

光触媒を利用した切り花の品質保持

曾我綾香・原康明・吉田誠

Improvement of the vase life of cut flowers with photocatalyst

Ayaka SOGA, Yasuaki HARA and Makoto YOSHIDA

摘 要

酸化チタン光触媒の有機物分解能を、切り花品質保持方法の一つとして利用する可能性を検討した。切り花をあらかじめ浸けて微生物を繁殖させた水に酸化チタン粉末を添加し、紫外線を照射したところ、水中の微生物数が減少した。さらに、水に酸化チタンと糖を添加してバラ切り花を生けたところ、花持ちが長くなり、開花が促進された。次に、このシステムを実用化するために、紫外線発光ダイオードと光触媒担持体を同一容器内に収めた小型の溶液浄化装置を開発し、切り花をショ糖溶液に浸けた中に試作機を入れ、品質保持効果を検討した。その結果、バラ切り花では花持ち日数の延長、開花促進、生け水中の微生物増殖抑制等が認められた。また切り花用ヒマワリでは切り花重の増加や花持ち日数の延長が認められ、試作機による切り花の品質保持期間の延長が可能であると考えられた。

キーワード：光触媒、花持ち、小型溶液浄化装置、バラ切り花、ヒマワリ切り花

Summary

Photocatalytic titanium dioxide (TiO_2) that can nonspecifically degrade organic materials was applied to extend the vase life of cut flowers in combination with UV light irradiation and sucrose addition. The number of bacteria in the water in which cut flower had been put remarkably decreased when treated with 0.01 % (w/v) of photocatalytic TiO_2 powder under continuous agitation. Cut rose flowers were treated with TiO_2 powder in the presence of 1 % sucrose, resulting in the significant extension of the cut flower longevity. Then, we developed a small device equipped with UV-LED and photocatalytic materials to put this system to practical use. When cut rose flowers were applied to this device, the vase life longevity extended 2 to 4 days due to the suppression of bacterial growth in vase water.

Key words: photocatalyst, vase life, small solution purifier, cut rose, cut sunflower

緒 言

消費者が切り花に最も期待する要因は花持ち性であることが、さまざまなアンケート調査などにより示されている。そのため、最近では市場で花持ち試験を行ったり、小売店などで切り花に日持ち保証を付けて販売することも試みられている(市村 2012)。切り花の品質保持の方法は、生産者による出荷前処理から市場や小売店への流通を経て、消費者が購入した後までそれぞれの段階で行われるものがある。各段階での目

的は異なるが、エチレンなどの植物ホルモンによる老化の抑制や適切な水分状態の維持、開花に必要なエネルギーの供給が主な対策である。水分状態の維持として、切り花を水に浸けたままで出荷、輸送、販売を行うと品質保持効果があることが報告されている(市村 2011)。このように、切り花に水を供給しながら流通させる方法を湿式輸送という。中でも、出荷容器に再利用可能なバケットを用いる方法をバケット輸送と呼び、バラ等を対象に普及が進んでいる(市村 2011)。また、

切り花の収穫後生理を利用した方法として糖を吸収させると、品質保持期間が延長する、花色の発現が良好になるなどの効果が報告されており (Ichimura et al 1998, 2003), 切り花の浸け水に糖などを含む処理剤を用いる方法も行われている。我々のグループでもバラ切り花中の糖濃度の変動, 糖処理の効果について研究を行い, 連続した糖処理が明らかに切り花の品質保持期間を延長させることを確認した (曾我ら 2005)。一方で, バケット輸送は浸け水中で微生物が繁殖すると切り花の吸水を妨げ, 却って品質保持期間が短くなるという問題がある。そのため抗菌剤の使用が欠かせず, コストの面で課題がある。さらに湿式輸送中の切り花浸け水中への糖の添加も, 微生物繁殖を増長させる恐れがあり, あまり行われていない。しかしながら, 抗菌剤と糖を組み合わせた処理を継続して行くと, バラ切り花で高い品質保持効果が得られたとの報告があり (Ichimura and Shimizu-Yumoto 2007), 実際の流通ルートでの試験でも効果が確認されている (市村ら 2008)。

