透水性改善した土壌における熱水土壌消毒処理と 接ぎ木によるトマト青枯病の防除

窪田昌春・佐藤 衛*・西 和文**・篠原 信

Masaharu Kubota, Mamoru Satou*, Kazufumi Nishi** and Makoto Shinohara: Effect of hot water treatment on soil after enhancing the water permeability of soil and grafting tomatoes for suppressing bacterial wilt

Summary

In one of our fields, almost all tomato plants were wilted by a bacterial pathogen, *Ralstonia solanacearum*, if no plant protection treatments were applied. On the field, grafting a cultivar for harvest onto a cultivar tolerant to the pathogen delayed occurrence of wilt. In another hand, we enhanced the water permeability of the soil by mixing with rice chaff and plowing to a depth of 70 cm before sterilizing the soil with hot water (95°C, 250 L/m²). Thus, the percentage of wilted tomato plants decreased to less than 40%. A biocontrol agent, *Pseudomonas fluorescens* FPT-9601 and FPH-9601, which were mixed in soil for early seedlings, did not suppress the occurrence of wilt. Hot water treatment without enhancing the water permeability of the soil was not effective for plant protection. The temperature of soil at 50 cm depth reached to 60°C when hot water was poured in the soil after enhancing the water permeability; this temperature was sufficient to kill the pathogen. However the temperature at this depth was 35°C when hot water was poured in untreated soil. The density of the pathogen was maintained around or below 10² colony forming units (cfu)/g of dried soil, which is the limit of detection for the pathogen, in the field after enhancing the water permeability of the soil and pouring hot water, but the density was more than 10³ cfu/g in the field without any treatment or with hot water only, before wilt occurrence in each year.

緒 言

ナス科作物の青枯病は、世界的にも温暖地において大きな被害を与える重要病害であり、これまで様々な防除対策が検討されてきたが、現在も大きな被害を与え続けている難防除病害の一つである。国内では、クロルピクリンとカーバムがトマト青枯病に対して農薬登録されているが、その効果は不十分である。また、近年、環境問題に対する意識が高まり、これらの土壌燻蒸剤の使用に対する抵抗感が生じてきている。それに対し、微生物農薬である「セル苗元気」(多木化学)のトマト青枯病に対する防除効果が認められ、育苗用の培養土として農薬登録された。また、同病に対して様々なレベルの耐病性を持つトマト品種が育種、販売されている。しかし、これらの資材や抵抗性品種も、今のところ、単独使用では

決定的な青枯病防除手段とはなっていない。

一方、熱水土壌消毒は1980年代にその試みが開始され⁸⁾、現在普及が進んでいる日本独自の土壌消毒技術である¹⁹⁾。化学薬品を使わないため環境負荷が小さく、病害だけでなく雑草の防除にも効果があり、その防除効果の持続性や土壌の刷新効果も認められているため、臭化メチル使用全廃後の土壌消毒技術として期待されている¹⁹⁾。熱水土壌消毒について、これまで普及とともに様々な技術的な改良が行われて来ており、その詳細は西編¹⁹⁾により記載されている。

熱水土壌消毒は、糸状菌、細菌、線虫などによる多くの土壌病害に適用できることが報告されている¹⁹⁾。しかし、ナス科作物の青枯病に対しては、熱水による温度上昇が及ばない土壌深部で同病菌が生存しうるこ

と^{3,5,7,11,20,30,32)}、水に伴って移動しやすいこと^{4-6,21,26,32)}、さらに栄養分の供給等がなくとも土壤中で増殖できること^{1,13,14,18,20,28,30)}等の理由により防除が困難である。特に透水性が劣った圃場での熱水土壤消毒においては、消毒に必要な熱水量が注入できず、土壤深部での温度上昇が不十分で消毒範囲が限られることとなるため、地表付近の青枯病菌を死滅させることはできても、消毒不能であった深部から水位の上昇によって病原菌が耕土に侵入することが推測される。また、作物の根が伸長して深部に生残した病原菌と接触し、感染することも予想される。しかし、砂質で透水性の優れた圃場においては熱水土壤消毒による成功例が示されている^{22,23)}。本研究では、透水性不良圃場において、有機物の大量施用と深耕による透水性改善後の熱水土壤消毒処理と、耐病性台木の利用や微生物資材を組み合わせ、青枯病菌高濃度汚染下におけるトマトの同病の防除を試みる。

