

20. *Pepino mosaic virus*（以下「PepMV」という。）

ア 調査

【調査対象植物】

トマト

【調査時期】

調査は、対象植物の生育中期から後期に年1回実施する。なお、伸長期又は着果期に症状が確認しやすいので、必要に応じて中期と後期の2回調査を実施する。

【調査方法及び調査内容】

- 1) 上記の調査対象植物について、調査地点を設定する。なお、調査地点は各都道府県内で偏りが生じないように留意する。
- 2) 設定した調査地点において、生育不良株等を中心に10株（なければランダムに10株）を対象に、病徴写真を参考にしつつ、PepMVに感染した植物で見られるような葉のモザイク症状、黄斑・葉の奇形及び果実の着色不良等の症状の有無を目視で調査する。
- 3) PepMVの感染が疑わしい場合は、発症部位や発症部位を含む茎葉や株全体、周囲の様子等をデジタルカメラ等で撮影した上で、試料を採取し遺伝子診断等を実施する。

【調査に当たっての留意事項】

- 1) 症状が似ている場合でも発生が平時と変わらなければ積極的にサンプリングしなくて良い。
- 2) PepMVの系統とトマトの品種により、無病徴感染する場合がある。

イ 同定診断手法（P）

採取または送付された試料について、以下の手順でコンベンショナルRT-PCR法又はリアルタイムRT-PCR法による遺伝子診断を実施する。なお、簡易同定法として、イムノクロマト法によりトマト罹病葉からPepMVの検出が可能であるが、陽性が確認された場合はコンベンショナルRT-PCR法又はリアルタイムRT-PCR法による遺伝子診断を実施する。

1) 血清学的診断

簡易検出キット（イムノクロマト法）が販売されているため、キット付属の取扱説明書に従って検定する。

2) 遺伝子診断

2) — 1 コンベンショナル RT-PCR 法

- ア) 市販のキット等を用い、採取したサンプルから RNA を抽出する。RNA 抽出は、キット付属のプロトコルに従い実施する。
- イ) 抽出した RNA を鋳型にして RT-PCR を表 1 のプライマーセットを用いて行う。RT-PCR は市販のキット等を用いて行う。
- なお、反応液の組成及び反応条件はキット付属のプロトコルを参照のこと。
- ウ) 電気泳動によって増幅産物のサイズが PepMV の予定長の増幅サイズ (202 bp) であるか確認する。

表 1 PepMV 検出用プライマー (コンベンショナル RT-PCR 法)

名前	塩基配列 (5' -3')	増幅 サイズ	アニーリング 温度	参考文献
KL05-13	GTC CTC ACC AAT AAA TTT AG	202	55℃	Ling et al., 2008
KL05-14	AGG AAA ACT TAA CCC GTT C			

(プライマー終濃度各 0.2μM)

2-2) リアルタイム RT-PCR 法

- ア) 2) - 1 のア) と同様に RNA 抽出を行う。
- イ) 抽出した RNA を鋳型にしてリアルタイム RT-PCR を表 2 のプライマー・プローブを用いて行う。リアルタイム RT-PCR は市販のキット等を用いて行う。
- なお、反応液の組成及び反応条件はキット付属のプロトコルを参照のこと。
- ウ) ISHI (2023a, b) の方法で実施した場合、Ct 値が 37 以下の検体を陽性とし、それ以外の検体を陰性とする。なお、ISHI (2023a, b) 記載の反応試薬以外を使用した場合、判定法に変更を要する場合がある。

表 2 PepMV 検出用プライマー・プローブ (リアルタイム RT-PCR 法)

名前	塩基配列 (5' -3')	参考文献
KL05_48	ACT CCT AGA GCT GAC CTC AC	ISHI, 2023a, b
KL05_49	ACT CCT AGA GCT GAT CTT AC	
KL05_51	TCT CCA GCA ACA GGT TGG TA	
KL05_52	TCA CCT GCA ACT GGT TGA TA	
NAKT05_50	FAM - TGT CAG CTT GCA TTT ACT TC - MGB	

(プライマー・プローブ終濃度各 0.2μM)

ウ 試料採取及び送付時の注意事項

- 1) 試料を採取する宿主植物には、PepMVが検出された場合を想定し、試料採取前に目印を付ける。

- 2) 試料の採取に当たっては、症状のある部位を含むよう 1 株あたり 5 枚の若葉を採取する。検定には葉柄または中肋（葉の中央の主脈）が適していることから、その部分を確実に採取できるよう留意する。
- 3) 調査を実施したほ場内に病徴を示す株が複数ある場合は、株ごとに手袋を交換し、せん定ばさみ等の器具類についても、株ごとに有効塩素濃度 1%次亜塩素酸ナトリウム水溶液等に60秒以上浸漬することにより消毒して使用する。
- 4) 採取した試料は、試料の確認に必要な事項（採取月日、採取場所、写真等）を記録した試料採取票（別記様式）を添付した上で、ビニール袋に入れ、輸送するまでクーラーボックス等（4℃）に保管する。
- 5) 試料の採取部位、病徴及び採取票に記録した内容等は、調査野帳に記録する。
- 6) 採取した試料を送付する場合は、散逸しないように厳重に梱包し、保冷剤を入れて低温に保った保冷箱等に収容して冷温のまま送付する。
- 7) 採取した試料を長期保管する場合は、冷凍保管（-80℃）する。

エ 病徴写真等

宿主植物における病徴



図1 トマト葉の病徴（防除指針委託事業成果）
（モザイク症状、黄斑・奇形）



図2 トマト葉の病徴 (R. van der Vlugt, EPP0 より)
(左図：黄斑、右図：葉の奇形)

