

特集：最近問題になっている虫媒ウイルス病

虫媒ウイルス病について

中央農業総合研究センター ^{おお} ^{むら} ^{とし} ^{ひろ}
大 村 敏 博

はじめに

植物ウイルスが分類される属のうち、約80%は昆虫、線虫、ダニ、土壌生息菌類等農業生産環境に生息する生物によって媒介される(上田・玉田, 1997)。そのうちの大部分が、アザミウマ、コナジラミ、ウンカ、ヨコバイ、アブラムシ、ハムシ等の微小昆虫によって媒介される。すなわち、昆虫による媒介を阻害するための手法があれば、大部分の植物ウイルス病を抑止することが可能であるといっても過言ではない。本稿では、植物ウイルスの昆虫媒介およびウイルス病防除に必要な一般的知見を記載する。

I 昆虫とそれが媒介するウイルス

現在、我が国の農業現場において広域で最も問題になっているウイルス病は、トマト黄化えそウイルスなどのトスポウイルス類、およびトマト黄化葉巻ウイルス(ジェミニウイルス)であり、それぞれアザミウマおよびシルバーリーフコナジラミによって媒介される。これらに関しては、本特集号, WHITFIELD et al. (2005), 本多(2005) および、ネット上で詳細な情報が得られるので参照されたい。

また、我が国の農業生産上最大の栽培面積を有するイネのウイルス病のうちで、近年大きな被害をもたらしたイネ縮葉枯ウイルス、イネ萎縮ウイルス、イネわい化ウイルスおよびイネグラッシースタントウイルスは、それぞれヒメトビウンカ、ツマグロヨコバイ、ヨコバイ類、トビイロウンカとすべて昆虫媒介病原である。

現在各地で問題になっている作物—ウイルス病の一部とそれらの自然界あるいは栽培環境における伝搬者・様式を下に記すが、それらの大部分も昆虫などの生物によって媒介される：オオムギ・コムギ—ムギ類のウイルス病—土壌生息菌；レタス—レタスビッグベイン病(ミラフィオリレタスウイルス)—土壌生息菌；多種の野菜・花き—キュウリモザイクウイルス—アブラムシ；メロン—メロンえそ斑点ウイルス—土壌生息菌；メロン—カボチャモザイクウイルス(Watermelon mosaic virus 2)

—アブラムシ；多種の野菜・花き—ソラマメウイルス—トウモロコシ—アブラムシ；ダイズ—ダイズわい化ウイルス—アブラムシ；ヤマノイモ—ヤマノイモモザイクウイルス—アブラムシ；サツマイモ—サツマイモ斑紋モザイクウイルス—アブラムシ；チューリップ—チューリップモザイクウイルス—アブラムシ；チューリップ—チューリップ微斑モザイクウイルス—土壌生息菌；ニンニク—ニンニクウイルス A(B, C, D)—ダニ；多種の野菜・花き—その他のポチウイルス類—アブラムシ；トウガラシマイルドモットルウイルス—接触・土壌伝染(物理的)。

II 昆虫媒介ウイルスに関する一般知見

昆虫媒介性ウイルスについては、下記(1)~(10)の基礎知見などを把握しておく必要である。

(1) ウイルスとそれを媒介する昆虫との組み合わせ(前章など)：ウイルス系統と昆虫の系統等との間における親和性に関する知見も重要である。

(2) 当該昆虫の発生地域：温室栽培の普及や地球の温暖化などによって多くの昆虫の生息地域が北上する傾向にある。アザミウマやシルバーリーフコナジラミが我が国に発生し、ウイルスの被害が最近激しくなったのは、このような要因が大きいものと考えられている。このような知見により、資材を多投して初発生の段階で徹底的に防除するかどうかの判断が可能になり、当該地域内でのまん延に至る数年間の期間に抵抗性品種の利用技術の開発などの対応策を講じるゆとりが生じる。

(3) 虫の宿主植物域：昆虫の餌がなければ、その昆虫が媒介するウイルスが恒常的に発生するはずがない。また、それらの植物に感染するウイルス病に関する情報も必要である。

(4) 媒介昆虫の生育特性：昆虫の生育温度域や温度耐性の限界などに関する情報に基づいて、冬季に温室内のウイルス媒介昆虫を撲滅する可能性の見通しを立てることなどが可能になる。

(5) 昆虫の増殖特性：例えば、ウンカ類は1世代、30日で雄雌のペアが200頭以上の次世代虫を生産するといわれている。そのため、計算上では5世代で春先の百億倍のウンカが発生することになる。天敵などの存在によってバランスがとれている自然界ではこのような計

算は成立しないが、特定の農業使用などの人為によって自然界のバランスが破壊されたとき特定の昆虫が異常発生し、それが媒介するウイルスが大発生する可能性などを念頭に置く必要がある。