本研究において、熱水土壤消毒機をご貸与いただくとともに使用時に多大なご協力をいただいた竹沢産業、研究室内で多大なご協力をいただいた高土保弘氏、別所種久氏、山内克之氏、梅澤とし子氏、藤本秀美氏、萩原奈央子氏、大西 純博士、飯田祐一郎博士、寺見文宏博士に厚く御礼申し上げます。

材料および方法

1. 圃場試験

(1)2003年：ガラス室において穂木用品種「桃太郎」と、青枯病耐病性がやや優れる「桃太郎 T93」をおよそ第2葉期まで育苗し、およそ第3葉期の青枯病耐病性台木用品種「LS89」または「がんばる根3号」に挿し接ぎし、25℃の培養室にて養生・馴化した後、ガラス室にて第1花房が形成されるまで育苗した。三重県津市にある野菜茶業研究所内の黒ボク土からなる約41×9.5mの青枯病菌汚染露地圃場の1枚を高畝により2分割して、一方に熱水土壤消毒処理を行った(第1表、第1図)。熱水土壤消毒処理では竹沢式熱水土壤消毒機熱水Ⅰ型(竹沢

産業)を用いて、牽引式¹⁹⁾にて約95℃の熱水200 L/m²を圃場に注入した。処理後に水はけを確認した後に被覆を除去して、N・P・Kの各成分10 kg/10 a(くみあいCDU 複合リン加安 S555, 全農)とMg・Caの成分11 kg/10 a(16粒状炭酸苦土石灰, 白石カルシウム)を元肥施用し、定植前に幅1mの畝立て、黒マルチによる畝の被覆を行った。その後、上記の接ぎ木苗と、第1花房形成期まで育苗した「桃太郎」および「桃太郎 T93」の自根苗を、1区当たり25株、各処理3反復ずつ定植、慣行栽培して発病の経過を観察した。

(2)2004年：「桃太郎」と「桃太郎 T93」を粒状園芸培土(呉羽化学)、または微生物資材(セル苗元気, 多木化学)を用いてセル成型育苗し、第2葉期で粒状園芸培土を詰めたポリポットに植え替えた後、第1花房形成期まで育苗した苗を、2003年と同様に熱水土壤消毒処理・施肥した同圃場に、1区当たり25株、各処理3反復ずつ定植、慣行栽培して発病経過を観察した(第1表、第1図)。

(3)2005年：粒状園芸培土と「セル苗元気」を用いて育苗した「がんばる根3号」を台木、「桃太郎 T93」を穂木とした接ぎ木苗と、粒状園芸培土または「セル苗元気」を用いて育苗した「桃太郎 T93」の自根苗を、2003年と同様の圃場に、1区当たり25株、各処理3反復ずつ定植、慣行栽培して発病経過を観察した(第1表、第1図)。

(4)2006年：2003～2005年と同様の熱水土壤消毒区と無処理区のうちの熱水土壤消毒区を2分割して、その一方に、処理区全面に小型パワーショベルを用いて土壤深度およそ70 cmまで深耕を行うとともに、粉殻を14 kg/m²鋤込んで透水性改善を行った。その後、チューブ式にて約95℃の熱水250 L/m²を圃場に注入した。施肥した後の圃場に、粒状園芸培土または「セル苗元気」を用いて育苗した「桃太郎 T93」の自根苗と、粒状園芸培土または「セル苗元気」を用いて育苗した台木品種「がんばる根3号」に「桃太郎 T93」を挿し接ぎした接ぎ木苗を、

第1表 各試験年における処理・栽培日程

試験年	粉殻投入		熱水処理				定植 月/日
	月/日	量 (kg/m ²)	月/日	湯温(℃)	湯量 (L/m ²)	方式	
2003	—	0	4/16～17	95	200	牽引	5/22
2004	—	0	3/16～17	95	200	牽引	4/29～30
2005	—	0	3/15～16	95	200	牽引	5/12
2006	1/17～18	14	6/6～7	95	250	チューブ	6/14
2007	1/9～11	10	4/5～6	95	250	チューブ	5/22
2008	1/16～17	10	4/22～23	95	250	チューブ	5/26

