北陸病虫研報　68：37～43（2019）
Proc. Assoc. Plant Prot. Hokuriku No.68, 2019

富山県における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のトマト青枯病とネコブセンチュウに対する防除効果

川部眞登[1,3]・井上康宏[2]・植原健人[2]・中保一浩[3]・守川俊幸[1]

Masato KAWABE[1], Yasuhiro INOUE[2], Taketo UEHARA[2], Kazuhiro NAKAHO[3] and Toshiyuki MORIKAWA[1]：

Effect of anaerobic soil disinfestation with sugar containing diatomite and dried molasses against tomato bacterial wilt and cucumber root knot in Toyama.

Tomato bacterial wilt and cucumber root knot are among the most important diseases affecting tomato and cucumber cultivation in Toyama. Control of these diseases by anaerobic soil disinfestation with new materials, namely sugar containing diatomite and dried molasses, was tested in the greenhouse in 2016 and 2017. The disinfestation treatment decreased the numbers of the pathogens *Ralstonia solanacearum* and *Meloidogyne* spp. in soil to at least 60 cm depth and reduced the severity of tomato bacterial wilt and cucumber root knot diseases. This novel soil treatment will be one of the essential techniques for controlling these diseases.

Key words：土壌還元消毒，糖含有珪藻土，糖蜜吸着資材，青枯病菌，ネコブセンチュウ，anaerobic soil disinfestation, sugar containing diatomite, dried molasses, *Ralstonia solanacearum, Meloidogyne incognita*

緒　言

富山県における農業生産は，稲作が中心で，園芸作物の栽培面積は多くない[2)]。しかしながら，富山市に都市近郊型農業生産地として古くからトマト生産を行っている地域がある。その地域では，昭和７年（1932年）に生産出荷組合が組織され，さらに昭和47年（1972年）には国による夏秋トマト指定産地に指定されて大規模な施設栽培が開始された[10)]。その後40年以上，トマトの生産が続いており，現在の主な作付体系はトマトの半促成栽培とキュウリの抑制栽培の組み合わせたものである。そして，長年の連作によって，トマト青枯病とキュウリに対するネコブセンチュウの被害が慢性化し，かねてより大きな問題として指摘されているものの，有効な解決手段は未だ見出されていない。

土壌病害の管理技術として土壌消毒は重要な技術であり，そのうちの一つである土壌還元消毒は複数の土壌病害やネコブセンチュウに対して非常に効果の高い消毒法であることが知られている[5, 7)]。土壌還元消毒には，有機物の添加，プラスチックフィルムによる被覆，灌水処理という一連の作業が必要であり，添加する有機物の種類（ふすまや米ぬか，廃糖蜜，低濃度エタノールなど）によって作業性や消毒効果が異なる[5, 7)]。土壌還元消毒は高い消毒効果が得られるばかりでなく，化学土壌燻蒸剤などのように人に対する毒性はなく，生産者にとって使いやすい土壌消毒法である。しかし，用いる資材によっては消毒範囲が狭く，青枯病など土壌深層まで分布する病原体に対する消毒効果が不十分なことや，液肥混入器等にかかる初期コスト，作業性などが問題となってくる[7, 9)]。

[1]富山県農林水産総合技術センター　Toyama Prefectural Agricultural, Forestry & Fisheries Research Center; Yoshioka 1124-1, Toyama, Toyama 939-8153
[2]農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センター　Central Region Agricultural Research Center, NARO, Kannondai 2-1-18, Tsukuba, Ibaraki 305-8666
[3]農業・食品産業技術総合研究機構 野菜花き研究部門　Institute of Vegetable and Floriculture Science, NARO, Kannondai 3-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305-8519

本研究では，土壌深層まで有機物を届かすことができ，コストが低く作業性も良い新規資材を選択し，土壌深層まで分布する青枯病菌とネコブセンチュウを対象とした土壌還元消毒の実証試験を行ったので報告する。

