

トマト土壌病害虫に対する土壌還元消毒の効果

久保 周子・片瀬 雅彦・清水 喜一*・加藤 浩生**・竹内 妙子

キーワード：トマト、土壌病害、センチュウ、土壌還元消毒、フスマ

I 緒 言

現在、集約的栽培や連作によって引き起こされる土壌病害虫の発生が、野菜類の栽培において最も重要な問題のひとつとなっている。土壌病害虫に対しては様々な土壌消毒剤が使用されているが、土壌病害虫全般に効果の高い臭化メチル剤は、2005年には不可欠用途の使用を除き、全面的に使用禁止になることが決定されている。また、臭化メチル剤をはじめとする土壌消毒剤の千葉県における使用量は、全国的にも多く、環境保全的な視点から、防除体系の見直しが迫られている。さらに、生産現場からも新たな視点に立った土壌病害虫防除対策が強く要望されている。

薬剤によらない土壌消毒法として、太陽熱消毒(小玉・福井、1979;小玉ら、1979;芳岡・小玉、1982)、湛水処理による消毒(駒田ら、1970;孫工、1978a;孫工、1978b;孫工・喜田、1978;孫工・喜田、1979)、蒸気土壌消毒(加藤、1982)、熱水土壌消毒(國安・竹内、1986;竹内・福田、1993;西、2000)及び深層地中加温消毒(中村ら、2000;中村ら、2001)などがある。

太陽熱消毒は、40~45℃の地温を約3~4週間維持することで、各種土壌病害に効果を発揮するとされている。このため太陽熱消毒は夏期の高温時に処理が限られること、消毒期間が長いことから、現在の作付体系では導入が困難な場合が多い。湛水処理による消毒は、水深が浅い場合には十分な消毒効果が得られていない(駒田ら、1970)。水田化による防除を試みた場合、スイカつる割病やアズキ萎凋病では、3~4ヶ月の水田化では効果が認められず、5年に渡る水田化でようやく発病が認められなくなることが報告されている(近藤、1995;村田・大原、1938;奈良県立農事試験場、1932)。しかし

ながら湛水処理による消毒では、有機物を投入することで、病原菌が早期に死滅することが報告されている(孫工・喜田、1979)。有機物を投入し、湛水処理することにより、病原菌の死滅効果がより高くなることは、太陽熱消毒でも指摘されており、その条件として、いずれも酸化還元電位(Eh)の低下が上げられている(孫工・喜田、1979;小玉・福井、1979)。

ネギ根腐萎凋病の防除を対象に、北海道立道南農業試験場(以下、道南農試)で開発された土壌還元消毒法(新村、2000;新村ら、1999)は、気温の低い北海道で太陽熱消毒をより効果的に実施するために開発された方法である。土壌の還元化を促進する土壌混和資材としてフスマもしくは米ヌカといった有機物を使用する本消毒法は、薬剤によらない消毒法であることから環境保全型の土壌病害虫防除技術として、評価が高い。ネギ根腐萎凋病を引き起こす*Fusarium*属菌は多くの作物で被害をもたらす土壌病原菌であり、これら*Fusarium*属菌による病害に対し、本消毒法は適用可能であると考えられる。また千葉県の温暖な気候条件では、さらに適用範囲が広がると考えられる。そこで、土壌消毒剤代替技術の一つとして、千葉県の基幹作物であるトマトの土壌病害虫に対する効果を検討した。併せて、本県の気候及び作型を考慮し、防除効果のより高い消毒条件の検討を試みたので報告する。なお、本研究は環境保全型農林業技術開発研究事業の一環として行われた。

本研究の実施に当たって、全国農業協同組合連合会千葉県本部、現地農業協同組合及び千葉県各農業改良普及センターの方々に多大な御協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

II 材料及び方法

1. 試験圃場および試験区の設定

1999~2001年の3カ年の間に、千葉県内の17圃場で土壌還元消毒を行い、トマトの土壌病害虫に対する効果を土壌の種類、処理時期、土壌混和資材の種類と量など

2003年9月11日受理

* 千葉県農林水産部農業改良課

** 全国農業協同組合連合会千葉県本部

本報の一部は、第50回関東東山病害虫研究会(2003年1月23日、千葉県千葉市)において発表した。

を異にした条件下で検討した。土壌の種類、処理時期、土壌混和資材の種類と量、定植月日、対象病害虫及び対照区は第1表の通りとした。各試験圃場の土壌還元消毒区には、1 t/10aのフスマを散布して作土層に混和した。ポリフィルムで被覆した後、ポリフィルム下に設置した灌水チューブを用いて灌水し、ハウスを密閉した。ただし、圃場No.14では頭上灌水で灌水後、ポリフィルムで被覆した。圃場No.13では土壌混和資材としてフスマあるいは米ヌカを使用した2区を設け、土壌還元消毒を行った。また圃場No.6、No.7には、2 t/10aのフスマを施用した後、深耕ロータリーで深さ40cmまで混和し、土壌還元消毒を行った。

フスマを混和せず、ポリフィルム被覆、灌水及びハウス密閉処理を土壌還元消毒区と同様に行った試験区を太陽熱消毒区とし、土壌消毒剤を使用基準にしたがって処理した試験区を薬剤消毒区とした。農業総合研究センター内の試験ではハウス内の土壌表面をシルバーのフィルムで被覆することで、その他現地試験ではハウスを開放することで、地温の上昇を抑制した試験区を無処理区とした。

トマト褐色根腐病の発病は根部の症状により判断した。トマト萎凋病(レース2)及びトマト根腐萎凋病の発病については、*Fusarium*属菌を分離すると共に、症状、発病時期及び維管束の褐変程度によりこれらの病害を区別した。ネコブセンチュウは、これまでの調査結果及び根こぶの形状から、サツマイモネコブセンチュウと判断した。

