

特集：総合的病害虫管理技術の取り組み

茨城県鹿島地域でのトウガラシマイルドモットルウイルスによるピーマンモザイク病の特徴と防除対策

茨城県農業総合センター鹿島地帯特産指導所 お が わ た か ゆ き
小 川 孝 之*

はじめに

茨城県鹿島地域は、ピーマンの栽培面積が約 500 ha の大産地である。その歴史は古く、戦後アメリカ軍の清浄野菜供給から栽培が始まり、鹿島開発に伴う農業対策事業や食卓の洋風化により栽培面積が増加していった。しかし、1980年代よりトウガラシマイルドモットルウイルス (*Pepper mild mottle virus*, 以下 PMMoV) によるモザイク病が発生し、産地の難防除病害となっている。現在、PMMoV によるモザイク病は、不可欠用途臭化メチルと抵抗性品種により防除されている。しかし、不可欠用途臭化メチルは 2013 年までには廃止が確定している。また、抵抗性品種は新系統の出現によって抵抗性を打破される危険性があり、防除技術としては不安定である。現に、この産地では PMMoV (P_{1,2}) に対して 1992 年に抵抗性 (L3) 品種 (以下 L3 品種) を導入したが、95 年にはこの抵抗性品種を打破する PMMoV (P_{1,2,3}) が出現して (Tsuda et al., 1998) 産地に拡大した。

本稿では、本県で発生する PMMoV によるピーマンのモザイク病について、鹿島地域における特徴と新たな防除対策の取り組みについて紹介したい。

I 鹿島地域における PMMoV によるピーマンモザイク病の特徴

現在、茨城県のピーマン主産地で発生するモザイク病は PMMoV (P_{1,2,3}) によるものが主である。このウイルスは産地で栽培されている主力品種で (L3) 品種 ‘みおぎ’ に感染する。生産者からは、以前の主力品種である ‘ニュー土佐ひかり’ に PMMoV (P_{1,2}) が感染したときより、‘みおぎ’ に PMMoV (P_{1,2,3}) が感染したときのほうが果実の奇形が多くなるとの声が上がった。そこで、

このウイルスによるモザイク病の感染が ‘みおぎ’ の収量や品質にどのような影響を及ぼすか検討した。

試験は 2002 ~ 03 年に行った。PMMoV (P_{1,2}) および PMMoV (P_{1,2,3}) は 2000 年に神栖町 (現神栖市) で発生した株を採取し、-30℃で保存していたものを使用した。供試品種は ‘みおぎ’ (日本園研) ‘京鈴’ (タキイ種苗) ‘ニュー土佐ひかり’ (南国種苗) であり、定植時にそれぞれの品種に PMMoV (P_{1,2,3}) をカーボンランダム法により全株の芯葉部に接種した。なお、果実の奇形などの症状が PMMoV (P_{1,2,3}) 特有のものであるか否かを確認するために、‘ニュー土佐ひかり’ に PMMoV (P_{1,2}) を接種し、PMMoV (P_{1,2,3}) を接種した ‘ニュー土佐ひかり’ と収量、果実品質を比較した。M サイズ (果実重量 30 g) 以上の果実を 7 日間隔で収穫し、可販と不可販の区別は茨城県ピーマン出荷基準表に準じた。

その結果、‘みおぎ’ がこのウイルスに感染した場合、‘ニュー土佐ひかり’ や ‘京鈴’ より果実のへこみや果形が丸くなる奇形果が多く発生した (表-1)。また、‘ニュー土佐ひかり’ において、PMMoV (P_{1,2}) と PMMoV (P_{1,2,3}) の感染株間には収量や不可販果実の発生率に差がなかった。このことから PMMoV (P_{1,2,3}) の感染による症状の変化は品種によるものが大きいと判断した。

しかし、現地での発病株を観察すると、果実にえそ症状を呈するものや芯葉が枯死するものなど、今回供試した PMMoV では見られない症状が観察される場合があった。高知県でも抵抗性打破に関する異なる遺伝子をもった 3 種のトバモウイルスが確認されており (竹内, 2000)、感染による果実症状の変化について別種の存在を今後検討する必要がある。

II 茨城県での PMMoV 防除技術と活用状況

1 発病株の抜き取りによる接触伝染の防止効果

産地では発病株が確認されると管理作業による接触伝染を軽減するため、発病株を抜き取っている。しかし、抜き取った場合の接触伝染の軽減効果は検討されていなかった。そこで、発病株の抜き取りによる接触伝染の軽減効果について検討した。

Characteristic and Prevention Measures of Mosaic Disease by *Pepper mild mottle virus* in Kashima District, Ibaraki Prefecture.
By Takayuki OGAWA

