

花卉におけるトスポウイルスの被害状況とその対策

千葉大学大学院園芸学研究科

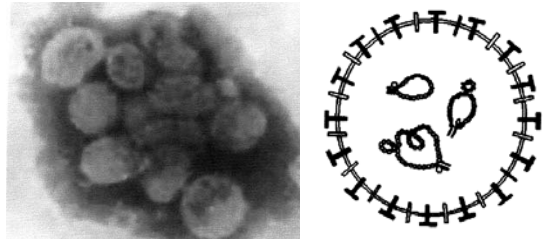
雨宮良幹

はじめに

トスポウイルス (*Tospovirus*) による病害は亜熱帯～温帯地域を中心として世界中で発生が認められ、感染した作物では、葉や果実にえそ輪紋や壊死斑点を生じ、茎頂部を壊死させる。その被害は甚大で、野菜や花卉の生産現場では近年大きな問題となっている。トスポウイルスはこれまでに世界で13種が報告されており、わが国では7種の発生が確認されている。なかでもトマト黄化えそウイルス (TSWV) はきわめて広い宿主範囲をもち、1970年に岡山県のダリアで最初に認められたのち、現在ではほぼ全国的に発生している。また、その他のトスポウイルス属ウイルスについても各地で発生が報告され、今後の被害の拡大が懸念されている。ここでは、わが国における発生状況や防除対策などに関する最近の動向について紹介する。

トスポウイルスの特徴

トスポウイルスはブニアウイルス科 (*Bunyaviridae*) トスポウイルス属 (*Tospovirus*) に属するウイルスの総称である。ウイルス粒子の形状は直径80-100nmのほぼ球形で、外側は宿主由来の脂質膜 (外膜) に覆われ、その内部にはヌクレオカプシドタンパク質に保護された1本鎖RNAがゲノムとして存在する。また、外膜にはG1およびG2とよばれるウイルス由来のタンパク質が貫通しており、昆虫伝搬に関与することが示唆されている。本ウイルスのゲノムRNAは3分節で構成され、分子量の大きさの順にL-RNA、M-RNA、S-RNAと呼ばれている。そして、L-RNAにはウイルスの複製に関与するRNA依存RNA合成酵素遺伝子、M-RNAにはヌクレオカプシドタンパク質遺伝子、S-RNAには昆虫媒介性に関与するタンパク質遺伝子がそれぞれコードされていることが知られている。



トマト黄化えそウイルス粒子の電子顕微鏡像(左)と模式図(右)
出典元 左：福岡県病害虫防除所ホームページ
右：「むしむしコラムおーどーこん」2007.3.27掲載記事

ウイルスの伝播様式

トスポウイルスは汁液伝染性であるが、罹病組織の摩砕液中でのウイルスの安定性は低く、室温では2～5時間で感染性を失う。自然条件下では主としてアザミウマ類により媒介されると考えられているが、アザミウマの種類によって媒介するトスポウイルスの種類や媒介効率が異なるようである (表1)。アザミウマは成虫の体長が約1mmの昆虫で、多くは作物の葉や花を食害するため、それ自体が重要な害虫となっている (写真1)。アザミウマによるトスポウイルスの媒介様式は独特で、孵化間もない1令期の幼虫だけが5分以上罹病植物を吸汁することでウイルスを獲得する。保毒した幼虫は媒介力はなく、それが成虫になってからウイルスを媒介することができる。一方、成虫が病植物を吸汁してもウイルスを獲得することはない。幼虫期に獲得されたウイルスはアザミウマの発育に伴って複製・増殖しながら組織内を移行するが、成虫になるときに唾液腺に移行し、そこで増殖して終生伝搬能力を保持する。しかし経卵伝染はしない。ウイルスはアザミウマが摂食するときに唾液とともに植物の細胞内に送り込まれ、感染が成立する。近年、媒介アザミウマとして日本在来種以外に侵入害虫のミカンキイロアザミウマとミナミキイロアザミウマが問題となっている。これらは難防除害虫であるだけでなく、トスポウ

