

特集：臭化メチル剤から完全に脱却した産地適成型栽培マニュアルの開発

和歌山県の施設ショウガ産地のための 脱臭化メチル栽培マニュアルの開発

和歌山県農業試験場 衛藤 夏葉・安井 洋子・間佐古 将則

はじめに

ショウガ根茎腐敗病（口絵①，②）は *Pythium zingiberis* (*P. myriotylum* と同一種とされる) によるショウガ栽培上の重要病害である。連作地で発病すると次年度の定植時まで病原菌が残存する可能性があるため（一谷・新須，1981），防除が必須となっている。和歌山県のショウガ産地では，和歌山市の砂土地帯における施設栽培が主体となっており，12～2月の低温期に定植し，7月末までに新ショウガとして収穫，その後，次のショウガ作付までの期間に葉菜類を栽培する体系が多い。これまで，臭化メチルくん蒸剤による定植前の土壤消毒で本病を防除してきたが，本剤は2013年に全廃される。代替剤による本病の防除効果等については研究されているが（竹内ら，2000；大谷，2008），臭化メチルくん蒸剤と同等の特性を有する土壤消毒剤は開発されていない。

そこで，本事業では，既存の技術を組合せた総合防除などにより，臭化メチルくん蒸剤と同等以上の効果を持つ代替防除法の開発を目指している（津田，2008；山崎，2011）。本県のショウガ産地では，使用する土壤消毒剤の条件として，①ショウガ定植前の低温期に効果が得られること，②刺激臭がなく，住宅街に混在する施設でも比較的安全に使用できること，③処理期間が短いことが求められる。

筆者らは，産地に適した土壤消毒法として，ヨウ化メチルくん蒸剤による定植前の処理および収穫後の二重被覆太陽熱土壤消毒の効果について検討した。そして，これらを組合せた総合防除により，土壤中病原菌密度を周年低く維持できることを明らかにした。本稿では，これらの概要を紹介する。

I ヨウ化メチルくん蒸剤の低温期処理の効果

近年，臭化メチルくん蒸剤の代替剤として，複数の土

壤病害虫に対するヨウ化メチルくん蒸剤の効果が検討されている（川越ら，2000）。本剤は2011年にショウガ根茎腐敗病に対して農薬登録され，現在，ショウガ定植前の土壤くん蒸が可能である（商品名：ヨーカヒューム®，アリストライフサイエンス）。利点として，臭化メチルくん蒸剤と同様，土壤をポリフィルムなどで被覆した後に薬剤のボトルに穴を開けて処理するため，漏臭などの問題が起きにくく，また，他剤と比較して処理期間が短いことがある。

しかし，沸点が臭化メチルよりも高く，比重が大きいため，低温条件となる本県の施設ショウガ定植前処理では，気化が不十分となる可能性があった。そこで，処理中の温度条件とそれに伴う被覆内ガス濃度の推移，根茎腐敗病および雑草に対する防除効果等について検討した。

2010年1月，試験ハウス内の土壤に根茎腐敗病菌を培養した稲わらおよび前年の発病土壤を均一に混和し，汚染ほ場を作成した。2月2～5日にヨウ化メチルくん蒸剤を処理し，2月19日に種ショウガを定植した。その後，慣行に準じた栽培管理を行い，7月26日に収穫した。ヨウ化メチルくん蒸剤処理中の被覆内気温とショウガ根茎腐敗病菌の殺菌および防除効果との関係を明らかにするため，処理期間中の日中被覆内気温を25℃とする区（2月晴天日の施設内を想定）と17℃とする区（2月曇天日の施設内を想定）を設けた。

日中の被覆内気温が異なると，処理中の被覆内ヨウ化メチル濃度の推移に差が認められた。25℃では，処理開始から6時間後の被覆内ヨウ化メチル濃度は約2,900 ppmに達し，24時間後には約400 ppmまで低下した。一方，17℃では，処理開始6時間後の被覆内ヨウ化メチル濃度は約800 ppmであり，24時間後にも6時間後と同程度の濃度に保たれており，48時間後でも500 ppm以上に保たれた。両区とも，72時間後の処理終了時には100～300 ppmまで低下した（図-1）。

処理前に根茎腐敗病菌を培養した稲わらを不織布の袋に詰めたものをそれぞれの区の深さ10 cm，30 cmに埋め込み，処理後，わらを取り出して *Pythium* 属菌選択培地である NARF 培地（東條，2008）に置床し，菌糸伸長の有無により病原菌生存率を算出した。その結果，い