(キーワード: ピーマン, PMMoV, モザイク病, 抵抗性品種, 土壌伝染防止, ELISA, 防除マニュアル, 脱臭化メチル)

* 現所属: 茨城県西農林事務所

表-1 品種の違いによる不可販果実の原因別発生割合

品種	2002年抑制栽培				2003年半促成栽培			
	モザイク	へこみ	丸形	その他	モザイク	へこみ	丸形	その他
みおぎ	7.5	66.3	26.3	0.0	14.7	69.2	15.4	0.7
ニュー土佐ひかり	47.8	33.7	14.1	4.3	—	—	—	—
京鈴	—	—	—	—	40.9	50.0	9.1	0.0

数値は全不可販果実に占める各要因別不可販果実の割合(%)。モザイク：果色がモザイク状になる。へこみ：果形の一部がへこみ変形する。丸型：果形が丸くなる。症状が重複した場合は被害程度が大きい症状をカウントした。

試験は2003年に所内の間口5.4mのパイプハウス内で行った。定植は第1花開花時のピーマン苗100株を34株—33株—33株の3畝に分けて行った。なお、畝間と株間距離は農家慣行(畝間140cm×株間45cm)に準じた。PMMoVの接種は、土壌伝染でPMMoVが5%発生したと仮定し、定植時に圃場内の5株にPMMoV(P1,2)を接種した。なお、接種した株の位置は作業者にわからないようにし、作業者の意識的な接触伝染の影響を避けた。

発病株の抜き取りは、試験区では芯葉にモザイク病徴を確認した時点で随時行い、慣行区は抜き取りを行わなかった。栽培期間は7月16日から10月17日までであり、栽培期間中の管理作業は、整枝6回、誘引6回、収穫5回である。

その結果、慣行区では定植40日後(8/25)ですべての株が感染したのに対し、発病株の抜き取り区では定植93日後(10/17)でも発病率は72%であり、発病株の抜き取りによって接触伝染が遅延することが明らかになった(図-1)。

2 消石灰希釈液によるハサミの消毒

PMMoVは、収穫作業で使用するハサミを介して、感染株から容易に健全株へ接触伝染をする。そのため、ハサミの消毒は、収穫作業による本病の伝染を防止するうえで重要である。現在、ハサミなどの器具の消毒剤にはシイタケ菌糸体抽出物や第3リン酸ソーダを調製した市販薬剤があるが、調製後の消毒効果の持続性が明確ではないことなどから当地域のピーマン栽培では普及していない。一方、多くのウイルスはpH12程度の液体に浸漬すると不活化する。PMMoVと同じトバモウイルス属のTMVではpH11~12のアルカリ液に20時間浸漬することで感染力および抗原性がなくなる(四方, 1958)ことが報告されている。そこで、2003~04年に消石灰の希釈液を利用したPMMoVの消毒液の効果について検討した。

試験ではハサミ消毒に効果的な消石灰の希釈倍率、ハ

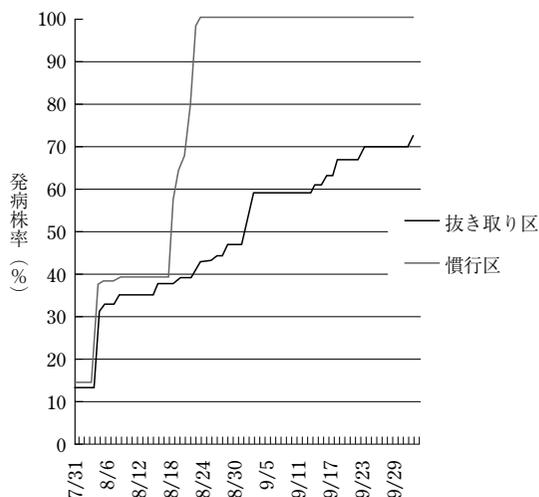


図-1 PMMoV発病株を抜き取った場合のPMMoVの発病率の推移(2003年)

サミに付着したPMMoVを不活化するのに有効な浸漬時間、調整した消石灰液の消毒効果の持続期間および高pHによるハサミの刃の劣化の影響を検討した。

その結果、ハサミの消毒には消石灰を100倍で希釈し、2時間以上の浸漬を行うこと、調製後の液は30~40日間は連続使用できること、ハサミはサビのないステンレス製のものであれば刃の劣化は避けることができることが明らかになった(小川ら, 2008)。消石灰の希釈液は農家で簡単に作製でき、安価でかつ手に入りやすい資材であるため、PMMoVが発病した農家で利用されている。

