スクロース処理が蕾切りカーネーションの切り花品質および糖質濃度に及ぼす影響

水口 聡^{1*}・市村一雄²・久松 完²・腰岡政二²

¹ 愛媛県農業試験場 799-2405 松山市上難波

² 花き研究所 305-8519 つくば市藤本

Effects of Treatment with Sucrose on Qualities and Sugar Concentrations of Bud Cut Carnations

Satoshi Minakuchi^{1*}, Kazuo Ichimura², Tamotsu Hisamatsu² and Masaji Koshioka²

¹Ehime Agricultural Experiment Station, Matsuyama, Ehime 799-2405

²National Institute of Floricultural Science, Tsukuba, Ibaraki 305-8519

Abstract

Effect of sucrose concentration on flower qualities and changes in sugar concentrations during bud development in carnations (*Dianthus caryophyllus* L. 'Nora') were investigated. Bud cut carnation flowers were treated with sucrose solutions ranging from 0% to 17% at 23°C. Sucrose concentrations had no influence on the number of days from bud to full bloom. Sucrose at high concentrations was effective in increasing the flower diameter and improved petal color pigmentation. In the calyx, leaf and stem of intact carnations, concentrations of pinitol, sucrose, glucose and fructose remained almost constant during bud development. In petals of intact carnations, concentrations of fructose and glucose increased markedly with bud development. In all organs of bud cut carnations treated with 0% sucrose, concentrations of these sugars, except for pinitol, decreased markedly and remained very low during the experimental period. Decrease in the sugar concentrations in all organs was suppressed by 5% sucrose treatment, although the concentrations were relatively low levels compared with those of the intact carnation. These findings suggest that sucrose increases sugar concentrations in petals, which may improve flower size and petal color pigmentation of bud cut carnations.

Key Words : bud anthesis acceleration (BAA), flower diameter, petal color pigmentation, pinitol

キーワード : 花径, 花色発現, ピニトール, 蕾開花促進

緒 言

カーネーションの需要は母の日前に急増し市場価格が高くなるが、母の日を過ぎると大きく下落する。そのため、母の日用として出荷できなかったカーネーションのほとんどは廃棄されている。カーネーションの開花は温度の影響を大きく受ける (Abou Dahab, 1967; Teklic ら, 2003) ため、生産現場ではハウス内を加温することによりできるだけ生育を早めて、母の日に間に合わないものを少なくしているのが現状である。しかしこの場合、多大な燃料費が必要になるだけでなく、母の日用としては蕾の生育が早すぎるものの割合が多くなり、それらは母の日用に出荷するために低温貯蔵を行う必要が生じ、このことが品質低下の要因となっている。

これまでに、カーネーションの出荷調節のために蕾状態で採取した後低温で貯蔵し、出荷前に開花させる手法の検

討が数多くなされてきた (Cywińska ら, 1978; Goszczyńska・Rudnicki, 1983; Kofranek ら, 1972; 小山・宇田, 1994a, b; Rudnicki ら, 1989)。これらは収穫後の低温貯蔵と強制開花を組み合わせた、いわゆる開花を遅らせる出荷調節法と言える。一方、Minakuchi ら (2004) は逆に開花を促進し、母の日用出荷が見込めないものだけを若い蕾のステージで採取し、栄養分を与えるとともに、光を照射しながら高温環境下に保つことにより蕾の開花を早くする「蕾開花促進法」の有用性を提案した。しかし、蕾開花促進処理においては、処理温度 20°C、25°C および 30°C では温度が高いほど開花所要日数は短くなるが、20°C 処理では花の大きさが小さく花持ちが悪くなり、25°C 処理でも花持ちが悪化し、30°C 処理では花卉の色調が大きく変化するなど、品質面にさまざまな問題が残されている (水口ら, 2005)。

一般に切り花の代謝糖とされるスクロース、グルコースおよびフルクトースのうち、蕾収穫したカーネーション切り花の開花促進にはスクロースが有効である (水口ら, 2007)。カーネーションでは、植物で一般的な代謝糖であるスクロース、グルコースおよびフルクトースの他、ピニトールが主要な構成糖質であることが報告されている

2006 年 12 月 12 日 受付. 2007 年 3 月 1 日 受理.