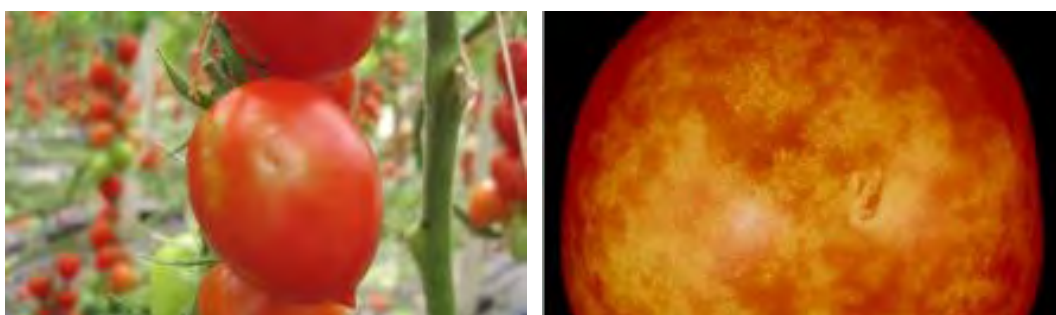


図3 トマト果実の病徴 (Dr Andrea Minuto, Centro di Saggio, CERSAA, Albenga, EPP0 より)
(果実の着色不良)

オ 対象病害の解説

学名：*Pepino mosaic virus* (PepMV)

英名、和名等：情報なし

分布： 中華人民共和国、イスラエル、シリア、トルコ、アイルランド、イタリア、英国、オーストリア、オランダ、キプロス、ギリシャ、スイス、スウェーデン、スペイン、チェコ、デンマーク、ドイツ、ハンガリー、フランス、ブルガリア、ベルギー、ポーランド、リトアニア、カナリア諸島、南アフリカ共和国、モロッコ、アメリカ合衆国、カナダ、エクアドル、チリ、ペルー、メキシコ、ニュージーランド

宿主植物：ノゲシ、トマト、ペピーノ、バレイショ等

分散：

1) 自然分散

ベクター(マルハナバチ、*Olpidium virulentus* (糸状菌) 及びコナジラミ) による伝搬、土壌伝染、水媒伝染及び接触(機械的) 伝染が知られている。感

染した植物が常に病徴を示すわけではないため、気づかないうちに急速にまん延するおそれがある。その他、染トマトにおける種子伝染の報告がある。

2) 人為分散

PepMVは通常の栽培作業で、手、道具、衣類、機械等を介して容易に伝染することが知られている。

防除：無病種子及び苗の使用や栽培用具（刃物類や農機具等）の消毒を徹底する。
発生ほ場ではマルハナバチを使用しない。

<参考文献>

- Alfara-Fernandez et al. (2009) Transmission of *Pepino mosaic virus* by the Fungal Vector *Olpidium virulentus*. *Journal of Phytopathology* 158(4):217-226.
- Blystad et al. (2015) Host range and symptomatology of *Pepino mosaic virus* strains occurring in Europe. *European Journal of Plant Pathology* 143:43-56.
- CABI (2021) Crop Protection Compendium. Data sheet on *Pepino mosaic virus*. (online), available from <<https://doi.org/10.1079/cabicompendium.43661>>, (Last accessed, 2024-10-28).
- EPP0 (2023) EPP0 Global Database. - *Pepino mosaic virus* (PEPMV0) (online), available from <<https://gd.eppo.int/taxon/PEPMV0/photos>>, (Last accessed, 2023-1-24).
- Hanssen et al. (2010) Seed transmission of *Pepino mosaic virus* in tomato. *European Journal of Plant Pathology* 126:145-152.
- ISHI (2023a) Detection of *Pepino mosaic virus*(PepMV) in tomato seed.
- ISHI (2023b) Detection of *Pepino mosaic virus*(PepMV) in tomato seed by seed extract RT-qPCR (SE-qPCR) .
- Ling et al. (2008) Genetic Composition of *Pepino mosaic virus* Population in North American Greenhouse Tomatoes. *Plant Disease* 92(12):1683-1688.
- Mehle et al. (2014) Survival and Transmission of *Potato Virus Y*, *Pepino Mosaic Virus*, and *Potato Spindle Tuber Viroid* in Water. *Applied and Environmental Microbiology* 80(4):1455-1462.
- Mumford RA, Jones RAC (2005) Descriptions of Plant virus: *Pepino mosaic virus*. (online), available from <<https://www.dpvweb.net/dpv/showdpv/?dpvno=411>>, (Last accessed, 2024-10-28).

- Noel et al. (2014) Transmission of the *Pepino mosaic virus* by whitefly. European Journal of Plant Pathology 138:23-27.
- 農林水産省 (2021) *Pepino mosaic virus* に関する病害虫リスクアナリシス報告書
- Salazar (2006) Emerging and Re-emerging Potato Diseases in the Andes. Potato Research 49:43-47.
- Sauiri et al. (2017) First report of *Pepino mosaic virus* in tomato in Morocco. New Disease Reports 35:10.
- Schwarz et al. (2010) Spread and interaction of *Pepino mosaic virus* (PepMV) and *Pythium aphanidermatum* in a closed nutrient solution recirculation system: effects on tomato growth and yield. Plant Pathology 59(3):443-452.
- Shipp et al. (2008) Vectoring of *Pepino mosaic virus* by bumble-bees in tomato greenhouses. Annals of Applied Biology 153(2):149-155.
- Soler et al. (2002) Natural Occurrence of *Pepino mosaic virus* in Lycopersicon Species in Central and Southern Peru. Journal of Phytopathology 150(2):49-53.
- Souiri et al. (2020) Chapter 38 - Emerging and Reemerging Viral Diseases of Solanaceous Crops and Management Strategies for Detection and Eradication. Emerging and Reemerging Viral Pathogens 1:847-877.

