

ニホンナシの白紋羽病多発圃場における高温水点滴処理及び 各種処理との併用が発病抑制効果に及ぼす影響

平井達也・塩田あづさ*・高橋真秀・鈴木 健

キーワード：ニホンナシ，白紋羽病，高温水点滴処理，フルアジナムSC，土壌が有する白紋羽病抑止活性

I 緒 言

千葉県のナシ生産現場では主力品種「幸水」等の老木化が進み、収量が低下傾向であることから、多くの生産者は改植の必要性を感じているが、様々な理由から充分に進捗しているとは言えないのが現状である。改植の大きな障害のひとつとなっているのが白紋羽病であり、ナシ生産現場における最重要病害のひとつである。本病の病原菌は子のう菌類に属する *Rosellinia necatrix* Prillieax で、土壌中に長期間生存して伝染源となり、感染すると樹が衰弱してひどい場合は枯死に至る。

白紋羽病に防除効果のある薬剤としてチオファネートメチル水和剤やイソプロチオラン粒剤、フルアジナム SC、ダゾメット微粒剤があるが、千葉県の生産現場においてはフルアジナム SC（商品名：フロンサイド SC、石原バイオサイエンス株式会社）の土壌灌注処理が一般的となっている。しかし、白紋羽病の決定的な対策には至っておらず、多くの生産者が慢性的な被害に悩んでいるのが現状である。

これらの化学的な防除方法に対して、白紋羽病菌が33.7℃では8時間、38.8℃では3時間で死滅する（江口，2005）との知見をもとに、独立行政法人農研機構果樹研究所（現国立研究開発法人農研機構果樹茶業研究部門，以下農研機構果樹研究所）は複数の研究機関と共同で白紋羽病温水治療技術を開発し、白紋羽病温水治療マニュアルを公表した（2010，2013）。本技術は白紋羽病に感染したナシ，リンゴ，ブドウの株元1.5 m×1.5mの範囲に専用の温水処理機を用いて50℃の温水を5～6時間点滴処理し、地温を35～45℃に維持することで、樹体に影響を与えずに白紋羽病菌を死滅させるものである。また、死滅が不完全な場合でも相対的に拮抗微生物の活動が活発になるため、白紋羽病菌の活動を抑制するとしている。

この技術は基本的に生育中の樹に対して行うもので、処理時期は地温の上昇が比較的容易な6～10月を推奨している。しかし改植で利用する場合は冬季に行うことが多く、ま

た抜根後であるため樹体への影響を考慮する必要がない。そこで処理温度60～70℃（以下、高温水）で点滴処理する方法が検討され、高温水を用いた発病跡地の消毒マニュアルが追補として公表された（農研機構果樹研究所，2015）。同マニュアルでは11月上旬に千葉県において6時間の点滴処理を行った場合、処理温度を60℃以上にすれば深さ30cmの地温を白紋羽病菌が死滅する温度まで上昇させることができるとしている。しかし、一方で処理温度が低いほうが白紋羽病菌に対する拮抗菌が土壌に残存しやすく、白紋羽病菌に対する土壌の静菌作用が大きくなるデータも示されており、高温水点滴処理を行った土壌は無処理よりも白紋羽病に感染しやすくなることが懸念される。塩田ら（2013）は1月下旬～2月上旬に75℃、6.5時間の点滴処理後にナシ苗木を定植した区では2年間白紋羽病の発症が認められなかったと報告しているが、消毒効果の持続期間については今後さらに検討を進める必要があるとしている。

そこで、本報告では改植時における白紋羽病対策として、白紋羽病多発圃場における高温水点滴処理が発病をどの程度の期間抑制できるか調査した。また、同時に発病をより長く抑制するための併用処理についても検討を行った。その結果、防除体系確立の一助となる一定の知見が得られたので報告する。

本研究の実施にあたり、現地生産圃場を提供していただいた千葉市の市原裕子氏、八街市の新井康夫氏には日頃の樹の管理をしていただく等、多大なご協力をいただいた。また、（国研）農研機構果樹茶業部門の中村仁氏には温水処理や特許技術の利用等で多くの御指導をいただいた。さらに、試験の遂行にあたり千葉県農林総合研究センター果樹研究室前室長の加藤修氏（現千葉県東葛飾農業事務所）には多くの御助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

II 材料及び方法

試験は千葉市若葉区及び八街市の2か所の現地生産圃場で実施した（以下、それぞれ千葉市圃場、八街市圃場）。いずれも土壌は表層腐植質黒ボク土で、白紋羽病が慢性的に多発している圃場である。各試験における高温水点滴処理はエムケー精工株式会社（長野県千曲市）が試作した温水処理機

受理日 2016年8月8日

*現千葉県立農業大学校

を用いた。なお、現在は本試作機とほぼ同様の仕様の温水処理機(EB-1000)が同社から日本園芸農業協同組合連合会(東京都大田区)を通じて販売されている。また、点滴は1回の処理面積を現地圃場の状況に合わせて実施するため、温水処理機付属のチューブ(EB-1000T, 1回の処理範囲は $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$)ではなく、市販の灌水チューブ(商品名: スミサンスイマルチ 60, 住化農業資材株式会社)を用いて行った。各試験において定植後の樹の施肥, 病虫害防除等の栽培管理は生産者の通常の方法に従った。

1. 千葉市圃場(試験1)

