

特集：臭化メチル剤から完全に脱却した産地適型栽培マニュアルの開発

茨城県のピーマン産地のための 脱臭化メチル栽培マニュアルの開発

茨城県農業総合センター鹿島地帯特産指導所
 小川 孝之・垺和 由佳理・後藤 万紀
 木村 宏明*・小野 拓生**

はじめに

茨城県は生産面積 547 ha、生産量 36,000 t の日本のピーマン産地である。茨城県のピーマン栽培はそのほとんどが県南東部の砂丘地帯に集約している。主な土壌病害はトウガラシマイルドモットルウイルス（以下 PMMoV）によるモザイク病（以下モザイク病）、ネコブセンチュウ、疫病である。他県で問題となっている青枯病の発生は見られない。

モザイク病は 1980 年代より産地にまん延した。1992 年に PMMoV (P_{1,2}) に抵抗性を示す L³ 遺伝子保有ピーマン品種（以下 L³ 品種）を導入したが、1995 年には L³ 品種を打破する PMMoV (P_{1,2,3}) が出現し (TSUDA et al., 1998)、現在でも産地で発生し続けている。

しかも、モザイク病対策の柱である不可欠用途臭化メチル剤が 2012 年末で廃止になることが決定し、モザイク病を中心とした土壌病害の新たな防除体系の構築が必要となった。そこで新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業：「臭化メチル剤から完全に脱却した産地適型栽培マニュアルの開発」において茨城県でのピーマン産地における脱臭化メチル栽培マニュアルの開発を行った (西・小川, 2008)。

I 茨城県の脱臭化メチル対策の技術開発について

茨城県の脱臭化メチル対策の特徴は抵抗性品種を中心とした防除体系である。抵抗性品種は PMMoV (P_{1,2,3}) に抵抗性の L⁴ 遺伝子保有ピーマン品種（以下 L⁴ 品種）を利用する。抵抗性品種導入の問題点は①抵抗性打破の危険性があること、②過敏反応により枯死する場合があること、③産地の慣行品種より収量性が低いこと、で

Development of the Cultivation Manual without Methyl Bromide in the Green Pepper Production Center of Ibaraki Prefecture. By Takayuki OGAWA, Yukari HAGA, Maki GOTOU, Hiroaki KIMURA and Takuo ONO

(キーワード：脱臭化メチル、ピーマン、モザイク病、トウガラシマイルドモットルウイルス、抵抗性品種、ELISA 法、紙包み法、腐熟促進、プランター栽培)

現所属：* 茨城県県西農林事務所、** 大塚アグリテクノ(株)

ある。プロジェクトではその問題点を解決するための技術開発を中心に行った。

1 ELISA 法を利用したモザイク病発生リスク診断

L⁴ 品種は産地の慣行品種より収量性が低い。また、栽培期間の長期化は抵抗性打破ウイルスの出現のリスクが生じる。そのため産地からは、L⁴ 品種の栽培期間をできるだけ短くすることが要求された。一方、抵抗性品種の導入により土壌中の PMMoV 濃度は低下する (小川ら, 2007 a) が、圃場によってその低下の程度は異なる (小川・廣島, 2008) ことから抵抗性品種の適切な栽培期間を判定することは困難だった。

そこで、ELISA 法により土壌中の PMMoV 濃度を測定する方法 (IKEGASHIRA et al., 2004) を用いて、モザイク病の発生を予測するリスク評価法を開発した。この方法は圃場の汚染程度が高かった部分からランダムに 10 点土壌を採取し、その最大 ELISA 値が 0.1 以下となった場合に発病の危険性が低いと判定する (小川ら, 2012)。この方法を用いて L⁴ 品種の栽培圃場で PMMoV の濃度を測定したところ、PMMoV 濃度の低下が早い圃場では 6 か月で 0.1 以下になったのに対し、遅い圃場では 0.1 以下になるまで 3 年を要した (表-1)。PMMoV 濃度の低下は圃場の発病履歴や堆肥の投入量等の違いで異なると推測され、発病のリスク評価を数値で確認することは

表-1 モザイク病発生圃場での抵抗性品種の栽培年数とウイルス濃度の低下程度^{a)}

圃場名	発病時	ELISA 値 (A405)						
		発病後の経過年数						
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5
A	0.43	0.39	0.21	0.13	0.17	0.24	0.11	0.05
B	0.96	1.02	0.17	—	0.10	0.03	—	—
C	0.73	0.47	0.19	0.20	0.06	—	—	—
D	0.31	0.15	0.10	0.07	—	—	—	—
E	0.22	0.16	0.06	—	—	—	—	—
F	0.15	0.03	—	—	—	—	—	—

