シュッコンカスミソウ切り花の品質保持に及ぼす輸送環境の影響

土井元章・長井伸夫*・今西英雄

大阪府立大学農学部 599-8531 堺市学園町1-1

Postharvest Quality of Cut *Gypsophila paniculata* L. as Influenced by Environmental Conditions during Transport

Motoaki Doi, Nobuo Nagai and Hideo Imanishi

College of Agriculture, Osaka Prefecture University, Sakai, Osaka 599-8531

Summary

Pulsing cut *Gypsophila paniculata* L. 'Bristol Fairy' stems with 30% of buds open for 3 hr in a preservative that contained 0.2mM silver thiosulfate and 4% sucrose promoted bud opening and prolonged vase life. Precooling to 1 °C followed by transportation at 5 °C, improved the longevity of cut flowers which were hydrated with the preservative, but precooling alone had no effect, especially on those hydrated with deionized water. Subjecting cut flowers to 18~25 °C or sudden rise in temperature from 1 °C to 18 °C increased ethylene and carbon dioxide concentrations within carton boxes during the transport period. This, presumably resulting in an increasing number of florets exhibiting petal browning. Maintaining cut gypsophila flowers at 25 °C for 24 hr also caused severe water stress, making rehydration after transport difficult.

Key Words: cut gypsophila, precooling, transport conditions, ethylene production, water stress.

緒 言

シュッコンカスミソウ切り花は、水ストレスやエチレンに対する感受性が高く (Marousky・Nanney, 1972; van Doorn・Reid, 1992; Woltering・van Doorn, 1988), 収穫後の切り花の取扱いの仕方が品質保持に強く影響する。当初, 硝酸銀, 8-hydroxyquinoline, thiobendazoleなどの殺菌剤をショ糖と組み合わせて処理すると品質保持に有効であることが指摘された (Apelbaum・Katchansky, 1977; Farnhamら, 1978; Marousky, 1977)。その後エチレンの作用阻害剤である silver thiosulfate (STS) がショ糖と組み合わせられて前処理剤として広く用いられるようになった (Downsら, 1988)。しかし, このような前処理剤による処理を行っても, 高温期には開花した小花の花弁が萎凋して黒くなる, いわゆる黒花と呼ばれる障害花の発生を確実に抑えることができず, 夏場の品質保持期間はわずか数日というのが現状である。これは, わが国では高温期のシュッコンカスミソウ生産が北海道, 東北,

長野などの冷涼な地域で行われ, そこから長距離輸送される際にしばしばコールドチェーンが途切れることが原因ではないかと考えられる。

本実験では, シュッコンカスミソウ切り花を段ボールに箱詰めして予冷や輸送をシミュレートし, 輸送中の温度環境ならびに気相環境を計測するとともに, 前処理の有無や予冷ならびに輸送環境が輸送後の切り花の品質保持に及ぼす影響を明らかにした。

材料および方法

実験には, 1991年に本学実験圃場の無加温ビニルハウスで栽培したシュッコンカスミソウ *Gypsophila paniculata* L. 'ブリストル・フェアリー' を供試した。開花は5月中旬から下旬にかけてとなり, 切り花は, 約30%の小花が開花した段階で早朝に収穫し, 採花後1時間以内に, 60~70 cmの長さに調整し, 10本ずつ結束して水切り後実験に用いた。前処理には0.2 mM STSと4%ショ糖を含む溶液を用い, 20 ± 1 °C, 三波長域型蛍光灯による照明下で3時間処理した。いずれの実験とも, 切り花の品質保持期間は商品価値がなくなるまでの期間とし, 調査は20 ± 1 °C, 三波長型蛍光灯による12時間照明, 光強度3.5 W/m²の室内で水にいけた状態で切り花を保持して行っ

1998年5月20日 受付. 1998年8月20日 受理.