ところで, 当所では, 光触媒の農業利用研究を行っており, 農薬廃液の処理や養液栽培での培養液の浄化・再利用を検討している (Miyama et al 2009, 深山ら 2012)。光触媒とは光エネルギーを吸収して化学反応を加速させる触媒である。光触媒は紫外線が照射されると強力な酸化力を生じ, 接触した有機物を二酸化炭素や水にまで分解する作用があり, 既に実用化されている空気清浄機や抗菌タイルなどの抗菌効果は, 菌の細胞膜などの一部が光誘起分解反応によって壊れ, 機能低下を引き起こすためと考えられている (野坂・野坂 2004, 砂田ら 2006)。現在流通している光触媒応用製品の多くには酸化チタンが使われている (橋本・藤嶋 1998)。

そこで本研究では, 酸化チタン光触媒の有機物分解 (抗菌) 能力による切り花浸け水中の微生物増殖抑制が, 切り花の品質保持効果をもたらす可能性と, 糖の供給による品質保持期間延長の効果を併せて検討し, これらによる切り花の品質保持効果を確認した。さらにこのシステムを実用化するため, 小型溶液浄化装置を開発して試作機による切り花の品質保持効果を検討したので併せて報告する。

材料及び方法

1. 酸化チタン光触媒による切り花浸け水中の微生物の増殖抑制

あらかじめバラ切り花を浸け, 水中に微生物を増殖させた水を用意した。これを 9 cm シャーレに 20 ml ずつ入れ, 光触媒として酸化チタン (P-25) を 0.01 % (W/V) 添加し, ブラックライトにより紫外線 (最大波長 352 nm) を上から照射した。この時の紫外線量は 1.4 mW/cm^2 であった。添加した酸化チタンは時間が経つと沈殿するため, 水を攪拌して沈殿を防ぐ区 (TiO₂ 攪拌区) と攪拌しない区 (TiO₂ 非攪拌区) を設けた。また, 酸化チタンを添加し, 暗黒条件下に置いた区 (TiO₂ 暗黒区) と, 酸化チタンを添加せず紫外線照射のみの区 (UV 区) も設けた。微生物数の変化を調査するため水を経時的に採取し, ペトリフィルム培地 (3M 製 AC6400) で培養後, 生菌数を計測した。

2. 光触媒存在下でのシヨ糖溶液中の糖の組成と濃度の調査

切り花の品質を保持する方法として, 切り花浸け水への数種の糖類の添加が有効であることが明らかになっている (Ichimura and Hiraya 1999, 曾我ら 2003)。

そこで, 光触媒存在下での糖溶液中の糖の挙動を調査した。シヨ糖溶液を 25 ml ずつ 50 ml の三角フラスコに入れた。シヨ糖濃度は, バラやカーネーション切り花等に対する糖供給試験の過去のデータや文献と比較できるように, 1 % (w/v) とした。処理区は, 酸化チタン濃度を 0.005 % および 0.01 % (W/V) の 2 種類とし, 攪拌有無の区 (攪拌 UV 区, 非攪拌 UV 区) を設け, ブラックライトにより紫外線を照射した。また, 酸化チタンを添加し, 暗黒条件下に置く区 (TiO₂ 暗黒区) と, 酸化チタンを添加せず紫外線照射のみの区 (UV 区) を設けた。経時的にサンプルを採取し, 糖の組成や濃度の変化を高速液体クロマトグラフ (HPLC・島津 LC10A システム) により分析した。

3. 切り花品質保持に及ぼす糖と光触媒の影響

光触媒存在下で, 切り花を糖溶液に浸けて, 品質保持期間を調査し, 光触媒と糖の併用による品質保持効果の可能性について検討を行った。

バラ 'テレサ' は 2004 年 3 月に秦野市内の生産農家より入手した。収穫後, 直ちに当所へ運び, 5 °C で

一晩水揚げした。長さ40 cmに切り戻して試験に供した。試験区は、①水のみ(水区)、②糖のみ添加(ショ糖区)、③酸化チタンのみ添加(TiO₂区)、④酸化チタン・糖添加(TiO₂+ショ糖区)の4区とした。糖の添加は1%(W/V)ショ糖で、酸化チタン添加は0.01%(W/V)とした。各区、300 mlフラスコに切り花を3本ずつ生け、3反復で試験した。これらを、温湿度を制御しない室内でフラスコにのみ日光が当たるように置き、品質保持日数、開花状況として花径を調査した。この時の紫外線量は晴天時の日中で0.8~1.0 mW/cm²であった。