Control of Root Rot of Ginger for Greenhouse Cultivation without Using Methyl Bromide. By Kayo ETOH, Yoko YASUI and Masanori KANSAKO

（キーワード：ショウガ，根茎腐敗病，臭化メチル，ヨウ化メチル，太陽熱土壤消毒）

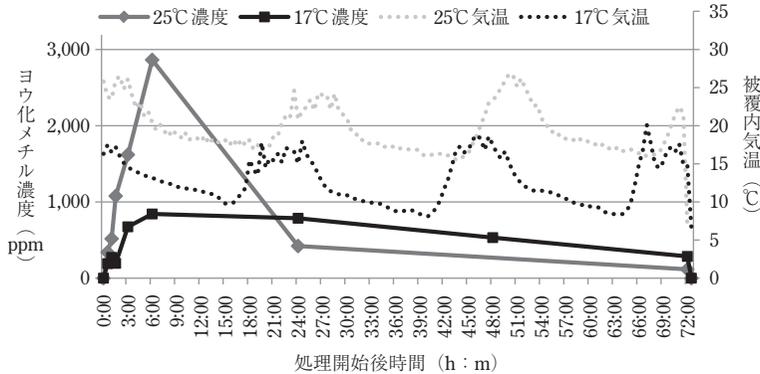


図-1 ヨウ化メチル剤処理中の被覆内気温とヨウ化メチル濃度 (ppm) の推移
試験区は約 16 m²/区, 反復なし, 被覆資材は 0.05 mm 厚ポリフィルム, 弓形支柱で被覆内に空間を設けた. 供試薬剤は 250 g 充填缶. 日中被覆内気温 25°C の区は処理期間中, 加温機 25°C 設定で加温した. 被覆内ヨウ化メチル濃度は北川式ガス検知管により, 処理区縁部で測定した.

ずれの深さにおいても無処理区では 100%であったのに対し, 処理区では, 処理期間中の被覆内気温 25°C, 17°Cとも 0%であった (表-1)。

収穫期の根茎の発病度は, 処理区で無処理区と比較して低く, 処理区間の差は認められなかった (表-2)。

ヨウ化メチルくん蒸剤処理から 52 日後の雑草発生量は, 無処理と比較していずれの処理区も少なく, 特に双子葉雑草に対して高い抑草効果が認められた。単子葉雑草の発生量は 17°Cと比較して 25°Cでやや多かった (表-3)。

最も低温となる 2 月曇天日の施設内を想定した日中被覆内気温 17°Cでのヨウ化メチルくん蒸剤処理により, 根茎腐敗病の高い殺菌効果および防除効果が得られた。このことから, 施設ショウガ定植前の処理でも必要な気温条件を満たすことが示唆され, 和歌山県の施設ショウガ栽培での使用は可能であると考えられた。

II 太陽熱土壌消毒のショウガ根茎腐敗病殺菌効果

低コストで, 環境に優しい土壌消毒法に太陽熱土壌消毒があり, 二重被覆処理により効果が高まることが報告されている (増田ら, 2008)。本県の施設ショウガ栽培では, 7 月中に収穫を終了することが多く, この技術の導入が可能である。そこで, 本技術によるショウガ根茎腐敗病菌の殺菌効果について検討した。

2009 年 7 月 30 日から 8 月 30 日まで二重または一重に農用ビニルを被覆する区と無被覆区を設けた。病原菌を培養した稲わらを太陽熱土壌消毒前には場に埋設し, 処理後, わら切片を NARF 培地に置床し, 菌糸伸

表-1 2 月のヨウ化メチル剤処理中の被覆内気温の違いがショウガ根茎腐敗病原菌生存率に及ぼす影響

処理	日中被覆内気温	a) 病原菌培養稲わら埋設位置		b) 病原菌生存率 (%)
		地点	深さ (cm)	
ヨウ化メチルくん蒸剤	25°C	中央	10	0.0
			30	0.0
	17°C	緑部	10	0.0
			30	0.0
無処理	—	中央	10	100.0
			30	100.0

a) 病原菌培養稲わら埋設位置は, 処理区の中央部と縁部, 無処理区の中央部の深さ 10 cm, 30 cm とし, それぞれ 2 反復とした。

b) 病原菌の生存率は, 処理終了後に稲わらを回収し, 5 mm 角 28 切片/サンプルを作成した。それを選択培地に置床し, 26°C の恒温器内で 3 日間培養した。培養後, 菌糸伸長の有無を調査し, 病原菌生存率を算出した。