2. トマト褐色根腐病に対する防除効果試験

千葉県成東町の農家(圃場No.9)で、2000~2001年の2年間に亘って試験を行った。2aのハウス1棟を1区として3区を設け、各区1連制とした。ハウス1では、2000年6月20日から7月20日までの31日間、土壌還元消毒を行った。このハウスでは2001年6月には土壌消毒を行わず、効果の持続性を調査した。ハウス2では、2000年6月には土壌消毒を行わず、2001年6月25日から7月15日までの20日間、土壌還元消毒を行った。ハウス3では2000年、2001年ともにトマト作付直前には土壌消毒を行わなかった。

いずれのハウスでも2000年7月30日にトマト(品種:「ハウス桃太郎」)を定植し、2001年1月まで栽培した。その後、クロロピクリン・臭化メチルくん蒸剤(成分量:32%・14%、商品名:サイロン)を30l/10a所定の方法で処理し、2月~6月にメロンを栽培した。2001年7月28日にホスチアゼート粒剤(成分量:1%、商品名:ネマトリン粒剤)を処理後、トマト(品種:「T-159」)を定植し、2002年1月まで栽培した。

いずれの年もトマト栽培終了時のトマト褐色根腐病に

よる根部褐変程度を発病指数0~4(0:褐変なし、1:25%未満が褐変、2:25%以上50%未満が褐変、3:50%以上75%未満が褐変、4:75%以上が褐変)で評価し、次式により発病度を算出した。調査株数は1区120株とした。

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

第1表に示したとおり、本病を対象として、圃場No.1、No.2、No.3、No.5、No.8、No.10、No.11、No.12、No.14、No.15及びNo.16の計11圃場でも試験を行った。圃場No.1、No.2、No.3、No.5、No.8、No.10、No.11、No.12、No.14及びNo.16では発病度を算出し、防除効果を判定した。圃場No.15では根部の症状を遠観で対照区と比較し、防除効果を判定した。

3. サツマイモネコブセンチュウに対する防除効果試験

千葉県印西市の農家(圃場No.6)で以下の試験を行った。1.5aのハウス内に土壌還元消毒区を1.0a、太陽熱消毒区を0.5aの計2区を設け、各区1連制で試験を行った。40cmの深さまで防除効果を得るために、2 t/10aのフスマを施用して深耕ロータリーで混和し、2000年6月2日から26日までの24日間、土壌還元消毒を行った。7月18日にミニトマト(品種:「スーパーサンチェリー」)を定植し、12月まで栽培した。

土壌消毒前後及び栽培期間中に、深さ0~20cm及び20~40cmの土壌を採取した。採取した土壌から、ベルマン法(土20g、25℃、72時間)によりセンチュウを分離し、ネコブセンチュウを計数した。土壌還元消毒直後の土壌は湿潤であったので、数日間風乾してから、センチュウを分離した。

また、栽培終了時のネコブセンチュウによる根こぶの付着程度と地上部の被害程度を、指数0~10で評価(Zeck, 1971)し、次式により被害度を算出した。調査株数は土壌還元消毒区を20株、太陽熱消毒区を12株とした。

$$\text{被害度} = \Sigma (\text{程度別指数} \times \text{株数}) / (10 \times \text{調査株数}) \times 100.$$

千葉県八街市の農家(圃場No.7)で以下の試験を行った。2aのハウス1棟を1区として、土壌還元消毒区、クロロピクリン・D-Dくん蒸剤(成分量:40%・52%、商品名:ソイリール)区及びメチルイソシアネート・D-D油剤(成分量20%・40%、商品名:ディ・トラベック油剤)区を設け、各区2~3連制で試験を行った。ただし、土壌還元消毒区とした1棟にフスマを施用しない30㎡の区画を設けて太陽熱消毒区とし、計4区とした。土壌還元消毒区は40cmの深さまで防除効果を得るために、2 t/10aのフスマを施用して深耕ロータリーで混和し、2001年6月13日から7月3日までの20日間、土壌還元消毒を行った。太陽熱消毒区及び薬剤消毒区も2001年6月13日に処理を開始した。7月8日にトマト(品種:

久保・片瀬・清水・加藤・竹内：トマト土壌病害虫に対する土壌還元消毒の効果

第1表 土壌還元消毒試験の実施概要及び防除効果

圃場 No.	場所	土壌の種類 (土性)	処理期間	定植月日(品種)	土壌混和資材の種類と量	対象病害虫	対照区	防除効果d)
1	農業総合研究センターA	黒ボク土	1999.8.26～9.27 (33日間)	12/24(ハウス桃太郎)	フスマ1t	褐色根腐病	・太陽熱	+
							・無処理	+
2	農業総合研究センターB	黒ボク土	2000.9.26～10.24 (29日間)	10/30(ハウス桃太郎)	フスマ1t	褐色根腐病	・太陽熱(-)b)	-
							・無処理	-
3	農業総合研究センターC	黒ボク土	2001.6.21～7.9 (18日間)	9/21(ハウス桃太郎)	フスマ1t	褐色根腐病	・太陽熱	+
							・無処理	+
						根腐萎凋病	・太陽熱(-)	-
							・無処理	-
4	農業総合研究センターD	黒ボク土	2001.8.7～8.28 (21日間)	11/15(ハウス桃太郎)	フスマ1t	根腐萎凋病	・メチルイソシアネート・D-D油剤	+
							・太陽熱(-)	-
5	市川市	黒ボク土	2000.7.19～8.9 (21日間)	12/27(桃太郎)	フスマ1t	褐色根腐病	・太陽熱+クロロピクリン・D-D油剤	+
							根腐萎凋病	+
6	印西市	黒ボク土	2000.6.2～6.26 (24日間)	7/18 (スーパーサンチェリー)	フスマ2t (40cm) a)	ネコブセンチュウ	・太陽熱	++
							萎凋病	+
7	八街市	黒ボク土	2001.6.13～7.3 (20日間)	7/8～10(ハウス桃太郎)	フスマ2t (40cm)	萎凋病	・太陽熱	++
							・クロロピクリン・D-D油剤	++
						ネコブセンチュウ	・メチルイソシアネート・D-D油剤	++
							・太陽熱	+
8	銚子市	黒ボク土	2001.7.2～7.25 (23日間)	7/28～29(ハウス桃太郎)	フスマ1t	褐色根腐病	・無処理	+
							・クロロピクリン・D-D油剤	++
9	成東町A	非黒ボク土 (砂土)	2000.6.20～7.20 (31日間)	7/30(ハウス桃太郎)	フスマ1t	褐色根腐病	・無処理 <ホスチアゼート粒剤>c)	+
							ネコブセンチュウ	・ホスチアゼート粒剤
			2001.6.25～7.18 (23日間)	7/28(T-159)	フスマ1t	褐色根腐病	・無処理	+
10	成東町B	非黒ボク土 (砂壤土)	2001.7.9～7.25 (14日間)	7/29(T-159)	フスマ1t	褐色根腐病	・無処理 <ホスチアゼート粒剤>	+
							ネコブセンチュウ	・ホスチアゼート粒剤
11	横芝町A	非黒ボク土 (砂土)	2001.6.30～7.20 (20日間)	7/25(ハウス桃太郎)	フスマ1t	褐色根腐病	・無処理 <D-D剤>	+
							ネコブセンチュウ	・D-D剤
12	横芝町B	非黒ボク土 (砂壤土)	2001.6.25～7.18 (23日間)	7/28(桃太郎エイト)	フスマ1t	褐色根腐病	・太陽熱	++
							ネコブセンチュウ	+
13	横芝町C	非黒ボク土 (砂壤土)	2001.6.25～7.18 (23日間)	7/25(桃太郎エイト)	フスマ1t	ネコブセンチュウ	・ホスチアゼート粒剤	++
							米ヌカ1t	++
14	芝山町	黒ボク土	2001.6.20～7.9 (14日間)	7/10(ハウス桃太郎)	フスマ1t	褐色根腐病	・D-D剤	++
							ネコブセンチュウ	+
15	一宮町	非黒ボク土 (砂壤土)	2001.7.23～8.15 (23日間)	8/19(桃太郎J)	フスマ1t+ホスチアゼート粒剤+ホスチアゼート液剤	褐色根腐病	・無処理 <D-D剤>	+
							ネコブセンチュウ	・D-D剤
16	大原町	非黒ボク土 (砂壤土)	2001.9.4～9.27 (23日間)	10/28(サンロード)	フスマ1t	褐色根腐病	・D-D剤+ダゾメット粉粒剤	+
							萎凋病	+
						ネコブセンチュウ	+	
17	袖ヶ浦町	非黒ボク土 (埴壤土)	2001.5.11～5.31 (20日間)	7月上旬(マイロック)	フスマ1t	根腐萎凋病	・無処理 <D-D剤>	+
							ネコブセンチュウ	・D-D剤

a) 土壌の深さ40cmまでフスマを混和した。

b) 対照区の防除効果が認められなかった場合は、(-)を付した。

c) 病害とは関係ない土壌消毒については無処理とした。<>内薬剤は無処理扱った薬剤。

d) 対照区に対し、防除効果が高かった場合は++、同等であった場合は+、低かった場合は-とした。

無処理区に対し、防除効果が高かった場合は+、同等であった場合は-とした。

対照区と同程度の防除効果であっても、対照区の防除効果が認められなかった場合は、-とした。

「ハウス桃太郎」を定植し、12月まで栽培した。

栽培終了時のネコブセンチュウによる根こぶの付着と地上部の被害程度について、指数0～10で評価し、前述と同様に被害度を算出した。調査株数は1区約70株とした。

第1表に示したとおり、ネコブセンチュウを対象として、No.9、No.10、No.11、No.12、No.13、No.14、No.15、No.16及びNo.17の計9圃場でも試験を行った。圃場No.9、No.10、No.11、No.12、No.14、No.16及びNo.17では被害株率及び被害度を算出し、防除効果を判定した。圃場No.13及びNo.15では根こぶの付着程度を遠観で対照と比較し、防除効果を判定した。

4. トマト萎凋病（レース2）に対する防除効果試験

第1表に示したとおり、本病を対象として、No.5、No.7及びNo.16の計3圃場で試験を行った。圃場No.5及びNo.16は発病株率を算出し、防除効果を評価した。また圃場No.7では、前述に示すように詳細な試験を行った。

トマト萎凋病（レース2）の発病調査は、栽培終了時の茎の導管褐変の有無で評価し、発病株率を算出した。

5. トマト根腐萎凋病に対する防除効果試験

第1表に示したとおり、本病を対象として、No.3、No.4、No.5及びNo.17の計4圃場で試験を行った。圃場No.3及びNo.4では栽培終了時の発病度を、圃場No.5は発病株率を算出し、防除効果を評価した。圃場No.17では遠観で対照と比較し、防除効果を評価した。