材料および方法

1．土壌還元消毒

実証試験は富山県富山市八ケ山地区の農家圃場で行い，各処理区には連棟パイプハウスの一区画（5.6m×30m）を使用した。新規資材として，糖蜜吸着資材（ダイズの皮に廃糖蜜を吸着させた資材であるオマラス95（サンピラーズ㈱）と糖含有珪藻土（味の素㈱のアミノ酸製造時に生じる副生物で，珪藻土に糖が吸着したもの）を使用した。土壌還元消毒の作業工程としては以下の通りに行った。

まず各資材を土壌に散布・耕耘し，圃場に灌水チューブ（スミチューブ06-120，住友電気工業㈱）を配置し，湛水状態になるまで均一に散布した（約300L/㎡）。土壌還元消毒に十分な水量の確保ができたかの確認には，灌水処理をした圃場に棒を突き刺し，60㎝以上大きな抵抗なく棒が沈み込むかどうかで判断した。その後，被覆フィルム（バリアースターV，東罐興産㈱）で圃場表面を被覆し，約1週間後に追加灌水（約100L/㎡）を行い，その後2週間程度おくことにより土壌還元消毒を行った。

2．還元状態の確認

土壌の還元状態はジピリジル反応の呈色具合により判断をした[12]。具体的にはルートオーガ（大起理化工業㈱）で採取した土壌の表面にジピリジル溶液（0.2%となるようにα，α'－ジピリジルを10% 酢酸溶液に溶解した）を散布し，その呈色程度から還元状態を3段階（呈色反応が見られない，呈色反応がみられる，呈色反応が迅速・鮮明に見られる）で評価した。

3．栽培

土壌還元消毒を行った後，3月末から7月末まで半促成作型でトマト（品種：Bバリア／T-075，タキイ種苗㈱）を，8月から11月中旬まで抑制作型でキュウリ（品種：ときわG-II／T-178，ときわ研究場㈱）を栽培した。トマト，キュウリ栽培の畝間は1m，トマトの株間は40㎝，キュウリの株間は80㎝で，両作物とも現地の慣行で栽培を行った。

4．病原体の定量

青枯病菌とネコブセンチュウ数を計測するための土壌のサンプリングは，消毒前後とトマトの定植前と栽培後に行った。各試験区内の3地点（圃場の通路側，中央，通路の反対側）から，それぞれ浅層（0－30㎝）と深層（30－60㎝）部の土壌を採取した。

青枯病菌数の計測はMPN-PCR法[3, 4]で行い，ネコブセンチュウ2期幼虫数（以下：線虫数）の計測は，ベルマン法（生土20gで2反復，25℃，72時間分離）で分離の後，実体顕微鏡下で計数した。

5．トマト青枯病の発病程度およびキュウリに対するネコブセンチュウの被害程度の調査

トマト青枯病の発病程度は4段階（0，健全；1，下位葉の萎凋・黄化が見られる；2，上位葉の萎凋・黄化が見られる；3，全身の萎凋・枯死）で評価し，発病度＝{(0×評価0の株数＋1×評価1の株数＋2×評価2の株数＋3×評価3の株数)／3×調査株数}×100とした。1処理区で80株を調査し，それを3反復行った。

キュウリに対するネコブセンチュウの被害程度は5段階（0，根こぶなし；1，根こぶが僅かに認められるが被害は目立たない；2，一見して根こぶが認められる．大きな根こぶやつながった根こぶは少ない；3，大小の根こぶが多数認められる．根こぶに覆われて太くなった根も見られるが，根域全体の50％以下；4，多くの根が根こぶだらけで太くなっている）で評価し，根こぶ指数＝{(0×評価0の株数＋1×評価1の株数＋2×評価2の株数＋3×評価3の株数＋4×評価4の株数)／4×調査株数}×100とした。2017年は各処理区で5株を，2018年は各処理区で15株を調査した。

6．実証試験

実証試験として，2016年8月2日と2017年8月10日に新規資材を用いた土壌還元消毒を行った。

2016年は，糖蜜吸着資材2t/10a処理区，糖含有珪藻土1t/10a処理区，無処理区の3つの区を設置した。8月26日に被覆資材をはがし，土壌の還元状態をジピリジル反応によって確認した。土壌のサンプリングは，消毒前の2016年8月1または2日，消毒後の2016年8月26日，トマト定植前の2017年3月13日，栽培後の2017年8月7または8日に行った。

