糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材を用いた土壌還元消毒による トマト土壌病害虫に対する防除効果

村元靖典・渡辺秀樹・棚橋寿彦・中保一浩*

Yasunori Muramoto, Hideki Watanabe, Toshihiko Tanahashi and Kazuhiro Nakaho*:
Evaluating the efficacy of anaerobic soil disinfection against soil-borne pathogens of tomato
using sugar-containing diatomite and dried molasses

Abstract

An optimized method of anaerobic soil disinfestation (ASD) using sugar-containing diatomite or dried molasses was evaluated for efficacy against tomato bacterial wilt, tomato corky root, tomato bacterial canker, and root-knot nematode. The soil redox potential of both the diatomite and molasses treatments at a dose of 1 t/10 a was high at a soil depth of 40–50 cm (beyond the plowing depth). This indicates that the soluble carbon source in the treatments eluted and permeated into the deeper layer, leading to soil reduction. Populations of *Ralstonia solanacearum* and root-knot nematode decreased below the detection limit after ASD was completed. The occurrence of the four soil-borne pathogens monitored was not observed or was suppressed to low levels during tomato cultivation following ASD. In particular, protection against tomato bacterial wilt was enhanced by ASD, which was followed by the plantation of tomato seedlings grafted onto resistant rootstocks.

Key words: tomato, anaerobic soil disinfection, sugar-containing diatomite, dried morasses

緒 言

トマトの生産面積の大部分を占める土耕栽培では、産地化や施設化による連作、さらには近年の高温化傾向によって土壌病害虫の発生が顕在化しており、収穫量減少の主な要因となっている。土壌病害虫が発生した場合、種々の土壌消毒による物理・化学的防除を行う必要があるが、近年では環境面への配慮などの観点から、化学薬剤に依存しない土壌消毒の導入が求められている。

土壌還元消毒は、易分解性の有機物、水および太陽熱を利用することによって土壌を還元状態にし、土壌中の病害虫を防除する技術であり、環境負荷が少ない土壌消毒方法として普及が進んでいる。易分解性の有機物として、固形資材では米ぬかや小麦フスマ、液体資材では糖蜜やエタノールが用いられている。米ぬかや小麦フスマを用いた土壌還元消毒は作業性が良く、広く使用されているが、消毒効果は資材が混和された作土層のみに限られ、土壌深層までは還元効果がないことが欠点である。

そのため、深層部に存在する青枯病菌やネコブセンチュウなどに対しては消毒効果が劣り、完全に防除することは難しい。一方、液体資材である糖蜜やエタノールを用いた土壌還元消毒は、資材の希釈液が届く範囲までの深層部への還元消毒効果が高く、青枯病やネコブセンチュウなどに対しても効果が高い（前田ら、2006）。しかし、液体資材の希釈作業や液肥混入器の利用等が煩雑であるため、普及の妨げとなっている。

これらの問題を解決する手段として、水溶性の有機物を多く含む固形資材を土壌還元消毒資材として使用すれば、米ぬかや小麦フスマと同等の作業性の簡便さで、糖蜜やエタノールと同等に深層部への消毒効果が高くなることが期待される。近年、アミノ酸発酵の副生物である「糖含有珪藻土」および牛用飼料である「糖蜜吸着資材」を土壌還元消毒資材とする新しい消毒技術の開発が進められており、1 t/10 a 以上の処理量でトマト青枯病に対して高い防除効果を示すことが報告されている（前田ら、

2017；大谷，2018；林ら，2019)。そこで我々は，岐阜県内トマト産地の現地圃場において，糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材を用いた土壤還元消毒試験を実施し，トマト青枯病，トマト褐色根腐病，トマトかいよう病およびネコブセンチュウに対する防除効果を検討したので報告する。

なお，本研究は，内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）事業「次世代農林水産創造技術」（管理法：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター）の支援を受け実施されたものである。

また，本報告の一部は平成30年度日本植物病理学会関西西部会で発表した（村元ら，2019）。

材料および方法

1. 土壤還元消毒資材

供試した土壤還元消毒資材は，大谷（2018）が報告しているものと同一のものをを用いた。すなわち，「糖含有珪藻土」は珪藻土を主成分とするタピオカスターチの糖化ろ過助剤（味の素株式会社から提供），「糖蜜吸着資材」は大豆皮に糖蜜を吸着（67% w/w）させたオマラス95（製造元：Westway 社（USA））を用いた。

