

苗畑における各種殺線虫剤

施用効果の一例

真 宮 靖 治⁽¹⁾

は じ め に

林業苗畑における線虫被害については、ここ数年来広く各地の苗畑を対象としてすすめられた調査の結果から、その実態がようやくあきらかとなってきた。それは、いままで見すごされていた被害、他の原因によるとされていた被害、また原因の追求が不十分であった被害、このような苗木の被害に線虫が関係しているというかたちであらわれた。そしてその被害は小さくない。線虫被害のあきらかとなった苗畑では、育苗上線虫防除が必要な手段となる。

苗畑における線虫防除については、現在のところ薬剤の施用を中心とした試験がすすめられており、いろいろな殺線虫剤についておこなった試験の結果も報告されている¹⁾⁸⁾⁷⁾⁸⁾¹⁰⁾¹²⁾。これらの報告によると、各種薬剤の施用効果については少なくないふれがみられる。これが土壌など環境条件をはじめとして、生息線虫の密度の問題など、いろいろな因子の違いからくるものであることは容易に想像できる。今後、各種薬剤について苗畑における線虫防除のための実用的な施用法を確立するためには、いろいろな環境条件のもとでより多くの試験をおこなうことが必要である。

本報では国有林の一苗畑において、数種の殺線虫剤を使っておこなった施用試験の結果を報告する。この苗畑は、さきに筆者がおこなった国有林苗畑の線虫生息実態調査の結果⁵⁾⁶⁾から、キタネグサレセンチュウ (*Pratylenchus penetrans*) の生息密度がとくに高いことでえらんだものである。

本試験を遂行するにあたっては、試験区の設定、管理維持、生育調査などに千葉営林署椎津種苗係長、千葉営林署愛宕山苗畑飯田主任、同川名技官の非常なお力添えがあった。ここに深く感謝の意を表する。また、苗畑の選定にあたって、便宜をはかってくださった東京営林局造林課種苗係長（当時）海藤技官にたいして厚くお礼を申しあげる。

試 験 方 法

1. スギまき付苗床にたいする薬剤施用

試験は1966年の生育期間中を通じ、千葉県君津郡上総町大字愛宕にある千葉営林署愛宕山苗畑（2号）においておこなった。この第2号苗畑は1960年に開設されて以来、ヒノキを主として、スギ、アカマツ、クロマツの養苗にあてられてきた。土性は壤土で適潤、pH 4.0～5.5である。試験区は当苗畑6号区に設けた。ここには前年度はヒノキ1回床替苗が養成されていた。試験は6処理4反復の乱塊法でおこなった。使用した薬剤およびその施用法はつぎのとおりであった。

(1) D-D: 10a あたり 30l, 30cm 間隔のチドリで1穴 3ml 注入。

1968年11月25日受理

(1) 保護部樹病科樹病研究室

- (2) EDB (ネマヒューム 30) : 10a あたり 30 l , 30cm 間隔のチドリで 1 穴 3 ml 注入。
- (3) TS-10 (EDB 15%とメチルプロマイド 5 %の混合物) : 10a あたり 30 l , 30cm 間隔 の チドリで 1 穴 3 ml 注入。
- (4) DBCP (ネマナックス乳剤80) : 10a あたり 3 l , 原液を水で10倍に希釈し, 30cm 間隔のチドリで 1 穴 3 ml 注入。
- (5) DBCP (ネマナックス粒剤20) : 10a あたり 20 kg , 表面約 5~10cm の土を かきとって全面に均一に散布し, そのあと土でおおった。
- (6) コントロール : 無処理

薬剤の注入はいずれの場合も手動式注入器によっておこなった。薬剤処理後は DBCP 粒剤区をのぞき, 土壤表面を水封した。

試験区は長さ10m, 幅 1m の 4 本の床からなり, 床の高さ 15cm, 床と床との間隔は 1m であった。1 本の床に 6 プロットを設け, 1 プロットは 1m \times 1m の大きさで, 各プロット間は 50cm はなし, その部分の土はけずりとった。薬剤施用に先だって, 耕うん整地, 施肥, 床作りなどを苗畑での常法にしたがっておこなった。ただし, 土壤殺菌剤はいっさい施用しなかった。施肥量はつぎのとおりである (1 m^2 あたり)。堆肥 3 kg , 硫酸 70 g , 過リン酸石灰 45 g , 熔成リン肥 27 g , 硫酸カリ 20 g 。

3 月 22 日, すべての薬剤について, 各プロットへの処理をおこなった。4 月 6 日, ガス抜きをおこない, 4 月 13 日, スギ種子を 1 m^2 あたり 24 g の量で播種した。覆土にはあらかじめ焼土処理をくわえた土を用いた。7 月 25 日, 全プロットの間引きをおこなった。このとき, 各プロット内に 25cm \times 25cm の調査区を設定し, この調査区内における苗木成立本数を各プロット 55 本に統一した。