21. トバモウイルス属

① *Tomato brown rugose fruit virus* (以下、「ToBRFV」という。)

② *Tomato mottle mosaic virus* (以下、「ToMMV」という。)

※ *Tobacco mosaic virus*を含むトバモウイルス属は、タバコ、トマト、馬鈴しょ、かぼちゃなど様々な植物に被害を及ぼすウイルスで、世界中から多くの種が知られている。ここでは、侵入調査の対象であるToBRFV及びToMMVについて記述する。

ア 調査

【調査対象植物】

- 1) ToBRFV : トマト
- 2) ToMMV : トマト、ピーマン、ナス、エンドウ

【調査時期】

調査は、対象植物の生育期間中（定植後1ヶ月以降）に年1回以上実施する。なお、伸長期又は着果期に症状が確認しやすいので、できるだけこれらの時期に調査を実施する。

【調査方法及び調査内容】

- 1) 調査は、上記の調査対象植物の中から選定した上で、調査地点を設定する。なお、調査地点は各都道府県内で偏りが生じないように留意する。
- 2) 設定した調査地点当たり10株を対象に、エの病徴写真を参考にしつつ、ToBRFV及びToMMVに感染した植物で見られるような症状の有無を目視で確認する。
- 3) 感染が疑わしい場合は、発症部位や発症部位を含む枝や株全体、周囲の様子等をデジタルカメラ等で撮影した上で、試料を採取し遺伝子診断等を実施する。

【調査に当たっての留意事項】

- 1) 確認する症状は、他の病害と見分けることが難しい。このため、病徴写真と比較して、症状が似ている場合であっても、発生の状況が平時と同じ場合は積極的に試料を採取し遺伝子診断等を実施する必要はない。一方、通常の栽培環境下で、症状の発生時期が例年と大きく異なる、症状が見慣れない広がり方をしている等、平時よりも症状の出方が異常である場合には、ToBRFV及びToMMVの感染を疑い、試料を採取し遺伝子診断等を実施する。

2) 発見のポイント

ア) ToBRFV

トマト：品種によるが、葉では糸葉症状（leaf narrowing）、黄化、モザイク及び斑点の症状の有無を目視で確認する。また、花柄、がく及び葉柄にはえそ斑点が見られ、果実には凹凸表面を伴う黄色又は褐色の斑点及び奇形の症状が報告されている。

また、接種試験により、ToBRFVは同属のトバモウイルスの一種である*Tomato mosaic virus*（以下「ToMV」という。）の抵抗性品種（抵抗性遺伝子Tm-2a、Tm-1及びTm-2を有する品種）の抵抗性を打破し、葉にモザイク症状を引き起こす。

イ) ToMMV

トマト：葉では壊死、緑色の濃淡となるモザイク、モットル（不正形な斑点）、奇形等の症状を示し、発病株には全身に萎ちょう等の症状が報告されている。

ナス：ToMMVとTobacco mild green mosaic virusとの混合感染により、花では濃紫色のモットルが、葉では微弱なモザイク、奇形、退緑等の症状が報告されている。

エンドウ：葉ではモットル、弱いモザイク、退緑、葉の奇形等の症状が報告されている。

3) 参考

抵抗性遺伝子Tm-2a/Tm-2aを有する品種の抵抗性を打破するToMVが国内に一部存在するが、極めてまれである。Tm-2a/+を有する品種の抵抗性を打破するToMVでは通常、上位葉にえそを伴うが、モザイク症状のみ認められた場合、ToBRFVである可能性が高い。

イ 同定診断手法

採取又は送付された試料について、以下の手順で1) 又は2) どちらかの検出法を用いて検定を実施する。

1) 遺伝子診断（RT-PCR 法）

ア) 採取したサンプルからRNAを抽出する。RNA抽出は市販のキット等を用い、キット付属のプロトコルに従い実施する。

イ) 抽出したRNAを鋳型にしてRT-PCRを表1のプライマーセットを用いて行う。RT-PCRは市販のキット等を用いて行う。なお、反応液の組成及び反応条件は、キット付属のプロトコルを参照する。

ウ) 電気泳動によって増幅産物のサイズが各ウイルスの予定長の増幅サイズであるか確認する。なお、ToBRFVの場合は、陽性となっても、当該プライマーのバリデーションが十分でないとの報告もあるため、さらに増幅産物の塩基配列解析が必要である。（ToMMVは塩基配列解析は不要。）

表1 ウイルス検出用プライマー

ウイルス	名前	塩基配列(5'-3')	増幅 サイズ	アニーリン グ温度	参考文献
ToBRFV	F R	AATGTCCATGTTTGTTACGCC CGAATGTGATTTAAAACTGTGAAT	560	62℃	Alkowni et al. (2019)
ToMMV	F R	CGACCCTGTAGAATTAATAAATATT CACTCTGCGAGTGGCATCCAAT	289	55℃	Xuelian Sui et al. (2017)

2) 血清学的診断

ToBRFV と ToMMV はいずれも市販の血清学的診断キットで検出が可能だが、同属のウイルスと識別できないため、血清学的診断で陽性となった場合には、追加で RT-PCR 検定を行う必要がある。

ウ 試料採取及び送付時の注意事項

- 1) 試料を採取する宿主植物には、ToBRFV及びToMMVが検出された場合を想定し、どの個体から採取したか判別できるように、試料採取前に目印を付ける。
- 2) 試料の採取に当たっては、症状を示す株1株あたり5枚の葉を採取する。
- 3) 本病害は容易に接触伝搬するため、ほ場内に病徴を示す株が複数ある場合は、株ごとに手袋を交換し、せん定ばさみ等の器具類についても、株ごとに有効塩素濃度1%次亜塩素酸ナトリウム水溶液等に60秒以上浸漬することにより消毒して使用する。
- 4) 採取した試料は、試料の確認に必要な事項（採取月日、採取場所、写真等）を記録した試料採取票（別記様式）を添付した上で、ビニール袋に入れ、輸送するまでクーラーボックス等（4℃）に保管する。
- 5) 試料の採取部位、病徴及び採取票に記録した内容等は、調査野帳に記録する。
- 6) 採取した試料は、散逸しないように厳重に梱包し、保冷剤を入れて低温に保った保冷箱等に収容して冷温のまま送付する。

エ 病徴写真等

1) トマト検定品種におけるToBRFVイスラエル株の接種試験による上位葉及び果実の病徴（レギュラトリーサイエンス事業成果）



図1 モザイク、糸葉
(品種：GCR26 (+/+))



図2 健全（非感染）
(品種：GCR237 (Tm-1/Tm-1))



図3 モザイク
(Tm-1 型大玉品種)



図4 モザイク、糸葉
(品種：GCR526 (Tm-2/Tm-2))



図5 モットル
品種：GCR267 (Tm-2a/Tm-2a))



図6 モットル
(Tm-2a 型大玉品種)