6. トマトモザイク病に対する防除効果試験

第1表に示したとおり、本病を対象として、千葉県農業総合研究センター内の圃場（圃場No.4）で以下の試験を行った。2aのハウス1棟を土壌還元消毒区とし、

同型のハウスもう1棟を1aずつ2区に分け、一方を太陽熱消毒区、他方を薬剤消毒区として計3区を設け、各区1連制で試験を行った。2001年8月7日から28日までの22日間、土壌還元消毒を行った。太陽熱消毒区及び薬剤消毒区も2001年8月7日に処理を開始した。

各試験区の2地点、土壌深度15cm及び30cmにTomato mosaic virus (ToMV) によるトマトモザイク病の罹病茎を埋設し、土壌消毒終了時に掘り出した。掘り出した罹病茎を0.1Mリン酸緩衝液 (pH7.0) で磨砕し、得られた粗汁液をNicotiana glutinosaの葉に接種した。接種葉に生じた局部病斑によりウイルスの生存を確認し、防除効果を判別した。

III 結 果

1. トマト褐色根腐病に対する防除効果

圃場No.9の2カ年に亘る試験の結果を第2表に示した。2000年に土壌還元消毒を行った圃場No.9のハウス1の2001年1月の発病度は、同年を無処理としたハウス2の発病度が64.0と高かったのに対し、10.0と低く抑えられた。また、2001年に土壌還元消毒を行ったハウス2の2002年1月の発病度は、2年とも無処理であったハウス3の発病度が80.6であったのに対し、26.5であり、2001年1月の結果と同様、低く抑えられた。さらに、2001年は無処理であったハウス1の2002年1月の発病度は、ハウス2の発病と同程度の24.0であり、ハウス3の発病に比べ低く抑えられた。本試験では、本病に対する土壌還元消毒の防除効果が認められた。いずれのハウスも2001年1月に薬剤消毒を行ったが、2年に亘り土壌還元消毒は無処理であったハウス3では高い発病度となった。したがって、ハウス1で認められた2001年の発病

第2表 トマト褐色根腐病に対する土壌還元消毒の防除効果

ハウス ^{a)}	土壌還元消毒暦		発病度 ^{b)}	
	2000年	2001年	2001年1月	2002年1月
1	土壌還元消毒	無処理	10.0	24.0
2	無処理	土壌還元消毒	64.0	26.5
3	無処理	無処理	—	80.6

注)成東町現地圃場(圃場No.9)。

土壌還元消毒は、1t/10aのフスマを深さ15cmまでの土壌と混和して行った。

a)各ハウスにおける栽培歴

1:2000年6月土壌還元消毒(6月20日～7月20日:消毒日数30日)→抑制トマト→サイロン→半促成メロン→2001年6月無処理→抑制トマト

2:2000年6月無処理→抑制トマト→サイロン→半促成メロン→2001年6月土壌還元消毒(6月25日～7月18日:消毒日数30日)→抑制トマト

3:2000年6月無処理→抑制トマト→サイロン→半促成メロン→2001年6月無処理→抑制トマト

b)発病度は、根部発病度を指数0(無発病)～4(75%以上が褐変)で評価し、次式により算出した。

発病度 = { (Σ(程度別発病株数×指数) ÷ (調査株数×4)) × 100 }

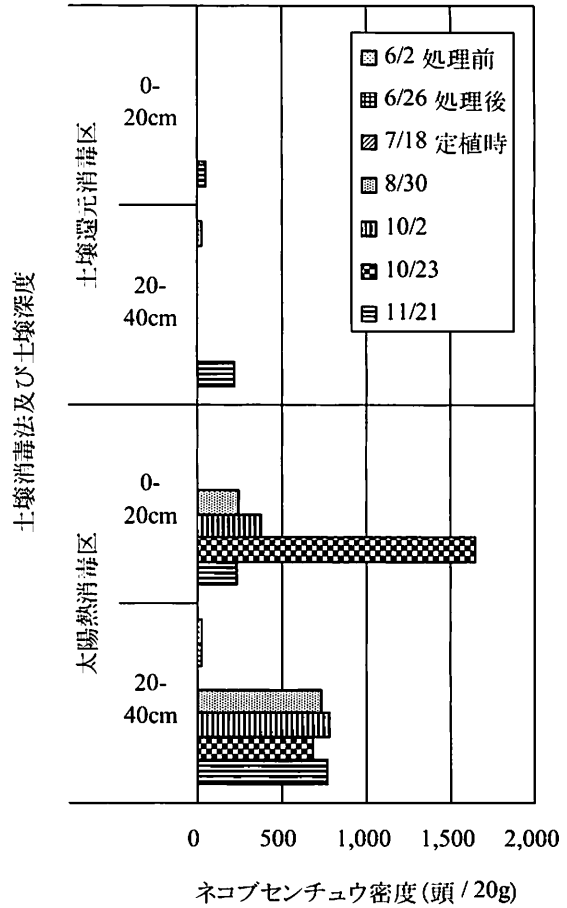
抑制効果は、土壌還元消毒の効果と判断され、効果が2年目まで持続することが明らかとなった。

本病を対象として行った12圃場の試験結果を第1表の防除効果の欄に示した。9～10月に消毒を行った圃場No.2の1試験を除き、いずれの試験でも対照区に比べ同等もしくはそれ以上の防除効果が認められた。その効果は、圃場No.8、No.9、No.10、No.11、No.12、No.14及びNo.15のように消毒直後に定植するハウス抑制栽培で特に高かった。