本研究の一部は園芸学会平成 11 年度秋季大会で発表した。

* Corresponding author. E-mail: minakuchi-satoshi@pref.ehime.jp

(Ichimura ら, 1998). しかし, 蓄収穫したカーネーション切り花を開花させるために処理した糖質が花卉中にどのように蓄積されるかについてはこれまで報告されておらず, また内生のピニトールがどのような変動をするかについてもまったく明らかにされていない. そこで, 蓄切りカーネーションの品質向上を目的に, スクロースが蓄生育および切り花品質に及ぼす影響を調査するとともに, 生育中の切り花中糖質濃度の変化を解析した.

材料および方法

1. 供試材料

材料には1998年6月に三重県安濃町のガラス温室に定植した淡桃色でスタンダード系の品種‘ノラ’の1番花を供試した. そのまま温室内で生育させたものを自然生育区とした. 外側の花卉が水平になったときを満開とし, 満開に達した時点で収穫したものを通常収穫区とした.

2. スクロース処理

1998年12月に, 蓄の先端が少し開き花卉はまだ色づいていない段階であるステージ3 (Minakuchi ら, 2004) で採取し, 切り花長50 cmに切り揃え, 処理液に生け, 温度および相対湿度をそれぞれ23°Cおよび70%に制御した室内で保持した. 処理液は200 ppmの8-ハイドロキシキノリン硫酸塩(8-HQS)と25 ppmの硝酸銀を共通成分とし, スクロース濃度は0, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15および17%の10段階とした. 処理中の光環境は $10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ で12時間日長とした. 処理液の更新は行わず, 切り口が処理液に3 cm程度浸かった状態を維持するために補充するのみとした. 処理は蓄が満開になるまで継続し, これらを蓄収穫区とした.

3. 開花所要日数および品質調査

処理開始から蓄が満開になるまでに要した日数を開花所要日数とした. 通常収穫区および蓄収穫区ともに, 満開に達した時点で, 花径, 花卉色調, 切り花の先端から25 cm付近の葉(中位葉)の色調, および下垂度を測定し, 前処理を施してから花持ちを調査した. 各試験区ともに7本ずつ供試した.

花径は満開時の花の直径とした. 花と葉の色調については十分に展開した花卉および中位葉の中央部の色調をミノルタ社の色彩計 Minolta Chroma Meter CR-200b を用いて, 明度(L^*)およびクロマティックネス指数(a^* および b^*)を測定した. 測定値から $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ の式により彩度, $h^\circ = \text{ATAN}(b^*/a^*)/6.2832 \times 360$ の式により花卉の色相角度, $h^\circ = \text{ATAN}(b^*/a^*)/6.2832 \times 360 + 180$ の式により中位葉の色相角度をそれぞれ算出した (McGuire, 1992). 下垂度については, 切り花を水平に保ち, 切り口から5 cmまでを固定し花が下垂した角度を測定した. 前処理として, 0.5 mMのチオ硫酸銀錯塩(STS)を温度23°C, 相対湿度70%条件下で5時間吸液させた. 前処理後, 切り花を水道水に生け $10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ で12時間日長の光環境下に置き, 温度および相対

湿度をそれぞれ23°Cおよび70%に制御した室内で保持し, 花卉が萎れ始めるまでの日数を花持ち日数とした.

4. 部位別糖質分析

自然生育区, スクロース0%および5%処理区について, ごとく, 花卉, 中位葉および中位葉と同じ位置の茎(中位茎)に含まれる糖質を分析した. 自然生育区については, 蓄収穫日に同じステージ3のものにラベルを付け, 蓄収穫時, 5日後, 10日後および15日後に糖質分析に供した. 1回の抽出には切り花3本を用い, 各試験区ともに3反復とした.