図7 上位葉の病徴 (Tm-2a 型市販品種 (大玉品種))



図8 上位葉の病徴 (Tm-2a 型市販品種 (中玉品種))



図9 上位葉の病徴 (Tm-2a 型市販品種 (小玉品種))



図10 上位葉の病徴 (品種 : Rutgers (+/+))

2) トマトにおけるToBRFVの接種試験による葉の病徴（植物防疫所原図）



図11 葉のモザイク症状



図12 葉の糸葉症状



図13 葉の黄化症状及び糸様症状

3) 海外におけるToBRFVによるトマトの病徴



図 14 温室内での株の萎凋、枯死



図 15 苗のモザイク症状

(図 14: © Heike Scholz-Döbelin (LWK NRW) and EPP0 図 15: © Prof. Salvatore Davino and EPP0)

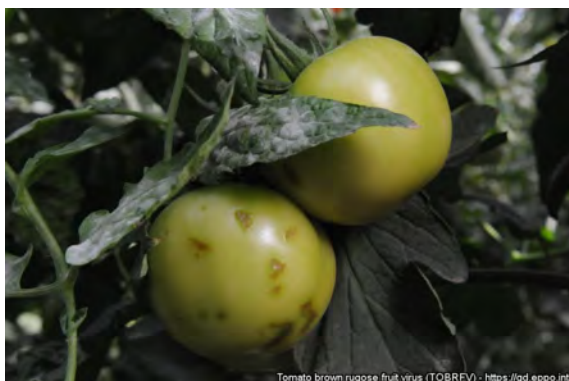


図 16 果実表面のえそ（左）及び果実の黄色斑紋（右）

(左: © Camille PICARD and EPP0 右: © Dr Aviv Dombrovsky and EPP0)



図 17 果実のマーブル症状（左）及び奇形（右）

(左: ©Tuba nur demir and EPP0 右: ©Dr Raed Alkowni and EPP0)

4) 海外における ToMMV による病徴

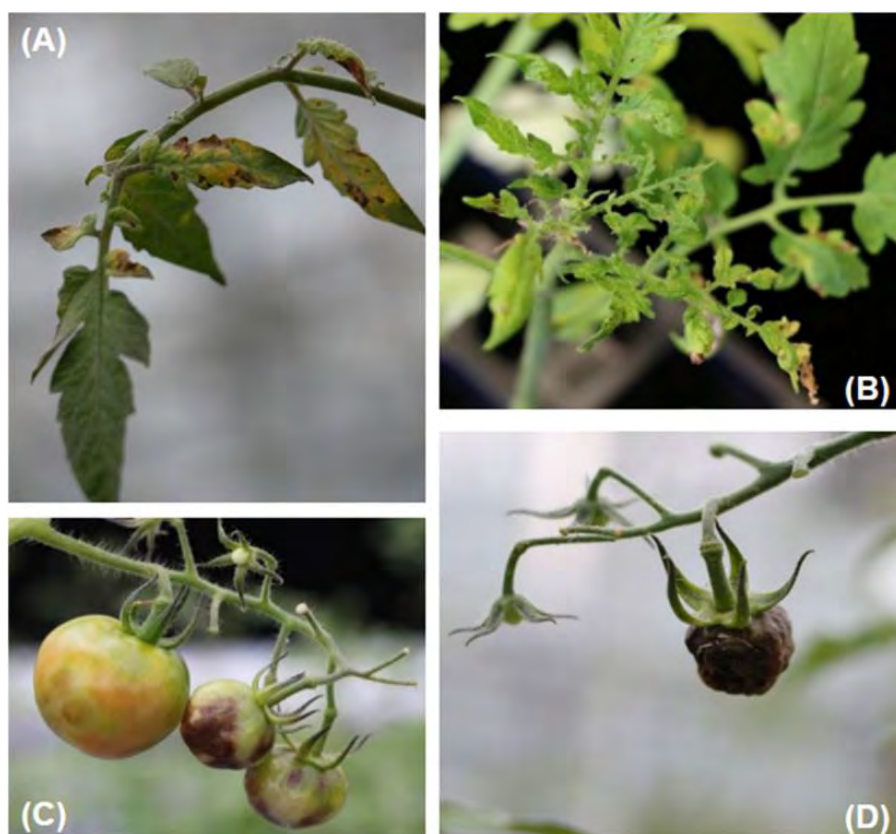


図 18 ToMMV に感染したトマトの病徴

A 葉の退緑及びえそ斑、B 葉の奇形、C 果実上のえそ斑、D 果実壊死
(© Sui et al. 2017)

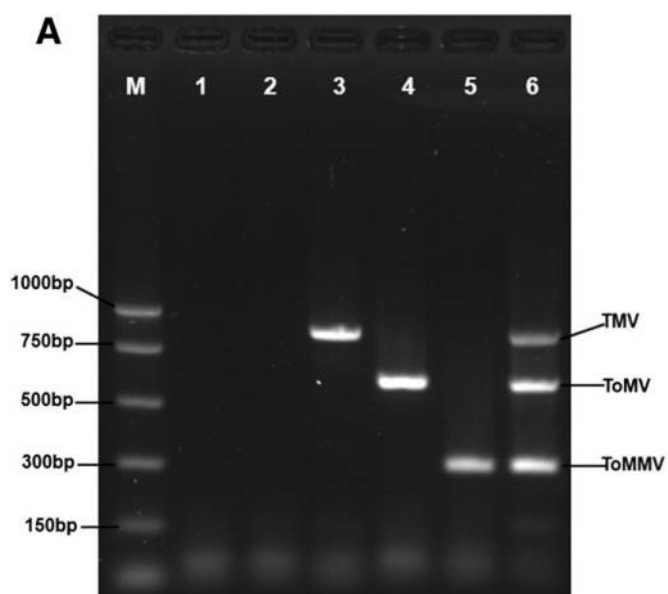


図 19 マルチプレックス RT-PCR による ToMMV、TMV、ToMV の特異的検出
(© Sui et al. 2017)

