

ナシ白紋羽病に対するカーバムナトリウム塩液剤の防除効果

新田 浩通

キーワード: 土壌くん蒸剤, カーバムナトリウム塩, 化学的防除, メチルイソチオシアネート, ナシ, 白紋羽病

広島県内のナシ産地では、ナシ白紋羽病による樹勢低下や枯死により生産性の低下が問題となっている。このため、実態調査(新田ら, 1997; 新田, 2000)に加え、防除試験(新田, 1998; 新田ら, 1998・2002; 新田・今井, 1999)を重ね、本病に対するフルアジナム剤やダゾメット剤の防除効果などをこれまでに明らかにした。

しかし、本県のナシ栽培地の多くは粘質な土壌条件の園地であり、ダゾメット剤は粘質土壌でビニル被覆除去後3か月以内にガス抜きのための攪拌処理を行った場合に土壌物理性の悪化と定植後のナシ苗木の生育不良を招いた例がある(新田ら, 2002)。また、カーバム剤は原液の土壌灌注処理による農薬登録のため土壌中における薬液の拡散性や防除効果が懸念される。このため、粘質土壌で本病に防除効果を有し、定植後のナシ樹への生育に影響の無い薬剤およびその処理方法の確立が求められている。

果樹の白紋羽病に登録のある土壌くん蒸剤のうち、ダゾメット剤やカーバム剤の殺菌力は土壌中で発生するメチルイソチオシアネート(以下、MITCと記す)によるものであるが、同じMITCを発生する薬剤としてカーバムナトリウム塩液剤(商品名: キルパー液剤, 成分30%)がある。本剤の成分であるカーバムナトリウムは、土壌中でMITC、硫化水素および二酸化炭素に分解され、殺菌力は主としてMITCによることが報告されている(Munneckeら, 1962; 小宮, 1979)。

カーバムナトリウム塩液剤は、水溶性で扱いやすいことが特徴であり、原液の土壌灌注処理以外にも、希釈液を用いて土壌に施用する処理方法が可能であり(松本, 1998)、ジャガイモそうか病(仲川ら, 2001)やハクサイ黄化病(渡邊・米山, 2001; 渡邊ら, 2002)では2~3倍液、ハウレンソウ萎凋病(酒井ら, 2000・2002)では100~200倍液を用いて防除効果が得られている。

そこで、1998~2001年にわたって、カーバムナトリウム塩液剤を用いて改植時の本病汚染土壌における効果的な防除方法を明らかにしたので報告する。

材料および方法

試験は、広島県立農業技術センター果樹研究所(広島県東広島市安芸津町)で、流紋岩質の埴壤土または花崗岩質の砂壤土を用いて実施した。

供試薬剤は、カーバムナトリウム塩液剤、薬剤処理量は地表面1㎡当り原液120ml相当とし、薬剤処理後は厚さ0.05mmの塩化ビニルフィルムで30~32日間被覆した。

供試樹は、いずれの試験でも塩化ビニルフィルムの除去後に処理土壌をパワーショベルにより耕起し、ガス抜きした後に定植した。

供試樹の発病は、掘り取った根をポリ袋に封入し、25℃恒温下で7~10日間保存した後にナシ白紋羽病菌の菌糸着生程度を調査した。菌糸着生程度は、根の1/3以上に菌糸が見られる状態を「多」、根の1/5~1/3に菌糸が見られる状態を「中」、根の1/5未満に菌糸が見られる状態を「少」、わずかに菌糸が散見される状態を「微」、菌糸の発生が無い状態を「無」の5段階に区分した。

供試樹の薬害の有無は、生育期の葉と枝、掘り取り時の根の観察により調査した。

接種源となる培養枝作成用のナシ白紋羽病菌は、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所から分譲された菌株(R-4)を供試した。ナシ白紋羽病菌培養枝は、長さ1~2cmに切断したブドウ「ピオーネ」の1年生枝(径約1cm、登熟枝)をオートクレーブ温度121℃で30分間滅菌後に本菌株を植菌し、25℃恒温条件下で約1か月間培養し作成した。これらの培養枝は、圃場での試験ではネット袋(縦60cm、横約30cm、網目約2mm)に10または20本ずつ入れて所定の深さに埋設して、各試験項目に記した所定期間経過後に取り出し、25℃湿

室条件下で7日間培養後に菌糸を検鏡した。白紋羽病菌の判別は、本病菌の特徴である菌糸の洋梨形膨張部の有無で行った。

薬剤処理後からビニル被覆終了までの地温は、ブルドン管式温度計（佐藤計量器製作所製、シグマII型隔測温度記録計）により測定した。

土壌硬度は、定植後に深さ30cmの土壌断面を山中式硬度計で1区15箇所を調査した。総枝長は、掘り取り調査時に残存樹の1年生枝の長さを測り合計した。

1. 土壌の違いがMITCの発生量と土壌に埋設した白紋羽病菌に及ぼす影響

花崗岩質の砂壤土と流紋岩質の埴壤土を用い、1998年2月26日にあらかじめ1区画4㎡（2×2m）、深さ60cmまで掘り下げた。その後、地際から深さ20cmまで土壌を埋め戻し、その上から、本剤3倍液1,440mlをジョロで散布した後、残りの土壌を埋め戻した。白紋羽病菌の培養枝は、土壌を埋め戻す際に深さ1, 5, 10, 20, 30, 40, 50cmの位置に埋設した。培養枝の入ったネット袋は、各層とも3箇所ずつ埋設し、同年3月30日に掘り上げた。なお、本試験では土壌を埋め戻した後に地表面の鎮圧を実施していない。