トマト青枯病の発病程度は2017年7月18日に調査した。また，キュウリに対するネコブセンチュウの被害程度は，2017年11月20日に調査した。

2017年は，糖含有珪藻土2t/10a処理区，糖含有珪藻土1t/10a処理区，ダゾメット粉粒剤処理区，無処理区の4つの区を設置した。9月6日に被覆資材をはがし，

土壌の還元状態をジピリジル反応によって確認した。ダゾメット粉粒剤処理区は11月20日にダゾメット粉粒剤を30kg/10aを処理した後に被覆し，2018年３月20に被覆資材をはがし，ダゾメット粉粒剤処理区とした。土壌のサンプリングは，消毒前の2017年８月７または８日，消毒後の2017年９月６日，トマト定植前の2018年３月23日，栽培後の2018年８月27日に行った。

トマト青枯病の発病程度は2018年７月16日に調査した。また，キュウリに対するネコブセンチュウの被害程度は，2018年11月20日に調査した。

結果および考察

2016年に土壌還元消毒を行った圃場では，糖含有珪藻土処理区および糖蜜吸着資材処理区で地下60㎝までジピリジルによる呈色反応が迅速・鮮明に見られたため，地下60㎝までの土壌が還元状態にあると判断した（データ省略）。また，2017年に土壌還元消毒を行った圃場では，異なる量を用いた糖含有珪藻土処理区で地下60㎝までジピリジルによる呈色反応が見られたため，地下60㎝までの土壌が還元状態にあると判断した（データ省略）。

これら新規資材を用いた土壌還元消毒の，浅層および深層の青枯病菌への影響を調査した。糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材を用いた2016年の土壌還元消毒では，消毒前と比較して両資材処理区の浅層および深層の青枯病菌数が大幅に低下した（第１表）。その後，両資材処理区において，トマト定植前まで浅層および深層の青枯病菌数は低いまま維持され，栽培後には全ての処理区の浅層および深層における青枯病菌数の多少の増加が見られたが，両資材処理区において無処理区と比較して低くなる傾向にあった（第１表）。しかしながら，糖蜜吸着資材処理区で栽培後に菌数が大幅に増加している地点も１か所あり（第１表），このように１か所で大幅な菌数の増殖が検出される事例は，青枯病菌の感染植物からの土壌への移行などによる部分的な菌の増殖の可能性による事なども考えられる[4)]。

異なる量の糖含有珪藻土を用いた2017年の土壌還元消毒では，消毒前と比較して両資材処理区の浅層および深層の青枯病菌が低下する傾向にあったが，消毒効果が不十分であったためか，いくつかの地点では菌数の低下が見られなかった（第２表）。トマト定植前には両資材処理区の浅層および深層で青枯病菌数がさらに低くなり，

第１表　糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材による土壌還元消毒後の土壌中の青枯病菌数の推移（2016年）

処理区		土壌深度	土壌1g中の細菌数[a)]			
			消毒前	消毒後	定植前（トマト）	栽培後（トマト）
無処理	地点１	０－30㎝	15	3	6.2	21
		30－60㎝	20	ND	ND	ND
	地点２	０－30㎝	7.2	7.2	7.4	ND
		30－60㎝	7.9	ND	11	93
	地点３	０－30㎝	ND	3.6	3	1100
		30－60㎝	3.6	ND	93	15
糖含有珪藻土（１t/10a）	地点１	０－30㎝	240	ND	ND	240
		30－60㎝	14	9.1	6.1	43
	地点２	０－30㎝	ND	ND	ND	21
		30－60㎝	3.6	ND	7.4	3
	地点３	０－30㎝	3.6	ND	ND	21
		30－60㎝	ND	ND	9.2	3.6
糖蜜吸着資材（２t/10a）	地点１	０－30㎝	7.3	ND	ND	＞2400
		30－60㎝	11	ND	ND	93
	地点２	０－30㎝	ND	ND	ND	7.2
		30－60㎝	53	ND	7.4	ND
	地点３	０－30㎝	6.1	ND	ND	ND
		30－60㎝	12	ND	ND	ND

