

特集：花き病害研究の新展開と環境保全型防除技術

チューリップに発生するウイルス病の発生状況と問題点

富山県農業技術センター野菜花き試験場 ^{もり}守 ^{かわ}川 ^{とし}俊 ^{ゆき}幸

はじめに

チューリップに発生するウイルス病と言えば、旧来から色鮮やかな色割れ (Color breaking, 図-1) を引き起こすチューリップモザイクウイルス (*Tulip breaking virus*: TBV) によるモザイク病が有名であり、これを題材にした絵画をご覧になられた方も多いと思われる。このアブラムシ媒介性のウイルス病は、一部の愛好家にとって魅力的な対象ではあるものの、球根生産者にとっては非常にやっかいな存在である。このTBVのほかに、チューリップには様々な種類のウイルスが発生するが、他の栄養繁殖性作物に比べて市場に流通しているチューリップのウイルス感染率は非常に低い。なぜなら、ウイルス感染率が一定レベル以上を超えた時点で、通常の防除対策で感染率を低下させることが大変に困難になるため、常に制御可能なレベルにウイルス感染率を低く抑制することが、チューリップにおけるウイルス病管理の基本戦略になっているからである。

さて、現在もTBVが農業生産上重要なウイルスであることに変わりはないが、近年では発生するウイルスの種類とその発生様相が多様化してきている。加えて、従前のウイルス病管理技術だけでは対応が困難な土壌伝染性のウイルス病の被害も拡大してきている。これらウイルス病の発生様相の変化には、突発的な新規ウイルス病の被害拡大のほかに、球根 (農業) 生産の構造的な変化も背景にある。また、場合によっては地球規模の気象変動が関連するケースもあるかもしれない。本稿では、近年のチューリップにおけるウイルス病の発生状況を紹介するとともに、ウイルス病防除の今後についても議論したい。なお、本稿でウイルス媒介菌として紹介する *Olpidium brassicae* は、古くから命名上の問題点が指摘されているが (小金澤, 2005), 本稿で言う *O. brassicae* とは *O. virulentus* すなわち *O. brassicae sensu lato* の非アブラナ科系のことを示すので注意願いたい。

I ウイルスの種類と発生状況

国内で発生するチューリップのウイルスとして、10

Virus Diseases of Tulip in Japan. By Toshiyuki MORIKAWA

(キーワード: チューリップ, ウイルス病, 発生状況)

種程度が確認されている (表-1)。これらは土壌伝染性のものと虫媒伝染性のものに大別され、土壌伝染性のウイルスとして、下記に示す *O. brassicae* によって媒介される TMMMV, TuSV, TNV, OLV-1 のほか、線虫によって媒介される TRV の発生が知られている。海外ではこのほかに、ArMV, TBRV 等の線虫で媒介される *Nepovirus* 属ウイルスや TMV, TBSV 等の媒介者を介さずに土壌伝染するウイルスの発生が報告されている。虫媒伝染性のウイルスとしては、アブラムシ類によって媒介される TBV, LMoV, LSV, CMV の発生が知られており、海外ではこのほかに TuMV などの発生が知られている。現地において発生するウイルスの種類や被害の程度は、地域あるいは品種によって大きく異なるが、富山県では TMMMV, TuSV, TBV の3種ウイルスを重要種と考え、基本防除が組み立てられている。以下、各ウイルスの主な諸性質を紹介する。

1 チューリップ微斑モザイクウイルス (*Tulip mild mottle mosaic virus*: TMMMV)

微斑モザイク病は1980年ごろ富山県で最初に発生が認められ、その後他県でも発生が認められるようになった (守川ら, 1995; 棚橋ら, 2004)。病原の TMMMV は複雑に屈曲したひも状のウイルスで (MORIKAWA et al., 1995), *Ophiovirus* に属し (VAIRA et al., 2005), 血清学的にはレタスビッグベイン病罹病株から分離される *Mirafoli lettuce virus* と近縁である (夏秋ら, 2002)。媒介者は *Olpidium brassicae* で、土壌と球根で伝染するた