2. 試験圃場の概要

各試験圃場の概要を第1表に示す。いずれも冬春トマト産地の圃場であり，作付け終了後の7月に土壤還元消毒を開始し，9月に次作トマト苗の定植（栽植密度1,000～1,100株/10 a，2本仕立て）を行った。各圃場ともに前作で病害の発生が見られた箇所を中心に試験区を設置した。

3. 土壤還元消毒処理

糖含有珪藻土または糖蜜吸着資材を，第1表に示す施用量で土壤表層に均一に散布した後，トラクターで耕起して作土層（約25 cmまで）に混和した。ハウス内に灌水チューブを約1 m間隔で設置し，土壤表面をビニ

ルで被覆後，圃場内が湛水状態になるまで灌水し，ハウスを密閉した。ただし，試験3-①圃場では灌水チューブを用いず，隣接する水田のパイプラインの水をハウス周囲の用水路からオーバーフローさせてハウス内に送水した。また，試験3-②圃場および試験4-①圃場では，隣接する水田のパイプライン水口に直結した通風ダクトチューブを通してハウス内に送水した。灌水作業終了時点からビニール被覆を除去するまでを消毒期間とした。

4. 土壤中2価鉄含量の測定

岐阜県農業技術センター内ビニールハウス（奥行25 m，間口6 m）において，糖含有珪藻土または糖蜜吸着資材を1 t/10 aの施用量で土壤還元消毒処理を行った。消毒期間は2017年8月24日から9月15日までとした。消毒終了直後に，土壤採取器（大起理化工業株式会社，DIK-100A-H4）を用いて深度50 cmまでの土壤を回収し，15 cmごとに4等分（径約6 cm，高さ約15 cm）した。各深度別の土壤5 gを1 M酢酸ナトリウム緩衝液（2.3%酢酸）25 ml中で30分間振とうし，遠心（3,000 rpm，5分間）した。上清1 mlを0.1%ジピリジル液（10%酢酸）1 ml，4.2 M酢酸ナトリウム液（pH 6.0）0.75 mlと混合し，蒸留水10 mlで希釈した後，522 nmの吸光度を測定した（3反復）。硫酸第一鉄アンモニウム標準液によって標準曲線を作成し，比色法によって2価鉄含量を算出した。

5. トマト青枯病菌密度の測定

土壤消毒開始前および消毒終了直後に，土壤採取器を用いて深度50 cmまでの土壤を回収し，表層（0～17 cm），中層（17～33 cm），下層（33～50 cm）に3等分（径約6 cm，高さ約17 cm）した。各深度別の土壤から，MPN-PCR法（Inoue and Nakaho, 2014）に従って青枯病菌密度を算出した。

6. 高接ぎ木苗による栽培

試験1-①圃場の消毒後の当該作において，糖含有珪

第1表 各試験圃場の概要

圃場（面積 a）	対象病害虫	資材施用量（t/10a） および試験区面積（a）*		消毒期間
		糖含有珪藻土	糖蜜吸着資材	
試験1-①（27）	トマト青枯病	1.2（5.1）	2.0（1.7）	2016年7月12日～8月11日
試験1-②（6.6）		1.0（3.3）	1.0（3.3）	2017年7月1日～8月6日
試験2（21）	トマト褐色根腐病	1.0（1.5）	1.0（1.5）	2016年7月8日～8月15日
試験3-①（30）	トマトかいよう病	1.0（6.7）	1.0（6.7）	2018年7月6日～8月7日
試験3-②（5）		1.0（3.3）	1.0（1.7）	2018年7月20日～8月20日
試験4-①（12）	ネコブセンチュウ	1.0（9.6）	1.0（2.4）	2017年7月1日～7月30日
試験4-②（15）		1.0（7.5）	1.0（7.5）	2018年7月10日～8月10日