イルスの媒介率も高いという。

また興味深いことに、トスポウイルスはアザミウマの行動も制御しているようである。例えば、TSWVに感染した植物上には健全植物に比べて多くのミカンキイロアザミウマが観察されることが知られているが、これは雌成虫が感染植物を好んで飛来し産卵するためであるという。ウイルスは幼虫期に限って獲得されるため、このような感染植物に対するアザミウマの産卵嗜好性は保毒虫を大量に生み出し、被害の拡大を招くことになる。

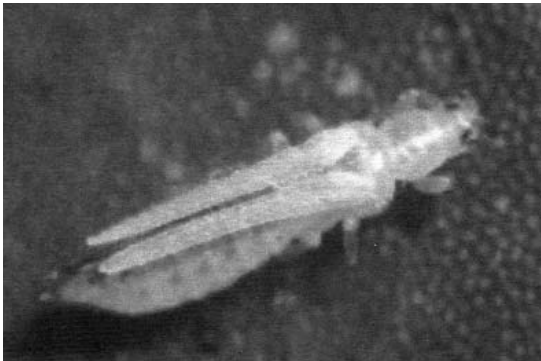


写真1 ミナミキイロアザミウマの成虫
(写真：櫻井民人、東北農業研究センター)

日本における発生状況

日本で最初に発生が認められたトスポウイルスはTSWVであるが、その後新しい種類が見出され、現在までに7種類が確認されている(表1)。そのうち、花卉類で発生が確認されているのは、TSWV、INSV、IYSV、CSNVである。それぞれのウイルスの特徴と発

生状況を以下に述べる。

1. トマト黄化えそウイルス (TSWV)

TSWVによる病害は1995年ごろより静岡県、千葉県などの近県で、花卉類などを中心に大きな被害をもたらしている。その症状は、葉にえそを伴う輪紋・斑点・黄化のほか、茎や茎頂部に壊死が生じる。本ウイルスは宿主範囲が広く、500種以上の植物に感染することが知られている。野菜類ではトマト、ナス、ピーマン、パプリカなどのナス科作物で被害が問題になっているほか、キク、ガーベラ、トルコギキョウ、スターチス、アルストロメリア、アスター、サルビア、バーベナなど多様な花卉類に被害が発生している。TSWVの媒介昆虫としてはダイズウスイロアザミウマ、ネギアザミウマ、ヒラズハナアザミウマ、ミカンキイロアザミウマ、チャノキイロアザミウマが知られているが、なかでも伝搬能力の高いミカンキイロアザミウマの侵入・発生拡大に伴って被害が全国的に拡大したものと考えられている。また、TSWVは栽培ハウス周辺の雑草にも感染が認められるという調査結果も報告されており、被害の拡大には感染植物の持込みだけでなく、保毒アザミウマの飛込みによる感染も関与することが示唆されている。

2. インパチェンスネクロティックスポットウイルス (INSV)

INSVは1980年代の終わり頃からアメリカとヨーロッパで問題となり、特にハウス内で栽培されるインパ

第1表 日本で発生が確認されているトスポウイルスの種類と発生作物

ウイルス名	略称	発生作物
トマト黄化えそウイルス (Tomato spotted wilt virus)	TSWV	トマト、ピーマン、ナス、ダリア、キク、ガーベラ、レタス、トルコギキョウ、シネリリア、マリゴールド、アルストロメリアなど
スイカ灰白色斑紋ウイルス (Watermelon silver mottle virus)	WSMoV	スイカ、トウガン、ニガウリ、キュウリ
メロン黄化えそウイルス (Melon yellow spot virus)	MYSV	メロン、キュウリ
インパチェンスネクロティック スポットウイルス (Impatiens necrotic spot virus)	INSV	シネリリア、シクラメン
アイリスイエロースポットウイルス (Iris yellow spot virus)	IYSV	アルストロメリア、トルコギキョウ
Capsicum chlorosis virus	CCV	ピーマン
Chrysanthemum stem necrosis virus	CSNV	キク、トマト(ブラジル)

チェンス、ペゴニア、シネリア、シクラメンなどの観賞用花卉類に大きな被害を与えている。日本には最近海外から侵入し、シクラメンやペゴニア、リンドウなどで発生が確認されているが、今後の被害の拡大が懸念されている。媒介昆虫はミカンキイロアザミウマとヒラズハナアザミウマであるが、特にミカンキイロアザミウマは雌雄とも個体群の違いに関わらず媒介能力が高い。

3. アイリスイエロースポットウイルス (IYSV)

