

カラマツこぶ苗病の研究

伊藤 一雄⁽¹⁾・小林 享夫⁽²⁾
林 弘子⁽³⁾・鳥居 賢治⁽⁴⁾

K. Itô, T. Kobayashi, Hiroko Hayashi, and K. Torii:
Stem Gall or Stem Swelling of Larch Seedlings Caused
by a Phytotoxicity of Benzene Hexachloride (BHC)

要 旨：幼茎地際部に瘤腫（こぶ）を生ずるカラマツ当年生稚苗は「こぶ苗」とよばれて育苗上の大きな障害とされたのであるが、これは害虫防除の目的で苗床に散布された BHC 水和剤によって形成される。BHC の α , β , γ , δ 各異性体のうち、こぶ苗を生ずるものは γ -異性体のみである。患部からは種々の稚苗立枯病菌が常に高い頻度で検出され、なかでも *Fusarium* 菌はほとんど例外なく認められる。しかし、これらの菌類は通常直接瘤腫を生ずるものではなく、こぶ苗はもっぱら BHC によってもたらされる。立枯病菌は BHC による障害によって稚苗に侵入しやすくなり、根冠部および根を侵害して根腐症状を著しくし、その結果稚苗の枯損をはなはだしくするものである。土壌表面に散布された BHC 水和剤は、これに散水してもかなり長期間土壌表層に吸着保持され、これが幼茎接地部を刺激し、異常細胞分裂を起こさせてこぶ苗を形成するものと解される。なお、戸外で散布後 1 か年経過しても土壌中には微量の BHC が検出されるが、もはやこぶ苗を生ずるほどの残効はない。

幼苗基部の瘤腫は維管束、皮鞘および皮層細胞の増生、肥大ならびに配列異状によるもので、なおそれらの細胞はしばしば多核化し、核は変形、巨大化する。

緒 言

昭和 25 年（1950 年）に岐阜県久々野（現高山）営林署丹生川苗畑産当年生カラマツ被害苗の病名鑑定依頼により、著者らは本病の存在を初めて知った。それはまき付苗の茎の地際部が異常にふくれてこぶ状を呈し、苗の成長はきわめて不良で、枯死するものが続出、まき付床のほとんど全面にわたってこのような被害が現われたということであった。

これとほとんど時を同じくして北海道からも同一症状を呈するカラマツ稚苗が届けられて、その病因および対策を問われ、それまで全く見かけたことのない病状があいついで現われて、当惑せざるを得なかった（伊藤 1955）⁽³⁾。

飯塚（1952）⁽³⁾ は北海道の国有林関係苗畑および北海道道有林、道支庁苗畑ならびに民間苗畑を広く調査し、カラマツ苗のみならず、トドマツ苗にも同様の症状を呈する被害を見出し、このような被害は害虫駆除のために BHC 水和剤を散布した苗床にのみ現われ、BHC 粉剤あるいは DDT を使用した場合にはその例を見ないと報告した。

井上・平佐（1954）⁽³⁾ は播種床に BHC 水和剤 100~600 倍液を 1 m² 当たり 4.5 l 散布するとカラマツ稚苗に容易にこぶを生じさせることができたことと述べ、つづいて翌年小杉・平佐（1955）⁽⁴⁾ は BHC 異性体とこぶの発現率について短報を公表した。

その後、このような症状はカラマツ、トドマツ苗のほかアカマツ、クロマツ苗（伊藤 1959）⁽³⁾ および

1971 年 12 月 1 日受理

(1) (2) (3) 林業試験場保護部 (4) 元林業試験場保護部

イチヨウ苗 (伊藤・藍野 1961)¹²⁾ にも現われることが知られている。

こぶ苗からは *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium bataticola* および *Phoma* などの菌類が常に高率に検出され、なかでも *Fusarium* 属菌の出現頻度が高いことから、こぶの形成および枯損に及ぼす BHC の作用と、これら土壌菌類の関連性を明らかにする目的で本研究を行なった。得られた結果の概要はすでに予報済みである (伊藤ら 1959¹⁰⁾, 1961¹¹⁾, 1967¹³⁾) が、ここにその詳細を報告する。

本研究を遂行するにあたり種々有益な助言を賜わり、また BHC 異性体の提供および残留 γ -体の検出を行なっていただいた当林業試験場保護部主任研究官大久保良治氏、顕微鏡写真の撮影にご助力された同保護部主任研究官陳野好之氏ならびに実験資料の入手について数次にわたり多大の便宜をいただいた名古屋営林局高山営林署に深く謝意を表す。

病 徴

当年生稚苗の地際部が異常にふくれてこぶ状を呈し、常に根腐症状を伴う。一般に根系の発達が悪く、細根が少なく、根もまた若干ふくれることがある。針葉は早期に黄色～紫色に変色し、苗の成長は著しく阻害され、はなはだしい症状のものは枯死する。軽度の被害苗は床替後しだいに症状が不鮮明になり、正常苗に復すものが多い (Plate 1～3)。

患部を湿室処理するとその表面に *Fusarium* あるいは *Phoma* など土壌菌類の菌体を生ずることがある (Plate 3, C, D)。

BHC がカラマツ稚苗に及ぼす影響

1. BHC 水和剤

実験方法 33 × 27 × 18 cm の木箱 (底部に 2.5 cm 径の孔を 5 個有す) 36 個を準備し、本病発生地岐阜県丹生川苗畑* 土壌と東京都目黒区林業試験場苗畑土壌を、それぞれ 18 個ずつの木箱に入れて苗畑の一隅に埋設し、昭和 33 年 (1958 年) 4 月 22 日に、あらかじめセレンで消毒したカラマツ種子をまき付けた。発芽がそろったのは 5 月 15 日ごろで、6 月 10 日 (発芽後約 25 日) に、各土壌をいれた木箱 9 個ずつに、 γ -5% BHC 水和剤 250 倍液、1 箱当たり 250 cc (1 m² 当たり 3 l) (γ 体: 0.6 g/m²) 散布し、残りの各土壌 9 箱ずつにはこれを散布しなかった。

枯損苗の調査は 6 月 10 日、8 月 16 日、9 月 11 日および 12 月 10 日の 4 回行ない、すべての枯損苗についてこぶの形成を検し、なお根および地際部から微生物の分離を試みた。最終調査の 12 月 10 日には残存苗についてこぶ苗の数および成長量を調べた。

実験結果 12 月 10 日の最終調査までの結果を総括して Table 1 にしめす。これから見られるように、こぶ苗の発生は BHC 水和剤散布区だけに限られ、無散布区には全く現われない。BHC 散布区では各土壌間に差がなく、いずれの場合も約 20% のこぶ苗を生じた。一方、枯損率はこぶ苗、無こぶ苗のいかにかわらず、BHC 水和剤散布区において無散布区にくらべて圧倒的に高い。また BHC 水和剤散布区における枯損率には、各土壌間に差が認められないようである (Plate 5, A, B)。