線虫の生息密度の消長を知るため, 定期的に全プロットから土壤試料および苗木を採取した。土壤は各プロットにおいて 5 か所から採取し, 1 試料とした。このとき, 苗木も同時に採取した。試料の採取月日はつぎのとおりである。3 月 22 日 (薬剤施用前, 残留根も採取), 4 月 6 日 (ガス抜き後, 残留根も採取), 5 月 16 日, 6 月 20 日, 7 月 25 日, 8 月 29 日, 10 月 5 日。

線虫の分離は, 土壤からはザインホルスト法⁹⁾, 苗木の根からはヤング法¹¹⁾によってそれぞれおこなった。供試土壤は 300 g とし, 根については苗木 1 本ずつから分離したものを 1 g あたりの線虫数に換算した。

10 月 5 日, 各プロットの調査区内の苗木を全部掘り取り, 苗長, 苗重を測定した。

試験実施期間中を通じて, 試験区内の地温を自記地中温度計により測定した。

試験区の維持管理については, 日よけ, 灌水, 除草, 赤枯病防除のためのボルドー液散布などすべて当苗畑における常法にしたがっておこなわれた。

2. 前年薬剤処理をうけたスギ苗の床替後における成長

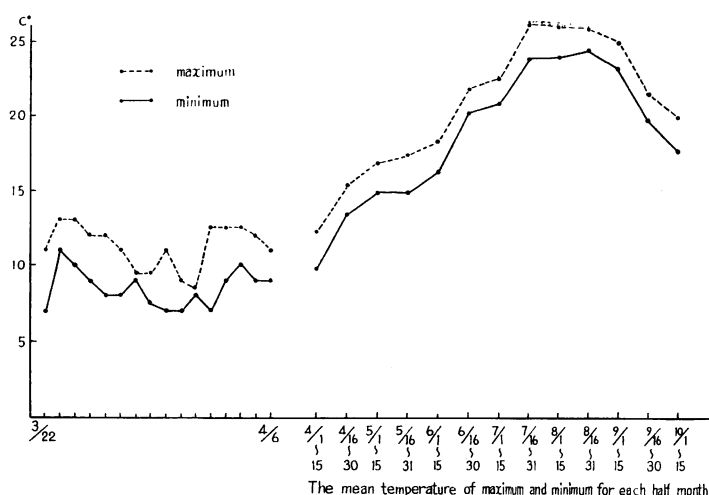
1967 年 2 月, 各プロットの苗木を掘り取り, 各処理別にまとめて床替えをおこなった。床替地は第 1 号苗畑で, 土壤は無処理であった。床替作業は常法どおりで, 1 m^2 あたり 45 本の仕立本数であった。

1968 年 2 月 26 日, 各処理別にそれぞれ 50 本ずつの苗木の苗長を測定した。

試 験 結 果

1. スギまき付苗床にたいする薬剤施用

第1図 試験地における地温
の変化（地中 15 cm）
Fig. 1 Soil temperature at
the test plots (at a 15 cm
depth).



試験期間を通じての、地温の変化は第1図のとおりであった。薬剤施用からガス抜きまでの間の地温は $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ であった。

1) 線虫密度の消長

試験区に生息していたおもな植物寄生線虫は *Pratylenchus penetrans*, *Trichodorus cedarus* であった。薬剤の殺線虫効果を、施用前と施用後の線虫密度で比較してみる。全線虫数については（第1表）D-D区において減少したほかは、どの薬剤処理区でも密度の低下はみられなかった。D-D区では5月16日の調査時点でも他の区に比べその密度はひくかった。それ以後においては差がみられなくなる。

P. penetrans について土壌からの分離数をしめたのが第2表である。薬剤施用後において密度が減少したのはD-D区だけであった。密度減少の効果は5月16日においても認められた。全体的にみて、施用直後の密度が施用前のそれを上回る結果となったのは、各プロットの土壌中にある残留根にはいついた *P. penetrans* までは薬剤の効果がおよばず、これらの線虫がこの時期に土壌中に遊出したためと考えられる。この意味で、D-D区のあきらかな密度の減少は薬剤の効果をはっきりとしめすものである。また、5月16日での *P. penetrans* の密度が全処理区で4月6日よりひくくなっているのも、残留根中の線虫の動態と関係しているように思われる。6月20日以後の消長に関してはどの処理区についても一定の傾向はみられない。

第1表 処理区別の線虫生息数*1（／土壌 300 g）

Table 1. Effects of fumigation on numbers of nematodes per 300 g of soil*1

処 理 区 Treatment	調 査 月 日 Sampling date (1966)						
	3/22*2	4/6*3	5/16	6/20	7/25	8/29	10/5
D-D	3547	1347	665	1477	1262	2100	2105
EDB	3715	4122	2070	1232	1815	2155	3215
TS-10	3620	6320	1892	1305	1950	2830	3865
DBCP (E)	5677	6140	3180	2660	1832	3002	3685
DBCP (G)	2787	4600	1725	1822	1492	2897	3735
Control	1940	6465	2787	1635	2107	2770	3175

*1 4 反復の平均 Mean of four replications.