第1図 各年の試験圃場の区割

1区当たり25株（熱水処理のみの試験区は20株），各処理6反復ずつ定植，慣行栽培して発病経過を観察した（第1表，第1図）。

（5）2007年：2006年と試験区の位置を変えずに，透水性改善区には，土壤深度およそ70 cmまで深耕を行うとともに籾殻 10 kg/m^2 を鋤混み，2006年と同様の熱水土壌消毒処理を行い，「桃太郎 T93」自根苗を，1区当たり45株，各処理3反復ずつ定植，慣行栽培して発病経過を観察した（第1表，第1図）。

（6）2008年：2007年と同様に深耕と籾殻の鋤混み処理を行った圃場に，2006年と同様に育苗した自根苗と接ぎ木苗を，1区当たり約45株（熱水処理のみの試験区は30株），各処理3反復ずつ定植，慣行栽培して発病経過を観察した（第1表，第1図）。

2. 土壤温度の測定

各処理区につき3カ所ずつの地表面，土壤深度10，20，30，40，50 cmの地点にセンサーを埋め込んで温度計測し，センサーに接続したデータロガー（SK-L200T，佐藤計量器製作所）で記録した。

3. 土壤中の青枯病菌密度の測定

上述の試験圃場の無処理区，熱水処理のみの区，透水性改善区の，それぞれ6または3地点において，熱水処理前，処理後の被覆除去後からほぼ1週間毎，あるいは栽培終了後に，採土器により深さ10～15 cmと40～

45 cmの土壤を採取した。採取した土壤を蒸留水により 10^2 と 10^3 倍に希釈して，青枯病菌選択培地であるCP原・小野培地（1%カゼイン酸，1%ブドウ糖，10%ペプトン，5%酵母抽出物，1.8%寒天，5 ppm クリスタルバイオレット，50 ppm シクロヘキシミド，50 ppm ポリミキシン B 硫酸塩，10 ppm クロロマイシン，25 ppm トリフェニルテトラゾリウム塩酸塩^{4,26)}）に $100 \mu\text{L}$ 塗布して 30°C で4日間培養した後の青枯病菌集落数を計測した。また， 120°C ，4日間の乾熱処理前後の土壤重量を計測して乾土係数を求め，前出の青枯病菌集落数から1 g 乾土当たりの同病菌集落数を算出した。青枯病菌の検出限界は $3.3 \times 10^2 \text{ cfu/g}$ 生土であり，乾土係数が1.14～2.60であったため，1 g 乾土当たりの検出限界を $1.3 \sim 2.9 \times 10^2 \text{ cfu}$ とした。

結 果

1. 圃場試験

（1）2003年：熱水処理，品種，接ぎ木の組合せによる青枯病防除効果を検討した圃場試験における発病株率の経過では，「LS89」または「がんばる根3号」を用いた接ぎ木による発病遅延や抑制の効果が大きいことが示された（第2図）。熱水処理による防除効果は認められなかった。「桃太郎 T93」は「桃太郎」よりも青枯病に対する耐病性が強いとされており，熱水処理なし，自根の

第2図 2003年の圃場試験における発病株率の推移

「LS89」と「がんばん根3号」を台木、「桃太郎」と「桃太郎 T93」を穂木とした接ぎ木苗、または「桃太郎」「桃太郎 T93」の自根苗を5月22日に定植した。‘熱水’処理では95℃の熱湯を4月16～17日に200 L/m²注入した。値は各区約25株、3反復の平均、誤差線は3反復の標準誤差。

第4図 2005年の圃場試験における発病株率の推移

粒状‘園芸培土’または微生物資材‘セル苗元気’を用いて「桃太郎 T93」または「がんばん根3号」の初期の育苗を行い、「桃太郎 T93」を穂木、「がんばん根3号」を台木とした‘接ぎ木’苗と、「桃太郎 T93」の‘自根’苗を5月12日に定植した。‘熱水’処理では95℃の熱湯を3月15～16日に200 L/m²注入した。値は各約25株、3反復の平均、誤差線は3反復の標準誤差。