土壌消毒期間：2016年８月２日～８月26日
サンプリング日：消毒前（2016年８月１，２日），消毒後（2016年８月26日），定植前（2017年３月13日），栽培後（2017年８月７，８日）
ND：検出限界未満
a）細菌数はMPN-PCRによる測定値

無処理区やダゾメット粉粒剤処理区よりも少ない数となった（第２表）。栽培後には両資材処理区の浅層および深層の青枯病菌数は，いくつかの地点では菌数の大幅な増殖が見られたが，無処理区やダゾメット紛粒剤処理区の菌数に近くなる傾向にあった（第２表）。

新規資材を用いた土壌還元消毒のトマト青枯病に対する抑制効果の調査結果を第３，４表に示す。2016年に行った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では，2017年６月５日にトマト青枯病の発病が糖蜜吸着資材処理区において初めて確認され，その後，糖含有珪藻土処理区と無処理区においても発病が見られた。７月18日における青枯病発病程度と発病株率は，無処理区と比較して両区とも有意に低い値となった（第３表）。また，2017年に行った異なる量の糖含有珪藻土を用いた土壌還元消毒では，トマト青枯病の初発は2018年６月19日にすべての試験区で確認された。７月16日における青枯病発病程度と発病株率は各処理区で有意な差は見られなかったが，ダゾメット粉粒剤処理区および無処理区と比較して２t/10aの量を添加した糖含有珪藻土処理区では低い値となる傾向が見られ，１t/10aの量を添加した糖含有珪藻土処理区でもダゾメット粉粒剤処理区よりは低い値となる傾向が見られた（第４表）。

新規資材を用いた土壌還元消毒のネコブセンチュウへの影響を調査した結果を第５，６表に示す。糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材を用いた2016年の土壌還元消毒では，消毒前と比較して両資材処理区の浅層および深層のネコブセンチュウ数が大幅に低下した（第５表）。その後，両資材処理区においてトマト定植前まで浅層および深層のネコブセンチュウ数は低いまま維持され，栽培後も両資材処理区の浅層および深層のネコブセンチュウ数は無処理区と比較して低かった（第５表）。

異なる量の糖含有珪藻土を用いた2017年の土壌還元消

第２表　糖含有珪藻土による土壌還元消毒後の土壌中の青枯病菌数の推移（2017年）

処理区		土壌深度	土壌1g中の細菌数[a]			
			消毒前	消毒後	定植前（トマト）	栽培後（トマト）
無処理	地点１	０－30cm	150	460	150	43
		30－60cm	15	93	ND	7.4
	地点２	０－30cm	9.2	9.2	3.6	3.6
		30－60cm	93	ND	ND	43
	地点３	０－30cm	ND	43	ND	ND
		30－60cm	ND	240	ND	ND
ダゾメット粉粒剤	地点１	０－30cm	240	NT	240	43
		30－60cm	1100	NT	15	460
	地点２	０－30cm	240	NT	9.2	ND
		30－60cm	>2400	NT	0.2	240
	地点３	０－30cm	460	NT	ND	ND
		30－60cm	15	NT	ND	ND
糖含有珪藻土（１t/10a）	地点１	０－30cm	460	ND	ND	460
		30－60cm	150	93	21	3
	地点２	０－30cm	460	460	ND	93
		30－60cm	460	>2400	29	38
	地点３	０－30cm	ND	9.2	7.4	ND
		30－60cm	>2400	240	ND	ND
糖蜜吸着資材（２t/10a）	地点１	０－30cm	23	ND	ND	23
		30－60cm	240	460	ND	1100
	地点２	０－30cm	21	3.6	ND	3
		30－60cm	>2400	>2400	ND	ND
	地点３	０－30cm	240	9.2	ND	ND
		30－60cm	460	240	ND	ND

土壌消毒期間：2017年８月10日～９月６日
サンプリング日：消毒前（2017年８月７，８日），消毒後（2017年９月６日），定植前（2018年３月23日），栽培後（2018年８月27日）
ND：検出限界未満，NT：未調査
a）細菌数はMPN-PCRによる測定値