*2 薬剤施用前 Pretreatment.

*3 薬剤施用後播種前 Posttreatment and preplanting.

第 2 表 処理区別の *Pratylenchus penetrans* 生息数*1 (／土壌 300 g)Table 2. Effects of fumigation on numbers of *Pratylenchus penetrans* per 300 g of soil*1

処 理 区 Treatment	調 査 月 日 Sampling date (1966)						
	3/22*2	4/6*3	5/16	6/20	7/25	8/29	10/5
D-D	1330	865	80	160	517	877	597
EDB	1465	2767	315	212	322	522	270
TS-10	1275	4505	305	187	440	697	295
DBCP (E)	1632	2725	455	180	470	600	585
DBCP (G)	1122	2600	270	455	405	515	230
Control	1082	4330	395	475	1005	957	895

*1 4 反復の平均 Mean of four replications.

*2 薬剤施用前 Pretreatment.

*3 薬剤施用後播種前 Posttreatment and preplanting.

第 3 表 処理区別の *Pratylenchus penetrans* 生息数*1 (／根 1 g, ／苗木 1 本)Table 3. Effects of fumigation on numbers of *Pratylenchus penetrans* per 1 g of root and per 1 seedling*1

処 理 区 Treatment	調 査 月 日 Sampling date (1966)						
	3/22*2	4/6*3	5/16	6/20	7/25	8/29	10/5
D-D	*4 3960	*4 507		1720 (43)*5	6800 (340)	3400 (340)	2302 (1008)
EDB	4792	3270		10800 (270)	10620 (531)	9400 (940)	10785 (3718)
TS-10	6055	2977		7800 (195)	4760 (238)	10500 (1050)	13420 (4660)
DBCP (E)	6677	3065		12680 (317)	6340 (317)	6940 (694)	9672 (2765)
DBCP (G)	4500	2707		13640 (341)	6240 (312)	4750 (475)	4935 (1738)
Control	6347	3200		13200 (330)	9520 (476)	4490 (449)	10066 (2890)

*1 4 反復の平均 Mean of four replications.

*2 薬剤施用前 Pretreatment.

*3 薬剤施用後播種前 Posttreatment and preplanting.

*4 残留根 (ヒノキ 1-1) 中の線虫数 Nematode numbers in 1 g of root fragments which remained in soil after removing Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) seedlings grown at the plots in the previous season.

*5 /苗木 1 本 Numbers of nematode per one seedling.

第 3 表には *P. penetrans* の残留根および苗木の根からの分離結果をしめした。薬剤施用前と施用直後の残留根中の線虫数でみると、他の処理区とくらべて D-D 区における顕著な減少が目だっている。つまり、D-D は残留根中の *P. penetrans* にたいして薬効をしめしたといえることができる。他の薬剤ではその効果があきらかでない。5 月 16 日採取の苗木の根については、酸性フクシン・ラクトフェノール染色法により、根組織中にある線虫を直接観察して侵入の程度をしらべた。供試したほとんどすべての苗木の根に *P. penetrans* の侵入が認められたが、D-D 区の苗木では侵入数、産卵数が他の処理区にくらべ少なかった。D-D 区以外ではたがいにあまり差はなかった。侵入数は 2cm に達しない根の組織中に、最高で約 70 頭をかぞえ、卵はかぞえきれないほどであった。20 頭前後侵入している場合がもっとも多く、D-D 区では 5～8 頭であった。6 月 20 日の調査でも D-D 区における根組織からの線虫分離数は他の区にくらべあきらかに少ない。7 月 25 日以後になるとこの差はなくなった。いずれの処理区においても、8 月 29 日の調

第4表 処理区別の *Trichodorus cedarus* 生息数*1（／土壌 300 g）
Table 4. Effects of fumigation on numbers of *Trichodorus cedarus* per 300 g of soil*1

処 理 区 Treatment	調 査 月 日 Sampling date (1966)						
	3/22*2	4/6*3	5/16	6/20	7/25	8/29	10/5
D-D	160	15	8	8	57	65	405
EDB	120	112	23	130	337	425	1290
TS-10	48	70	53	190	310	292	1300
DBCP (E)	122	95	28	215	112	245	1355
DBCP (G)	68	110	15	90	232	415	1575
Control	58	80	28	187	120	35	520

*1 4 反復の平均 Mean of four replications.