枯損苗からの微生物の分離結果を Table 2 にしめす。なお、こぶ苗と無こぶ苗の間には差が認められないので、合計してこの表にあげた。

* カラマツこぶ苗が最初に発見された苗畑で、その後昭和 32 年 (1957 年) にも大被害が認められた (高野 1958)。

Table 1. BHC 水和剤散布がカラマツまき付苗に及ぼす影響
Effect of wettable BHC on larch seedlings

土 壌 Soils	発芽苗数 Number of seedlings emerged	処 理 Treatments	枯 損 苗 Seedlings killed			生 存 苗 Survivals	
			立 枯 苗 Damped-off	こぶ 苗 Swelled	そ の 他 Others	健 全 苗 Healthy	こぶ 苗 Swelled
岐阜・丹生川 Nyugawa, Gifu	396本	BHC 水和剤散布 BHC(wettable)	73%	16%	4%	4%	3%
	525	無 処 理 Non-treatment	17	0	11	72	0
東京・目黒 Meguro, Tokyo	873	BHC 水和剤散布 BHC(wettable)	52	9	12	14	12
	794	無 処 理 Non-treatment	20	0	27	53	0

Table 2. BHC 水和剤処理枯損カラマツ苗からの微生物分離結果
Results of the isolation tests from dead larch-seedlings treated with wettable BHC

検 出 菌 Microorganisms isolated	岐阜・丹生川 土 壌 Soil: Nyugawa, Gifu		東京・目黒 土 壌 Soil: Meguro, Tokyo	
	BHC 水和剤散布 BHC (wettable)	無 処 理 Non-treatment	BHC 水和剤散布 BHC (wettable)	無 処 理 Non-treatment
<i>Fusarium</i>	31%	13%	28%	4%
<i>Rhizoctonia solani</i>	0	1	4	4
<i>Sclerotium bataticola</i>	1	0	3	13
<i>Penicillium & Trichoderma</i>	3	7	1	0
Other fungi	17	20	31	16
Bacteria	24	26	14	28
No-isolated	24	33	19	35

Table 2 によれば、BHC 水和剤散布区の枯損苗からは、無散布区にくらべて著しく高い頻度で *Fusarium* 菌が検出された。本実験では無検出のもの、細菌におおわれて糸状菌の検出・判定不能なもの、あるいは二次的に着生したと考えられるものの出現割合がかなり高いが、これは調査間隔が遠く、苗が枯死してから分離実験着手までの期間が長すぎたものが多かったためと思われる。

なお、本実験では各土壌間に、分離された糸状菌に差が見られる。すなわち、岐阜・丹生川苗畑土壌（粘土質）では *Penicillium* および *Trichoderma* が多く、*Rhizoctonia* と *Sclerotium bataticola* の検出が少ないのに対して、東京・目黒苗畑土壌（関東ローム）ではその逆の傾向をしめした。

無肥料で実験を行なったので苗の成長は一般に不良であったが、無散布区で苗長、根長ともによく、BHC 水和剤散布区のこぶ苗のそれはおとる傾向が明らかに見られた。

2. BHC 水和剤およびリンデン水和剤

実験方法 小型植木鉢に東京・目黒苗畑土壌を入れ、各処理ごとに5個ずつ準備し、これらを土中に埋め、セレンサンで消毒したカラマツ種子を昭和34年（1959年）4月22日にまき付けた。発芽がそろったのち、7月3日に γ -5% BHC 水和剤およびリンデン（ γ -BHC 99%以上）水和剤250倍液 3 l/m²（ γ 体：0.6 g/m²）をそれぞれ散布した。枯損苗は6月9日、7月4日、9月11日、10月26日、12月23日と

Table 3. BHC 水和剤およびリンデン水和剤とカラマツのこぶ苗形成
Effect of wettable BHC and wettable lindane on gall formation or stem swelling of larch-seedlings

処 理 Treatments	発 芽 本 数 Number of seedlings emerged	枯 損 苗 Seedlings killed	生 存 苗 Survivals	
			健 全 苗 Healthy	こ ぶ 苗 Swelled
BHC 水和剤 散布 BHC (wettable)	282本	39%	56%	5%
リンデン水和剤 散布 Lindane (wettable)	218	43	54	3
無 散 布 Non-treatment	204	54	46	0

Table 4. BHC 水和剤およびリンデン水和剤処理枯損カラマツ苗からの微生物分離結果
Isolation of microorganisms from dead larch-seedlings in soils treated with wettable BHC or wettable lindane

検 出 菌 Microorganisms isolated	処 理 Treatments		
	BHC 水和剤 BHC (wettable)	リンデン水和剤 Lindane (wettable)	無 散 布 Non-treatment
<i>Fusarium</i>	19%	12%	9%
<i>Rhizoctonia solani</i>	2	6	6
<i>Penicillium</i>	1	0	2
Other fungi	4	10	9
Bacteria	57	48	56
No-isolated	16	25	19

5回にわたって調査、微生物の分離実験を行ない、なお12月23日には生存苗のこぶ苗についても調査した。

実験結果 最終調査までの苗の変調をとりまとめると Table 3 にしめすとおりで、BHC 水和剤散布区およびリンデン水和剤散布区にはともにこぶ苗の形成が認められたが、無散布区では全く見られなかった。

枯損苗から菌の分離を行なった結果は Table 4 のとおりで、*Fusarium* 菌は BHC 水和剤散布区で他よりもやや高い頻度で現われた程度で、各処理間で明らかな差は認められなかった。

3. BHC 各種異性体

工業 BHC には α , β , γ , δ などの異性体が含まれているので、こぶ苗形成と BHC の各異性体との関係を知る目的で本実験を行なった。

実験方法 直径 15 cm の植木鉢に東京・目黒苗畑土壌を入れ、BHC 粉剤、BHC 水和剤、 α -異性体水和剤、 β -異性体水和剤、 γ -異性体水和剤、 δ -異性体水和剤およびキャリーの 7 散布区を設け、おのおの 4 個ずつの植木鉢を用いた。各薬剤の施用量は、 γ -5% BHC 水和剤 250 倍液 3 l/m² (γ 体 : 0.6 g/m²) の中に含まれる各異性体の含量を基準として計算し、純粋に分離された各異性体 (α -, β -, γ - および δ -BHC) の、それぞれの量を散布した。BHC 粉剤も同様にして m² 当たりの散布量を決定し、これはまき

付当日表層から約 10 cm までの土壌によくまぜて用いた。

昭和 35 年(1960 年) 5 月 6 日にあらかじめセレンサンで消毒した種子をまき付け、発芽後 7 月 4 日に各種薬剤を、それぞれ前述の濃度で 3 l/m^2 に相当する量を散布した。調査は 7 月 22 日, 8 月 31 日, 10 月 3 日および 12 月 21 日の 4 回行ない、最終の 12 月 21 日には生存苗を掘り取ってこぶ苗の形成その他の変調を調べた。

実験結果 総括した結果を Table 5 にしめす。この表から明らかなように、こぶ苗形成は BHC 水和剤散布区と γ -異性体水和剤散布区に見られ、他には全く現われない。そして BHC 水和剤区では全苗数の 47% にも達しているが、 γ -体水和剤区ではこれにくらべてかなり少ない。こぶ苗は形成されないが、BHC 粉剤区、 α -異性体水和剤区および δ -異性体水和剤区では根端成長が停止、その後新しい根が分岐して生ずる、いわゆるタコ足状の根を有する苗が顕著に認められる。なお、 β -異性体水和剤散布区およびキャリアー散布区には異常苗は全く見られない(Plate 6)。

