

塩酸レバミゾールを用いた松枯れ防除試験

尾井 睦夫*・森 文男*・涌井 明*・森本 正則**・駒井 功一郎**

(株式会社日本グリーンアンドガーデン*・近畿大学大学院農学研究科応用生命化学専攻**)

Control of pinewood nematode using by trunk-injection agent including levamisole hydrochloride as active ingredient

Mutsuo OI*, Humio MORI*, Akira WAKUI*, Masanori MORIMOTO**, Kochiro KOMAI**

**Nihon Green & Garden Corporation, Shinmiyakoda Kita-ku, Hamamatsu-city, Shizuoka, 431-2103*

***Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, Kinki University, 3327-204*

Nakamachi, Nara city, Nara, 631-8505, Japan

Synopsis

The trunk-injection agent including levamisole hydrochloride as an active ingredient for control of the pinewood nematode evaluated during 2008 to 2009 in campus of school of agriculture, Kinki University, Nakamachi Nara city, Japan. The agent including 50% levamisole hydrochloride was directly injected to test pine trunk using by hand made trunk-injector. This application was easy to operate without splash and skin contact. And the time of application was shorter than others. As the results, the rate of death of tested pine tree decreased. The phytotoxicity and harmful effect of this agent did not show against pine tree in this field test.

緒 言

日本の松林は、防砂、防風、防潮、風致景観の維持等を目的として各地で造成され、国土の保全に重要な役割を果たしている。しかし、その松林では、マツ材線虫病（森林病虫害等防除法では「松くい虫」¹⁾）による被害が北海道・青森県を除く45都府県の松林において発生し、甚大な被害を与えている²⁾。被害地域は、太平洋側では岩手県中南部、日本海側では秋田県の青森県境付近に達しており、今後更に北上することが懸念されている。被害量は、1979年度の約243万m³をピークに減少しているものの、2008年度で約63万m³である。

マツ材線虫病は、マツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus*)³⁾ によるものであり、明治初期に外国より我が国にもたらされた侵入病害⁴⁾ でマツノザイセンチュウがマツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus*) により運ばれ、マツの樹体内に侵入することにより引き起こされるマツの伝染病である。マツノザイセンチュウを体内に保持して枯死木から羽化脱出したマツノマダラカミキリは、健全なマツの若い枝を後食する。このとき、マツノザイセンチュウが虫体から離脱して枝に移る。成虫の後食活動によって枝にできた傷痕からマツノザイセンチュウが樹体に侵入する。樹体内に侵入したマツノザイセンチュウは、侵入後の早い時期に樹体内を広く分散移動する。樹体では、初期病徴として、樹脂分泌の異常、停止等が認められ、マツノザイセンチュウの増殖に伴い、蒸散活動の停止、針葉の萎凋、変色、枯死と病状が進む。マツが針葉の黄変や赤変でその枯死をはっきり示すのは、夏を過ぎるころからである。発病・感染した松は、年内には枯れることが多い。ただし、病状進展の遅れにより、感染の翌年になって枯死にいたる場合もある。なお、マツノマダラカミキリは、マツノザイセンチュウが侵入したことにより樹脂分泌が停止した木に産卵し、翌年に羽化脱出する。このサイクルが繰り返される。

現在広く実行されている松枯れの防除方法⁵⁾ としては、1) マツノマダラカミキリ成虫防除、2)

マツノマダラカミキリ幼虫駆除、3) マツノザイセンチュウ防除がある。マツノマダラカミキリ成虫の防除方法としては、成虫による後食を阻止するため、殺虫剤を樹冠に空中散布や地上散布をすることである。マツノマダラカミキリ幼虫の駆除方法としては、マツ材線虫病による被害木からマツノマダラカミキリが羽化脱出する前に伐倒して薬剤の処理をしたり、焼却またはチップ化することである。マツノザイセンチュウの防除方法としては、マツの樹体内にあらかじめマツノザイセンチュウの樹体内での加害を防止・防除する薬剤を注入することである。

本稿では、塩酸レバミゾール50%液剤（以下、本剤）を用いて、松枯れの自然発生条件下での防除効果について調査した。塩酸レバミゾールについては、既にマツノザイセンチュウに対して防除効果が確認されており、8%液剤が市販されている。