糖質の抽出は以下の手順で行った. 各部位から約1 gずつ採取し80%エタノールを10 mL加え, 75°Cで30分間加熱処理した. 冷却後, 内部標準物質として2.5%マンニトール水溶液を100 μL 加えホモジナイズし, 3,000 rpmで10分間遠心分離後, 上澄みを回収した. 残さに80%エタノールを5 mL加え再抽出した. 再抽出は2回くり返した. 回収した上澄みを遠心エバポレーターを用いて減圧乾固させ, 1 mLの蒸留水で再び溶解し, 抽出サンプルとした. 抽出サンプルをSep-Pak プラスC18に通し, さらに2 mLの蒸留水で洗った後, 0.45 μm のフィルターを通し, 高速液体クロマトグラフィーシステム(GULLIVER, 日本分光)を用いた糖質分析に供した.

HPLC分析カラムには昭和電工社製のShodex SUGAR SP0810を用いた. 溶離液には0.45 μm のMembrane filterでろ過した蒸留水を用いた. カラムの温度は80°C, 流速は $0.8 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ とした. 検出器には示差屈折率検出器を用いた. 各種糖質の濃度はマンニトールを用いた内部標準法にて算出した.

結 果

1. スクロース濃度が開花に及ぼす影響

本試験ではすべての処理区で100%開花した. 第1表に開花所要日数の結果を示す. 0%区と1%区で16日程度とやや長い傾向にあったが, 分散分析の結果, 統計的に有意ではなかった.

Table 1 Effects of treatments with various concentrations of sucrose on time to flowering in bud cut carnations.

Sucrose concentration (%)	Time to flowering ^z (days)
0	16.0 ± 1.3
1	15.7 ± 2.3
3	12.9 ± 1.1
5	13.6 ± 1.0
7	12.8 ± 0.6
9	12.9 ± 0.8
11	13.7 ± 1.9
13	12.3 ± 0.7
15	11.2 ± 0.5
17	11.7 ± 0.8
NS ^y	

^z Values are means of seven replications ± standard error.

^y NS indicates nonsignificant by analysis of variance.

Table 2 Effects of treatments with various concentrations of sucrose on flower qualities of fully opened flowers in bud cut carnations².

Harvesting stage	Sucrose concentration (%)	Flower diameter (mm)	Petal coloration			Drooping index (degree)	Vase life (days)
			Lightness (L*)	Chroma (C*)	Hue angle (h°)		
Stage 3	0	63.3 c ^y	90.4 ab	9.3 e	51.7 a	11.8 bc	10.0 d
	1	63.7 c	90.7 a	9.9 e	55.5 a	9.7 bc	15.0 ab
	3	69.9 bc	83.1 abc	12.4 de	23.1 b	14.9 b	14.4 b
	5	76.8 ab	81.8 bcd	15.0 cd	16.0 bc	15.1 b	13.3 bc
	7	77.2 ab	79.8 cd	19.1 ab	11.8 bc	11.2 bc	12.5 bc
	9	81.5 a	79.1 cd	20.0 a	11.3 bc	10.6 bc	12.6 bc
	11	80.5 a	77.6 cd	21.5 a	10.0 c	9.5 bc	11.0 cd
	13	81.8 a	76.1 cd	21.8 a	11.1 c	8.9 c	13.1 bc
	15	79.4 a	75.1 d	22.2 a	10.3 c	12.7 bc	17.8 a
	17	83.4 a	77.3 cd	20.3 a	10.7 c	12.3 bc	12.6 bc
Normal	—	78.9 a	87.2 ab	16.7 bc	21.3 bc	25.0 a	17.5 a

² Values are means of seven replications.^y Values with the same letters are not significantly different by Tukey-Kramer Procedure (95% confidence).