高温水点滴処理は2012年11月27日~12月21日の間の6日間に行った。全体の処理範囲は $12\text{m} \times 8\text{m}$ の長方形で、これを短辺に沿って $4\text{m} \times 8\text{m}$ の3区画に分け、端から順に「高温水・耕耘区」, 「高温水単独区」及び「高温水・腐植質資材区」とした。「高温水・耕耘区」は高温水点滴処理前に表層をロータリーで深さ10cm程度耕耘しておいた。処理機の給湯設定温度は65もしくは70℃とし、長さ4mに切断した灌水チューブを間隔20cmで平行に20本並べて塩化ビニル管で繋ぎ、1回あたり $4\text{m} \times 4\text{m}$ の範囲を処理した。1回の処理時間は約6時間で、処理時には温度測定ロガー(株式会社ティアンドデイ社製 TR71)を用いて深さ30cmの地温を測定した。翌年3月13日に「幸水」(ホクシマメナシ台)1年生苗木を高温水点滴処理範囲の長辺に沿って列間 $2.6\text{m} \times$ 樹間 4.0m の千鳥植えて各処理区3樹ずつ、計9樹定植した。「高温水単独区」及び「高温水・耕耘区」は植え穴を掘り上げた土をそのまま埋め戻して定植した。「高温水・腐植質資材区」は定植時に直径50cm, 深さ30cm程度の植え穴を掘り、掘り上げた土壌に腐植質土壌改良資材(商品名: ハイフミンハイブリッド G, 日本肥糧株式会社)を3kg混和して埋め戻しながら苗木を定植した。なお、本資材はpH6.5前後, 仮比重0.7前後, 有機物含量は30%以上で、トリコデルマ・ハルジアナム RH221株を現物1g当たり 1×10^7 , バチルス属菌(KO16株・KO31株)を現物1g当たり 1×10^7 含むものである。主幹から高温水点滴処理範囲外までの距離は、「高温水単独区」の中央の1樹が4.0m, その他の8樹が約1.4m~2.0mである。

定植した樹の白紋羽病の感染を調査するため、枝挿入法による簡易診断(江口・山岸, 2008)を行った。すなわち、2014年10月7日に農林総合研究センター圃場で採取した複数のナシ品種の発育枝を葉を取り除いて長さ30cmに切断し、翌日に樹の株元から10cm離れた円周上の均等な位置4か所に深さ25cm程度まで垂直に挿入した。同年11月10日に抜き取り、白紋羽病菌の付着状況を調査した。

定植後の樹の生育について、定植1年目は2014年2月21日に、定植2年目は2014年11月19日に新梢数、新梢長を同年に実施した枝挿入法で白紋羽病菌の付着が確認さ

れた樹を除いて測定した。

2. 八街市圃場

(1) 2013年度処理(試験2)

高温水点滴処理は2013年11月5~29日の間の6日間に温水処理機の給湯設定温度を65℃とし、長さ5mに切断した灌水チューブを間隔20cmで平行に16本並べ、塩化ビニル管で繋いで行った。1回あたりの処理範囲は $3.2\text{m} \times 5\text{m}$ で、6日間で $3.2\text{m} \times 15\text{m}$ を2列、計 96m^2 を処理した。1回あたりの処理時間は約6時間で、処理時には温度測定ロガー(株式会社ティアンドデイ社製 TR71)を用いて深さ30cmの地温を測定した。処理区は高温水点滴処理範囲内に、高温水点滴処理のみを行った「高温水単独区」、植え穴に試験1と同じ腐植質資材を同量混和した「高温水・腐植質資材区」、苗木を定植する際にフルアジナム SC500倍液を1樹あたり30L灌注した「高温水・薬剤区」を設けた。各試験区の反復数は4とし、高温水点滴処理を行った1列に6樹、並列の2列で計12樹を無作為に配置した。植栽間隔は列間 $3.6\text{m} \times$ 樹間 1.8m で、定植した各樹の高温水点滴処理範囲外までの距離は列間方向が約1.6m, 列の端の樹では列方向に約3mであった。また、高温水点滴処理を行っていない地点に「無処理区」と「薬剤区」を設けた。「無処理区」は特別な処理を行わず苗木を植え穴にそのまま定植し、「薬剤区」はフルアジナム SCを苗木定植時に「高温水・薬剤区」と同様に同量灌注した。ただし、この2試験区は現地生産圃場の制約があったため、高温水点滴処理範囲に定植した最も近い樹から約14m離れた同一圃場内の地点とした。植栽間隔は $3.6\text{m} \times 3.6\text{m}$ で、反復数は薬剤区が2樹、無処理区が3樹とした。苗木の定植は同年12月17日に行い、苗木は「幸水」(ホクシマメナシ台)1年生苗木を用いた。

定植した樹の白紋羽病の感染を調査するため、枝挿入法による簡易診断を試験1と同様の方法で2014年と2015年に実施した。ただし、挿入は株元から10cm離れた円周上の均等な位置3か所とした。2014年は同年10月7日に農林総合研究センター圃場で採取した複数のナシ品種の発育枝を、葉を取り除いて用いた。枝の挿入は10月8日、抜き取りは11月10日に行った。2015年は同年2月に農林総合研究センター圃場で採取した「幸水」の1年生休眠枝を用いた。枝の挿入は10月1日、抜き取りは11月5日に行った。

高温水点滴処理後の土壌の白紋羽病菌の抑止力を推定するため、中村らの発明である「土壌が有する白紋羽病抑止活性の評価方法」(特許番号 5750806)を実施した(以下、爪楊枝・プラントボックス法)。すなわち、2014年9月1日と2016年6月8日に各処理区の株元の地表から5cm~10cm下の土壌を採取し、プラントボックス($6\text{cm} \times 6\text{cm} \times 10\text{cm}$)に160mL充填した。次に、白紋羽病菌を接種し、

