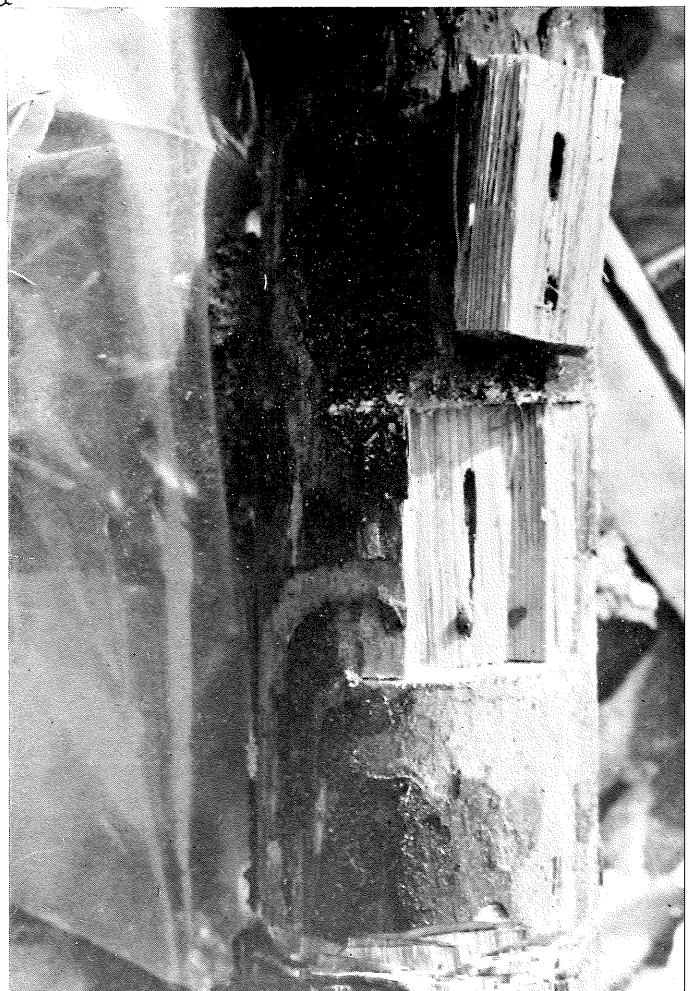


林業と薬剂

NO. 12

3. 1965

社団法人 林業薬剂協会



造林地におけるカラマツ先枯病防除試験

—濃厚少量散布のころみ—

横田 俊一・*小野 馨
遠藤 克昭・松崎 清一

目次

造林地におけるカラマツ先枯病防除試験

—濃厚少量散布のころみ—……………横田俊一・小野 馨
遠藤克昭・松崎清一 1

造林事業における薬剤試験……………中塚 鉄也 3

北海道のカラマツ造林と殺鼠剤……………春日 俊男 5

林業用除草剤と塩素酸ナトリウム……………真木 茂哉 8

『サイレント・スプリング』を読んで感じたこと ……伊藤 力雄 11

連 載

除草剤の化学と生化学—Ⅲ—……………松 中 昭 一 15

海外ニュース —X—……………12

質 問 箱……………19

ま め ち し き……………20

・表紙写真・

マツ丸太材内にある
マダラカミキリ幼虫
保土谷化学工業(株)
椎根正一氏 撮影

まえがき

造林地におけるカラマツ先枯病防除試験は、これまでに北海道大学、北海三共K. K.による共同研究が中心となっておこなわれ、三菱鉱業K. K.社有林においても3年間試験を継続しておこなっている。また林業薬剤協議会においても昭和39年度から苫小牧において国有林、国立林試、北海道大学と共同で、ヘリコプターによる薬剤防除試験を実施した。いっぽう、本病が法定病害に指定され、民有林を対象にヘリコプターによる薬剤防除が昭和39年度におこなわれた。これらの内容は、従来の試験研究の結果にもとづいて、シクロヘキシイミド 5 ppm, TPTA (酢酸フェニール錫) 200 ppm の混合剤を 300 l/ha 散布する方法 (地上散布の場合は単木当り 100 cc 散布) と、薬剤濃度をかなり高くして少量を散布するという2通りに分けられるとみてよい。