苗の枯損率は BHC 粉剤区が圧倒的に高く 80% に達し、*Fusarium* 菌はこのうちから 14% 検出された。キャリアー区は枯損率が最も低く 12% で、他の水和剤区のそれは 18~32% であった。BHC 粉剤区の散布量は BHC 水和剤中の γ -体を基準として決めたため非常に多量になり、 γ -3% BHC 粉剤 10 a 当たり 20 kg に相当、被害が激しく出たものと考えられる。

Table 5. BHC およびその異性体とカラマツのこぶ苗形成
Effect of BHC and its isomers on gall formation or stem swelling of
larch seedlings

薬 Chemicals	剤	発芽本数 Number of seedlings emerged	枯損苗 Seedlings killed	生存 Survivals			計 Total
				健全苗 Healthy	こぶ苗 Swelled	タコ足状根苗 Malformed rooted	
BHC 粉剤 BHC (dust)	剤	75本	80%	4%	0%	16%	20%
BHC 水和剤 BHC (wetable)	剤	103	32	22	47	0	69
α -異性体水和剤 α -isomer (wetable)		80	23	74	0	4	78
β -異性体水和剤 β -isomer (wetable)		74	28	72	0	0	72
γ -異性体水和剤 γ -isomer (wetable)		93	18	75	5	1	82
δ -異性体水和剤 δ -isomer (wetable)		92	27	47	0	26	73
キャリアー Carrier		60	12	88	0	0	88

こぶ苗形成に対する BHC 水和剤の残効性

前年散布して土壌内に残留した BHC 水和剤が、本年こぶ苗を形成するか否かを明らかにするために、次の実験を行なった。

実験方法 岐阜・丹生川苗畑土壌および東京・目黒苗畑土壌を用い、昭和 33 年(1958 年) 6 月 10 日に γ -5% BHC 水和剤 250 倍液 3 l/m^2 を散布、なお無散布区も設けた。これらを戸外に放置して雨露にさらし、翌 34 年(1959 年) 4 月 22 日に、セレンサンで粉衣消毒したカラマツ種子をまき付けしてその後の経過

を観察した。

枯損苗の調査は6月9日, 7月4日, 9月11日, 10月26日および12月23日の5回行ない, 枯損苗から菌の分離を試み, なお最終調査日の12月23日には生存苗におけるこぶ苗形成の有無を検した。

実験結果 最終調査までの結果をとりまとめると Table 6 にしめすとおりで, なお, 岐阜・丹生川土壌と東京・目黒土壌との間に差はほとんど見られなかったので, 一括してかかげた。この表から明らかなように, BHC 水和剤を散布しても, その翌年にはこぶ苗を形成することは全くない。

BHC 水和剤を散布した土壌中の BHC- γ 体の含量と, 経過期間との関係をアズキゾウムシによる生物検定法で測定した結果, 土壌 1 g 中の含量は散布 1 か月後で 226.1 μ g, 6 か月後で 7.9 μ g, 1 年後で 6.4 μ g, 1 年 6 か月後では 1.3 μ g であった。

苗の枯損率は BHC 水和剤散布区と無散布区でかなりの差がみられる。枯損苗から菌の分離を行なった結果は Table 7 にしめすとおりで, 立枯病菌 *Fusarium* および *Rhizoctonia* は両区とも, ほとんど同率で検出され, これらの菌類によって枯損率が左右されたものではないようである。

Table 6. カラマツのこぶ苗形成に及ぼす BHC 水和剤の残効性
Residual effect of wettable BHC on gall formation or stem swelling of larch seedlings, about 1 year after treatment

処 理 Treatments	発 芽 苗 数 Number of seedlings emerged	枯 損 苗 Seedlings killed	生 存 苗 Survivals	
			健 全 苗 Healthy	こ ぶ 苗 Swlled
BHC 水 和 剤 散 布 BHC (wettable)	2,360本	22%	78%	0%
無 処 理 Non-treatment	330	9	91	0

Table 7. BHC 水和剤散布約 1 年後の土壌における枯損カラマツまき
付苗からの微生物分離結果
Isolation of microorganisms from dead larch-seedlings in soil treated with wettable BHC about 1 year ago

検 出 菌 Microorganisms isolated	処 理 Treatments	
	BHC 水和剤散布 BHC (wettable)	無 処 理 Non-treatment
<i>Fusarium</i>	16%	16%
<i>Rhizoctonia solani</i>	16	19
<i>Penicillium</i>	1	0
Other fungi	4	0
Bacteria	23	32
Non-isolated	40	32

こぶ苗形成および苗の枯損に及ぼす BHC 水和剤と立枯病菌の影響

BHC 水和剤散布によってもたらされる, こぶ苗および枯損苗からは *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Phoma* その他の土壌菌が高い頻度で検出されることはすでに述べたとおりである (Plate 4)。それで, これらの菌類が苗の変調に与える影響を明らかにする目的で, 次の諸実験を行なった。

実験 1 (1958 年)

実験方法 12 cm 径植木鉢に、岐阜・丹生川苗畑土壌および東京・目黒苗畑土壌をそれぞれ入れて高圧蒸気殺菌 (15 ポンド、約 1 時間) を行ない、*Fusarium* 菌* 接種区、*Phoma* 菌** 接種区および無接種区のおのおのを設け、5 月 7 日にジャガイモ寒天に培養した菌をそれぞれ接種、翌日セレサンで消毒したカラマツ種子をまき付けた。鉢はまき付後 6 月 27 日までガラス室内におき、ときどき灌水し、それ以後は苗畑に埋めて放置した。

発芽がそろったのは 5 月 20 日ごろで、6 月 10 日に γ -5% BHC 水和剤 250 倍液を 1 鉢当たり 30 cc (3 l/m²) (γ 体: 0.6 g/m²) 散布した。発芽苗数が多すぎたので 7 月 30 日に間引きを行なった。調査は 6 月 10 日以降約 10 日おきに行ない、12 月 10 日で調査を終了、その間苗の変調状況の調査および菌類の分離を実施、なお苗の成長量も調べた。

Table 8. BHC 水和剤散布および土壌菌接種がまき付苗に及ぼす影響
Effect of wettable BHC and soil fungi on larch seedlings

土 壌 Soils	苗 木 数 Number of seedlings	処 理 Treatments	枯 損 Seedlings killed			生 存 苗 Survivals	
			立 枯 苗 Damped-off	こぶ 苗 Swelled	その他 Others	健 全 苗 Healthy	こぶ 苗 Swelled
岐阜・丹生川 Nyugawa, Gifu	441本	BHC 水和剤散布 BHC(wettable)	15%	5%	4%	32%	44%
	387	無 処 理 Non-treatment	1	0	1	98	0
東 京・目 黒 Meguro, Tokyo	607	BHC 水和剤散布 BHC(wettable)	17	5	3	30	43
	584	無 処 理 Non-treatment	0	0	2	98	0

Table 9. BHC 水和剤散布および土壌菌接種によって枯損したカラマツ苗からの糸状菌の分離
Result of isolation tests from dead larch-seedlings treated with wettable
BHC and soil fungi