^{a)} 調査圃場：茨城県神栖市でピーマンモザイク病が発生し、その後 L⁴ 品種を栽培した圃場。

数値は圃場内 10 箇所から採取した土壌の最大 ELISA 値。

重要な工程であることが判明した。

2 紙包み法によるモザイク病の抑制

PMMoVの土壤伝染は、定植するときに生じる苗の根の傷から起こることが主因であり、定植後伸長した根では感染が起きにくいことが明らかになっている(大木ら, 2003)。

そこで、定植時にちり紙等の水に溶けやすい紙を巻き、汚染土と根を隔離することで、PMMoVの土壤伝染を抑制する技術を開発した(小川ら, 2007b)。土壤伝染の抑制効果は高く、対照区で1~15%モザイク病が発生する圃場において0%に抑えた。また、生育や収量は慣行と同程度であった。

紙包み法はPMMoV濃度が高い場合や、生育時に根を傷つけた場合には防除効果が劣る。一方、PMMoV濃度が高い圃場でL⁴品種を栽培すると抵抗性の打破や過敏反応による枯死の発生が懸念される。そのため、マニュアルではL⁴品種との組合せによる過敏反応の抑制を主として位置づけた。

過敏反応の抑制効果を確認するため、現地のPMMoV汚染圃場を600×455×190mmの育苗トレイにつめ、38℃12時間-18℃12時間の温度条件で30日間栽培した。ピーマンはL⁴品種‘LAみおぎ’の200穴セルトレイ苗を用い、試験区は根鉢を紙で包み、対照区はそのまま定植した。なお、試験規模は25株2反復である。その結果、対照区では8%の過敏反応が発生したのに対し、試験区では0%となった(未発表)。このことから紙包み法は過敏反応にも効果があることが認められた。

3 残根の腐熟促進による土壤中のPMMoV濃度低下

土壤中のPMMoV濃度が高い状態は、モザイク病の再発や過敏反応の危険性を高める。そのため、定植時にはできるだけPMMoV濃度を低くすることが望ましい。

モザイク病の土壤伝染は残根の腐熟により抑制されると考えられ(岡ら, 2004)、鹿児島県では石灰窒素により残根を腐熟させ、モザイク病の発生を抑制している(西ら, 2006)。そこで、当所でも残根が腐熟する資材や条件を検索した。その結果、当地域の砂壤土ではフスマや石灰窒素等の腐熟促進資材の添加を行わなくても、灌水で土壤を湿潤状態にしておくだけで残根の腐熟を促進することを実証した。

試験時期は2010年6月17日~7月20日に行った。試験方法はモザイク病汚染圃場において、PF1.7を目安に毎日2時間の灌水を21日間行い、対照区は灌水を行わなかった。土壤中のPMMoV濃度の低下程度の確認は試験開始時から定植までの33日間とし、IKEGASHIRA et

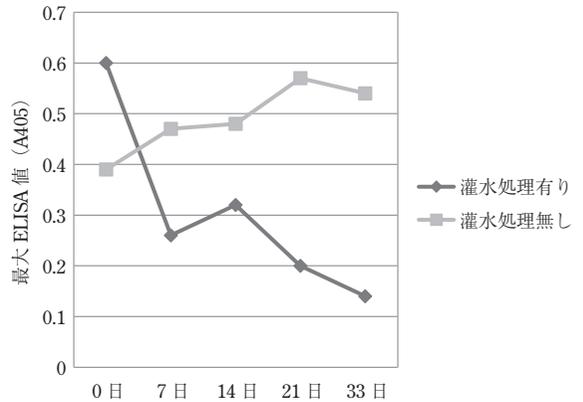


図-1 灌水処理による土壤中のPMMoV濃度の低下

al. (2004)のELISA法による土壤のPMMoV濃度の計測方法で試験区内10点の最大ELISA値を確認した。その結果、対照区の最大ELISA値の変化は試験開始から定植まで約0.39~0.57の高いPMMoV濃度で上昇ぎみに推移したのに対し、灌水を行った区は試験開始時の0.60から定植時の0.14まで経時的に低下した(図-1)。

4 植物ウイルスワクチン(弱毒ウイルス)による防除

ピーマンのPMMoV抵抗性は現在L⁴品種が最上位であり、それ以上の品種は開発されていない。そのため、L⁴品種を打破された場合は抵抗性品種での防除対策が不可能となる。そのため、抵抗性品種以外の新たな対策が必要となった。一方、当プロジェクトにおいて中央農業総合研究センターが開発した植物ウイルスワクチン「AVP08」はモザイク病に対する防除効果が高く、生育や果実品質への影響も少ない(小粥・津田, 2011)。そこで、当産地の慣行品種である‘みおぎ’を用いて、植物ワクチン「AVP08」のモザイク病に対する防除効果と収量への影響について検討した。

