キンギョソウ切り花の品質保持に対するカルシウム処理の効果

深井誠一^{1*}・上原廣大²

¹ 香川大学農学部 761-0795 香川県木田郡三木町池戸

² 香川県東讃農業改良センター 769-2493 さぬき市津田町津田 930-2

Effects of Calcium Treatment on Vase Life of Cut Snapdragon Flowers

Seiichi Fukai^{1*} and Koudai Uehara²

¹Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Kagawa University, Miki-cho, Kagawa 761-0795

²Tosan Agricultural Extension Center, Tsuda-cho, Samuki, 769-2493

Abstract

Effect of calcium and/or silverthiosulfate (STS) treatment on the vase life of snapdragon (*Antirrhinum majas* L. cv. Athlete Red) was investigated. Cut flowers kept in water showed inflorescence bent, while those pretreated with 1% CaCl_2 for 16 h did not show such symptoms. STS pretreatment prevented floret wilting but calcium did not. Calcium pretreatment enhanced inflorescence elongation and open florets. When vase water contained 5% glucose and germicide the calcium and STS pretreated flowers produced inflorescence with larger florets, resulting in extended vase life.

Key Words : inflorescence bent, STS

キーワード : 花穂の折れ, STS

緒 言

キンギョソウはエチレン感受性の花きの一つであり、エチレンの生合成を抑制すると切り花の品質保持期間が延長する (Nowak, 1981; Serek ら, 1995; Woltering・van Doorn, 1988). このためわが国ではキンギョソウ切り花の出荷に際して、チオ硫酸銀錯体 (STS) 処理が推奨されている (稲葉, 1997). また観賞段階で生け水に糖を加えることにより、つぼみの開花が促進されかつエチレンの作用も抑制され、品質保持期間が著しく延長することが報告されている (Ichimura・Hisamatsu, 1999). キンギョソウ切り花の品質保持期間が終了する主な要因は、花 (小花) の萎凋および花穂の折れ (下垂) などである. ところがこれまで、花穂の折れを対象にした品質保持の検討は十分なされてこなかった. 一般に切り花の茎の固さは重要な品質構成要素であり、特に草花類の切り花では、茎の軟弱さがしばしば問題となる. 消費段階でたとえ少数でも花首または花穂の下垂または折れが発生すると、その切り花の印象は非常に悪くなる. 近年、ガーベラ切り花に塩化カルシウムを処理すると生けた切り花の花首での下垂が抑制されることが報告された (Gerasopoulos・Chebli, 1999). 著者らは様々な切り花にカルシウム処理を試み、キンギョソウ切り花において花穂の折

れ (下垂) 防止に効果があることを見いだした. 本報告では、STS と塩化カルシウムを組み合わせる前処理したキンギョソウ切り花の品質保持期間を生け水の種類を変えて比較し、切り花の品質保持に及ぼすカルシウム処理の効果とその実用性を明らかにした.

材料および方法

1. 植物材料

キンギョソウ品種アスリートレッドを用いた. さぬき市寒川地区の生産者園において、2004 年 7 月上旬には種、同 10 月初旬にプラスチックハウスに定植、2005 年 1 月下旬より収穫を開始した切り花を用いた. 採花ステージは、小花が 7–8 輪程度開花したものとした.

2. 切り花の品質保持試験の方法

午前中に収穫した切り花を、同日午後に香川大学農学部に運び、長さ 60 cm に切り戻し、下部より約 10 cm の下葉を取り去った後 3 本を 1 組とし新鮮重を測定した. 純水 (下水) または所定の前処理溶液により 4°C 下、16 時間水上げ処理した. 翌朝再度新鮮重を測定した後、水または所定の生け水を 500 mL 入れた 500 mL 三角フラスコに切り花 3 本を 1 組として生け、 $24 \pm 2^\circ\text{C}$ 、約 $10 \mu\text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ 、16 時間日長、相対湿度 30 ~ 40% の条件下においた. 毎朝、切り花の新鮮重および吸水量を測定した. 蒸散量は、吸水量から切り花新鮮重の増加を差し引き求めた. 花穂が折れた時点、花 (小花) が下部より 5 つ萎凋した時点、またはカビ

2006 年 1 月 10 日 受付. 2006 年 5 月 15 日 受理.