図-1 TBVによって生じる花卉の色割れ

表-1 日本のチューリップに発生するウイルス

英名	略称	和名	属	媒介者
<i>Tulip mild mottle mosaic virus</i> ^{a)}	TMMMV	チューリップ微斑モザイクウイルス	<i>Ophiovirus</i>	Olpidium
<i>Tulip streak virus</i> (仮称) ^{a)}	TuSV	チューリップ条斑ウイルス (仮称)		Olpidium
<i>Tobacco necrosis virus</i>	TNV	タバコネクロシスウイルス	<i>Necrovirus</i>	Olpidium
<i>Olive latent virus 1</i>	OLV-1	オリーブ潜在ウイルス1	<i>Necrovirus</i>	(Olpidium)
<i>Tulip breaking virus</i> ^{a)}	TBV	チューリップモザイクウイルス	<i>Potyvirus</i>	Aphids
<i>Lily mottle virus</i>	LMoV	ユリモットルウイルス	<i>Potyvirus</i>	Aphids
<i>Cucumber mosaic virus</i>	CMV	キュウリモザイクウイルス	<i>Cucumovirus</i>	Aphids
<i>Lily symptomless virus</i> ^{b)}	LSV	ユリ潜在ウイルス	<i>Carlavirus</i>	Aphids
<i>Tabacco rattle virus</i>	TRV	タバコ茎えそウイルス	<i>Tobravirus</i>	Nematodes
<i>Tulip virus X</i> ^{b)}	TVX	チューリップXウイルス	<i>Potexvirus</i>	

a) : 富山県で特に重要なウイルス, b) : 発生拡大中のウイルス.

め、発生地域では慢性的な被害が生じている。TMMMVを保毒した *O. brassicae* 休眠胞子を塩酸処理してもウイルスの保毒が維持されることから、TMMMVは菌の内部に存在すると推察されている(守川ら, 2004)。花の病徴はTBVによるモザイク病に比べて軽微だが、TMMMV感染株は健全株に比べて早期に枯れ上がるため球根収量が減少する(森井ら, 2003)。

2 チューリップ条斑ウイルス (*Tulip streak virus* : TuSV (仮称))

TuSVは純化が難しい、不定形ないし環状の非常に不安定なひも状粒子である(守川ら, 2004 a)。その外被タンパク質遺伝子の配列から、本ウイルスはこれまでに報告のない新しい種類のウイルスであると考えられている(小林ら, 2004)。本ウイルスは条斑病発病株から特異的に検出され、*O. brassicae*によって伝搬される。本病の発生生態は微斑モザイク病と共通する点が多いが、TMMMVによる微斑モザイク病が汚染土に植付けた翌春に発病するのに対し、TuSVによる条斑病は感染当年にはほとんどの株が無病徴で、これより収穫した球根を植え付けた翌春ようやく発病する点で異なる。葉に明瞭な黄白色の条線を生じるのが特徴であるが、軽微な株では外見から感染の有無を識別することが難しい。TMMMVおよびTBVと並んで、富山県では最も重要なウイルスとなっている。

3 タバコネクロシスウイルス (TNV) とオリーブ潜在ウイルス 1 (OLV-1)

えそ病の病原ウイルスであるTNVは径約30 nmの *Necrovirus* 属の球状ウイルスで、*O. brassicae*によって媒介される。現在、TNVは *Tobacco necrosis virus A* (TNV-A) と *Tobacco necrosis virus D* (TNV-D) に分けられており、さらに、過去にTNVと同定されたチューリップ分離株の中には、その後OLV-1と再同定され

たものが含まれている(KANEMATSU et al., 2001)。近年、外被タンパク質遺伝子領域の解析の結果から、富山県内のチューリップから分離されたTNV分離株は、3~4種の *necrovirus* によって構成されていることが示されている(多賀ら, 2005)。

4 タバコ茎えそウイルス (*Tobacco rattle virus* : TRV)

TRVは *Tobravirus* に属する長短2成分からなる棒状ウイルスで、線虫により伝搬される。寄主範囲は広く各種作物で被害を与える。オランダではチューリップにおいても被害の大きいウイルスであるが、国内では輸入後年数の浅いロットでしばしば発生が認められるのみで、発生量はあまり多くない。おそらく日本の栽培圃場ではTRV媒介能を有する線虫種の生息密度が低い(または生息しない)こと、そしてTRVの球根伝染率があまり高くないことがその理由であると推察される。