*2 薬剤施用前 Pretreatment.

*3 薬剤施用後播種前 Posttreatment and preplanting.

査による苗木1本あたりの線虫数に比べ、10月5日のそれは顕著な増加をしめした。

Trichodorus cedarus の密度の消長は第4表にめすとおりである。D-D区では密度の低下がみられたが、他の区では密度は低下しなかった。D-D区での密度は6月20日までひくいままであった。その後は他の処理区との差もあきらかでなくなる。なお、いずれの処理区でも10月5日における密度の増加はいちじるしい。

2) 苗木の成長

5月16日、各プロットの調査区内（25cm×25cm）の発芽本数をしらべた結果は第5表のとおりであった。各処理区の間には差は認められなかった。

10月5日に掘り取った苗木の成長を測定した結果から、各処理区における苗長別の本数分布を第2図に、苗長、苗重の各平均値の比較を第6表にめす。これからみてあきらかなように、D-D区の苗長は他のすべての処理区にたいしまさっていた（1%の危険率で有意）。DBCP粒剤区の苗長は無処理区にたいしてのみ5%の危険率で有意差をめした。苗木の生体重についても、D-D区は他の処理区にまさり、地上部の重さではすべての処理区にたいし1%の危険率で有意差があった。6月にはいとD-D区の苗木の成長はめだちはじめ、6月20日の観察ではすでに他の処理区の苗木とあきらかな差が認められた。葉色も濃緑であった。7月下旬にはD-D区の苗木は一層伸び、苗長、枝の長さなどにおいて他の処理区の苗木にくらべかくだんの差をめした。D-D区以外の処理区の間にはたがいに差がみられなかった。10月5日の掘り取り時における苗木の質からいうと、D-D区の苗木は徒長きみであり、軟弱のきらいがあった。

D-D区の苗木について、さらに特徴的なことはその根系が、側根、細根の少ないいちじるしい直根型になっていたことである。直根のみが発達したきわめて異状な根系をていしていた。根の重さは他の処理区とほとんど差がなく、T/R率

が大きい。6月20日の調査では、D-D区の根系は正常で、これにたいし他の処理区の苗木ではネクロシスが多くみられ、根の腐敗脱落、2次根の発生という過程での

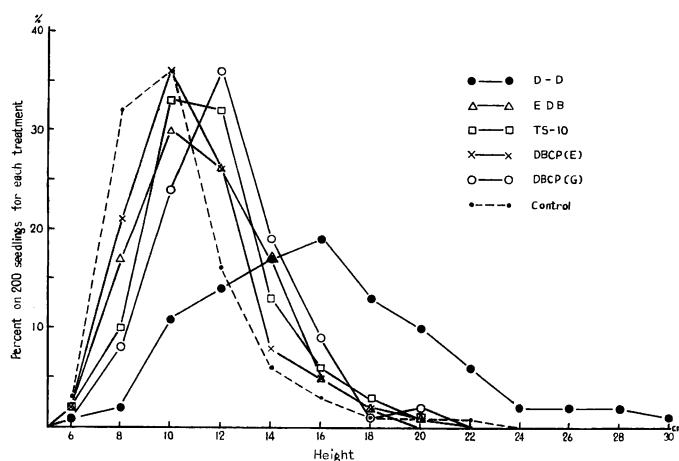
第5表 発芽数調査*1（5/16）

Table 5. Seedling densities (May 16)

(25 cm × 25 cm)

D-D	EDB	TS-10	DBCP(E)	DBCP(G)	Control
147	149	148	158	164	152

*1 4 反復の平均 Mean of four replications.



第2図 苗長別にみた苗木本数

Fig. 2 Frequency of seedling height for each treatment.

第6表 殺線虫剤の施用が苗木の生育におよぼす影響*1

Table 6. Effects of fumigation on growth of *Cryptomeria* seedlings*1

処 理 区 Treatment	苗 長 Height (cm)	生 体 重 Fresh weight		
		苗木全体 Whole (g)	地 上 部 Top (g)	根 部 Root (g)
D-D	15.3**	2.5**	2.2**	0.3
EDB	10.5	1.8	1.4	0.4
TS-10	10.7	1.9	1.5	0.4
DBCP (E)	9.9	1.6	1.3	0.3
DBCP (G)	11.3*	2.0	1.6*	0.4
Control	9.3	1.5	1.2	0.3
LSD 5%	1.9	0.6	0.4	n. s.
LSD 1%	2.7	0.9	0.5	

*1 4反復の平均 Mean of four replications.