(6) 昆虫の移動特性：長距離を移動する昆虫ではウイルスの発生源が遠く離れた場所、時には外国である可能性も想定する必要がある。また、移動性が小さい昆虫の場合には特定の地域でウイルス病が発生しても、他の地域へ伝搬するのに数年間の期間を要する可能性もある。例1：トビイロウンカは日本では基本的に越冬できないが、初夏に中国大陸から長距離飛来したものが夏の数世代の間に爆発的に増殖する。これに伴って、本昆虫が媒介するイネグラッシースタントウイルスやイネラッギドスタントウイルスが発生することがある。例2：アザミウマは1回の飛翔が数十m以下だといわれている。このため、本昆虫が媒介するウイルスも短期間に遠方に移動することはないと考えられている。ただし、下記(7)に記載するような商業活動などによる長距離移動の可能性があるので注意が必要である。

(7) 苗や花の流通経路：これによって、我が国および国内の特定地域において、それまで全く発生していなかったウイルス病が発生するようになる。特に、そのウイルスを媒介する昆虫も花などに付着し、虫とウイルスの増殖にその地域の植生や気候条件などが合致すると、媒介昆虫もウイルスも定着してしまう。例：アザミウマ類が媒介するトスポウイルスは、本昆虫が1mm以下と微細であるため発見が難しく、海外からもウイルスを保毒した虫が我が国に侵入する可能性は高い。

(8) 昆虫のウイルス媒介様式：植物病理学や植物ウイルス学の教科書に記載されているので参考にされたい(福士ら, 1986; Hull, 2001)。これについては下記①～④のような媒介特性に関する知見が重要になる。また、教科書に記載されているように明確に分類されるとは限らないので、ウイルスとその系統—媒介昆虫とその系統の間における媒介データをそれぞれについてもっておくことが必要となる。

① 虫体内で増殖：昆虫は生涯ウイルスを媒介する。

ウイルスに感染した植物を餌にして幼虫が生育すると、吸汁した植物汁液中のウイルスが昆虫体内に侵入、増殖する。約2～3週間の潜伏期の後に一生ウイルスを媒介する。農作業などによって昆虫が植物からはたき落とされ、植物間を移動するたびに新たな感染が生じる。例：中国などのイネの二期作地域で爆発的に増殖したイネ縞葉枯ウイルスを保毒したヒメトビウンカが、長距離を移動して我が国に到達し、被害をもたらすと考えられ

ている。

② 経卵伝染

昆虫体内で増殖するウイルスの一部は、卵を通して次世代にウイルスが伝わる。ヒメトビウンカ—イネ縞葉枯ウイルスや、ツマグロヨコバイ—イネ萎縮ウイルスの組み合わせでは90～100%の経卵伝染率の場合もある。いったんウイルス病が大発生すると、高い発生率が数年間維持されることがあるが、経卵伝染による当該地域におけるウイルスの維持がその原因になっている可能性が考えられている。感染植物が越冬できなくても、保毒虫が越冬できれば次年度の伝染源になる。

③ 循環型：昆虫体内で増殖しなくても長期間(数日～数十日間)ウイルスを媒介する。

通常、感染植物を昆虫が吸汁後すぐにはウイルスを媒介せず、数日～数十日にわたってウイルスを伝染させる。例：苗や花の流過程で植物がウイルス病特有の病徴を示さなくても、ウイルスを保毒した虫が混入しているとそれらの届け先でウイルス病がまん延する可能性が生じる。また、この際に雌雄の虫がいるとウイルスの他にそれを媒介する虫も当該地域に定着し、ウイルス病を次々と媒介する可能性が生じる。例えば、施設内で飾り、使用後は消却処分するような切り花でも、ウイルス保毒虫が付着していると近くの植物に飛翔し、ウイルスを感染させる可能性がある。海外からの我が国への移動に関しても常に注意が必要である。

④ 非永続型伝染

短時間(5分)の感染植物の吸汁で保毒するが、伝染力も短時間で喪失する。しかし、アブラムシなどが大発生すると、伝染源の周辺の健全植物に容易に感染することを想定しなければならない。

(9) 管理作業による伝染の有無：例：キュウリ黄化ウイルスはオンシツコナジラミによって媒介され、管理作業では媒介しない。しかし、管理作業によって保毒虫を払いのけることが多いため、それらが近隣の健全植物に移動して新たな感染が生じる場合、あるいは保毒虫が衣服に付着してかなり遠方に移動、感染する場合などを想定して対策を考えるべきである。

(10) 昆虫媒介以外の媒介手段の有無

① 種子伝染：種子の販売経路に乗って汚染種子が全国に広まり、それによって感染した植物から昆虫などによってウイルスが獲得され、各地域でまん延する可能性を念頭に置くべきである。例：マメ類などのウイルス病。