本試験におけるビニル被覆期間（1998年2月26日～3月30日）中の地温の日平均値は、深さ10cmで7.6～13.7℃、深さ30cmで8.9～12.8℃の範囲にあった。

処理土壌の気相中におけるMITC濃度は、真空法ガス採取器（光明理化学工業製、AP-1）とガス検知管とを遠隔採取管で接続して、ガス検知管を処理土壌の深さ0, 10, 20, 30cmの位置に挿し込む方法により、薬剤処理直後、1時間後、3時間後、24時間後に測定した。

2. 花崗岩質の砂壤土における効果的処理方法の検討

1) 処理方法と土壌深度別のナシ白紋羽病菌の生存率

1998年2月27日に、項目1と同一範囲まで掘り下げ、各層に本剤3倍液をジョロで散布する3区と本剤300倍液144ℓを散布しながら混和（以下、300倍液全層混和処理と記す）する区および無処理区の計5区を設けた。本剤3倍液の散布処理区は、深さ60cmの層のみに全量（1,440ml）を散布（以下、3倍液1層散布処理と記す）する区、深さ60cmと30cmの層に半量（720ml）ずつを散布（以下、3倍液2層散布処理と記す）する区、深さ60cm、40cmおよび20cmの層に1/3量（480ml）ずつ散布（以下、3倍液3層散布処理と記す）する区を設けた。

土壌を埋め戻す際には、白紋羽病菌の培養枝を深さ1, 10, 20, 30, 40, 50, 60cmの位置に埋設し、同年3

月30日に掘り上げた。

ビニル被覆期間（1998年2月27日～3月30日）中の地温は項目1と同一範囲内にあった。

2) 300倍液の全層混和処理と土壌深度別のナシ白紋羽病菌の生存率

試験土壌は、項目1と同一範囲まで掘り下げ、項目2-1)の300倍液全層混和処理区と同一方法により、1998年10月14日に本剤を処理した。土壌を埋め戻す際には、白紋羽病菌の培養枝を項目2-1)と同一深度に埋設し、同年11月13日に掘り上げた。本試験では、薬剤処理後の地表面の鎮圧を実施した。

ビニル被覆期間（1998年10月14日～11月13日）中の地温の日平均値は、深さ10cmで14.5～22.9℃、深さ30cmで15.5～23.8℃の範囲にあった。

3. 流紋岩質の埴壤土における効果的処理方法の検討

1) 300倍液の全層混和処理と土壌深度別のナシ白紋羽病菌の生存率

試験は、項目2-2)と同一方法で実施した。

2) 各種処理方法の防除効果

試験1. 3倍液の3層散布処理による防除効果

試験土壌は、白紋羽病の発病跡地を項目1と同一範囲まで掘り下げ、項目2-1)の3倍液3層散布処理と同一方法により、1998年2月26日に本剤を処理した。

土壌を埋め戻す際には、白紋羽病菌の培養枝を深さ10, 30, 50cmの位置に埋設し、同年3月30日に掘り上げた。

ビニル被覆期間（1998年2月26日～3月30日）中の地温は、項目1と同一範囲内にあった。

処理前年の7月13日～9月12日と処理当年の5月20日～7月23日には、深さ20cmの土壌中に白紋羽病菌捕捉用のナシ枝束を1区30箇所（10箇所×3反復）に埋設し、掘り上げ後25℃温室条件下に10日間置き、本菌の捕捉率を調査した。

供試樹は、同年4月3日に、‘ヤマナシ’3年生樹を1区9樹（3樹×3反復）ずつ定植し、同年9月18日に掘り取った。

試験2. 300倍液の全層混和処理による防除効果

試験土壌は、白紋羽病の発病跡地を項目1と同一範囲まで掘り下げ、項目2-1)の300倍液全層混和処理区と同一方法により、1998年10月14日に本剤を処理した。供試樹は、1999年3月1日に、ヤマナシ台‘長十郎’3年生樹を1区9樹（3樹×3反復）ずつ定植し、2000年10月10日に掘り取った。

ビニル被覆期間（1998年10月14日～11月13日）中の地

温の日平均値は、深さ10cmで14.5~22.9℃、深さ30cmで15.5~23.8℃の範囲内であった。

試験3. 原液, 10倍液, 500倍液の全面混和処理が防除効果と土壌硬度に及ぼす影響

試験は、ナシ白紋羽病人工汚染土壌を用いて実施した。

1999年11月4日に、本剤500倍液180ℓを全層混和処理（以下、500倍液全層混和処理と記す）する区、本剤10倍液3.6ℓを全層混和処理（以下、10倍液全層混和処理と記す）する区、カーバムナトリウム塩液剤の原液360mlを土壌灌注器（共立製、HF-4B）で地表面から注入（以下、原液土壌灌注処理と記す）する区および無処理区の4区を設定した。本試験は、薬剤処理後の地表面の鎮圧を実施した。

ナシ白紋羽病人工汚染土壌は、1999年10月28~29日に土壌1.5㎡当たりナシ白紋羽病菌の培養枝500本を混和する方法で作成した。作成した汚染土壌は、予め、1区画3㎡（1×3m）で、深さ30cmの範囲の土壌を掘り取った区画内に搬入し、地表面より約20cm盛土した。処理土壌には、2000年2月29日にヤマナシ台‘幸水’1年生樹を1区9樹（3樹×3反復）ずつ定植し、同年10月10日に掘り取った。

