、低日照下の炭酸ガス施用が花卉形質の改善および収穫後の品質保持に寄与することを明らかにした。これらはいずれも消費者の嗜好やニーズにとって重要な要素であり、トルコギキョウにおける環境制御技術によって、これまで報告された切り花品質向上効果と併せ、高品質な花形の確保や日持ち性の向上といった効果が明らかとなり、有利販売につながると期待できる。

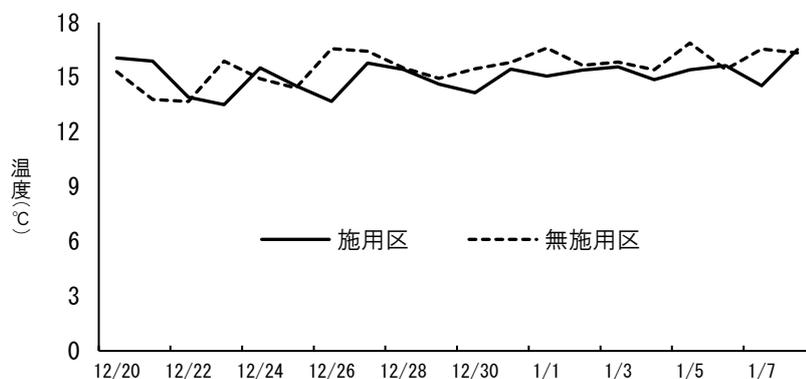


図6 生殖成長初期の日平均温度の推移

5. 摘要

トルコギキョウ品種「セレブリッチホワイト」を用いて、3月出荷作型における低温・寡日照下の炭酸ガス施用が花弁中の糖含有量やその組成、および花弁形質に与える影響について調査した。展開中の花弁に含まれる糖含有量は炭酸ガス施用下で栽培された花弁で多く、その組成は直接的な光合成産物であるグルコースが多く含まれていた。また、満開状態の花弁形質は、炭酸ガス施用下で花弁数が有意に多くなり、花弁生重量も炭

酸ガス施用下で有意に重くなった。さらに炭酸ガス施用下で栽培された切り花の相対重量は採花6日以降も高く維持され収穫後の品質保持効果が認められた。

これらのことから、本県の3月出荷作型における低温、寡日照下の炭酸ガス施用によって、これまでに報告された切り花品質向上だけでなく、高品質な花形の確保や日持ち性向上などの高付加価値化が期待できる。

6. 引用文献

- 千綿龍志・栗山孝治. 2013. トルコギキョウの冬春季出荷作型における炭酸ガス施用が生育開花に及ぼす影響. 九州農業研究発表会発表要旨. 76:153
- Halevy A. H., Mayak S. 1979. Senescence and postharvest physiology of cut flowers, part 1. Horticultural Reviews. 1 : 204-236.
- Ichimura, K., Korenaga M.. 1998. Improvement of vase life and petal color expression in several cultivars of cut *Eustoma* flowers using sucrose with 8-hydroxyquinoline sulfate. Bull. Natl. Res. Inst. Veg., Orn. Plants&Tea. 13 : 31-39
- 市村一雄. 2018. 切り花収穫後の生理と品質保持技術に関する研究の最近の進展と今後の課題. 園芸学研究. 17(3) : 279-292
- 池森恵子. 2019. 1～2月出荷作型トルコギキョウのEOD-heatingと炭酸ガス施用による安定生産技術. ながさき普及技術情報. 38 : 61-62
- Islam, M.S., Matsui, T., Yoshida, Y. 1994. Effects of carbon dioxide enrichment on acid invertase activity and sugar concentration in developing tomato fruit. Environmental Control in Biology. 32(4) : 245-251
- Islam M.S., Matsui, T., Yoshida, Y. 1995. Effect of increased amount of carbon dioxide on soluble sugar concentration and activity of Related Enzymes during tomato fruit development. Environmental Control in Biology. 33(3) : 185-190
- Kawakatsu K., Harada T., Ushio A., Dozono M., Fukuta N. 2018. Thermal control suitable for increasing petals in *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. The Horticulture Journal. 87(3) : 395-405
- 長崎県農林技術開発センター. 2020. 気象月報 1月乗越 亮・今西英雄・市村一雄. 2006. 数種花きにおける花弁からの糖質の簡易迅速抽出法の確立. 園芸学研究. 5(4) : 459-464.
- Norikoshi, R., Kohata K., Shimizu-Yumoto H., Goto R., Ichimura K.. 2016a. Identification of soluble carbohydrates and their subcellular concentrations in petals during flower opening in *Eustoma grandiflorum* . The Horticulture Journal. 85(3) : 238-247
- Norikoshi, R., Shibata T., Ichimura K.. 2016b. Cell division and expansion in petals during flower development and opening in *Eustoma grandiflorum* . The Horticulture Journal. 85(2) : 154-160
- Norikoshi, R., Shibata T., Niki T., Ichimura K.. 2016c. Sucrose treatment enlarges petal cell size and increases vacuolar sugar concentrations in cut rose flowers. Postharvest Biology and Technology. 116 : 59-65
- 農林水産省. 2018. 平成30年産花き生産出荷統計
- 農林水産省. 2009. 第2回花き産業振興方針検討会資料「花きのニーズの対応」
https://www.maff.go.jp/j/study/kaki_sangyo/02/pdf/data3.pdf
- Shimizu H, Ichimura K. 2005. Effects of silver thiosulfate complex (STS), sucrose and their combination on the quality and vase life of cut

- Eustoma* flowers. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science. 74(5) : 381-385
東京都中央卸売市場. 2019. 市場年報
- Ushio, A., Hara, H., Fukuta, N. 2014. Promotive effect of CO₂ enrichment on plant growth and flowering of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. under a winter culture regime. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science. 83 (1): : 59-63.
- 牛尾亜由子・島地英夫・福田直子. 2018. 冬季温暖高日照地域における二酸化炭素施用がトルコギキョウの切り花品質と経済性に与える影響. 植物環境工学. 30(2) : 103-114
- Van Doorn, W. G., E. J. Woltering. 2008. Physiology and molecular biology of petal senescence. Journal of Experimental Botany. 59(3) : 453-480.
- Yamada K., Norikoshi R., Suzuki K., Imanishi H., Ichimura K.. 2009. Determination of subcellular concentrations of soluble carbohydrates in rose petals during opening by nonaqueous fractionation method combined with inflation-centrifugation method. Planta. 230(6) : 1115-1127
- 湯本弘子・市村一雄. 2007. トルコギキョウ切り花においてスクロース前処理時の相対湿度およびスクロース濃度が葉の障害発生および花持ちに及ぼす影響. 園芸学研究. 6(2) : 301-305

Summary

We investigated the effects of CO₂ enrichment on the sugar content and their composition in petals, and flower traits of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. under low temperature with low sunshine. By CO₂ enrichment, the petals of growing flower buds during cultivation contained higher sugar content and the relative glucose/sucrose ratio was high.

CO₂ enrichment improved the flower traits in full bloom: the number of petals was significantly large, and the raw weight of petals became significantly heavier. In addition, the relative weight was also maintained higher 12 days after harvest. Thus, CO₂ enrichment under winter weather in Nagasaki prefecture, it is possible to secure a high-quality flower traits, and it is expected to add value.

