

特集：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

鹿児島県の促成栽培ピーマン産地のための 脱臭化メチル栽培マニュアル

鹿児島県農業開発総合センター ^{にし}西 ^{やつか}八束・^{たぶ}田布尾 ^お尚子・^{ひさこ}竹牟禮 ^{みのる}穰
(独)農研機構 中央農業総合研究センター ^{おがい}小粥 ^{りえ}理恵・^{つだ}津田 ^{しんや}新哉

はじめに

ピーマン栽培ではトウガラシマイルドモットルウイルス（以降、PMMoVと示す）を対象に、2012年12月まで不可欠用途申請下で臭化メチルが使用されてきた。PMMoVは種子伝染、土壌伝染によって発病した株から、管理作業を通して容易に圃場全体に広がるため、促成栽培で3割、無加温半促成栽培および抑制栽培では可販果収量で6～7割程度の減収となり（小川，2006）、農家経営に与える損害は大きい。特に、鹿児島県ではピーマン生産者の多くが専作であり、栽培資材や技術的面からも、他作物への転換は困難であることから、ピーマン栽培を続けながら、安定的に経営を維持し、PMMoVを防除する技術が求められていた。このような背景から、本プロジェクトではPMMoV防除技術を中心に、促成ピーマンの新栽培マニュアルを開発した。本マニュアルでは、土壌中の罹病残渣腐熟処理（以降、残渣腐熟処理と示す）、生分解性ポット、そして弱毒ウイルス（植物ウイルスワクチン）の三つの新たな技術を骨格に、PMMoVの土壌汚染度に応じて合理的・効果的な防除法を導入することを提案し、数年かけて土壌のPMMoV濃度を低下させ、最終的には通常の慣行栽培にもどすことを目的としている。また、これらをサポートする技術として、仕立て誘引法による増収技術、青枯病等抵抗性台木などの情報を盛り込んで作成されている（図-1）。それでは、具体的な本栽培マニュアルについて紹介しよう。なお、本マニュアルの開発の基本となったPMMoV防除に関する知見とマニュアル開発のポイントについては、本誌第62巻第10号（西ら，2008）を参考にされたい。

I 土壌汚染度に応じた防除技術の導入

本マニュアルの特徴は、土壌中PMMoV汚染度（濃度）

に応じて、導入する防除対策を選択することである（表-1）。すなわち、低汚染の場合は残渣腐熟処理のみで通常の慣行定植を行い、中汚染では残渣腐熟処理と生分解性ポットを利用した定植、高汚染では残渣腐熟処理と弱毒ウイルス接種苗を利用して、PMMoVを防除することになる。図-2に促成栽培における各防除対策の時期を示す。なお、土壌中のPMMoV汚染度の診断は、その発生圃場の次作の定植予定日から逆算して約2か月前に土壌を採取し、診断を行う。これは、各技術の導入戦略を検討するのに十分な時間を確保するためである。診断は圃場の土壌抽出液を用いDAS-ELISA（IKEGASHIRA et al., 2004）で行うが、そのELISA値の中で、最高値（小川ら，2012）により圃場を導入する防除技術を判断する。

II 土壌中の罹病残渣腐熟処理による防除

ピーマンの根など残渣中のPMMoVは長期にわたって残存し土壌からの伝染源となることから、残渣腐熟処理を行い、土壌微生物の活性によりウイルスの不活化を促進することが重要である。促成栽培では、栽培期間が9～翌年5月までと長期となるが、栽培終了後の6～8月の休耕期間が利用できるため（図-2）、栽培終了時の積極的な残渣腐熟処理が本病防除の基本となる。図-3に各残渣腐熟処理における土壌中のPMMoV濃度の推移を示した（田布尾ら，2011）。処理2週間後にPMMoV濃度のピークを迎え、その後、ウイルスが漸次低下する。これは、土壌水分などが適切であると、2週間程度で残渣中のウイルスが土壌中に溶出し、その後、微生物等によりウイルスが速やかに分解されるためと考えられる。そのため、土壌微生物の活動を補助する米ぬかなどを、耕耘時に散布するとさらに効果的となる。また、残渣腐熟処理では①ハウス外に罹病残渣（地際の茎や大まかな根）をできるだけ持ち出すこと、②適宜散水を行い土壌水分を適正に保つこと、③残渣腐熟処理期間は可能ならば2か月ほどを確保すること、④残渣腐熟処理後に土壌消毒を実施すること等が土壌中のウイルス濃度の低下を促進する重要なポイントとなる。なお、残渣腐熟処理は本病対策だけでなく、センチュウなど土壌病害虫対策の