ビニル被覆期間（1999年11月4日~12月4日）中の地温の日平均値は、深さ10cmで8.7~17.0℃、深さ30cmで10.3~17.5℃の範囲にあった。

土壌硬度は2000年5月16日に、総枝長は同年10月10日に調査した。

土壌における菌糸伸長抑制程度は、薬剤処理終了日から10.5か月後（2000年10月16日）に採取した土壌を、ナシ白紋羽病菌の培養枝の入った円筒形のガラス瓶（内径27mm×高さ110mm）に1区10本ずつ詰め、25℃恒温下で30日間保った後に、菌糸の伸長抑制程度を0~3の指数に4区分し、計算式により算出した。菌糸伸長抑制程度の区分と計算式は、下記の通りとした。

指数0：菌糸の伸長が壁面ガラスの2/3以上。

指数1：菌糸の伸長が壁面ガラスの1/3以上2/3未満の範囲。

指数2：菌糸の伸長が壁面ガラスの1/3未満。

指数3：菌糸の伸長が壁面ガラスに全く認められない。

菌糸伸長抑制程度 = $\{ \sum (\text{階級値} \times \text{同一階級のガラス瓶数}) \times 100 \} / (\text{総ガラス瓶数} \times 3)$

3) 全層混和処理濃度と土壌の埋め戻し方法が防除効果および土壌硬度に及ぼす影響

試験は、ナシ白紋羽病人工汚染土壌を用いて実施した。

処理区は、2000年11月6日に、汚染土壌を攪拌しながら本剤500倍液180ℓを散布（以下、500倍液攪拌処理と記す）する区、汚染土壌を積み重ねるように戻しながら本剤500倍液180ℓを散布（以下、500倍液積層処理と記す）する区、汚染土壌を積み重ねるように戻しながら本剤400倍液144ℓを散布（以下、400倍液積層処理と記す）する区、汚染土壌を積み重ねるように戻しながら本剤300倍液108ℓを散布（以下、300倍液積層処理と記す）する区、汚染土壌を積み重ねるように戻しながら本剤200倍液72ℓを散布（以下、200倍液積層処理と記す）する区、汚染土壌を積み重ねるように戻しながら本剤100倍液36ℓを散布（以下、100倍液積層処理と記す）する区および無処理区の7区を設定した。本試験は、薬剤処理後の地表面の鎮圧を実施した。

ナシ白紋羽病人工汚染土壌は、2000年10月25~29日に項目3-2)の試験3と同一方法で作成した。作成した汚染土壌は、予め、1区画3㎡（1×3m）で、深さ50cmの範囲の土壌を掘り取った区画内に搬入した。処理土壌には、同年2月21日にヤマナシ台‘幸水’1年生樹を1区9樹（3樹×3反復）ずつ定植し、同年10月4日に掘り取った。

ビニル被覆期間（2000年11月6日~12月6日）中の地温の日平均値は、深さ10cmで11.4~18.9℃、深さ30cmで12.2~19.3℃の範囲にあった。

土壌硬度は2001年6月29日に、総枝長は同年10月4日に調査した。

結果および考察

1. 土壌の違いがMITCの発生量と土壌に埋設した白紋羽病菌に及ぼす影響

MITC濃度は、図1に示すように、花崗岩質の砂壤土では処理24時間後まで増加し、流紋岩質の埴壤土では処理1時間後に最高となった。本試験において、MITC処理から24時間後までの地温は、深さ10cmで6.7~8.5℃、深さ30cmで8.6~9.2℃の範囲にあったが、密閉条件下におけるカーバムナトリウム塩液剤処理後の経過時間とMITCの気中分析結果によると、MITC濃度は温度10℃では処理24時間後に最高となることが明らかになっている（キルバー協議会、2007）。このことは砂壤土の結果と一致する。また、本試験で埴壤土における処理3時間以降のMITC濃度が低い理由としては、処理後における地表面の鎮圧を実施しなかったことが影響していると考えられる。砂壤土では埋め戻した土壌の地表面がほぼ均一になっており土塊は見られなかったのに対し、埴壤

土では径数cm大の土塊が地表面に多数見られ、大きな空隙が多数存在していた。陸ら (1988) は、MITC の殺菌作用の強さは土塊が大きいほど低下し、土塊中への浸透力はやや弱いことを報告している。これらのことから、埴壤土の土壌で発生した MITC がより早く土壌中から抜け出した可能性が考えられる。

土壌の深度別では、いずれの土壌、時期においても、深さ20cm (薬剤処理部位) で最も高く、次いで深さ30cm の順であり、これらの2区に比べると深さ10cmと地際部の値は顕著に低かった。本試験では、カーバムナトリウム塩液剤3倍液を深さ20cmの層にジョロで散布したことから、本剤が下方の土壌に沁み込んだため深さ30cmの層の MITC 濃度が高かったものと考ええる。

培養枝におけるナシ白紋羽病菌の生存率は、表1に示すように、両土壌とも、深さ20cm (薬剤処理部位) では0%、深さ10cmでは3%であった。砂壤土のその他の部位では、0~10%であった。一方、埴壤土のその他の部

位では、いずれの部位も砂壤土に比べ本菌の生存率が高かった。ハウレンソウ萎凋病に対する本剤の薬効は、表層腐食質黒ボク土では垂直方向に深さ20cmまで認められている (岩崎, 1999) が、本試験では、ナシ白紋羽病菌に対する本剤の垂直下方への薬効は、砂壤土では深さ30cmまで、埴壤土では深さ10cmまでと考えられた。

