

温湿度がデルフィニウム切り花のチオ硫酸銀錯体処理液の吸収に及ぼす影響

北海道立総合研究機構
花・野菜技術センター
黒島 学

デルフィニウムは、青色を基調とし涼しげな色合いから夏秋期には欠かすことのできない重要な切り花品目となっている。一方、エチレン感受性の高い品目の一つでもあり、エチレンにより萼片や花弁が脱離し、観賞価値を失う (Ichimura *et al.* 2000)。これに対し、エチレン作用阻害剤であるチオ硫酸銀錯体 (Silver Thio-Sulfate Complex: 以下 STS) の収穫後の短期間処理が、萼片や花弁の脱離抑制に著しい効果があることが報告されている (後藤ら 1998; 中原・中村

2002; 宇田ら 1994)。

北海道のデルフィニウム産地は、夏秋期の出荷を担う主要な産地であり、STS 処理による確実な品質保持効果が求められている。しかしながら、STS 処理効果が不十分と思われる萼片や花弁の早期脱離によるクレームがしばしば問題となっている。

そこでこの拙稿では、デルフィニウム切り花における STS 処理技術と収穫前および STS 処理時における温湿度の影響について調査したので紹介する (黒島 2022)。

この2タイプにおいて、吸収された STS 処理液 (銀含量) と日持ちの関係を見るために、STS 処理液濃度、処理時間を組合せて STS 処理した。その結果、いずれのタイプにおいても、日持ち延長効果には切り花全体の銀含量よりも小花における銀含量が重要であり、シネンシス系品種においては $2\mu\text{mol} \cdot 100\text{g}^{-1}\text{FW}$ 以上 (図-2 左)、エラータム系品種においては $3\mu\text{mol} \cdot 100\text{g}^{-1}\text{FW}$ 以上 (図-2 右) の銀が小花に蓄積された切り花では、日持ちはほぼ一定となり最大の効果が得られた (黒島ら 2009; 2017)。小花における銀の蓄積は、処理開始時には急速に進むが、吸収された銀の小花への輸送割合は、次第に減少する傾向がみられ、低濃度 STS 処理液 (0.1mM) の長時間処理では、上述の銀含量に達しなかった。これらのことから、適正な

1. デルフィニウム切り花における STS 処理

現在、北海道で作付けされている主要なデルフィニウムは、シネンシス系およびエラータム系である (図-1)。



シネンシス系



エラータム系

図-1 デルフィニウム切り花

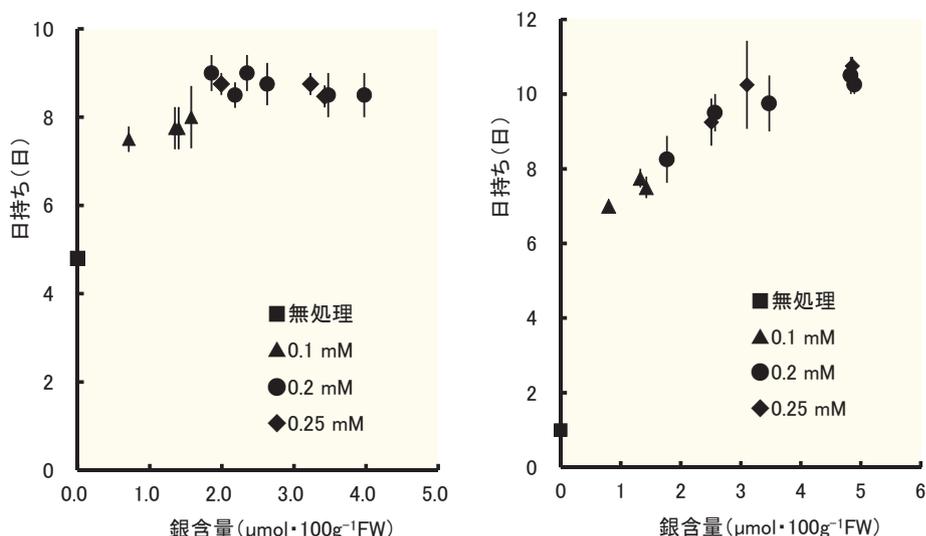


図-2 デルフィニウム切り花の小花における銀含量と日持ちの関係
左：シネンシス系、右：エラータム系。図中の縦棒は標準誤差を示す。銀含量は、サンプル2点の平均値。(左：黒島ら 2009 より転載、右：黒島ら 2017 より転載)