3 定植時に紙で根を保護することによるPMMoVの発病抑制

PMMoVの土壌伝染防止対策は臭化メチルにより行われてきた。しかし、臭化メチルの廃止が確定的な中、新しいPMMoVの土壌伝染防止対策が必要となった。PMMoVのピーマンへの主たる感染は、定植時にPMMoVの汚染土に根が接触することが原因である(大木ら, 2003)。そこで、紙でピーマン苗の根鉢を包み、

表-2 PMMoVの汚染圃場での「紙包み法」による土壤伝染の抑制効果

	発病株率 (%)						2005年の定植時の汚染圃場の ELISA値 (A405) ^{a)}	
	2003年		2004年		2005年		半促成	抑制
	半促成	抑制	半促成	抑制	半促成	抑制		
紙包み区	0	0	0	0	0	0	0.14	0.20
慣行区	0	1	0	1	1	15	0.11	0.19

^{a)} ELISA値は IKGASHIRA et al. の方法 (2004) により計測した3箇所の土壤の平均値。

汚染土と根を接触させないで定植する方法 (口絵; 以下「紙包み法」) が有効ではないかと考え PMMoVの土壤伝染による発病抑制効果, 「紙包み法」に適する紙の選定, ピーマンの生育と収量, 作業性について検討した。

試験は2003~05年に行った。まず, PMMoVの防除効果を確認するため, PMMoV (P1.2) 汚染圃場に「紙包み法」で「ニュー土佐ひかり」を定植し, モザイク病の発生株率を調査した。また, 通常の汚染圃場より PMMoVの汚染程度が高い場合を想定して, 感染株を密植して強汚染土壌を作成し, 紙包み法で定植した。次に, 「紙包み法」による生育, 収量, 作業性の影響について, 包む紙の種類による生育, 収量の差異を PMMoVの未発病土壌において検討した。最後に, 「紙包み法」による定植作業について, 慣行の定植方法と比較し, 定植作業時間がどの程度増加するかを検討した。

その結果, PMMoVの防除効果は2003年半促成栽培から05年抑制栽培までの計6作で紙包み区の発病株率は0%であった (表-2)。また, PMMoVの強汚染土壌では, PMMoVの発病株率は, 慣行区の72%に対し, 紙包み区では6%であり, 「紙包み法」による土壤伝染の抑制効果は高いと思われた (表-3)。

また, 紙の種類による生育, 収量の差異では, 水に溶けやすく紙の厚さが薄いちり紙, 習字紙, トイレトペーパーは, コーヒーフィルターやコピー用紙などの水に溶けにくく厚い紙に比べ, 周辺土壌への根の張りだしが早いことから, 生育や収量の抑制も少ないことが推測された。しかし, 「紙包み法」によるピーマンの生育や収量は, 慣行栽培に比べ抑制される傾向にあり, 周辺土壌への根の張りだしも遅れる傾向にあった。

「紙包み法」による定植作業時間は, 植え穴に紙を敷く作業が余分にかかり, また, 紙と鉢の間に汚染土壌が混入したりしないように気を使いながら定植するため, 合計の作業時間が慣行より9.9分/a増加した。しかし, 植え穴を大きくすることで, 根鉢を植え穴に押し込みやすくなり, 定植作業の改善が図られた。特に3号ポット

表-3 PMMoVの汚染程度が高い場合の「紙包み法」による土壤伝染の抑制効果

	発病株率 (%)	定植時のELISA値 (A405) ^{a)}
紙包み	6	0.52
慣行区	72	0.48

^{a)} ELISA値は IKGASHIRA et al. の方法 (2004) により計測した2箇所の土壤の平均値。

の定植苗に対し, 4号ポット並の大きさの植え穴を開けることで, 慣行の定植法と同程度の作業時間にまで改善できた。ただし, 紙を敷く作業は, 植え穴の大きさを変えても大きな変化はなく, 作業時間を増加させている大きな要因となった (小川ら, 2007a)。

この技術については, 定植作業の煩雑さが欠点となり, 当地域のピーマン栽培では普及していない。定植作業の改善については生分解ポットによる直接定植を現在検討中である。

4 ピーマンモザイク病発病土壌の PMMoV 濃度測定による作付け品種導入方法

当地域では PMMoVが発病すると, 慣行のL3品種より抵抗性レベルの高い PMMoV 抵抗性 (L4) 品種 (以下, L4品種という) を数作栽培した後, もとの慣行品種に戻している。これは, 1992年に導入された PMMoV 抵抗性品種が3年で発病した経験から, L4抵抗性を打破する PMMoVの出現を阻止するために長年にわたって抵抗性品種を栽培したくないという意図と, 産地慣行のL3品種がL4品種よりも収量性が高いという理由からである。