第3図 2004年の圃場試験における発病株率の推移

粒状‘園芸培土’または微生物資材‘セル苗元気’を用いて初期の育苗を行った「桃太郎」「桃太郎T93」の自根苗を4月29～30日に定植した。‘熱水’処理では95℃の熱湯を3月16～17日に200 L/m²注入した。値は各区約25株、3反復の平均、誤差線は3反復の標準誤差。

条件では「桃太郎 T93」は「桃太郎」より発病が遅延した。

(2) 2004年：いずれの試験区にも自根苗を用いて、熱水処理、「セル苗元気」、品種の組合せによる青枯病防除効果を検討した試験では、「桃太郎 T93」の各処理区において「桃太郎」よりも発病が遅延した(第3図)。熱水処理、「セル苗元気」の使用による防除効果は認められなかった。

(3) 2005年：穂木に「桃太郎 T93」、台木に「がんばん根3号」を用い、熱水処理、「セル苗元気」、接ぎ木による青枯病防除効果を検討した圃場試験では、2003年と同様に接ぎ木による発病遅延効果が大きかったが、「セル苗元気」、熱水処理による青枯病防除効果は2004年と同様に認められなかった(第4図)。

(4) 2006～2008年：深耕と土壌への粉殻混和による透水性改善処理と熱水処理、接ぎ木の組合せによる青枯病防除効果を検討した。熱水のみ処理区では注入した温湯の土壌への浸透が悪く、熱水処理中に地表に水が溜まったが、透水性改善区では速やかに温湯が土中へと浸透した。2006と2008年の試験における発病株率の調査では同様の傾向となり、接ぎ木による防除効果に加え、透水性改善処理による効果が認められた(第5, 7図)。収量調

第5図 2006年の圃場試験における発病株率の推移
 ‘透水’性改善処理として、1月17～18日に小型パワーショベルで深さ約70 cmまで土壌を深耕すると同時に粉殻14 kg/m²を土壌混和した。‘熱水’処理では95℃の熱湯を6月6～7日に250 L/m²注入した。「桃太郎 T93」を穂木、「がんばる根3号」を台木とした‘接ぎ木’苗と、「桃太郎 T93」の‘自根’苗を6月14日に定植した。値は各区約25株（‘熱水’のみの区は約20株ずつ）、6反復の平均、誤差線は6反復の標準誤差。

第6図 2007年の圃場試験における発病株率の推移
 2006年と同じ試験区割りで、‘透水’性改善処理として、1月9～11日に小型パワーショベルで深さ約70 cmまで土壌を深耕すると同時に粉殻10 kg/m²を土壌混和した。‘熱水’処理では95℃の熱湯を4月5～6日に250 L/m²注入した。「桃太郎 T93」の自根苗を5月22日に定植した。値は各区約45株、3反復の平均、誤差線は3反復の標準誤差。

第7図 2008年の圃場試験における発病株率の推移
 2006と2007年と同じ試験区割りで、‘透水’性改善処理として、1月16～17日に小型パワーショベルで深さ約70 cmまで土壌を深耕すると同時に粉殻10 kg/m²を土壌混和した。‘熱水’処理では95℃の熱湯を4月22～23日に250 L/m²注入した。「桃太郎 T93」を穂木、「がんばる根3号」を台木とした‘接ぎ木’苗と、「桃太郎 T93」の‘自根’苗を5月26日に定植した。値は各区約45株（‘熱水’のみの区は約30株ずつ）、3反復の平均、誤差線は3反復の標準誤差。

査等を行わなかったが、透水性改善・接ぎ木区では、いずれの年も夏季の高温障害が出るまで、第4花房まで収穫が可能であった。ただし、2008年の試験では透水性改善区において窒素欠乏と思われる症状が発生した。2007年の試験では自根苗のみの栽培となったが、透水性改善区においてやや発病が遅延した（第6図）。いずれの年の試験でも熱水処理のみによる効果はない、あるいは小さいと思われた。熱水処理した透水性改善区では深さ50 cmの土壌温度が60℃近くに達し、千葉県長生町の透水性が優れた土壌における熱水処理による青枯病防除成功例の土壌温度分布²²⁾に近づいた（第8図）。本研究で行われた土壌の透水性改善処理が、深い地点での土壌温度の上昇に大きく寄与したことが示された。