5 チューリップモザイクウイルス (TBV) とユリモットルウイルス (*Lily mottle virus* : LMoV)

TBVは最もポピュラーなチューリップのウイルスで、アブラムシ類によって媒介される。一般に、アブラムシ類の発生量が多かった年の翌年はTBVによるモザイク病の発生が多い(名畑ら, 1988)。また、同じ *Potyvirus* に属するLMoV (syn : TBV-lily, Tulip band-breaking virus) も発生するが(Se and KANEMATSU, 2002)、TBVに比べて発生量は少ない。海外では、その他数種の *potyvirus* の発生が確認されているが(DEKKER et al., 1993)、国内では未確認である。なお、富山県ではTMMMVやTuSVの被害が拡大したことによってTBVは最重要ウイルスの座から降りたが、決して本ウイルスの発生が減少したわけではない。

6 キュウリモザイクウイルス (CMV)

CMVはアブラムシで媒介される球状のウイルスで、

チューリップでは古くから発生が知られている(名畑ら, 1988)。ただし, TBV に比べて発生が少なく被害の実態が明らかではない。

7 ユリ潜在ウイルス (*Lilly symptomless virus* : LSV)

LSV はアブラムシで媒介される *Carlavirus* 属のひも状ウイルスである。寄主範囲は狭く, チューリップやユリ, アルストロメリアなどに限定されている。品種にもよるが, 花卉に白色ないし増色型の条線が脈に沿って生じるのが特徴である(宮川ら, 1998 a; 守川, 2004 c)。球根収量に影響することが知られており注意を要するウイルスであるが, 無病徴感染する品種が TBV に比べて多く, 管理が難しいウイルスの一つである。近年, 少しずつではあるが, 着実に発生が増加してきている。

8 チューリップ X ウイルス (*Tulip virus X* : TVX)

TVX は *Potexvirus* 属ウイルスの一種で, 耐保存性の高い丈夫なひも状ウイルスである。近年, 発生が目立つようになってきたウイルスで(宮川ら, 1998 b; 森井ら, 2005), 輸入後の年数が浅いロットで発生が多いようである。葉に退緑斑, 退緑条線, えそ条斑, えそ輪紋などを生じるのが特徴で, 花の病徴が不鮮明な品種では開花後に葉に生じたえそ斑を見て, 初めて発生に気づくことがある。主に接触伝染および球根伝染によって被害が広まっていると予想されているが, 詳しい発生病態は不明である。オランダではフシダニの一種であるチューリップサビダニによって媒介される可能性が指摘されており(DERKS, 私信), これが事実とすれば, ウイルスの検査体制を強化して本ウイルスの発生状況を把握するとともに, サビダニ防除技術の高度化を急ぐ必要がある。

II 防除対策と問題点

栄養繁殖性作物であるチューリップでは, 再生産に用いる種球根のウイルス感染の有無が次年度以降のウイルス病の発生程度に直接的に影響する。中でも, 土壌伝染性のウイルス病は感染球根が伝染源となって広域的なウイルス汚染圃場(土壌)の拡大をもたらすため, 健全種球根の「確保」と「維持」が持続的な安定生産を行ううえで最も重要な要件となっている。そして, その「維持」を実現するには, 多岐にわたるウイルス病防除対策を総合的に投入する必要がある。以下, ウイルスの種類によってそれぞれ発生病態や防除対策は異なるものの, チューリップ球根生産におけるウイルス病の防除対策とその考え方, 実際の取り組みや局面している問題点を紹介する。なお, 「微斑モザイク病」に対しての具体的な取り組みについては, 昨年の本誌 6 月号に詳述したのでこれ

を参照いただきたい。

1 圃場での感染株除去

冒頭でも述べたが, 感染率があるレベルを超えた時点で通常の防除対策ではウイルス病を制御できなくなることから, 徹底した感染株の抜き取りを実施して感染率を常に低く抑える必要がある。具体的には, 生産者による地道な抜き取り作業の積み重ねによって達成されており, チューリップのウイルス病対策技術の中で基礎となる最も重要な作業である。

