

チューリップモザイクウイルス、チューリップXウイルス の多発要因と防除対策

富山県農林水産総合技術センター園芸研究所 ^{もものい}桃井 ^{かずみ}千巳・^{もりわき}森脇 ^{じょうじ}丈治*
富山県農林水産総合技術センター農業研究所 ^{もり}守 ^{かわ}川 ^{とし}俊 ^{ゆき}幸

はじめに

富山県のチューリップ球根生産は、水田の裏作として1918年に導入されて以降徐々に作付面積を拡大してきたが、1988年にオランダからの輸入球根に対する隔離検疫制度が緩和され、安価な輸入球根の増加により球根の販売単価が低迷し、1993年をピークに作付面積、出荷量は減少傾向にある。しかしながら、出荷量は1996年以降全国1位（2011年産全国シェア59%）であり、チューリップは依然として県内花き生産の重点品目となっている。

国内のチューリップに発生するウイルスは、チューリップモザイクウイルス (*Tulip mosaic virus*, TulMV)、ユリ斑紋ウイルス (*Lily mottle virus*, LMoV)、キュウリモザイクウイルス (*Cucumber mosaic virus*, CMV)、タバコ茎えそウイルス (*Tobacco rattle virus*, TRV)、ユリ潜在ウイルス (*Lily symptomless virus*, LSV)、チューリップ微斑モザイクウイルス (*Tulip mild mottle mosaic virus*, TMMMV)、チューリップ条斑ウイルス (*Tulip streak virus*, TuSV)、タバコネクロシスウイルスD (*Tobacco necrosis virus D*, TNV-D)、オリーブ微斑ウイルス (*Olive mild mosaic virus*, OMMV)、オリーブ潜在ウイルス1 (*Olive latent virus 1*, OLV-1)、チューリップXウイルス (*Tulip virus X*, TVX)がある（日本植物病理学会, 2000）。これらのうち、富山県ではかつて *Tulip breaking virus*:TBV と呼ばれた TulMV および *Olpidium* 菌によって媒介される TMMMV と TuSV の被害が大きい。

近年、生産現場ではこれまでになくチューリップモザイク病、チューリップXウイルスの多発生が問題となっている。これまで、チューリップモザイク病に対しては、感染株の抜き取りと殺虫剤散布による媒介虫防除が

行われきたが、従前の管理では制御が困難な事例が多くなってきた。また、輸入球根においてTVXの感染率が高いロットが目立つようになってきている。

そこで、花卉に色割れを生ずるウイルス病の病原を再度調査するとともに、今日における媒介虫の発生状況、防除対策について調査した結果を紹介する。また、TVXも含めた、これらウイルスの多発生の要因を類推し、輸入球根の管理を含めた今後のチューリップのウイルス病対策について議論したい。

I チューリップモザイク病の発生実態調査

チューリップモザイク病の病原ウイルスとして、これまでに TulMV, LMoV, CMV, TRV が報告されている。病徴はいずれも花卉に色割れ（図-1）や葉にモザイク症状を呈し、病徴から病原ウイルスを特定することは難しい。そこでまず、生産現場で発生しているモザイク病がどのウイルスに起因するのかを調査した。2011年に県内7生産地域から葉や花にモザイク症状を呈する株を採集し、簡易 Tissue blot immunoassay (TBIA) 法（守川, 2007）およびチューリップやユリに発生する *Potyvirus* を識別するための PCR-RFLP (DEKKER et al., 1993) による病原ウイルスの同定を行うとともに、一部の試料は CP 遺伝子領域を解析してウイルスの種類を特定した。

その結果、本県で発生するモザイク病の病原は TulMV が 91.1%、LMoV が 8.9% であり、主要な病原ウ



図-1 TulMV 感染によるチューリップ花卉の色割れ症状
右から2番目が感染株。

A Significant Occurrence and Control of *Tulip mosaic virus* and *Tulip virus X*. By Kazumi MOMONOI, Jouji MORIWAKI and Toshiyuki MORIKAWA