4. 小型溶液浄化装置の試作

酸化チタン光触媒の有機物分解能と、糖処理を組み合わせた切り花の品質保持方法を実用化するために、装置化を検討した。ここでは、製品化されている光触媒担持体を用いた。酸化チタンの活性を励起するためには紫外線が必要であるが、上記試験のように花を生ける容器の外側から照射することは、容器が光を透過させない場合には不可能である。また、太陽光由来の紫外線利用は安定的、継続的な効果が得られにくい。そこで、電池等を電源とする紫外線発光ダイオードを紫外線源とした。これらを取る容器は円筒形で、大きさは直径3.2 cm、高さ5.3 cmで、光触媒担持体は4種類を供試した(表1)。

表1 供試した光触媒担持体

試験区	形状	主たる基盤材質
1	球状	シリカゲル
2	網	アルミ
3	ハニカム	紙
4	織布	ポリエステル+レーヨン

これらを容器の内径に合わせて切り出して容器内に水平に収め、発光ダイオードは照射する紫外線が光触媒担持体に当たるように配置した。このときの担持体への紫外線LEDの照射量は1.4-1.5 mW/cm²であった。また、容器には直径3 mm程の穴を複数開け、水中に入ると水が出入り可能な状態とし、容器底面には水中で安定するように重りを付けた(図1)。

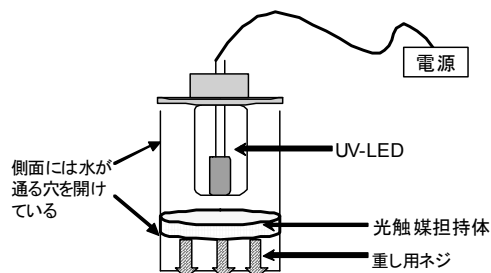


図1 小型溶液浄化装置試作機の模式図

5. 小型溶液浄化装置試作機による切り花品質保持試験

(1)バラ バラ‘テレサ’は秦野市内の生産農家より入手した。収穫後、直ちに当所へ運び、5℃で一晩水揚げし、40 cm長さに切り戻して試験に供した。

1%(W/V)ショ糖溶液300 mlを入れたビーカーに、バラ切り花3本と装置を入れた。装置の担持体は4種類供試し、それぞれ紫外線照射有無の区(UV+区及びUV-区)を設けた。また、装置に対する外光の影響を排除するために、ビーカーを遮光した。対照に装置を入れない区(対照区)を設けた。浸け水の交換は行わず、室温23℃、湿度成りゆきの条件下に置いた。切り花重量、開花状況、品質保持日数を調査し、生け水中の微生物数はペトリフィルム培地(3M製AC6400)で培養後、計測した。

(2)切り花用ヒマワリ 当所で育苗箱栽培した‘サンリッチマンゴー50’は収穫後、長さ40 cmに揃え、0.5%(W/V)ショ糖溶液300 mlに4本生けた。装置の担持体は前述の試作機で用いた試験区2を使用した。装置有無の区(装置区及び対照区)を2反復ずつ設けた。浸け水の交換は行わず、室温22℃、相対湿度55-60%の条件下に置いた。切り花重量、花持ち日数を調査した。

結果

1. 酸化チタン光触媒による微生物の増殖抑制

生け水中の生菌数は、試験開始時には 2.0×10^5 CFU/mlであった。微生物数は酸化チタン攪拌区において、24時間後には 1.0×10^3 CFU/mlに減少し、72時間後まで減少が続いた。酸化チタン無攪拌区は攪拌区に比べて48時間後までは減少ペースが緩やかであったが、72時間後にはほぼ同等に減少した。紫外線照射のみの区でも減少したが、酸化チタン区の微生物数

減少には及ばなかった. 暗黒下での酸化チタン添加区では微生物数は変化しなかった (図2).