従来の樹幹注入剤は、多量の薬液を注入するため作業に時間を要する、容器を樹幹に装着するため注入後に回収しなければいけない、樹幹流出の少ない時期に処理が限定される等の問題があった。これらの問題を解決するため、本剤の少量注入と本剤専用を開発している注入器を用いて検討を行った。ここにその結果を報告する。

なお、本剤については、株式会社日本グリーンアンドガーデンが（社）林業薬剤協会を通じて2006年から薬効・薬害試験を実施し、マツノザイセンチュウを強制的に接種した条件下での防除効果が確認されている。2009年4月に農薬登録の申請を行い、2010年1月20日に登録された。

材料と方法

1) 供試薬剤⁶⁾

塩酸レバミゾール：(–)-(S)-2,3,5,6-tetrahydro-6-phenylimidazo-[2,1-b]thiazole hydrochloride

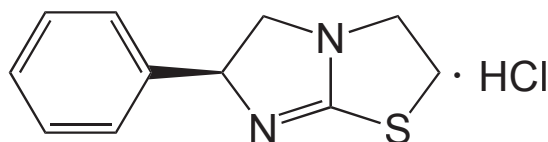


図1 塩酸レバミゾール



図2 近畿大学農学部のマツ (2008年4月30日撮影)



図3 近畿大学農学部のマツ (2008年4月30日撮影)



図4 大学周辺の林地の松枯れ (2008年4月30日撮影)

2) 試験地の概要

奈良県奈良市中町3327-204 (標高約150m) にある近畿大学農学部の構内に植栽されているアカマツ (*Pinus densiflora*、以下マツ) で試験開始時に外観に異常がないものを供試植物とした (図2、3)。試験地およびその周辺の林地では、松枯れが認められていたが、試験地内では枯損木の伐倒処理で対応し、周辺の林地では枯損木が伐倒されずに残されているような状況であった (図4)。今回、このような環境条件のもとで、松枯れの自然発生条

件下での防除試験を実施した。

3) 薬剤注入処理

① 2008年実施

4月30日 (234本) および5月31日 (50本) に本剤を樹幹注入した。試験木の概要を表1に示す。地際から高さ50~100cmの樹幹部に、9cm間隔で直径5mm、深さ約5cmの孔を電動ドリルで斜め下方にあげ、本剤を1mlずつを注入した。4月30日の注入では、市販の分注器を使用した。5月31日の注入では、本剤用の注入ガン試作品 (以下、注入ガン 図5) を使用した。注入後は、市販の癒合剤 (富士商事株式会社のカルスメイト®) を用いて孔を封印した。構内のマツの保護を最優先にしたため、約95%の木に注入し、一部の小径木を無処理木とした。

表1 2008年供試木の概要

区分	本数	胸高直径(cm)		
		最大	最少	平均
注入木	284	32	6	14
無処理木	16	11	7	8
全体	300	32	6	14

② 2009年実施

3月3日 (208本) に小雨が降っている条件下で注入ガンを使用して本剤を注入した。試験木の概要を表2に示す。2008年注入木を、「連続注入木」と2008年のみ注入した「1年目のみ注入木」に分けた。連続注入木については、2008年の注入孔から位置をずらして2008年と同様に注入を行った。1年目のみ注入木は、密植されている地帯でランダムに配置した。

表2 2009年供試木の概要

区分	本数	胸高直径(cm)		
		最大	最少	平均
連続注入木	208	32	6	15
1年目のみ注入木	67	18	7	12
無処理木	15	11	7	8
全体	290	32	6	14

4) 調査方法

① 2008年実施

胸高直径については、2008年4月30日および5



図5 注入ガン試作品による樹幹注入

異常なし		異常あり		
+++	++	+	-	○
樹脂がたまり時間がたつと流れ下る。	(+++)よりやや少ないと思われるもの。	部分的に粒出する程度。	微粒が若干あるが、樹脂気があるもの。	樹脂気なく乾燥気味。

