

ウバメガシにおけるトリホリン乳剤の樹幹注入による ナラ枯れの予防

大谷栄徳^{1,3}・山下由美子¹・栗生剛^{1,4}・衣浦晴生²・長谷川絵里²

¹ 和歌山県林業試験場

² 国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所関西支所

Prevention of Japanese Oak Wilt by Trunk Injection of Triforine Emulsion of *Quercus Phylliraeoides* A.Gray

Eitoku Ootani^{1,3}, Yumiko Yamashita¹, Tsuyoshi Kuriu^{1,4}, Haruo Kinuura², Eri Hasegawa²

¹Wakayama Prefecture Forestry Experiment Station

²Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute

緒 言

和歌山県では、1999年に新宮市（旧熊野川町）において、カシノナガキクイムシ（*Platypus quercivorus* Murayama 以下、カシナガ）によるコナラやウバメガシなどブナ科樹木の集団的な枯死が発生した（法眼 2008）。この集団枯損（ブナ科樹木萎凋病、以下ナラ枯れ）は、カシナガが、コナラやカシ類等の幹に穿孔して、病原菌（*Raffaelea quercivora* Kubono & Shin. Ito 以下ナラ菌）を樹体内に持ち込むことで発生する（伊藤ら 1998, Kinuura and Kobayashi 2006）。ナラ枯れ被害区域は、新宮市（旧熊野川町）での発生以来、太平洋沿岸を西進し、現在は、有田郡広川町まで拡大し、さらに和歌山市においても局地的ではあるが被害が発生している。この被害は、紀州備長炭の原木であるウバメガシ林にも広がり、枯損もしくは穿孔被害を受けることで、原木資源の減少等による地域の木炭産業への影響といった経済的な問題が発生するおそれがあるため、被害軽減に向けた実用的な防除法が望まれている。

ナラ枯れ被害対策の中で、殺菌剤の樹幹注入による枯死予防法は、すでにナラ類及びスダジイでは農薬登録され、実用化されている。

そこで本報では、ウバメガシに対して、ナラ類及びスダジイで農薬登録されているナラ枯れ予防用樹幹注入剤（トリホリン乳剤）の施用による枯死防止効果について調査した。また、同時に殺菌剤の樹幹注入によるナラ菌の樹体内における変色抑制効果の検証と、その薬害発生の有無についても調査した。

なお、本研究は農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「広葉樹資源の有効利用を目指したナラ枯れ低コスト防除技術の開発（課題番号 24030, 平成 24~26 年度）」において実施した。

³ 現在：和歌山県農林水産部農林水産政策局農林水産総務課研究推進室

⁴ 現在：和歌山県農林水産部森林・林業局森林整備課

材料および方法

1 殺菌剤樹幹注入によるウバメガシ枯死防止効果試験

試験地は、西牟婁郡すさみ町見老津地内にあるウバメガシ林とし、供試薬剤は、「ナラ類」及び「スダジイ」で農薬登録のあるトリホリン 15.0%乳剤（商品名：微量注入用ウッドキング DASH，サンケイ化学株式会社製，以下 DASH）とトリホリン 0.036%乳剤（商品名：ウッドキング SP，サンケイ化学株式会社製，以下 SP）の2種類とした。試験は薬剤の注入時期の違いによる枯死防止効果を見るため、春期と冬期に分けて行うこととし、供試木はウバメガシをそれぞれ 30 本とした。処理区は、注入孔 1 孔当たりの注入量が、DASH の登録標準量である 0.5ml を注入する区（以下「DASH 区」）、SP の登録標準量である 200ml を注入する区（以下「SP 区」）、薬剤を注入しない対照区の 3 区とし、供試木は各 10 本とした。