毒では，消毒前と比較して両資材処理区の浅層および深層のネコブセンチュウ数が低下した（第６表）。トマト定植前には両資材処理区の浅層および深層でネコブセンチュウが検出できなくなり，栽培後においても両資材処理区の浅層および深層の線虫数は，無処理区やダゾメット粉粒剤処理区と比較して低かった（第６表）。

続いて，新規資材を用いた土壌還元消毒の，ネコブセンチュウによるキュウリ被害の抑制効果を調査した結果を第７，８表に示す。糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材を用いた2016年の土壌還元消毒では，2017年11月20日におけるキュウリの根こぶ指数が，無処理区と比較して両資材処理区で有意に低い値となった（第７表）。また，糖含有珪藻土（１t/10a）を用いた2017年の土壌還元消毒では，2018年11月20日におけるキュウリの根こぶ指数が，無処理区と比較して糖含有珪藻土処理区で有意に低い値となった（第８表）。

これらの結果より，新規資材を用いた土壌還元消毒により，少なくとも地下60㎝までの土壌中の線虫数の低減

第３表　糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材による土壌還元消毒後のトマト青枯病発生程度（2017年）

処理区	平均発病度±標準誤差[a)]	平均発病株率(％)±標準誤差
無処理	15.0±3.1 a	14.6±4.0 a
糖含有珪藻土（２t/10a）	3.6±0.5 b	10.2±0.5 b
糖蜜吸着資材（１t/10a）	1.5±4.9 b	6.4±4.5 b

トマトの台木と穂木にはBバリアと T-075を使用し，１試験区当たり80株・３反復で試験を行った。発病程度は７月18日に評価した。
a) 発病程度を０～３で評価し，発病度＝{(０×評価０の株数＋１×評価１の株数＋２×評価２の株数＋３×評価３の株数)／3×調査株数}×100とし，発病度および発病率に対しTukeyの検定（α＝0.05）を行った。異なるアルファベットは処理区間に有意差があることを示す。

第４表　糖含有珪藻土による土壌還元消毒後のトマト青枯病発生程度　(2018年)

処理区	平均発病度±標準誤差[a)]	平均発病株率(％)±標準誤差
無処理	27.5± 7.2 a	31.7± 7.9 a
ダゾメット紛粒剤	47.1±13.2 a	50.8±14.3 a
糖含有珪藻土（２t/10a）	10.1± 2.7 a	11.3± 3.0 a
糖蜜吸着資材（１t/10a）	24.8± 4.3 a	30.0± 4.5 a

トマトの台木と穂木にはBバリアと T-075を使用し，１試験区当たり80株・３反復で試験を行った。発病程度は７月18日に評価した。
a) 発病程度を０～３で評価し，発病度＝{(０×評価０の株数＋１×評価１の株数＋２×評価２の株数＋３×評価３の株数)／3×調査株数}×100とし，発病度および発病率に対しTukeyの検定（α＝0.05）を行った。異なるアルファベットは処理区間に有意差があることを示す。

第５表　糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材による土壌還元消毒後の土壌中のネコブセンチュウ数の推移（2016年）

処理区	土壌深度	土壌20g中の平均ネコブセンチュウ数（最小値－最大値）			
		消毒前	消毒後	定植前（トマト）	栽培後（トマト）
無処理	０－30㎝	212.7 (172.0－262.5)	99.3 (60.0－146.0)	15.5 (11.0－20.5)	4.3 (0.0－12.5)
	30－60㎝	60.2 (11.5－147.5)	37.3 (8.0－80.5)	1.3 (0.5－3.0)	1.3 (0.0－3.5)
糖含有珪藻土（１t/10a）	０－30㎝	136.3 (36.5－282.5)	0.0 (0.0－0.0)	0.0 (0.0－0.0)	0.0 (0.0－0.0)
	30－60㎝	103.0 (72.5－155.0)	0.0 (0.0－0.0)	0.0 (0.0－0.0)	0.0 (0.0－0.0)
糖蜜吸着資材（２t/10a）	０－30㎝	229.0 (136.5－413.5)	0.5 (0－1.5)	0.7 (0.0－2.0)	0.3 (0.0－1.0)
	30－60㎝	52.3 (12.5-－103.5)	0.5 (0－1.5)	0.0 (0.0－0.0)	0.0 (0.0－0.0)