第7表 各処理区別苗木の床替1年後における成長*1

Table 7. Growth of seedlings transplanted from test plots in the second growing season*1

処 理 Treatment	苗長 Seedling height (cm)
D-D	63.4 ± 7.2
EDB	71.0 ± 8.7
TS-10	69.0 ± 8.6
DBCP (E)	68.8 ± 10.6
DBCP (G)	68.9 ± 7.7
Control	62.7 ± 9.3

*1 各処理別苗木50本の平均

Mean height of 50 seedlings for each treatment.

いわゆるタコ足状になったものが多くあった。とくに無処理区の苗木においてこの傾向がめだった。8月ではD-D区の根系の直根型がはっきりしていた。一方、他の処理区では側根が多くみられたが、ネクロシスの多いタコ足状の根系であった。掘取り時の根系についていえば、D-D区の直根型、他の処理区でのタコ足状根系と、いずれも異状であった。D-D区以外の処理区のこのような根系は、筆者の別の実験結果（未発表）からみて、*P. penetrans* の寄生加害がその原因であると考えることができる。なお、無処理区ではとくに細根の少ないのがめだっていた。

2. 前年度薬剤処理をうけたスギ苗の床替後における成長

各処理区別に任意にえらんだ50本の苗木の苗長を測定した

結果は第7表のとおりであった。前年、他の処理区と大きな差をしめしたD-D区の苗木も、床替1年後においてはその差がなくなり、むしろ無処理区からの苗木とともに、他の処理区からの苗木にくらべ成長がやや劣る傾向となった。

D-D区からの床替苗の根系は、側根数が他の処理区のものにくらべまだいくらか少ないようではあったが、ほぼ回復していた。

考 察

各種薬剤の殺線虫効果については、D-Dにだけそれが認められた。試験区における *P. penetrans* の生息密

度は、前作のヒノキ1回替苗の残留根に侵入していた線虫数を考えにいれると一層高いものであった。このような場合、薬剤の効果はこの残留根中の *P. penetrans* にどれだけきくかにかかっている。D-D 以外の薬剤では残留根中の線虫にまで効果がおよばなかったものと考えられる。*P. penetrans* の土壌中の密度が、薬剤施用前よりも施用後にたかまったのは残留根中にあった線虫が、この期間に土壌中に遊出したからであろう。残留根からの線虫分離結果で、施用前より施用後において線虫数が減少しているのは D-D を除いて、薬剤の効果というよりむしろ線虫の土壌中への遊出の結果とみるべきであろう。この点においても、D-D 区で土壌中、残留根中ともに *P. penetrans* の密度がさがっていることは薬剤の施用効果をうらづけるものである。5月にはいって *P. penetrans* の土壌中の密度がへっているのがめだつたが、これは残留根中にあった線虫の遊出がほぼ終わったことと、苗木がまだ小さくて遊出した線虫の密度を維持できなかったということの意味しているのではなからうか。なお検討を要する問題である。苗木の根組織中に侵入している線虫数の消長については、6月20日でも D-D による密度低下の効果がみられること、10月上旬における各処理区での線虫数のいちじるしい増加などの点が特徴的である。8月から10月にかけての、苗木1本あたりでみた線虫数の増加は、根系が大きくなったこと、線虫密度の季節的消長のピークとの重なり的一面から考えられる。D-D 区の苗木で線虫数がやや少ないのは、側根、細根の少ない直根型であったことと関係があるようである。つまり、*P. penetrans* の侵入寄生は細い根にたいしてがおもで、直径が1mmをこえる太い根ではごく少ないこと⁴⁾から説明される。

林業苗畑での線虫防除において、薬剤としては残留根中の線虫にたいして効果のあることが必要な条件となる。とくに連年苗木養成にあてられている国有林苗畑の場合このことは重要である。掘取りのあと苗床にはたくさんの根が残されている。とくに、ここがまき付苗床に予定されている場合、発芽後まもない稚苗は高密度にある線虫の攻撃をうけることになり被害が大きい。われわれのもつ知見では、マツは *P. penetrans* の寄生をうけることが少ない⁵⁾⁶⁾。したがって、マツのあとでは *P. penetrans* の密度もひくいはずである。この点について、線虫防除に関連した苗床の使いかたの問題として、今後検討していく必要がある。