*現在: 日本たばこ産業株式会社

本研究の一部は文部省科学研究費 (課題番号 02454049) の助成により行われた。

た。品質評価時の相対湿度はとくに制御しなかったが、50~70%の範囲であった。なお、いけ水には脱塩水をクエン酸緩衝液により pH 5 に調整して使用した。最終開花率は、品質保持期間が終了した時点での小花の開花率を切り花ごとに 10% 間隔で判定し、その平均をもって示した。

実験 1. STS と ショ糖を含む前処理剤の効果ならびに予冷および輸送温度の影響

水または 0.2 mM STS (硝酸銀:チオ硫酸ナトリウムのモル比を 1:4 として調整) と 4% ショ糖を含む溶液による 3 時間の水あげ後、1 区 5 束、50 本の切り花を新聞紙でゆるく包装した上で両側に提げ穴のある幅 33 cm、長さ 100 cm、高さ 16 cm の段ボール箱を用いて箱づめし、1℃で 2 時間の強制通風冷却による予冷を行った。その後段ボール箱に入れたまま 5℃または 25℃の室内に 24 時間放置して輸送をシミュレートした。一方、予冷を行わない切り花に対しても、箱づめしたまま同様の温度で輸送をシミュレートした。予冷および輸送中は、品温を測定するために、熱電対 (タイプ T) を切り花の主茎中央部に密着させ、データロガー (Li-Cor 製, LI-1000) による温度測定を行った。

輸送シミュレーション終了後、茎基部 3 cm を水切りしてから水にいけ、品質保持期間を測定した。

実験 2. 予冷および輸送期間中の段ボール箱内エチレン濃度、二酸化炭素濃度

実験 1 と同様に、採花した切り花を 0.2 mM STS と 4% ショ糖を含む溶液により 3 時間の前処理後、各区 50 本を段ボール箱につめ、18℃または 25℃で 24 時間の輸送、あるいは 1℃2 時間の強制通風予冷と 5℃あるいは 18℃での 24 時間の輸送を組み合わせる輸送をシミュレートした。予冷開始時および予冷終了 (輸送開始) 時、ならびに輸送開始 6, 12, 24 時間後に段ボール箱内ヘッドスペースより 2.5 ml シリンジを用いて空気を採取し、ガスクロマトグラフィー (島津製作所製, FID および TCD 検出器つき GC-15A) によるエチレンならびに二酸化炭素濃度の計測を行った。

実験 3. 輸送中および輸送後の切り花新鮮重

採花した切り花を実験 1 と同様に 0.2 mM STS と 4% ショ糖を含む溶液により 3 時間の前処理後、1 温度区当たり 50 本を箱詰めして 5, 18, 25℃で輸送をシミュレートし、輸送開始 0, 6, 12, 24 時間後の新鮮重を測定した。18℃輸送区では 6, 12, 24 時間後、5℃および 25℃輸送区では 24 時間後に切り花を段ボール箱から取り出し、茎基部 3 cm を水切りした後水にいけて 20℃の部屋に保持し、2, 4, 6 日後の新鮮重を測定した。実験には 1 区 10 本を供試して、新鮮重の測定を続けた。なお、切り花新鮮重は輸送開始時を 100 として表示し、水切り時の茎の損失部分はその後の増減が他の部分と同率であるとして補正した。

結 果

実験 1. STS と ショ糖を含む前処理剤の効果ならびに予冷および輸送温度の影響

0.2 mM STS と 4% ショ糖を含む溶液を用いて 3 時間の前処理を行った場合、切り花 100 g 当たりおよそ 10 ml の吸水があり、その際吸収された STS および ショ糖は、前処理液の比重からそれぞれ 1.8 μ mol, 1.0 mmol (0.34 g) と計算された。

予冷および輸送中の品温の推移は第 1 図に示したとおりとなり、2 時間の予冷終了時点では段ボール内の温度は 1℃、品温は 2.3℃にまで低下していたが、その後 25℃に移すと急激に上昇し、6 時間後にはすでに品温が 23℃にまで達していた。

まず、水で切り花を水あげした場合には、予冷の効果はほとんど認められず、品質保持期間はわずか 2 日となり、未開花の小花はほとんど開花しなかった (第 1 表)。予冷後 5℃で低温輸送を行った実験区では、5 日の品質保持期間が得られたものの、最終開花率は 38% と低いままであった。