IYSV は1998年にオランダのダッチアイリスで発見されたウイルスで、ヨーロッパや南アメリカに分布し、最近になってわが国に侵入したと考えられている。日本ではこれまで、アルストロメリア、タマネギ、トルコギキョウ、ニンニク、ニラ、アマリリス、バルビネ、クンシラン、タネツケバナで発生が確認されている。本ウイルスを媒介することが確認されているのはネギアザミウマだけで、TSWV の強力な媒介虫であるミカンキイロアザミウマでは媒介されない。また、TSWV が多種類の植物に感染するのに対して、IYSV が感染する植物の範囲は比較的狭く、上記の自然感染植物以外では海外でリーキから検出されているほか、接種によってホウレンソウやタバコの野生種など、ごく限られた植物に感染することが確認されているだけである。また、タマネギでは種子伝染せず、土壌伝染や接触伝染の可能性も低いと考えられている。

4. Chrysanthemum stem necrosis virus(CSNV) ; キク茎えそ病 (仮称)

2006年に、広島県内の施設キクにおいて明瞭な茎のえそ、葉の退緑、えそ、輪紋、奇形などのTSWVによるキクえそ病に酷似する病徴を呈した株が確認され、同定の結果、本病は国内では未発生のトスポウウイルスの一種 Chrysanthemum stem necrosis virus(CSNV)による新病害であることが判明した。このウイルス病は、1990年代にブラジルのキクで初めて確認され、その後、オランダ、スロベニア、イギリスで確認されている。なお、ヨーロッパでは2003年以降は発生していない。海外の報告ではミカンキイロアザミウマ及びフランクリニエラ・シュルツァイにより持続伝搬されるとされている。フランクリニエラ・シュルツァイは、熱帯性の害虫で日本では未発生である。なお、ネギアザ

ミウマによって本ウイルスは媒介されないとされる。また、本ウイルスは、感染した親株から挿し穂へと、栄養繁殖を介して伝染する。キク以外では、ブラジルでトマトへの感染報告がある。

防除対策

ウイルスによる病害は一度感染すると回復させることは困難である。中でもトスポウウイルスのような虫媒伝染性のウイルス病は感染植物から健全植物に容易に伝搬するため、防除には感染植物の除去とともに媒介虫の駆除と保毒虫の侵入防止を徹底することが重要である。防除対策としては以下のとおりである。

1) 無病苗の確保

苗の導入の際にはアザミウマ類の寄生の有無を確認する。発生地から苗を移動させた場合には無病であることを確認する。発生圃場の株は、無病徴でも親株として使用しないようにする。

2) 発病株の除去

発病株は伝染源となるので、速やかに抜き取り、焼却するか土中に埋める。

3) 防虫ネットの設置

施設では成虫の侵入防止のため、開口部に網目0.6mm程度の防虫ネットを張る。

4) 粘着トラップによるアザミウマの防除

ミカンキイロアザミウマは野外では4月から11月ごろまで発生する。アザミウマ類の成虫は黄色、青色に誘引されるので、これらの色の粘着トラップを施設内に設置して発生の有無を確認し、防除の判断にする。

5) ミカンキイロアザミウマの防除

多発後は防除が困難となるため、発生後は直ちに薬剤防除を行う。また、成虫は絶食状態に置くと数日で死亡するので、施設栽培では栽培終了後に10日以上密閉する。また、土壌中には繭があるので、栽培終了後に土壌消毒を行う。

6) 圃場周辺の不要な花卉類と雑草の防除

ミカンキイロアザミウマは花粉を摂食すると爆発的に増殖するため、施設及びその周辺に不要な花を栽培しないようにする。また、ギシギシ、クローバー、ヨモギなどの雑草も感染し伝染源となるので除去する。