薬剤の注入方法は、供試木の地上高 80cm の位置に斜め下方 30～45 度の角度で、DASH 区では直径 5mm、SP 区では直径 7mm の注入孔を樹幹中心に向けて深さ 50mm の孔を電動ドリルで 4 孔あけ、薬剤を DASH 区は容量設定付きピペットで、SP 区はノズルを付けた容器により注入した。対照区については、斜め 30～45 度の角度、直径 7mm、深さ 50mm の孔を 4 孔あけてそのまま放置した。薬剤の注入は、春期は 2013 年 5 月 7 日、冬期は 2014 年 1 月 7 日、1 月 20 日に行った。

「ナラ」で農薬登録されているベミノル水和剤（有効成分：ベノミル 50%，住化グリーン株式会社製）500 倍液を使用した樹幹注入試験では、注入成功率が低いと、成分が樹体内に十分に分散されず、枯死予防効果が低くなる（斉藤ら 2014）とされている。そこで、供試木への注入の成否を見るため、DASH 区では注入当日に目視による確認を行い、注入孔に薬剤が見えなくなった段階を注入完了とし、注入成功率を算出した。SP 区では注入から約 1 週間後に容器内を目視により確認し、注入孔に挿入した容器が空になったものを注入完了とし、注入成功率を算出した。SP 区の調査は、春期は 2013 年 5 月 15 日、冬期は 2014 年 1 月 14 日と 1 月 31 日に行った。

薬剤注入による薬害の有無を明らかにするため、注入から約 2 週間後と約 4 週間後に供試木の樹冠を目視により、正常、一部枯れ、半分枯れ、枯死の 4 段階に判定した。調査は、春期は 2013 年 5 月 23 日と 6 月 4 日、冬期は 2014 年 1 月 20 日、1 月 31 日、2 月 18 日に行った。

薬剤の注入による枯死防止効果を検証するため、カシナガによる加害が終了する 10 月以降に、供試木の外観から生存と枯死を判定した。また、地上高 2m までのカシナガ穿孔数を「無」、「穿孔少（49 孔以下）」、「穿孔多（50 孔以上）」の 3 段階に区分した。調査は、春期は 2013 年 12 月 10 日、冬期は 2014 年 10 月 10 日に行った。

2 殺菌剤樹幹注入による樹体内のナラ菌変色抑制効果試験

殺菌剤の樹幹注入による樹体内のナラ菌変色抑制効果を、接種したナラ菌による材の変色部位の拡大状況から検証した。

試験地は、田辺市上秋津地内（田辺 A）、同市秋津川地内（田辺 B）、日高郡みなべ町地内（みなべ）のウバメガシ林とし、それぞれ 12 本、17 本、20 本のウバメガシを供試木とした。使用する薬剤は、試験 1 同様 DASH と SP の 2 種類とし、試験は薬剤の注入時期の違いによる効果を見るため、春期と冬期に分けて行うこととした。処理区は注入孔 1 孔当たり DASH の登録標準量である 0.5ml を注入する区（以下「DASH 標準区」）、2 倍量の 1.0ml を注入する区（以下「DASH 2 倍区」）、SP の登録標準量である 200ml を注入する区（以下「SP 区」）、薬剤を注入しない対照区の 4 区に分けた。

薬剤の注入方法は、供試木の地上高 80cm の位置に斜め下方 30~45 度の角度で、DASH 標準区では直径 5mm、DASH 2 倍区及び SP 区では直径 7mm の注入孔を樹幹中心に向けて深さ 50mm の孔を電動ドリルでそれぞれ 4 孔あけ、薬剤を DASH 標準区及び DASH 2 倍区は容量設定付きピペットで、SP 区はノズルを付けた容器により注入した。対照区については、斜め下方 30~45 度の角度、直径 7mm、深さ 50mm の孔を 4 孔あけてそのまま放置した。薬剤の注入は、田辺 A、田辺 B、みなべの順に 2013 年 5 月 7 日、2014 年 5 月 16 日、2013 年 12 月 17 日に行った。

薬剤の注入成功率を算出するため、試験 1 と同様の方法で成否を判定し、SP 区の調査は、田辺 A、田辺 B、みなべの順に 2013 年 5 月 15 日、2014 年 5 月 26 日、2013 年 12 月 25 日に行った。