土壌消毒期間：2016年８月２日～８月26日
サンプリング日：消毒前（2016年８月１，２日)，消毒後（2016年８月26日)，定植前（2017年３月13日)，栽培後（2017年８月７，８日）
平均ネコブセンチュウ数は３地点の平均値

第６表　糖含有珪藻土による土壌還元消毒後の土壌中のネコブセンチュウ数の推移（2017年）

処理区	土壌深度	土壌20g中の平均ネコブセンチュウ数（最小値－最大値）			
		消毒前	消毒後	定植前（トマト）	栽培後（トマト）
無処理	０－30㎝	212.7 (172.0－262.5)	99.3 (60.0－146.0)	15.5 (11.0-20.5)	4.3 (0.0-12.5)
	30－60㎝	60.2 (11.5－147.5)	37.3 (8.0－80.5)	1.3 (0.5-3.0)	1.3 (0.0-3.5)
糖含有珪藻土（１t/10a）	０－30㎝	136.3 (36.5－282.5)	0.0 (0.0－0.0)	0.0 (0.0－0.0)	0.0 (0.0－0.0)
	30－60㎝	103.0 (72.5－155.0)	0.0 (0.0－0.0)	0.0 (0.0－0.0)	0.0 (0.0－0.0)
糖蜜吸着資材（２t/10a）	０－30㎝	229.0 (136.5－413.5)	0.5 (0－1.5)	0.7 (0.0－2.0)	0.3 (0.0－1.0)
	30－60㎝	52.3 (12.5－103.5)	0.5 (0－1.5)	0.0 (0.0－0.0)	0.0 (0.0－0.0)

土壌消毒期間：2017年８月10日～９月６日
サンプリング日：消毒前（2017年８月７，８日），消毒後（2017年９月６日），定植前（2018年３月23日），栽培後（2018年８月27日）
平均ネコブセンチュウ数は３地点の平均値

第７表　糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材による土壌還元消毒後のネコブセンチュウによるキュウリの被害程度（2017年）

処理区	調査株数	根こぶ指数±標準誤差[a]
無処理	5	85.0±2.0 a
糖含有珪藻土（２t/10a）	5	0.0±0.0 b
糖蜜吸着資材（１t/10a）	5	30.0±3.7 b

糖含有珪藻土処理区で2017年に栽培したキュウリは穂木と台木にエクセレント353とハイパー昇竜を使用し，その他ではT-178とときわG-IIを使用した。発病程度は11月20日に評価した。
a）根こぶ程度を０～３で評価し，根こぶ指数＝{(０×評価０の株数＋１×評価１の株数＋２×評価２の株数＋３×評価３の株数＋４×評価４の株数)／4×調査株数}×100とし，根こぶ指数に対しSteel-Dwassの検定（α＝0.05）を行った。異なるアルファベットは処理区間に有意差があることを示す。

第８表　糖含有珪藻土による土壌還元消毒後のネコブセンチュウによるキュウリの被害程度(2018年)

処理区	調査株数	根こぶ指数±標準誤差[a]
無処理	15	98.3±0.1 a
糖含有珪藻土（１t/10a）	15	0.0 b

糖含有珪藻土処理区で2018年に栽培したキュウリは穂木と台木にエクセレント353とハイパー昇竜を使用し，その他ではT-178とときわG-IIを使用した。発病程度は11月20日に評価した。
a）根こぶ程度を０～３で評価し，根こぶ指数＝{(０×評価０の株数＋１×評価１の株数＋２×評価２の株数＋３×評価３の株数＋４×評価４の株数)／4×調査株数}×100とし，根こぶ指数に対しSteel-Dwassの検定（α＝0.05）を行った。異なるアルファベットは処理区間に有意差があることを示す。