2. 土壌中の青枯病菌密度の推移

2003～2005年では熱水処理前後と栽培後の土壌中の青枯病菌密度を計測した。2003年は本圃場における熱水処理が初めてであり、また前年度までの作付けがナス科作物も含めて不規則であったためか、同菌密度の推移に規則性は認められなかった（第9図）。2004年と2005年では、圃場全体で青枯病菌密度の推移が同調したものの、熱水処

第8図 2007年の熱水処理区各土壌深度における最高到達温度の平均

‘透水性改善’処理として、小型パワーショベルで深さ約70 cmまで土壌を深耕すると同時に籾殻10 kg/m²を土壌混和した。‘熱水処理’では95°Cの熱湯を4月5～6日に250 L/m²注入した。各処理区3地点の土壌の各深度に温度センサーを埋め込み、熱水処理直前から5日後まで温度計測し、各深度での最高到達温度の平均値を求めた。‘長生町’は、透水性の優れた圃場であり、95°C、250 L/m²の熱水処理により青枯病防除に成功した事例²²⁾。

第10図 2006年の試験圃場土壌中の青枯病菌密度の推移

‘透水’性改善処理として、小型パワーショベルで深さ約70 cmまで土壌を深耕すると同時に籾殻14 kg/m²を土壌混和した。‘熱水’処理では95°Cの熱湯を6月6～7日に250 L/m²注入した。熱水処理前から定植後の発病による影響が菌密度に現れる前まで、深度10～15 cmと40～45 cmの土壌を採取してCP原・小野培地で同菌を検出した。値は各区3地点の平均。

第9図 2003～2005年の試験圃場土壌中の青枯病菌密度の推移
深度10～15 cmと40～45 cmの土壌を、各年の熱水処理前・後と栽培後に採取してCP原・小野培地で同菌を検出した。‘熱水’処理では95°Cの熱湯を200 L/m²注入した。値は各区6または3地点の平均。

理による同菌密度の抑制効果は認められなかった。土壌深度10～15 cmより40～45 cmのより深い地点での菌密度の変化が大きかった。2006～2008年では、熱水処理前と、熱水処理後、定植された苗の発病による影響が認められる前までの土壌中の青枯病菌密度を計測した(第10～12図)。透水性改善と熱水の両処理を行った区では、2006年の熱水処理直後を除いて、青枯病菌密度が一貫してほぼ検出限界程度以下となり、低く抑えられた。熱水のみを処理した区では、菌密度が不安定で、2008年度には無処理区よりも高く推移した。2006～2007年の試験では10～15 cmと40～45 cmの土壌深度の違いによる青枯病菌密度の差異に一定の傾向は認められなかった。

考 察

本試験で用いた圃場は、無処理区の発病経過からも明らかな通り、青枯病の激発圃場であり、熱水または微生物資材単独の処理では、防除効果は全く認められなかった。今回用いた微生物資材「セル苗元気」は抵抗性誘導剤であり、高濃度の病原菌に対する効果が弱いことは予測された。

第11図 2007年の試験圃場土壌中の青枯病菌密度の推移
2006年と同じ試験区割りで、‘透水’性改善処理として、小型パワーショベルで深さ約70 cmまで土壌を深耕すると同時に粉殻 10 kg/m²を土壌混和した。‘熱水’処理では95℃の熱湯を4月5～6日に250 L/m²注入した。熱水处理前から定植後の発病による影響が菌密度に現れる前まで、深度10～15 cmと40～45 cmの土壌を採取してCP原・小野培地で同菌を検出した。値は各区3地点の平均。