シクロヘキシイミド 5 ppm と TPTA 200 ppm の混合剤を ha 当り 300 l, 4 回散布すれば顕著な防除効果が見られることはこれまでに各地でおこなわれた試験によって明らかにされているが、大面積にわたって防除するためには時間と経費の面で難点がある。そこで、本病に対して特効薬的な防除効果をもっているシクロヘキシイミドを主成分とした高濃度の薬剤を 60 l/ha 程度散布した場合に、はたして防除効果がえられるかどうか、高濃度少量散布試験のねらいといえるであろう。しかし、高濃度少量散布に関する具体的な資料はほとんどないのが現状である。そこで筆者らは、かりに航空機による薬剤散布のための基礎資料としては直接役立たないかもしれないが、地上散布にとっては有効な結果がえられるかもしれないことを期待して、濃厚少量散布試験をおこなった。なお、本試験を実行するに当たり、ご協力をいただいた苫小牧営林署の関係各位、特殊な濃度をもつように、とくに薬剤を調製していただいた北海三共K. K. および北興化学工業 K. K. に対して心から謝意を表す。

試験の方法

1. 試験地

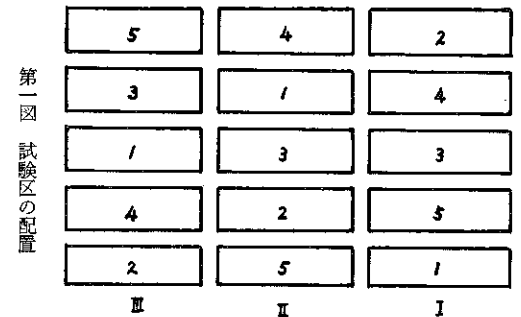
試験地は苫小牧営林署苫小牧事業区 172 林班で、昭和33年春植栽のニホンカラマツ造林地である。この試験地は、従来は別の試験目的のために設定されたものである

* 林試北海道支場掛病研究室

が、昭和36年ごろから先枯病の発生がはなはだしく、昭和39年から中止されたところである。面積は約 30 ha、地形は平坦で、昭和38年にはすでに激害林分となっていた。この造林地の一部に、南北に 25 m、東西 8 m の矩形を作って1プロットとし、この長辺が植え列の方向と一致するようにした。この1プロットは面積 0.02 ha (=1/50 ha) となり、ほぼ 50 本のカラマツが含まれている。このようなプロットを、第1回にしめすように15とり、3回くり返しの乱塊法として配置した。各プロット間は、カラマツを1列ずつ伐倒して歩道とした。

2. 供試薬剤、濃度、および散布量

供試薬剤、濃度および散布量は第1表にしめすとおりである。すなわち、薬剤はシクロヘキシイミドを主成分



とし、これに配合剤として好結果のえられている PMI および TPTA を混合したものをもちいた。シクロヘキシイミドの濃度は 70 ppm とし、対照薬剤としては従来地上散布試験で効果が明らかにされているシクロヘキシイミド 5 ppm と TPTA 200 ppm をもちい、これに限って単木的に 100 cc を散布することとした。その他の薬剤は ha 当り 40 l の割合で面積的に散布することにした。展着剤としては、いずれの薬剤にも薬液 10 l に対

第1表 供試薬剤と濃度および散布量

薬剤 No.	薬剤の種類	濃度 (ppm)	散布量 l/ha	備考
1	シクロヘキシイミド	70	40	単木散布 (100 cc/本)
2	〃 + PMI	70+630	40	
3	〃 + TPTA	70+2000	40	
4	〃 + TPTA	5+200	300	
5	無散布 (対照)			

展着剤はグラミンを 10 cc/10 l の割合で加用した。

してグラミン 10 cc の割合で加用した。

3. 散布方法および散布月日

薬剤散布は面積に対しておこなった。この場合、クボタ背負い式動力ミスト機をもちい、噴口は 1.5 mm、散布時のスロットルはほぼ最高とした。ha 当り 40 l の割合から換算すると、0.02 ha の場合の散布量は 800 cc となるが、ミスト機のタンクに入れた薬液は完全には散布されないで少量がタンク内に残留する。そこで散布にあ

たっては、あらかじめ同一薬液を少量タンク内に入れてミスト機を運転し、もはや薬液の散布がみられなくなったときに所定量（1プロット 800 cc）を入れて、プロットに対してこれを散布した。散布の際はプロットの外側から内側に向けて（ただし矩形の短辺からは散布しない）