これらのことから、本剤は、流紋岩質の埴壤土よりも花崗岩質の砂壤土で安定した効果を発揮しやすいと考えられた。

2. 花崗岩質の砂壤土における効果的処理方法の検討

1) 処理方法と土壌深度別のナシ白紋羽病菌の生存率
花崗岩質の砂壤土における本剤の処理方法とナシ白紋羽病菌の生存率を表2に示した。

3倍液1層散布処理における本菌の生存率は、薬剤処理部位である深さ60cmで0%を示したものの、薬剤処理部位から離れるに従って次第に高くなり、地際部~深さ

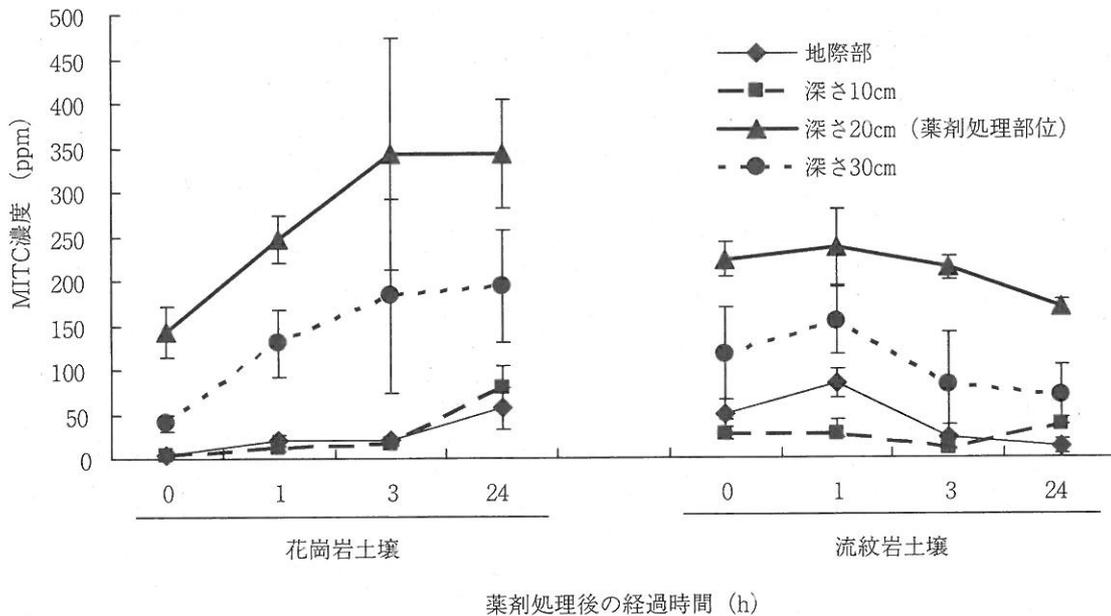


図1 薬剤処理後の経過時間と土壌深度別の MITC 濃度との関係
注) 縦棒は、標準誤差 (n=3)。

表1 花崗岩質の砂壤土と流紋岩質の埴壤土の深さ20cmの層へのカーバムナトリウム塩液剤3倍液散布^{a)}と土壌深度別のナシ白紋羽病菌の生存率

土壌の種類 (土性)	ナシ白紋羽病菌の生存率 (%)					
	深さ1cm	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm
花崗岩 (砂壤土)	10 ± 6 ^{b)}	3 ± 3	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
流紋岩 (埴壤土)	50 ± 10	3 ± 3	0 ± 0	20 ± 15	87 ± 3	80 ± 12

^{a)} ジョロで土壌1㎡当たり原液120mℓ相当量 (1.44L/2.4㎡) を散布処理。 ^{b)} 平均値 ± 標準誤差 (n=3)。

30cmでは無処理と同等であった。

3倍液2層散布処理における本菌の生存率は、薬剤処理部位である深さ30, 60cmのほかにも、その間に位置する深さ40, 50cmで0%を示した。しかし、地際部と深さ10cmでは無処理と同等であった。

3倍液3層散布処理における本菌の生存率は、薬剤処理部位である深さ20, 40, 60cmのほかにも、その間に位置する深さ30, 50cmで0%を示した。しかし、地際部では無処理区と同等であった。

300倍液全層混和处理における本菌の生存率は、深さ30~60cmで0%を示した。しかし、深さ20, 10cmおよび地際部では、それぞれ5, 10, 25%と少しずつ高くなった。

これらのことから、本剤3倍液を散布処理する場合には、1層当たりの処理薬量が少なくなっても処理する層が多いほど効果は安定すると考えられた。しかし、これらの処理では、地際部に近い部位における本菌の生存率が高かった。一方、300倍液全層混和处理区は、地際部~深さ20cmまでの層で本菌の生存が認められたものの、全層で安定した防除効果が認められ、本試験の処理区では、最も高い防除効果が期待できると考えられた。

2) 300倍液の全層混和处理と土壤深度別のナシ白紋羽病菌の生存率

カーバムナトリウム塩液剤300倍液の全層混和处理と土

壤深度別のナシ白紋羽病菌の生存率を表3に示した。

花崗岩質の砂壤土における300倍液全層混和处理は、地際部から深さ60cmまでの全層で、白紋羽病菌を完全に抑制した。

項目2-1)における300倍液全層混和处理区では地際部~深さ20cmまでの層で本菌の生存が認められたが、本試験ではこれらの層でも本菌の生存は認められなかった。

両試験の違いは2点ある。

その1つは、薬剤処理後における地表面の鎮圧が挙げられる。項目2-1)では薬剤処理後に鎮圧を実施しなかったが、本試験では鎮圧を実施した。松本(1998)はMITCの揮散を防ぐための方法の1つとして薬剤処理後の鎮圧をあげており、鎮圧の有無は地表面付近における本菌の生存に影響を及ぼしたと考えられる。