* 数字は資材施用量（t/10 a），括弧内の数字は試験区面積（a）を示す。

藻土区（7畝）の中心の1/2畝（30株）および糖蜜吸着資材区（3畝）の中心の1畝（60株）に、高接ぎ木苗を定植した。高接ぎ木苗は、台木（品種「Bバリア」）の第2～3葉上で穂木（品種「桃太郎ピース」）を継いだ高接ぎハイレグ苗（ベルグアース株式会社）を用いた。慣行接ぎ木苗は糖含有珪藻土区に390株、糖蜜吸着資材区に120株、糖蜜区に600株を定植した。

7. トマト褐色根腐病の発病度調査

各試験区2畝から74株ずつを掘り上げ、根部の発病度を調査した。根部の発病度を4段階の指数（0：病徴無し，1：病斑面積が根の25%以下，2：同25～50%，3：同50～75%，4：同75%以上）で評価し、発病度を下式によって算出した。

発病度 = $\{\Sigma(\text{発病指数} \times \text{指数別株数}) / (4 \times \text{調査株数})\} \times 100$

8. トマトかいよう病の発病株率および感染株率調査

発病株率は、各試験区2畝の全株数（試験3-①：182～191株，試験3-②：132～140株）のうち典型的なトマトかいよう病の病徴（萎れ，脱水斑，黄化など）を示した株数および枯死株数を調査した。感染株率は消毒後のみ調査した。すなわち，消毒前に高い発病株率を示した近辺から各試験区20株ずつを抜き取り，地際から30 cmまでの茎を細断して，1株あたり10切片をSMCMM寒天培地上に置床して25℃で培養し，生じたコロニーをPCRで検定した。PCR条件は鈴木ら（2008）に従って行い，PCRプライマーはCMM-3およびCMM-21を用いた。

9. ネコブセンチュウ密度および根こぶ指数調査

ネコブセンチュウ密度はベルマン法に従って行った。すなわち，各試験区2箇所から採取した土壌20 gをベルマン篩にかけ，25℃・72時間で分離した2期幼虫数を

顕微鏡下で計測した（2反復）。根こぶ指数は，各試験区20株ずつを掘り上げて調査した。根部のこぶ着生程度を，0：無（根系全体に根こぶを全く認めない）の株数，1：少（こぶをわずかに認める）の株数，2：中（こぶの形成が中程度）の株数，3：多（こぶの数が多い）の株数，4：甚（根部表面のこぶが特に多く，かつ大きい）の株数の5段階で評価し，下式によって根こぶ指数を算出した。

根こぶ指数 = $\{\Sigma(\text{根こぶ着生程度} \times \text{着生程度別株数}) / (4 \times \text{調査株数})\} \times 100$

結 果

1. 土壌中2価鉄含量

糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材を用いた土壤還元消毒終了直後に，土壌採取器を用いて深さ50 cmまでの土壌を回収し，各深度別土壌の2価鉄含量を測定したところ，資材が混和された作土層以下（38～50 cm）からも2価鉄が検出された（第1図）。

2. トマト青枯病に対する防除効果

試験1-①，1-②圃場における土壤消毒期間中の平均地温は，第2表に示すように推移した。両圃場ともに，消毒前の土壌中菌密度が検出限界値の上限以上（>2,400 cfu/g 乾土）の高い汚染箇所があったが，消毒後は両資材区ともに慣行区（糖蜜処理）と同等の検出限界値未満（<3 cfu/g 乾土）まで低下していた（第3表）。

試験1-①圃場は前作の発病株率が10～20%であり，消毒後の当該作の一部で青枯病の発生が見られた（台木品種：「Bバリア」）が，その発病株率は慣行接ぎ木区と比較して高接ぎ木区が低かった（第2図）。一方，試験

第1図 土壤還元消毒終了直後の土壌深度別の2価鉄含量

第2表 各試験圃場の土壌還元消毒期間中の地温

圃場	試験場所 (岐阜県)	年次	土壌深度 (cm)	地温 (°C)*
試験1-①	海津市	2016	20	35.7 (25.7~42.9)
			40	33.5 (25.9~39.1)
試験1-②	輪之内町	2017	10	35.7 (26.8~40.5)
			40	34.3 (26.4~38.2)
試験2	海津市	2016	20	37.1 (24.6~44.3)
			40	35.0 (25.1~40.3)
試験3-①	海津市	2018	20	39.3 (26.3~45.9)
			40	37.2 (26.0~43.4)
試験3-②	海津市	2018	20	38.2 (26.1~47.0)
			40	39.9 (26.0~44.8)
試験4-①	海津市	2017	20	32.6 (25.9~43.0)
			40	30.8 (24.3~40.7)
試験4-②	養老町	2018	20	40.6 (27.3~47.0)
			40	38.0 (25.8~44.0)