(キーワード: チューリップ, モザイク病, *Tulip mosaic virus*, *Tulip virus X*)

* 現所属: 農研機構 九州沖縄農業研究センター

ウイルスはTulMVであると判断された。さらに、生産者が生産する約7割のロットについて開花時期に花茎を約200本/ロット採集し、簡易TBIA法による多検体診断を行ったところ、感染率10%以上のロットは全体の9%を占めた。なかでも、花卉での色割れがわかりづらい白、黄色品種で感染率が高い傾向が認められ、栽培圃場における伝染源となっている可能性が示唆された。ちなみに、仮に10%の感染率とすると、10a当たりの感染株数は、少なくとも2,500株程度であり、チューリップは栄養繁殖であることから、何も対策を講じなければ次年度に伝染源として残ることになる。

II 媒介虫の発消長と主要媒介種

TulMVはアブラムシによって非永続伝搬され、黄色水盤に飛来したアブラムシ有翅虫数と次年度のモザイク病発病株率には正の相関があることが明らかになっている(名畑, 1984)。そこで、チューリップ生育期間中の過去20年間のアブラムシ飛来消長調査のデータを基に、10年ごとの飛来数の平均値を比較した。その結果、1992～2001年よりも2002～11年で増加しており、特に5月上旬と5月下旬で顕著に増加していることがわかった(図-2)。このことから、近年の栽培圃場へのアブラムシの飛来数の増加がモザイク病多発生の要因の一つであると考えられた。

次に、県内の各生産圃場において生育期間中にチューリップに着生しているアブラムシを採集し、種の同定を行ったところ、TulMV媒介の主要種とされているモモアカアブラムシ、ワタアブラムシのほかにもギクビレアブラムシ、ムギヒゲナガアブラムシが複数の圃場で認められた(図-3)。さらに、両種のTulMV媒介能を調査したところ、両種のチューリップ上での増殖は認められないものの、ウイルスの媒介能を有することが確認されたことから(データ略)、今後はこれらのアブラムシ類

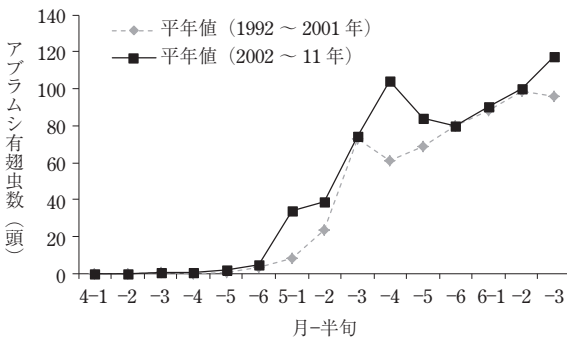


図-2 アブラムシ有翅虫の飛来消長の推移
(富山県農林水産総合技術センター園芸研究所)

の発生についても注意する必要があると考えられた。

III チューリップモザイクウイルス感染時期の特定

チューリップ生産圃場において、TulMVの感染が多い時期を特定するために、園芸研究所内栽培圃場において暴露試験を行った。すなわち、チューリップ栽培期間中、萌芽期から掘取り期まで寒冷紗で覆って栽培し、2週間ごとにアブラムシに暴露した。その結果、TulMV感染率が高い時期は、黄色水盤によるアブラムシ有翅虫の飛来数が多かった5月中旬から6月上旬の時期とほぼ一致した(図-4)。このことからアブラムシの飛来時期に合わせた殺虫剤散布が効果的であると考えられた。

IV 効果的な防除薬剤の選定

一般的にウイルス伝搬抑制のためには、媒介虫に対して即効性のある薬剤が求められる。そこで、生産現場で使用されていた殺虫剤を中心にアブラムシの薬剤感受性(即効性)を調査した。すなわち、チューリップ圃場で採集したモモアカアブラムシ4系統、ワタアブラムシ5系統、ジャガイモヒゲナガアブラムシ1系統を供試し、虫体浸漬法(浜, 1987)により20℃、24時間後の死虫率を調査した。その結果、アブラムシの種によって即効性のある薬剤は異なる結果となり、供試したすべての種に効果が高かったのはアセタミプリド水溶剤、イミダクロプリド水和剤、クロチアニジン水溶剤(以上すべてネオニコチノイド類)であったことから(表-1)、防除薬剤の見直しが必要であると考えられた。