2. サツマイモネコブセンチュウに対する防除効果

圃場No.6の試験では、40cmの深さまで消毒効果を得るために、2t/10aのフスマを、深さ40cmまで混和して土壌還元消毒を行った。第1図に示したとおり、同時に実施した太陽熱消毒区ではネコブセンチュウ密度が、深さ0～20cm及び20～40cmのいずれの土壌でも、定植約1ヵ月後から高くなったのに対し、土壌還元消毒区では生育期間中を通じ、深さ約40cmまで低密度で推移した。栽培終了時の観察では、太陽熱消毒区でトマトの地上部の枯れ上がりが見られ、根こぶの付着状況からネコブセンチュウによる影響であると考えられた。一方、土壌還元消毒区では地上部の枯れ上がりは見られなかった。第3表に示したとおり、根こぶの付着程度及び地上部の被害程度を総合したネコブセンチュウによる被害度は、太陽熱消毒区で76.9であったのに対し、土壌還元消毒区では30.4と低く抑えられた。

各試験区の地温を第4表に示した。土壌還元消毒区では試験期間中の深さ20cmの地温が処理2日後に30℃を超え、40℃以上となった延べ時間は15時間であったが、深さ40cmの地温は40℃を以上となることはなかった。太陽熱消毒区では、深さ20cmでも40℃以上となることはなかった。



第1図 土壌消毒後の深度別サツマイモネコブセンチュウ密度の経時変化

注) 印西市現地圃場(圃場No.6)。
土壌還元消毒区は、2t/10aのフスマを深さ40cmに混和して行った。
ハウス密閉: 6月2日～6月26日 (消毒日数24日)。

第3表 サツマイモネコブセンチュウに対する土壌還元消毒の防除効果(圃場No.6)

土壌消毒法	被害度a)
土壌還元消毒	30.4
太陽熱消毒	76.9

注) 印西市現地圃場(圃場No.6)。
土壌還元消毒区は、2t/10aのフスマを深さ40cmに混和して行った。
ハウス密閉: 6月2日～6月26日 (消毒日数24日)。

a) 被害度は、株ごとに被害程度を指数0(根こぶの付着なし)～10(株全体が枯死)で評価し(Zeck, 1971)、次式により算出した。
被害度 = (程度別被害株数 × 指数) ÷ (調査株数 × 10) × 100

第4表 処理期間中の地温別延べ時間数(圃場No.6)

土壌消毒法	深さ(cm)	地温別延べ時間数(時間)		
		30℃以上 40℃未満	40℃以上 50℃未満	50℃以上
土壌還元消毒	20	146	15	0
	40	80	0	0
太陽熱消毒	20	120	0	0
	40	8	0	0

注) 印西市現地圃場(圃場No.6)。
土壌還元消毒は、2t/10aのフスマを深さ40cmに混和して行った。
ハウス密閉: 6月2日～6月26日 (消毒日数24日)。

圃場No.7の各試験区の被害度を第5表に示した。土壌還元消毒区のコブセンチュウによる被害度は30.5で、34.1であった太陽熱消毒区とほぼ同等であった。一方、クロルピクリン・D-Dくん蒸剤区及びメチルイソシアネート・D-D油剤区の被害度は、68.1、80.9であり、40cmの深さまでフスマを混入した土壌還元消毒区の被害度は、薬剤消毒区よりも低く抑えられた。

コブセンチュウを対象として行った11圃場の試験結果を第1表の防除効果の欄に示した。部分的に消毒が不完全であった一宮町の圃場No.15の試験を除きコブセンチュウに対しては、対照に比べ安定して防除効果が高かった。しかしながら、いずれの試験でも栽培終了時には根こぶの付着が認められた。特に圃場No.16及びNo.17の試験では根こぶの付着が著しかった。

3. トマト萎凋病 (レース2) に対する防除効果

圃場No.7の試験では、第6表に示したとおり、土壌還元消毒区の本病の発病株率は17.6%と低く抑えられた。一方、太陽熱消毒区の出病株率は68.2%、クロルピクリン・D-Dくん蒸剤区の出病株率は74.3%、メチルイソシアネート・D-D油剤区の出病株率は70.2%といずれも高かった。

これに対して、第1表の防除効果の欄に示したとおり、市川市の圃場No.5や大原町の圃場No.16の試験では、薬剤と同程度の防除効果しか得られなかった。

4. トマト根腐萎凋病に対する防除効果

本病を対象として行った4圃場の試験結果を第1表の防除効果の欄に示した。いずれの試験の防除効果も、薬剤と同等もしくは低かった。

第5表 サツマイモコブセンチュウに対する土壌還元消毒の防除効果(圃場No.7)

土壌消毒法	被害度 ^{a)}
土壌還元消毒	30.5
太陽熱消毒	34.1
クロルピクリン・D-D くん蒸剤	68.1
メチルイソシアネート ・D-D油剤	80.9

注) 八街市現地圃場(圃場No.7)。
土壌還元消毒は、2t/10aのフスマを深さ40cmに混和して行った。
ハウス密閉:6月13日~7月3日(消毒日数20日)。

a) 被害度は、株ごとに被害程度を指数0(根こぶの付着なし)~10(株全体が枯死)で評価し(Zeck, 1971)、次式により算出した。
被害度 = (程度別被害株数 × 指数) ÷ (調査株数 × 10) × 100

5. トマトモザイク病に対する防除効果

トマトモザイク病に対して行った埋設試験の結果を第7表に示した。いずれの深さでもToMVの生存が確認され、防除効果は認められなかった。

第6表 トマト萎凋病に対する土壌還元消毒の防除効果

土壌消毒法	萎凋病発病株率(%)
土壌還元消毒	17.6
太陽熱消毒	68.2
クロルピクリン・D-D くん蒸剤	74.3
メチルイソシアネート ・D-D油剤	70.2

注) 八街市現地圃場(圃場No.7)。
土壌還元消毒は、2t/10aのフスマを深さ40cmに混和して行った。
ハウス密閉:6月13日~7月3日(消毒日数20日)。