別の要因としては、地温が挙げられる。項目2-1)の試験におけるビニル被覆期間中の地温の日平均値は、深さ10cmで7.6~13.7℃、深さ30cmで8.9~12.8℃、本試験では深さ10cmで14.5~22.9℃、深さ30cmで15.5~23.8℃の範囲にあった。MITCの土壌内拡散速度は、高温ほど速い(Ashleyら, 1963; 大羽ら, 1985)ことが報告されており、項目2-1)の試験よりも本試験において本菌が死滅しやすい条件にあったと考えられる。

表2 花崗岩質の砂壤土におけるカーバムナトリウム塩液剤の処理方法と土壤深度別のナシ白紋羽病菌の生存率

処理方法 (処理液量)	ナシ白紋羽病菌の生存率 (%)						
	深さ 1cm	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm
3倍液1層散布処理 (144L/24m ²)	95±5 ^{a)}	95±5	100±0	90±6	80±8	45±26	0±0
3倍液2層散布処理 (144L/24m ²)	95±5	90±6	60±18	0±0	0±0	0±0	0±0
3倍液3層散布処理 (144L/24m ²)	90±10	35±24	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
300倍液全層混和处理 (144L/24m ²)	25±13	10±6	5±5	0±0	0±0	0±0	0±0
無処理	100±0	95±5	100±0	100±0	95±5	100±0	95±5

^{a)} 平均値±標準誤差 (n=3)。

表3 カーバムナトリウム塩液剤300倍液の全層混和处理と土壤深度別のナシ白紋羽病菌の生存率

土壤の種類 (土性)	処理方法 (処理液量)	ナシ白紋羽病菌の生存率 (%)						
		深さ1cm	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm
花崗岩 (砂壤土)	300倍液全層混和处理 (144L/24m ²)	0±0 ^{a)}	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
	無処理	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0
流紋岩 (埴壤土)	300倍液全層混和处理 (144L/24m ²)	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
	無処理	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0

^{a)} 平均値±標準誤差 (n=3)。

3. 流紋岩質の埴壤土における効果的処理方法の検討

1) 300倍液の全層混和処理と土壌深度別のナシ白紋羽病菌の生存率

カーバムナトリウム塩液剤300倍液の全層混和処理と土壌深度別のナシ白紋羽病菌の生存率を表3に示した。

流紋岩質の埴壤土における300倍液全層混和処理は、花崗岩質の砂壤土における結果と同様に、地際部から深さ60cmまでの全層で、白紋羽病菌を完全に抑制した。

このことから、カーバムナトリウム塩液剤300倍液の全層混和処理は、粘質な流紋岩質の埴壤土でも防除効果を期待できると考えられた。

2) 各種処理方法の防除効果

試験1. 3倍液の3層散布処理による防除効果

流紋岩質の埴壤土におけるカーバムナトリウム塩液剤3倍液の3層散布処理によるナシ白紋羽病の防除効果を表4に示した。

薬剤処理期間中に土壌に埋設した培養枝における本菌の生存率は、3倍液3層散布処理区では、深さ10, 30, 50cmで、それぞれ23, 3, 7%であり、無処理区に比べて顕著に低かった。

一方、土壌中における本菌の捕捉率は、処理前後とも両区間に顕著な差は認められなかった。また、発病樹率は、

は、両区とも44%であった。薬害は、認められなかった。

これらのことから、流紋岩質の埴壤土では、本剤の3倍液3層散布処理により薬剤処理期間中に本菌を完全に死滅させることは困難であり、処理後の土壌に本菌が残存し、本病の防除効果は期待できないと判断した。

試験2. 300倍液の全層混和処理による防除効果

流紋岩質の埴壤土におけるカーバムナトリウム塩液剤300倍液の全層混和処理によるナシ白紋羽病の防除効果を表5に示した。

300倍液全層混和処理区における処理後2年目の発病樹率は33%であったが、発病程度はいずれも「少」以下であり、軽微であった。一方、無処理区の発病樹率は100%を示し、9樹中6樹の発病程度が「多」であり、本病が進行した状態であった。薬害は認められなかった。

これらのことから、流紋岩質の埴壤土における本剤の300倍液全層混和処理は、本病を完全には防除できないものの、処理後2年間は発病率を抑制するとともに、軽微な被害に留めることができ、防除効果は有ると判断した。

表4 流紋岩質の埴壤土におけるカーバムナトリウム塩液剤3倍液の3層散布処理による防除効果

処理方法 (処理液量)	薬剤処理期間中に土壌に埋設した培養枝におけるナシ白紋羽病菌の生存率 (%)			土壌中におけるナシ白紋羽病菌の捕捉率 (%)		発病樹率 (%)	薬害
	深さ10cm	30cm	50cm	処理前 ^{b)}	処理後 ^{c)}		
3倍液3層散布処理 (144L/2.4m ²)	23±23 ^{a)}	3±3	7±7	33±13	20±20	44±11	-
無処理	90±6	90±6	97±3	33±7	33±7	44±11	-