2. 光触媒存在下での糖溶液中の糖の挙動

酸化チタン添加区では, いずれもショ糖の濃度が低下したが, 酸化チタン無添加(UV区), 及び酸化チタン暗黒区では糖濃度に変動はなかった. 酸化チタン添加濃度は0.01%が0.005%よりも分解を早めたが, 添加濃度よりも攪拌がショ糖の分解速度に寄与した. しかし, 濃度低下が最も早かった酸化チタン0.01%・攪拌区でも, ショ糖がHPLCで検出されなくなるまでに, 14日程度かかった(図3). HPLCによる分析では, 分解の中間産物として, 果糖やブドウ糖と推察されるピークや, 未知のピークも検出された.

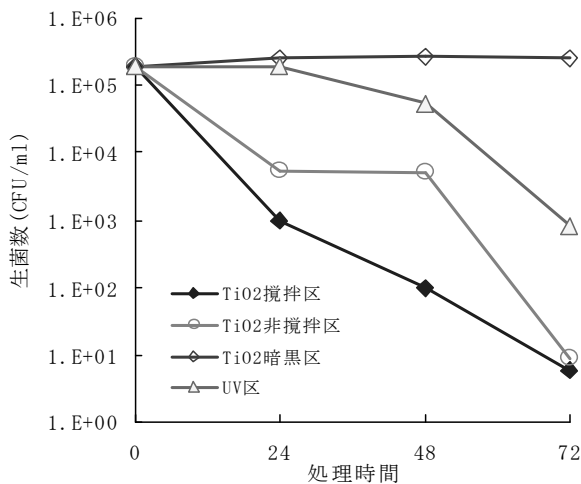


図2 酸化チタン処理による切り花浸け水中の微生物数の変化

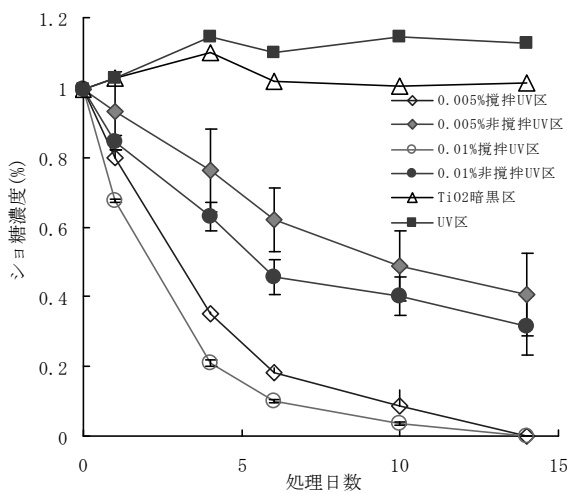


図3 酸化チタン処理によるショ糖溶液濃度の変化

3. 切り花品質保持に及ぼす糖, 微生物及び光触媒の影響

糖を添加した区は, 花の展開が良く, 水に生けた区よりも最大花径が大きくなった. 特に酸化チタン・ショ糖添加区では, 開花の進みと揃いが良く, 花持ち日数は14日以上と他の区よりも3日程度長かった. また, ショ糖単独処理区も水のみ区よりも花持ちが延長される傾向が見られた. 一方で, 酸化チタン単独処理区では十分に開花しなかった個体が水のみ区よりも多く見られた(図4, 表2).