薬剤注入による葉害の有無についても試験 1 と同様の方法で判定し、調査は田辺 A、田辺 B、みなべの順に 2013 年 5 月 23 日と 6 月 4 日、2014 年 6 月 4 日と 6 月 16 日、2014 年 1 月 8 日と 1 月 16 日に行った。

供試木への接種に用いたナラ菌は、森林総合研究所所蔵の菌株をオガ粉培地で培養したものである。ナラ菌の接種は、全ての供試木の薬剤注入孔の上下 50cm の位置（地上高 130cm、地上高 30cm）に直径 8mm、深さ 50mm の接種孔を樹幹中心に向けて電動ドリルで 4 孔あけて、ナラ菌が十分繁殖したオガ粉培地を詰め込むようにして接種した。接種部を保護するため、接種孔をパラフィルムで被覆し、その上下を布テープで固定した。ナラ菌接種は田辺 A、田辺 B、みなべの順に 2013 年 6 月 11 日、2014 年 6 月 20 日、2014 年 6 月 19 日に行った。

接種から約 8 週間後に、全ての供試木を伐採し、ナラ菌接種部位の地上高 30cm、130cm の位置から接種部位を挟むようにして厚さ 3cm（誤差+1.0~2.0cm）の円盤を採取した。供試木の伐採は、田辺 A、田辺 B、みなべの順に 2013 年 7 月 29 日、2014 年 8 月 26 日、2014 年 8 月 25 日に行った。

採取した円板は、その表裏面をスキャニングし、パソコン上で樹幹断面積、接種部位から広がった変色面積、接種部位面積を測定した。樹幹断面積から接種部位面積を除外した値を全体面積とし、接種部位から広がった変色面積から接種部位面積を除外した値をナラ菌による変色面積とした。採取した地上高 130cm 及び 30cm 部位の円板の表裏面それぞれ全体面積に対する変色面積の割合を算出し、その平均値を平均変色面積割合とした。この平均変色面積割合を薬剤を注入した各処理区と対照区の比較により、薬剤注入による樹体内のナラ菌変色抑制効果をみた。

材の変色がナラ菌によるものであることを確認するため、ナラ菌の再分離を行った。地上高 130cm の位置から採取した円板の、4 箇所（箇所）のナラ菌接種部位付近の変色部位とそこに隣接する無変色部位から約 5mm 四方の材片を各 2 個、1 箇所につき合計 4 個を切り出し、表面をエタノール 70% で 30 秒間、次亜塩素酸ナトリウム 1% で 30 秒間滅菌した後、滅菌水により 2 回各 10 秒洗浄し、滅菌濾紙上に乗せ、余剰水分を吸い取った後、硫酸ストレプトマイシン 100ppm を添加した PDA 培地に乗せて、暗条件にてインキュベーター内（20℃）で 2~3 日間静置し、発菌した菌類を単離培養して、ナラ菌の同定を行った。ナラ菌の検出率は、変色部位と無変色部位の材片から発菌したナラ菌の割合を試験区毎に算出した。

結果と考察

1 殺菌剤樹幹注入によるウバメガシ枯死防止効果試験

薬剤の注入成功率は、春期、冬期の注入時期に関わらず、DASH 及び SP とも 100%であった（第 1 表）。また、薬剤の注入による葉の褐変や枯死などの葉害は認められず、注入 4 週間後まで全ての供

試木が正常であった。

各処理区における供試木のカシナガ穿孔数及び枯損状況をみると、100 孔以上穿孔された供試木を確認できたが、それらを含むすべての試験区において供試木は枯死しなかった。ミズナラまたはコナラを対象にした斉藤（2013）と岡田ら（2014）による樹幹注入試験では、対照区における枯死率が10～40%、50%であり、穿孔少（49 孔以下）でも供試木が枯死していることが報告されている。しかし、ウバメガシを対象とした本試験では、対照区において、カシナガに100 孔以上穿孔されても枯死しなかったことから、ウバメガシは、ミズナラやコナラに比べて、カシナガの穿孔を受けても枯死しにくいと考えられた。このことから、薬剤の樹幹注入によるウバメガシの枯死防止効果を明らかにすることはできなかった。