* Corresponding author. E-mail: fukai@ag.kagawa-u.ac.jp

等が発生した時点を観賞期間の終了とした。

3. 各実験区の構成と方法

実験1. 塩化カルシウムとSTS前処理による切り花の品質保持効果

純水（以下、水区）、1%塩化カルシウム（ $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、和光特級試薬）溶液（以下 Ca 区）、0.2 mM STS（以下 STS 区）または1%塩化カルシウム + 0.2 mM STS（以下 Ca + STS 区）で水上げる4処理区を設け、その後水のみで生けて品質保持期間を調査した。STS 処理には、コートフレッシュ KC-20（ポコンクリザールジャパン、大阪）1000 倍液を用いた。

実験2. キンギョソウの花穂の発達と茎強度

切り花観賞時におけるキンギョソウ花序の発達の様相を明らかにするため、花穂の長さのよく揃った6本の切り花を供試し、水による水上げ後、水に生け、切り花全長および小花が着生している部位の節間長を最下位の花から5花ごとに6日間毎日計測した。

先と同様の処理をした切り花を1%塩化カルシウム溶液に0, 1, 5, 16時間処理し、その後水に移し、総計16時間の水上げ処理の後、水に生けて花茎の機械的強度を比較した。各区6本の切り花を供試し、水上げ終了24時間後に、花穂の下部より15–16番目および25–26番目の小花の節間の茎強度を計測した。計測にはデジタルストレインゲージ（RX-2、アイコーエンジニアリング、名古屋）を用い、支点間距離を4 cm としてその中央を引っ張り、茎が座屈した時点の最大負荷値（N）を計測した。

実験3. 生け水に糖が存在した場合の塩化カルシウムとSTS前処理効果

実験1と同様にカルシウムまたはSTSを用いて水上げ処理を行い、グルコース $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ とレジェンド MK（抗菌剤、中央化成（株）、大阪） $0.5 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ を添加した生け水に生けた区（それぞれ水-GMK 区、Ca-GMK 区、S-GMK 区、CaS-GMK 区）またはレジェンド MK のみ添加した水に生けた区（それぞれ水-MK 区、Ca-MK 区、S-MK 区、CaS-MK 区）を設けて、実験1と同様、品質保持期間を比較した。生けてから6日目に下部より15番目の小花を1つ採取して、小花の重さと大きさを計測し、さらに花弁（上唇弁）中央の花色 L^* 、 a^* 、 b^* 値を色測色差計（NR-3000、日本電色工業（株）、東京）により計測した。これらの値から、彩度 c^* 値および色相角度 H° を求めた。また品質保持期間終了時には、花穂長（最下位の花から最上開花小花までの長さ）を計測した。

結 果

水に生けたキンギョソウ切り花の品質保持におよぼす塩化カルシウムとSTS前処理の効果（実験1）

採花後 4°C 、16 時間の水上げ期間中の、水区、Ca 区、STS 区、Ca + STS 区の吸水量は切り花の新鮮重 1 g 当たりそれぞれ 0.073, 0.039, 0.068 および 0.035 mL であり、カルシウム添加区での吸水量が少なかった。

品質保持期間は水区、Ca 区に比べ STS 区および Ca + STS 区で若干長くなったが、有意な差ではなかった（第1図）。切り花の品質保持期間の終了要因は、処理区ごとに異なった。すなわち、水区では7日目までに9本中4本で花穂の折れが発生するとともに下位の小花から萎凋が始まった。