第7表 トマトモザイク病(ToMV)に対する土壌還元消毒の防除効果

土壌消毒法	地点	埋設深度(cm)	防除効果
土壌還元消毒	1	15	—
		30	—
	2	15	—
		30	—
太陽熱消毒	1	15	—
		30	—
	2	15	—
		30	—
薬剤消毒	1	15	—
		30	—
	2	15	—
		30	—

注) 農業総合研究センター内圃場(圃場No.4)。
土壌還元消毒は、1t/10aのフスマを深さ15cmに混和して行った。
ハウス密閉:8月7日~8月28日(消毒日数22日)。

IV 考 察

土壌還元消毒法のトマト褐色根腐病に対する防除効果は、土壌の種類に関わらず、極めて高いことが確認された。本病は抵抗性品種や台木の利用、薬剤消毒、太陽熱消毒等様々な防除法があるにもかかわらず、その効果はいずれも不安定で、防除の難しい病害の1つとされてきた。本試験の結果より、その防除効果がいずれの防除法よりも優れていること、さらに2作目まで持続効果が認められたことから、今後最も推奨できる防除法と考える。

ネコブセンチュウに対する防除効果も同様に極めて高かった。特に2t/10aのフスマを深さ40cmまで混和すると、栽培後期まで根こぶの着生は認められず、その結果、栽培後期まで生育は旺盛であった。しかしながら、ネコブセンチュウ密度は、栽培開始後、徐々に上昇することから、その効果は1作に限られた。これは土壌還元消毒法のネコブセンチュウに対する効果が、フスマの混和された深さまでは認められたが、その下の層までは及ばないため、効果が及んだ深さよりも下に残存するネコブセンチュウによる影響と考えられた。

ネコブセンチュウに対する防除効果は、太陽熱消毒と同等の場合もあり、高温による効果も大きいと判断された。しかしながらNo.6の圃場のように、ネコブセンチュウに対する防除効果はないと考えられる地温(皆川ら、1999)であっても、土壌還元消毒はネコブセンチュウに対し顕著な防除効果があったことから、太陽熱消毒よりも消毒可能な時期の長期化及び消毒に要する期間の短縮化が可能なこと、また2t/10aのフスマを深さ40cmまで混和し土壌還元消毒することで効果の及ぶ深さが太陽熱消毒に比べ深くなることことから、土壌還元消毒法は、太陽熱消毒法よりも有効な防除法と考えられる。なお、栽培後期にネコブセンチュウによる被害が認められた場合には、ホスチアゼート液剤(成分量:30%、商品名:アオバ液剤)と併用することで収量に対する影響を最小限に止めることが可能である。

*Fusarium*属菌による病害であるトマト萎凋病(レース2)及び根腐萎凋病に対する防除効果は、薬剤と同様に効果は不安定であると判断された。同じ*Fusarium*属菌によって引き起こされるネギ根腐萎凋病の防除効果に比べ低くなる理由として、トマトはネギに比べ根域が深いこと、したがって病原菌の生息域が土壌の深層部に及ぶことから、作土層のみの土壌消毒では不完全であることが上げられる。No.7の圃場では、2t/10aのフスマを深さ40cmまで混和することで萎凋病に対して高い防除効果が得られたことから、土壌の深層部の消毒を対象とした試験例を増やす必要がある。

モザイク病は病原ウイルスであるToMVの安定性が高く、土壌還元消毒の効果は認められなかった。従って、抵抗性品種の利用が望ましい。しかしながら、ピーマンを犯すトウガラシマイルドモットルウイルス(PMMoV)はToMVと同じグループに属するウイルスであるが、抵抗性遺伝子を打破する系統がすでに報告されており、既存の抵抗性品種では解決できない問題が生じ始めている。ToMVにおいても抵抗性品種を打破する新系統出現の可能性は否定できない。また、他の圃場への伝搬を阻止するためには、伝染源を絶つこと、すなわち、土壌消毒は欠かせない。従って、臭化メチル剤が全廃となる今後、本病に対する新たな防除法の確立が課題である。

今回は、トマトの重要病害の一つである青枯病に対する防除効果試験を行っていないが、病原菌の菌密度が還元過程で急激に低下することを200mlビーカーを用いたモデル試験において確認している(久保ら、2002)。しかしながら、本病の病原菌である*Ralstonia solanacearum*の活動や生存は、土壌の深層部にまで及ぶこと、豊富な水分が必要なことなどが上げられている(駒田ら、1970)。土壌還元消毒の効果が及ぶ範囲はフスマの混和された層までであり、それよりも下までの消毒効果は期待できない。さらに、この消毒法では多量に灌水することから、病原菌の増殖に好適な環境を与えることになる。一般に、青枯病は土壌中に病原菌が存在すると好適発病条件下で激発する傾向があることから、病原菌の性質上菌密度の低下は可能であるが、土壌還元消毒法の効果は不安定と考えられる。

本研究で実施した3カ年に亘る各種条件下における試験結果より、千葉県において土壌還元消毒を効果的に実施するための必要条件を以下のように考察した。

ネコブセンチュウに対し防除効果の高かった圃場No.6や萎凋病(レース2)に対し防除効果の高かった圃場No.7を始め、黒ボク土で行った圃場No.1、No.3、No.4、No.5、No.6、No.7、No.8及びNo.14の試験では、褐色根腐病、萎凋病(レース2)、根腐萎凋病及びネコブセンチュウに対し防除効果が認められた。圃場No.9、No.10、No.11、No.12、No.13、No.15及びNo.16のような非黒ボク土(砂土及び砂壤土)の試験でも、褐色根腐病及びネコブセンチュウに対して防除効果が認められた。また、根腐萎凋病及びネコブセンチュウを対象として行った、非黒ボク土(埴壤土)の圃場No.17でも防除効果が認められた。このことから、土壌の種類は黒ボク土だけでなく、湛水状態することが難しい砂土等でも土壌還元消毒の効果の高いことが明らかとなり、県内の多くの圃場で土壌還元消毒が可能であると判断された。