② 土壌伝染：種子の販売経路に乗って汚染種子が全国に広まり、それによって感染した植物残渣が土壌に残り、土壌生息菌によって媒介・感染が繰り返される。防

除が非常に困難であるため、長期間にわたって定着する
場合が多い。例：メロンえそ斑点ウイルス。

③ 接触伝染：管理作業等による伝染。

III 昆虫媒介性植物ウイルスの防除

ウイルス病防除には基本的に下記(1)～(8)の手法な
どが実行されている。

(1) ウイルス抵抗性品種の利用：最も安価で実用的
な防除法である。抵抗性が虫に対するものか、ウイルス
の感染あるいは増殖に対するものか、ウイルスは増殖す
るが感染植物の生育に影響をほとんど与えない耐性であ
るかなどを把握する。選抜した抵抗性品種にウイルス感
染を抑制するものと、ウイルスの増殖を阻害するものと
があれば、異なる抵抗性特性を有する中間母本として使
用できる。虫に対する抵抗性については下記を参照され
たい。耐性品種では、ウイルスに感染・増殖するので、
感染植物からの虫によるウイルス獲得率、伝搬率の程度
を把握しておく必要がある。またこれについては、周辺
圃場における感受性品種、およびウイルス感受性を有す
る他作物の栽培の可否を考慮する必要がある。上記抵抗
性品種のスクリーニングや抵抗性特性の分別には、的確
なウイルス診断法が必要である。この手法には安価、簡
便、定量性、操作性の良好さ、短い所用時間、大量処理、
比較的高感度等の条件が要求される。例えば、抵抗性品
種のスクリーニングでは数万検体以上の検定を要するこ
ともあるので、安価な検定手法の開発努力は常に必要で
ある。

(2) 的確な診断とそれによる感染植物や中間宿主の
除去による伝染源の除去。上記(1)を参照。

(3) 無病種子の利用（種子伝染する場合）。

(4) 弱毒ウイルスの利用：昆虫という飛翔能力を有
する生物を自身の媒介者にするに成功すると、ウイル
スは昆虫の飛翔能力に応じた長・短距離の移動による
新たな感染・増殖能を保有することになる。これはウイル
スにとって非常に有利なことである。しかし、その制
御目的のためには、それに応じた特有な防除手段、すな
わち、媒介昆虫を抑制すれば、ウイルス病も制御でき
るという理解が成立する。それには、下記のようなもの
がある。

(5) 昆虫抵抗性品種の利用：東南アジアにおけるイ
ネの最重要ウイルス病害であるイネツングロ病は、主に
タイワンツマグロヨコバイで媒介されるが、本病の制御

に最も効果的な手法は抵抗性のイネ品種の利用である。
その一つである IR42 は、後にウイルス抵抗性は有して
おらず昆虫抵抗性であることが判明したが、ウイルス病
大発生後の数年間は本病防除に貢献した。本品種上で
タイワンツマグロヨコバイを強制的に数世代飼育する
と、本品種でも生育できる昆虫系統が選抜され、それに
伴ってウイルスを媒介するようになり抵抗性が崩壊する
が、それまでの期間においてはウイルス病の防除手段と
して十分に利用することができた。トマトやキュウリ、
メロンのような草本性の植物でもウイルス病対策とし
て、それを媒介する虫に対する抵抗性品種の利用に関し
ても検討してみる価値があるかもしれない。

(6) 媒介昆虫の宿主、中間宿主の把握と除去。

(7) 媒介昆虫の物理的排除：施設栽培などにおけ
る、ネットによる媒介昆虫の侵入阻止。

(8) 媒介昆虫の薬剤による制御：地域ぐるみで行わ
ないと、昆虫の移動により成功しない可能性がある。

おわりに

近年における作物ウイルスの研究は、おおまかに、新
ウイルスの発見・同定、ELISA 法など様々な手法によ
る診断技術の開発、DNA などのシーケンス解析、ウイル
スと植物との相互間作用の解析と推移している。昆虫
などの生物によって媒介されるウイルス病の研究はその
操作が煩雑であり、多大な施設が必要であるために、こ
の数十年間ほとんど手つかずの状態であった。ところが、
上記のように、農業現場で被害をもたらししている重
要ウイルスはほとんどが昆虫などの生物によって媒介さ
れている。そこで、これまでに開発されたウイルス病防
除につながる様々な手法に加えて、ウイルスと媒介昆虫
との間に存在する相互間作用の解析から得た生物情報も
取り込んで総合的にウイルス病を防除するための手法を
開発することが、農業現場で問題になっている各種ウ
イルス病の効果的防除につながるものと期待される。

引用文献

- 1) 福士貞吉ら (1986): 植物のウイルス病, 養賢堂, 東京, p. 71 ~ 128.
- 2) 本多健一郎 (2005): 植物防疫 59: 299 ~ 304.
- 3) HULL, R. (2001): *Matthews' Plant Virology 4th ed.*, Elsevier Academic Press, Inc., San Diego, Ca., p. 485 ~ 532.
- 4) 上田一郎・玉田哲男 (1997): 植物ウイルスと媒介生物の相互関係, 植物細胞工学シリーズ (8), 分子レベルからみた植物の耐病性—植物と病原菌の相互作用に迫る, 山田哲治ら監修, 秀潤社, 東京, p. 156 ~ 165.
- 5) WHITEFIELD, A. E. et al. (2005): *Annu. Rev. Phytopathol.* 43: 459 ~ 489.