* 数字は平均地温，括弧内の数字は最低地温～最高地温を示す。

第3表 土壌還元消毒が土壌中の青枯病菌密度低下に及ぼす効果

圃場	資材名	土壌深度	消毒前		消毒後	
			青枯病菌密度 (cfu/g 乾土)	菌検出 箇所数	青枯病菌密度 (cfu/g 乾土)	菌検出 箇所数
試験1-①	糖含有珪藻土区	0-17 cm	N.D.~290	2/3	N.D.*	0/3
		17-33 cm	N.D.~460	1/3	N.D.	0/3
		33-50 cm	N.D.~93	2/3	N.D.	0/3
	糖蜜吸着資材区	0-17 cm	290~>2400	3/3	N.D.	0/3
		17-33 cm	N.D.~>2400	2/3	N.D.	0/3
		33-50 cm	N.D.~43	2/3	N.D.	0/3
	糖蜜区	0-17 cm	N.D.~3.6	1/3	N.D.	0/3
		17-33 cm	N.D.~3.6	1/3	N.D.	0/3
		33-50 cm	N.D.	0/3	N.D.	0/3
	糖含有珪藻土区	0-17 cm	43~240	3/3	N.D.	0/3
		17-33 cm	N.D.~>2400	2/3	N.D.	0/3
		33-50 cm	N.D.~1100	2/3	N.D.~43	1/3
試験2-②	糖蜜吸着資材区	0-17 cm	N.D.~160	2/3	N.D.	0/3
		17-33 cm	43	3/3	N.D.	0/3
		33-50 cm	N.D.~15	2/3	N.D.	0/3
	糖蜜区	0-17 cm	>2400	3/3	N.D.	0/3
		17-33 cm	N.D.~3.6	2/3	N.D.	0/3
		33-50 cm	3.6~9.2	3/3	N.D.	0/3

* N.D. は MPN-PCR 法における検出限界値未満 (<3 cfu/g 乾土) を示す。

1-②圃場は前作の発病株率が80~90%の多発生圃場であり，消毒後の当該作（2017年9月定植～2018年6月収穫終了）では慣行の接ぎ木栽培（台木品種：「B バリア」）を行ったが，当該作の栽培終了時まで全く発病が見られなかった。

3. トマト褐色根腐病に対する防除効果

試験2圃場における土壌消毒期間中の平均地温は，第2表に示すように推移した。消毒前は枯死する株は無

かったものの，根部発病度は75.7~82.9と高い値を示した（第4表）。消毒後の当該作（台木品種：「グリーンガード」）の栽培終了時点での根部発病度は，慣行区（太陽熱消毒）の21.7~33.3と比較して，両資材区ともに1.7~6.7と大きく低下していた（第4表）。

4. トマトかいよう病に対する防除効果

試験3-①，3-②圃場における土壌消毒期間中の平均地温は，第2表に示すように推移した。トマトかいよう

第2図 土壤還元消毒と高接ぎ木によるトマト青枯病に対する防除効果

病の発生箇所は、両圃場ともに圃場内の一部の畝に集中しており、各資材試験区の消毒前の発生株率は、試験3-①圃場では60.8～100%、試験3-②圃場では10.6～95.7%であった（第5表）。

両資材を用いた土壤還元消毒後の当該作では、両圃場ともにトマトかいよう病の発生が全く見られず、栽培終了時のトマト株からもトマトかいよう病菌は検出されず、感染株率は0%であった（第5表）。