Manual for Forcing Culture of Sweet Pepper without Using the Methyl Bromide in Kagoshima Prefecture. By Yatsuka NISHI, Hisako TABUO, Minoru TAKEMURE, Rie OGAI and Shinya TSUDA

（キーワード：PMMoV，ピーマン，促成，土壌汚染度診断，汚染度，生分解性ポット，腐熟促進，抵抗性品種，弱毒ウイルス製剤）



図-1 臭化メチル全廃後の促成ピーマンのための新栽培マニュアルの概略

表-1 土壌中の PMMoV 汚染度と導入技術

ランク	定植約 60 日前の圃場土壌の ELISA 値	導入する防除技術		
		残渣腐熟	生分解性ポット	弱毒ウイルス
フェーズ 0	0.1 未満			
フェーズ 1	0.1 ~ 0.35 未満	○		
フェーズ 2	0.35 ~ 0.5 未満	○	○	
フェーズ 3	0.5 以上	○		○

1) サンプルの ELISA 値は、1 ug/ml の純化した PMMoV の吸光度が 0.5 となった時点とする。

2) 導入する防除技術は圃場ごとに得られた ELISA の最大値で判定する。

基本となることから、すべての栽培圃場で実施することが望ましい。

III 生分解性ポットを利用した防除

PMMoV の本圃での土壌伝染は、苗を定植するときに生じる根の傷からの感染が主因であり、定植後健全に伸長した根での感染は起こりにくい (竹内, 2000; 大木ら, 2003 a)。そのため、あらかじめビートモス成形ポット

で育苗しポットごと移植する方法 (大木ら, 2003 b) や、紙包法 (小川ら, 2007) 等、定植時の根痛みを防ぐことで土壌伝染を防止する方法が開発され、高い土壌伝染防止効果が認められている。しかし、これらの防除法は、資材のコストが高かったり、定植作業に多くの労力を必要とするなどの問題も残されていた。そこで、本プロジェクトでは、育苗した苗をポットごと定植できるピーマンに適した生分解性ポットの開発を行った (図-4)。その結果、中汚染圃場であっても、定植による土壌伝染を完全に防止できた (表-2; 西ら, (2012))。本生分解性ポットを利用する場合、育苗期間 30 日を目安にし、35 日までに定植することで、慣行栽培と同等以上の可販果収量を確保できる (竹牟禮ら, 2012)。また、定植後にポットを回収する必要があることや廃プラ処理の必要がないなども利点である。なお、本生分解性ポットを利用した PMMoV 防除については、本誌、今月号 (p. 51) で詳しく解説している。