一方, 近年では, 様々な理由から罹病株の抜き取り作業が十分に実施されないケースが増えてきている。まず, 経営規模の拡大が一筆に費やせる圃場管理時間を短くしている。さらに, 摘花機の導入は摘花作業労働の軽減をもたらしたが, 機械の作業スケジュールを優先するあまり, 花の病徴を指標とした抜き取り作業が十分に行われずに摘花される事例を増加させている。このような, 作業上の人為的な要因のほかに, 発生するウイルス種の構成の変化も影響している。すなわち, 以前は TBV や TNV など感染株の識別が比較的容易なウイルスが主流であったが, 近年は発生するウイルスの種類が増加するとともに, 病徴識別が難しいウイルス種の発生が増えてきている。これまでは, 疑わしきは罰するという姿勢で抜き取り作業が実施されてきたが, 一部には病徴が不鮮明でボーダーラインを決めかねる症例が増加してきている。以上から, ウイルスの種類や品種ごとの病徴特性を理解し, 抜き取りの指標を策定する(多賀ら, 2003 a) 必要性や, 次に紹介するウイルス検査技術を活用した厳密な種苗(球根)管理の重要性も高まっている。

2 ウイルス検査技術の導入

近年では, TMMMV や TuSV のような土壌伝染性ウイルスの発生が増加しており, ウイルス汚染圃場の拡大を防ぐとともに健全な種球根を選定するために, 生産者が維持する個々のロットあるいは地域全体のウイルス感染程度を把握することが必要となっている。富山県では, TBIA 法(Tissue blot immunoassay)によるウイルス検定が現地導入され, 県花卉球根農業協同組合により年間約 10 万検体×3 種ウイルス(TMMMV, TuSV, TBV)の診断が実施されている(図-2)。また, 品種によっては TVX や LSV についても検査が実施されているところである。得られたデータは各生産者に伝えられるとともに, 集積したデータは生産者ごとの対応策や地域全体の取り組みの策定に活用されている。なお, 当面は現在の運営形態を大きく変更する必要はないと考えられるが, 現在行われている 1 ロット当たり 200 株のウイルス診断は, あくまで 0.5% 以上の感染率を知る技術であ



図-2 富山県花卉球根農業協同組合で実施されているウイルス検定の様子

集められた茎を束にして包丁で切断し、断面を3枚のニトロセルロース膜に転写(3種ウイルスを検定するため)。

り、健全であることを証明するものではない。0.5%という感染率は必ずしも低いとは言えないという意見もある。難しい課題ではあるが、今後は得られた数値の評価基準の策定も進めなくてはならない。

3 薬剤防除

植物ウイルスに対して直接効果を示す農薬は上市されておらず、薬剤による防除はもっぱら媒介者を対象にしたものとなる。現地では、TBVやLSV、CMVなどを媒介するアブラムシ類を対象にした定期的な殺虫剤の散布が実施されている。あわせて、感染株の抜き取りを徹底することにより、アブラムシ媒介性のウイルスの制御は可能な現状にある。ただし、近年の温暖化傾向によりアブラムシ類の発生活長が以前とは異なってきており、その発生活長に応じた薬剤散布が必要になっている。

一方、土壌伝染性のウイルスに対しては有効な登録農薬がなかったため、薬剤による防除は実施されていないのが現状である。試験的にはクロロピクリン剤などの土壌くん蒸剤に高い防除効果を認めているが、水田転換畑栽培が主体となるチューリップの露地球根栽培では、これを直ちに導入することは技術的、経費的にも困難である。実用的には、処理期間が短く、被覆処理などを必要としない簡便な薬剤処理技術の開発が求められる。幸いにも、本年3月にフルアジナム粉剤が微斑モザイク病と条斑病に適用拡大されたことから、同剤の効果的な使用方法について今後検討する必要がある。

4 輪作と圃場の選定

富山県では水田転換畑栽培が中心であり、水稲との輪作が土壌に起因する障害(病害も含む)を軽減してきた。

ただし、微斑モザイク病や条斑病のような *O.brassicae* によって媒介されるウイルス病に対しては、水稲作による伝染源密度の軽減効果はあまり高くないようである。両病害は水田との輪作環境に適応した病害であるからこそ、問題になっているとも言える。いずれにせよ、輪作年限を十分に確保するとともに、土壌伝染性ウイルス病の汚染度を考慮して作付圃場を選定することが非常に重要であり、健全圃場を確保するには地域全体の理解と支援が必須であることから、水稲などの主穀作を含めた望ましい輪作体系について土づくりの視点も取り入れながら模索していく必要がある。