一方、STS と ショ糖を含む溶液により前処理を行うと、25℃輸送でも予冷の効果が認められて 5 日の品質保持期間が得られ、さらに予冷と 5℃での低温輸送をシミュレートした切り花では、品質保持期間が 7 日と最も長く、最終開花率は 62% にまで達した。なお、黒花の発生は 25℃で輸送した実験区で見られたが、前処理を行った実験区での発生は、新しい花らいの開花が進んだこともあって、外見的には軽減されていた。

実験 2. 予冷および輸送期間中の段ボール箱内エチレン濃度、二酸化炭素濃度

予冷を行った場合の品温の推移は、おおむね実験 1 と同

Fig. 1. Changes in temperatures of cut gypsophila flowers (closed symbols) and head space of carton boxes (open symbols) during simulated precooling at 1℃ for 2 hr and following transportation at 25℃ (circles) or 5℃ (squares).

Table 1. Vase life of cut gypsophila flowers after subjecting them to a combination of simulated precooling at 1 °C for 2 hr and transportation for 24 hr at various temperatures.

Pretreatment ^z	Precooling	Transport temp. ^y (°C)	Vase life (days)	% of open florets at the end of display
No	No	25	1.9 ± 0.1 ^x	32
No	Yes	25	1.8 ± 0.1	31
No	Yes	5	4.7 ± 0.2	38
Yes	No	25	2.8 ± 0.1	40
Yes	Yes	25	4.9 ± 0.2	53
Yes	Yes	5	6.7 ± 0.2	62

^z Cut flowers with 30% of buds open were rehydrated for 3 hr at 20 °C with deionized water or a preservative containing 0.2 mM STS and 4% sucrose.

^y Carton boxes containing 50 cut flowers were kept at 5 °C or 25 °C for 24 hr.

^x Mean ± SE (n=10).

様のパターンを描き、2時間の予冷終了時点で品温は2.3 °Cにまで低下していたが、18 °Cに移すと2時間後には16 °Cにまで上昇し、以後18 °Cよりやや低い温度でほぼ一定で推移した(データ省略)。

いずれの実験区でも、段ボール箱内ヘッドスペースにおけるエチレン濃度のピークが輸送開始4~6時間目に出現した(第2図)。なかでも1 °C予冷後18 °Cで輸送をシミュレートした区では、エチレン濃度が52 ppbにまで高まり、24時間後でも10 ppb程度のエチレンが検出された。他方、1 °Cで予冷した後5 °Cで輸送をシミュレートすると、エチレン濃度は5 °Cに移してから4時間目に13 ppbに達したものの、6時間目以降エチレンは検出されなくなった。

ヘッドスペースにおける二酸化炭素濃度は、予冷後18 °Cで輸送をシミュレートした区と25 °Cで輸送をシミュ

Fig. 2. Ethylene concentrations of the head space of carton boxes containing cut gypsophila flowers during simulated transportation. Open symbols indicate the data for a combination of precooling at 1 °C for 2 hr and following transportation at 18 °C (circles) or 5 °C (triangles), and closed symbols are those for simulated transportation at 25 °C (squares) or 18 °C (circles) without precooling. **Fig. 3.** Carbon dioxide concentrations of the head space of carton boxes containing cut gypsophila flowers during simulated transportation. Open symbols indicate the data for a combination of precooling at 1 °C for 2 hr and following transportation at 18 °C (circles) or 5 °C (triangles), and closed symbols are those for simulated transportation at 25 °C (squares) or 18 °C (circles) without precooling.

レートした区において900 ppmを越える高濃度で推移した(第3図)。

実験 3. 輸送中および輸送後の切り花新鮮重

輸送開始時の切り花新鮮重を100 %として切り花重の変化をみると、輸送温度が高いほど、また輸送時間が長くなるにつれて新鮮重の減少率が大きくなり、24時間の輸送終了時点での5, 18, 25 °C輸送区の新鮮重は初期値の94 %, 87 %, 80 %となった(第4図)。このうち、25 °C 24時間輸送区を除き、その後水にいけると切り花の水分状態は回復した。ただし、回復した新鮮重は2日目以降減少に転じた。18 °Cで6~12時間の輸送をシミュレートした区や5 °Cで24時間の輸送をシミュレートした区で輸送後の新鮮重が高く保たれた。一方、25 °C輸送区では再吸水が十分に行われないまま新鮮重が2日目以降急激に減少していった。