図4 各処理がバラ切り花の品質保持に及ぼす影響 (試験開始14日後)

表2 バラ「テレサ」切り花の品質に及ぼす各処理の影響

処理	花持ち日数(日)	最大花径(mm) ^z
水のみ	10.7	95.3 a ^x
ショ糖 1%溶液	12.2	102.3 a
水+酸化チタン0.01%	11.6	99.0 a
ショ糖溶液+酸化チタン	14日以上 ^y	112.3 b

^z: 試験開始13日後に開花指数 (蕾から満開までを10段階に分けた) 9以上に達した花の平均値 ^y: 14日で試験を終了 ^x: 異なる符号間で1%水準で有意差有り

4. 小型溶液浄化装置試作機による切り花品質保持試験

(1) バラ 光触媒担持体4種類をそれぞれ用いた装置を試作し, バラ切り花を生けて試験した. UV+区は, 担持体の種類にかかわらず, 対照区, UV-区より, 花持ち日数が2~4日延長した(表3). また, 切り花の重量は, UV+区で開始時比約120%まで増加した(図5). 開花状況は, UV+区で開花指数10に達する個体がほとんどであったが, 対照区, UV-区は開花指数7~9で(図6), 十分な開花に至らない個体が散見された. 生け水中の微生物数については, 試験開始2日後は, UV+区がUV-区よりも少ない傾向だったが, 5日後には差は認められなかった. また対照区との差も認められなかった(表4).

表3 試作装置を浸け水に投入したバラ切り花の花持ち日数

処理区 ^z	花持ち日数	
	UV+	UV-
1	14	10
2	13	9
3	13	9
4	12	9
平均	13.0	9.3
対照	-	11

z:処理区(担持体)は表1を参照

表4 小型溶液浄化装置使用時の切り花生け水中の微生物数の変化

処理区 ^z	微生物数(×10 ⁴ CFU/ml)			
	2日後		5日後	
	UV+	UV-	UV+	UV-
1	12	157	25	131
2	6	34	57	27
3	3	10	32	64
4	10	92	94	38
平均	7.8	73.3	52.0	65.0
対照	-	3	-	82

z:処理区(担持体)は表1を参照

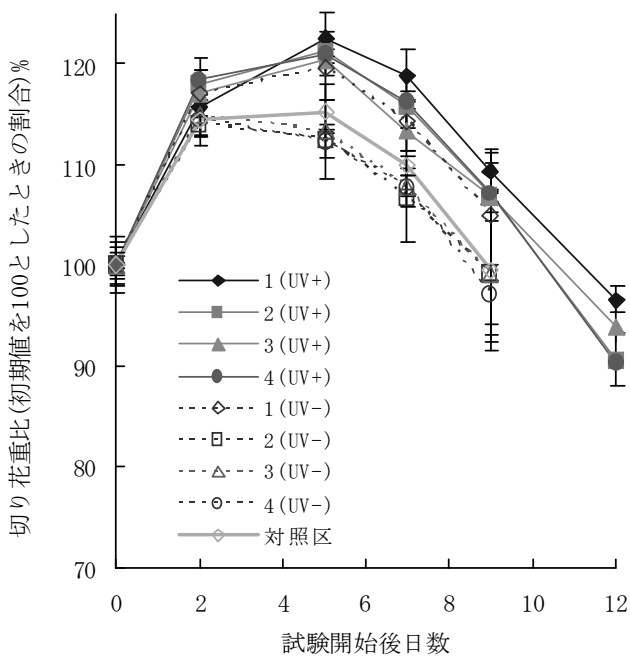


図5 小型溶液浄化装置使用時のバラ切り花重量の変化

(2)切り花用ヒマワリ 切り花重の変化は、試験開始後3日目までは装置区の方が増加割合が高かったが、どちらも7日目までには減少し、ほぼ同等になった(図7)。観賞可能期間は花卉の落下、しおれが確認されるまでとして観察したところ、7日目まで、装置区のほうが観賞可能花数が多い傾向だった。しかし、その後はどちもしおれや花卉の落下が進んだ(図8)。