IV 弱毒ウイルス製剤利用による防除

現場では、残渣腐熟処理期間を確保できなかったり、残渣腐熟処理を実施しても高い汚染度となる場合が見ら

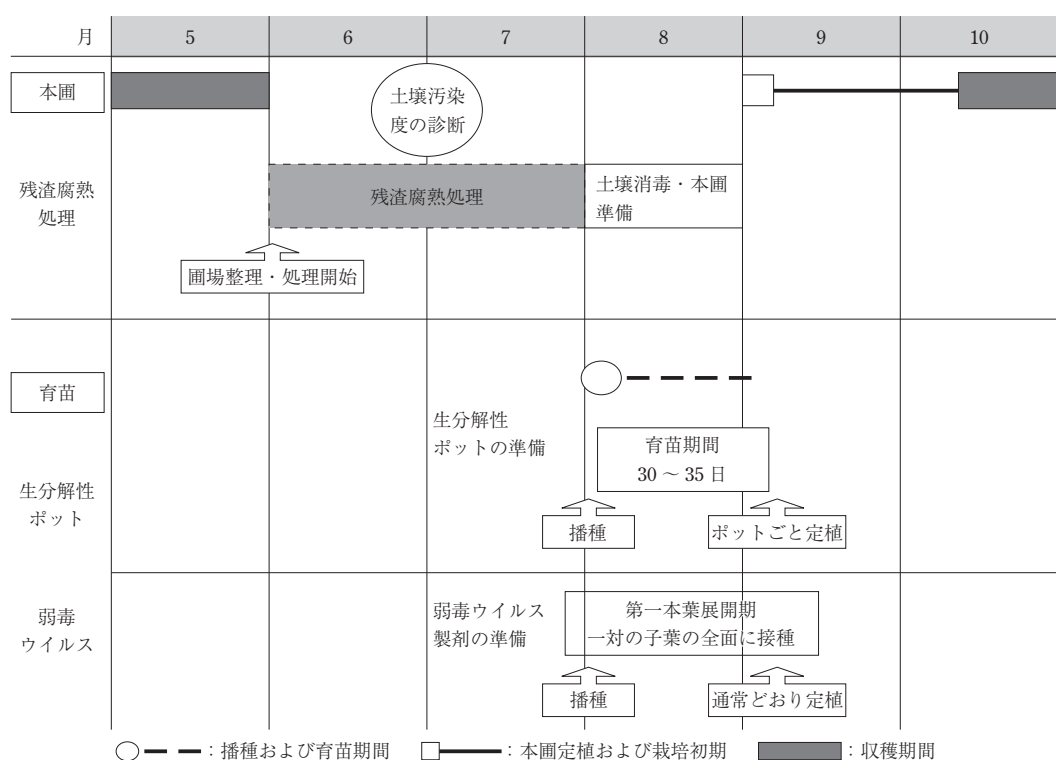


図-2 促成ピーマン栽培における各防除対策と導入時期について

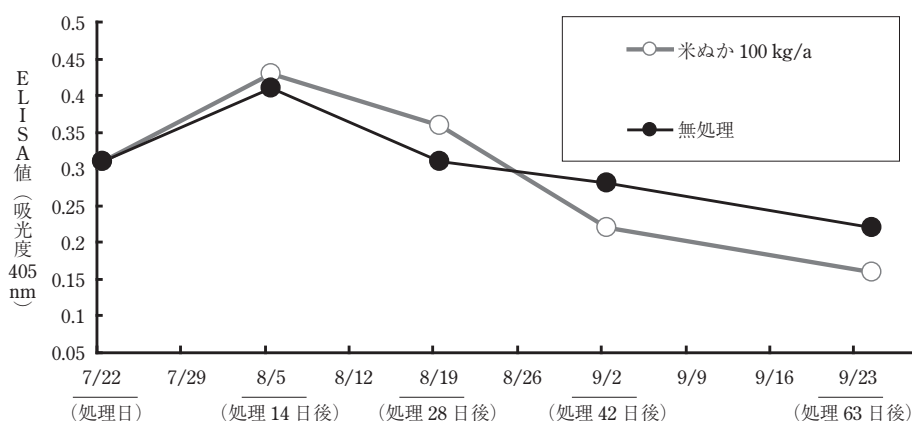


図-3 休耕期間中の土壌中の PMMoV 濃度の推移

1) PMMoV濃度：DAS-ELISA (IKEGASHIRA et al. 2004)。

れる。このような圃場では、土壌伝染防止だけでなく、PMMoVで最も問題になる管理作業などによる伝染を防止できる弱毒ウイルスが有効であると考えられる。また、弱毒ウイルスを利用した防除法は育苗時に行う弱毒ウイルス接種作業以外は通常の管理作業と変わらないため、現場に導入しやすい。今回、本プロジェクトで開発