長の有無により病原菌生存率を算出した。二重被覆の中央部では, 深さ 10, 30 cm とも病原菌は死滅し, 縁部の深さ 30 cm で低率に生存した。一方, 一重被覆では, 深さ 30 cm で病原菌が生存し, 処理区中央部に比べて縁部で生存率が高かった (表-4)。また, 処理前後の深さ別土壌中病原菌密度を測定した結果, 処理前には深さ 35 cm まですべての深さで 10 cfu/g 乾土前後であった

表-2 定植前ヨウ化メチルくん蒸剤処理中の被覆内気温の違いがショウガ根茎腐敗病の発病程度に及ぼす影響

処理	日中被覆内気温	反復	a) 発病指数別根茎数					b) 発病度	平均 発病度	防除係
			0	1	2	3	4			
ヨウ化メチルくん蒸剤	25℃	1	44	5	1	0	0	3.5	2.0	89.9
		2	46	4	0	0	0	2		
		3	49	1	0	0	0	0.5		
	17℃	1	48	2	0	0	0	1	0.5	97.5
		2	50	0	0	0	0	0		
		3	49	1	0	0	0	0.5		
無処理	—	1	8	5	21	12	4	49.5	19.8	
		2	32	4	6	7	1	20.5		
		3	42	3	3	2	0	7.5		
		4	47	3	0	0	0	1.5		

ショウガ根茎腐敗病の発病は、収穫期根茎の発病度で比較した。調査は、各区250～400g程度の根茎を50個/区、3反復（無処理のみ4反復）とした。

a) 発病指数は、0：根茎の発病なし、1：直径1cm以上の病斑数が2以下、2：直径1cm以上の病斑数が3以上、または表面積の1/3未満が病斑、3：表面積1/3以上2/3未満が病斑、4：表面積2/3以上が病斑。

b) 発病度は $\langle \Sigma(\text{指数別発病根茎数} \times \text{指数}) / (\text{調査根茎数} \times 4) \rangle \times 100$ とした。

表-3 定植前ヨウ化メチルくん蒸剤処理中の被覆内気温の違いが雑草発生量に及ぼす影響

処理	日中被覆内気温	単子葉		双子葉		合計	
		本	g	本	g	本	g
ヨウ化メチルくん蒸剤	25℃	9.0	10.3	1.0	4.0	10.0	14.3
	17℃	2.0	3.0	0.3	1.0	2.3	4.0
無処理	—	11.7	48.3	8.3	11.7	20.0	60.0

1×4m/区、3反復の栽培区を設け、各区中央付近の1m²の雑草発生量を単子葉、双子葉別に調査した。調査は定植35日後（3月26日）に行った。

が、処理後の二重被覆では、いずれの深さからも病原菌は検出されなかった。一方、一重被覆では、深さ20～25cmでのみ、無被覆では深さ0～5cm以外で、5cfu/g乾土以下の低密度で病原菌が検出された（図-2）。同一地点の地温40℃以上の積算時間は一重被覆に比べ、二重被覆で長く、同一被覆条件の深さ30cmでは、縁部に比べ、中央部で長かった（データ省略）。地温40℃以上の積算時間が300時間を超えると病原菌は死滅しており（図-3）、この条件が太陽熱土壤消毒の成否の目安となることが示唆された。

ショウガ収穫後の二重被覆太陽熱土壤消毒による根茎腐敗病菌の殺菌効果は高く、特に汚染ほ場においては次の作付までに土壤中の病原菌密度を低下させる手段として有効であると考えられた。

III 土壤中ショウガ根茎腐敗病菌密度の推移

ショウガ定植前のヨウ化メチルくん蒸剤処理および収穫後の二重被覆太陽熱土壤消毒の根茎腐敗病に対する効果は、いずれも認められた。そこで、これらを組合せた場合の防除効果を明らかにし、臭化メチルくん蒸剤の代替防除法としての実用性を確認するため、処理期間中の土壤中病原菌密度の推移を調査した。

2009年2月3日、ショウガ定植前にヨウ化メチルくん蒸剤処理を行う区と無処理区を設け、処理後、すべての区で慣行に準じ、ショウガを栽培した。それぞれの区に7月30日～8月30日に二重被覆太陽熱土壤消毒を行う処理区と無処理区とを設けた。処理後、すべての区でカラシナを栽培した。調査は、ショウガ栽培中の5月