23℃で3～4週間培養することで白紋羽病菌を全体に付着させた長さ6.5cmの爪楊枝を用意し、その先端1cmの白紋羽病菌を45℃の温水に1時間浸漬させて死滅させ、プラントボックス内の土壌に上から3cm挿し込んだ。その後プラントボックスを23℃の温度条件下に置き、1か月後に爪楊枝上の白紋羽病菌の死滅域長を測定した。本試験ではこれを供試土壌の白紋羽病抑制効果の指標とした。ただし、本評価方法は新しい方法であるため報告事例（中村ら、2011；高橋ら、2015）はあるがまだ少なく、白紋羽病菌死滅域長の絶対値そのものが土壌の抑止力を評価する基準として確立していないこと、同じ調査地点でも季節によって値が大幅に変化すること等から、今回は無処理区を基準として相対的に評価することとした。

定植後の樹の生育について、定植1年目の2015年1月28日、定植2年目の2015年12月18日に新梢数、新梢長を同年に実施した枝挿入法で白紋羽病菌の付着が確認された樹を除いて測定した。

(2) 2014年度処理（試験3）

高温水点滴処理は2014年11月27日～12月15日の3日間に処理機の設定温度を70℃として実施した。処理範囲は長さ1.5mに切断した灌水チューブを間隔20cmで平行に8本並べ塩化ビニル管で繋いで1組とし、これを温水点滴処理機に3組繋いで1組あたり1.5m×1.5mの範囲を3か所同時に行った。処理した地点は3日間で9か所で、1回あたりの処理時間は約6時間とした。処理時には、温度測定ロガー（エスベック株式会社製RT-32S）を用いて深さ30cmの地温を測定した。同年12月22日に「幸水」（ヤマナシ台）1年生苗木を各高温水処理範囲の中央部に定植した。処理区は試験1、試験2と同様の「高温水単独区」、定植の翌年6月4日と10月1日に水和剤タイプの土壌改良資材（商品名：「トリコデソイル」、アリスライフサイエンス株式会社）2,000倍液を1樹当たり10L株元にじょうろで灌注した「高温水・水和剤資材区」、定植直後に高温水点滴処理を行った1.5m×1.5mの範囲にナギナタガヤ種子（雪印種苗株式会社）10gを均一に播種した「高温水・被覆植物区」の3処理区を設けた。なお、「トリコデソイル」はトリコデルマ・ハルジアナムを現物1g当たり 1.0×10^9 spore含むものである。また、処理を行っていない地点に2樹定植し「無処理区」とした。植栽間隔は列間3.6m×樹間1.8mとし、試験区は全て無作為に配置した。

定植した樹の白紋羽病の感染を調査するため、枝挿入法による簡易診断を試験2と同様の方法で実施した。挿入した枝は2015年2月に農林総合研究センター圃場で採取した「幸水」の1年生休眠枝を用いた。枝の挿入期間は2015年10月1日～11月5日とした。

土壌の白紋羽病菌の抑止力を推定するための白紋羽病抑

止活性の評価を試験2と同様の方法で行った。土壌の採取は2015年11月5日と2016年6月8日に行った。

定植後の樹の生育について、定植1年目の2015年12月18日に新梢数、新梢長を同年に実施した枝挿入法で白紋羽病菌の付着が確認された樹を除いて測定した。

Ⅲ 結 果

1. 千葉市圃場（試験1）

各処理の高温水点滴処理による地表30cm下の地温は千葉市圃場では終了時で35～53℃であった。

枝挿入法による白紋羽病菌の付着状況を第1表に示した。高温水単独区、高温水・耕耘区ともに定植2年目に3樹中1樹で白紋羽病菌の付着が確認され、高温水単独区では付着が確認された樹が落葉期前に枯死した。高温水・腐植質資材区では3樹中2樹で白紋羽病菌の付着が確認され、うち1樹は落葉期前に枯死した。

各処理区の生育調査結果を第2表に示した。定植1年目の新梢数及び総新梢長は各処理区間で有意差は認められなかった。定植2年目は1樹のみの調査となった高温水・腐植質資材区を除いた2処理区間に新梢数及び総新梢長で有意差は認められなかった。

2. 八街市圃場

(1) 2013年度処理（試験2）

高温水点滴処理による地表30cm下の地温は八街市圃場・2013年度処理では35℃以上が56時間、45℃以上では9時間持続した。

枝挿入法による白紋羽病菌の付着状況を第3表に示した。定植1年目の調査では白紋羽病の付着はいずれの区も認められなかったが、定植2年目に高温水単独区で4樹中2樹、高温水・腐植質資材区で4樹中1樹に白紋羽病菌の付着が確認され、いずれも落葉期前に枯死した。これに対し、高温水・薬剤区、薬剤区、無処理区では枝挿入法による白紋羽病菌の感染は確認されなかった。

土壌が有する白紋羽病抑止活性について、高温水点滴処理9か月後（定植1年目）と30か月後（定植3年目）の調査結果を第1図に示した。高温水点滴処理9か月後の2014年9月に採取した土壌の白紋羽病菌死滅域長は高温水単独区が6.7mm、高温水・腐植質資材区が16.1mm、高温水・薬剤区が25.1mm、無処理区が13.7mmで、高温水単独区が他の3区と比較し有意に短く、高温水・薬剤区が他の3区に比較し有意に長かった。無処理区を100とした場合の割合は高温水単独区が49、高温水・腐植質資材区が117、高温水・薬剤区が183であった。なお、薬剤区は調査を実施しなかった。高温水点滴処理から30か月後の2016年6月に採取した土壌の白紋羽病菌死滅域長は高温水単独区が