その結果、防除効果については管理作業による接触伝染で100%発病する条件化であっても、植物ワクチンの発病株率は0%であり、高い防除効果が得られた。

しかし、収量への影響では健全区に比べ総収量で10~20%低下し、変形果が多くなるなど果実品質への影響も見られた。

II 産地でモザイク病が発生した場合の対策の流れ

茨城県の対策は個々の対策技術を圃場の状況に応じて組合せている(図-2)。地域で発生したモザイク病は普及センターと鹿島地帯特産指導所の連携で、技術の試行段階から対策を講じ、モザイク病が発生したすべての生産者(延べ42戸)で完治に至っている。

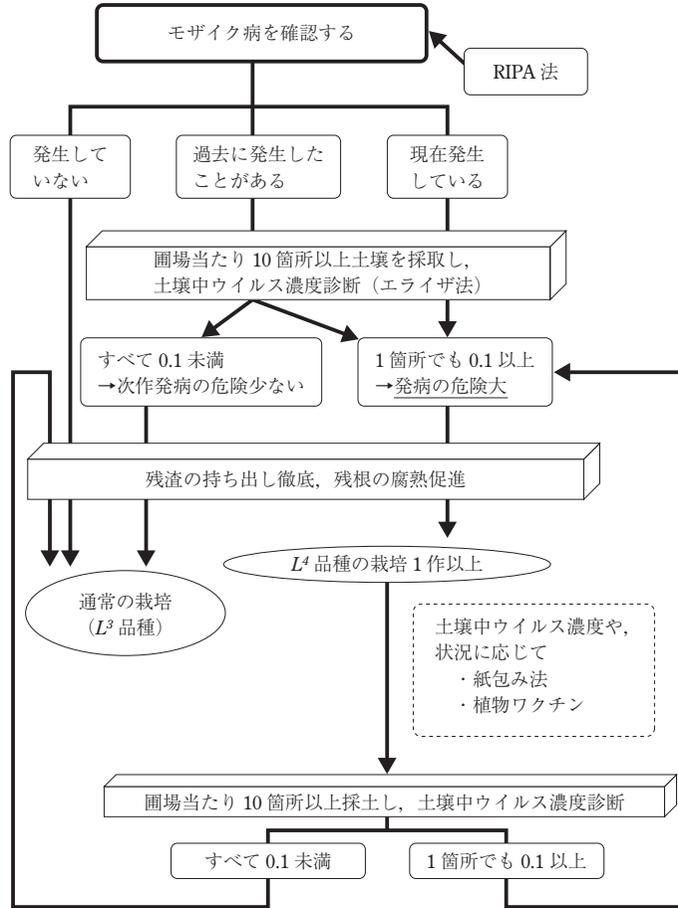


図-2 茨城県におけるモザイク病対策のフローチャート

1 モザイク病の確認

対策はモザイク病を確認するところから始まる。モザイク病は他のウイルス病や生理障害等類似症状が多い。2011年鹿行農林事務所で行った神栖市のピーマン生産者へのアンケート調査では96名が「モザイク病に似た症状がある」と回答した。しかし、その後の追跡調査では実際発病していたのは12名であり、モザイク病の目視での確認の困難さがうかがえた。そこで、マニュアルではモザイク病の特徴や症状を発見するための方法等を写真入りで紹介している。

また、モザイク病の判定に際しては普及センターや農協等の指導機関でRIPA法による検定を行っている。生産者がモザイク病を疑った場合は、まず指導機関に連絡をして、病気の判定をするよう勧めている。

2 モザイク病感染拡大の抑制

モザイク病は接触伝染しやすいため、モザイク病の発生を確認したら、すぐに感染拡大を防ぐ必要がある。マ

ニュアルでは「①1株でも発生を確認したら生産者が所有する全ハウスでの発病株を確認する。②発病株はすぐに抜き取り、ハウス外に持ち出す。③発病しているハウスは他のハウスと別管理にする。」としている。

3 残根の腐熟促進

発病圃場はできるだけ早く栽培を切り上げ、1か月を目標に残根の腐熟期間を確保する。特に、発病した作の後にはPMMoV濃度が高く、過敏反応が発生しやすいと思われるので腐熟期間を確保し、リスクを軽減する。