第1図 水で生けたキンギョソウ切り花の品質保持期間に及ぼすカルシウムとSTS処理の影響
図中のバーは標準誤差（n=9） 処理区間に有意差無し

第2図 水で生けたキンギョソウ切り花の新鮮重と吸水量に及ぼすカルシウムとSTS処理の影響
水：水のみ、Ca：1%塩化カルシウム、STS：0.2 mMSTS、Ca + STS：1%塩化カルシウム + 0.2 mMSTS でそれぞれ16時間水上げ処理 図中のバーは標準誤差（n=9）

第1表 カルシウム処理と花穂の茎の強さの関係 (単位 N)

花穂上の小花部位	処理区			
	水	Ca 1時間処理	Ca 5時間処理	Ca 16時間処理
15–16 番目	5.17 ± 1.23	6.28 ± 1.09	8.61 ± 0.81	6.50 ± 1.25
25–26 番目	2.63 ± 0.66	3.54 ± 0.68	4.00 ± 0.48	3.63 ± 0.56

平均 ± 標準誤差, n = 6
処理区間に有意差なし

これら花穂の折れは花穂の基部からほぼ 13 番目の小花付近で起きた。一方 Ca 区では、花穂の折れはまったく生じなかったが、下位の小花の萎凋が起こることで品質保持期間が終了した。またカルシウム処理した切り花では、より上位の小花まで開花することが観察された。STS 区および Ca + STS 区では、小花の萎凋は遅延したが、両区とも切り花下部の茎におけるカビの発生または茎葉を含めた切り花全体がしおれて、品質保持期間が終了する切り花が半数程度見られた。また STS 区では、9 本中 2 本で花穂の折れも発生した。これら STS を処理した区の生け水の濁りが著しく、多数の微生物のコロニーが観察された。

切り花の生体重の変化を見ると、水区では初期の生体重の増加量が少なく、3 日目以降に急速に減少した。一方 Ca + STS 区は 4 日目までに生体重が 25% 増加しその後緩やかに減少した。他 2 区の生体重は上記 2 区のほぼ中間の値で推移した。吸水量についてみると、水区は最初の日が他区より多かったがその後急激に減少した。その他の区では吸水量は漸減したが、カルシウム処理した区の吸水量は、処理しない区より多い傾向にあった (第 2 図)。

観賞時のキンギョソウ花序の発達の様相と茎の固さ (実験 2)

キンギョソウ切り花を水に生けた場合、下から 15 番目の小花まで、すなわち採花時に既に開花または蕾の発達が完

了していた部位の節間は全く伸長しなかった。一方、その上の 15–20 番目では 36%, 20–25 番目では 31%, さらにそれより上位では 28% 節間が伸長した。これらの節間伸長は水に生けてから 2 日目までに見られ、その後はほとんど伸長しなかった。

茎の機械的強度 N 値は、茎が太い花穂下部 (15–16 番目の小花の節間) の方が、より細い上部 (25–26 番目の小花の節間) より大きかった。1% 塩化カルシウムで 1 から 16 時間処理した切り花の花穂の機械的強度は、無処理のそれと比較して平均値では高かったが個体間のばらつきが大きく、処理間の有意な差は認められなかった (第 1 表)。

生け水に糖を添加した場合のカルシウムと STS 前処理効果 (実験 3)