第1表 各試験区の枝挿入法による白紋羽病菌の付着 (試験1, 千葉市圃場, 2012年度処理)

試験区	定植樹数 (樹)	定植2年目に白紋羽病菌が 付着した枝のあった樹数(樹)	落葉期までに 枯死した樹数(樹)
高温水単独区	3	1 (2/4)	1
高温水・耕耘区	3	1 (1/4)	0
高温水・腐植質資材区	3	2 (4/4), (3/4)	1

注1) 枝の挿入は2014年10月8日に行った。

2) () 内は (白紋羽病菌付着枝数/挿入枝数) を示す。

第2表 各試験区の生育 (試験1, 千葉市圃場, 2012年度処理)

調査年	樹齢	処理区	定植樹数(樹)	調査樹数(樹)	新梢数(本/樹)	総新梢長(cm/樹)
定植1年目 (2013年度)	2	高温水単独区	3	3	6.3 (± 0.7)	155 (± 14)
		高温水・耕耘区	3	3	6.0 (± 1.5)	145 (± 39)
		高温水・腐植質資材区	3	3	5.7 (± 0.3)	120 (± 34)
		分散分析			n.s	n.s
定植2年目 (2014年度)	3	高温水単独区	3	2	10.0 (± 0.0)	92 (± 8)
		高温水・耕耘区	3	2	8.5 (± 1.5)	82 (± 2)
		高温水・腐植質資材区	3	1	6.0	70
		t検定			n.s	n.s

注1) 調査は2013年度は2014年2月21日, 2014年度は2014年11月19日に, 同年に実施した枝挿入法で白紋羽病菌の付着が確認されなかった樹について行った。

2) () 内の数値は標準誤差を示す。

3) t検定は高温水単独区と高温水・耕耘区の2処理区について行った。

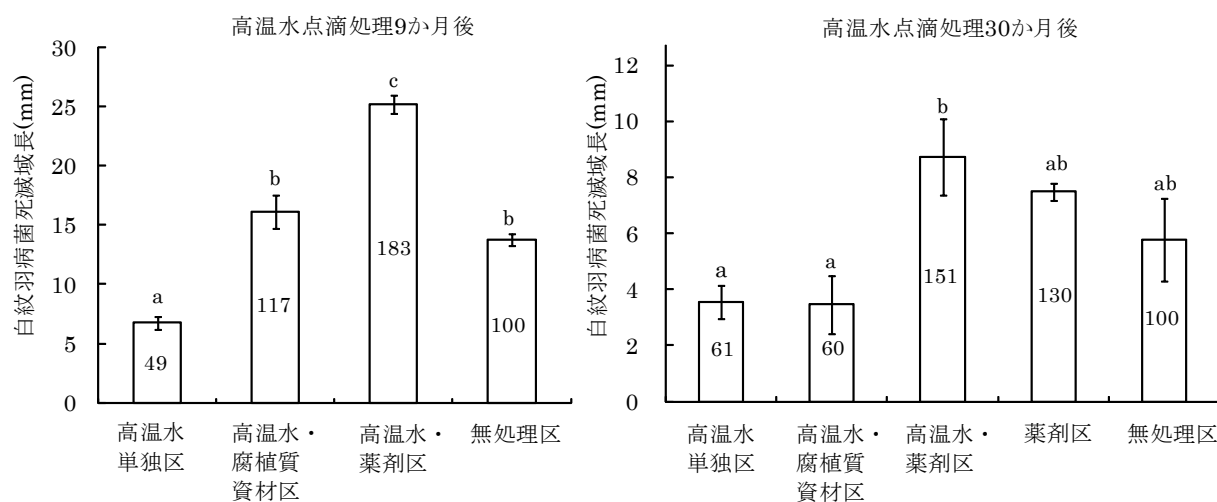
4) 分散分析及びt検定のn.sは5%水準で有意差がないことを示す。

第3表 各試験区の枝挿入法による白紋羽病菌の付着 (試験2, 八街市圃場, 2013年度処理)

試験区の構成	定植樹数 (樹)	白紋羽病菌が付着した枝のあった樹数 (樹)		落葉期までに 枯死した樹数(樹)
		定植1年目	定植2年目	
高温水単独区	4	0	2 (3/3), (3/3)	2
高温水・腐植質資材区	4	0	1 (3/3)	1
高温水・薬剤区	4	0	0 (0)	0
薬剤区	2	0	0 (0)	0
無処理区	3	0	0 (0)	0

注1) 枝の挿入は定植1年目は2014年10月8日, 定植2年目は2015年10月1日に行った。

2) () 内は (白紋羽病菌付着枝数/挿入枝数) を示す。



第1図 高温水点滴処理等を行った土壌の有する白紋羽病抑止活性 (試験2, 八街市圃場, 2013年度処理)

注1) 土壌は左図が2014年9月1日, 右図が2016年6月8日に採取した。

2) 図中の縦棒は標準誤差を示す。

3) 図中の数値は無処理区を100とした場合の割合を示す。

4) 図中の異なる英数字が付いた処理区間には5%水準で有意差があることを示す (Tukey-Kramer法)。

第4表 各試験区の樹の生育（試験2，八街市圃場・2013年度処理）

調査年	樹齢	処理区	定植樹数(樹)	調査樹数(樹)	新梢数(本/樹)	総新梢長(cm/樹)
定植1年目 (2014年度)	2	高温水単独区	4	4	6.8 (± 1.0)	397 (± 83)
		高温水・腐植質資材区	4	4	5.0 (± 0.7)	335 (± 88)
		高温水・薬剤区	4	4	7.0 (± 2.6)	551 (± 237)
		薬剤区	2	2	5.0 (± 1.0)	291 (± 70)
		無処理区	3	3	4.3 (± 1.2)	225 (± 86)
		分散分析			n.s	n.s
定植2年目 (2015年度)	3	高温水単独区	4	2	15.5 (± 2.5)	1,409 (± 163)
		高温水・腐植質資材区	4	3	12.3 (± 0.7)	1,223 (± 114)
		高温水・薬剤区	4	4	14.3 (± 1.3)	1,385 (± 169)
		薬剤区	2	2	8.0 (± 2.0)	709 (± 127)
		無処理区	3	3	9.7 (± 2.7)	810 (± 302)
		分散分析			n.s	n.s