トスポウウイルスの診断技術

現在日本には5種類のトスポウウイルスが確認されているが、各トスポウウイルスが感染した作物の病徴はいずれも酷似している。また、症状が出ないままに潜伏感染している場合や、他のウイルスが混合感染している場合もあり、病徴だけで診断するのは困難である。そのため、ウイルスの同定には、抗原抗体反応を利用したエライザ (ELISA) 法が一般に用いられているが、近年はウイルスの持つ核酸に特異的な塩基配列を検出する分子診断法 (RT-PCR) が開発され現場でも普及しつつある。エライザ法は、コストや作業性に優れており、特異性の高い抗体が既に作成されているウイルスについては利用可能であるが、作物によっては非特異的反応が強くなることや、特異的な抗血清がないウイルスには適用できないなどの問題もある。一方、ウイルス特異的プライマーを用いたRT-PCR法による検定は、特異性と検出感度が高いという点では優れているが、ウイルス種ごとに検査を実施するために時間を要する。奥田ら (2001) は、遺伝子データベースに登録されている9種のトスポウウイルスの塩基配列から考案した共通のプライマーセットを用い、日本に発生している5種類 (2001年現在) のトスポウウイルスの検出を可能にした。本法はウイルス種によっては同じサイズのDNA断片が増幅されるため、種の識別は困難であるが、本邦未発生のトスポウウイルスの検出にも有効であると考えられている。また宇賀ら (2005) は、全トスポウウイルスに共通なプライマーとウイルス種特異的な5種類のプライマーを混合したプライマーカクテルによるRT-PCR法を考案し、日本に発生する5種類のトスポウウイルスを1回のRT-PCR反応で同時に検出・同定することを可能にした。本法は、上記以外の別種トスポウウイルスは検出できないが、上記5種類のトスポウウイルスに関しては単独感染だけでなく重複感染株についても病原ウイルスの検出・同定ができるという点で優れた検出法といえよう。またこれとは別に、検出感度を従来のRT-PCRよりも高くしたウイルスの超高感度検出法も開発されている。すなわち、アイリスイエロースポットウイルスに感染したアルストロメリアの根茎から出芽した新芽のうち、見かけ上健全のものは通常のRT-PCR法ではウイルス特異的DNAの増幅は確認できないが、RT-PCR産物をナイロン膜に転写し、

サザンハイブリダイゼーションによって感度を高めることでその検出が可能となった (奥田・岩波、2002)。以上のように、トスポウウイルスの診断技術は急速に進歩している。今後、新たなトスポウウイルスの侵入も予想されるので、上記のような多種トスポウウイルスの同時検出・同定や高感度検出手法を組み合わせたより精度の高い検出手法が開発されるものと期待される。

おわりに

分子生物学の進歩に伴い、トスポウウイルスの分子レベルでの解析が進み、その機能が次第に解明されつつある。しかしながら、その成果をどのように防除に生かすのかが今後の課題である。現在のところ、トスポウウイルスの防除には媒介アザミウマ類の徹底防除や汚染株の移動阻止など、汚染環境の排除に頼らざるを得ない状況にある。抵抗性品種の導入も有効な手段と考えられるが、近年トマトのTSWV抵抗性遺伝子 (sw-5) やピーマンのTSWV抵抗性遺伝子 (tsw) による抵抗性を打破するTSWV株が見つかっており、不安定な面がある。それはともかく、特に花卉類は品種が多様でそれぞれが貴重な系統となっているものが多く、そこに抵抗性を導入するのは困難であろう。他方、弱毒ウイルスも種々のウイルス病の防除に利用されているが、トスポウウイルスに対しても弱毒株の作出が試みられている。しかし、本ウイルスは3分節ゲノムで構成されているため、他のトスポウウイルスとの混合感染によって分節交換 (ゲノムリアソートメント) が生じ、強毒化することも懸念される。今後の研究の発展により、このような問題点が改善されることも期待されるが、本稿をまとめてみると、当面はやはり雑草も含めた感染植物や媒介虫の早期発見と排除を徹底するのが最善の防除対策であると考えられた。

参考文献

- 1) 広島県農林水産部、平成18年度病害虫発生予察情報 特殊報第1号
- 2) 福岡県病害虫防除所ホームページ
- 3) Okuda, M. and Hanada, K. (2001) *J. Virol. Metho.* 96: 149-156
- 4) Uga and Tsuda (2005) *Phytopathology* 95: 166-171
- 5) 奥田 充・岩波徹、平成14年度九州沖縄農業研究成果情報「アルストロメリアに感染するトスポウウイルスの超高感度検出法の開発」
- 6) 奥田 充、植物ウイルス病研究会レポート、2002.
- 7) 「むしむしコラムおーどーこん」2007.3.27掲載記事、日本応用動物昆虫学会