(その他写真) ※転載の許諾が得られなかったことから URL 等を示す。

- ToMMV に自然感染したエンドウの病徴 (Zang et al. (2021) の e-Xtra Fig. 1)
(URL:<https://apsjournals.apsnet.org/doi/full/10.1094/PDIS-02-21-0280-PDN>)

5) 参考 ToMV による病徴写真 (レギュラトリーサイエンス事業成果)



図 20 ToMV の Tm-2a 打破系統による上位葉のえそ症状
(Tm-2a 型市販品種 (大玉品種))



図 21 ToMV の Tm-2a 打破系統による上位葉のえそ症状
(Tm-2a 型市販品種 (中玉品種))



図 22 ToMV の Tm-2a 打破系統による上位葉のえそ症状
(Tm-2a 型市販品種 (中玉品種))

オ 対象病害の解説

学名：*Tomato brown rugose fruit virus* (ToBRFV)

Tomato mottle mosaic virus (ToMMV)

英名、和名等：なし

分布：

ToBRFV	アジア：中華人民共和国 中東：イラン、イスラエル、ヨルダン、サウジアラビア、シリア、ウズベキスタン 欧州：オーストリア、ベルギー、キプロス、チェコ、エストニア、フランス、ドイツ、ギリシャ、ハンガリー、イタリア、マルタ、オランダ、ノルウェー、ポーランド、ポルトガル、スロベニア、スペイン、スイス、トルコ、英国 北米：アメリカ合衆国、カナダ 中南米：メキシコ
ToMMV	アジア：中華人民共和国 中東：イラン、イスラエル 欧州：スペイン、チェコ 北米：米国 中南米：ブラジル、メキシコ

宿主植物：

ToBRFV	栽培宿主：トマト、トウガラシ (EPPO.,2020) 野生宿主：ミナトアカザ、イヌホオズキへの自然感染が知られている。(EPPO.,2020) その他：国内での接種試験によりホオズキ、ペチュニア、ハリナスビ、トマト野生種 (<i>Solanum peruvianum</i>)、ナス科雑草 (オオイヌホオズキ、アメリカイヌホオズキ、オオセンナリ、ヒロハフウリンホオズキ) に全身感染する。
ToMMV	ナス科：トマト、トウガラシ、キダチトウガラシ、ナス マメ科：エンドウ その他：接種試験により、タバコ、ペチュニア等の複数のナス科植物や、キノア (<i>Chenopodium quinoa</i>) 等でも感染が確認されている。

分散：

1) 自然分散

- ・近接植物間の接触伝染
- ・虫媒伝染：イスラエルのトマト生産において、授粉に利用されているセイヨウオオマルハナバチの振動しながら行う花粉収集行動により、ハチが傷つけた植物の部位からToBRFV が機械的に伝搬すると考えら

れる旨の報告がある。ただし、手作業による授粉、噴霧等による授粉作業では、花粉伝搬するとの情報は得られていない。

- ・ 土壌伝染：イスラエルにおいて、感染トマトを栽培していたほ場に作付けされたトウガラシが、ToBRFV が残っている土壌によって感染した報告がある。また、同属のToMV は数箇月も植物残さや土壌に留まることから、ToBRFV及びToMMV もその可能性が示唆されている。ToMV の場合、発病株の根から土壌へウイルスが溢出しており、栽培終了後も土壌中の残さから溢出が続く旨の報告がある。
- ・ 水媒伝染：トバモウイルスは、施設栽培における循環水により分散するとの報告があることから、ToBRFV及びToMMV もその可能性が示唆されている。

2) 人為分散

機械的伝搬（栽培作業、農作業用の道具や器具、作業員の手や衣服）、感染種子及び苗の移動により分散する。

防除：

ToBRFV及びToMMVの防除に関する報告はないが、以下のようなトバモウイルスの一般的な防除方法が有効と考えられる。なお、両ウイルスの抵抗性品種は知られていない。

- ・ 健全株への伝染を防ぐため、発病株を見つけたら直ちに抜き取る。
- ・ 作期の終了後は、土壌中の植物残さの腐敗を促し、ウイルスの不活化をはかる。
- ・ 湛水状態では植物組織の腐敗が遅れウイルスが不活化しにくくなるので、発病がみられた作期の終了後は湛水を控える。
- ・ 植物残さの持ち出しをしない。
- ・ 資材（床土、播種箱、育苗鉢、ロックウールマット、栽培槽等）の消毒を行う。
- ・ 接触伝染性が強いので、発病株に触れた手指は石鹸でよく洗う。また、発病株に触れたせん定ばさみ等の器具類についても消毒を行う。
- ・ 養液栽培ほ場では養液槽の洗浄と消毒を行う。
- ・ 次作での再発を防ぐため、可能であれば1作はトマトを栽培しない。栽培を中断できない場合は、
 - － 植物残さを地下部の根を含めできるだけ取り除く。
 - － ウイルス粒子を含む感染根の分解を促進するため、ほ場に牛糞堆肥等の有機質資材を投入し、適切な温度に保ちつつ耕うんする。
 - － 古株を短期間で枯死させるために、カーバナトリウム塩剤の土壌散布又は灌水を行う。