検 出 菌 Fungi isolated	供 試 苗 数 (本) Number of seedlings tested					
	<i>Fusarium</i> 菌 接 種 Inoculation with <i>Fusarium</i> sp.		<i>Phoma</i> 菌 接 種 Inoculation with <i>Phoma</i> sp.		無 接 種 Non-inoculation	
	BHC 水和剤散布 BHC (wettable)	無 処 理 Non- treatment	BHC 水和剤散布 BHC (wettable)	無 処 理 Non- treatment	BHC 水和剤散布 BHC (wettable)	無 処 理 Non- treatment
<i>Fusarium</i>	21	3	11	0	24	—
<i>Phoma</i>	0	0	12	1	1	—
<i>Rhizoctonia solani</i>	2	0	0	0	0	—
<i>Sclerotium bataticola</i>	2	0	0	0	0	—
Other fungi	16	5	34	2	25	—
Non-fungi	22	16	14	0	7	—
Total	63	24	71	3	57	—

*, ** 岐阜県丹生川苗畑産こぶ苗から分離された菌株

実験結果 *Fusarium*, *Phoma* 接種の有無による差は明らかに認められなかったので、土壌別および BHC 水和剤散布・無散布別に得られた結果を Table 8 にしめす。この表にかかげられたとおり、こぶ苗は BHC 水和剤散布の場合に限って現われ、なお本実験ではその発現率は約 50% に及んだが、苗の枯損率は全般的に低い (Plate 5, C, D)。

枯損苗からの糸状菌の分離結果は Table 9 にしめすとおりで、BHC 水和剤散布区はいずれも *Fusarium* の検出頻度が高い。しかし、分離検出された *Fusarium* は、接種に用いたものとは異なるものであった。すなわち、*Fusarium* 菌による人工接種は不成功に終わり、植木鉢を苗畑に埋め込んだ後に外部から別種の *Fusarium* が新たに侵入したものと考えられる。また接種に成功した *Phoma* 菌接種区では、*Fusarium* の検出頻度は他にくらべてやや低い傾向をしめした。なお、分離された糸状菌と各土壌間には差が見られなかったが、これはあらかじめ土壌を高圧殺菌したためであろう。

実験 2 (1964 年)

実験方法 直径 12 cm の植木鉢に東京・日黒苗畑土壌を入れて高圧蒸気殺菌 (1 気圧, 3 時間) を行なった。*Fusarium oxysporum* (L-8), 同 (P-2), *F. solani* (P-14) の各菌株接種および無接種の 4 区を設け、各区 10 個, 計 40 個の植木鉢を使用した。供試菌株はいずれもその病原性が確かめられているものである (松尾・千葉 1966)¹⁵⁾。ふすま 1, もみがら 1, 水 2 の割合でよく混ぜて三角フラスコに入れ、高圧蒸気殺菌 (1 気圧, 1 時間) 後、これに 25°C, 10 日間培養した各菌株を、土壌表面から 3 cm の深さに、層状に 1 鉢当たり約 30 cc 接種した。ウスプルン 1,000 倍液で消毒した種子を、あらかじめ殺菌したシャーレ中の濾紙上に 4 月 1 日にまき付け、発芽後 1 鉢に 30 本ずつ植え、各菌株接種区および無接種区を、さらにそれぞれ BHC 水和剤散布区と無散布区に分け、BHC 水和剤散布区には 5 月 8 日に、 γ -5% BHC 水和剤 250 倍液 3 l/m² 相当量散布した。枯損苗の調査は 5 月 23 日から 15 日ごとに行ない、10 月 21 日の最終調査には生存苗についても調べた。なお、BHC 水和剤散布後の枯損苗から *Fusarium* 菌の検

Table 10. *Fusarium* 菌接種・BHC 水和剤散布のカラマツ苗に及ぼす影響 (1964 年)
Effect of *Fusarium*-inoculation and wettable BHC-treatment on larch seedlings (1964)

接種菌株 <i>Fusarium</i> - stocks inoculated	苗木総数 Number of seedlings tested	処理前枯損 Dead seedlings before treatments	処 理 Treatments	枯 損 苗 Seedlings killed		生 存 苗 Survivals	
				正 常 苗 No-swelled	こぶ苗 Swelled	正 常 苗 No-swelled	こぶ苗 Swelled
<i>F. oxysporum</i> (L-8)	142本	5%	BHC 水和剤散布 BHC (wetable)	68%	13%	10%	9%
<i>F. oxysporum</i> (P-2)	138	22		77	4	7	12
<i>F. solani</i> (P-14)	130	8		72	7	5	16
無 接 種 No- inoculated	131	3		63	10	4	23
<i>F. oxysporum</i> (L-8)	121	6	無 散 布 Non- treatment	18	0	82	0
<i>F. oxysporum</i> (P-2)	141	37		26	0	74	0
<i>F. solani</i> (P-14)	121	5		17	0	83	0
無 接 種 No- inoculated	119	1		7	0	93	0

出も行なった。

実験結果 最終調査までの結果を総括すれば Table 10 にしめすとおりで、BHC 散布までの枯損率は *F. oxysporum* (P-2) 接種区が圧倒的に高く、この菌株の病原性の強さをはっきりと現われ、無接種区の枯損率はわずかながら低かった。BHC 散布後の枯損率は各菌株接種区、無接種区ともに、散布区が無散布区にくらべてはなはだしく高い。そして、BHC 散布・菌接種区と同無接種区の間には枯損率の差は、明らかでない。

この実験でも、こぶ苗は BHC 水和剤散布区においてのみ現われ、無散布区では全く見られず、また、*Fusarium* 接種区と無接種区の間にはこぶ苗発生率に差がない。

BHC 水和剤散布後の枯損苗から *Fusarium* の検出を行なった結果は Table 11 にしめすとおり、枯損率に比例して BHC 散布区において多い。

Table 11. *Fusarium* 菌接種・BHC 水和剤散布後枯損したカラマツ苗からの *Fusarium* 菌の検出
Detection of *Fusarium* from dead larch-seedlings treated with *Fusarium* and wettable BHC

処 理 Treatments	接 種 菌 株 <i>Fusarium</i> - stocks inoculated	実 験— 2 (1964) Experiment— 2 (1964)		実 験— 3 (1966) Experiment— 3 (1966)	
		枯 損 苗 数 Number of seedlings killed	<i>Fusarium</i> 検出数 Number of seedlings detected <i>Fusarium</i>	枯 損 苗 数 Number of seedlings killed	<i>Fusarium</i> 検出数 Number of seedlings detected <i>Fusarium</i>
BHC 水和剤散布 BHC (wettable)	<i>F. oxysporum</i> (L-8)	112本	47本	21本	11本
	<i>F. oxysporum</i> (P-2)	87	45	19	10
	<i>F. solani</i> (P-14)	96	18	19	8
	無 接 種 No-inoculated	94	13	6	3
無 散 布 Non- treatment	<i>F. oxysporum</i> (L-8)	48	11	1	0
	<i>F. oxysporum</i> (P-2)	23	16	1	1
	<i>F. solani</i> (P-14)	32	1	4	1
	無 接 種 No-inoculated	13	1	1	0

実験 3 (1966 年)

実験方法 実験 2 とほとんど同様であるが、供試苗は 4 月 13 日にまき付けてガラス室内で発芽したものを用い、菌の接種は 5 月 17 日、BHC 水和剤散布は 6 月 11 日に行なった。枯損苗の調査は 6 月 21 日から 10 日ごとに行ない、11 月 10 日の最終調査後生存苗についてこぶ苗の発生数も調査した。