5 抵抗性品種の利用

ウイルス病に対する抵抗性品種の育成については十分な取り組みが実施されていなかったが、微斑モザイク病や条斑病のような土壌伝染性のウイルス病の被害が拡大してきている状況では、抵抗性品種を上手に利用することが持続的な安定生産の鍵を握っていると判断される。なぜなら、露地作物で土壌伝染性のウイルス病を薬剤で制御しているという例は少なく、作型の変更あるいは抵抗性品種の利用によって克服している事例がほとんどだからである。チューリップの場合も、遅植え栽培技術(多賀ら, 2001)とともに、抵抗性品種の利用が産地を守るための最も有力な手段であると考えている。

これまでに主要な品種や育成系統(約280品種・系統)について、微斑モザイク病や条斑病に対する品種抵抗性の評価が終了したところであるが、品種間には大きな抵抗性の差異を認められ、微斑モザイク病と条斑病に対して、それぞれ全体の約20%の品種で抵抗性極強あるいは強と判定されている(多賀ら, 2004; MORIKAWA et al., 2005)。この抵抗性検定試験において抵抗性極弱と判定された品種は、産地においても大きな被害を受けて品種更新を余儀なくされる事例が多いことから、市場性が特に高い品種を除いて抵抗性極弱品種の導入は慎むべきであると考えられる。なお、両病害に対する品種抵抗性程度と病徴特性(画像)については、データベース化して生産者や関係機関に配布され、品種導入の参考とされている。また、選定された抵抗性の素材を用いて、当場の育種グループにより両病害抵抗性品種の育成が進められているところである。

以上により、抵抗性品種を利用した安定生産の道が切り開かれたが、花色・花型・開花期などの異なる多様な品種を提供できることが産地の求心力を維持する重要な要件となっており、既存の品種構成に抵抗性の品種をどのように組み込んで安定生産を図るかは、産地の基本戦略と照らし合わせながら議論する必要がある。

III 防除研究の今後

TMMMV, TuSV, TNVなどの土壤伝染性ウイルス病については、今後、汚染圃場を特定するとともにその汚染程度を軽減する技術を開発する必要がある。現在、捕捉植物を用いた小規模試験ではTMMMVやTuSVを検出することに成功しており(森井ら, 2004)、圃場診断法への応用が期待されている。また、同時に捕捉植物の種類によって*O. brassicae*の増殖程度やウイルス検出頻度が異なることが明らかになりつつある。*O. brassicae*は耕地土壤に広く生息するものの、植物寄生性などの点で生息する菌の性質が異なることが知られていることから(守川・多賀, 2004; KOGANEZAWA et al., 2005)、今後、これら植物種、媒介菌系統、ウイルス3者の相互の関係、3者それぞれの多様性と普遍性を理解することが、望ましい輪作体系の確立に必須であると考えられる。また、輪作(クリーニングクroppも含む)や各種資材の投入、物理的なストレスによる伝染源密度の低減効果を評価するには土壤中の媒介菌の密度とその生物活性(生死)を評価することが必要であるが、残念ながら実用的な技術が開発されていないのが現状である。菌媒介ウイルス病の防除研究に新しい展開をもたらすためにも「媒介菌の動態把握技術の確立」が急務である(多賀ら, 2003 b)。

食用作物の中には、重要な病害に対しては抵抗性を考慮して品種育成が進められているものが多いが、花き類においてはほとんどの品目で病害抵抗性を考慮せずに品種育成が進められてきている。確かに新規性や外観品質が花き類の重要な評価事項であるが、外観品質を重視する花き類は病害虫発生許容水準が低いため、病害虫の防除に多大なコストを要するという大きな問題がある。そもそも新規性および外観品質と病害抵抗性が両立しないことを証明した例はないはずであり、花き類においても病害抵抗性を考慮した品種育成を早い段階から進めるべきであると考えられる。