殺線虫剤施用と線虫の密度消長との関係については、初期密度の減少という観点からこれをとらえなければならない。苗木の成長にとって大切な時期、またこれは線虫の寄生加害の影響がもっとも大きい時期でもあるが、この初期における密度の低下が問題なのであり、その後は苗木の成長、根系の増大にともなって線虫の寄生数も多くなる。線虫密度の回復の早さは、ある意味では苗木の成長のよさをしめすものとも考えられる。この点に関し既往の報告には、薬剤の効果を考察するにあたり若干の混乱がみられるようである。

D-D 区の苗木の成長は他の区にくらべいちじるしく良かったが、質的には徒長ぎみであり、根系が異状であるなど望ましいものではなかった。D-D の施用によってスギ苗がいちじるしく成長することは、橋本¹⁾、近藤⁸⁾、大田⁹⁾、その他多くの試験結果から指摘されている。このような現象については、これを線虫防除効果の面からのみ説明づけることは困難なほど際立っており、今後環境的、栄養的、生理的な面から追求していくべき問題と考える。D-D 処理区の苗木のもう一つの形態的特徴である根系については、近藤⁸⁾も D-D 施用とスギ苗木の直根型の出現との関連性をあきらかにしている。このような現象が他の樹種でもみられるかどうかは興味あることで、HANSBROUGH and HOLLIS²⁾ のテーダマツ (*Pinus taeda*) についての試験では、D-D 施用はむしろ側根数が増えるという結果をしめしている。スギにあ

らわれる直根型の根系はあきらかに異状で、形質的にもこのましいものではない。徒長の防止、根系のきょう正のため、根切りは有効かつ必要な手段となるであろう。

各処理区の苗木を床替えしたあとの苗長測定結果は、前年度において、いちじるしく成長のよかった D-D 区の苗木も他の区の苗木と苗長において差のなくなったことをしめた。このことの原因の一つとしては、根系の異状であったことの影響が考えられる。一方、無処理区の苗長が他の処理区にくらべ小さかったが、これも根系の細根数が少なかったなどおとっていたことに原因をもとめられるようである。

現在われわれは、当年生苗に土壤病害や線虫被害が顕著にあらわれるという観点から、主としてまき付苗床を防除の対象にしている。しかし、苗木はさらに 2 年、3 年と床替えされながら苗畑ですごすのであり、最終的な山出しの段階で苗木の品質とてらして薬剤施用の効果、経済性などを判断しなければならぬ。この意味で、たとえば D-D の 1 年目にしめされた薬効も、施肥設計、根切りなどの施業上の問題と関連させて、より質のよい苗木をつくるために生かしていく必要がある。

要 約

国有林の苗畑において、スギまき付苗にたいする殺線虫剤の施用試験をおこなった。薬剤は D-D, EDB, TS-10, DBCP 乳剤, DBCP 粒剤を使用した。試験区には *Pratylenchus penetrans* が高密度に生息していた。*Trichodorus cedarus* がこれにつぐ植物寄生線虫として存在した。D-D は *P. penetrans*, *T. cedarus* にたいし殺線虫効果をしめた。また試験区に残された前年度の苗木の根の中にいる *P. penetrans* にたいしても効果が認められた。その他の薬剤ではいずれも殺線虫効果が認められなかった。D-D の施用によって苗木の成長はいちじるしく促進されたが、徒長きみであった。D-D 処理区の苗木は側根、細根を欠く直根型となり、顕著な上長成長とあわせ T/R 率を大きなものにした。このような成長については、今後環境的、栄養的、生理的な面からの解析が必要と考える。他の薬剤処理区では無処理区と差のある成長もみられず、根系も *P. penetrans* の寄生加害による徴候があらわれていた。

各処理区の苗木を床替えして、1 年後の成長を観察した。D-D 処理区からの苗木も他の処理区からの苗木と苗長などにおいてほとんど差がなくなった。

文 献

- 1) 橋本平一：林業苗畑におけるスタントネマトーダおよびネグサレセンチュウに対する殺線虫効果について、日林誌, 45, pp. 33~36, (1963)
 - 2) HANSBROUGH, T. and J. P. HOLLIS: The effect of soil fumigation for the control of parasitic nematodes on the growth and yield of loblolly pine seedlings. Plant Dis. Reptr., 41, pp. 1021~1025, (1957)
 - 3) 近藤秀明・大津貞夫・山本雄三：土壤線虫の防除に関する研究(Ⅱ) 殺線虫剤による土壌処理が、スギまき付苗の生育におよぼす影響について、76回日林講集, pp. 342~345, (1965)
 - 4) 真宮靖治：苗木に寄生するネグサレセンチュウについて(予報) 線虫寄生が苗木の生育におよぼす影響(2), 76回日林講集, pp. 345~347, (1965)
 - 5) 真宮靖治：国有林苗畑における植物寄生線虫の分布(予報), 77回日林講集, pp. 295~299, (1966)
 - 6) 真宮靖治：国有林苗畑における植物寄生線虫の分布 一東日本の苗畑について一, 林試研報, 219, pp. 95~119, (1968)
- (MAMIYA, Y.: Plant parasitic nematodes associated with coniferous seedlings in forest nur-