実験結果 Table 12 にかかげるとおり、本実験の枯損率は実験 2 にくらべて全般的に低いが、同様の傾向をしめしている。すなわち、BHC 散布以前の枯損率は *F. oxysporum* (P-2) 接種区がはなはだしく高く、散布後の枯損率は BHC 散布区において無散布区よりも高い。本実験では BHC 散布・菌接種区と同無接種区の間には散布処理後の枯損率に大きな差が見られ、かつその差は用いた菌株の病原性の強さに対応することは注目される点である。

本実験においてもこぶ苗は BHC 水和剤散布区のみに見われ、しかも 36~60% と発現率は高率である

Table 12. *Fusarium* 菌接種・BHC 水和剤散布のカラマツ苗に及ぼす影響 (1966年)
Effect of *Fusarium*-inoculation and wettable BHC-treatment on larch seedlings (1966)

接種菌株 <i>Fusarium</i> - stocks inoculated	苗木総数 Number of seedlings tested	処理前枯損 Dead seedlings before treatments	処 理 Treatments	枯 損 苗 Seedlings killed		生 存 苗 Survivals	
				正 常 苗 No-swelled	こぶ苗 Swelled	正 常 苗 No-swelled	こぶ苗 Swelled
<i>F. oxysporum</i> (L-8)	150本	6%		10%	4%	49%	37%
<i>F. oxysporum</i> (P-2)	152	37	BHC 水和剤散布	30	13	22	35
<i>F. solani</i> (P-14)	150	5	BHC (wetable)	10	3	30	57
無 接 種 No- inoculated	150	1		2	2	62	34
<i>F. oxysporum</i> (L-8)	150	1		1	0	99	0
<i>F. oxysporum</i> (P-2)	150	70	無 散 布 Non- treatment	7	0	93	0
<i>F. solani</i> (P-14)	153	3		3	0	97	0
無 接 種 No- inoculated	150	0		1	0	99	0

が、*Fusarium* 接種区と無接種区の間に明らかな差は認めがたい。

BHC 水和剤散布後の枯損苗から、*Fusarium* の検出を行なった結果は Table 11 にしめすとおり、この実験においても BHC 散布区では、無散布区にくらべて *Fusarium* の出現頻度が高い。

土壌中における BHC の動きとこぶ苗形成

土壌表面に散布された BHC 水和剤の土壌内での動きと、こぶ苗形成との関係を知る目的で次の実験を行なった。

実 験 1

植木鉢内高圧蒸気殺菌土壌にカラマツ種子をまき付け、発芽がそろったのち間引きを行ない、鉢内土壌の表面に γ -5% BHC 水和剤 250 倍液を 3 l/m^2 の割合で散布した。その後供試鉢の半数には上部から灌水し、他の半数は鉢の底部を水を張った大型シャーレに浸して下方から給水を行なった。なお、BHC 水和剤無散布鉢に対しては上部からのみ給水した。

各処理別こぶ苗形成状況は Table 13 にしめすとおりで、鉢の下方から給水した場合には上方から給水したものにくらべて、こぶ苗発現率およびこぶの直径ともに大きい結果が得られた。

次に各処理別に植木鉢内土壌の上層（表面から 2 cm）、中層（表面から 2~4 cm の間）および下層（表面から 4 cm 以下 12 cm まで）の各層内の α -BHC と γ -BHC を定量した結果は、Table 14 のとおりである。

Table 14 から明かなように、 α -BHC および γ -BHC はともに、当然のことながら散布直後には土壌上層にきわめて多量に検出される。そして、上方から灌水すると γ -BHC は α -BHC にくらべて比較的速やかに下方に移動するが、しかし給水後約 1 か月経過しても、 γ -BHC のほぼ半量は土壌上層部にどまっている。一方、下方から給水する場合には α -BHC、 γ -BHC ともにその移動はあまり著しくはない。

Table 13. BHC 水和剤の土壌内での動きとカラマツのこぶ苗形成
Effect of wettable BHC-translocation in soil on gall formation or stem-swelling
of larch seedlings

処 理 Treatments	給 水 方 法 Method of water supply	供試苗木数 Number of seedlings tested	こぶ苗発現率 Averaged percentage of swelled seedlings	「こぶ」の平均直径 Averaged diameter of swelled parts
BHC 水和剤散布 Wettable BHC	上 部 から 給 水 from soil surface	162本	81%	2.0mm
	下 部 から 給 水 from bottom of pot	151	98	2.4
無 散 布 Non-treatment	上 部 から 給 水 from soil surface	156	0	(1.4) *

Note *.....正常苗の地際部茎の直径。 Diameter of stem in healthy seedlings.

Table 14. カラマツこぶ苗形成土壌中における BHC の行動
Translocation of wettable BHC in soil relating to gall formation or stem swelling
of larch seedlings

試 料 採 取 月 日 Date of soil sample collection	土 壌 の 採 取 部 分 Parts of soil tested	上 部 より 灌 水 Water supply from soil surface		下 部 より 給 水 Water supply from bottom of pot	
		α -BHC ($\mu\text{g/g}$)	γ -BHC ($\mu\text{g/g}$)	α -BHC ($\mu\text{g/g}$)	γ -BHC ($\mu\text{g/g}$)
June 6 (15 days after BHC-treatment)	上 Upper layer 層*	898	220	1196	313
	中 Middle layer 層**	42	26	38	12
	下 Bottom layer 層***	0.8	1.2	0.8	0.9
June 24 (33 days after BHC- treatment)	上 Upper layer 層	696	105	892	226
	中 Middle layer 層	53	49	49	18
	下 Bottom layer 層	1.2	32	1.2	1.5
August 28 (98 days after BHC-treatment)	上 Upper layer 層	582	23	763	192
	中 Middle layer 層	58	88	64	28
	下 Bottom layer 層	1.3	76	1.3	6.6

Notes : * at the depth of 2 cm from soil surface.
** at the depth of 2~4 cm from soil surface.
*** at the depth of 4~12 cm from soil surface.

実 験 2

Fig. 1 に示すように、水耕法に半土耕および半砂耕様式をとり入れた実験方法により、土壌あるいは砂に BHC 水和剤を施して、こぶ苗の形成を観察した。その結果は、土壌の場合にのみこぶ苗が生じ、砂の場合にはこれが全く認められなかった。

以上の実験結果から、土壌表層における BHC の吸着保持がこぶ苗の形成と密接な関係のあることが推察される。

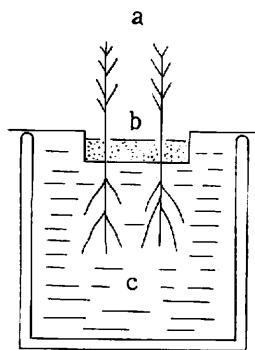


Fig. 1 水耕様式によるカラマツこぶ苗形成実験
a. カラマツ稚苗
b. 土壌または砂
c. 培養液

Experimental method for the stem-gall formation of larch seedlings by semi-water culture.