そこで、新たな防除薬剤の選定のためにまず植物体上のアブラムシへの薬剤散布による効果試験を行った。すなわち、コンテナにチューリップを植付け、ガラス温室で管理し、開花期にモモアカアブラムシを放飼後十分定

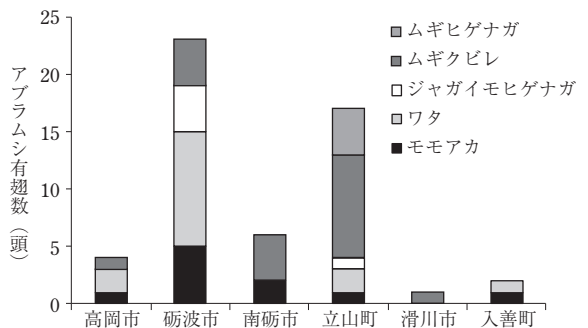


図-3 チューリップ栽培期間中にチューリップへの着生が認められたアブラムシ種

2011年5月25日～6月14日に富山県内のチューリップ栽培圃場にてチューリップに着生していたアブラムシを採集し、同定した。

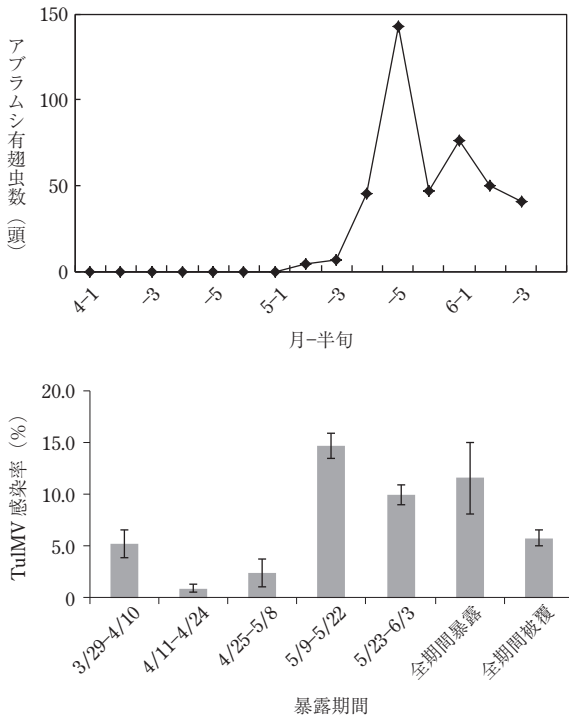


図-4 アブラムシ有翅虫の飛来消長とチューリップモザイクウイルス感染時期の関係(2011年同園芸研究所)上 チューリップ圃場に設置した黄色水盤1個当たりのアブラムシ有翅虫の飛来消長。初飛来5月7日。下 暴露期間とチューリップモザイクウイルス感染率の関係。暴露時期を変えて栽培し掘取った球根を植付けて、翌年の開花期にTBIA法によりTulMV感染率を調査した。
1区60球3反復の平均値を示す。
図中のエラーバーは95%信頼区間を示す。

着したところで薬剤を通常濃度で散布し、3日後、7日後、14日後の生存虫数を調査した。その結果、供試した薬剤のうち、対照薬剤のクロチアニジン水溶剤に比べ、処理7日後から安定的に密度を抑制していると考えられたのは、ピリフルキナゾン水和剤、フロニカミド水和剤であった(図-5)。

