

特集：花き病害研究の新展開と環境保全型防除技術

我が国の花き施設栽培における 環境保全型病害防除技術の開発

千葉県農業総合研究センター暖地園芸研究所 **植 松 清 次**

はじめに

I 生物的防除技術

近年、オゾン層破壊や地球温暖化、内分泌攪乱物質（環境ホルモン）等、地球環境に強く影響する環境問題が現実のものとなっている。農業分野においても 2005 年臭化メチル全廃、農業における CO₂ の排出削減、環境ホルモンが疑われる農薬、施肥窒素の環境中への流亡等の問題があり、環境に負荷を与えない技術開発が求められている。

農林水産省では「新しい食料・農業・農村政策の方向（新政策、1992 年）」の中で、今後注目すべき農業として「農業の持つ物質循環機能を活かし、生産性との調和などに留意しつつ、土づくり等を通じて化学肥料、農薬使用等による環境負荷軽減に配慮した持続的農業」である環境保全型農業を提示し、その後一貫してこの政策を推進し、2005 年 1 月には「環境と調和のとれた農業生産活動を確保するための規範（環境規範）」が策定され、「適切で効率的な病虫害防除」が求められている。このような中で、病虫害分野では食料となる主要 10 作物を対象に、農薬使用量 50% 減を目指した病虫害群高度管理技術（IPM）の開発に関する研究事業が 2001 年から実施されてきた。

花き分野においても、「環境規範」と呼応して 2005 年 3 月に「花き産業振興方針」が策定され、そこにはオランダの「花き園芸環境プログラム（MPS）」や欧米の「適正農業規範（GAP）」などの花き産業の環境負荷の低減の推進に関する考え方が盛り込まれている。しかし、花き生産分野では、環境負荷軽減のための個別技術の導入の試みはあるものの、IPM を体系的に取り組んだ事例はほとんどないのが現状である。ここでは、我が国の施設花き生産における環境負荷低減のための個別技術開発の事例を紹介したい。

1 干渉作用を利用した防除方法

施設栽培ではないが、弱毒ウイルスを利用して、ウイルス病を防除する試みが鉢植えわい性リンドウで行われている（埼玉県：UGA et al., 2002；2004；（株）日本デルモンテ：高橋ら、2005）。

2 拮抗作用を利用した防除方法

(1) バラ、キク根頭がんしゅ病の防除：*Agrobacterium radiobacter* strain 84 を主成分とする「バクテローズ」のバラ苗根部浸漬処理、キクの挿穂および苗の根部浸漬処理により根頭がんしゅ病を防除できる（静岡県：牧野・森田、1985）。

(2) シクラメン灰色かび病：ボトキラー水和剤（有効成分 *Bacillus subtilis*）をダクト内投入処理して、ハウス内に拡散させて灰色かび防除する方法（田口ら、2003）を、シクラメン灰色かび病防除に適用して良好な結果を得た事例（長野県：南信農試、2004）がある。投入は毎日行い、1 日当たり 10～15 g/10 a とする。葉害、汚れがなく、省力的な防除方法である。本菌は植物体上に先に住み着き、植物体上で病原菌と生息場所および栄養物の奪い合いによる競合（拮抗作用）により、後から侵入する病原菌を排除するという（川根、2000）。

(3) カーネーション萎凋病：カーネーション萎凋病に対し、土壌を蒸気消毒後、非病原性フザリウム菌を土壌灌注し混和処理することで、高い発病抑制効果が認められた。また、その効果は 2 年間持続するという（香川県：米澤ら、2004）。

(4) シンビジウム病害：シンビジウム病害は、弱病原力フザリウム菌を葉に前接種することにより発病抑制される。その効果は接種後 3 日目ごろから生育期間を通して持続し、シンビジウムの生育および開花に影響しないことを明らかにした（山梨県：ICHIKAWA et al., 2003）。発病抑制機作は全身獲得抵抗性である。

3 抵抗性品種

(1) カラー疫病：掘り抜き井戸の湧き水を利用した湿地性カラーの栽培で、発生した立枯れ性病害は *Phytophthora richardiae* による疫病が原因であること、また、品種「ウエディングマーチ」が抵抗性品種であるこ