- a. larch seedlings
b. soil or sand treated with wettable BHC
c. nutrient solution

こぶ苗の解剖観察

実験方法 前述の方法に準じて、春季に消毒カラマツ種子を殺菌土壌に播きつけ、播種約50日後、子苗が成立する土壌表面に5% BHC水和剤250倍液を3 l/m² 散布した。

BHC水和剤散布7~10日、3週、5週、9週および13週後のおのにおいて、幼苗をていねいに抜きとり、地際部から長さ5~8 mmの試料をとり、流水で洗浄後クロム酸・酢酸液(クロム酸1 g, 氷酢酸1 cc, 蒸留水100 cc)で固定、水洗後軟化液(ラウリル硫酸ソーダ1 g, グリセリン10 cc, 蒸留水89 cc) (WHITE & MERRILL 1969)²²⁾ で24時間処理した。

ZIRKLE (1930)²³⁾ 氏のn-ブチルアルコール法によって脱水、パラフィン封入を行ない、厚さ約10 μのミクロトーム連続切片を作り、HEIDENHAIN氏ヘマトキシリン染色、および一部はこれとサフランインの二重染色をも併用した。

実験結果 肉眼的に地際部の瘤腫が明らかになるのは、BHC水和剤散布後7週目からであるが、1週間後すでに皮鞘部細胞の増生が認められ、細胞の多核化、核の変形および膨大化が起っている。

その後、皮鞘部細胞および一部皮層細胞の増生・肥大が認められ、なお木質細胞の一部も巨大化し、中心柱組織細胞の配列に若干の乱れが起る。

BHC水和剤散布9週間になると、表皮細胞および皮層細胞の大部分は脱去し、木栓層の形成を見、木栓層下の細胞および維管束細胞は巨大化し、なお増生を伴ってその配列は乱れ、細胞は多核化し、核の変形および巨大化も顕著である。

BHC水和剤散布後約13週経過すると、栓皮化した外表下の細胞は肥大し、なおその間に分裂組織らしい柔細胞が群状に介在し、細胞・組織の配列は著しく乱れる。

増生・肥大した細胞内には填充物および濃染性顆粒の形成が見られ、なお傷痕ゴム質の浸潤も起っていることが多い (Plate 7~9)。

考察および結論

播種床におけるカラマツ稚苗のいわゆる「こぶ苗」は、BHC水和剤を散布した場合に生ずると報じた飯塚 (1952)⁵⁾、井上・平佐 (1954)⁶⁾、小杉・平佐 (1955)¹¹⁾ の見解は著者らの諸実験によって確認された。

本病の顕著な病徴は稚苗の茎の接地部が著しく腫脹し、なおほとんど例外なく根腐症状を伴うことで、またこれらの患部からは常に高い頻度で稚苗立枯病菌 *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani* および時には *Sclerotium bataticola*, *Phoma* sp. などが検出される。稚苗立枯病の場合、幼茎地際部付近が侵されて腐敗し、この部分がややふくれることがあり、このような症状は sore shin あるいは sore shank とよばれる (伊藤 1949⁷⁾、佐藤 1971¹⁸⁾)。また、夏季苗床土壌表面の異常な温度の上昇による障害として、稚苗

の接地面付近が著しく膨大して、木病に酷似した病徴を呈することも報告されている (Biraghi 1963)¹¹⁾。そして、これらの瘤腫部からは稚苗立枯病菌が検出されることがしばしばある。

それで、こぶ苗の発現に及ぼす稚苗立枯病菌の影響を追求した結果、これらの菌類のみではこぶ苗を生ずることはなく、BHC 水和剤を施すことによって始めてこれが形成されるものであるから、稚苗茎地際部瘤腫の成因は BHC の作用に求めるのが至当と考えられる。そして、BHC の障害に伴ってこれらの菌類が侵入、根腐症状をはなはだしくして枯損を著しくする点に、立枯病菌の稚苗に与える役割りは軽からぬものと解すべきであろう。

BHC を土壤に施用した場合草本性たると木本性たるとを問わず、植物の根には壊死斑を生じ、根端は肥大して根は短小なり、根毛を欠くことは一般的症状としてよく知られている事実である (Brown 1951¹²⁾, Simkover & Shenefelt 1952¹³⁾, 堀門ら 1957¹⁴⁾, 徳重・高橋 1961²⁰⁾)。しかし、カラマツ稚苗のこぶ苗のように、幼茎地際部が異常に膨大する現象は著者らの調査したかぎり内外ともにその報告は皆無である。ただ、Peace (1962)¹⁷⁾ は *Abies grandis* 苗にこれと酷似する症状を図示しているが、その成因は不明であると述べている。

粗製 BHC は α -BHC, β -BHC, γ -BHC, δ -BHC, ϵ -BHC などの異性体のほかヘプタクロルシクロヘキサン、オクタクロルシクロヘキサンなどの組成からなり、また分解生成物としてトリクロルベンゼンなどを生ずる、複雑な化合物であるといわれている。各異性体の有害作用は植物の種類によって異なるもののようであるが、堀門ら (1952)¹⁴⁾ によればオオムギ幼根の伸長に対して、 γ -BHC と δ -BHC が α -BHC および β -BHC よりも阻害作用が大で、しかも γ -異性体はこれらの中で害作用が最も強く、ごく微量で根部肥大を起こし、伸長を停止させるという。しかし、これより前に報告された Hocking (1949)⁸⁾ の所見によると、オオムギ苗の異状は γ -BHC によって起こされることはなく、分解生成物トリクロルベンゼンが発芽を阻害するもので、なおトリクロルベンゼンは自然条件下では γ -BHC から最も速やかに生成され、 α -BHC ではそれよりも遅いとしている。また、Simkover & Shenefelt (1952)¹³⁾ がノルウェーマツ稚苗の根に対する α , β , γ , δ 各異性体の有害作用を検討した結果によると、これら各異性体間に大きな差は認められず、分解生成物であるトリクロルベンゼンが最も顕著な有害作用を及ぼしたと報告している。

著者らの実験において BHC の有害作用を稚苗茎接地面におけるこぶの形成に限定する場合、 α -BHC, β -BHC, γ -BHC, δ -BHC のうち、こぶ苗を生ずるのは γ -BHC のみであった。それで、これら異性体のすべてがこぶを形成し、その発現率からみて δ -異性体の作用が最も著しいとした小杉・平佐 (1955)¹¹⁾ の結果とは一致しない。なお、著者らは供試した 4 異性体のうち γ -BHC のみにこぶ苗の形成を見たのであるが、市販 BHC に含まれているその他の成分、および散布後の分解生成物の中にも、こぶ苗を生ずるものが無いとはいえない。

BHC 水和剤を施す際にこぶ苗が顕著に形成され、同粉剤を用いる場合にはこれがほとんど認められないことは、木病発見当初飯塚 (1952)⁵⁾ によって注目されたことで、その後徳重・高橋 (1961)²⁰⁾ のマツ苗に対する BHC 粉剤の試験成績でも、こぶ苗については全くふれておらず、また著者らの実験においても粉剤によるこぶ苗の形成は認められなかった。この主たる原因は水和剤と粉剤の施用法の相違にあると考えられる。すなわち、粉剤は苗床土壌内に混入されるのに対して、水和剤では通常播種後土壌表面に散布されるもので、後者の場合にこぶ苗はよく現われる。大久保 (1960)¹⁶⁾ は BHC を土壤に混入する場

合、表土、心土、砂の順に吸着されやすいと報じており、また上山ら (1969)²¹⁾ は腐植の比較的小さい砂壌土に α , β , γ の 3 異性体を混じた場合、一部は土壌粒子または有機物に吸着されるもので、なお吸着は BHC 異性体の種類によって多少の差異を生じると述べている。水和剤を土壌表面に散布する際にも、その後の BHC の動きは土壌の性質によってかなりの差のあることは当然考えられるところで、物理・化学性の極端な違いのある壌土と砂の表面に BHC 水和剤を散布して、その後給水を行なうと、壌土の場合にはかなり長期間 BHC が土壌表層にとどまるが、一方砂では速やかに流亡する。このことから、一般の苗畑土壌で BHC 水和剤をその表面に散布すると、土壌表層にこれがかかなり多量、長期にわたり吸着保持され、幼茎地際部を刺激して異常細胞分裂を促し、その部分に瘤腫を生じて、いわゆるこぶ苗を形成するものと考えられる。