横芝町の圃場13の試験では、フスマの他、米ヌカの効

果を検討した。その結果、米ヌカでもフスマと同等の防除効果が得られたことから、資材として有効であると判断された。

太陽熱消毒法のように太陽放射を有効に利用する土壌消毒は日射量により適用地域、時期が限定されるが、冷涼な北海道で開発された土壌還元消毒法は、30℃の地温が確保されれば消毒可能である（北海道立道南農業試験場、1999）。またハウス内の地温を30℃以上に維持するためには、20℃以上の気温が必要であるとされている（北海道立道南農業試験場、1999）。第8表に示すとおり、10月に処理を行った圃場No.2の土壌還元消毒区の地温は、深さ15cmの地温が30℃以上となった延べ時間は85時間、深さ30cmの地温が30℃以上となった延べ時間は27時間と地温が得られず、防除効果は認められなかった。平成12年千葉県統計年鑑によると、千葉県内各地域の月別平均気温が20℃を超えるのは、6月～9月までである。本試験の結果からも、安定した効果が確認された消毒時期は6月～9月であり、千葉県における消毒可能な時期はこの期間であると判断された。ただし、圃場No.17のように、5月に土壌還元消毒を行った場合にも、土壌の還元化が確認され、防除効果も確認されたことから、高温年には5月の消毒も可能であると考ええる。

第8表 処理期間中の地温別延べ時間数(圃場No.2)

土壌消毒法	深さ (cm)	地温別延べ時間数(時間)	
		30℃以上 35℃未満	35℃以上
土壌還元消毒	15	85	0
	30	27	0
太陽熱消毒	15	86	0
	30	0	0
無処理	15	8	0
	30	0	0

注) 農業総合研究センター内圃場(圃場No.2)。
土壌還元消毒は、1t/10aのフスマを深さ15cmに混和して行った。
ハウス密閉:9月26日～10月24日(消毒日数28日)。

土壌還元消毒法の作用機作と対象病害について以下のよう考察した。太陽熱消毒法は、地温を40～45℃に上昇させることによる、物理的な土壌消毒法であるが、土壌還元消毒法は、太陽熱消毒法に比べ地温30℃程度の比較的低温でも高い効果が得られる土壌消毒法である。土壌還元消毒法の特徴である土壌の還元過程には、急激に増加した微生物が酸素を消費し土壌中の酸素が乏しくなること、また微生物による有機物の分解過程で有機酸が生成されることなどが知られており(高井ら、1955;高

井ら、1957a;高井ら、1957b)、このような様々な要因が消毒効果に関与していると推察される。これらの要因がどのように殺菌及び殺線虫効果に関与しているかを明らかにしていくことは、今後適用病害虫の拡大を図る上で重要であると考ええる。

小玉・福井(1979)によると、太陽熱消毒によってイチゴ萎黄病菌が死滅する条件下では、白絹病菌及び半身萎凋病菌は検出されない。従って、土壌還元消毒法は、白絹病及び半身萎凋病に対しても、十分効果があると考えられる。本試験ではトマトの土壌病害虫に対する効果を検討したが、他作物の病原菌でもある*Fusarium*属菌、白絹病菌(*Corticium*属菌)、半身萎凋病菌(*Verticillium*属菌)、さらに太陽熱消毒法で有効とされる菌核病菌(*Sclerotinia*属菌)、苗立枯病菌(*Pythium*属菌)、及びイチゴ芽枯病菌(*Rhizoctonia*属菌)(橋本、1983;小玉・福井、1979;小玉ら、1979)に対して、土壌還元消毒法の効果が期待される。トマト以外の作物においても多くの土壌病原菌に対して、効果の有無を明確にすることで、本土壌消毒法の適用場面が広がることを期待される。

なお、有機物であるフスマを多量に施用する本土壌消毒法では、施用したフスマによる土壌の化学性の変化や作物の生育に影響を及ぼすことが予測されている(牛尾ら、2004)。今後は土壌還元消毒を連年処理した場合に、土壌及び各作物の生育に及ぼす影響を明らかにする必要がある。それらを考慮し、適用病害虫及び作型等の条件にあった防除体系を組み立てることが、本消毒法の普及拡大及び定着につながると考える。

V 摘 要

千葉県の基幹作物であるトマトの土壌病害虫を対象に、土壌還元消毒の消毒効果及びその条件を検討した。

1. トマト褐色根腐病及びネコブセンチュウに対し、高い防除効果が認められた。ネコブセンチュウは2t/10aのフスマを深さ40cmまでの土壌と混和することで、より高い防除効果が認められた。
2. トマト萎凋病及び根腐萎凋病に対し、薬剤と同程度の防除効果が認められた。
3. トマトモザイク病に対し、防除効果は認められなかった。
4. 千葉県における消毒可能な時期は、6～9月であった。また、黒ボク土及び非黒ボク土のいずれでも、消毒は可能であった。