図6 小田式樹脂流出調査法⁶⁾による判定基準

表3 2008年12月12日の調査

区分	供試本数	異常なし		異常あり			枯死木	
		+++	++	+	-	0	本数	枯死率
注入木	284	145 (68.7%)	50	33	48 (31.3%)	8	8	2.8%
無処理木	16	7 (68.8%)	4	0	4 (31.2%)	1	1	6.3%
全体	300	152 (68.7%)	54	33	52 (31.3%)	9	9	3.0%

月31日に測定した。マツ材線虫病の病徴を確認するために樹脂流出の判定を2008年12月12日に実施した。枯死木判定は、2009年の注入日である3月3日に実施した。樹脂流出の判定については、小田式樹脂流出調査法⁷⁾(図6)を用いて判定した。枯死木の判定は、すべての針葉が赤褐色になったものを枯死木と判断した。なお、2008年12月12日時点の枯死木については、電動ドリルを用いて材を採取し、マツノサイセンチュウの有無をベールマン法で調査した。

・2009年注入

樹脂流出の判定および枯死木判定については、2008年と同様の方法で2009年10月13日に実施した。

5) 作業時間

2008年5月31日に、本剤用に開発中の注入ガンを用いて作業員2名による50本への樹幹注入に必要な作業時間を測定した。1名がメジャーを樹幹部に巻きつけて電動ドリルを使用し9cm間隔で注入孔をあけた。残りの1名が注入ガンによる本剤の注入と注入孔に癒合剤を塗布した。なお、作業時間からは、注入木の選定およびマツへのラベル貼

付の時間を除外した。

結果

1) 本剤による松枯れ防除効果

①2008年実施

2008年12月12日の樹脂流出の判定および2009年3月3日の枯死木判定の調査結果を表3、4に示す。なお、表3および5に示される+++～0は、小田式樹脂流出調査法により表示した。

2008年12月12日の樹脂流出の判定の調査時点では、「異常なし」の比率が注入木で68.7%、無処理木で68.8%であり、差が認められなかった。枯死判定では、注入木が284本中8本(2.8%)に、無処理木が16本中1本(6.3%)に枯死が認められた。その3ヶ月後の調査で、注入木に枯死が1本増

表4 2009年3月3日の調査

区分	供試本数	枯死木	
		本数	枯死率
注入木	284	9	3.2%
無処理木	16	1	6.3%
全体	300	10	3.3%

えた。なお、12月12日の調査時に枯死していた注入木の8本のうち、電動ドリルを用いて5本からのマツから材を採取し、4本からマツノザイセンチュウを検出した。したがって、枯死の主原因がマツ材線虫病と判断される。

②2009年実施

2009年10月13日の樹脂流出の判定および枯死木判定の調査結果を表5に示す。樹脂流出の判定では、「異常なし」の比率が、連続注入木で94.2%、1年目のみ注入木で86.6%、無処理木で80.0%であった。本剤を注入することにより「異常なし」の比率が高くなる傾向が認められた。枯死判定では、2年連続注入木が208本中2本（1.0%）、1年目のみ注入木67本中2本（3.0%）、無処理木が15本中0本（0%）であった。

2) 作業時間

電動ドリルによる孔あけに1名、注入ガンによる薬剤注入と孔の封印に1名の計2名で作業をおこなった。50本のマツ（胸高直径 最大26cm、最小9cm、平均15cm）に対して、電動ドリルで283孔を穿孔し、薬剤を各1mlずつ樹幹注入し、孔を封印するまでに要した時間は、約90分であった。

考 察

本試験は、松枯れが自然発生する条件下で行われた。2008年の夏は平年に比較してやや高温・少雨の傾向があり、2009年の夏は平年並みであった。本試験は、構内のマツの保護を最優先にしたため、

無処理木を少なく実施した。

2008年実施では、2008年12月13日の樹脂流出の判定で注入木と無処理木の「異常なし」の比率に差が認められなかったものの、枯死判定で注入木のほうが無処理木よりも枯死率が低かった。単年度で十分な効果が認められなかった要因としては、すでにマツノザイセンチュウに感染しているため薬剤が有効に働かなかったと考えられる。