図-3 市場でみられた花落ち事例
2007年撮影エラータム系品種

濃度の STS 処理液 (0.2mM) で切り花の STS 処理液の吸収が盛んなうちに処理する必要性が明らかとなった。また、花穂部分が長く、小花数の多いエラータム系品種においては、収穫時には開花後数日が経過した小花から未開花の小花が花穂の中に混在している。離層の形成が進み萼片や花弁の脱離が始まった小花に対しては STS 処理効果を期待できないことが明らかとなった (黒島ら 2017)。これらの結果をもとに、デルフィニウム切り花の STS 処理方法がまとめられ、STS 処理は出荷前の必須の作業として北海道の生産現場に広く普及してきた (北海道農業協同組合中央会, ホクレン農業協同組合連合会 2020)。

2. 花落ちクレーム

夏季の出荷において、STS 処理効果が不十分と思われる萼片や花弁の早期脱離 (いわゆる‘花落ち’) により、出荷市場からクレームを受ける産地は少ない (高橋・大西 2001)。実際、市場で花落ちがみられたエラータム系切り花 (図-3) の銀含量を調査したところ、日持ち延長効果が期待できる小花の銀含量を大きく下回り、銀含量の不足が花落ちの原因と推察された。クレーム発生の報告があった切り花の収穫前または収穫時の気象状況から、降雨が影響していると考えている産地が多い。収穫前のハウス内が多湿条件と

表-1 収穫前の相対湿度が STS 処理液の吸収量に及ぼす影響 (黒島 2022 より転載)

処理区	処理中の 相対湿度 ²⁾ (%)	STS処理液 吸収量 (g・100 g ⁻¹ FW)	銀含量 (μmol・100 g ⁻¹ FW)	
			切り花 全体	小花
なりゆき区	84.8	35.0	6.54	4.14
除湿区	59.4	32.0	5.47	3.52
有意性 ³⁾		*	*	ns

²⁾ 収穫前144時間の平均値

³⁾ t検定により*は5%水準で有意な差があること、nsには有意な差がないことを示す(n=8)

なり、収穫時の切り花が STS 処理液を吸収しにくい状態となっていた。あるいは、切り花出荷調製施設内が多湿条件によって STS 処理液の吸収が抑制されたなどが、銀含量の不足を招いた要因として考えられている。そこで、これらの要因について検証を行った。

3. 収穫前の湿度の影響

エラータム系品種を用いて、花穂の小花が開花し始めたポットを相対湿度条件の異なる人工気象室に移し、6日後に収穫し STS 処理することで、収穫前6日間の相対湿度の影響を調査した。北海道における一般的なデルフィニウム栽培ハウス内において、収穫前120時間以内に降雨があった条件の平均気温と相対湿度は、22°C、87%に達していた (黒島 2013)。そこで人工気象室を温度 22°Cとし、相対湿度を制御しない‘なりゆき’区 (平均相対湿度約 84%) と、除湿器を使用した除湿区 (平均相対湿度約 60%) に設定した。切り花の STS 処理液吸収量には顕著な差が認められ、相対湿度の高かったなりゆき区は、除湿区よりも多くなった (表-1)。また、切り花全体および小花における銀含量は、いずれもなりゆき区で多くなったが、小花の銀含量に有意な差は認められなかった。日持ち延長効果が最大となる小花の銀含量は、エラータム系品種では 3μmol・100g⁻¹FW 以上であるが、

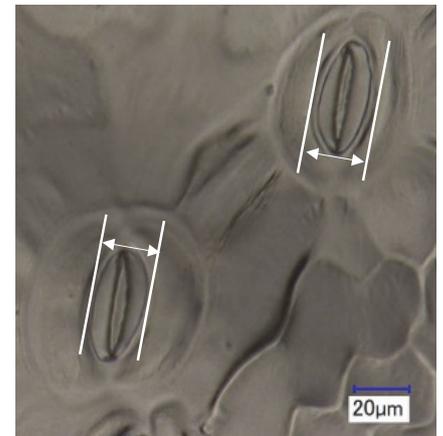


図-4 気孔径の測定部分
エラータム系品種小花の萼片胚軸側。(黒島 2022 より転載)

いずれの処理区も小花にこれ以上の銀が吸収された。実験前は、雨天時の高相対湿度が、切り花の STS 処理液の吸収に影響し、吸収量を低下させることを予想していた。しかしながら、本結果からは、収穫前の相対湿度の影響は小さく、むしろ高湿度条件下の切り花の吸収量が増加する結果となった。