第12図 2008年の試験圃場土壌中の青枯病菌密度の推移
2006と2007年と同じ試験区割りで、‘透水’性改善処理として、小型パワーショベルで深さ約70 cmまで土壌を深耕すると同時に粉殻 10 kg/m²を土壌混和した。‘熱水’処理では95℃の熱湯を4月22～23日に250 L/m²注入した。熱水处理前から定植後の発病による影響が菌密度に現れる前まで、深度10～15 cmと40～45 cmの土壌を採取してCP原・小野培地で同菌を検出した。値は各区3地点の平均。

耐病性品種による発病遅延は認められたため、接ぎ木の利用がトマト青枯病防除のための基礎的な技術となると考えられた^{10,31)}。本試験で用いた台木用品種「がんばる根3号」と収穫用品種「桃太郎 T93」は、2003年当時では新しい青枯病耐病性品種であったが、その後も国内では青枯病や他の病害に対する耐病性の強度が様々な台木用品種が市販され、土壌病害の発生状況に応じて品種の選択が可能である。しかし、本圃場においては、接ぎ木苗の場合でも、透水性改善と熱水を組合せ処理した区（透水性改善区）以外では発病遅延は認められるもののほぼ100%の株が発病し、第3花房以上での収穫は困難となった。このような青枯病激発圃場においては、耐病性台木の中を通過して、上部の耐病性が弱い穂木に達することができた少数の青枯病菌が爆発的に増殖して発病に至る^{16,17,25)}と考えられるため、台木に加えて穂木となる収穫用品種においても耐病性をより高める必要がある¹⁵⁾。青枯病の被害が激しい熱帯地域においては、ナスの台木品種にトマトを接ぐことで防除効果を上げた例もあるが²⁴⁾、高品質のトマト果実が求められる我が国においては、収穫物の高品質を保つことのできる組合せの検討が必要となる。

有機物の大量投入と深耕を組み合わせる透水性改善をはかった試験区における熱水土壌消毒処理では、自根、接ぎ木両区で発病抑制や遅延の効果が認められ、特に接ぎ木との組合せでは発病株率が40%以下となり、夏季の高温障害に至るまで第4花房以上まで収穫が可能であった。本試験で用いた圃場のような青枯病激発圃場においてこのような大きな効果が認められた今回の処理は、青枯病菌による汚染密度がより低い一般的な圃場においては十分な効果が期待できる。今回行われた透水性改善処理は手間がかかるものではあるが、青枯病の発生が生産のネックとなっているような地域において、ある程度、集約的な栽培が可能な経営体には導入しうる技術と考える。

本試験において、越冬後の熱水处理前から定植した苗の発病前までは、青枯病菌密度は検出限界（1.3～2.9 × 10² cfu/g 乾土）以下から約 4 × 10⁴ cfu/g 乾土であった。透水性改善区以外では、一時的に検出限界まで青枯病菌密度が下がった場合にもほぼ全株での発病が認められ、今回の検出限界は発病と青枯病菌密度との相関を明らかにできるレベルではなかった。しかし、2年目以降の透

水性改善区では一貫して青枯病菌密度が検出限界付近以下に抑えられており、他区においても検出限界以下となった場合でも、透水性改善区では青枯病菌密度がより低いと推測され、その差異が発病率の差となった可能性がある。土壌深度が深い地点においては、一旦上がった温度が数十時間維持されることがわかっており¹⁹⁾、深度 50 cm 等のより深度が深い地点での熱水処理時の温度変化からも、透水性改善区における同病菌の防除効果の増強が期待できた。一方、熱水処理のみによる防除効果は認められず、青枯病菌密度の推移においても無処理区と熱水処理のみの区では顕著な差異は認められなかった。青枯病菌が死滅するには 50°C で 3 時間の処理が必要とされているが²⁹⁾、熱水処理のみの試験区では深さ 20 cm の地点でもこの温度に達していなかった。