2. スクロース濃度が切り花品質に及ぼす影響

第2表に切り花品質の結果を示す。

通常収穫区の花径は78.9 mmであった。蓄収穫後、スクロース処理を行った場合、0%、1%および3%区では花径が通常収穫区より有意に小さくなったが、処理液のスクロース濃度が高くなるほど花径が大きくなり、5%以上の区では通常収穫区と同等となった。

花卉色調について、明度は0%～5%まで、彩度は5%および7%区で、色相角度は3%以上の区でそれぞれ通常収穫区と有意差がなかった。スクロース濃度が高いほど、明度が低く、彩度が高く、色相角度が低くなる傾向が認められた。すなわち、スクロース濃度を高くすることにより、花卉の淡桃色が濃くあざやかになった。

葉の色調について、彩度および色相角度には試験区間に有意差は認められず、明度が蓄収穫した切り花でやや低くなる傾向にあったが、可視的には判別できない程度の差であった（データ略）。

茎の下垂度について、蓄収穫区では通常収穫区より明らかに下垂度が小さくなったが、スクロース濃度による顕著な差は認められなかった。

花持ちについて、蓄収穫区では10日以上の花持ちは確保できたが、1%区と15%区以外では通常収穫区と比較すると有意に花持ちが短くなった。

3. スクロース処理が切り花中糖質濃度に及ぼす影響

自然生育区、0%区、5%区ともに蓄の開花所要日数はほぼ同じで、いずれの区も15日目にほぼ満開となった。

切り花における部位別糖質濃度の変化を第1図に示す。HPLC分析により、すべての部位でスクロース、グルコース、フルクトース、ピニトールおよびミオイノシトールが検出された。ミオイノシトールはいずれの部位でもわずかな量しか存在していなかった。

自然生育区においては、がくでグルコースとフルクトース、葉でピニトールおよびスクロース、茎でピニトール、

スクロースおよびグルコースがそれぞれ主要な構成糖質で、生育中の変化は少なかった。花卉では、いずれの糖質も収穫時の若い蓄段階には1 g 当たり3 mg から8 mg 程度であったが、開花にともないグルコースとフルクトースが顕著に増加した。

0%区では、いずれの部位においても、開花にともないスクロース、グルコースおよびフルクトースが著しく減少したが、ピニトールのみは自然生育区と同程度でほぼ一定に保たれていた。

5%区では、いずれの部位の糖質濃度も自然生育区より低い傾向にあったが、0%区とは異なり、がくおよび茎の糖質濃度の低下は緩やかであった。花卉では自然生育区ほど顕著ではないものの、開花にともなう糖質濃度の上昇が認められた。特にグルコースとフルクトースの濃度増加が顕著であったが、ピニトール濃度は自然生育区と同程度でほぼ一定に保たれていた。

考 察

蓄の開花ではシンク器官である花卉に糖と水が急速に蓄積し、細胞が急激に肥大する（Kenis ら, 1985）。従って、根からの養分供給が絶たれる蓄切りカーネーションを正常に開花させ高い切り花品質を確保するためには、糖質を供給し花卉の糖質濃度を良好に保つことが重要である。そこで、さまざまな濃度のスクロースを含む処理液を供試し、蓄切りカーネーションの蓄生育および切り花品質に及ぼす影響を調査するとともに、スクロース処理が蓄生育中の切り花の各部位における糖質濃度に及ぼす影響を明らかにした。

その結果、処理液のスクロース濃度は開花所要日数には顕著に影響しなかったが、高濃度のスクロース処理により花径が大きくなり花色発現が促進された。

スクロースを切り花に処理することで、花卉中の糖質濃度が高くなるとともに花卉の展開が促進される（Ichimura

Fig. 1 Changes in carbohydrate concentrations in calyx, petal, leaf and stem of intact carnations growing in a greenhouse (A), bud cut carnations treated with 0% sucrose (B), treated with 5% sucrose (C). Values are means of 3 replications $\pm$ standard errors. Symbols indicate as follows; ● : sucrose, ○ : glucose, ▲ : pinitol, △ : fructose and ■ : myo-inositol.

ら, 1999) ことから, 蕾切りカーネーションにおいて, スクロース濃度を高くし花卉への糖質供給量を多くした本試験の結果, 花卉の肥大伸長が促進され, 花径が大きくなったものと考えられる. 通常収穫区と比較すると, 0%~3%区では花卉伸長に必要な糖質が不足しており, 5%以上の区では十分な量の糖質を供給できていると推察された.