Development of Eco-friendly Production Technologies in Japanese Protected Ornamental Horticulture Industry. By Seiji UEMATSU

（キーワード：花き類、環境保全型、病害防除）

とを明らかにした。産地全体が本品種を導入したことにより、カラー生産が復活した。また、今まで多く栽培されていた品種‘チルドシアーナ’と‘ウエディングマーチ’を交配し、抵抗性品種‘アクアホワイト’を育成した。抵抗性品種の利用により、かけ流し栽培中の農薬灌注処理や改植時の土壌くん蒸剤処理など、河川を汚染するような化学農薬に依存する必要がない（千葉県：植松ら、1993）。

（2）キク半身萎凋病：品種‘神馬’、‘精山の鶴’、‘寒精雪’および‘精興の港’は、キク半身萎凋病に対して罹病性であると考えられた。‘精興の誠’および‘精興の城’は発病しないか、発病しても下位葉の萎凋にとどまったため、比較的抵抗性であると考えられた（青森県：杉山ら、2003）。

（3）バラ根頭がんしゅ病・疫病：岐阜大学の福井らのグループは、切り花および鉢花 24 品種と台木 15 品種を抵抗性検定した結果、根頭がんしゅ病に強い抵抗性を示す品種‘PEKcoughel’を選抜し、‘PEKcoughel’同士の交雑後代から罹病率の低い個体を多数得ている（Zhou et al., 2000; 2001; 福井, 2004）。

千葉県では（植松ら、未発表）、‘ナータルブライヤー’、‘トゲなしテリハノイバラ’等の台木用品種や‘カールレッド’、‘エキサイティング’等の切り花用品種は疫病抵抗性を有することを明らかにしている。

（4）カーネーションおよびスターチス萎凋細菌病：花き研究所ではカーネーション萎凋細菌病抵抗性品種および野生種を明らかにしてきた（花き研：小野崎, 2002）。さらに、幼苗期における早期選抜に有効な RAPD マーカー WG44-1043 を見だし、STS 化した DNA マーカーを開発した（花き研：Onozaki et al., 2006）。カーネーションの市販品種の中に、萎凋細菌病圃場抵抗性を有する品種がある。土壌くん蒸剤と組み合わせることで、防除効果をさらに高めることができた（千葉県：海老原・植松, 2004）。

スターチス萎凋細菌病抵抗性には、品種間および種間で差異がある。シヌアータでは、比較的抵抗性の強い品種に‘クリスタルイエロー’、‘ラズベリードリーム’があり、宿根性のスターチス類では、極めて抵抗性の強い種としてカスピア、ラティフォーリアおよびその種間雑種があげられる（和歌山県：宮本ら, 1998）。千葉県でもシヌアータ種 32 品種を用いて試験を行ったところ、萎凋細菌病圃場抵抗性の認められた品種は、‘ムーンエーゼ’、‘テラウイングス’、‘クリスタルイエロー’等で、これらは花色（がくの色）が黄色および白色のものが多く、発病しても病勢の進展が遅く、全身的な発病には至らなかった（千葉県：海老原ら, 2004）。

II 耕種的防除法

スターチス・トルコギキョウ灰色かび病：耕種的防除法による防除の試みは少ない。道立花・野菜技術センター花き科（1999）は、スターチス灰色かび病による被害を軽減し、かつ切花品質には影響を与えないような、ハウス内環境を含めたより良い栽培法（環境制御、耕種法の違い等）を検討している。その結果、①除湿機もしくは加温除湿を導入する、②全面マルチの導入、③茎葉への薬剤散布等の対策が適当であると考えられた。また、長野県野菜花き試験場（1999）や岩手県農業研究センターでは、除湿機と薬剤防除を組み合わせることにより、トルコギキョウやスターチスの灰色かび病を効率的、効果的に防除（省農薬）できることを示した。

長崎総農林試花き科（1999）では、スターチス灰色かび病の回避のための定植方法として、床面に直接定植せず、筒をおいて定植することと乾燥ケイントップでマルチを行うことにより過湿を防ぎ、灰色かび病による欠株の発生を抑制できることを明らかにしている。