次に、薬剤のウイルス伝搬抑制の効果について、ガラス温室内での保毒虫接種によるウイルス伝搬抑制効果について試験を行った。すなわち、薬剤を散布後、翌日にウイルスを保毒させたモモアカアブラムシを接種し、約1週間後に虫を除去した。これより収穫した球根についてTulMV抗体によるTBIA検定によりウイルス感染率を調査した。その結果、無処理に比べ、イミダクロプリド水和剤、クロチアニジン水溶剤、ピリフルキナゾン水和剤のウイルス伝搬抑制効果が優れた(図-6)。

そこで、圃場での薬剤の効果を検査した。アブラムシ飛来期間中、2週間(トルフェンピラド水和剤は1週間)間隔で薬剤を散布し、球根を掘取って感染率をTBIA検定により調査した。その結果、無処理に比べ、イミダクロプリド水和剤、クロチアニジン水溶剤、ピリフルキナゾン水和剤のウイルス感染率が低く、保毒虫接種による試験と同様の結果が得られた(図-7)。

V チューリップモザイク病の防除対策

調査の結果は、従来からの本病の防除対策の大きな変更を要求するものではないが、散布すべき薬剤の種類や、散布法に改善が必要であることが明らかになった。

1 アブラムシ飛来前の感染株の抜き取り

TulMVの寄主範囲はチューリップやユリに限定されており、伝染源は圃場内や圃場周辺の感染株のみであ

表-1 虫体浸漬法による各種薬剤の即効性の評価

供試薬剤名	希釈倍率(倍)	モモアカアブラムシ				ワタアブラムシ					ジャガイモ ヒゲナガ アブラムシ
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	1
アセフェート水和剤	1,500	17.3	11.6	3.5	7.7	3.5	20.0	20.7	44.4	19.9	0
マラソン乳剤	3,000	31.0	0	0	84.7	100	96.7	100	100	92.0	100
フェンプロパトリン乳剤	1,000	10.3	0	20.7	38.5	96.5	100	100	100	100	100
アセタミプリド水溶剤	4,000	69.0	27.0	44.9	34.6	100	100	100	100	100	85.2
イミダクロプリド水和剤	2,000	86.2	92.3	79.3	100	100	100	100	100	100	100
クロチアニジン水溶剤	4,000	100	50.1	24.2	100	53.6	53.3	38.0	74.1	84.0	100
ジノテフラン水溶剤	3,000	62.0	7.7	13.9	53.9	42.9	53.3	24.2	51.9	64.0	11.1
対照		(96.7)	(86.7)	(96.7)	(86.7)	(93.3)	(100)	(96.7)	(90.0)	(83.3)	(90.0)

無翅虫を供試濃度の薬液に10秒間浸し、20℃、24時間後の苦悶虫と死虫の数を数えた。試験は10頭/試験区、3反復で行い、表中の数値は、補正死虫率(%) = |(対照生存虫率 - 処理生存虫率) / 対照生存虫率| × 対照生存の平均値を示す。対照は水道水を処理し、()内の数値は生存虫率(%)を示す。