BHC は植物幼苗の根、茎および子葉の染色体の倍数性をもたらし、それはコルヒチン (colchicine) の作用に類似するといわれている (BROWN 1951)²²⁾。針葉樹については SIMKOVER・SHENEFELT (1952)¹⁹⁾ がノルウェーマツの発芽後間もない幼植物の根に BHC を接触させたところ、6 日後にははや根端部が肥大し、10 日後にはその直径が正常幼根の 2 倍にも達したとしている。肥大幼根の細胞は異常分裂を起こし、細胞は多核となり、染色体にも異状が現われて倍数性となり、短く平たい不連続的な仮導管が形成される。なお、肥大した根端組織は極性を失ない、多面的な分裂を行ない、分裂組織、表皮および皮層に巨大細胞が生ずると報告している。

カラマツ幼茎における著者らの観察によれば、維管束、皮鞘および皮層組織において細胞の増生・肥大が顕著に現われ、細胞の多核化および核の変形・巨大化も起こり、細胞の配列異状がしばしば伴い、これらの現象は SIMKOVER・SHENEFELT (1952)¹⁹⁾ がマツ幼根で報じているところと類似している。

文 献

- 1) BIRAGHI, A.: Rassegna dei casi fitopatologici forestali osservati dal 1950 al 1962. Ann. Acad. Ital. Sci. Forest., 12, 33~109 (1963).
- 2) BROWN, A. W. A.: Insect control by chemicals. 557~560, New York & London (1951).
- 3) HOCKING, B.: Effect of crude benzene hexachloride on wheat germination. Nature, 163 (4149), 731 (1949).
- 4) 堀口治夫・山科裕郎・庄子満志: 数種の新有機農薬の作物に及ぼす影響。1. オオムギ幼根に対する BHC の阻害濃度。応用昆虫 7, 183~189 (1952).
- 5) 飯塚達児: 北海道に発生したカラマツ及トドマツ苗の sore shin について (予報)。61 回日林講 161~162 (1952).
- 6) 井上元則・平佐忠雄: カラマツ稚苗に対する BHC 水和剤の薬害について。林試北海道支場業報 2, 93~100 (1954).
- 7) 伊藤一雄: 苗畑に於ける針葉樹稚苗の立枯病。林業技術シリーズ 1, 1~16 (1949).
- 8) 伊藤一雄: 図説樹病講義。24~25, 東京 (1955).
- 9) 伊藤一雄: 図説苗畑病害診断法。前編 35~36, 東京 (林野共済会) (1959).
- 10) 伊藤一雄・小林享夫・林 弘子: カラマツ「こぶ苗」病の研究 (予報)。69 回日林講 365~367 (1959).
- 11) 伊藤一雄・小林享夫・林 弘子: カラマツ「こぶ苗」病の研究 (予報) (その 2)。71 回日林講 265~266 (1961).
- 12) 伊藤一雄・藍野祐久: 原色林木病虫害図鑑。5, 東京 (全国林業改良普及協会) (1961).

- 13) 伊藤一雄・小林享夫・林 弘子：カラマツ「こぶ苗」病の研究（予報）（Ⅲ）. 78回日林講 218～220 (1967).
- 14) 小杉孝蔵・平佐忠雄：カラマツ幼苗に対する BHC の薬害. 北方林業 7, 134～135 (1955).
- 15) MATUO, T., and O. CHIBA : Species and formae speciales of *Fusaria* causing damping-off and root-rot of coniferous seedlings in Japan. 日植病報 32, 14～22 (1966).
- 16) 大久保良治：土壤に混じた BHC の動き. 70回日林講 325～327 (1960).
- 17) PEACE, T. R. : Pathology of trees and shrubs. 194, Oxford (1962).
- 18) 佐藤邦彦：アカマツ床替苗のすそくびれ型立枯病. 森林防疫 20, 131～133 (1971).
- 19) SIMKOVER, H. G., and R. D. SHENEFELT : Phytotoxicity of some insecticides to coniferous seedlings with particular reference to benzene hexachloride. Jour. Econ. Ent., 45, 11～15 (1952).
- 20) 徳重陽山・高橋成人：BHC 粉剤散布によるマツ稚苗の薬害について. 日林誌 43, 322～324 (1961).
- 21) 上山昭則・江川 宏・津田盛也：BHC 異性体の土壤吸着に関する 2, 3 の実験. 関西病虫研報 11, 40～42 (1969).
- 22) WHITE, Barbara L., and W. MERRILL : Pathological anatomy of *Abies balsamea* infected with *Melampsorella caryophyllacearum*. Phytopath., 59, 1238～1242 (1969).
- 23) ZIRKLE, C. : The use of *n*-butyl alcohol in dehydrating woody tissue for paraffin embedding. Science, n. s., 71, 103～104 (1930).

図 版 説 明

Explanation of Plates

Plate 1

カラマツのこぶ苗—岐阜県丹生川苗畑産—

Stem swelling of larch seedlings collected in Nyugawa Nursery, Gifu.

A. 1950 年 10 月採集 × 1

Collected in October, 1950 × 1

B～C. 1957 年 8 月採集 × 1.2

Collected in August, 1957 × 1.2

Plate 2

カラマツのこぶ苗

Stem swelling of larch seedlings

A. 岐阜県丹生川苗畑産 (1957 年 9 月採集) × 1.5

Collected in Nyugawa Nursery, Gifu in September, 1957 × 1.5

B. 秋田県宮苗畑産 (1958 年 10 月採集) × 0.7

Collected in Akita, in October, 1958 × 0.7

C. Ditto × 0.7 Slightly affected seedlings

Plate 3

A. BHC 水和剤散布によって変形したカラマツ 2 年生 (一回床替) 苗の根—岐阜県丹生川苗畑産—(1957 年 9 月採集) × 1.5

Malformed roots of 2-year-old larch-seedlings treated with wettable BHC in Nyugawa Nursery, Gifu collected in September, 1957 × 1.5

B. まき付当年に形成されたカラマツこぶ苗の床替後の状況—岐阜県丹生川苗畑産—(1957 年 8 月採集) × 1.2

Stem swelling of 2-year-old larch-seedling treated with wettable BHC in the pre-

vious year in Nyugawa Nursery, Gifu × 1.2

g.....swelled part

- C. カラマツこぶ苗の患部に認められる *Phoma* sp. — 湿室処理による — 岐阜県丹生川苗畑産 (1957 年 11 月採集) × 7

Formation of fruit-bodies of *Phoma* sp. on swelled parts of larch-seedlings by moist chamber treatment. Collected in Nyugawa Nursery, Gifu in November, 1957 × 7
s.....swelling

- D. カラマツこぶ苗の患部に認められる *Phoma* sp. の柄子殻 × 90

Pycnidium of *Phoma* sp. on swelled parts of larch-seedling × 90

Plate 4

岐阜県丹生川苗畑産カラマツこぶ苗から分離された *Fusarium* sp. および *Phoma* sp.