チュウリップの場合、防除が難しい微斑モザイク病や条斑病の発生が産地にとって大きなハンディキャップとなっていることから、抵抗性品種の早期育成と普及が急務となっている。現在、*O. brassicae*との親和性、根や根盤部におけるウイルス増殖、根の発根時期の早晚などと抵抗性の関係を解析しているところであり(守川ら, 2005 b)、これらを指標とした抵抗性個体の早期選抜手法の開発を進めているところである。抵抗性の持続性を確保するためにも、交配母本の抵抗性がどのような機構で成り立っているかを十分に理解したうえで育種を進めることが重要である。また、チュウリップの育種には

20年もの年数を要することから、育種年限を短縮するための技術開発が必要なのはもちろん、既存の品種の中からさらに有望な抵抗性品種を選抜して、20年間の安定生産の担保をより多く得ることも必要である。

おわりに

微斑モザイク病と条斑病が発生した1980年ごろ、国内の一般栽培圃場で発生の記録があったのはTBV, CMV, TNVの3種であった。現在では、本稿で紹介したように多数のウイルスの発生が記載され、発生するウイルス種は多様化してきている。なかでも微斑モザイク病と条斑病(TMMMVとTuSV)の発生は、富山県の球根生産に大きなインパクトを与えており、これら病害と今後どのように向き合い、どのような品種戦略を構築するかが、将来のチュウリップ球根生産の方向性を左右すると考えられる。厳しい国際競争の中、一層の生産コストの削減が求められており、規模の拡大など経営体の変化は次第に「こまめな管理」を困難なものとしている。一方では、高品質球根産地としての求心力を堅持するための技術開発と普及は必要不可欠な状況にあり、病害防除技術を企画・開発・導入するに当たって、絶妙なバランス感覚が必要であると感じている。

引用文献

- 1) DEKKER, E. L. et al. (1993): J. Gen. Virol. 74: 881 ~ 887.
- 2) KANEMATSU, S. et al. (2001): J. Gen. Plant Pathol. 67: 333 ~ 334.
- 3) 小林富成ら (2004): 日植病報 70: 265.
- 4) 小金澤碩城 (2005): 植物防疫 59: 251 ~ 255.
- 5) KOGANEZAWA, H. et al. (2005): Bull. Natl. Agric. Res. Cent. 4: 39 ~ 59.
- 6) 宮川正通ら (1998 a): 新潟園報 16: 28 ~ 39.
- 7) ————ら (1998 b): 同上 16: 65 ~ 76.
- 8) 森井 環ら (2003): 北陸病虫研報 52: 53.
- 9) ————ら (2004): 日植病報 70: 265.
- 10) ————ら (2005): 北陸病虫研報 54: 78.
- 11) 守川俊幸ら (1995): 富山農技七研報 16: 55 ~ 66.
- 12) MORIKAWA, T. et al. (1995): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 61: 578 ~ 581.
- 13) 守川俊幸・多賀由美子 (2004): 土と微生物 58: 43 ~ 52.
- 14) ————ら (2004 a): 日植病報 70: 77.
- 15) ————ら (2004 b): 同上 70: 264 ~ 265.
- 16) ————ら (2004 c): 富山農技七研報 21: 1 ~ 141.
- 17) ————ら (2005 a): 植物防疫 59: 279 ~ 282.
- 18) ————ら (2005 b): 日植病報 71: 278.
- 19) MORIKAWA, T. et al. (2005): Acta Hort. 673(2): 549 ~ 553.
- 20) 多賀由美子ら (2001): 日植病報 67: 160.
- 21) ————ら (2003 a): 北陸病虫研報 52: 53.
- 22) ————ら (2003 b): 日植病報 69: 271.
- 23) ————ら (2004): 同上 70: 265.
- 24) ————ら (2005): 同上 71: 232.
- 25) 名畑清信ら (1988): 富山農技七研報 2: 1 ~ 132.
- 26) 夏秋啓子ら (2002): 日植病報 69: 309 ~ 312.
- 27) SE, T. and S. KANEMATSU (2002): Plant Dis. 86: 1405.
- 28) 棚橋 恵ら (2004): 新潟農総研報 6: 15 ~ 25.
- 29) VAIRA, A. M. et al. (2005): Virus Taxonomy (edit. FAUQUET, C. M. et al.), Elsevier Academic Press, New York, p. 673 ~ 679.