水上げ期間中の吸水量は、実験 1 と同様カルシウムを添加した区での吸水量が他区にくらべて少なかった。

生け水中のグルコース (以下糖) の有無で、キンギョソウの切り花の品質保持期間は大きく異なった。生け水に糖を含まない場合、品質保持期間は、STS を処理していない水 -MK、Ca-MK 区では 8–9 日、STS を処理した S-MK、CaS-MK 区では 12 日程度であった (第 3 図)。実験 1 と同様に、STS を処理しなかった処理区では小花の萎凋が観察された。またカルシウム処理をすると花穂の上部の小花まで開花した (第 4 図)。花穂の折れはいずれの区でも観察されなかった。一方、生け水にグルコースを添加した場合、品質保持期間は、S-GMK 区を除き 19 ~ 20 日であった。S-GMK 区では、切り花の茎にカビが発生してその後全体が萎凋する切り花がいくつか見られ、平均品質保持期間が短くなった (第 3 図)。切り花生体重の変化を比較すると、生け水に糖を含まない区では、STS 処理した切り花の方が処理していない切り花より始めの生体重増加量が多く、5–7 日目以降、徐々に低下した (第 5 図)。一方、糖を含む生け水では、STS 処理の有無にかかわらず、カルシウム処理した切り花は処理していない切り花より始めの生体重増加量が大きく、その後はほぼ同じレベルを保った。吸水量を比較すると生け水に糖を含まない区では、最初の 2 日間の吸水量は多かった、3 日目以降になると急激に低下した。一方、糖を含む生け水では、はじめの吸水量は少なかったがその後の低下も少なく、長期間にわたって高い吸水レベルを保った。STS、カルシウム処理による吸水量の差はなかった。

開花している小花数の経時的変化を比較すると、水に生

第3図 STS とカルシウム処理、生け水の糖の有無がキンギョソウ切り花の品質保持に及ぼす影響

図中の異なるアルファベットは、Tukey の多重検定による 5% 有意差を示す。図中のバーは標準誤差 (n = 9)。各処理の先頭の 水 : 水のみ, St : 0.2 mMSTS, Ca : 1% 塩化カルシウム, CaS : 0.2 mMSTS + 1% 塩化カルシウムで水上げされたことを示し、後半の MK はレジェンド MK のみで、GMK は 5% グルコース + レジェンド MK で生けられたことを示す。

水-MK S-MK Ca-MK CaS-MK 水-GMK S-GMK Ca-GMK CaS-GMK

第4図 STS とカルシウム処理，生け水の糖の有無がキングジョソウの切り花の品質保持に及ぼす影響
各処理区の説明は第3図参照

第5図 生け水の糖の有無とカルシウム，STS 処理がキングジョソウ切り花の新鮮重と吸水量に及ぼす影響
各区の説明は第3図参照。図中のバーは標準誤差 (n=9)

けた区の切り花より生け水に糖を添加した区の切り花で多くなった (第6図)。STS 処理せずに水に生けた区では、カルシウム処理の有無にかかわらず6日目より下部の小花から萎凋が観察されたが、生け水に糖を添加した区では、STS

処理をしなかった切り花でも小花の萎凋の開始が遅くなった。さらに生け水に糖を添加した区では、花穂上部の小花の発達が良好で、糖を添加していない生け水区に比べて小花の重さ、大きさともに大きくなった。生け水に糖を添加した区での小花の花弁は、糖無添加区の小花に比べて、L*値が低く、a*, b*, c*, H°値がともに高くなり、鮮やかな赤橙色を示した。カルシウム処理による花色への影響はなかった。またカルシウム処理した切り花では、花穂の先端まで小花が開花し、品質保持期間終了時の花穂の長さは、カルシウム処理をして糖を添加した生け水に生けた Ca-GMK と CaS-GMK 区で他区より長くなった (第2表)。

考 察

冬期に収穫されたキングジョソウの切り花において、しばしば花穂の折れが発生することは経験的に知られていた。本実験において、水のみで水上げをし、さらに水に生けたキングジョソウ切り花においては、花穂の折れが発生した。花穂の折れた部位は、生け花開始後に伸長した部位の直下であった。一方、1%塩化カルシウムを16時間吸収させた切り花では、水に生けても花穂の折れが発生しなかった。また、実験3で水のみで水上げをしてレジェンド MK のみを含む水に生けた水-MK 区でも、花穂の折れは1本も生じなかった。花穂の折れが発生した実験1の水区においては、切り花の初期の新鮮重増加が少なくかつ早期に低下し始めた。一方、実験3の水-MK 区の切り花の吸水量は、実験1の水区に比べて多く、かつ生体重の減少程度は小さかった。この違いは、水-MK 区ではレジェンド MK の作用により生け水中の細菌の繁殖が抑えられていたことによる考えられる。