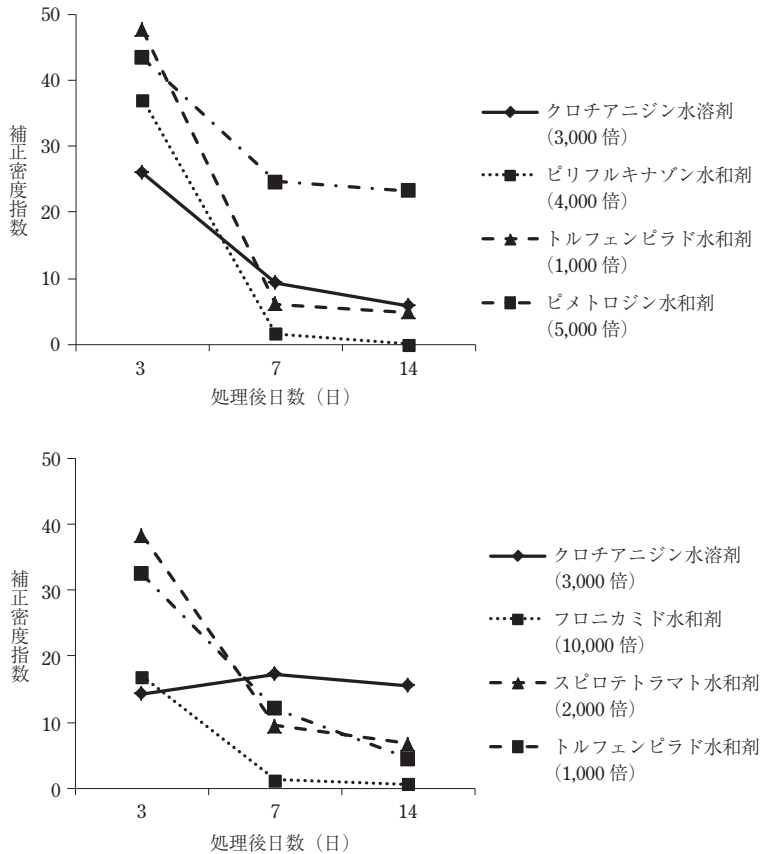


図-5 チューリップのアブラムシに対する薬剤の効果試験

上 2012年, 下 2013年.

ソラマメで継代したモモアカアブラムシを放飼し, 定着を確認したのち薬剤を処理した. 処理3日後, 7日後, 14日後に各試験区5株または10株について, 寄生虫数を肉眼で調査した. 1試験区1コンテナ(15球または27球植え)3連制で, 平均値を示す.

る。したがって、感染株の抜き取りは必須であり、特にアブラムシ飛来前の抜き取りの効果が高い。感染株は萌芽時の葉にアントシアニンによる着色が認められモザイク症状を呈することから、これを指標にして伝染源を抜き取る。白、黄色品種については花弁での病徴がわかりづらいことから、定期的なウイルス検定の実施による感染率の把握が必要である。

2 効果的な薬剤散布

今回の試験で明らかになったウイルス伝播抑制効果の高い薬剤を基幹防除薬剤として、アブラムシが飛来する4月中下旬から定期的に作用機作の異なる薬剤をローテーション散布するのが有効であると考えられ、2014年度の防除暦から本研究の結果が反映されている。

なお、本研究でチューリップを好適な寄主としない、アブラムシ類がTulMVを媒介することが明らかになっ

た。これらアブラムシ類は畦畔のイネ科雑草に寄生していると推定される。本県では、水稻の斑点米カメムシ類を防除するため、定期的に畦畔雑草の刈り払いが実施されており、経験的には畦畔の刈り払いをした後に、黄色水盤への有翅アブラムシ類の飛来が急増することから、畦畔も含めた殺虫剤の散布を行う必要があると考えられる。

3 アブラムシ有翅虫の初飛来時期の予測

富山県農林水産総合技術センター園芸研究所(砺波市)における過去10年間の黄色水盤によるアブラムシ有翅虫数調査のデータから、アブラムシの初飛来日は積雪日数と高い相関があり、初飛来日の予測が可能であると考えられる(図-8)。これを基に初飛来日を予測し、薬剤散布の開始時期を決定する。