Fig. 4. Changes in fresh weight of cut gypsophila flowers placed in deionized water and held at 20 °C and 12-hr lighting. Cut flowers pulsed for 3 hr at 20 °C with a preservative containing 0.2mM STS and 4% sucrose, were packed in a carton box and subjected to simulated transport at 25 °C (triangles) or 5 °C (circles) for 24 hr, or at 18 °C for 6- (open squares), 12- (semi-open squares) or 24-hr (closed squares).

考 察

シュッコンカスミソウは、小花の約 30 % が開花した段階が切り前の適期とされ、この段階で収穫して脱塩水で切り花を水あげし、引き続き水にいたした場合、未開花の小花はほとんど開花せず、数日以内に商品価値が失われる (Farnham ら, 1978). このことは、輸送後の切り花においてはさらに顕著で (第 1 表), 十分に小花が開花していることが市場では強く求められ、品質評価の一つの基準となってきた。

Downs ら (1988) および Tandler ら (1986) は、0.25 mM の STS と 5~15 % のショ糖を組み合わせて 24 時間の前処理を行うことにより、シュッコンカスミソウ切り花の品質保持期間が延長されることを明らかにしている。わが国でも、同様の溶液を用い、出荷前に水あげをかねて数時間前処理されることが多い。ただし、予備実験の結果、STS (0.2 mM) を含む溶液で水あげを行うと、シュッコンカスミソウでは吸水が著しく抑制され (データ省略), 長時間の STS 処理は、高濃度のショ糖とともに、切り花の水あげ不良の原因となるものと考えられる。そこで本実験では 0.2 mM STS と 4 % ショ糖を含む溶液による 3 時間の前処理を行うこととし、この処理により未開花小花の発達が促され、30 % の開花段階にある切り花の開花率を最終的に 50 % 以上にまで高めることができた。また、前処理を行った切り花に対しては、予冷および低温輸送によるさらなる品質保持期間の延長効果が認められた (第 1 表)。

実験 2, 実験 3 では予冷および輸送の影響をより詳細に

検討した。その結果、輸送時の温度が高い場合の長時間輸送では、切り花に著しい水ストレスが加わって、その後水にいけ戻した場合にも切り花の水分状態が十分に回復しないことが明らかとなり、このことが高温輸送後の品質保持期間を短くしている一因と考えられた。Downs ら (1988) は、ショ糖を含む STS 溶液での前処理により輸送後の切り花新鮮重が保たれることを明らかにしているが、これはおそらく小花の開花が前処理により促された結果として吸水が促されることに起因するものと思われ、小花の開花がほとんど進まない乾式の輸送中に起こる新鮮重の減少は、前処理の有無には関係なく進行するものと考えられる。

加えて、輸送時の段ボール箱内ヘッドスペースの気相分析の結果、18 °C や 25 °C で輸送をシミュレートした区や予冷後 18 °C で輸送をシミュレートした区でエチレンが検出され、これらの区では二酸化炭素も高濃度で検出されたことから (第 2 図, 第 3 図), 高温輸送あるいは予冷時の低温から急激な温度上昇を与えるような輸送を行うと、エチレンの生成や呼吸が促されるものと推察された。本実験では、提げ穴のついた段ボール箱を用いて箱詰めしたことから、生成されたエチレンや二酸化炭素がすべて蓄積したわけではなく、実際に検出されたエチレン濃度は最大でも 52 ppb と低かったが、密封された箱では 1 ppm に近い濃度のエチレンが検出されることがしばしばである (データ未発表)。van Doorn・Reid (1992) は、シュッコンカスミソウの開花小花がクライマクテリック型の老化様式をとり、1 ppm のエチレンに暴露すると花卉が急激に萎凋することを報告している。また、収穫後の STS やショ糖処理は、エチレンに対する花卉の感受性を低下させることで個々の小花の寿命を延ばすことに有効であることを明らかにしている。本実験の輸送中のダンボール箱内気相のエチレン濃度は 0.1 ppm 以下であったが、このエチレンが切り花に由来している以上、エチレンを生成した組織内では老化を引き起こすに十分な濃度レベルに達していたことが予想され、高温輸送区におけるエチレン生成を引き金とする呼吸量の増大は、花卉中の呼吸基質、浸透物質、構成成分材料の欠乏を招くことで黒花発生の原因たりえたのではないかと考えられる。ただし、前処理を行った切り花においても黒花発生が認められたことは、収穫以前にすでにいくつかの小花でエチレン生成を引き金とする老化が始まっており、これらの小花に対しては収穫時点でもはや STS がエチレン作用阻害剤として効果をもたなくなっている可能性を示唆している。