5. ネコブセンチュウに対する防除効果

試験4-①、4-②における土壤消毒期間中の平均地温は、第2表に示すように推移した。両圃場ともに、前作でのネコブセンチュウの発生箇所は圃場内の一部の畝に

散在しており、生育後期には日中の萎れが目立っていた。消毒前のネコブセンチュウ密度および根こぶ指数は高い値を示したが、両資材による土壤還元消毒後は、ネコブセンチュウ密度が検出限界値未満まで低下しており（第6表）、高い殺線虫効果が得られた。消毒後の当該作の栽培終了時点での根部の掘り取り調査では、試験4-①圃場の一部で根こぶの着生が見られたが、試験4-②圃場では着生が全く見られなかった（第6表）。

考 察

糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材を新規資材として用いた土壤還元消毒終了後に、各深度別土壌の2価鉄含量を測定して土壤還元度を調査したところ、資材が混和された作土層以下からも2価鉄が検出され、土壌深層まで還元化されていた。また、現地試験圃場において、ジピリジル液噴霧での呈色反応によって土壤還元度を調査した結果、両資材区ともに深度40～50 cmまで還元化されており、これは、第1表に示すいずれの圃場でも概ね同様の結果であった（データ略）。これらのことから、井原（2017）の報告が示すとおり、灌水することによって資材から水溶性の糖分が溶出し、資材が混和された作土層以下の深層まで還元化が可能なが示された。深層の還元度が不均一な圃場もあったが、圃場内での耕盤層の高低差、または灌水作業に通風ダクトチューブを用い

第4表 土壤還元消毒がトマト褐色根腐病発病抑制に及ぼす効果

試験区		消毒前		消毒後	
		発病株率	発病度	発病株率	発病度
糖含有珪藻土区	畝①	100	79.3	5.0	1.7
	畝②	100	75.7	20	6.7
糖蜜吸着資材区	畝①	100	82.9	15	5.0
	畝②	100	76.6	10	3.3
慣行区 (太陽熱消毒)	畝①	59.5	19.8	100	33.3
	畝②	81.1	27.9	65	21.7

台木品種：消毒前「グリーンセーブ」、消毒後「グリーンガード」

第5表 土壤還元消毒がトマトかいよう病発病抑制に及ぼす効果

圃場	試験区	消毒前		消毒後	
		発病株率	発病度	発病株率	感染株率
試験3-①	糖含有珪藻土区	畝①	78.0	0	0
		畝②	100	0	0
	糖蜜吸着資材区	畝①	72.5	0	0
		畝②	60.8	0	0
試験3-②	糖含有珪藻土区	畝①	10.6	0	0
		畝②	82.8	0	0
	糖蜜吸着資材区	畝①	95.7	0	0
		畝②	28.6	0	0

第6表 土壌還元消毒が土壌中ネコブセンチュウ密度および根こぶ指数低下に及ぼす効果

圃場	資材名	土壌深度	消毒前		消毒後	
			センチュウ密度 (頭/20 g 乾土)	根こぶ指数	センチュウ密度 (頭/20 g 乾土)	根こぶ指数 ^{*1}
試験4-①	糖含有珪藻土区	0-17 cm	1507.5	>90	N.D. ^{*2}	54.7
		17-33 cm	185		N.D.	
		33-50 cm	25		N.D.	
	糖蜜吸着資材区	0-17 cm	310	>90	N.D.	59.4
		17-33 cm	290		N.D.	
		33-50 cm	5		N.D.	
試験4-②	糖含有珪藻土区	0-17 cm	962	82.5	N.D.	0
		17-33 cm	103		N.D.	
		33-50 cm	84		N.D.	
	糖蜜吸着資材区	0-17 cm	2206.5	70	N.D.	0
		17-33 cm	117		N.D.	
		33-50 cm	16		N.D.	