以上、媒介虫飛来前の感染株の抜き取り、品種特性に応じたウイルス検定の実施による感染率の把握、ウイル

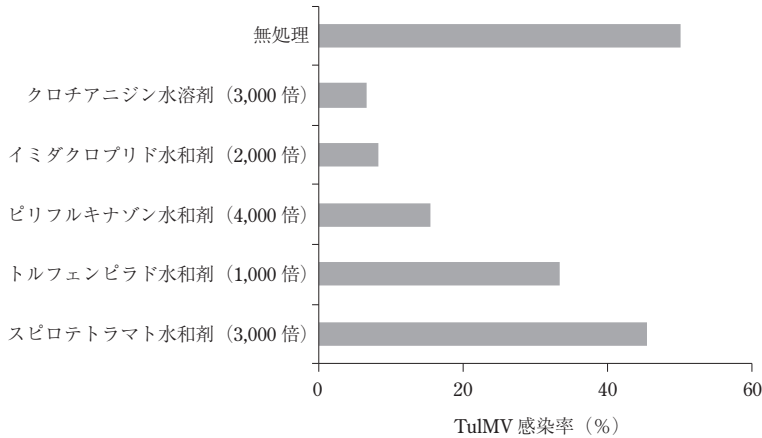


図-6 薬剤のチューリップモザイクウイルス媒介抑制効果
 供試薬剤を散布後、翌日に保毒無翅虫（絶食2時間，獲得吸汁30分）を5～10頭/株接種し，さらに試験区の中央に無翅虫をのせたモザイク病感染葉を置床し，散布8日後にイミダクロプリド水和剤（2,000倍希釈）を散布した．球根を掘取り，TulMV抗体によるTBIA検定により感染率を調査した．1試験区1コンテナ（15球植え）反復なし．

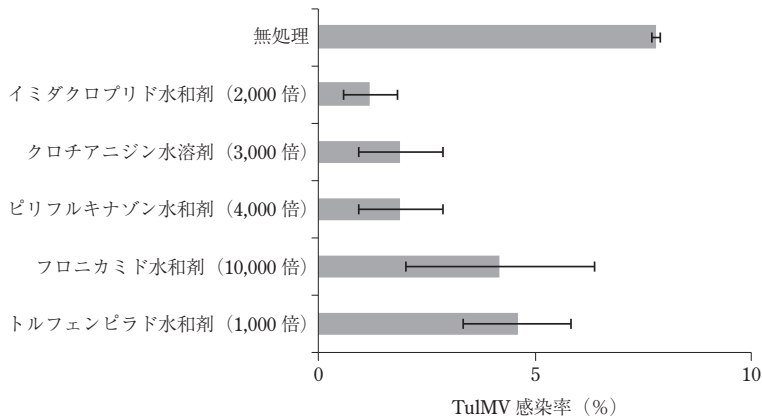


図-7 圃場試験における薬剤のチューリップモザイクウイルス媒介抑制効果（2014年同園芸研究所）
 アブラムシの飛来期間中，2週間（トルフェンピラド水和剤は1週間）間隔で薬剤を散布し，翌年開花期の感染率をTBIA検定により調査した．1試験区42球3反復．図中のエラーバーは95%信頼区間を示す．

ス伝搬抑制効果の高い薬剤の媒介虫飛来時期に合わせた散布により，現在産地におけるモザイク病の発生は低いレベルに抑えられており，今後媒介虫の多発生が予想される場合にも，対応が可能であると考えている。

VI チューリップXウイルスの発生状況

TVXは葉に退緑斑および死斑，花卉に線状斑を形成するため著しく商品価値を損なう。国内では1994年に隔離検疫中のオランダ産チューリップで報告され（藤

原ら，1994），1997年には新潟県の抑制栽培のチューリップで報告された（宮川ら，1997）。富山県では2002年に輸入球根の促成栽培において初確認されている（森井ら，2005）。その後しばしば，輸入球根で散見され，発生の頻度は年々増加している。

2013年10月に富山県において原種としてオランダから導入された球根のうち，2品種14万球から高い感染率でTVXが確認された。そのうち1品種では，開花後の葉に明瞭なえそ斑が現れて初めて感染に気づき，直ち

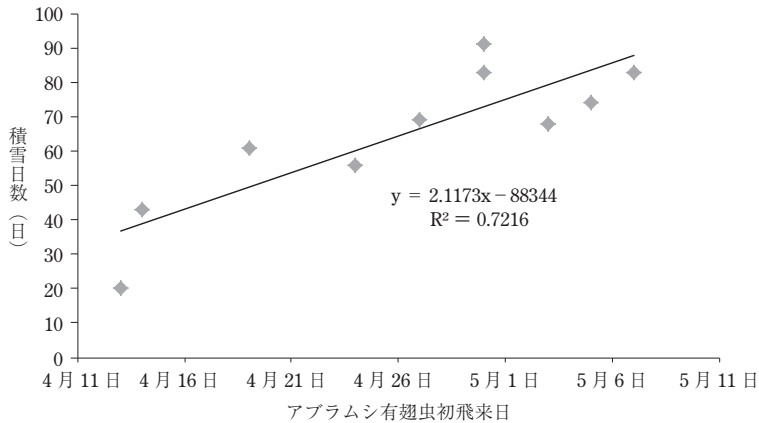


図-8 アブラムシ有翅虫の初飛来日と積雪日数の関係 (園芸研究所) 2004～13年の結果.