<参考文献>

- Alkowni et al. (2019) Molecular identification of tomato brown rugose fruit virus in tomato in Palestine. *J Plant Pathol* 101, 719–723.
- Ambros et al. (2017) Molecular and biological characterization of an isolate of Tomato mottle mosaic virus (ToMMV) infecting tomato and other experimental hosts in eastern Spain. *European Journal of Plant Pathology* 149: 261–268.
- Broadbent, L. (1976) Epidemiology and control of tomato mosaic virus. *Annual Review of Phytopathology* 14: 75–96.
- Chai et al. (2018) First report of a mixed Infection of Tomato mottle mosaic virus and Tobacco mild green mosaic virus on eggplants in China. *Plant Disease* 102: 2668.
- Chitambar (2015) California pest rating for Tomato Mottle Mosaic Virus (ToMMV). <https://blogs.cdфа.ca.gov/Section3162/?tag=tomato-mottle-mosaic-virus>.
- Chitambar, J. (2018) California pest rating for Tomato brown rugose fruit virus. (online), available from <<https://blogs.cdфа.ca.gov/Section3162/?p=5843>>.
- Department for Environment, Food and Rural Affairs (2020) Pest specific plant health response plan: Outbreaks of tomato brown rugose fruit virus. <https://planthealthportal.defra.gov.uk/assets/uploads/Tomato-brown-rugose-fruit-virus-contingency-plan-v6.pdf>
- EPP0 (2019) New data on quarantine pests and pests of the EPP0 Alert List <https://gd.eppo.int/reporting/article-6457>
- EPP0 (2022) Tomato brown rugose fruit virus. EPP0 datasheets on pests recommended for regulation. Available online. <https://gd.eppo.int>
- Levitzky et al. (2019) The bumblebee *Bombus terrestris* carries a primary inoculum of Tomato brown rugose fruit virus contributing to disease spread in tomatoes. *PLoS ONE* 14(1): e0210871. (online), available from <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210871>>.
- Li et al. (2013) Complete genome sequence of a new Tobamovirus naturally infecting tomatoes in Mexico. *Genome Announcement* 1, e00794–13. doi:10.1128/genomeA.00794–13.
- Li et al. (2014) First report of tomato mottle mosaic virus infection of pepper in China. *Plant Dis* 98:10: <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-14-0317-PDN>.

- Levitzky et al. (2019) The bumblebee *Bombus terrestris* carries a primary inoculum of Tomato brown rugose fruit virus contributing to disease spread in tomatoes. PLoS ONE 14: e0210871.
- Lovelock et al. (2020) Tomato mottle mosaic virus intercepted by Australian biosecurity in *Capsicum annuum* seed. Australasian Plant Disease Notes 15, 8. doi:10.1007/s13314-020-0378-x.
- Luria, N., E. Smith, V. Reingold, I. Bekelman, M. Lapidot, and I. Levin (2017) A New Israeli Tobamovirus Isolate Infects Tomato Plants Harboring Tm-22 Resistance Genes. PLoS ONE 12(1): e0170429. (online), available from <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170429>>.
- Nagai et al. (2018) First complete genome sequence of an isolate of Tomato mottle mosaic virus infecting plants of *Solanum lycopersicum* in South America. Genome Announc 6: e00427-18.
- Nagai et al. (2019) Tomato mottle mosaic virus in Brazil and its relationship with Tm-22 gene. Eur J Plant Pathol 155, 353-359.
- Salem, N., A. Mansour, M. Ciuffo, B. W. Falk and M. Turina (2016) A new tobamovirus infecting tomato crops in Jordan. Archives of Virology 161: 503-506.
- Sui et al. (2017) Molecular and biological characterization of Tomato mottle mosaic virus and development of RT-PCR detection. Plant Disease 101, 704-711.
- Turina et al. (2016) First report of Tomato mottle mosaic virus in tomato crops in Israel. New Disease Report 33, 1. doi: 10.5197/j.2044-0588.2016.033.001.
- USDA (Issued June 2020) Strategies for Preventing the Introduction and Spread of Tomato Brown Rugose Fruit Virus (online), available from <<http://calseed.org/1.%20ToBRFV%20Strategies%20for%20Preventing%20F%20IN%2006082020.pdf>>
- USDA (Last update 5/27/2021) Survey and Response Plan Tobamovirus: Tomato Brown Rugose Fruit Virus (ToBRFV) <<https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/planthealth/import%20information/federal-import-orders/tobrfv/tomato-brown-rugose-fruit-virus>>
- Webster et al. (2014) First report of *tomato mottle mosaic virus* infecting tomato in the United States. Plant Health Progress 15: 151-152.
- Zang et al. (2021) First Report of pea as a natural host of *tomato*

mottle mosaic virus in China. Plant Disease doi:10.1094/PDIS-02-21-0280-PDN

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センター
(2021)

令和2年度 国際基準を踏まえた防疫指針策定のための調査委託事業 事業報告書 (令和3年3月16日)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センター
(2022)

令和3年度 国際基準を踏まえた防疫指針策定のための調査委託事業 事業報告書 (令和4年3月16日)

農林水産省 (2020) *Tomato brown rugose fruit virus* に関する病害虫リスクアナリシス報告書

農林水産省 (2021) *Tomato mottle mosaic virus* に関する病害虫リスクアナリシス報告書

農林水産省横浜植物防疫所 (2022) 令和4年度遺伝子診断法検査に係る検査実施標準作業書.

22. *Tomato leaf curl New Delhi virus* (以下、「ToLCNDV」という。)

ア 調査

【調査対象植物】

トマト、ピーマン、キュウリ、スイカ、メロン

【調査時期】

調査は、調査対象植物の生育期間中（定植後1ヶ月以降）に年1回以上実施する。媒介虫であるタバココナジラミの発生時期を中心に、症状が確認しやすい伸長期又は着果期に調査を実施する。

【調査方法及び調査内容】

- 1) 調査は、上記の調査対象植物の中から選定した上で、調査地点を設定する。
なお、調査地点は各都道府県内で偏りが生じないように留意する。
- 2) 設定した調査地点あたり10株を対象に、病徴写真を参考にしつつ、ToLCNDVに感染した植物で見られるような、モザイク症状、葉巻、葉脈の膨張、植物体の萎縮症状の有無を目視で調査する。
- 3) 感染が疑わしい場合は、発症部位や発症部位を含む植物全体、周囲の様子等をデジタルカメラ等で撮影した上で、試料を採取し遺伝子診断等を実施する。

【調査に当たっての留意事項】

1) 発見のポイント（病徴）

確認する症状は、他の病害と見分けることが難しい。このため、病徴写真と比較して、症状が似ている場合であっても、発生の状況が平時と同じ場合は積極的に試料を採取し遺伝子診断等を実施する必要はない。一方、通常の栽培環境下で症状の発生時期が例年と大きく異なる、症状が見慣れない広がり方をしている等、平時よりも症状の出方が異常である場合には、ToLCNDVの感染を疑い、試料採取、遺伝子診断等を実施する。一般的に、モザイク症状、葉巻、葉脈の膨張、植物体の萎縮が引き起こされる。ウリ科の果実では、果皮の粗面化及び縦方向の裂開が見られる。果菜類において、生育初期にToLCNDVに感染すると、植物は著しく萎縮し、果実生産は大きな影響を受ける。