次に実験1の水区と Ca 区、実験3の水-MK 区と Ca-MK 区を比較すると、水上げの段階での吸水量は、実験1, 3共にカルシウム処理区で水のみ区より少なかったにもかか

第6図 カルシウムおよびSTS処理と生け水の糖の有無がキンギョソウ切り花の小花の開花数に及ぼす影響
各区の説明は第3図参照 図中の異なるアルファベットは、Tukeyの多重検定による5%有意差を示す

第2表 キンギョソウ切り花の小花の大きさ、花色と最終花穂長に及ぼす生け水の糖の有無、カルシウムとSTS処理の影響

処理区	小花のサイズ			上位花卉中央の花色			最終花穂長 (cm)
	幅 (mm)	縦 (mm)	重さ (mg)	L*	c*	H°	
水-MK	41.7 bc	43.9 cd	577.4 c	34.3 abc	78.3 bc	-2.7 c	25.3 b
水-GMK	46.5 ab	47.5 ab	646.6 abc	27.5 c	105.4 ab	8.3 ab	28.0 b
Ca-MK	39.1 c	42.1 d	520.6 c	42.2 a	66.4 c	-3.9 c	25.1 b
Ca-GMK	51.4 a	50.2 a	720.0 a	28.5 bc	105.6 ab	10.3 a	34.7 a
S-MK	41.9 bc	43.6 cd	567.0 c	39.8 a	68.2 c	0.4 b	25.3 b
S-GMK	46.5 ab	46.5 bc	625.6 bc	26.0 c	107.2 a	7.0 ab	30.4 ab
CaS-MK	39.7 bc	43.0 d	576.3 c	37.2 ab	70.3 c	-6.1 c	28.4 b
CaS-GMK	49.1 a	48.2 a	679.6 ab	25.4 c	110.9 a	9.2 a	35.4 a

処理区は第5図参照. 生け花開始6日目に下部より15番目の小花のサイズと花色測定

色相角H°は、比較を容易にするため0度を基準に±で表示した

図中の異なるアルファベットは、Tukeyの多重検定による5%有意差を示す

わらず、カルシウム処理した切り花の初期の新鮮重増加量は水のみで水上げた区のものより多かった。カルシウムの静菌効果が不明であるため、生け水中の細菌による吸水阻害という要因のない実験3について水-MK区と

第7図 キンギョソウ切り花の蒸散量に及ぼすカルシウム処理の影響
実験2の水-MK区とCa-MK区の蒸散量を比較
図中のバーは標準誤差 (n=9)

Ca-MK区の蒸散量を比較すると、生けてから数日の間、明らかにカルシウムを処理した切り花の蒸散が抑制されていた(第7図)。バラ切り花においても、1–5 mMカルシウムで前処理した切り花の新鮮重の初期増加が大きく、その後の新鮮重低下が緩やかであることが報告されている(Torreら, 1999)。またvan Meeterenら(1999)は、10.7 mMカルシウム溶液に生けたキクで顕著な蒸散抑制が認められたことを報告している。これらの蒸散抑制は、カルシウムによる気孔開口の抑制作用(Ruizら, 1993)によるものと考えられる。以上のことより、本実験で得られたカルシウム処理の効果は、カルシウムによる蒸散抑制で切り花の水分が保持され、水のみで生けた場合においても花穂の伸長部位の細胞の膨圧が保持され、結果として花穂の折れが発生しなかったものと考えられる。キンギョソウにおいて切り花の品質保持期間と気孔密度には重要な関係があることが報告されており(Schroeder・Stimart, 2005)、気孔開口の制御は、キンギョソウ切り花の品質保持において重要であると考えられる。