^{a)} 平均値±標準誤差 (n= 3)。 ^{b)} 埋設期間：1997年7月13日～9月12日。 ^{c)} 埋設期間：1998年5月20日～7月23日。

表5 流紋岩質の埴壤土におけるカーバムナトリウム塩液剤300倍液の全層混和処理による防除効果

処理方法 (処理液量)	発病樹率 (%)	枯死樹率 (%)	根における菌糸発生程度別樹数 (樹)					薬害
			多	中	少	微	無	
300倍全層混和処理 (144L/2.4m ²)	33±19 ^{a)}	0±0	0	0	1	2	6	-
無処理	100±0	11±11	6	0	2	1	0	-

^{a)} 平均値±標準誤差 (n= 3)。

表6 流紋岩質の埴壤土におけるカーバムナトリウム塩液剤の処理方法と防除効果、樹生育、土壌硬度および菌糸伸長抑制程度

処理方法 (処理液量)	発病樹率 (%)	枯死樹率 (%)	根における菌糸発生程度別樹数(樹)					総枝長 (cm)	土壌硬度 (kg/cm ²)	菌糸伸長抑制程度	薬害
			多	中	少	微	無				
500倍液全層混和処理 (180L/1.5m ²)	11±11 ^{a)}	0±0 ^{a)}	0	0	0	1	8	398±35 ^{a)}	2.5±0.2 ^{a)}	0	-
10倍液全層混和処理 (3.6L/1.5m ²)	33±19	0±0	0	0	0	3	6	303±33	1.7±0.2	6.7	-
原液土壌灌注処理 (0.36L/1.5m ²)	78±11	11±11	1	1	3	2	2	234±44	1.9±0.1	0	-
無処理	78±22	44±11	4	0	0	3	2	83±16	1.7±0.1	6.7	-

^{a)} 平均値±標準誤差 (n= 3～15)。

表7 流紋岩土壤におけるカーバムナトリウム塩液剤の全層混和処理濃度と土壤の埋め戻し方法が防除効果、樹生育および土壤硬度に及ぼす影響

処理方法 (処理液量)	発病樹率 (%)	枯死樹率 (%)	根における菌糸発生程度別樹数 (樹)					総枝長 (cm)	土壤硬度 (kg/cm ²)	薬害
			多	中	少	微	無			
500倍液攪拌処理 (180L/1.5m ²)	0±0 ^{a)}	0±0 ^{a)}	0	0	0	0	9	418±26 ^{a)}	2.6±0.2 ^{a)}	-
500倍液積層処理 (180L/1.5m ²)	0±0	0±0	0	0	0	0	9	439±18	1.5±0.1	-
400倍液積層処理 (144L/1.5m ²)	22±11	0±0	0	0	2	0	7	380±46	1.3±0.1	-
300倍液積層処理 (108L/1.5m ²)	22±11	0±0	0	0	2	0	7	401±60	1.4±0.1	-
200倍液積層処理 (72L/1.5m ²)	22±11	0±0	0	0	1	1	7	388±58	1.3±0.1	-
100倍液積層処理 (36L/1.5m ²)	22±11	0±0	0	0	0	2	7	387±35	1.2±0.1	-
無 処 理	67±19	44±11	4	0	0	2	3	106±34	1.2±0.1	-

^{a)} 平均値±標準誤差 (n= 3~15)。

試験3. 原液, 10倍液, 500倍液の全面混和処理が防除効果と土壤硬度に及ぼす影響

表6に示すように, 500倍液全層混和処理区におけるナシ白紋羽病の発病樹率は11%であり, 発病程度は軽く, 枯死樹もなく, 最も防除効果が高かった。

10倍液全層混和処理区の発病樹率は33%であり, 発病程度は軽く, 枯死樹もなく, 500倍液散布混和区に次ぐ処理効果が認められた。

原液土壤灌注処理区の発病樹率は78%で無処理区と同等で枯死樹率は11%であった。また, 同区は, 本病が進行した状態の樹, 即ち菌糸発生程度が「中」以上の樹が9樹中2樹存在した。

薬害は, いずれの区も認められなかった。

総枝長は, 500倍液全層混和処理区が最も長く, 次いで10倍液全層混和処理区, 原液土壤灌注処理区の順であった。

定植後の土壤硬度は, 10倍液全層混和処理区, 原液土壤灌注処理区および無処理区が1.7~1.9kg/cm²であったのに対し, 500倍液全層混和処理区は2.5kg/cm²と, 顕著に高かった。500倍液全層混和処理区の土壤硬度が高くなったのは, 供試土壤の殖壤土, いわゆる粘質な土壤に, 処理薬液量が土壤1.5m³当たり180ℓと多く処理されていることによる。本土壤では, 1m²当たり水100ℓを攪拌混和し, 土壤硬度が高くなった事例があり(新田, 2007), 本試験の場合は土壤1m²当たりに換算すると希釈液120ℓを処理したことになり, 土壤硬度が高くなったものと判断された。また, フルアジナムSCでは, 500倍または1000倍液を土壤1m²当たり100~150ℓ処理すると, 50ℓ処理するのに比べて, ナシ白紋羽病菌の検出率が顕著に低くなった(新田ら, 1998)ことが知られている。先に記した処理区間の処理液量の違いは顕著であり, このことが土壤中における本剤の混合均一性に差異をもたらし, 本病の防除効果に影響した可能性が