透水性改善区においては、高温による病原菌の死滅に加え、熱水処理と有機物処理による微生物相の変化が青枯病菌密度や発病程度に影響を与えている可能性がある¹⁹⁾。透水性改善区と無処理区は同一圃場内であり、青枯病菌の土壌中の移動も推測できる^{5,26)} が、透水性改善区では発病抑制や遅延の効果が大きかった。熱水処理前後では総菌数はほぼ維持されるものの菌群が異なり、微生物相が変化することが報告されている¹⁹⁾。これらの菌群中から、透水性改善区に投入された豊富な有機物を基に増殖した菌集団からなる微生物相が、その後非消毒域からの流入、あるいはわずかに生残した青枯病菌の発病閾値密度までの増殖を抑えるのではないかと推測も可能である。1 年目(2006 年)の透水性改善区では、深度 40~45 cm の土壌中における青枯病菌密度が無処理区よりも高かったにもかかわらず、その後同菌密度が低下し、発病率も低く抑えられた。

今回の試験では圃場の区割りの都合で透水性改善処理中の深耕、有機物投入それぞれの効果の検証はできなかったが、熱水処理のみの区では年々土壌が粘土化し、透水性もさらに悪化する印象を持った。このような性質は土質によるものではあろうが、既に言われているように、熱水土壤消毒の効果を高めるためには透水性の確保につながる有機物投入、耕起の必要性が伺われた¹⁹⁾。粘土質土壌においては青枯病の発病が激化することも報告されている⁵⁾。本研究では、熱水土壤消毒における透水性改善処理の有効性を、難防除病害である青枯病の発病抑制・遅延の具体的なデータによって初めて示した。これまで、熱水処理した土壌の物理性の検討はほとんどなされていないが¹⁹⁾、熱水土壤消毒を失敗なく、より効率的に利用するためには、科学的な根拠に基づく土壌改良が求められる。

2008 年に、未熟な植物性有機物である籾殻を大量投入した透水性改善区で窒素欠乏と思われる症状が認められ、対応が求められた。熱水処理した場合の土壌中の窒素代謝や硝化・アンモニア化細菌の消長についての報告があるが¹⁹⁾、異なる有機物の処理等、様々な土壌への処理と熱水処理を組み合わせた場合の、窒素を含めた土壌成分の解析もさらに進め、適切な作物栄養分の管理技術を開発する必要がある。一方、有機物投入により、青枯病菌に対しても有効な土壌還元消毒効果が生じている可能性がある^{2,9,12,18-20,27,30)}。特に、土壌深度が深い地点で、熱水処理により地温がある程度上がるものの、病原菌死滅温度までは達していない地点における消毒効果が期待される。当然、深耕により、この土壌還元消毒効果もより深度が深い地点まで達すると考えられる。

熱水土壤消毒にかかる運転経費は通常では化学薬品を利用する土壤消毒と大差ないが¹⁹⁾、2008 年のような石油価格の高騰時には膨潤し、経営上、不利となる。太陽熱利用機器の併用など、化石燃料以外のエネルギーを併用した温湯作製装置の開発が望まれる。しかし、今回の有機物投入を伴う透水性改善処理、あるいは夏季の高温時における消毒処理の実施等の熱水土壤消毒効果を高める処理¹⁹⁾は、近年、環境負荷が少ない農業技術として検討されているものとも合致することから、これらの処理と組み合わせた熱水土壤消毒は、今後、環境負荷が小さい決定的な土壤消毒技術として位置づけられるであろう。

摘 要

無処理では、トマト苗のほぼ 100% が発病する青枯病激発圃場において、耐病性台木(「LS89」,「がんばる根 3 号」)への接ぎ木苗を利用することにより、発病遅延が認められた。それに加え、土壌深度約 70 cm までの深耕と籾殻の大量(10 kg/m²以上)投入により透水性を改善した後に、熱水土壤消毒処理(95°C, 250 L/m²)を行った場合には、発病株率が 40% 以下となり、大きな防除効果が得られた。土壌温度も、深度 50 cm の地点で、熱水処理のみの区での約 35°C に対し、透水性改善区では 60°C 以上まで上がり、消毒効果が立証された。本圃場では微生物資材「セル苗元気」、熱水土壤消毒のみによる防除効果は認められなかった。土壌中の青枯病菌密度は、無処理、熱水処理のみの区では熱水処理後 10³ cfu/g 乾土オーダーから発病開始後に急増したが、前述の透水性改善区では、2 年目以降、無処理区等の発病開始時まで、本試験での検出限界(10² cfu/g 乾土オーダー)付近以下に抑えられた。