- series in eastern Japan. Bull. Gov. For. Exp. Sta., 219, pp. 95~119, (1968))
- 7) 中野香苗：土壤線虫の防除に関する研究 (I) 各種殺線虫剤ならびに有機質肥料施用後の線虫発生消長について, 77回日林講集, pp. 304~306, (1966)
 - 8) 太田勇吉・井上 敏：スギ苗に寄生する *Pratylenchus* 属線虫の防除 2 床替前の土壤燻蒸処理, 16回日林東北支講集, pp. 31~33, (1965)
 - 9) SEINHORST, J. W.: The quantitative extraction of nematodes from soil. Nematologica, 1, pp. 249~267, (1956)
 - 10) 横川登代司：苗木を害する線虫類と防除 —ネグサレセンチュウ に対する殺線虫剤の効果について— (I), 74回日林講集, pp. 279~281, (1963)
 - 11) YOUNG, T. W.: An incubation method for collecting migratory endo-parasitic nematodes. Plant Dis. Repr., 36, pp. 794~795, (1954)
 - 12) 和知文雄：クロールピクリン剤による土壤線虫防除, 76回日林講集, pp. 339~341, (1965)

図 版 説 明

Plate 1

- A. 苗木の比較 (10月 5 日)
a : D-D, b : EDB, c : TS-10, d : DBCP (乳剤), e : DBCP (粒剤), f : Control
- B. 試験区 (10月 5 日)
- C. D-D 区 (右) と Control 区 (左) の成長比較 (10月 5 日)

Effects of Nematicides on Nematode Populations and Growth of *Cryptomeria* Seedlings at a Forest Nursery

Yasuharu MAMIYA⁽¹⁾

(Résumé)

As a result of surveys on plant parasitic nematodes in forest nurseries in eastern Japan, it was demonstrated that *Pratylenchus penetrans* had the widest distribution and caused considerable damage to coniferous seedlings.

The present study was carried on to obtain information on the efficacy of several nematicides in controlling *P. penetrans* on *Cryptomeria* seedlings, *Cryptomeria japonica*, which is one of the most important coniferous trees in Japanese forests.

Materials and methods

The experiment was conducted at the National Forest Atagoyama Nursery in Chiba Prefecture during 1966 and 1967. The soil of the nursery was a loam that was heavily infested with *P. penetrans* and moderately with *Trichodorus cedarus*.

The experimental design was a random block with four replications of each soil treatment

Received November 25, 1968

(1) Forest Pathology Unit, Forest Pathology and Mycology Section,
Forest Protection Division.

and control (no treatment). The experimental plots, each 1m square, were established on four seedbeds spaced 1m apart. The planting surface of the seedbed was elevated about 15cm and seedbed soils between each plot were removed completely. Prior to soil fumigation, the plots received routine nursery care, i. e. plowing, fertilization, mulching, and making seedbeds.

The following nematicides and rates were applied on March 22, 1966: D-D mixture at 300l per hectare, EDB (30 percent ethylene dibromide) at 300l per hectare, TS-10 (15 percent ethylene dibromide and 5 percent methyl bromide) at 300l per hectare, Nemanax E (emulsified 80 percent 1, 2-dibromo-3-chloropropane) at 30l per hectare, and Nemanax G (granular 20 percent 1, 2-dibromo-3-chloropropane) at 200kg per hectare. D-D mixture, EDB, TS-10 and Nemanax E which was diluted 10-fold with water were applied in 15cm deep holes spaced 30cm apart with a hand injector. In these treatments, irrigation followed soil injection to provide a surface water seal. After removing surface soil of seedbed at least upper 10cm, granules of Nemanax G were spread on the soil surface and then covered with removed soil again. The soil temperature was 10°C at a 15cm depth.

Three weeks after treatment, the plots were seeded with 24g of *Cryptomeria* seeds per 1m square. The plots were thinned on July 25 by removing excess seedlings. At the same time, a permanent counting site, 25cm square, was established on the center of each plot and seedling density within each counting site was controlled to be 55 seedlings per 25cm square.

Soil samples and seedlings were collected from each plot for extraction of nematodes on March 22 (just prior to treatment), April 6, May 16, June 20, July 25, August 29, and October 5. On March 22 and April 6, root fragments which were left in the soil after removing Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) seedlings grown at the plots during the previous season were collected instead of *Cryptomeria* seedlings. A representative 300g of soil from each sample was processed by a modified SEINHORST technique⁹⁾. A modification of the technique described by YOUNG¹¹⁾ was used to recover *P. penetrans* from roots. Nematodes recovered by this technique were counted at the seventh day after roots were placed in containers.