一方、外生的にカルシウムを植物に与えることにより

組織の機械的強度を増加させる試みが、チューリップ (Wawrzynca・Goszczyńska, 2000)、ガーベラ (Gerasopoulos・Chebli, 1999)、リンゴ (Siddiqui・Bangerth, 1996) などで報告されている。しかし本実験において花穂の茎の強さは、個体間差が大きく、カルシウム処理の有無による有意な差は認められなかった。この結果は、カルシウム処理の効果が細胞壁の機械的強化 (Poovaiah ら, 1988) のみでは説明できず、上述のようにカルシウム処理による切り花の水分バランスの保持効果が重要であることを示している。また実験1のSTS処理をして水に生けた区で生け水にバクテリアが発生し、一部の切り花で花穂の折れが生じたことも、水分バランスの崩壊が花穂の折れの原因であることを支持している。

本実験においてカルシウム処理したキンギョソウ切り花で、生け水への糖添加の有無にかかわらず、花穂が伸長し上部の小花の開花が促進される現象が認められた。バラ切り花においても、カルシウム処理により花が咲き進むことが報告されている (Torre ら, 1999) が、これらの現象の原因は明らかではない。また Ichimura ら (2005) は、生け水にマンニトールを添加することにより、キンギョソウ切り花の花穂がより伸長、発達することを報告しているが、その機作は不明である。

キンギョソウなど長い花穂を持つ切り花は、収穫直後の切り花調整時に長時間水平におくと花穂が負の屈地性を示して花穂先端部に曲りを生じやすいことが知られている。この現象には、細胞質内のカルシウムイオンが関与しており、カルシウムキレート剤やCaチャネル抑制物質を外生的に与えると屈地性が見られなくなる (Friedman ら, 2003, 2005; Philosoph-Hadas ら, 1996)。このことから水上げ時にキンギョソウ切り花にカルシウムを吸収させた場合、花穂の負の屈地性が強化されることが懸念された。このため、1%カルシウム溶液で0～16時間水上げ後、切り花を25℃で8時間水平に置き、その後垂直に生けて比較したがいずれの切り花にも花穂の曲りは認められなかった (データ未掲載)。以上のことから、キンギョソウ切り花にカルシウム処理をしても、実用上問題となるような負の屈地性の強化は起こらないものと考えられた。

一方、カルシウム処理したファレノプシスの花でエチレン感受性が増大すること (Porat ら, 1995)、逆にバラではカルシウム処理によりエチレン感受性が低下すること (Torre ら, 1999) が報告され、カルシウム処理とエチレン生合成との間に関係があることが示唆されている。本実験ではSTS処理をせずカルシウム処理を行い水で生けた場合、対照の水処理同様に小花の萎凋が観察された。このことは、カルシウム処理はキンギョソウのエチレン生合成には影響しない可能性を示している。一方、STS処理した切り花、もしくはSTS処理せずに糖を添加した生け水に生けた切り花では、共に小花の萎凋が遅延した。この結果は、Ichimura・Hisamatsu (1999) が示したように、糖を添加し

た生け水に生けられたキンギョソウでは、小花のエチレン生成が抑制されたものと推察された。なお本実験でSTS処理したキンギョソウ切り花において、しばしば茎にカビが発生し、また生け水中にバクテリアの増殖が観察された。この原因は明らかではないが、STS処理との関係を別途検討していく予定である。

以上の結果より、消費者段階では水のみで生けられることが多いと想定すると、実用的見地からカルシウム処理は花穂の折れを防ぎ、花穂の上位の小花まで開花するという効果が期待できる。ただし、カルシウム処理だけではエチレン生合成の抑制効果は期待できないため、STSとの併用処理が実用的と考えられる。また、消費者段階で生け水に殺菌剤と共に糖を添加することを前提とした場合、カルシウム処理により開花する小花の数が増加し、品種特性の十分な発揮が期待できる。また生け水に糖があれば、小花からエチレンの発生が抑制されると考えられるため、STSの前処理は必ずしも必要ではなくなる。以上のことからキンギョソウ切り花への塩化カルシウム前処理は、簡便でコストもかからない実用的な品質保持技術の一つであると言える。