された弱毒ウイルス製剤 (APV08 水溶剤) は場内試験では防除効果が高く (表-3)、現地試験の高汚染圃場でも栽培期間を通してモザイク症状などは観察されなかった。

図-5は、現地圃場での弱毒ウイルス製剤接種苗栽培前後の休耕期間における土壌中の PMMoV 濃度の推移を示している。本圃場のように高汚染圃場であっても、



(A) 定植後の生分解性ポット（ポットごと定植） (B) 栽培終了時の様子（ほとんど分解）

図-4 ピーマン圃場での生分解性ポットの様子

表-2 ピーマンでの生分解性ポットを利用した定植による PMMoV 土壌伝染防止効果

本圃への定植方法	場内試験		現地圃場（平成 22 年）		現地圃場（平成 23 年）	
	定植本数	発病株率（％）	定植本数	発病株率（％）	定植本数	発病株率（％）
生分解性ポット定植	134	0.0	218	0.0	1,228	0.0
慣行定植	40	2.5	564	1.2	—	—

表-3 強毒ウイルス存在下における弱毒ウイルス接種苗の防除効果（平成 22 年，TM 鈴波）

区名	調査 主枝数	49 日後（11/9）			119 日後（1/13）			収量（10/20～11/29）		薬害
		発病主 枝率％	発病度	防除価*	発病主 枝率％	発病度	防除価*	累積商品果収量 （kg/a）	対弱毒ウイルス 無接種区比	
弱毒ウイルス接種区	60	1.7	0.4	99.4	6.7	1.7	97.7	149.9	1.4	± **
弱毒ウイルス無接種区 （対照区）	60	91.7	65.8		100.0	73.3		107.2	1.0	
健全区（参考）	60	0.0	0.0		6.7	3.3		167.1	1.6	

1) * 防除価：弱毒ウイルス無接種区に対する防除効果。

2) **軽微な退緑斑およびモザイク果が一時的に現れたが，生育への影響は少ない。

3) 定植：平成 22 年 9 月 21 日，弱毒ウイルス接種日：平成 22 年 8 月 27 日（播種 15 日後）。

4) 接種区および無接種区の伝染源として強毒ウイルス接種株を区的一端に 1 株もうける。

5) 健全区は弱毒ウイルスは無接種で，伝染源の強毒ウイルス接種株をもうけていない。

弱毒ウイルス製剤接種苗を一作栽培（9～翌年 5 月）した結果，同圃場における栽培終了直後の土壌中の PMMoV 濃度は低くなり，また，その後の残渣腐熟処理によりさらに濃度が低下した。そのため，次作では通常の慣行定植を行ったがすべての株が健全に育成したことから，以降は慣行栽培にもどすことが可能となった（田布尾ら，2012）。

以上のように，弱毒ウイルス製剤を利用した防除法は，土壌伝染だけでなく水平伝染も防止し，また，栽培

終了後の土壌中の PMMoV 濃度を低下させることから，高汚染圃場での利用が非常に効果的であることが判明した。なお，本剤の利用については農薬登録や品質管理等の面から必ず製品を使用し，その使用法および注意事項を遵守することや，残渣中の弱毒ウイルスの不活化を促進するために栽培終了後は速やかに残渣腐熟処理を行うことが基本である。また，本剤を導入する場合は，防除効果や栽培管理の面から，栽培者単位で導入することが望ましい。