バラ, トルコギキョウ, スイートピー等で, スクロース

処理により花色の発現が促進されることが明らかとなっている (Ichimura・Hiraya, 1999; Ichimura・Korenaga, 1998; Parups・Chan, 1973). 今回, スクロース濃度が高いほど, 明度が低く, 彩度が高く, 色相角度が低くなる傾向が認められ, 通常収穫区と比較して, 0%および1%区では彩度および色相角度ともに劣り, 3%区では彩度が低く, 5%区では同等, 7%以上の区では有意に彩度が高く花色発現が促進された. 従っ

て、スクロースを5%含む処理液を用いることにより、花色発現のために必要な最低限の糖質は供給できていると推察された。

本研究では、蕾収穫したカーネーションのSTS処理を通常収穫区と同じように開花後に行ったところ、10日以上の花持ちは確保できたものの、通常収穫区より劣る区があった。今後、蕾開花促進処理前にSTS処理を行うなど、蕾切りカーネーションに適したSTS処理条件の検討が必要である。

次に、スクロース処理が蕾収穫した切り花中の糖質濃度にどのような影響を与えるのか検証した。

まず自然生育区では、がくと花卉に多量の糖質が蓄積しており、特に花卉では開花にともないグルコースとフルクトース濃度が増加した。この現象にはインペルターゼが関与していることが明らかとなっている (Woodson・Wang, 1987)。

ステージ3で採取した後スクロース処理を行った場合、0%区でも100%開花し、見かけ上は糖質を与えなくても十分開花できるようであったが、開花時の切り花中の糖質は、がく、花卉、葉および茎のいずれの部位においてもほぼ枯渇状態であった。特に花卉中の糖質不足は花径の低下や花色発現不良の原因と考えられた。一方、5%区では、がくや茎におけるスクロース、グルコースおよびフルクトースの低下が抑えられ、花卉ではグルコースおよびフルクトースの濃度上昇が認められた。すなわち、スクロース処理は蕾切り花中の代謝糖を増加させ、このことが花径の増大や花色発現の促進に寄与していると考えられる。

自然生育区、0%区および5%区のいずれにおいてもすべての部位でピニトール濃度だけがほとんど変化しなかった。ピニトールはカーネーション切り花中の主要な糖質であり、グルコースやスクロースのような代謝糖とともに蕾の生育や花卉の開花に寄与している可能性が報告されている (Ichimura ら, 1998)。今回、代謝糖が不足していると考えられる0%区でも、ピニトール濃度だけは自然生育区や5%区と同じレベルで常に一定に保たれたことから、ピニトールは代謝されにくい糖質であり、スクロース、グルコース、フルクトースのような代謝糖とは異なるはたらきをもつと考えられる。

以上のように、処理液中のスクロース濃度を高くすることは、開花所要日数にはあまり影響せず、切り花中の糖質濃度を上昇させるとともに、花の大きさを増大し花色発現を促進することが明らかとなった。従って、蕾開花促進法において、花の大きさが小さくなる場合や花卉の色調が大きく変化する場合、処理液中のスクロース濃度を高くすることで、これらの欠点を改善できると考えられる。

摘 要

さまざまな濃度のスクロース処理液が蕾切りカーネーションの蕾生育および切り花品質に及ぼす影響を調査する

とともに、蕾生育中の切り花の各部位における糖質濃度の変化を解析した。

処理液のスクロース濃度は開花所要日数には大きく影響しなかったが、スクロース濃度を高くすると、花径が大きくなり花色発現が促進された。

カーネーション切り花中には、スクロース、グルコース、フルクトース、ピニトールおよびミオイノシトールが検出された。自然生育区では、がく、葉、茎の糖質濃度はほぼ一定に保たれていたが、花卉では開花にともないグルコースとフルクトースの濃度が顕著に増加した。スクロース0%処理ではいずれの部位でもピニトール以外の糖質が開花にともない著しく低下した。スクロース5%処理では自然生育区と比較すると低い濃度で推移したが、糖質濃度の低下は抑制され、花卉中のグルコースとフルクトース濃度の上昇が認められた。自然生育区、0%区、5%区ともにピニトール濃度はほとんど変化しなかった。