Fusarium and *Phoma* isolated from swelled larch-seedlings collected in Nyugawa Nursery, Gifu

- A〜C. こぶの部分からの分離

Fusarium and *Phoma* isolated from swelled parts of larch-seedlings

- D. 根の部分からの分離

Fusarium isolated from rotted roots of larch-seedling

Plate 5

- A. BHC 水和剤散布によって生じたカラマツこぶ苗—東京・目黒苗畑土壌—

Stem swelling of larch-seedlings treated with wettable BHC—Soil: Meguro, Tokyo — × 1

- B. 同 上—岐阜県丹生川苗畑土壌— × 1

Ditto—Soil: Nyugawa, Gifu— × 1

- C. *Phoma* 菌接種・BHC 水和剤によって生じたこぶ苗—東京・目黒苗畑土壌— × 1.7

Stem swelling of larch-seedlings treated with *Phoma* sp. and wettable BHC—Soil: Meguro, Tokyo— × 1.7

- D. 無接種・BHC 水和剤散布によって生じたこぶ苗—岐阜県丹生川苗畑土壌— × 1.7

Stem swelling of larch-seedlings treated with wettable BHC—Soil: Nyugawa, Gifu — × 1.7

Plate 6

BHC 異性体のカラマツ稚苗に及ぼす影響

Effect of individual BHC-isomers on larch-seedlings

- A. BHC 粉剤—正常苗— × 1.2

BHC-dust—normal shaped roots— × 1.2

- B. BHC 粉剤—タコ足苗— × 1.2

BHC-dust—malformed roots— × 1.2

- C. BHC 水和剤—こぶ苗— × 1

Wettable BHC—swelled stem— × 1

- D. BHC 水和剤—正常苗— × 1

Wettable BHC—normal shaped roots— × 1

- E. α -BHC 水和剤 × 0.8

Wettable α -BHC × 0.8

- F. β -BHC 水和剤 × 0.8

Wettable β -BHC × 0.8

- G. γ -BHC 水和剤—こぶ苗— × 1
 Wettable γ -BHC—swelled stem— × 1
 H. δ -BHC 水和剤—タコ足苗— × 1
 Wettable δ -BHC—malformed roots— × 1
 I. キャリアー × 0.8
 Carrier × 0.8

Plate 7 ~ Plate 9 BHC 水和剤で処理したカラマツ幼苗地際部の横断面

Cross sections of swelled stems of larch-seedlings treated with wettable BHC

Plate 7

- A. 処理 1 週間後 1 week after the treatment × 60
 B. 同上, 対照(無処理) ditto, control (not treated) × 60
 C. 処理 5 週間後 5 weeks after the treatment × 60
 D. 同上, 対照(無処理) ditto, control (not treated) × 60
 E. 処理 9 週間後 9 weeks after the treatment × 60
 F. 同上, 対照(無処理) ditto, control (not treated) × 60

Plate 8

- A. 処理 13 週間後 13 weeks after the treatment × 60
 B. 同上, 対照(無処理) ditto, control (not treated) × 60
 C. 処理 1 週間後 1 week after the treatment × 150
 D. 処理 5 週間後 5 weeks after the treatment × 150
 E. 処理 9 週間後 9 weeks after the treatment × 100

Plate 9

- A. 処理 9 週間後 9 weeks after the treatment × 150
 B. 処理 13 週間後 13 weeks after the treatment × 100
 C. 同 上 ditto × 100
 D. 同 上 ditto × 150

Stem Gall or Stem Swelling of Larch Seedlings Caused by a Phytotoxicity of Benzene Hexachloride (BHC)

Kazuo Iro⁽¹⁾, Takao KOBAYASHI⁽²⁾, Hiroko HAYASHI⁽³⁾, and Kenji TORII⁽⁴⁾

Summary

In 1950, a serious stem malformation was noticed by the present authors on 1-year-old seedlings of Japanese larch (*Larix leptolepis*) collected in a forest nursery near Takayama, Gifu, central part of Honshu, Japan's main island. In the same year, the trouble was discovered in many nurseries in Hokkaido, northern most island of Japan, injuring severely about a million larch seedlings. Since that time, the disease has been observed over a wide geographic area in Japan.

The disease has been found on the following tree species: *Larix leptolepis*, *Abies mayriana*, *Pinus densiflora*, *Pinus thunbergii*, and *Ginkgo biloba*. Among them, *Larix leptolepis* has been seen to be the most susceptible species to the disease.

One of the most characteristic symptoms of the disease is gall or swelling developed on the stem near the ground level of nursery bed. Many roots of the diseased seedlings are usually blackend, rotted, and lacking in root hairs. Some of the malformed seedlings have club-shaped roots. Needles of the diseased seedlings turn to reddish brown or purplish brown from late summer to early autumn, with a consequent marked retardation in growth. Many of the severely diseased seedlings finally die (Plates 1, 2, 3).

Concerning the cause of the disease, IIZUKA (1952), the first reporter of this trouble, suggested that it might be attributed to the phytotoxicity of wettable BHC used as a soil insecticide for white grubs control in forest nurseries.

Though a number of reports on the detrimental effects of BHC on the development of plants have been published, so far as the authors have been able to ascertain, there is no account noting the occurrence of stem gall or stem swelling in coniferous seedlings.

Suspensions of 0.4% commercial wettable BHC (5% gamma content) sprayed at 3 l/m² on the soil surface usually showed stem gall or stem swelling in larch seedlings (Tables 1, 3; Plate 5).

It is well known that of the many isomers and impurities present in the crude BHC, only the gamma isomer is recognized as important as an insecticide. When the individual isomers were tested, only the gamma isomer was found to be the cause of the malformation in the seedling stems (Table 5; Plate 6).

Many kinds of soil-inhabiting fungi such as *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Phoma* sp., *Sclerotium bataticola*, *Trichoderma* spp., and *Penicillium* spp. were very frequently isolated from swelled stems of the larch seedlings (Tables 2, 4; Plates 3, 4). Among them, *Fusarium* spp. were dominant. Results of the artificial inoculations with these fungi to the wettable BHC

Received December 1, 1971

1) Director, Division of Forest Protection Research, Government Forest Experiment Station, Meguro, Tokyo, Japan

2) Chief, Forest Pathology Unit of the Division

3) Forest Pathologist, Forest Pathology Unit of the Division

4) Formerly Biochemist, Pesticide Research Unit of the Division

sprayed soil showed that the fungi never caused stem swellings, but induced severe root-rot (Tables 8, 9, 10, 11, 12). The damping-off fungi are considered to infect the roots injured by BHC and play an important role in destroying them.

Benzen hexachloride dust mixed in nursery soil inhibited root growth and produced typical clubbed root in larch seedlings, but hardly produced stem swellings. On the contrary, wettable BHC sprayed on the soil surface usually brought about the stem swelling (Table 5). This, in the case of wettable BHC applications, may be due to BHC accumulated persistently in the surficial soil stimulating cell divisions of the basal stem and resulting in the malformation (Tables 13, 14 ; Fig. 1).

The stem swellings of larch seedlings exposed to BHC were attributed to hyperplasia and hypertrophy as well as distortion in the cells of vascular bundle, cortical sheath, and cortex tissues. In the abnormal tissues, a number of multinucleate cells and giant nuclei cells were observed (Plates 7~9).