注1) 調査は定植1年目は2015年1月28日，定植2年目は2015年12月8日に，同年に実施した枝挿入法で白紋羽病菌の付着が確認されなかった樹について行った。

2) () 内の数値は標準誤差を示す。

3) 分散分析のn.sは5%水準で有意差がないことを示す。

第5表 各試験区の挿入法による白紋羽病菌の付着（試験3，八街市圃場・2014年度処理）

調査年	樹齢	処理区	定植樹数(樹)	白紋羽病菌が 付着した樹数(樹)	落葉期までに 枯死した樹数(樹)
定植1年目 (2015年度)	2	高温水単独区	3	0 (0)	0
		高温水・水和剤資材区	3	0 (0)	0
		高温水・被覆植物区	3	0 (0)	0
		無処理区	2	1 (3/3)	0

注1) 枝の挿入は2015年は10月1日に行った。

2) () 内は(白紋羽病菌付着枝数/挿入枝数)を示す。

3.54mm，高温水・腐植質資材区が3.45mm，高温水・薬剤区が8.7mm，薬剤区が7.5mm，無処理区が5.8mmで，高温水・薬剤区が高温水単独区及び高温水・腐植質資材区に比較し有意に長かった。無処理区を100とした場合の割合は同順で61，60，151，130であった。

各処理区の生育調査結果を第4表に示した。定植1年目，定植2年目の新梢数及び総新梢長は各処理区間で有意差は認められなかった。

(2) 2014年度処理（試験3）

各処理の高温水点滴処理による地表30cm下の地温はほとんどの区が40℃以上に達し，最も地温が低い区でも35℃以上が10時間以上持続した。

定植後，高温水・被覆植物区のナギナタガヤは30～50cm程度伸長し，6月上旬までに播種範囲全体をほぼ被覆するように倒伏した。

枝挿入法による白紋羽病菌の付着状況を第5表に示した。無処理区2樹中1樹で白紋羽病菌の付着が確認されたが，落葉期までに枯死はしなかった。他の試験区では白紋羽病菌の付着した枝は確認されなかった。

土壌が有する白紋羽病抑止活性について，高温水点滴処理11か月後と18か月後の調査結果を第2図に示した。定植2年目，高温水点滴処理11か月後の調査では白紋羽病菌死滅域長は高温水単独区が0.8mm，高温水・水和剤資材区が8.1mm，高温水・被覆植物区が1.7mm，無処理区が2.2mmで，高温水・水和剤資材区が他区に比較し有意に長かった。

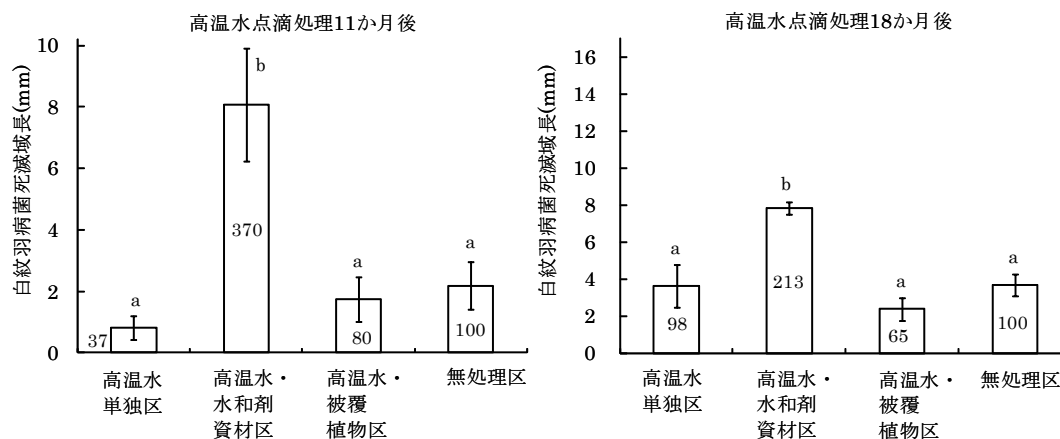
無処理区を100とした場合の割合は高温水単独区が37，高温水・水和剤区が370，高温水・被覆植物区が80であった。定植3年目，高温水点滴処理18か月後の調査では白紋羽病菌死滅域長は高温水単独区が3.6mm，高温水・水和剤資材区が7.8mm，高温水・被覆植物区が2.4mm，無処理区が3.7mmで，高温水・水和剤資材区が他区に比較し有意に長かった。無処理区を100とした場合の割合は同順で98，213，65であった。