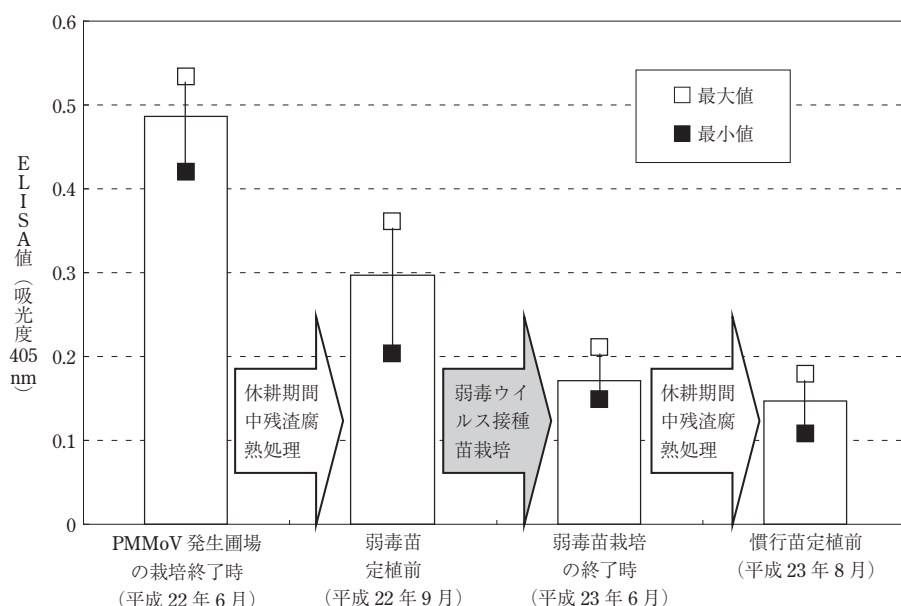


図-5 PMMoV 高汚染圃場に弱毒ウイルス接種苗を一作栽培した圃場における土壌中の PMMoV 濃度の推移

- 1) PMMoV は平成 21 年秋に発生した。
- 2) 弱毒ウイルス製剤：APV08 製剤。

表-4 本マニュアルにおける各防除技術と農業所得

(千円/10 a, %)

項目	各防除技術を導入した場合				発生圃場 (3 割減収)	通常栽培 (減収なし)
	残渣腐熟処理	生分解性ポット	弱毒ウイルス			
			U 字 4 本仕立て	垂直 2 本仕立て		
粗収益	6,510	6,510	6,330	6,982	4,557	6,510
経営費	5,203	5,220	5,167	5,651	4,698	5,190
農業所得	1,307	1,290	1,163	1,331	△ 141	1,320
所得率%	20.1	19.8	18.4	19.1	—	20.3

- 1) 前提条件：経営面積；40 a, 労働力；家族 2 人＋臨時雇用。
- 2) 技術体系 品種：TM 鈴波 作型：促成栽培 作式：1,000 株/10 a, 4 本仕立て、苗購入体系。
- 3) 単価：434 円/kg で算出。
- 4) 収量：慣行栽培；15,000 kg/10 a とし算出。
弱毒ウイルス；試験結果で得られた慣行栽培に対する収量比率をもとに算出。
残渣腐熟促進処理および生分解性ポット栽培；慣行栽培と同等。
- 5) 技術導入に係る経費は表-5 参照。その他経費は鹿児島県農業経営管理指導指標（平成 23 年 3 月版）を参考に算出。

V 各防除技術の経営的な評価

本マニュアルにおける各導入技術と農家所得およびそれに伴う経費と労働時間への影響について、表-4 および表-5 に示した。PMMoV の発生しない慣行栽培と比較し、残渣腐熟処理については、資材費と散布等に伴う

労働時間が増加する。生分解性ポットについては、ポット費が増加するが、定植労力が軽減される。弱毒ウイルス製剤については、製剤費および接種労力が増加する。また、健全な栽培と比べて、3～12%程度品種により可販果収量が減少する場合もある。しかし、これらの防除法は土壌汚染度診断により判断した汚染圃場で使用する

表-5 各防除技術の導入に伴う経費および労働時間への影響

各導入技術	あらたに発生する経営費 (千円)		のべ労働時間 (人・hr)	
	内容	金額	作業内容	労働時間
残渣腐熟処理	残渣腐熟処理資材費	13	資材散布, 耕耘	4.0
生分解性ポット	生分解性ポット費	30	定植	- 5.0
弱毒ウイルス	弱毒ウイルス製剤	20	弱毒ウイルス接種作業	7.9
	接種労賃 (雇用)	2		