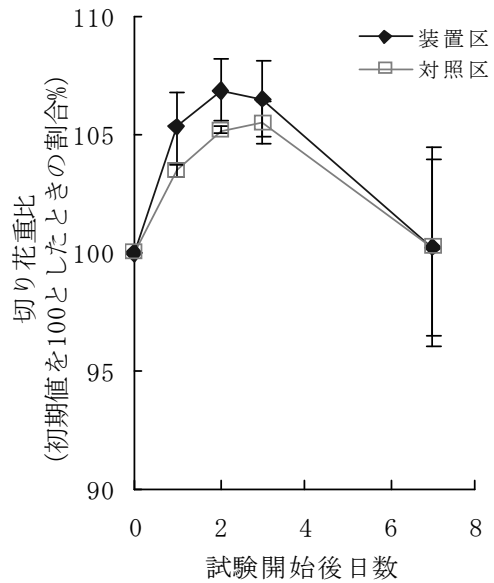


図7 小型溶液浄化装置使用時のヒマワリ‘サンリッチマンゴー50’切り花の重量変化

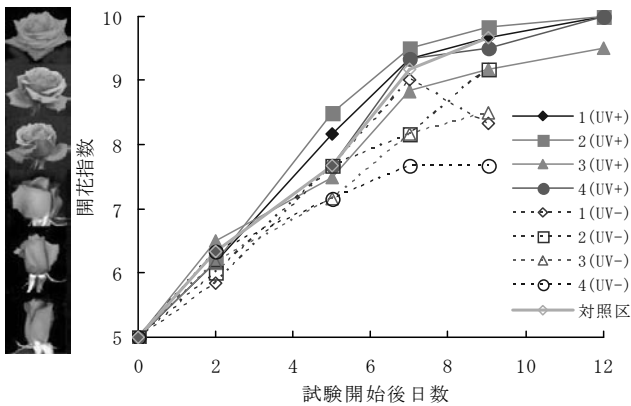


図6 小型溶液浄化装置使用時のバラ切り花の開花状況

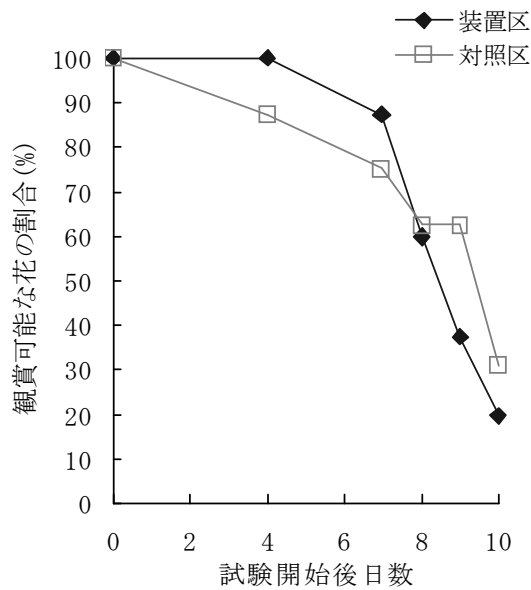


図8 小型溶液浄化装置使用時のヒマワリ‘サンリッチマンゴー50’切り花の観賞期間

考 察

切り花の品質保持方法の検討は、多種類の切り花を対象に行われている。品質保持期間の延長とは、その観賞価値を長く保てるようにすることである。観賞価値が失われる最大の原因は老化である。老化を引き起こす原因の一つであるエチレンの作用抑制のために使われるSTS（チオ硫酸銀錯体）は広く普及し、エチレン感受性の花きであるカーネーションやスイートピー等は出荷前にSTS処理することにより花持ち期間が劇的に延長する（大川ら 1985, 宇田ら 1989）。エチレンが老化の大きな要因とならないバラ切り花等では、水分ストレス緩和や糖質供給が有効であることが少なくない（Ichimura et al 2002）。本研究ではこれらに着目した切り花の品質保持方法について酸化チタン光触媒の利用可能性を検討した。酸化チタンによる微生物の増殖抑制試験では、あらかじめ水中に微生物を繁殖させた試料の中に酸化チタンを添加し、紫外線を照射したが、24時間で生菌数を大きく減じていた。酸化チタンは紫外線が照射されると直ちに光触媒の活性が励起されることから、切り花を水に浸けた直後のような微生物数のより少ない状態での増殖抑制効果も十分あると考えられた。また、酸化チタン無添加区では、紫外線そのものが微生物に対して殺菌効果を示したが、酸化チタ