に抜き取りを指導したものの、抜き取り後に実施したTBIAによるウイルス検定ではTVX感染株は数%程度となり、同一ロットの種球根では次年度に少なからず発生が認められると考えられる。

TVXの発生は2002年以降も複数の品種で確認されているが、汁液による接触伝染以外は知られておらず (Mowat et al., 1982), 県内では同一ロット内や他の品種への感染拡大は認められていない。しかしながら、これまでに輸入に伴う複数の感染ロットの導入事例が認められており、今後、発生が認められたロットにおけるウイルス感染率の追跡や輸入一作目の全ロットにおけるウイルス検定を実施せざるを得ない状況となっている。

VII 多発要因の整理

アブラムシ類で媒介されるTulMVなどのPotyvirusの発生増加は、温暖化に伴うアブラムシ類の飛来数の増加が引き金になっているが、もう一方では、生産規模の拡大、生産者の高齢化が、徹底した感染株の抜き取りというチューリップ球根栽培の基本が達成できない状況をもたらしている。またTVXについては、モザイク病における花卉の色割れなどのような明瞭な病徴を示さないため、十分に発生が認識されないまま、被害が増加しているものと考えられる。このような状況は日本ばかりでなくオランダでも生じており、年々、優良な種球根の導入が困難な状況になってきている。さらに、1988年に実施された輸入球根の隔離検疫制度の緩和以降、現在まで、ウイルス検査基準が緩和されてきており、どのように感染状況を把握し、未然に被害を防ぐかについての議論が必要な状況になってきている。

おわりに

ウイルス病防除のためには、常に感染率を低いレベルに保つ必要があるうえ、効果が高い方法でないと農家の受け入れは難しいため、媒介虫に対する殺虫剤の効果を中心に試験を行った。現段階では、効果の高い物理的防除法や生物的防除法が見当たらず、化学農薬に頼らざるを得ない状況にある。しかしながら、化学農薬のみではウイルス病を完全に防ぐことはできないのも事実であり、今後もより効果の高い防除法の開発を目指す必要がある。

一方、本県のチューリップ生産においては、毎年海外から一定量の種球根を導入しており、それに伴う新たなウイルスの侵入や既知のウイルスの高感染ロットの導入が懸念される状況にある。ウイルスを迅速に診断できる検査体制や関係機関との連携を今後も強化する必要があると考える。

謝辞 宇都宮大学農学部 村井 保教授、香川清彦助手にはアブラムシの薬剤感受性検定手法やアブラムシの同定についてご教授いただいた。また、農研機構 中央農業総合研究センターの本多健一郎氏にはウイルス病の防除対策についてご指導いただいた。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) DEKKER, E. L. et al. (1993): J. Gen. Virol. 74: 881～887.
- 2) 藤原裕治ら (1994): 植防研報 30: 99～103.
- 3) 浜 弘司 (1987): 植物防疫 41: 159～164.
- 4) 宮川正通ら (1997): 新潟園試研報 16: 65～76.
- 5) 森井 環ら (2005): 北陸病虫研報 54: 78 (講要).
- 6) 守川俊幸 (2007): 農業技術 62: 316～319.
- 7) MOWAT, W. P. et al. (1982): Ann. Appl. Biol. 101: 51～63.
- 8) 名畑清信 (1984): 植物防疫 38: 464～468.
- 9) 日本植物病理学会 (2000): 日本植物病名目録, 日本植物防疫協会, 東京, p. 220～224.