VI 引用文献

- 橋本光司 (1983). ナス半身萎ちよう病の生態と防除. 植物防疫37: 111-116.
- 北海道立道南農業試験場 (1999) ねぎの根腐萎ちよう病に対する還元殺菌法. 平成10年度北海道農業試験会議資料, 1-30
- 加藤喜重郎 (1982). 施設における土壌の蒸気消毒. 植物防疫36: 452-456.
- 小玉孝司・福井俊男 (1979). 太陽熱とハウス密閉処理による土壌消毒法について I. 土壌伝染性病原菌の死滅条件の設定とハウス密閉処理による土壌温度の変化. 奈良農試研報10: 71-82.
- 小玉孝司・福井俊男・中西喜徳 (1979). 太陽熱とハウス密閉処理による土壌消毒法について II. イチゴ萎黄病ほか土壌伝染性病害に対する土壌消毒の効果と効果判定基準の設定. 奈良農試研報10: 83-92.
- 駒田旦・竹内昭士郎・藤井溥・井上義孝 (1970). そ菜類土壌病原菌の水田土壌中における生存. 東海近畿農試研報20: 151-166.
- 近藤則夫 (1995). アズキ萎凋病に関する研究. 北海道大学報文紀要19: 411-472.
- 久保周子・片瀬雅彦・牛尾進吾・大塚英一・山本二美・竹内妙子 (2002). 還元消毒法の消毒効果に関する要因. 日植病報68: 206.
- 國安克人・竹内昭士郎 (1986). 熱水注入による土壌消毒のトマト萎ちよう病に対する防除効果. 野菜試験報告A14: 141-148.
- 皆川望・片山勝之・三浦憲蔵 (1999). 太陽熱処理を想定した土壌の加温処理による線虫密度低減効果. 日本線虫学会誌29: 48.
- 村田寿太郎・大原清 (1938). 西瓜蔓割病 (萎凋病) に関する研究成績 (10). 病害虫雑誌25: 489-491.
- 中村靖弘・青木孝一・竹内妙子・三平東作・野口岳美・杉浦武雄・神田哲郎 (2000). 深層地中加温システムと太陽熱併用による土壌消毒. 園学誌, 69別1: 294.
- 中村靖弘・片瀬雅彦・久保周子・青木孝一・杉浦武雄・神田哲郎 (2001). 深層地中加温と太陽熱併用による土壌消毒 (第2報). 園学誌, 70別1: 276.
- 奈良県立農事試験場 (1932). 土壌中に於ける西瓜蔓割病菌の生活力に関する研究. 病害虫雑誌19: 608-609.
- 西 和文 (2000). 熱水を利用した最新の消毒技術. 土壌伝染病談話会レポート20: 190-199.
- 新村昭憲 (2000). ネギ根腐萎凋病の原因と対策. 土壌伝染病談話会レポート20: 133-143.
- 新村昭憲・坂本宣崇・阿部秀夫 (1999). 還元消毒法によるネギ根腐萎ちよう病の防除. 日植病報67: 352.
- 孫工弥寿雄 (1978a). 水利用による土壌伝染性病害の実験 (1). 農及園53: 1255-1259.
- 孫工弥寿雄 (1978b). 水利用による土壌伝染性病害の実験 (2). 農及園53: 1373-1378.
- 孫工弥寿雄・喜田孝一 (1978). 水利用による土壌病害防除に関する研究 6. 湛水処理による土壌中のトマト萎ちよう病菌密度と形態の変動. 日植病報44: 367.
- 孫工弥寿雄・喜田孝一 (1979). 水利用による土壌病害防除に関する研究 7. 有機物とマルチ処理がEhやトマト萎ちよう病防除に及ぼす影響. 日植病報45: 524.
- 高井康雄・小山忠四郎・加村崇雄 (1955). 水田土壌の微生物代謝に関する研究 (第1報). 農化29: 967-972.
- 高井康雄・小山忠四郎・加村崇雄 (1957a). 水田土壌の微生物代謝に関する研究 (第3報). 農化31: 211-215.
- 高井康雄・小山忠四郎・加村崇雄 (1957b). 水田土壌の微生物代謝に関する研究 (第4報). 農化29: 215-220.
- 竹内妙子・福田寛 (1993). 熱水土壌消毒によるトマト青枯病, 褐色根腐病およびサツマイモネコブセンチュウの防除. 千葉農試研報34: 85-90.
- 牛尾進吾・片瀬雅彦・久保周子・山本二美・大塚英一・安西徹郎 (2004). 黒ボク土施設における土壌還元消毒前後の変化. 千葉農総研報3: 105-112.
- 芳岡昭夫・小玉孝司 (1982). 太陽熱利用による土壌消毒. 植物防疫36: 443-446.
- Zeck, W. M. (1971). A rating scheme for field evaluation of root-knot nematode infestations. Pfanzenschutz-Nachrichten, Byer AG, 24: 141-144.

Effect of Sterilization by Soil Reduction on Soil-borne Diseases and Nematode

Chikako KUBO, Masahiko KATASE, Kiichi SHIMIZU*, Hiroki KATO**, and Taeko TAKEUCHI

Key words : tomato, soil-borne diseases, nematode,
sterilization by soil reduction, wheat bran

Summary

We investigated the effect and the condition of sterilization by soil reduction for controlling soil-borne diseases and nematodes of the tomato, which is the main crop in Chiba.

1. Sterilization by soil reduction was very effective for controlling Brown root rot and Southern root-knot nematodes. In particular, sterilization by soil reduction through mixing wheat bran of 2t per 10a to a soil depth of 40cm was more effective for controlling Southern root-knot nematodes.
2. Sterilization by soil reduction was effective for controlling Fusarium wilt and Crown and root rot as well. The effect of soil reduction was equal to that of soil chemicals.
3. Sterilization by soil reduction was not effective for suppressing Mosaic(Tomato mosaic virus).
4. June to September is the period of possible control by soil reduction, in Chiba. It was possible to control by soil reduction for both Andosols and Non-andosols.

(Present Address : * Chiba Prefecture Agricultural Extension Division, **Chiba Prefectural Headquarters National Federation of Agricultural Co-operative Associations ZEN-NOH CHIBA)