しかし, L4品種から慣行品種に戻すタイミングは個々の農家の判断に任されており, L3品種に戻したあとで再発病を起こす場合も多く見られた。そこで, L4品種栽培の際に, ELISA法により土壌中のウイルス濃度を測定する技術 (IKGASHIRA et al., 2004) を活用し, 汚染圃場のウイルス濃度を的確に把握することで, L3品

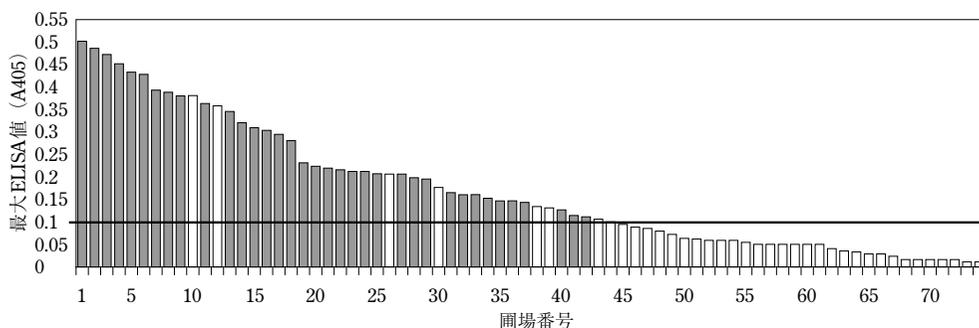


図-2 ピーマン栽培圃場での採取土壌の最大 ELISA 値とモザイク病発病状況の変化

グラフは所内および神栖市ピーマン栽培農家圃場（計 74 圃場）の、採取地点中の最大 ELISA 値と発病の有無を示す。■ = PMMoV によるモザイク病が発病，□ = PMMoV によるモザイク病が未発病。

ステージ	防除対策	注意事項
育苗	<ul style="list-style-type: none"> 発生圃場から PMMoV を持ち込まない。 発病株を定植前に除く。 	<ul style="list-style-type: none"> 曇りなどの光が弱いときに発病株を探す。 育苗ハウスに入るときは手を洗う。
定植	<ul style="list-style-type: none"> 定植の根傷みを抑える。 	<ul style="list-style-type: none"> 丁寧に定植し、根痛みを防ぐ。 発病株を抜き取った後の補植はしない。必要な場合は「紙包み法」で定植する。
発病後	<ul style="list-style-type: none"> 発病株は抜き取る。 	<ul style="list-style-type: none"> 抜き取りが遅れると一気にまん延する。 発病株を1株見かけたらその周辺畝の管理は最後にする。 発病畦の作業後は必ず手を洗う。
次作	<ul style="list-style-type: none"> 抵抗性品種の作付け，または輪作をする。 	<ul style="list-style-type: none"> ELISA 診断で土壌中のウイルス濃度を計測する。 臭化メチルによる消毒や「紙包み法」で過敏感反応を抑える。 抵抗性品種は全ハウスに導入する。 堆肥を入れて根の腐熟を図る。
その他	<ul style="list-style-type: none"> 接触伝染の機会をなくす。 	<ul style="list-style-type: none"> 発病圃場に入った服は洗濯をする。 ハサミや支柱等は消毒を行う。

図-3 PMMoV が発病した場合のステージ別の管理体系

種を迅速に再導入できる方法を検討した。

試験は 2004～09 年に行った。抵抗性品種の作付けによる PMMoV 汚染土壌の低下程度を検討するため、PMMoV 汚染土壌に抵抗性品種を栽培し、栽培期間中の土壌中の PMMoV 濃度の変化を調査した。また、鹿島地帯特産指導所および現地のピーマンを栽培する 74 圃場について、1 圃場当たり 5 点以上のサンプル土壌を採取し、上記のウイルス検出法に従って DAS-ELISA 法で土壌中の PMMoV を測定し、ELISA 値と発病の関係を調査した。次に、DAS-ELISA 法で土壌中の PMMoV 濃度が下がったことを確認した現地圃場について、慣行の L3 品種を定植し、発病の有無を調査した。

その結果、抵抗性品種の栽培期間と土壌中の PMMoV 濃度の変化では、抵抗性品種の栽培期間が長くなるほど ELISA 値が低くなる結果が得られ、抵抗性品種を 3 作