On October 5, 1966, all seedlings within counting sites of each plot were removed and the shoot and root growth were measured.

In February 1967, seedlings outside counting sites were removed from each plot and transplanted to the different beds not treated with any soil fumigants. On February 26, 1968, height growth of 50 seedlings selected at random from each treatment was measured.

Results and discussion

Through the growing season of 1966, soil temperature at a depth of 15cm was recorded and presented in Figure 1 (see page 123).

Population fluctuations of nematodes

D-D mixture caused an initial reduction in the numbers of *P. penetrans* in the plots. This effect was held till May 16. However, the populations of *P. penetrans* in all except the D-D mixture plots increased after treatment (Table 2, see page 124). There were many root fragments which were heavily infested by *P. penetrans* in soil of the experimental plots. Because applied nematicides were not effective in killing nematodes in root tissues, unaffected *P. penetrans* emerged from those fragments into soil during the period, and as a result the populations in soil increased more than before treatment. The number of nematodes in root

fragments on April 6 decreased in all treated plots (Table 3, see page 124). This reduction in number of nematodes might be caused by nematode emerging from roots rather than by effects of soil fumigation. In this respect, sharply decreased *P. penetrans* populations both in soil and roots from the D-D mixture plots indicated that D-D mixture was the only effective treatment for control of *P. penetrans*.

It was noted that the number of *P. penetrans* per seedling increased greatly in all plots on October 5. This means the development of root systems as feeding sites for nematodes and a peak of seasonal fluctuations of the nematode. As to the reason why the population increase in the D-D mixture plots was not conspicuously great, it might be thought that poor root system of seedlings in the D-D mixture plots which lacked lateral roots as described later could not hold large populations of *P. penetrans*. MAMIYA⁴⁾ indicated that most of all *P. penetrans* invaded *Cryptomeria* seedling roots which had diameter smaller than 1mm; about three percent on total numbers of *P. penetrans* from roots were found in roots larger than 1mm diameter.

A similar situation was observed for *T. cedarus*. Only D-D mixture was effective in controlling the nematode (Table 4, see page 125).

Usually in soil of nursery beds, many roots of seedlings grown in the previous season remain as fragments, and they play an important role as inoculum of *P. penetrans* against young seedlings, which are very susceptible to various pathogens at the early stage of their growth. In order to diminish such inoculum potentials and hold nematode populations low at the early stage, it is most important to control nematodes within root tissues effectively.

The growth of the seedlings

In respect of germination rate of seeds, no differences were apparent between treatments (Table 5, see page 125).

As shown in Figure 2 (see page 126) and Table 6 (see page 126), D-D mixture gave a significantly greater seedling height and fresh weight. Seedlings in the DBCP-G plots showed slightly better growth in height than those in the control plots. No significant differences in top growth resulted from other four treatments. Differences in top growth between the D-D mixture plots and the other treatment plots were observed in June at first. In July, seedlings in the D-D mixture plots grew nearly twice as much as in the other treatment plots.

In respect of seedling quality, however, D-D mixture resulted in much too high top growth; nursery men do not like such seedlings because of their weakness against pathogenic organisms, frost, drought and many other causes of injuries. In addition to prominent top growth, D-D mixture produced abnormal root systems. It is characteristic of seedlings in the D-D mixture plots that they have much developed tap roots like those of pine trees and lack most of all lateral roots (see Plate A). It is interesting to reflect upon the possibility of a similar root system resulting from D-D mixture treatment for other coniferous tree species. HANSBROUGH and HOLLIS²⁾ showed that the lateral root development of loblolly pine seedlings grown in the D-D mixture plots was much more extensive.

Whether the great differences in seedling top growth in the D-D mixture plots was due only to controlling nematodes or to other factors is uncertain. The growth was much too extensive to explain effects of controlled nematode populations on seedling growth in the D-D mixture plots.

Seedling roots in other treatment plots showed clearly some symptoms which were caused

by *P. penetrans* infections.

One year after transplanting, no differences in height of seedlings from any of the treatment plots were observed (Table 7, see page 126). The results suggest that poor root systems of seedlings from the D-D mixture plots affected the seedling growth after transplanting them.

Explanation of plate

Plate 1

- A. a: D-D mixture, b: EDB, c: TS-10, d: DBCP (E), e: DBCP (G), f: Control
- B. View of the test plots on October 5, 1966
- C. Comparison of seedling growth between a D-D mixture plot (right) and a control plot (left) on October 5, 1966