*1 土壌消毒後の根こぶ指数は、試験4-①が2018年作付終了時、試験4-②が2019年作付終了時の調査値。

*2 N.D. はベルマン法における検出限界値未満を示す。

たことにより、灌水が均一になっていなかったことが原因であると考えられた。

新規資材を用いた土壌還元消毒によるトマト青枯病菌に対する密度抑制効果は、試験1-①、1-②の両圃場ともに高く、MPN-PCR法の検出限界値未満(<3 cfu/g 乾土)まで抑えることができた。しかし、試験1-①圃場では、消毒後の当該作で青枯病の発病が見られた。当該生産者は次亜塩素酸カルシウム液剤が噴霧される消毒バサミを使用して管理作業を行っており、地上部での汁液感染による被害拡大の可能性は低いと考えられた。そのため、菌密度を測定する土壌を採取した箇所以外の一部に菌が残存していた、または50 cm以下の深層に菌が残存していた箇所があり、そこから発病が広がったものと推察された。

抵抗性台木を利用した接ぎ木は、青枯病対策の最も一般的かつ安定した対策技術であるが、この接ぎ木による抵抗性をさらに強化した技術として、高接ぎ木法が開発されている(中保ら, 2012)。当該圃場で土壌還元消毒技術と高接ぎ木技術による防除効果についても検討し、高接ぎ木区の発病株率は慣行接ぎ木区よりも低く抑えることができた。これらにより、新規資材による土壌還元消毒技術は単年の処理だけでも青枯病に対して高い防除効果があるが、高接ぎ木技術を組み合わせた体系化によって、青枯病に対してさらに高い発病抑制効果を示すことが認められた。

新規資材を用いた土壌還元消毒によって、トマト褐色根腐病に対して高い発病抑制効果が得られた。当該圃場は例年、太陽熱消毒を実施し、褐色根腐病抵抗性台木である「グリーンセーブ」を用いた接ぎ木栽培を行ってい

たが、消毒前は根部発病度が75.7~82.9と高かった。太陽熱消毒時は栽培後のトマト株の残渣を圃場内に鋤きこんでいたため、消毒効果が不十分で、土壌中の菌密度が高まっていたものと考えられた。土壌還元消毒も残渣を圃場内に鋤きこんで実施したが、発病度1.7~6.7と低く抑えることができた。当該生産者の達観では、両資材区の消毒後の当該作トマトの生育および収量が、慣行区(太陽熱消毒区)と比較して明らかに良好ということであった。

前作でトマトかいよう病が発生した試験3-①、3-②の両圃場ともに、発病が一部の畝に集中しており、発病株率も高かった。トマトかいよう病菌の土壌中菌密度の測定技術は確立されていないため、発生した畝の土壌中菌密度や菌の生息深度は明らかではなかったが、両圃場ともに前々作までは発生が見られなかったこと、畝に沿って発病が広がっていたこと、また前述の消毒バサミを使用しない時期があったことから、Kawaguchi et al. (2010)の報告が示すように、土壌からの感染は一部の箇所で行き、そこから管理作業による地上部での汁液感染によって畝沿いに被害が広がったことが示唆された。新規資材による土壌還元消毒を実施することで、両圃場ともにトマトかいよう病の発生が全く見られず、栽培終了時のトマト株からも菌が検出されなかった。試験3-①圃場ではトマト残渣を鋤きこんで土壌還元消毒を実施したが、発病株と感染株ともに見られなかったことから、トマトかいよう病に対して高い防除効果を示すことが確認できた。

試験4-①、4-②の両圃場ともに、新規資材を用いた土壌還元消毒により、消毒直後のネコブセンチュウ密度

が検出限界値未満となり、ネコブセンチュウに対する高い密度抑制効果が示された。試験4-①圃場では、消毒後の当該作トマトの生育は順調であったものの、栽培終了後の根部の掘り取り調査では、一部で根こぶの着生が見られた。これは、特に圃場内の鉄骨支柱の基部やその周囲部分で根こぶが多く観察されたことから、大型施設の鉄骨支柱周辺は耕起することが難しいために資材の土壤混和が充分ではなく、消毒効果が劣ったためと考えられた。また、当該圃場は周囲が水田であるため、消毒時の灌水には灌水チューブを用いず、水田パイプラインから通風ダクトチューブを用いて圃場内に短時間で大量に直接送水する方法をとっていたため、灌水量が圃場内で不均一になったことも消毒効果が劣った要因の一つと考えられた。