が図れ，キュウリに対するネコブセンチュウの被害程度が抑制された。資材の処理量に関しては，糖蜜吸着資材では１t/10aで，糖含有珪藻土では２t/10aで効果が見られた。一方，トマト青枯病に対しては，2016年の試験では糖蜜吸着資材（１t/10a）および糖含有珪藻土（２t/10a）を用いた土壌還元消毒により被害程度が抑制された。しかし，2017年の糖含有珪藻土（１t/10a および２t/10a）を用いた土壌還元消毒では，無処理区と比較し有意差は無かったが，抑制効果は見られる傾向にあった。この原因として，2017年の糖含有珪藻土は運搬や保管を行う際の不備により，消毒効果が低下した可能性があり，参考ではあるが2017年の土壌還元消毒で用いた糖含有珪藻土の水溶性COD量（化学的酸素要求量）を数か月後に計測したところ，他の試験に用いた資材の水溶性CODと比較して半分程度まで低下していたことが明らかとなった（井原，私信）。もちろん，消毒期間中の気象や圃場条件の差によって消毒効果が十分でなかったことも考えられるが，本技術を用いる際には，資材の輸送や保存にも十分注意する必要がある。また、同時期に行った他の地域での試験では１t/10aの糖含有珪藻土を用いることで十分な消毒効果を示している場合もあるため[6]，糖含有珪藻土の処理量に関しては２t/10aよりも減らせる可能性が考えられる。

また，トマト青枯病はネコブセンチュウの存在下で被害が促進されることが報告されている[1, 11]。この新規資材を用いた土壌還元消毒では青枯病菌のみならず線虫数を劇的に低下することが確認されたため，青枯病対策を主目的とした土壌消毒より効果的にトマト青枯病の防除が行えることを示唆している。この新規資材を用いた土壌還元消毒を軸とし，他の青枯病や根こぶ線虫病に対する防除手段，例えば高接ぎ木など[8, 11]を用いることにより，すでに使用が禁止された臭化メチルや他の土壌燻蒸剤の代替え手段となることが期待される。

謝　辞

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)「次世代農林水産業創造技術」(管理法人：農研機構生研支援センター）によって実施した。

引用文献

１）Deberdt, P., Queneherve, P., Darrasse, A. and Prior, P.（1999）Increased susceptibility to bacterial wilt in tomatoes by nematode galling and the role of the *Mi* gene in resistance to nematodes and bacterial wilt. Plant Pathol. 48：408～414.

２）北陸農政局統計部（2018）平成28～29年　北陸農林水産統計年報．北陸農政局.

３）Inoue, Y. and Nakaho, K.（2014）Sensitive quantitative detection of *Ralstonia solanacearum* in soil by the most probable number-polymerase chain reaction（MPN-PCR）method. Appl. Microb. Biotech. 98：4169～4177.

４）Inoue, Y. Kawaguchi, A. and Nakaho, K.（2018）Bacterial wilt-resistant tomato rootstock suppresses migration of *Ralstonia solanacearum* into soil. J. Gen. Plant Pathol. 84：118～123.

５）桑原克也・高橋まさみ・大堀智也・三木静江（2011）施設キュウリにおける低濃度エタノールを用いた土壌還元消毒による下層土のネコブセンチュウの防除効果．関東東山病虫研報58：85～87.

６）前田征之・太田沙由里・古川勇一郎・白鳥　豊・原澤良栄・中保一浩（2017）新潟県における糖含有珪藻土を用いた土壌還元消毒法によるトマト青枯病の防除効果．日植病報83：212.

７）門馬法明（2017）土壌還元消毒の普及の現状と今後の展望．土と微生物77：24～28.

８）Nakaho, K., Kajihara, H., Maeda, M., Notsu, A. and Kawara, T.（2012）High-grafting tomatoes to control bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum*. Phytopathology102：S4.85.

９）農研機構　農業環境変動研究センター（2012）低濃度エタノールを利用した土壌還元作用による土壌消毒技術技術資料．http://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/techdoc/ethanol/data.pdf（2019年１月アクセス）

10）富山県農業水産部農産園芸課（1989）富山の園芸．富山県.

11）Uehara, T. and Nakaho, K.（2018）Effects of high grafting on tomato plants infected by *Meloidogyne icognita and Ralstonia solanacearum*. J. Phytopathol. 166：53～58.

12）梅村　弘（2000）土壌技術体系土壌施肥編４，208，農山漁村文化協会，東京.

（2019年11月８日受理）