2009年実施では、2009年10月13日時点の樹脂流出の判定で「異常なし」の比率は累計の注入回数が増えることにより高くなった。そして枯死判定で枯死率が連続注入木で1.0%、1年目のみ注入木で3.0%であった。さらに、大学構内の松全体の枯死率も、2009年には2008年よりも低下している。本剤を注入することにより、松枯れの防止効果があったものと示唆される。なお、2009年の無処理木の枯死率は、0%であった。マツノマダラカミキリは、周囲から飛行して樹冠層から突き出だした優勢木や林縁木を後食する。そのため、無処理木として設定した小径木は、マツノマダラカミキリによる後食が少なく枯死率が低かったと推測される⁸⁾。

本剤の樹幹注入は、薬液注入量が樹幹に穿孔した孔の体積よりも小さいため、電動ドリルでの穿孔、薬剤を1孔当たり1mlずつ樹幹注入、孔を封印まで引き続いて作業ができた。密植されている50本のマツに約90分で注入が完了した。1本当たりの注入時間は、約2分であった。それに対し、従来剤は、剤ごとに異なるが30~600mL⁵⁾を樹幹に穿孔した孔から注入するため、貯液部分とノズル

表5 2009年10月13日の樹脂流出の判定

区分	供試本数	異常なし		異常あり			枯死木	
		+++	++	+	-	0	本数	枯死率
連続注入木	208	190 (94.2%)	6	2	0 (5.8%)	10	2	1.0%
1年目のみ注入木	67	56 (86.6%)	2	4	3 (13.4%)	2	2	3.0%
無処理	15	12 (80.0%)	0	0	3 (20.0%)	0	0	0%
全体	290	258 (91.7%)	8	6	6 (8.3%)	12	4	1.4%

※2009年3月3日までに枯死した10本を除外

部分からなる専用の容器が必要であり、孔にノズルを嵌合してから注入している。さらに容器内の薬液がすべて注入されたことを確認してから、容器を回収し孔を封印しなければならない。そのため、注入開始から注入完了までの時間は、薬剤の種類にもよるが自然圧で注入する場合、1本に約40分～4時間弱も要する⁹⁾。その他にも従来剤は、1孔当たりの注入量が多いため、樹脂の分泌が旺盛な時期は注入が困難であり、寒冷な時期（晩秋、冬季、早秋）で、かつ使用当日の天候は晴天が良く、気孔が開き蒸散が活発で樹幹に陰圧が生じる午前中の使用を勧めている¹⁰⁾。それに比較すると、本剤は、温暖な時期や雨天時でも注入可能であった。また、樹幹注入後に速やかに孔を封印できるので、作業効率を考えると有利と考えられる。

なお、本剤の樹幹注入による針葉の薬害および注入孔付近の樹皮被害は、2008年および2009年とも認められなかった。

謝 辞

本研究の実施にあたり、試験場所を提供して頂きました近畿大学農学部、本試験に協力して頂いた大同商事株式会社の越智和彦氏、大多和修氏には感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 森林病虫害等防除法（昭和二十五年三月三十一日法律第五十三号）
- 2) 林野庁 プレスリリース 2009年8月28日
平成20年度松くい虫被害について
- 3) 清原友也・徳重陽山（1971）マツ生立木に関する *Bursaphelenchus sp.* の接種試験, 日本林学会誌、**53**, 210-218
- 4) Mamiya Y.(1983): Pathology of pine wilt disease caused by *Bursaphelenchus xylophilus*, Annual review of Phytopathology **21**, 201-220
- 5) 財団法人日本緑化センター（2007）、松保護士の手引き、175-190
- 6) 農薬ハンドブック（2005）、社団法人日本植

物防疫協会、207-208

- 7) 小田久吾（1967）、松くい虫の加害対象木とその判定方法について、森林防疫、16, 263-266
- 8) 小林富士雄、中原二郎（1982）松枯れを防ぐ、山と溪谷社；32-33
- 9) 水戸辺栄三郎、中澤健一、須藤昭弘（2008）、樹幹注入による通水障害に関する調査、宮城県林業試験場成果報告、17, 56-58
- 10) 根津朝和、松浦邦昭（2008）、松枯れ防止樹幹注入剤『グリーンガード・NEO』、林業と薬剤、185, 14-19