定植1年目の生育調査結果を第6表に示した。1樹のみの調査となった無処理区を除いた3処理区間に新梢数及び総新梢長で有意差は認められなかった。

IV 考 察

1. 高温水点滴処理の発病抑制効果

生産現場で最も普及している白紋羽病対策はフルアジナムSCの土壌灌注処理である。フルアジナムSCは優れた予防効果と適度に長い残効性を有する保護殺菌剤で，実際の病害防除場面では胞子発芽，付着器形成阻害，付着器の侵入阻害が主な作用であろうと推察される（岡本，2013）。白紋羽病菌の抑止に優れていることは報告事例も多く（新田ら，1998，2002；井出ら，2001），土壌灌注後約2年間効果が持続する（井出ら，2001）。しかし，江口ら（2008）は白紋羽病の培養枝を埋め込んだ圃場にナシ苗木を8樹定植して



第2図 高温水点滴処理等を行った土壌が有する白紋羽病抑止活性（試験3，2014年度処理）

注1) 土壌は左図が2015年11月5日，右図が2016年6月8日に採取した。

2) 図中の縦棒は標準誤差を示す。

3) 図中の数値は無処理区を100とした場合の割合を示す。

4) 図中の異なる英数字が付いた処理区間には5%水準で有意差があることを示す（Tukey-Kramer法）。

第6表 各試験区の樹の生育（試験3，八街市圃場・2014年処理）

調査年	樹齡	处理区	定植樹数 (樹)	調査樹数 (樹)	新梢数 (本/樹)	総新梢長 (cm/樹)
定植1年目 (2015年度)	2	高温水単独区	3	3	10.3 (± 1.8)	645 (± 152)
		高温水・水和剤資材区	3	3	9.0 (± 2.0)	694 (± 109)
		高温水・被覆植物区	3	3	7.7 (± 2.3)	498 (± 131)
		無处理区	2	1	7.0	213
		分散分析			n.s	n.s

注1) 調査は2015年12月18日に，同年に実施した枝挿入法で白紋羽病菌の付着が確認されなかった樹について行った。

2) 総新梢長の（ ）内の数値は標準誤差を示す。

3) 分散分析は無処理区を除いて行い，n.sは5%水準で有意差がないことを示す。

フルアジナム SC を土壌灌注したところ，32 か月後に1 樹，56 か月後に4 樹，80 か月後に全樹で発病が確認されたことから，白紋羽病菌はフルアジナム SC を灌注しても土壌中で長期間生存するため，追加処理は必須であるとしている。

農薬は作用と使用形態によって病原菌を抑制する予防的な効果と駆除的な殺菌効果を持つものに分けられる（河村，1967）。フルアジナム SC は予防的な効果が主であり，灌注処理を行っても伝染源は土壌中に残り，再感染の危険性を持ち続けることになる。これに対し，高温水点滴処理は駆除的な殺菌効果が期待できることが利点である。

本試験においても処理区中央部の地下 30cm の地温はほとんどの区が 35～40℃以上に達しており，これまでの知見から，白紋羽病の殺菌には十分な効果があったと推察された。しかし，試験 1 の高温水単独区及び高温水・耕耘区並びに試験 2 の高温水単独区ではいずれも処理 2 年目に白紋羽病菌の感染が確認された。このことから，高温水による殺菌効果だけでは，発病抑制効果を長期間維持するのは難しいと判断された。

試験 2 では試験期間内に無処理区においても枝挿入法により白紋羽病菌の感染が認められなかったが，同一圃場で行った試験 3 では定植 1 年目に無処理区で感染が認められた。

これは，白紋羽病菌の土壌中での分布が偏在していた可能性が高く，試験区によっては枝挿入法では白紋羽病菌をとらえきれなかった可能性がある。

そこで，本試験では爪楊枝・プラントボックス法を用いて，白紋羽病の抑制効果を評価する際の参考とした。この評価方法は爪楊枝に付着させた白紋羽病菌の土壌中で死滅した長さ（白紋羽病菌死滅域長）を測定するもので，採取した土壌で簡易に多くのサンプルを同時に比較できるため，白紋羽病に対する土壌の抑止力を評価する方法として優れていると考えられる。

今回の試験で高温水単独区と無処理区の白紋羽病死滅域長を比較すると，試験 2 では高温水単独区の処理 9 か月後は無処理区の 0.49 倍で有意に短く，30 か月後では 0.61 倍で有意差は認められなかったが短い傾向がみられた。試験 3 では処理 11 か月後で 0.37 倍と有意差は認められなかったが短い傾向にあり，18 か月後では 0.98 倍でほぼ同程度であった。これらから，高温水点滴処理を行うと白紋羽病抑止活性が低下し，時間の経過とともに回復していくことが示唆された。新田ら（2002）は土壌くん蒸剤であるダゾメット微粒剤のナシ白紋羽病に対する効果を検討したところ，処理 2 年後に定植樹の一部に根に軽微な感染がみられることを報

告しており、その理由として同剤の使用により土壌中の白紋羽病菌に拮抗力を有する菌の密度も同時に低下させ再汚染を助長した可能性を指摘している。本研究における高温水単独区もほぼ同様の結果と言え、高温水処理により白紋羽病菌以外の菌密度も低下したのではないかと推察された。このため、高温水点滴処理による白紋羽病の防除では予防的な効果がある技術を組み合わせる必要があると考えられた。

2. 白紋羽病発病抑制効果が期待できる併用処理の検討

本試験では高温水点滴処理と併用して白紋羽病発病抑制効果が期待できる方法として、微生物を含む土壌改良資材の施用、フルアジナム SC の土壌灌注、ナギナタガヤの草生栽培について検討した。