第1表 殺菌剤樹幹注入によるウバメガシの注入状況・薬害有無・枯損状況

試験地 処理時期	処理区	供試木 本数	胸高直径 平均±SD (cm)	平均 注入成功率 (%)	薬害の有無			枯損状況とカシノナガキクイムシ穿孔状況				
					樹冠の 状態	2週間 後	4週間 後	生死 区分	穿孔無 (0孔)	穿孔少 (49孔 以下)	穿孔多 (50孔 以上)	最大 穿孔数
すさみ 春期	DASH区	10	15.0 ±2.3	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	10	10	正常 枯死	5	3	2	130
	SPI区	10	15.3 ±2.4	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	10	10	正常 枯死	6	2	2	184
	対照区	10	14.4 ±2.0	—	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	—	—	正常 枯死	5	2	3	227
すさみ 冬期	DASH区	10	13.5 ±1.0	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	10	10	正常 枯死	10			0
	SPI区	10	13.8 ±1.0	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	10	10	正常 枯死	8	1	1	117
	対照区	10	13.3 ±1.6	—	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	—	—	正常 枯死	3	3	4	109

2 殺菌剤樹幹注入による樹体内のナラ菌変色抑制効果試験

薬剤の注入成功率は、田辺BのSP区を除くすべての試験区において100%であった。なお、田辺BのSP区においては、供試木2本の容器が大型獣類により破壊されたため、100%の注入を行うことができなかった。また、薬剤の注入による葉の褐変や枯死などの薬害は認められず、注入4週後まで全ての供試木が正常であった（第2表）。

各処理区におけるナラ菌による樹体内の変色状況は第2表のとおりで、これを基にした変色面積比率を第1図に示す。DASH標準区では、春期に注入した場合の平均変色面積割合が対照区の50.0%、60.4%に抑制でき、約4～5割の抑制効果があると考えられた。冬期に注入した場合の平均変色面積割合は対照区の90.5%と差は見られなかった。これは、供試木を円板にした際、接種したナラ菌に

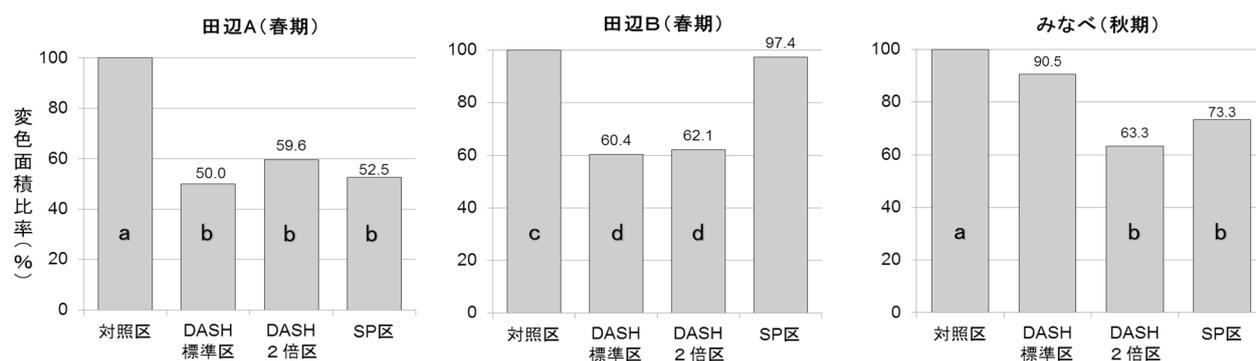
よる変色が入り皮に向かって広がっているものが確認できたことから（第2図）、入り皮が原因で薬剤が適切に分散されなかった可能性がある。このため、冬期の注入における変色抑制効果を判断することができなかった。