表-4 太陽熱消毒の被覆法による^{b)} ショウガ根茎腐敗病菌生存率 (%)

a) 被覆	病原菌培養稲わら埋設地点	病原菌培養稲わら埋設深さ	
		10 cm	30 cm
二重	中央	0.0	0.0
	縁部	0.0	8.3
一重	中央	0.0	8.3
	縁部	0.0	33.3
無被覆	—	62.5	79.2

a) 処理区は、①二重被覆、②一重被覆、③無被覆を1区約6m×10m、反復なしで設けた。ショウガ収穫から1週間後に病原菌培養稲わらを埋設し、十分に灌水し、ビニールにより二重被覆または一重被覆を行った。消毒期間は7月30日から8月30日とした。被覆は、0.1mmビニールで地表面を被覆し、二重被覆については、弓で高さ約30cmの空間を作り、0.075mmビニールでさらに被覆した。

b) 病原菌の生存率は、処理終了後に稲わらを回収し、5mm角36切片/サンプルを作成した。それを選択培地に置床し、26℃の恒温器内で3日間培養した。培養後、菌糸伸長の有無を調査し、病原菌生存率を算出した。

27日、ショウガ収穫後の7月27日、二重被覆太陽熱土壌消毒後の9月1日、カラシナ収穫後の10月13日に深さ0～5cmから土壌を採集し、土壌中病原菌密度を調査した。

ヨウ化メチルくん蒸剤を処理した土壌では、ショウガ栽培中の5月には、無処理区と比較して病原菌密度が低かった。収穫後、太陽熱土壌消毒を行うと後作のカラシナ収穫後に病原菌は検出されず、太陽熱土壌消毒を行わなかった土壌からは検出された。なお、定植前にヨウ化メチル剤処理を行わなかった土壌においても同様であった(表-5)。

汚染ほ場において、これらの土壌消毒を組合せることで後作葉菜類の栽培後にも土壌中から病原菌が検出されなかったことから、総合防除により、周年土壌中のショウガ根茎腐敗病菌密度を低く保つことができ、高い防除効果が得られると考えられた。

おわりに

ショウガ根茎腐敗病は防除が難しい病害であるが、今回の試験結果から、ショウガ定植前のヨウ化メチルくん蒸剤処理と収穫後の二重被覆太陽熱土壌消毒がそれぞれ一定の殺菌・防除効果を持ち、これらの組合せにより、臭化メチル代替防除法として使用できることが示唆された。現在、いずれの方法も生産現場では適用されていないため、現地栽培ほ場においてその適応性を検討する必

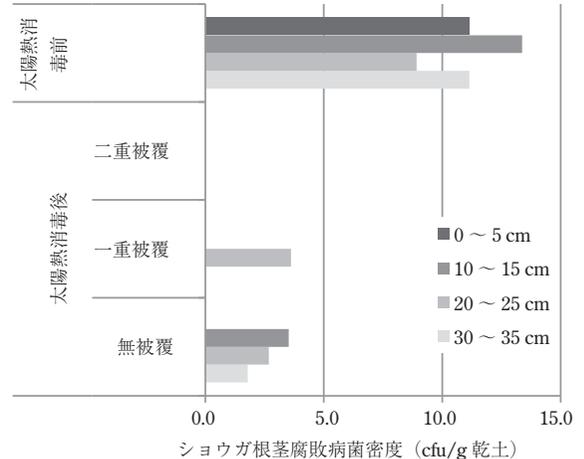


図-2 太陽熱消毒前後の深さ別土壌中ショウガ根茎腐敗病菌密度

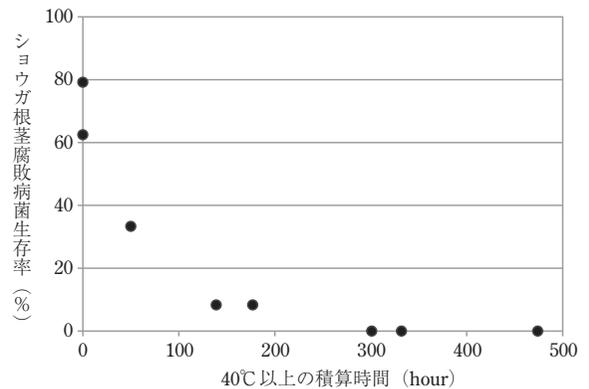


図-3 太陽熱消毒による地温40℃以上の積算時間とショウガ根茎腐敗病菌生存率

処理区は表-4注釈と同様とし、病原菌培養稲わらを埋設した地点の地温をデータロガー(おんどとり Jr TR-52, T&D社製)で記録した。処理終了後、各地点の40℃以上の積算時間を算出した。