ある。このため, 処理時の薬液量が防除効果に及ぼす影響については, 本試験で最も効果が高かった500倍液に近い希釈倍率を用いた条件下でさらに究明する必要がある。

薬剤処理から10.5か月経過後の土壤における菌糸伸長抑制程度は, いずれの区も無処理区と同等であり, 抑制効果は認められなかった。

これらのことから, 流紋岩質の殖壤土における本剤の500倍液全層混和処理は, 本病を完全には防除できないものの, 処理後1年間は発病率を抑制し, 軽微な被害に留めることができることから, 防除効果は有ると判断した。なお, 本剤の500倍液全層混和処理は, 定植後の土壤硬度が高くなることから, 土壤硬度を悪化させない処理方法を検討する必要がある。

3) 全層混和処理濃度と土壤の埋め戻し方法が防除効果および土壤硬度に及ぼす影響

表7に示すように, 無処理区の発病樹率は67%, 枯死樹率は44%であったのに対し, 500倍液攪拌処理区と500倍液積層処理区は, ナシ白紋羽病菌の発病が全く認められなかった。その他の4処理区は, 本病の発病樹率が22%であったが, いずれの発病樹も菌糸発生程度が「少」以下の軽微な被害であった。薬害は, いずれの区も認められなかった。

総枝長は, 500倍液積層混和区が最も長く, 次いで他の5処理区であり, 無処理区が最も短かった。

土壤硬度は, 500倍液攪拌処理区で2.6kg/cm²であり, 積層混和した処理区に比べ顕著に高かった。

これまでの結果から, 流紋岩質の殖壤土において最も防除効果が高い処理区は本剤500倍液の攪拌処理と積層処理であり, 処理後1~2年間は発病率を抑制するとともに, 軽微な被害に留めることができることから, 防除効果は有ると判断した。しかし, 本剤処500倍液を用いた2試験は, いずれも白紋羽病菌の培養枝を混和した人

工汚染土壌での結果であるため、今後、本病の発病跡地でも防除効果を追認することが望ましい。

また、処理後の土壌硬度、三相分布およびナシ樹の生育量を考慮すれば、攪拌処理は好ましくない。このため、処理穴に土壌を埋め戻す際には、土壌を層状に積み重ねるように戻しながら薬液を散布する方法、すなわち、積層処理法が最も実用的であると考えられた。

なお、本報告では、本剤のナシ白紋羽病に対する防除効果の確認は処理2年以内であり、その後の防除効果については未確認である。本剤同様にMITCに分解して防除効果を発揮するグゾメット剤では、処理後糸状菌全体の密度低下が確認されており(新田ら, 2002)、本剤も同様なことが推察される。このことは、本菌に拮抗能を持つ菌の密度も同時に低下させる可能性もある。また、グゾメット剤処理後の土壌における本菌の菌糸伸長抑制効果は全く認められておらず(新田, 2007)、本報告でも本剤処理10.5か月後の菌糸伸長抑制効果は全く認められなかった。これらの理由により、本病汚染土壌にナシ樹を新たに定植する場合には、本剤の効果が処理3年目以降も持続することは期待できない。

一方、ナシ樹が成木に達するためには7年以上を要することから、本剤を定植前に処理するだけでは本病の再発を長年にわたって防止することは極めて困難であると考えられる。このため、カーバムナトリウム塩液剤の土壌施用は、処理後1~2年間の本菌密度を低下させる処理と位置づけ、その後は土壌中での残効が長いフルアジナム剤(金谷ら, 1998; 新田ら, 1998; 新田, 2007)を有効に組み合わせ、長年にわたって本病の再発を防ぐ技術の確立が必要である。

なお、本剤処理後のMITC発生量は、温度が高いほど多く、気化しやすいことが知られている(キルパー協議会, 2007)ため、作業者の安全面を考慮すると高温期の処理を避ける必要がある。竹内・大崎(2004)は、カーバムナトリウム塩液剤の希釈液を地表面に散布する処理において、気温が8.3~11.0℃の条件では作業者が被曝するMITC濃度は0.01~0.14ppmであり、作業者への刺激は殆ど認められないことを確認している。このことから、本剤の処理は、冬期に実施することが好ましい。

摘 要

カーバムナトリウム塩液剤を用いて、ナシ白紋羽病を効率的に防除するための処理方法を、1998~2001年の間に圃場試験により検討した。

ナシ白紋羽病が発病した土壌にナシ苗木を定植する場

合には、カーバムナトリウム塩液剤を500倍に希釈し、処理土壌の表面積1㎡当たり原液120ml相当量となるように深さ約60cmまでの範囲に混和後、地表面を鎮圧し、ビニルで約1か月間被覆する。その後、ガス抜きのための土壌攪拌処理を行った後に植え付ければ、処理後1~2年間は発病率を抑制し、軽微な被害に留めることができる。なお、処理穴に土壌を埋め戻す際には、土壌を層状に積み重ねるように戻しながら薬液を散布すれば、処理後の土壌の物理性を良好に保ち、植付け後のナシ苗木の生育を順調に維持することができる。

謝 辞

本研究の実施に当たり、現、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所の兼松聡子博士には供試菌株を供与していただいた。三菱商事株式会社の大島康平氏、水相勝廣氏、府賀伸彦氏および当研究所の技術員諸氏には、ご助言とご協力をいただいた。また、本報告の校閲にあたり、岡山県農業総合センター農業試験場の那須英夫博士並びに島根県農業技術センターの山本淳氏には懇切なご指導をいただいた。これら関係各位に対して、謹んでお礼申し上げる。