- 1) 残渣腐熟処理は米ぬか 1 t/10 a を散布した場合で算出。
- 2) 生分解性ポット, 弱毒ウイルス製剤については, 同様な資材から予想される仮の金額である。
- 3) 弱毒ウイルス: 作式 1,000 株/10 a, U 字 4 本仕立てで算出, 接種作業は 3 人で実施。
- 4) のべ労働時間は自家労働を含む。

ことを前提としていることから, 土壌伝染により再度 PMMoV が発生した場合に比べると, 各導入技術による経済的な損失は非常に小さい。特に, 弱毒ウイルス製剤利用による収量の減少が気になる場合は, 鹿児島県が開発した垂直 2 本仕立てを取り入れることで, 栽植密度は 2.5 倍となるが, 価格の高い年内収量の増加だけでなく総可収果収量の増加も見込める (竹牟禮ら, 2011)。本マニュアルは, 土壌汚染度診断に応じて防除技術を導入することで, 安定した防除効果だけでなく, 過剰な労力やコストの投資を防止するものと考えられる。

お わ り に

PMMoV 抵抗性品種については, L^4 遺伝子保有品種が市販されており, 最後の切り札となっている。しかし, 抵抗性品種だけに頼った安易な栽培は, 抵抗性打破ウイルス系統の出現 (佐々木ら, 2006) を招くことから, 紙包み法や生分解性ポットと組合せる等, 慎重な検討を必要とするであろう。その点, 本マニュアルで提案している残渣腐熟処理, 生分解性ポットの利用, そして弱毒ウイルス製剤の利用は, 抵抗性打破ウイルス系統の発生を危惧することなく利用できる総合防除体系となる。

臭化メチル剤は, 作物, 病害虫, 地温等の条件をほとんど問わず使用できる「魔法」のような土壌消毒剤であった。強烈な防除効果を有する薬剤には必ずと言って

いほど環境への影響が顕在化する。したがって, 今後このような防除資材の登場は期待すべきではない。ならば, 本来の病害虫防除の基本に立ち戻り, 正確な診断に基づきながら, 適切かつ適期の地道な防除を行う必要がある。また, その防除技術の長所と短所についても十分に把握したうえで使用することが, 作物の安定生産へとつながるものと確信する。

新規開発した本マニュアルは, 臭化メチル全廃後の PMMoV 発生圃場での総合防除対策を提案している。本ウイルスのような種子伝染性病害に対しても, ピーマンの持続的安定生産を行いながら, 一方でウイルス汚染圃場からの着実な脱却を可能とする危機管理マニュアルになるであろう。

引 用 文 献

- 1) IKEGASHIRA, Y. et al. (2004): Plant Dis. **88**: 650 ~ 656.
- 2) 西 八束ら (2008): 植物防疫 **62**: 533 ~ 536.
- 3) ———ら (2012): 九病虫報 **58** (印刷中).
- 4) 小川孝之 (2006): 今月の農業 **50** (8): 24 ~ 28.
- 5) ———ら (2007): 茨城病虫研報 **46**: 18 ~ 24.
- 6) ———ら (2012): 日植防報 **78**: 18 ~ 21.
- 7) 大木健広ら (2003 a): 同上 **69**: 334 (講要).
- 8) ———ら (2003 b): 関東病虫研報 **50**: 29 ~ 32.
- 9) 佐々木 純ら (2006): 日植病報 **72**: 299 (講要).
- 10) 田布尾尚子ら (2011): 九病虫報 **57**: 92 (講要).
- 11) ———ら (2012): 同上 **58** (印刷中).
- 12) 竹牟禮 穰ら (2011): 同上 **57**: 93 (講要).
- 13) ———ら (2012): 同上 **58** (印刷中).
- 14) 竹内繁治 (2000): 高知農技セ特報 **3**: 1 ~ 53.