4 ELISA法の発病リスク診断に基づく品種の選定

発病圃場はELISA法により土壌中のPMMoV濃度を計測しながら、次作の品種の選定を行う。ELISAの吸光値(A405)が0.1以上の場合はL⁴品種やピーマン以外の作物を栽培し、0.1以下になった時点で産地慣行品種(L³品種)に戻す。

当地のELISAの診断は苗の注文時期である4月、6月、9月に普及センターで行う。診断結果を元に生産者と次

作の対策を協議する。

5 紙包み法導入の選択

土壌中の PMMoV 濃度が高いため L^4 品種を導入した場合に過敏反応の発生が懸念される場合や、黄化えそ病の発生が激しく黄化えそウイルス抵抗性 (Tsw) 品種の栽培が不可欠な場合は、紙包み法を選択する。

定植は二人一組で行い、できるだけ汚染土壌が紙の内側に入らないよう工夫している (図-3)。定植時間は慣行の3倍程度かかる (吉田ら, 2011) ため、定植の作業日数や人数を確保する必要がある。

6 L^4 品種を打破する PMMoV の対策

L^4 品種を打破する PMMoV が発生した場合、抵抗性品種での防除が不可能になる。マニュアルでは L^4 品種を打破する PMMoV を発生させないための注意事項として、「① L^4 品種と L^3 品種の混植を行わない。② エライザ値が下がる前に L^3 品種に戻さない。③ 高温時に対策を何も行わず L^4 品種を定植しない。」とした。

これは、2003年に当所で L^3 品種にモザイク病が発生した生産者の聞き取り調査を行った際、 L^3 品種で過敏反応が多く発生すると L^1 品種を栽培し、 L^1 品種のモザイク病の被害が再びひどくなると L^3 品種に戻すことを繰り返したとの証言が多く得られたからである。また、上田ら (1997) は、高温条件でピーマンを栽培すると抵抗力が低下して全身えそ症状やモザイク症状が発生し、その株から分離した PMMoV を抵抗性品種に繰り返し接種すると常温下でもモザイク症状が現れたことを報告している。抵抗性品種の場合当たりの使用方法は抵抗力を打破する PMMoV の選抜と増殖を繰り返す結果となるため、マニュアルでも抵抗性品種の正しい栽培は重要な位置づけとなっている。

L^4 品種にモザイク病が発生した場合は植物ウイルスワクチンによる防除か他作物への切り替えを行う。現在までに当産地で L^4 品種を打破する PMMoV は発生して

いないが、発生した場合は産地へのまん延は絶対に避けなければならない。そのため、発生圃場内で封じ込めるよう指導機関で原因の究明と対策を立てることとしている。

7 その後の対策

ELISA 値が 0.1 以下になり、産地慣行品種に戻した時点で対策は終了となる。しかし、モザイク病は非常に伝染力が強い病気であるため、慣行品種に戻した後も接触伝染等で再発する可能性がある。2003年に当所で行った現地調査では生産者間の往来や苗の譲渡で感染が拡大しているケースが多く見られた。「モザイク病が発生した」ということは、自分の圃場以外からウイルスが持ち込まれた可能性があり、完治後も自分の認知しないところで伝染源が継続している可能性がある。そのため、モザイク病が発病した場合は、完治後であっても他の生産者の圃場の往来や苗の譲受を極力避けるべきである。

III 新たな脱臭化メチル対策技術—養液土耕によるピーマンのプランター栽培—

不可欠用途臭化メチルの全廃に伴い、当産地では新たな土壤病害の発生が懸念されている。土壤伝染性の病害虫は一度発生すると土壤燻蒸剤の処理を行っても何年にも渡って発生を繰り返す場合がある。

そこで、当所では養液土耕とプランター栽培の組合せにより、圃場から栽培土壌を隔離し、土壤病害虫の影響を受けない新たな栽培方法を開発した (図-4)。

この技術は、無病の土をプランター内に入れ、養液土耕装置を利用した細やかな灌水施肥管理を行うことで慣行栽培以上の収量性を得るものである。

所内試験では適正なプランターの容量、栽植密度、灌水管理の方法を中心に技術開発を行った。その結果、28l プランターを使用し、株間 25 cm × 畝間 150 cm の栽植密度で PF1.7, EC0.2 ~ 2.0 dS/m を目安に管理することで慣行栽培と比較して同等以上の収量が得られた。