切り花の吸水の原動力は、主に蒸発散による蒸散流であり、気孔からの蒸散の割合が非常に高い。佐藤ら (2005) は、バラを相対湿度 60%および 85%で栽培した場合、85%区における葉の気孔径は 60%区より大きくなり、気孔抵抗が小さく、切り花の蒸散速度も高いことを報告している。また、中野 (2012) は、バラの栽培管理において、6g・m⁻³以上の飽差環境では植物体からの水分損失を抑えるため気孔が閉じることを述べている。そこで、収穫前の湿度条件がデルフィニウム切

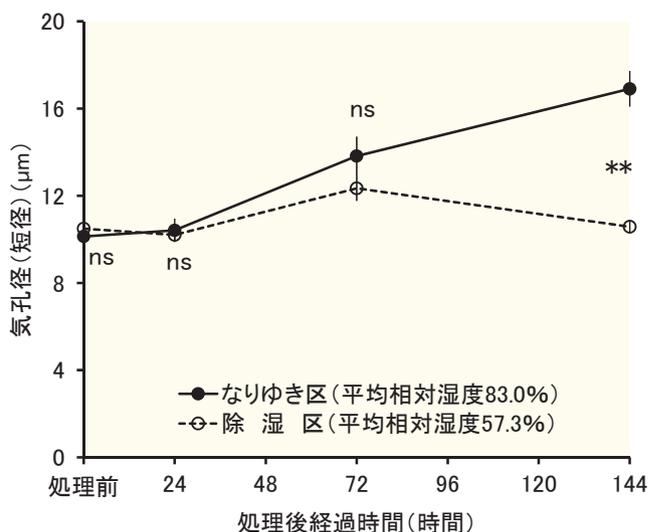


図-5 栽培期間中の相対湿度が萼片の気孔径に及ぼす影響
 図中の縦線は、標準誤差を示す (n=5)。** は、t検定により除湿区およびなりゆき区との間に1%水準で有意な差があり、nsは有意な差がないことを示す。(黒島 2022 より転載)

り花の萼片の気孔径に及ぼす影響について調査した。エラータム系品種を供試し、花穂の小花が開花し始めた段階で、前述の人工気象室に移した。なりゆき区および除湿区に移したそれぞれ5株を調査対象とした。開花直後の小花を1株当たり2花選び、人工気象室入室前、処理1日後、3日後および6日後に小花から萼片を1枚ずつ午前11時に採取し、孔辺細胞を含む気孔径(短軸)を測定した(図-4)。事前に萼片における気孔の分布状況を調査した結果、気孔は萼片の背軸側にはみられたが、向軸側にはみられなかったことから、気孔径の調査対象部位を萼片背軸側の中央部分とした。なりゆき区における気孔径は、処理中に拡がる

傾向がみられ、処理6日目には除湿区との間に有意な差が認められた(図-5)。本実験の除湿区における処理期間中の平均飽差は、約 $7.8\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ に達しており、萼片気孔からの水分損失を抑えるために気孔は閉じていたと考えられた。花穂に八重咲き小花が多数着生するエラータム系品種においては、これら萼片の気孔径の差がSTS処理液の吸収量に影響したと推察された。

4. STS 処理時の温湿度の影響

STS 処理時の温度および相対湿度が、STS 処理液吸収量に及ぼす影響を調査した。調査方法は、花・野菜

技術センター内の雨よけハウスで栽培したエラータム系切り花を供試し、花穂の小花が60~70%程度開花した株を収穫、調製しSTS処理を行った。STS処理は、蛍光灯点灯による明条件のもと23℃、相対湿度70%(以下23℃-70%区)、23℃、相対湿度80%(以下23℃-80%区)、30℃、相対湿度70%(以下30℃-70%区)および30℃、相対湿度80%(以下30℃-80%区)に制御した恒温室内で行った。処理開始4時間後および8時間の処理終了後に速やかにSTS処理液吸収量を求めた。

処理開始後4時間では吸収量に有意な差は認められなかったが、8時間では飽差が大きい30℃-70%区の吸収量が最も多く、ついで30℃-80%区、23℃-70%区、飽差が最も小さい23℃-80%区の順に減少した(表-2)。同一の温度条件下では、相対湿度が低いほど含量が増加する傾向がみられた。また、飽差が近似する23℃-70%区($6.2\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)と30℃-80%区($6.1\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)の比較では、温度の高い

表-2 前処理時の気温および相対湿度がSTS処理液の吸収量および銀含量に及ぼす影響(黒島 2022 より転載)