引用文献

- 1) 権堂道夫・有村光生 (1960) 鹿児島大農学報 9 : 96-100.
- 2) Gorissen, A., L. S. van Overbeek and J. D. van Elsas (2004) Can. J. Microbiol. 50: 587-593.
- 3) Graham, J. and A. B. Lloyd (1979) Austr. J. Agric. Res. 30: 489-496.
- 4) 原 秀紀・小野邦明 (1983a) 岡山たばこ試報 42 : 127-138.
- 5) 原 秀紀・小野邦明 (1983b) 岡山たばこ試報 42 : 139-147.
- 6) Kelman, A. and L. Sequeira (1965) Phytopathology 55: 304-309.
- 7) Kishun, R. and H. S. Sohi (1982) Zbl. Microbiol. 137: 643-645.
- 8) 国安克人・竹内昭士郎 (1986) 野菜試報 A14 : 141-148.
- 9) Lazarovits, G., M. Tenuta and K. L. Conn (2001) Austr. Plant Pathol. 30: 111-117.
- 10) Lin, C.-H., S.-T. Hsu, K.-C. Tzeng and J.-F. Wang (2008) Plant Dis. 92: 909-916.
- 11) McCarter, S. M., P. D. Dukes and C. A. Jaworski (1969) Phytopathology 59: 1675-1677.
- 12) Messiha, N. A. S., A. D. van Diepeningen, M. Wenneker, A. R. van Beuningen, J. D. Janse, T. G. C. Coenen, A. J. Termorshuizen, A. H. C. van Bruggen and E. J. Blok (2007) Eur. J. Plant Pathol. 117: 403-415.
- 13) Moffett, M. L., J. E. Giles and B. A. Wood (1983) Soil Biol. Biochem. 15: 587-591.
- 14) Moffett, M. L. and B. A. Wood (1984) Soil Biol. Biochem. 16: 57-61.
- 15) 門馬信二・吉田建実・松永 啓・佐藤隆徳・成河智明・坂田好輝・飛驒健一 (2002) 野茶研報 1 : 23-35.
- 16) Nakaho, K., S. Takaya and Y. Sumida (1996) Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 62: 234-239.
- 17) Nakaho, K. (1997) Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 63: 83-88.
- 18) Nesmith, W. C. and S. F. Jenkins Jr (1985) Phytopathology 75: 1182-1187.
- 19) 西 和文編 (2002) 熱水土壤消毒—その原理と実践の記録一. 日本施設園芸協会, 東京, pp. 1-185.
- 20) 岡部徳夫 (1969) 静岡大農研報 19 : 1-29.
- 21) 小野邦明 (1983) 岡山たばこ試報 42 : 149-153.
- 22) 大嵩洋子 (2004) 今月の農業 48(6) : 15-20.
- 23) 大嵩洋子・若梅 均 (2006) 野茶研集報 3 : 1-6.
- 24) Peregrine, W. T. H. and K. bin Ahmad (1982) Trop. Pest Management 28: 71-76.
- 25) Prior, P., M. Beramis, M. Chillet and J. Schmit (1990) Symbiosis 9: 393-400.
- 26) Satou, M., M. Kubota and K. Nishi (2006) J. Phytopathol. 154: 592-597.
- 27) Schönfeld, J., A. Gelsomino, L. S. van Overbeek, A. Gorissen, K. Smalla and J. D. van Elsas (2003) FEMS Microbiol. Ecol. 43: 63-74.
- 28) Shekhawat, G. S. and M. C. M. Perombelon (1991) Z. Pflanz. Pflanz. 98: 258-267.
- 29) 竹内妙子・福田 寛 (1993) 千葉農試研報 34 : 85-90.
- 30) 田中行久・野田二郎 (1973) 岡山たばこ試報 32 : 81-94.
- 31) Tikoo, S. K., P. J. Mathai and R. Kishan (1978) Curr. Sci. 48: 259-260.
- 32) Van Elsas, J. D., P. Kastelein, P. van Bekken, J. M. van der Wolf, P. M. de Vries and L. S. van Overbeek (2000) Phytopathology 90: 1358-1366.