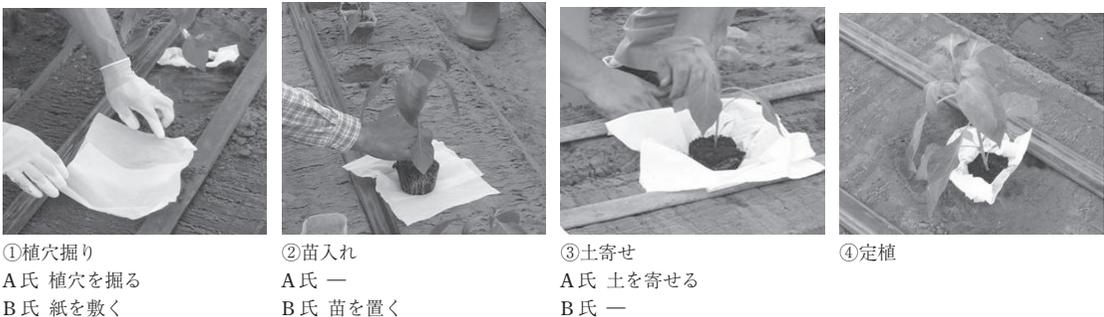


図-3 紙包み法による定植の手順



図-4 養液土耕を利用したプランター栽培

現在、現地圃場において試験栽培を行っている。

おわりに

茨城県の現在の栽培体系は栽培期間が12～6月の半促成栽培と7～11月の抑制栽培の組合せが主である。

この作型の組合せは圃場を休ませる期間が短く、不可欠用途臭化メチルの全廃により、同時防除で抑えられてきた新たな土壌病害のまん延が懸念される。そのため、休作や還元型太陽熱土壌消毒等を組合せた持続的な栽培管理体系が見直されつつある。本プロジェクトではモザイク病を中心に技術開発を行い、臭化メチルに変わる新たな代替え技術を確認した。今後は連作障害等を回避しながら、現在の収量性を維持する新しい持続的栽培管理技術の開発が必要となってくる。

引用文献

- 1) IKEGASHIRA, Y. et al. (2004): Plant Dis. **88**: 650～656.
- 2) 西 八東ら (2006): 日植病報 **72**: 256～257 (講要).
- 3) ———・小川孝之 (2008): 植物防疫 **62**: 533～536.
- 4) 小粥理恵・津田新哉 (2011): 日植病報 **77**: 245～246 (講要).
- 5) 小川孝之ら (2007 a): 関東病虫研報 **54**: 51～53.
- 6) ———ら (2007 b): 茨城病虫研報 **46**: 18～24.
- 7) ———・廣島由佳理 (2008): 平成20年度関東東海北陸農業研究成果情報, http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/seika/kanto20/11/20_11_01.html
- 8) ———ら (2012): 日植病報 **78**: 18～21.
- 9) 岡 紀邦ら (2004): 土肥誌 **75**: 673～677.
- 10) 大木健広ら (2003): 日植病報 **69**: 334 (講要).
- 11) TSUDA, S. et al. (1998): Mol. Plant-Microbe Interact. **11**: 327～331.
- 12) 上田賢悦ら (1997): 日植病報 **63**: 504 (講要).
- 13) 吉田早苗ら (2011): 茨城病虫研報 **51**: 12～15.

植物防疫特別増刊号 No.13

フェロモンによる発生予察法

◆フェロモン等誘引物質を用いた発生予察法について
34害虫を網羅し、各研究者が詳しく解説しています。

[掲載内容]

ニカメイガ、コブノメイガ、アワノメイガ、アカヒゲホソミドリカスミカメ、フタオビコヤガ、ハスモンヨトウ、シロイチモジヨトウ、ヨトウガ、オオタバコガ、タバコガ、ネキリムシ類 (カブラヤガ、タマナヤガ)、タマナギンウワバ、コナガ、ネギコガ、アリモドキゾウムシ、マメコガネ、ヒメコガネ、チャドクガ、リンゴコカクモンハマキ、リンゴモンハマキ、モモシンクイガ、ナシヒメシンクイ、モモノゴマダラノメイガ、コスカシバ、モモハモグリガ、キンモンホソガ、チャバネアオカメムシ、スモモヒメシンクイ、クビアカスカシバ、ナシマルカイガラムシ、アカマルカイガラムシ、チャノコカクモンハマキ、チャハマキ、チャノホソガ

お問い合わせは下記へ。

一般社団法人日本植物防疫協会 支援事業部 出版担当

〒114-0015 東京都北区中里 2-28-10

TEL 03-5980-2183 FAX 03-5980-6753

<http://www.jpfa.or.jp/> order@jpfa.or.jp

B5判 168ページ

定価 3,150円 (税込)

(送料80円:メール便)