ン添加による殺菌効果はそれを上回った。

酸化チタン存在下での糖溶液中の糖類への影響の評価では、酸化チタン添加区では、いずれもショ糖の分解が確認された。ショ糖がHPLC分析によって検出できなくなるまでには、最も早かった区でも14日程度かかった。微生物と糖いずれの試験でも攪拌した方が数と濃度の低下が早く、攪拌により酸化チタンとこれらの有機物が接触する確率が高くなり、分解がより早く進んだためと思われる。また、微生物はその一部が分解されると死滅するのに対し（野坂・野坂 2004）、糖が酸化チタンと接触しても、その構造が急激に崩壊することはないと考えられることから、菌数の減少と糖の濃度低下の速さに差違が現れたものと考えられた。殺菌効果が得られた光触媒の濃度で、糖の分解にはある程度の時間がかかるということは、切り花に継続的に糖を供給した方が花持ち効果があるという既知の報告に基づく、好都合である。また、ショ糖は2糖類であり、ブドウ糖と果糖が結合して構成されている。このため、ショ糖が加水分解するとこれらの糖を生じることから、酸化チタンによる分解過程においてもブドウ糖や果糖が生成される可能性がある。ブドウ糖や果糖も植物体には普遍的に存在し、切り花の花持ちに効果があることも知られていた（市村 2011）。したがって、酸化チタンの有機物分解能を利用すれば、切り花浸け水中の微生物の増殖を抑制でき、加えて長期間供給し続けたい糖は急激に分解されずに溶液中に残存する、という効果が期待できる。実際、本研究でこれら2つを組み合わせて切り花の花持ちを検討したところ、水に酸化チタンのみ、あるいは糖のみを添加した溶液に浸けるよりも切り花の花持ち期間を延長できた。なお、酸化チタン単独処理区の開花率が劣った原因は、試験初期に茎切り口に酸化チタン粉末が付着したことによる吸水不良の影響と考えられた。茎切り口への酸化チタン粉末付着による吸水阻害については、粉末ではなく担持体を利用すれば解決できるものと思われる。そこで、このシステムを実用化するために装置化を検討した。

その結果、粉末状の酸化チタンは、攪拌しないと沈殿し、切り花を浸けた試験では茎の切り口に付着し、却って吸水を阻害するという問題が生じた。また、粉

末状で浸け水に添加すると、使用後に回収、再利用することが難しい。そこで光触媒担持体を用いることにした。担持体は種々の目的のために作製されており、基材、光触媒の種類、担持方法などが異なる。今回は入手できたさまざまなタイプの担持体をそれぞれ試作装置に組み込み、実際にショ糖溶液に投入し、バラ切り花を生ける試験を行ったところ、花持ち日数の延長や、切り花重の増加、開花促進で効果が確認できた。一方、微生物の増殖抑制については、完全に抑制したと結論づけることはできなかった。宇田ら(1989)の報告によれば、生け水の細菌数が 10^5 cell/ml 以上になるとバラ切り花の花持ちの低下が起こり、 10^7 cell/ml 以上では極端に低下する。今回は、試験開始5日後で各区とも $10^5 \sim 10^6$ CFU/ml 程度で、装置なしでも微生物数に差は認められなかった。装置を投入し、紫外線有無で比較した場合は試験開始2日後の微生物数の差が吸水量に影響し、切り花重量や開花状況の差につながったと推察された。試作装置に用いた UV-LED の照射範囲がランプのほぼ直下であったため、光触媒担持体全体に紫外線が十分照射されず、機能が十分に発揮されなかった可能性もあり、装置改良と微生物増殖抑制効果、微生物以外の切り花切り口からの有機物等の影響についてさらに検討が必要である。また、切り花用ヒマワリについては、小型溶液浄化装置の使用によって切り花重の増加促進の効果が認められ、これが7日目までの観賞可能な花の割合の差違に作用したと考えられた。

今回、エチレン感受性花きであるカーネーションやスイートピーでの装置適用の検討は行わなかった。一方で STS 処理と糖処理の組み合わせによるスイートピーの花持ち延長については報告があることから (Ichimura and Hiraya 1999), STS 処理を前提とした使用ならば装置使用の効果が期待される。このように、切り花の種類によって、適切な処理のタイミングや条件は様々である。今後は、装置適用拡大のための切り花の検索や、種々の切り花の各々に適した装置使用時の糖溶液の種類や濃度などの検討が必要である。