III 物理的防除法

1 焼土法

回転する筒の中に炎を噴射することにより土壌を短時間で殺菌・消毒する機械で、薬剤やビニル被覆などを必要としない。1 時間で 6～13 t の土を処理できる装置が考案されている。蒸気消毒に比べ燃料（灯油）も少なく済むという（滋賀県：湖東地域農改センター, 2003）。

2 太陽熱消毒

（1）カラー疫病：薬剤による防除が困難な湿地性カラーの疫病菌に対し、太陽熱消毒は罹病根などの被害残渣中に残った卵胞子のほとんどを死滅させる。品種や球根の更新などの植替時に行うと、汚染圃場の菌密度を低下させるのに有効である（愛知県：平野ら, 1996）。

（2）ニホンスイセン葉先枯病：ニホンスイセンの球根を前年から植え付けたままの栽培圃場において、透明ポリエチレンフィルムを畝全面に被覆する太陽熱土壌消毒は、葉先枯病の発生を著しく抑制できる。被覆開始は 7 月中下旬の酷暑期とし、被覆期間は 1～3 週間程度とする（福井県：数馬ら, 2002）。

3 土壌還元消毒

土壌還元消毒法は、道立道南農試で開発された新しい土壌殺菌法である。処理方法は、フスマまたはコメヌカを 10 a 当たり 1 t 撒いてから耕起し、よく混和した後 100～150 mm 程度灌水して、農ポリなどで被覆する。土壌中に水分が十分にある状態で地温が 35℃ 以上になれば、土壌の還元化が進み 3 週間程度で土壌消毒は終了

する。千葉県では本法の可能な時期は6～9月で、火山灰土、砂質土、壤粘質土、重粘質土のいずれの土壤でも可能である。農薬を使わず、特別な装置の必要もない低コストな防除方法で、ネギ根腐萎凋病やトマト褐色根腐病、各種野菜のセンチュウ類等の防除で普及している。長野県ではアスター萎凋病防除（小野，2005）、千葉県では普及段階にあり、トルコギキョウやデルフィニウムなど花き類の土壤病害でも実施され、良好な結果を得ている。

4 熱水土壤消毒

熱水土壤消毒は、神奈川県園芸試験場（現 神奈川県農業技術センター）と農業研究センター（現 中央農業総合研究センター）で開発された新しい土壤消毒技術で、ボイラーで調製した熱水（通常80～98℃）を圃場に注入し、地中に浸透した熱水により地温を上げて高温で殺菌する方法である（KITA et al., 2002；西，2004；UEMATSU et al., 2003）。

花き類では、ガーベラ根腐病、ネコブセンチュウ、トルコギキョウ根腐病、青かび根腐病、青枯病、根こぶ線虫病、キク立枯病、バラ根頭がんしゅ病、ネグサレセンチュウ、カーネーション萎凋細菌病、同萎凋病、スイートピー腰折病等で試みられている。

5 蒸気消毒

蒸気消毒は、各種鉢花栽培における用土やカーネーションのベンチ栽培などで以前から用いられてきた防除技術である。近年、蒸気消毒直後に1m²当たり50l（毎分約0.5l）の散水を行うことで、地下深くまで効率的に地温を上げることができ、トルコギキョウ茎腐病菌、白絹病菌および菌核病菌に対しては臭化メチルと同等の殺菌効果が認められた（静岡県：外側ら，2002）。

IV 養液栽培における水媒伝染性病害の防除

野菜・花き類の養液栽培施設や底面給水栽培施設では、青枯病菌などの細菌性病害や *Pythium* 属菌や疫病菌 (*Phytophthora*) など水媒伝染性病原菌による被害が発生しやすく、いったん発病すると大きな被害になりやすい。こうした養液栽培での、防除技術の確立が求められている（三重県：富川，2000）。

防除対策として、①薬剤：土壌くん蒸剤を用いる方法や、ホルマリン、次亜塩素酸・界面活性剤、②オゾン殺菌、③培養液高濃度管理下での遊走子形成の減少や形成遊走子の被のう化による発病抑制、④拮抗微生物などが野菜類で試みられている。花き類では、①以外はほとんど普及した例がない。ここでは、これら以外に実用化している、あるいは実用化の試験段階にある資材（紫外線、