栽培することで採取地点すべての ELISA 値が 0.1 未満となり、発病も起こらなかった（小川ら，2007 b）。また、採取地点中の最大 ELISA 値が 0.1 以上の 38 圃場のうち 34 圃場で発病が確認されたのに対し、0.1 未満の 32 圃場では発病が確認されなかった（図-2）。これにより、圃場内 5 点以上の土壌の ELISA 値の最大値が 0.1 以上になると発病の危険性があり、その数値が高くなるほど、モザイク病の発病の危険性が高くなると推測された（小川ら，2009）。

現在、ELISA の測定については普及センターが主体となって現地発病圃場の PMMoV 濃度の診断を行い、その数値に従って品種の選定を農家で行っている。

III 現在取り組んでいる PMMoV 対策

PMMoV が発病した場合の、産地での管理体系を図-

3に示した。まず、モザイク病の発病が確認されると、発病株の抜き取りを行う。このとき、発病株が1圃場に数株しかない場合でもピーマンを栽培する全圃場で発病株の有無を確認する。これはPMMoVの接触伝染力が非常に強いため、服やハサミなどの資材に付着した少量の汁液が伝染源になり、広範囲に感染する可能性があるためである。特に育苗ハウスへの持ち込みは、PMMoVを広範囲に広げてしまうため注意が必要である。

次に、発病した圃場で使用したハサミや収穫コンテナなどの資材は消毒や洗浄を行い、他圃場に持ち込まないようにする。できれば、発病圃場で使用する資材は専用とし、他圃場で使用しない。次作では抵抗性品種を栽培するが、PMMoV濃度が高い場合は過敏反応が起こる可能性があるため、不可欠用途臭化メチルによる土壌消毒か紙包み法による定植を行う。その後、土壌中のELISA値を確認しながら抵抗性品種を栽培し、PMMoV濃度が下がった時点でL3品種に戻す。

なお、本技術は茨城県農業総合センター鹿島地帯特産指導所ホームページ (<http://www.pref.ibaraki.jp/bukyoku/nourin/katoku/index.html>) 内の「PMMoV防

除マニュアル」に詳細が掲載されている

おわりに

前章までに述べた対策は、臭化メチルから完全に脱却した体系化防除にまではいたっていない。また、「紙包み法」など防除効果は高いものの、作業性がネックとなり普及が進んでいない技術もある。これらの問題については、現在農林水産省の農林水産政策を推進する実用開発事業、「臭化メチル剤から完全に脱却した産地適合型栽培マニュアルの開発」の中でピーマン・トウガラシ類の体系防除の確立研究を行っている(西・小川, 2008)。

引用文献

- 1) IKEGASHIRA, Y. et al. (2004): Plant Dis. 88: 650 ~ 656.
- 2) 西 八東・小川孝之 (2008): 植物防疫 62: 533 ~ 536.
- 3) 小川孝之ら (2007 a): 茨城病虫研報 46: 18 ~ 24.
- 4) ———ら (2007 b): 関東病虫研報 50: 29 ~ 32.
- 5) ———ら (2008): 茨城病虫研報 47: 52 ~ 55.
- 6) ———ら (2009): 日植病報(講要) 75: 47.
- 7) 大木健広ら (2003): 関東病虫研報 50: 29 ~ 32.
- 8) 竹内繁治 (2000): 高知県農技セ特報 3: 16 ~ 18.
- 9) TSUDA, S. et al. (1998): Mol. Plant-Microbe Interact. 11: 327 ~ 331.
- 10) 四方英四郎 (1958): 北海道大学農学部邦文紀要 3(1): 154 ~ 161.

登録が失効した農薬 (21.5.1 ~ 5.31)

掲載は、種類名、登録番号：商品名(製造者又は輸入者)登録失効年月日。

「殺虫剤」

- **ダイアジノン粉剤**
6188: カヤクダイアジノン粉剤3(日本化薬)09/05/04
6189: 三共ダイアジノン粉剤3(三井化学アグリ)09/05/04
- **ペルメトリン水和剤**
17857: ヤシマアディオフロアブル(協友アグリ)09/05/21
- **MEP乳剤**
14085: ヤシマスミチオン乳剤70(協友アグリ)09/05/28
- **ホサロン・DDVP乳剤**
18734: ローヌ・プーランランベック乳剤(CBC)09/05/31

「殺虫殺菌剤」

- **MPP・EDDP粉剤**
15085: ヤシマヒノバイジット粉剤15DL(協友アグリ)09/05/24

「殺菌剤」

- **ズッキーニ黄斑モザイクウイルス弱毒株水溶剤**
21069: “京都微研”キュービオZY(微生物化学研究所)09/05/07

「除草剤」

- **グルホシネート液剤**
16053: 日農バスタ液剤(日本農業)09/05/18