温度 (°C)	湿度 (%)	飽差 ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	STS処理液吸収量($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}\text{FW}$)		銀含量($\mu\text{mol}\cdot 100\text{g}^{-1}\text{FW}$)	
			4時間後	8時間後	切り花 全体	小花
23	70	6.2	20.2 a ²⁾	35.2 b	6.03 b	2.84 a
	80	4.1	16.6 a	29.2 a	4.19 a	2.41 a
30	70	9.1	25.2 a	46.4 c	9.26 c	3.97 a
	80	6.1	22.0 a	43.2 c	7.21 b	3.05 a

²⁾異なる文字間には、Tukeyの多重検定により5%レベルで有意な差があることを示す(n=3)

表-3 収穫前および STS 処理時の相対湿度が STS 処理液吸収量および銀含量に及ぼす影響 (黒島 2022 より転載)

収穫前 ²⁾	前処理中 ³⁾	STS処理液	銀含量 ($\mu\text{mol}\cdot 100\text{ g}^{-1}$)	
		吸収量 ($\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}\text{FW}$)	切り花 全体	小花
なりゆき区	低湿度区	49.5 c	8.17 c	4.06 b
	高湿度区	26.9 a	4.43 a	1.34 a
除湿区	低湿度区	40.8 b	6.82 b	4.07 b
	高湿度区	28.0 a	4.55 a	1.69 a

²⁾ 収穫前144時間の平均相対湿度 なりゆき区82.3%, 除湿区65.1%

³⁾ STS処理中6時間の平均相対湿度 高湿度区86.5%, 低湿度区62.5%

^{x)} 異なる文字間には, Tukeyの多重検定により5%レベルで有意な差があることを示す(n=8)

30°C -80%区で吸収量が増加した。切り花全体および小花における銀含量は, 飽差が大きい 30°C -70%区の含量が最も多く, 飽差が小さい 23°C -80%区が最も少なくなる傾向がみられた。同一の温度条件下での比較では, 吸収量と同様に相対湿度が低い区で吸収量が増加する傾向がみられた。

バラ切り花において相対湿度 99%条件で保持すると相対湿度 60%条件に比べて植物体からの蒸散および生け水の吸収が低く抑えられることが報告されている (土井ら 2000)。また, トルコギキョウ切り花において, 前処理溶液の吸収量は処理時の相対湿度の影響を受け, 低湿度ほど処理液の吸収量は増加したことが報告されている (湯本・市村 2007)。デルフィニウム切り花においても吸収量および銀含量は, 処理時の相対湿度および温度の影響を受け, 低湿度条件で吸収量が増加するトルコギキョウ切り花と同様の結果となった。なお, STS 処理後の気孔径の調査は行っていないが, 前述の実験における気孔径の変化は, 処理 1 日後にはみられなかったことから, 8 時間の STS 処理中に気孔径が変化し, 蒸散量に影響した可能性は小さいと推察された。これらのことから, STS 処理時の相対湿度および温度条件を変えることで STS 処理液の吸収量を増加させることができると考えられた。本

実験における処理条件の飽差と STS 処理液の吸収量および銀含量の関係は, 飽差が高いほど吸収量および銀含量が増加する傾向がみられた。飽差を高めるような環境制御が, 吸収量および含量の増加に効果的であり, 具体的には相対湿度を下げるまたは気温を上げる制御が考えられた。

5. 収穫前および STS 処理時の温湿度の影響

これまでの実験において, 収穫前数日を高湿度条件下で経過し収穫に至った切り花は, 萼片の気孔径が拡大したことで蒸散抵抗が低下し蒸散しやすい切り花の状況であり, 結果として STS 処理液の吸収量は低湿度条件下よりも増加した。一方, 高湿度条件下での STS 処理においては, 蒸散が抑制され STS 処理液の吸収が低湿度条件下より減少することが明らかとなった。そこで, 降雨時には栽培ハウス内および隣接する調製施設内も多湿条件となることが想定されることから, 収穫前数日と STS 処理時の相対湿度条件を組み合わせることで STS 処理液吸収量に及ぼす影響を調査した。

開花し始めた株を相対湿度の異なる人工気象室 (なりゆき区 (約 82%) と除湿区 (約 65%)) にそれぞれ移し収穫まで保持した。6 日後に収穫し速

やかに調製し, 各人工気象室の切り花を高湿度条件 (約 87%) と低湿度条件 (約 63%) に分けて 6 時間 STS 処理した。処理後速やかに前処理液吸収量および切り花の銀含量を求めた。