DASH 2倍区では、春期に薬剤注入した場合の平均変色面積割合は対照区の59.6%、62.1%、冬期に薬剤注入した場合の平均変色面積割合は対照区の63.3%となり、注入時期が異なっても、約4割の変色抑制効果があると考えられた。

SP区では、春期に注入した場合の平均変色面積割合は対照区の52.5%、97.4%とばらつきが見られた。このばらつきは、斉藤ら（2014）が報告している薬剤の注入成功率が枯死予防効果に及ぼす影響によるものと考えられた。このことから、春期にSPを注入した場合でも、薬剤の注入成功率が100%であれば、変色抑制効果は約5割あると考えられた。冬期に注入した場合の平均変色面積割合は対照区の73.3%と変色抑制効果は3割弱となったが、冬期に注入したDASH標準区同様、入り皮などが原因で薬剤を適切に分散されなかった可能性があるため、冬期の変色抑制効果を改めて検証する必要がある（第1図）。

採取した円板のナラ菌の再分離を行った結果、すべての試験区において、無変色部位より変色部位でナラ菌の検出率が高かったことから（第3表）、樹体内の変色はナラ菌によるものであることが確認できた。

春期の試験では、薬剤注入が100%行えたDASH標準区及びDASH 2倍区、SP区において、ナラ菌による変色面積比率を対照区の50.0~62.1%に抑制することができた。冬期の試験では、DASH 2倍区において63.3%に抑制することができた。このことから、春期注入の方が変色抑制効果は高いと考えられた。しかし、ウバメガシにおける薬剤の分散には秋期から冬期の注入が適している（衣浦ら、2014）とされることから、冬期の注入によるナラ菌の変色抑制効果について、薬剤が適切に分散されなくなるとされる入り皮などの要因を除いた上で、その効果を改めて検証する必要がある。



第1図 各試験地におけるウバメガシ樹幹断面の対照区に対する変色面積比率

※変色面積比率=対照区以外の試験区の平均変色面積割合/対照区の変色面積割合

※Steel-Dwass testにより、ab間に1%水準、cd間に5%水準で有意差あり

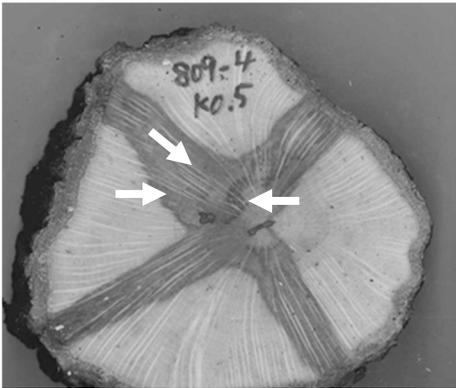
第2表 殺菌剤樹幹注入によるウバメガシの注入成功率・薬害有無・平均変色面積割合

区分	試験地 処理時期	処理区	供試木 本数	平均胸高 直径 ±SD (cm)	平均 注入成功率 (%)	薬害の有無			樹幹断面		平均 変色面積 割合 ^x (%)
						樹冠の 状態	2週間後	4週間後	平均 全体面積 ^z ±SD (cm ²)	平均 変色面積 ^y ±SD (cm ²)	
試験地 ①	田辺A 春期	DASH 標準区	3	11.8 ±1.7	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	3	3	89.5 ±21.6	8.9 ±1.4	12.0
		DASH 2倍区	3	11.0 ±0.9	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	3	3	78.9 ±14.1	9.1 ±2.0	14.3
		SP区	3	12.5 ±2.1	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	3	3	112.4 ±34.3	12.3 ±5.9	12.6
		対照区	3	10.7 ±0.7	—	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	—	—	73.5 ±14.9	14.7 ±4.6	24.0
試験地 ②	田辺B 春期	DASH 標準区	4	11.8 ±1.0	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	4	4	103.3 ±26.6	11.6 ±3.7	13.7
		DASH 2倍区	5	12.1 ±1.5	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	5	5	104.7 ±29.1	11.7 ±3.4	14.1
		SP区	4	12.0 ±1.7	75	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	4	4	99.0 ±40.8	20.3 ±12.9	22.1
		対照区	4	11.9 ±1.4	—	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	—	—	111.5 ±41.9	19.8 ±4.5	22.7
試験地 ③	みなべ 冬期	DASH 標準区	5	11.7 ±1.2	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	5	5	93.2 ±31.8	14.6 ±3.7	19.0
		DASH 2倍区	5	11.8 ±0.8	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	5	5	98.0 ±21.8	10.7 ±1.9	13.3
		SP区	5	12.0 ±1.5	100	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	5	5	96.2 ±28.2	12.4 ±2.4	15.4
		対照区	5	11.4 ±1.0	—	正常 一部枯れ 半分枯れ 枯死	—	—	87.4 ±20.8	15.5 ±3.9	21.0