以上の結果から、スクロースは蕾切りカーネーション切り花中の糖質濃度を増加させ、花の大きさを増大するとともに花色発現を促進することが明らかとなった。

引用文献

- Abou Dahab, A. M. 1967. Effects of light and temperature on growth and flowering of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.). Meded. LandbouwHogeschool Wageningen 67: 1–68.
- Cywińska, S. K., R. M. Rudnicki and D. Goszczyńska. 1978. The effect of exogenous growth regulators in opening tight carnation buds. Scientia Hort. 9: 155–165.
- Goszczyńska, D. and R. M. Rudnicki. 1983. Long-term cool storage of bud-cut carnations. Acta Hort. 141: 203–212.
- Ichimura, K. and T. Hiraya. 1999. Effect of silver thiosulfate complex (STS) in combination with sucrose on the vase life of cut sweet pea flowers. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 68: 23–27.
- Ichimura, K., K. Kohata, M. Koketsu, M. Shimamura and A. Ito. 1998. Identification of pinitol as a main sugar constituent and changes in its content during flower bud development in carnation (*Dianthus caryophyllus* L.), J. Plant Physiol. 152: 363–367.
- Ichimura, K. and M. Korenaga. 1998. Improvement of vase life and petal color expression in several cultivar of cut *Eustoma* flowers using sucrose with 8-hydroxyquinoline sulfate. Bull. Natl. Res. Veg., Orn. Plants & Tea 13: 31–39.
- Ichimura, K., S. Ueyama and R. Goto. 1999. Possible roles of soluble carbohydrate constituents in cut rose flowers. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 68: 534–539.
- Kenis, J. D., S. T. Silvente and V. S. Trippi. 1985. Nitrogen metabolism and senescence-associated changes during growth of carnation flowers. Physiol. Plant. 65: 455–459.
- Kofranek, A. M., D. S. Farnham, E. C. Maxie and J. Kubota. 1972. Long term storage of carnation buds. Flor. Rev. 151:

29–30.

- 小山佳彦・宇田 明. 1994a. カーネーションのつぼみ開花および品質に及ぼす温度, 照度, ショ糖濃度の影響. 園学雑. 63: 203–209.
- 小山佳彦・宇田 明. 1994b. つぼみ切りカーネーションの貯蔵および開花法. 園学雑. 63: 211–217.
- McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27: 1254–1255.
- Minakuchi, S., H. Watanabe and T. Kawasaki. 2004. Actual states of harvesting and shipping of carnations, and possibility of shipping regulation by bud anthesis acceleration (BAA). *SASJ*. 35: 165–172.
- 水口 聡・渡辺 久・川崎哲郎. 2005. カーネーションの蕾開花促進における採取ステージおよび温度が出荷までの日数や切り花品質に及ぼす影響. 農業施設. 36: 153–159.
- 水口 聡・渡辺 久・川崎哲郎. 2007. カーネーションの蕾開花促進法における糖質代謝と処理液中の糖質が切り花品質に及ぼす影響. 近中四農研. (印刷中).
- Parups, E. V. and A. P. Chan, 1973. Extension of vase-life of cut flowers by use of isoascorbate-containing preservative solutions. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98: 22–26.
- Rudnicki, R. M., D. Goszczyńska and R. Tomasz. 1989. Bud opening and long term storage of spray carnations. *Acta Hort.* 261: 265–270.
- Teklic, T., N. Paradzikovic and V. Vukadinovic. 2003. The influence of temperature on flower opening, vase life and transpiration of cut roses and carnations. *Acta Hort.* 624: 405–411.
- Woodson, W. R. and H. Wang. 1987. Invertases of carnation petals. Partial purification, characterization and changes in activity during petal growth. *Physiol. Plant.* 71: 224–228.