抗菌資材、熱水、ろ過法）について解説する。

1 紫外線

オランダなどの閉鎖式ロックウールシステムでは紫外線、熱、オゾン等を利用した排液の殺菌装置が装備されており、国内においても紫外線、オゾン、緩速ろ過などを用いた排液の殺菌または除菌方法が検討されている。しかし、初期投資およびランニングコストが高いなどの理由により、実際の栽培システムに取り入れられている例は極めて少なく実用化が望まれている。

紫外線による殺菌では、大量の用水に対して高い線量を照射し殺菌する装置が開発され、養液栽培の用水の殺菌に利用されている（草刈，2001）。本殺菌法は、キレート鉄の分解や、ランプに汚れが付着することによる照射線量の低下などに注意する必要がある。

2 オゾン

オゾン殺菌装置により、排液ストックタンクから殺菌タンクへ排液が補充され、オゾン殺菌が行われる装置が開発されている（峰，2001）。栽培槽内（ロックウール内）の病原菌を殺菌することはできないが、回収した排液はほぼ完全に殺菌できるという。

3 抗菌資材

溶出性銀イオンを利用した抗菌資材（商品名：オクトクロス）が実用化された（大阪府：草刈，1994）。銀の酸化物である酸化銀および可溶性の硝酸銀など銀化合物30ppbを水耕培養液に添加することによって、*Pythium* 属菌の遊走子が殺菌され、水耕栽培におけるキュウリ、ミツバ根腐病の発生を防止することができるという。山口ら（愛知県：2001）は、Ebb & Flow方式の栽培において、銀付着布（オクトクロス）を事前に養液タンク内に1～2枚/t程度添加して養液中の銀濃度を高めておくことにより、シクラメン萎凋病の発病を抑制できた。しかし、溶出量が多くなると（4枚/t以上）銀イオンによる葉害が発生したり、高温ほど溶出速度が大きくなるという。また、養液の塩素濃度が高いほど溶出を妨げる（神奈川県：山田ら，私信）などのいくつかの改善点があるが、簡便な防除技術として注目できる。

非溶出性銀を利用した抗菌資材を用いた防除技術も提案されている。Ebb & Flow方式で栽培されるミニバラに発生する根腐病に対して、溶出が極めて少なく環境負荷が少ない無機銀系の抗菌剤を活用した抗菌マットおよび抗菌セラミックフィルターによる防除効果を検討したところ、いずれも無処理区より防除効果が顕著に優れた（渡辺ら，2004）。

4 光触媒（酸化チタン）

天然の有機質培地を使用し、かつ培養液をリサイクルすることによって、産業廃棄物となるロックウールと廃

液の両方の処理問題の解決を図るため、酸化チタン光触媒を用いた培養液の浄化・殺菌効果について検討されている。光触媒処理すると、培養液を循環しても、有機物量はほぼ一定を保ち、かけ流し（非循環式）とかわらない濃度を維持する。愛知県総農試では、養液栽培の病害対策に酸化チタンを利用した光触媒による養液の殺菌効果を検討したところ、*Pythium* 属菌、疫病菌等の病害の発生を抑制できるという（平野ら、私信）。

5 熱水

熱水土壤消毒法を養液栽培に適用した事例では、植え替え時におけるガーベラ根腐病防除対策がある（UEMATSU et al., 2003）。灌水用のホースを用いて、既設の暖房機の熱水（60～65℃）を保温用ビニールで被覆したロックウール資材に流し込むことにより、安価・簡単・効果的に汚染した資材を殺菌でき、根腐病を防除できた。

6 ろ過法

緩速砂ろ過（Slow sand filter）は、我が国でも古くから用いられている浄水技術であるが、培養液除菌への応用研究はドイツでスタートし（WOHANKA, 1990）、その後オランダなどで実用化されている（峰, 2001）。50～80 cm の砂の層に培養液を 0.1～0.3 cm³/m²/h で通過させて、吸着、沈殿、ふるい効果だけでなく、微生物的ろ過（bio-filtration）により除菌できる。低コストではあるが、設置場所に広いスペースを必要とする。