z: ナラ菌を接種した地上高 130cm 及び 30cm それぞれの表裏面の樹幹断面積から接種孔面積を除外した面積の平均値

y: ナラ菌を接種した地上高 130cm 及び 30cm それぞれの表裏面の全体変色面積から接種孔面積を除外した面積の平均値

x: ナラ菌を接種した地上高 130cm 及び 30cm それぞれの表裏面の全体面積に対する変色面積の割合の平均値



第2図 入り皮に向かって広がるナラ菌

第3表 ナラ菌の検出率

試験地	処理区	無変色部位	変色部位
田辺A	DASH標準区	25%	100%
	DASH2倍区	10%	100%
	SP区	25%	100%
	対照区	33%	100%
田辺B	DASH標準区	5%	75%
	DASH2倍区	3%	45%
	SP区	10%	73%
	対照区	13%	80%
みなべ	DASH標準区	28%	94%
	DASH2倍区	25%	100%
	SP区	9%	94%
	対照区	6%	100%

摘要

ナラ類及びスダジイで農薬登録されているDASH及びSP（殺菌剤）を注入したウバメガシに対するナラ菌接種による樹体内の変色抑制効果試験では、両薬剤を春期に確実に注入することで、樹体内におけるナラ菌の変色を約50～60%に抑制できた。冬期にDASHを1孔あたり1.0ml注入することで、約60%に抑制できた。ウバメガシにおいてDASH及びSPを樹幹注入することでナラ菌による樹体内の変色を抑制できると考えられた。

DASH及びSPの樹幹注入によるウバメガシの枯死防止効果について検証したが、ウバメガシがカシナガに100孔以上穿孔されても枯死しなかったことから、その効果の有無について判断することができなかった。

薬剤注入によるウバメガシの薬害についてはすべての処理区において見られなかった。

以上のことから、ウバメガシにおけるDASH及びSPの樹幹注入は、春期注入によるナラ菌の変色抑制効果が明らかとなり、冬期注入による効果も一部で認められることから、改めて変色抑制効果を検証する必要がある。

引用文献

- 法眼利幸. 2008. 和歌山県におけるカシノナガキクイムシ被害と調査. 林業と薬剤. 183:1-7.
- 伊藤進一郎・窪野高德・佐橋憲生・山田利博. 1998. ナラ類集団枯損被害に関連する菌類. 日本林学会. 80:170-175
- Kinuura H&Kobayashi M. 2006. Death of *Quercus crispula* by inoculation with adult *Platypus quercivorus*(Coleoptera Platypodidae). Applied Entomology and Zoology. 41(1):123-128
- 衣浦晴生・所雅彦・後藤秀章・栗生剛. 2014. ブナ科樹木萎凋病に対するスダジイでの殺菌剤注入技術とその他常緑樹への展開. 森林防疫. 63:238-241
- 岡田充弘・斉藤正一・猪野正明・吉濱健・所雅彦. 2014. 少量樹幹注入処理によるナラ枯れ枯損予防方法の開発. 森林防疫. 63:232-237
- 斉藤正一. 2013. 萎凋病防除薬剤試験（ナラ枯れ予防剤に関する試験）（樹幹注入）. 平成24年度林業薬剤等試験成績報告集:63-78