ネコブセンチュウによる被害は、トマトだけでなくキュウリ栽培でも全国的な問題となっている。岐阜県海津地域の冬春トマト産地では、キュウリ栽培も盛んに行われており、ネコブセンチュウの発生が近年顕在化している。ネコブセンチュウが発生した海津市のキュウリ圃場2箇所において、新規資材による土壤還元消毒処理を行い（2018年7月～8月）、その防除効果を検討したところ、両圃場ともにネコブセンチュウ密度が検出限界値未満まで抑えられ、後作の抑制栽培（9月定植～12月収穫終了）および半促成栽培（12月定植～翌年6月収穫終了）それぞれの栽培終了後も根こぶの着生が見られず、防除効果の持続性が確認できた（データ略）。

以上のように、糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材を用いた土壤還元消毒技術は、トマト栽培現場で問題となっている土壤病害虫に対して高い防除効果を示すことが示された。岐阜県海津地域などの冬春トマト産地では高温となる夏季は栽培を行わず、慣行として太陽熱消毒が実施されているため、作業が簡便で深層部に消毒効果が高い新規資材による土壤還元消毒技術は、抵抗なく普及が進むと考えられる。また、第2表に示すように、本地域での夏季の土壤消毒期間中の平均地温は深度40 cmでも30℃以上を確保できるため、土壤還元消毒による高い防除効果が期待できる。一方、県内の飛騨地域や東濃地域などの中山間地・高冷地では、4～5月に定植して11月頃まで収穫する夏秋作型でトマト栽培が行われている。これらの地域では栽培中の夏季には土壤還元消毒を実施することができないため、天候が安定し地温の上昇が得られやすい定植直前の春季処理が推奨される。しかし、夏季と同等の地温の高さを得ることが困難なため、特に土壤深層やハウス周辺部の土壤還元効果が弱く、消毒効果にムラが生じやすい傾向がある。2017～2018年に

かけて、トマト青枯病が発生した夏秋産地の4圃場において、春季処理による新規資材の土壤還元消毒の防除効果を検討したが、いずれも夏季処理と比較して防除効果は劣る結果となった（データ略）。北海道においても、糖含有珪藻土を用いた春季処理の土壤還元消毒では、トマト褐色根腐病に対する土壤深層への防除効果が認められなかったことが報告されている（三澤ら、2018）。今後は低温時期の春季処理においても、深層まで高い消毒効果を発揮する処理方法を詳細に検討していく必要があると考えられる。

摘 要

糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材を用いた土壤還元消毒技術の、トマト青枯病、トマト褐色根腐病、トマトかいう病、ネコブセンチュウに対する防除効果を検討した。両資材ともに1 t/10 a以上の施用量で、作土層以下の深層50 cmまでの土壤還元力が高かったことから、両資材から溶出した糖分が深層へ浸透して、還元状態を引き起こすと考えられた。消毒直後は、土壤中の青枯病菌およびネコブセンチュウ密度を検出限界値未満まで抑制することができた。また、いずれの土壤病害虫も次作での発生が無い、または少なく推移し、両資材を用いた土壤還元消毒は高い防除効果を示した。特に、青枯病に対しては、高接ぎ木技術との体系化により高い防除効果を示した。

引用文献

- 林 佑香・大谷洋子（2019）和歌山県農林水研報 7：11-22.
井原啓貴（2017）土肥要旨集 63：142.
Inoue, Y. and K. Nakaho (2014) Appl. Microbiol. Biotechnol. 98: 4169-4177.
Kawaguchi, A., K. Tanina and K. Inoue (2010) Plant Pathol. 59: 76-83.
前田征之・関口博之・浅野英明・白鳥 豊・峯村 晃・森川千春・吉田清志・橋本好弘・横山和成（2006）土と微生物 60：130.（講要）
前田征之・太田沙由理・古川勇一郎・白鳥 豊・原澤良栄・中保一浩（2017）日植病報 83：212.（講要）
三澤知央・角野晶大・青木元彦・中保一浩（2018）北日本病虫研報 69：77-84.
村元靖典・渡辺秀樹・棚橋寿彦・中保一浩（2019）日植病報 85：74-75.（講要）
中保一浩・野津あゆみ・前田征之・鍛冶原寛（2012）農業技術大系土壤施肥編 第5-1巻：畑106の12-30.
大谷洋子（2018）関西病虫研報 60：71-76.
鈴木 健・金子洋平・牛尾進吾・竹内妙子（2008）関東東山病虫研報 55：25-29.