収穫前を相対湿度が高いなりゆき区で株を管理した切り花を低湿度条件で STS 処理した区の吸収量が最も多くなった (表-3)。次いで, 収穫前を除湿区で管理し, 低湿度条件で STS 処理した区が多かった。高湿度条件で STS 処理した区の吸収量は低湿度条件で処理した区よりも有意に少なく, 収穫前の湿度条件の影響はみられなかった。切り花全体の銀含量においても, STS 処理液吸収量と同様の傾向がみられた。低湿度区で処理したいずれの処理区の小花の銀含量は, 高湿度区の倍以上であり, 収穫前の湿度条件の影響はみられなかった。

これらの結果から, 高湿度条件下での STS 処理では, 切り花からの蒸散そのものが抑制されるため, 気孔径の大きさなどの切り花の状態が STS 処理液の吸収に及ぼす影響は小さいと推察された。また, STS 処理液吸収量および小花の銀含量を増加させるには, 収穫前のハウス管理よりも STS 処理時の環境制御が効果的であると考えられた。本実験において, 高湿度条件下での STS 処理における小花の銀含量は, 日持ち延長効果が最大と

なる銀含量 $3\mu\text{mol}\cdot 100\text{g}^{-1}\text{FW}$ を大きく下回った。本実験の STS 処理時間は、他の実験より短く、処理時間の延長で小花の銀含量が増加する可能性が考えられた。しかしながら、STS 処理時間を長くすることで茎葉の銀含量は大幅に増加するが、小花の銀含量の増加はわずかであり、切り花に吸収された銀の小花への蓄積割合は次第に減少しており、仮に本実験の STS 処理時間を延長しても小花の銀含量が $3\mu\text{mol}\cdot 100\text{g}^{-1}\text{FW}$ に達する可能性は低いと考えられた。

北海道の夏秋期における栽培であっても、降雨時は湿度が高く、気温が低く推移することが多い。STS 処理時の対策として、切り花調製施設内の相対湿度を下げる、または気温を上げるなどの飽差を高める環境制御が考えられる。暖房による昇温は、切り花の呼吸量の増加にもつながり、収穫後の管理としては望まし

い状況ではない。従って、具体的な環境制御対策としては、切り花調製施設内の相対湿度を下げるために除湿器などを利用することがあげられる。

引用文献

- 土井元章ら 2000. 異なる水蒸気圧下で保持したバラ切り花の水関係に影響する要因. 園学雑 69, 517-519.
- 後藤理恵ら 1998. デルフィニウム切り花の老化におけるエチレンの役割. 園学雑 67 (別 2), 452.
- 北海道農業協同組合中央会・ホクレン農業協同組合連合会 2020. 8 低温輸送方法での鮮度保持技術. 北海道フラワーガイド その 28. 辻孔版社. 北海道, 94-98.
- Ichimura, K. *et al.* 2000. Soluble carbohydrates in Delphinium and their influence on sepal abscission in cut flowers. *Physiol. Plant.* 108, 307-313.
- 黒島学 2013. デルフィニウム切り花の前処理液吸収量に及ぼす栽培環境および前処理環境の影響. 園学研 12(別 1), 413.
- 黒島学 2022. 収穫前および前処理時の相対湿度がデルフィニウム切り花の STS 処理液吸収量および銀含量に及ぼす影響. 園学

研 21, 501-506.

黒島学ら 2009. デルフィニウム切り花における STS 処理後の花持ちの延長と銀含量. 園学研 8, 353-357.

黒島学ら 2017. エラータム系デルフィニウム切り花における STS およびスクロースを組み合わせた処理が収穫後の品質と日持ちに及ぼす影響. 園学研 16, 197-202.

中野明正 2012. 施設園芸 Q & A バラの管理に「飽差」を利用したいのですが?. 施設と園芸 157, 51.

中原亜理恵・中村広 2002. デルフィニウムの出荷技術. 農耕と園芸 891, 172-175.

佐藤公宣ら 2005. 栽培中の相対湿度がバラ切り花の収量, 品質, 日持ちならびに蒸散特性に及ぼす影響. 園学雑 74(別 2), 544.

高橋正行, 大西常裕 2001. 実務家から見た花きの日持ち保証の実態と分析. 農耕と園芸 890, 173-179.

宇田明ら 1994. 品質保持剤 STS の前処理が草花類の品質保持期間に及ぼす影響. 近畿中国農研 87, 32-35.

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日持ちに及ぼす影響. 園学研 6, 301-305.