要があり、試験を進めている。

ヨウ化メチルくん蒸剤については、高コストであることとスパーサー設置に労力を要することが導入の妨げとなる可能性があることから、今後、処理コスト低減および省力化について、さらなる検討が望まれる。

また、生産現場において、二重被覆太陽熱土壌消毒についてはそのメリットよりも労力を要し、処理期間が長いというデメリットのほうを注視されがちであるが、今後、根茎腐敗病による汚染ほ場での被害軽減が期待でき、周辺環境への影響がない防除技術であることを説明

表-5 土壌消毒の違いによる土壌中ショウガ根茎腐敗病菌密度の推移

土壌消毒		土壌中ショウガ根茎腐敗病菌密度 (cfu/g 乾土)			
2/3 ~ 2/6	7/30 ~ 8/30	ショウガ栽培中 (5/25)	ショウガ収穫後 (7/27)	太陽熱消毒後 (9/1)	カラシナ栽培後 (10/13)
ヨウ化メチルくん蒸剤	太陽熱	1.1	5.6	—	0.0
	無処理			—	7.8
無処理	太陽熱	19.4	11.1	0.0	0.0
	無処理			0.0	24.5

し、総合防除を導入する際の重要な技術として普及を目指したい。

生育期の薬剤散布については、ショウガ定植前のヨウ化メチルくん蒸剤処理の効果を補完する防除効果を持つことを確認している（データ省略）。また、根茎腐敗病の感染源として、病原菌汚染土壌以外に汚染された種ショウガからの伝染が報告されている（後藤・一谷, 1986）。

これまでの試験結果と上記の知見から、年間2回の土壌消毒を中心に、健全な種ショウガの定植と生育期処理

剤の活用を併せる総合防除を織り込んだ栽培マニュアルを開発した。本マニュアルが臭化メチルくん蒸剤に替わる防除技術として一定の効果を持つと期待している。

引用文献

- 1) 後藤久和・一谷多喜郎 (1986): 植物防疫 40: 274 ~ 278.
- 2) 一谷多喜郎・新須利則 (1981): 日植病報 47: 151 ~ 157.
- 3) 川越洋二ら (2000): 九病虫研会報 46: 37 ~ 41.
- 4) 増田吉彦ら (2008): 関西病虫研報 50: 119 ~ 121.
- 5) 大谷洋子 (2008): 植物防疫 62: 516 ~ 520.
- 6) 竹内繁治ら (2000): 高知農技セ研報 9: 17 ~ 24.
- 7) 東條元昭 (2008): 植物防疫 62: 161 ~ 163.
- 8) 津田新哉 (2008): 同上 62: 511 ~ 515.
- 9) 山崎睦子 (2011): 同上 65: 93 ~ 97.

農林水産省プレスリリース (24.10.16 ~ 24.11.15)

農林水産省プレスリリースから、病害虫関連の情報を紹介します。

<http://www.maff.go.jp/j/press/syouan> の後にそれぞれ該当のアドレスを追加してご覧下さい。

- ◆ 「平成 24 年度病害虫発生 予報第 9 号」の発表について /syokubo/121108.html
(11/08)

発生予察情報・特殊報 (24.10.1 ~ 10.31)

各都道府県から発表された病害虫発生予察情報のうち、特殊報のみ紹介。発生作物：発生病害虫（発表都道府県）発表月日。都道府県名の後の「初」は当該都道府県で初発生の病害虫。

※詳しくは各県病害虫防除所のホームページまたは JPP-NET (<http://www.jpnpn.ne.jp/>) でご確認ください。

- なす、トマト：タバコノミハムシ（栃木県：初）10/12
- ナシ：ナシ萎縮病（鳥根県）10/16
- なす、トマト：クロメンガタズメ（栃木県）10/19
- なす：ナスコナカイガラムシ（岡山県：初）10/19
- トルコギキョウ：キキョウトリバ（岡山県：初）10/19
- りんどう：キオビトガリメイガ（秋田県：初）10/19
- なす：ナスコナカイガラムシ（群馬県：初）10/22
- サツマイモ：ヨツモンカメノコハムシ（東京都：初）10/24
- ヨウサイ：サツマイモヒサゴトビハムシ（東京都：初）10/24
- チャ：チャトゲコナジラミ（長野県：初）10/25
- トマト：トマトすすかび病（長野県：初）10/25