ア) トマト：黄化症状及びモザイク症状等。

イ) ピーマン：黄化症状及び葉巻症状等。

ウ) キュウリ：黄化症状及びモザイク症状等。

エ) スイカ：葉巻症状、激しい黄化、葉脈の膨張、植物の萎縮及び節間の短縮化、果皮の粗面化、果実の縦方向の裂開等。

オ) メロン：葉巻症状、激しい黄化、葉脈の膨張、植物の萎縮及び節間の短縮化、果皮の粗面化、果実の縦方向の裂開等。

イ 同定診断手法

採取または送付された試料について、以下の手順で遺伝子診断（PCR検定）または血清学的診断（イムノクロマトキット等）による検定を実施する。

- 1) 罹病葉を 0.1 g 程度サンプリングする。陰性コントロールとして健全葉サンプルも用意する。
- 2) 市販のキット等を用い、キット付属のプロトコルに従って DNA を抽出する。
- 3) 抽出した DNA を鋳型にして PCR を行う。プライマーについて、既報の種特異的プライマーが有効であることから、そのうちの一例を示す。

・ウイルス検出用プライマー (Panno et al. (2019))

名前	塩基配列 (5'-3')	増幅 サイズ	アニーリン グ温度
ToLCNDV-CP1	CTC CAA GAG ATT GAG AAG TCC	約 1,050bp	52℃
ToLCNDV-CP2	TCT GGA CGG GCT TAC GCC CT		

ウ 試料採取及び送付時の注意事項

- 1) 試料を採取する宿主植物には、ToLCNDVが検出された場合を想定し、試料採取前に目印を付ける。
- 2) 試料の採取に当たっては、症状を示す株 1 株あたり 5 枚の葉を採取する。
- 3) 調査を実施したほ場内に病徴を示す株が複数ある場合は、株ごとに手袋を交換し、せん定ばさみ等の器具類についても、株ごとに有効塩素濃度 1%次亜塩素酸ナトリウム水溶液等に60秒以上浸漬することにより消毒して使用する。
- 4) 採取した試料は、試料の確認に必要な事項（採取月日、採取場所、写真等）を記録した試料採取票（別記様式）を添付した上で、ビニール袋に入れ、輸送するまでクーラーボックス等（4℃）に保管する。
- 5) 試料の採取部位、病徴及び採取票に記録した内容等は、調査野帳に記録する。
- 6) 採取した試料は、散逸しないように厳重に梱包し、保冷剤を入れて低温に保った保冷箱等に収容して冷温のまま送付する。試料の採取に使用したせん定ばさみ等の器具類は、有効塩素濃度 1%次亜塩素酸ナトリウム水溶液等に60秒以上浸漬することにより消毒する。

エ 病徴写真等

1) 宿主植物における病徴

キュウリ

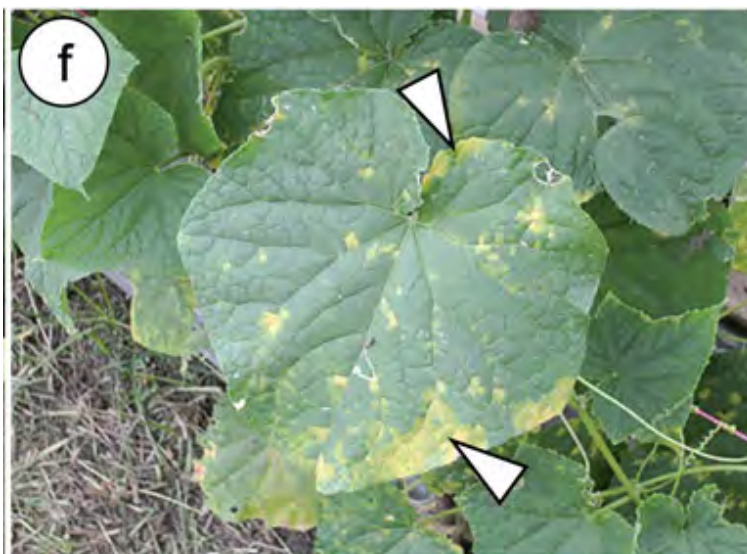


図1 キュウリの黄変葉巻症状

Kesumawati et al. (2020) Molecular Characterization of Begomoviruses Associated with Yellow Leaf Curl Disease in Solanaceae and Cucurbitaceae Crops from Northern Sumatra, Indonesia. Horticulture Journal doi: 10.2503/hortj.UTD-175



図2 キュウリ における退緑症状

2) ズッキーニ



図3 ズッキーニにおける萎縮症状

3) メロン



図 メロンにおける退緑症状

(その他写真) ※転載の許諾が得られなかったことから URL 等を示す。

ア) トマト、ペポカボチャ (ズッキーニ)

Ruiz et al. (2017) Biological characterization of Tomato leaf curl New Delhi virus from Spain. Plant Pathol. 66, 376-382.

イ) ペポカボチャ (ズッキーニ)、メロン、キュウリ、スイカ、トマト及びトウガラシ

Ruiz et al. (2017) Biological characterization of Tomato leaf curl New Delhi virus from Spain. Plant Pathol. 66, 376-382.