白紋羽病菌への拮抗作用が確認されている微生物としてトリコデルマ菌があり（家城，1969），石川ら（1997）及び新田（2007）はトリコデルマ菌を含んだ溶液を土壌灌注することが白紋羽病菌の抑制に一定の効果があること報告している。また、中村ら（2011）は白紋羽病菌の菌糸生長を抑制するトリコデルマ・ハルジアナム菌株を混和した土壌と温水処理を行った土壌の白紋羽病菌死滅域長が無処理より長くなったことから、温水処理による白紋羽病罹病樹に対する治療効果には熱による殺菌の他に、土壌微生物との相乗作用が寄与すると考察している。

本試験では、トリコデルマ菌とバチルス菌を含む腐植質土壌改良資材「ハイフミンハイブリッド G」及びトリコデルマ菌を含む水和剤タイプの土壌改良資材「トリコデソイル」の処理の効果を検討した。高橋ら（2015）は爪楊枝・プラントボックス法によりこの 2 つの資材の白紋羽病抑止活性を比較し、ともに処理後 2 か月間は高い抑止力を有していたと報告している。

「ハイフミンハイブリッド G」を高温水点滴処理後の定植時に植え穴に混和して施用したところ、試験 1 及び試験 2 のいずれも定植 2 年目には白紋羽病に感染する樹がみられた。また、試験 2 では白紋羽病菌死滅域長は定植 1 年目（高温水点滴処理 9 か月後）では高温水単独区より有意に長くなったが無処理区とほぼ同程度であり、定植 3 年目（高温水点滴処理 30 か月後）では高温水単独区とほぼ同程度まで低下した。この結果から、腐植質タイプの土壌改良資材では白紋羽病菌の抑制及び加えた拮抗微生物を長く維持することが難しく、また本資材は、追加で根の周辺に施用することも作業上困難であるため、永年性の果樹に用いるのは適していないと判断された。

一方、「トリコデソイル」を使用した試験 3 では、定植 1 年目（高温水点滴処理 11 か月後）の白紋羽病菌死滅域長は無処理区の 3.7 倍で有意に長かった。ただし、調査した土壌は同資材の 2 回目の灌注処理を行った 1 か月後である。定植 2 年目（高温水点滴処理 18 か月後・同資材 2 回目の土壌

灌注 8 か月後）の白紋羽病菌死滅域長は無処理区の 2.1 倍で有意に長かった。このことから、定期的に拮抗微生物資材を追加することで、長期間発病抑制効果を維持できる可能性があると考えられ、高温水点滴処理との併用には追加処理が容易な水和剤タイプの本資材が有望と判断された。

使用方法について、本資材は 3 か月ごとに灌注することが推奨されている。白紋羽病菌の土壌中での季節的な消長は、大友ら（1967）のリング白紋羽病菌での報告では菌叢が伸長する期間は 4 月中旬～11 月上旬で、最も繁殖するのは地温 22.1～23.7℃ の 7 月中旬～9 月上旬であるとし、金谷（1995）が温室で行ったブドウ白紋羽病菌での報告では 4 月～11 月（平均地温 12～27℃）で菌糸束長が比較的良好に伸長している。これらから本資材は 4 月～11 月に年数回施用することが適切と考えられるが、いずれにしても白紋羽病防除に対する実績はほとんどないことから、今後は高温水点滴処理との併用を前提として、適切な処理時期、処理回数を検討する必要がある。

試験 2 において高温水点滴処理後にフルアジナム SC を土壌灌注した区では定植 3 年目においても白紋羽病の感染はみられなかった。白紋羽病菌死滅域長は高温水点滴処理 9 か月後で無処理区の約 1.8 倍となり有意に長く、定植 3 年目（高温水点滴処理 30 か月後）では約 1.5 倍であった。これらから、高温水点滴処理後に予防的効果の高いフルアジナム SC の土壌灌注処理を行えば、白紋羽病多発圃場においてもかなり高い防除効果が持続できると推察される。ただし、処理 30 か月後には無処理区との有意差が認められなくなったことから、今後追加防除の必要性及び処理時期の検討が必要である。

フルアジナム SC 処理土壌の白紋羽病菌死滅域長が長くなった理由は断定できないが、今後は圃場を変えて再試験を行い、同様の現象が認められるか確認するべきであろう。

また、本報告では微生物資材もしくはフルアジナム SC をそれぞれ単独で処理した場合と高温水点滴処理と併用した場合の防除効果の優劣は検討できていない。高温水点滴処理と併用すれば主幹近くの土壌中の伝染源を一旦死滅もしくは著しく減少させることができるため、より防除効果が高いと推察されるが、今後調査を行い確認する必要がある。

高温水点滴処理後にナギナタガヤの種子を播種した土壌の白紋羽病菌死滅域長は、温水処理単独区及び無処理区と有意差は認められなかった。このことから、ナギナタガヤ草生栽培土壌の白紋羽病発病抑制効果は低いと考えられた。安田ら（2005）はナギナタガヤ及びバヒアグラスの茎葉の揮発成分が白紋羽病菌の生長を阻害することを報告している。それに加えて余（2009）は、揮発成分が有益な細菌の生長を阻害せずむしろ促進することを示唆しているが、本試験においては高温水点滴処理と併用による防除効果は確認でき

なかった。

なお、これらの併用処理が樹の生育へ与える悪影響は観察されなかったため、実施しても栽培上は問題ないと考えられる。

以上の結果から、白紋羽病多発圃場で改植の際に 60～70℃以上の高温水点滴処理を行う場合、高温水点滴処理のみでは消毒効果の維持が難しいため定植後に発病が懸念され、白紋羽病菌の抑制効果がある処理を併用する必要があることが明らかとなった。併用処理として高温水点滴処理後にフルアジナム SC もしくはトリコデルマ菌を含んだ水和剤タイプの土壌改良資材の土壌灌注が有望と考えられる。しかし、今後技術確立を図るためには両処理についてそれぞれ単独で用いた場合も含めてより詳細に調査し比較するとともに、長期的な実証試験を行い防除効果を確認する必要がある。