引用文献

- Ashley, M.G., B.L. Leigh and L.S. Lloyd 1963. The action of metham-sodium in soil. II. Factors affecting the removal of methyl isothiocyanate residues. *J. Sci. Fd Agric.*, 14: 153-161.
- 藤永真史・竹花祐二・関口秀博・和田健夫・荒井好郎. 1999. カーバムナトリウム塩液剤のマルチ畦内処理および散布土壌混和処理によるハクサイ黄化病の防除効果. *関東東山病虫研報*. 46: 23-26.
- 岩崎泰史. 1999. 土壌くん蒸剤の特性と処理条件による薬剤の効果. *今月の農業*. 43(11): 25-28.
- 金谷 元・伊達寛敬・那須英夫. 1998. ブドウ白紋羽病に対するフルアジナム水和剤の防除効果. *日植病報*. 64(2): 139-141.
- キルパー協議会. 2007. 私信(キルパー環境試験).
- 小林逸郎・剣持伊佐男・大塚邦雄・市川淑子・土屋実. 1999. キャベツ根こぶ病およびバーティシリウム萎凋病に対する土壌くん蒸剤(カーバム剤)の処理方法の検討. *関東東山病虫研報*. 46: 27-29.
- 小宮康平. 1979. 土壌中におけるカーバム(Sodium-N-methylidithiocarbamate)の殺菌効果. (1) カーバム

- 添加土壌を通過した空気の殺菌力. 北日本病虫研報. 30: 56-61.
- 陸 民強・牧野孝宏・手塚信夫・大塚高志. 1988. 土壌伝染性病原菌に対するメチルイソチオシアネート (MITC) の殺菌効果. 関西病虫研報. 30: 37-41.
- 松永光夫. 1998. キルパー液剤の上手な使い方. 今月の農業. 42(12): 52-57.
- 仲川晃生・菅 康弘・迎田幸博. 2001. カーバムナトリウム塩液剤のジャガイモそうか病防除効果. 関東東山病虫研報. 48: 13-17.
- 新田浩通. 1998. ナシ白紋羽病に対する根圏土壌の入れ替えとビニル遮断の併用効果. 関西病虫研報. 40: 107-108.
- 新田浩通. 2000. 土壌くん蒸剤処理後10年経過したナシ園におけるナシ白紋羽病の発生実態. 関西病虫研報. 42: 79-80.
- 新田浩通・畑本 求・栗久宏昭. 2002. ナシ白紋羽病に対するダゾメット微粒剤の防除効果. 広島農技セ研報. 72: 25-34.
- 新田浩通・今井俊治. 1999. フルアジナム SC 剤を処理したナシ白紋羽病罹病樹の着果制限が新梢の発生, 果実形質および再発率に及ぼす影響. 近畿中国農研. 98: 46-49.
- 新田浩通. 2007. 各種薬剤処理による改植時のナシ白紋羽病防除効果. 関西病虫研報. 49: 25-28.
- 新田浩通・小笠原静彦・今井俊治. 1998. ナシ白紋羽病防除におけるフルアジナム SC の効果. 広島農技セ研報. 66: 7-14.
- 新田浩通・小笠原静彦・三善正道・福本和典. 1997. 未熟有機物を埋入したナシ園におけるナシ白紋羽病の発生実態. 関西病虫研報. 39: 55-56.
- Munnecke, D.E., K.H. Domsch and J.W. Eckert. 1962. Fungicidal activity of air passed through columns of soil treated with fungicides. *Phytopathology*. 52: 1298-1306.
- 大羽克明・藤田祐輔・清水浩爾・広瀬茂樹. 1985. メチルイソチオシアネートの土壌内拡散について. 関西病虫研報. 27: 65-66.
- 酒井 宏・漆原俊彦・白石俊昌. 2000. カーバムナトリウム塩液剤の灌水散布処理によるハウレンソウ萎凋病の防除. 関東東山病虫研報. 47: 63-65.
- 酒井 宏・漆原俊彦・白石俊昌. 2002. カーバムナトリウム塩液剤のドーム型被覆内散布処理によるハウレンソウ萎凋病の防除. 関東東山病虫研報. 49: 35-37.
- 竹内繁治・大崎佳徳. 2004. 露地ショウガ根茎腐敗病に対するキルパー液剤の新しい使用方法-地表面散布法. *くらしと農業*. 18(1): 54-57.
- 渡邊 健・諏訪順子・米山一海. 2002. カーバム系薬剤の土壌跡地消毒におけるハクサイ黄化病発病抑制効果. 関東東山病虫研報. 49: 31-34.
- 渡邊 健・米山一海. 2001. ハクサイ黄化病に対するカーバム系薬剤の防除効果. *茨木病虫研報*. 40: 21-26.

Control of White Root Rot on Japanese Pear using Metam-sodium

Hiromichi NITTA

Summary

From 1998 to 2001, field experiments were conducted to control white root rot caused by *Rossellinia necatrix* on Japanese pear using the fumigant metam-sodium. These experiments showed that control of the disease in soil where white root rot had occurred could be achieved for 1 or 2 years after the treatment. The most effective treatment method was as follows.

The soil to be treated with chemical should be dug over beforehand to a depth of 50 cm and left loosely heaped. A metam-sodium solution of 30% technical product should be diluted to 0.06%. Then 60 liters of the dilute solution of metam-sodium per 1 m² of ground should be incorporated evenly by spraying over the already prepared soil. The soil should be piled up without strong mixing during the chemical application, and then kept covered with PVE film for the next 1 month. After the PVE film has been removed, the treated soil should be cultivated to ensure any remaining chemical is completely released.

Following the process mentioned above, the compaction of the chemically treated soil is not adversely effected and plants subsequently transplanted into it grow normally.

Key words : chemical control, fumigant, metam-sodium, methylisothiocyanate, pear, white root rot