ウ) ピーマン

Luigi et al. (2019) First Report of Tomato Leaf Curl New Delhi Virus Causing Yellow Leaf Curl of Pepper in Europe. Plant Dis. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-19-1159-PDN>

https://apsjournals.apsnet.org/doi/suppl/10.1094/PDIS-06-19-1159-PDN/suppl_file/PDIS-06-19-1159-PDN.sfl.pdf

エ) キュウリ

Mnari-Hattab et al. (2015) First report of Tomato leaf curl New Delhi virus infecting cucurbits in Tunisia. New Disease Reports 31, 21. <http://dx.doi.org/10.5197/j.2044-0588.2015.031.021>

オ) メロン

CABAS-CSIS blog

<https://cienciacebas.wordpress.com/2013/09/25/virus-del-rizado-amarillo-del-tomate-de-nueva-delhi-tomato-leaf-curl-new-delhi-virus-tolcndv-un-nuevo-virus-que-afecta-gravemente-cucurbitaceas-en-almeria-y-murcia/>

Mnari-Hattab et al. (2015) First report of Tomato leaf curl New Delhi virus infecting cucurbits in Tunisia. New Disease Reports 31, 21.
<http://dx.doi.org/10.5197/j.2044-0588.2015.031.021>

カ) ペポカボチャ (ズッキーニ)

CABAS-CSIS blog

<https://cienciacebas.wordpress.com/2013/09/25/virus-del-rizado-amarillo-del-tomate-de-nueva-delhi-tomato-leaf-curl-new-delhi-virus-tolcndv-un-nuevo-virus-que-afecta-gravemente-cucurbitaceas-en-almeria-y-murcia/> 【

M. Juárez et al. (2014) First detection of Tomato leaf curl New Delhi virus infecting zucchini in Spain. Plant Dis. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-13-1050-PDN>

キ) カボチャ

Phaneendra et al. (2012) *Tomato leaf curl New Delhi virus* is Associated With Pumpkin Leaf Curl- A New Disease in Northern India. Indian J. Virol. 23:42-45.

ク) ハヤトウリ

Nagendran et al. (2017) Molecular evidence for the occurrence of tomato leaf curl New Delhi virus on chayote (*Sechium edule*) in southern India. VirusDis. 28, 425-429.

オ 対象病害の解説

学名 : *Tomato leaf curl New Delhi virus* (ToLCNDV)

(シノニム : *Bitter gourd yellow vein virus*, *Tomato leaf curl virus-New Dehli*)

分布 : インド、インドネシア、イラン、スリランカ、タイ、台湾、パキスタン、バングラデシュ、フィリピン、イタリア、エストニア、ギリシャ、スペイン、ポルトガル、アルジェリア、カナリア諸島、セーシェル、チュニジア、モロッコ

宿主植物 : キュウリ、スイカ、ニガウリ (ツルレイシ)、ニホンカボチャ、メロン、ニンジン、トウガラシ、トマト、ナス、パレイショ、パパイヤ等

分散 :

1) 自然分散

タバココナジラミ (*Bemisia tabaci*: 日本既発生) による永続伝搬が知られている (EPP0, 2021a; CABI, 2021; Espinosa Paz et al., 2019)。タバココナジラミは風により長距離移動する (CABI, 2020)。

2) 人為分散

感染した栽植用植物が経路となり分散する (EPP0, 2021a)。試験的に汁液接種により感染したとの報告がある (Chang et al., 2010)。

防除：EPP0 (2021a) 及び Moriones et al. (2017) によると、ToLCNDVに関する防除情報は以下のとおりである。

- 1) ベクターであるタバココナジラミの防除。農薬は、タバココナジラミの薬剤抵抗性の獲得や環境への影響等の問題があるため使用を控え、本虫の発生が少ない時期・場所で栽培する。連作を避け、本虫の密度増加を防ぐ。本虫に対する抵抗性品種の植え付けは、農薬の使用量を抑え、本虫密度を低く保つことができる。
- 2) ウイルスフリー苗の植え付け。
- 3) 感染植物の早期除去。
- 4) ToLCNDVの感受性品種を植え付けないことが好ましいが、抵抗性・耐性を有した栽培品種は無く、野生トマト、ウリ科、バレイショ、ヘチマ属で確認された抵抗性・耐性遺伝子の研究が行われている。また、遺伝子組み換えによる抵抗性・耐性品種の研究も行われている。

<参考文献>

- CABAS-CSIS blog, <https://cienciacebas.wordpress.com/2013/09/25/virus-del-rizado-amarillo-del-tomate-de-nueva-delhi-tomato-leaf-curl-new-delhi-virus-tolcndv-un-nuevo-virus-que-afecta-gravemente-cucurbitaceas-en-almeria-y-murcia/>
- Kesumawati et al. (2020) Molecular Characterization of Begomoviruses Associated with Yellow Leaf Curl Disease in *Solanaceae* and *Cucurbitaceae* Crops from Northern Sumatra, Indonesia. Horticulture Journal doi: 10.2503/hortj.UTD-175
- Luigi et al. (2019) First Report of Tomato Leaf Curl New Delhi Virus Causing Yellow Leaf Curl of Pepper in Europe. Plant Dis. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-19-1159-PDN>
https://apsjournals.apsnet.org/doi/suppl/10.1094/PDIS-06-19-1159-PDN/suppl_file/PDIS-06-19-1159-PDN.sf1.pdf
- M. Juárez et al. (2014) First detection of Tomato leaf curl New Delhi virus infecting zucchini in Spain. Plant Dis. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-13-1050-PDN>
- Mnari-Hattab et al. (2015) First report of Tomato leaf curl New Delhi

- virus infecting cucurbits in Tunisia. New Disease Reports 31, 21.
<http://dx.doi.org/10.5197/j.2044-0588.2015.031.021>
- Nagendran et al. (2017) Molecular evidence for the occurrence of tomato leaf curl New Delhi virus on chayote (*Sechium edule*) in southern India. VirusDis. 28, 425-429.
- Panno et al. (2019) Emergence of *tomato leaf curl New Delhi virus* in Italy- estimation of incidence and genetic diversity. Plant Pathol. 68, 601-608
- Phaneendra et al. (2012) *Tomato leaf curl New Delhi virus* is Associated With Pumpkin Leaf Curl- A New Disease in Northern India. Indian J. Virol. 23:42-45.
- Ruiz et al. (2015) First report of *tomato leaf curl New Delhi virus* infecting tomato in Spain. Plant Dis. Doi: 10.1094/PDIS-10-14-1072-PDN
- Ruiz et al. (2017) Biological characterization of *Tomato leaf curl New Delhi virus* from Spain. Plant Pathol. 66, 376-382.
- Ruiz et al. (2017) Biological characterization of *Tomato leaf curl New Delhi virus* from Spain. Plant Pathol. 66, 376-382.
- 農林水産省横浜植物防疫所 (2020) *Tomato leaf curl New Delhi virus*に関する病害虫リスクアナリシス報告書)