謝 辞

本報告の作成にあたり独立行政法人農業・食品産業

技術総合研究機構花き研究所市村一雄博士には御校閲の労をとっていただいた。また、神奈川県環境農政局農政部農業振興課長北宜裕博士には多大な御助言をいただいた。本研究の実施にあたり、神奈川県農業技術センター深山陽子主任研究員には光触媒試験について多大な御助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

引用文献

- 橋本和仁・藤嶋昭. 1998. 酸化チタン光触媒のすべて. シーエムシー出版.
- Ichimura, K. 1998. Improvement of postharvest life in several cut flowers by the addition of sucrose. JARQ.32(4).275-280.
- 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(1).23-27.
- Ichimura, K., Y.Kawabata, M.Kishimoto, R.Goto and K.Yamada. 2002. Variation with the cultivar in the vase life of cut rose flowers. Bull. Natl. Inst. Flor. Sci.2:9-20.
- Ichimura, K., Y.Kawabata, M.Kishimoto, R.Goto and K.Yamada. 2003. Shortage of soluble carbohydrates is largely responsible for short vase life of cut 'Sonia' rose flowers. J.Japan.Soc.Hort.Sci.72(4).292-298.
- Ichimura, K. and H.Shimizu-Yumoto. 2007. Extension of the vase life of cut roses by treatment with sucrose before and during simulated transport. Bull. Natl. Inst.Flor.Sci.7:17-27.
- 市村一雄・高濱雅幹・鎌田展生・前田嘉洋・湯本弘子・黒島学・生方雅男・鈴木亮子・加藤美紀・神田美知枝. 2008. バラ切り花におけるスクロースと抗菌剤の出荷前および輸送中の処理による品質保持効果の実証. 花き研研報 8:41-50.
- 市村一雄. 2011. 切り花の品質保持. p.90-107. 筑波書房
- 市村一雄. 2012. 農産物の生産と現状. 花.p.35-38. 農産物流通技術 2012. 農産物流通技術研究会編
- Miyama, Y., K.Sunada, S.Fujiwara and K.Hashimoto.

2009. Photocatalytic treatment of waste nutrient solution from soil-less cultivation of tomatoes planted in rice hull substrate. *Plant Soil*. 318:275-283.
- 深山陽子・原靖英・橋本和仁・砂田香矢乃. 2012. もみ殻培地を用いた循環式バラ養液栽培における光触媒による排出培養液処理. *J. SHITA*. 24(1):31-37.
- 野坂芳雄・野坂篤子. 2004. 入門 光触媒. p.94-95, p.162-163.
- 大川清・山本恭介・林勇. 1985. スイトピーの花保ちに及ぼす STS の効果. 昭和 59 年度試験研究成績書. 神奈川県園芸試験場. p.23-26.
- 曾我綾香・市村一雄・吉田誠. 2003. 糖及び界面活性剤による前処理がバラ切り花の花持ちに及ぼす影響. *園学雑* 72(別 2):225
- 曾我綾香・原康明・吉田誠. 2005. 糖吸収を利用した切り花品質保持方法への光触媒応用. *園学雑* 74(別 1):170
- 砂田香矢乃・深山陽子・橋本和仁. 2006. 光触媒と太陽光を利用したトマト培養液浄化システムと汚染土壌浄化システム *J. Vac. Soc. Jpn.* 49(4):39-43.
- 宇田明・小山佳彦・福嶋啓一郎・西村十郎・谷口保. 1986. 切り花の花持ち延長. 第 1 報. STS がカーネーションの花持ちに及ぼす効果. 兵庫中農セ研報 (農業編) 第 34 号. 75-80.
- 宇田明・小山佳彦・福嶋啓一郎・西村十郎・谷口保. 1989. 切り花の花持ち延長. 第 4 報. バラの切り花の花持ちに及ぼす前処理剤および生け水, 切り水中バクテリアの影響. 兵庫中農業セ研報 (農業編) 第 37 号. 41-46