膜ろ過による防除技術が提案されている。ろ過膜には精密ろ過（MF：Microfiltration, 懸濁物質領域 0.1～150 μm）、限外ろ過膜（UF：Ultrafiltration, コロイド領域 2 nm～5 μm）、ナノろ過（NF：Nanofiltration, コロイド領域 2 nm～5 μm）および逆浸透ろ過（RO：Reverse filtration, イオン・低分子領域 0.3～5 nm）があるが、細菌や糸状菌などの除菌目的には MF 膜や UF 膜が適当である。植松ら（2006）は UF ろ過膜（孔径 0.01 μm）、簡易サンドフィルターおよび紫外線殺菌の各装置で循環型除菌システムを組み立て、バラ疫病のまん延防止効果を検討した。その結果、2 回の繰り返し試験で防除効果の認められた装置は、UF ろ過膜水処理装置およびサンドフィルターであった。

おわりに

以上、十分拾いきれているとは言えないが、各県の花きにおける農薬を削減した、あるいは臭化メチル剤を代替する技術の開発の概要を紹介した。農薬の使用によっ

て、周辺環境や生態系への影響などが懸念されている現状から、化学農薬と生物的、物理的、耕種の防除手法を組み合わせ、総合的な病害虫管理技術（IPM）を実践し、化学農薬の使用を最小限に抑えることが求められている。また、循環式養液栽培における除・殺菌装置が個別に提案されてきているが、対象病害ごとの防除効果や経済性などについてそれぞれ一長一短があるように思えることから、これらの装置を一同に並べて比較検討する必要がある。

高品質生産を要求される花き産業では、病害虫の徹底防除が最優先とされ、過剰な農薬散布が行われてきた。しかし、環境負荷の低減の推進を求められる時代となり、各県で環境保全型病害防除について個別技術の開発、導入が徐々に試みられている現状から、これらの技術を地域の特色を生かしながら、普及性のある体系に組み立てる必要がある。

一方、花き類の防除には薬剤の適用登録が少なく、薬害などの情報も乏しいので、生産現場で「適切で効率的な病害虫防除」を指導することが困難な状況となっている。環境に負荷をかけない防除の考え方とは逆行することになるが、今後とも「適切で効率的な病害虫防除」を行うための農薬の適用拡大を図る必要がある。

また、花き生産では球根や苗の生産と切り花生産や鉢花生産とが古くから分業化している。こうした球根や苗の流通を介して、病害虫の分布域が急速に拡大したと思われる事例もある（植松, 2001）。この解決のために研究機関と種苗メーカーは積極的に研究交流を行い、無病苗生産のための防除技術の確立と防除技術のマニュアル化を図る必要がある。

引用文献

- 1) 福井博一 (2004): 植物防疫 58: 345～350.
- 2) 草刈眞一・岡田清嗣 (1994): 日植病報 60: 337～338.
- 3) ——— (2000): 農業技術大系野菜編 12, 養液栽培追録 26: (96), 農文協, 東京, p. 92～106.
- 4) 牧野孝宏 (1999): 静岡農試特報 17: 1～100.
- 5) 峯 洋子ら (2000): 園学雑 69: 323～331.
- 6) ——— (2001): 農業技術大系野菜編 12, 養液栽培追録 26: (96), 農文協, 東京, p. 81～90.
- 7) 深山陽子・橋本和仁 (2002): ハイドロポニックス 16(1): 12～13.
- 8) 西 和文 (編) (2002): 熱水土壤消毒—その原理と実践の記録—, 本施設園芸協会, 東京, 186 pp.
- 9) 小野崎隆 (2002): 花き研究所研報 1: 1～85.
- 10) 植松清次 (2001): 土と微生物 55: 55～63.
- 11) UEMATSU, S. et al. (2003): Farming Japan 37: 35～41.
- 12) ——— et al. (2002): Proc. 2003: Ann. Int. Res. Con. MeBr. Alt. Emi. Reduc., 123-1～123-3.
- 13) 山口徳之ら (2001): 愛知農総試研報 33: 215～218.