摘 要

キンギョソウ切り花をSTSまたは塩化カルシウムで前処理し、生け水の種類を変えて品質保持期間を比較した。水に生けた場合、前処理なしの切り花では花穂の折れが発生したが、1%CaCl₂で16時間前処理すると発生しなかった。STS前処理は小花の萎凋を遅らせたが、カルシウム処理のみでは小花の萎凋は防げなかった。カルシウム処理により花穂が伸長し上部の小花まで開花した。カルシウムSTS処理した切り花を5%グルコースと殺菌剤を含んだ溶液に生けると、小花および花穂がよく発達し、切り花の品質保持効果が著しく高まった。

引用文献

- Friedman, H., S. Meir, A. H. Halevy and S. Philosoph-Hadas. 2003. Characterization of the asymmetric growth of gravistimulated snapdragon spike by stem and cell dimension analysis. *Amer. J. Bot.* 90: 849–856.
- Friedman, H., Z. Zhang, S. Meir, A. H. Halevy and S. Philosoph-Handas. 2005. New approaches for postharvest inhibition of undesired gravitropic bending in various snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) cultivars. *J. Hort. Sci. Bioetch.* 80: 433–438.
- 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.
- Ichimura, K. and T. Hisamatsu. 1999. Effects of continuous treatment with sucrose on the vase life, soluble carbohydrate concentrations, and ethylene production of cut flowers. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 68: 61–66.

- Ichimura, K., K. Kohata and K. Yamada. 2005. Promotion of spike elongation in cut snapdragons by mannitol. *Acta Hort.* 669: 119–124.
- 稲葉善太郎. 1997. キンギョソウ, p. 68–69. 日本花普及センター監修. 切り花の鮮度保持マニュアル. 流通システム研究センター. 東京.
- Nowak, J. 1981. Chemical pre-treatment of snapdragon spikes to increase cut-flower longevity. *Sci. Hort.* 15: 255–262.
- Philosoph-Hadas, S., S. Meir, I. Rosenberger and A. H. Halevy. 1996. Regulation of the gravitropic and ethylene biosynthesis in gravistimulated snapdragon spikes by calcium chelators and ethylene inhibitors. *Plant Physiol.* 110: 301–310.
- Poovaiah, B. B., G. M. Glenn and A. S. H. Reddy. 1988. Calcium and fruit softening. *Hort. Rev.* 10: 107–152.
- Porat, R., A. H. Halevy, M. Serek and A. Borochoy. 1995. An increase in ethylene sensitivity following pollination is the initial event triggering an increase in ethylene production and enhanced senescence of *Phalaenopsis* orchid flowers. *Physiol. Plant.* 93: 778–784.
- Ruiz, L. P., C. J. Atkinson and T. A. Mansfield. 1993. Calcium in the xylem and its influence on the behaviour of stomata. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 341: 67–74.
- Schroeder, K. R. and D. P. Stimart. 2005. Comparison of stomatal density and postharvest transpiration between long- and short-lived cut flower genotypes of *Antirrhinum majus* L. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130: 742–746.
- Serek, M., E. C. Sisler and M. S. Reid. 1995. Effects of 1-MCP on the vase life and ethylene response of cut flowers. *Plant Growth Regul.* 16: 93–97.
- Siddiqui, S. and F. Bangerth. 1996. The effect of calcium infiltration on structural changes in cell walls of stored apples. *J. Hort. Sci.* 71: 703–708.
- Torre, S., A. Borochoy and A. Halevy. 1999. Calcium regulation of senescence in rose petals. *Physiol. Plant.* 107: 214–219.
- 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.
- Wawrzynczak, A. and M. Goszcynska. 2000. Effect of exogenous growth regulators on quality and longevity of cut tulip flowers. *J. Fruit Ornament. Plant Res.* 8: 87–96.
- Woltering, R. J. and W. G. van Doorn. 1988. Role of ethylene in senescence of petals-morphological and taxonomical relationships. *J. Exp. Bot.* 39: 1605–1616.