V 摘 要

ニホンナシの改植時における白紋羽病対策として、高温水点滴処理の発病抑制効果の検証と、抑制効果を持続させるための併用処理について検討した。

1. 60～70℃の高温水を利用する高温水点滴処理を白紋羽病多発圃場で行い苗木を定植したところ、定植 2 年目には白紋羽病菌の感染が確認され、高温水点滴処理のみでは発病抑制効果を長期間維持するのは難しいと判断された。
2. 高温水点滴処理を実施した土壌は白紋羽病抑止活性が低く、再感染を助長する原因となっていると推察された。
3. 高温水点滴処理後にフルアジナム SC もしくはトリコデルマ菌を含む水和剤タイプの土壌改良資材を灌注すると、土壌が有する白紋羽病抑止活性が高く維持され、併用する処理として有望と考えられた。

VI 引用文献

- 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 (2010) . 白紋羽病温水治療マニュアル.
- 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 (2013) . 2013年改訂版 白紋羽病温水治療マニュアル.
- 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 (2015) . 白紋羽病温水治療マニュアル 2013年改訂版 追補 (2015) .
- 江口直樹 (2005) 温水処理によるナシ白紋羽病罹病樹の治療. 日植病報. 71 : 281.
- 江口直樹・川合康充・山岸菜穂 (2008) ナシ白紋羽病に対するフルアジナム水和剤処理の長期的な評価. 関東東山病害虫研究会報. 55 : 159-163.
- 江口直樹・山岸菜穂 (2008) 挿入法による白紋羽病の簡易診断. 日植病報. 74 : 175.
- 家城洋之 (1969) 白・紫紋羽病菌に対する *Trichoderma* 菌の拮抗作用. 日植病報. 35 : 71-75.
- 井出洋一・田代暢哉・衛藤友紀 (2001) ナシ白紋羽病に対するフルアジナムSC (フロアブル製剤) を用いた簡易防除の効果と同剤の土壌中における残効. 九農研. 62 : 71.
- 石川一憲・石川明男・川口洋一・加藤弘昭 (1997) 微生物土壌改良剤の連年度処理によるニホンナシの白紋羽病被害軽減効果. 農作業研究. 32 : 107-116.
- 金谷 元・那須英夫 (1995) ブドウ白紋羽病菌の生育と温・湿度との関係. 日植病報. 61 : 626.
- 河村貞之助 (1967) 植物病学. 109p. 朝倉書店. 東京.
- 中村 仁・佐々木厚子・兼松聡子 (2011) 温水を用いた白紋羽病治療技術における土壌微生物との相乗作用の簡易評価. 土と微生物. 65 : 145.
- 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・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 (2007) 各種薬剤処理による改植時のナシ白紋羽病防除効果. 関西病害虫研究会報. 49 : 25-28.
- 岡本茂樹 (2013) 総合殺菌剤フロンスайдSC の今後の展開について. 農薬時代. 195 : 5-11.
- 大友 義規・福島千万男・工藤 祐基 (1967) リンゴ紋羽病に関する研究 白紋羽病菌の土壌中における行動. 北日本病害虫研究会報. 18 : 82.
- 塩田あづさ・鈴木達哉・清水 明 (2013) 熱水の利用技術の開発 発病跡地消毒と生育促進効果. 植物防疫. 67 : 479-483.
- 高橋真秀・金子洋平・中村 仁 (2015) 爪楊枝・プラントボックス法による微生物資材の白紋羽病菌に対する抑止効果の比較. 土と微生物. 69 : 112.
- 安田篤志・小林紀彦・石井孝昭 (2005) ナギナタガヤおよびバヒアグラスは白紋羽病菌の生長を阻害する. 園学雑. 74(別2) : 368.
- 余 東・戸田雄太・桑田光作・クルスアンドレフレイリ・石井孝昭 (2009) バヒアグラス, ナギナタガヤおよびオオナギナタガヤ茎葉からの揮発性成分が数種類の土壌病原菌および有益微生物の生長に及ぼす影響. 農業生産技術管理学会誌. 16 : 29-35.

Disease Suppressive Effects of High-Temperature Water Treatment, and Various Combined Treatments, on White Root Rot in Japanese Pear in Heavily Disease-Infested Fields

Tatsuya HIRAI, Azusa SHIOTA, Maho TAKAHASHI and Takeshi SUZUKI

Key words : Japanese pear, white root rot in Japanese pear,
high-temperature water treatment, Fluazinam SC,
soil activity to suppress white root rot of Japanese pear

Summary

We examined the disease suppressive effects of high-temperature water treatment, as well as combined treatments to sustain the suppression effect, for white root rot in Japanese pear, at the time of its replanting.

1. High-temperature (60°C to 70°C) water treatment was carried out in multiple fields in which one-year-old 'Kosui' trees had been planted and white root rot had been identified in the Japanese pear. In spite of the treatment, white root rot infection was confirmed in the second year of planting. It was concluded that it is difficult to suppress the disease for an extended time, simply through high-temperature water treatment.
2. It was thought that the soil that had been subjected to the water treatment had low disease suppressive activity, resulting in reinfection.
3. However, soil-drenching with Fluazinam SC or a wettable type of microorganism soil conditioner containing *Trichoderma* bacteria, after high-temperature water treatment, maintained the disease-suppressive activity of the soil at a high level; and thus both are thought to be promising forms of combined treatment.