とはいえ、あらかじめショ糖を含む STS 溶液により前処理すると、輸送時の高温によりエチレン生成や呼吸量の増大が起こったとしても、新たに開花する小花に対しては品質保持期間の短縮がある程度回避できた。前処理を行わずに予冷を行った同様の実験では、予冷後 18 °C で輸送をシミュレートした実験区が、予冷を行わなかった

実験区と比べて品質保持期間が短くなり(データ省略), 急激な温度上昇によるエチレン生成の増大が品質保持に悪影響を及ぼしていることが推察され, このことから前処理の効果が裏付けられる。品温の測定結果は, 予冷後の高温輸送が急激な品温の上昇をもたらすことを示している(第1図)。また, これらの結果は, 予冷の効果を十分に得るには, 前処理を行うと同時にその後の低温輸送が不可欠であることをも示している。

本実験の結果は, 予冷や低温輸送がシュッコンカスミソウ切り花の輸送後の品質保持に有効であることを示すものであるが, わが国のシュッコンカスミソウの高温期の流通実体からみると, 輸送中にコールドチェーンが切れ, 切り花がしばしば高温にさらされることが予想され, そのような状況下ではまず STS とショ糖を含む溶液により前処理を行うことが予冷や低温輸送の効果を十分に発揮させるための必要条件となると考えられる。

摘 要

小花が 30% 開花した段階で採花したシュッコンカスミソウ 'ブリストル・フェアリー' の切り花に対して, 0.2 mM silver thiosulfate (STS) と 4% ショ糖を含む溶液で 3 時間の前処理を行ったところ, 小花の開花が促され, 品質保持期間が延長された。切り花の品質保持に対する低温輸送の効果は前処理の有無に関係なく認められたが, 予冷の効果は前処理を行った切り花でのみ認められた。輸送中に切り花が高温あるいは急激な温度の上昇にさらされると, 段ボール箱内でエチレンや二酸化炭素の蓄積が促され, このことがおそらく高温輸送下での黒花発生の一因であると考えられた。加えて, 25℃ 24 時間の乾式輸

送は, 切り花に著しい水ストレスを生じさせ, 輸送後の再吸水を不良にした。

引用文献

- Apelbaum, A. and M. Katchansky. 1977. Improving quality and prolonging vase life of bud-cut flowers by pretreatment with thiobendazole. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102: 623-625.
- Downs, C. G., M. Reihana and H. Dick. 1988. Bud-opening treatments to improve *Gypsophila* quality after transport. Scientia Hort. 34: 301-310.
- Farnham, D. S., A. M. Kofranek and J. Kubota. 1978. Bud opening of *Gypsophila paniculata* cv. Perfecta with Physan-20. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103: 382-384.
- Marousky, F. J. 1977. Control of bacteria in gypsophila vase water. Proc. Fla. State Hort. Sci. 90: 297-299.
- Marousky, F. J. and J. Nanney. 1972. Influence of storage temperatures, handling and floral preservatives on post-harvest quality of gypsophila. Proc. Fla. State Hort. Soc. 85: 419-422.
- Tandler, J., Y. Mor, H. Spiegelstein and S. Mayak. 1986. Chemical treatments to improve the quality of cut *Gypsophila* flowers. Acta Hort. 181: 443-449.
- Van Doorn, W. G. and M. S. Reid. 1992. Role of ethylene in flower senescence of *Gypsophila paniculata* L. J. Postharvest Biol. Technol. 1: 265-272.
- 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.