カラマツの樹高よりもやや高目に水平方向に散布しながら歩道を歩くようにし

た。このようにすると周囲を 2 回、散布しながら歩いて約 1 分 20 秒くらいで散布を終了した。これによってカラマツの有無とは無関係に散布することができるが、風がかなり強いと試験のためにはミストの流亡があって条件がよくないので、できるだけ風のないときをえらんで散布するようにした。単木散布だけは、カラマツ 1 本当たり 100 cc をウエキ式半自動噴霧器をもちいて 1 本ずつ噴霧した。この場合は 1 プロット約 6~7 分を要した。

散布月日は 7 月 13 日、同 25 日、8 月 10 日、同 23 日の 4 回実施したが、4 回目散布直後に降雨があったため、9 月 3 日に追加散布をおこなった。

4. 調査方法

調査方法は、プロット内の全本数について、従来通り頂枝と上から 5 本の側枝の罹病の有無を調査した。これと同時に、カラマツ全体の罹病程度を肉眼的に健全、微害、中害、激害に区分し、それぞれ 0, 1, 3, 5 の被害度を与え、プロット全体の平均被害度を算出した。この両様の調査は、薬剤散布前と試験終了後におこなった。

試験結果ならびに考察

第 2 表は試験開始前と終了後の平均被害度の推移を、また第 3 表は罹病枝率の推移をしめすものである。

第 2 表から明らかのように、各プロットにおける試験開始前（昭和 38 年度）の被害は、平均被害度 4.0 ないし

第 2 表 薬剤散布前後の被害度の推移

プロット No.	昭和 38 年の被害(散布前)				昭和 39 年の被害(散布後)			
	I	II	III	平均	I	II	III	平均
1	4.5	4.7	4.6	4.6	2.2	1.0	1.1	1.4
2	4.1	4.4	4.8	4.4	0.6	1.2	1.1	1.0
3	3.6	4.2	4.1	4.0	1.2	1.5	1.4	1.4
4	4.1	4.6	4.3	4.3	1.2	1.3	1.4	1.3
5	4.0	4.3	4.3	4.2	3.6	3.4	4.0	3.8

第 3 表 薬剤散布前後の罹病枝率の推移

プロット No.	昭和 38 年の罹病枝率(散布前) (%)				昭和 39 年の罹病枝率(散布後) (%)			
	I	II	III	平均	I	II	III	平均
1	89.3	88.0	89.8	89.1	26.7	15.3	15.7	19.2
2	77.6	88.3	91.9	86.3	6.5	10.9	14.8	10.7
3	69.4	77.1	87.8	79.4	13.4	19.3	25.2	20.1
4	83.9	92.1	86.2	87.4	10.3	17.0	20.1	16.1
5	72.2	80.5	80.2	77.9	62.6	56.9	67.4	62.1

A 均一性の検定

要因	自由度	平方和	平方平均	分散比
ブロック	2	207.94	103.97	2.49
誤差	12	501.08	41.75	
全体	14	709.02		

$F_{12}^2(0.01)=3.88$

B 分散分析表

要因	自由度	平方和	平方平均	分散比
ブロック	2	75.21	37.61	1.38**
処理	4	5232.28	1308.07	47.98
誤差	8	218.04	27.26	
全体	14	5525.53		

C 最小有意差検定結果

10.7, 16.1, 19.2, 20.1, 62.1

4.6 という値をしめし、本試験地は激害地であったことが知られる。試験終了後の調査は 10 月 7 日に実施したが、薬剤散布をおこなったプロットにおいては無散布と比較して平均被害度がいちじるしく低下し、ほぼ微害程度となっていることがわかる。しかし、無散布区においても、前年度にくらべると被害の発生はすくなかった傾向がみとめられるが、それでも中害以上の平均被害度をしめし、散布区とははっきりしたちがいがみられた。

また罹病枝率は第 3 表にみられるように、散布前はほとんどのプロットが 80% 以上の値をしめし、これらの間には差がみとめられなかった。しかし薬剤散布試験終了後の罹病枝率を無散布区と比較すると、いずれの区においても防除効果は明瞭であることがしめされている。

罹病枝率の平均値は、供試薬剤間に多少の相違がみとめられるが、統計的には罹病枝率の間に有意の差はみとめられなかった。このことは従来地上散布では単木的に大量な薬液を散布しているが、筆者らの試験結果と比較すると効果の点において相違があるとは考えられない。

薬害としての、散布後の葉の黄変は、300 l/ha 区 (No. 4) が目立ったが、他は比較的軽微であった。しかし本試験においてみられた程度の黄変によってカラマツの成長が阻害されるかどうかは明らかでない。それよりはむしろ、造林地においては、苗畑とは異なり防除効果を重要視すべきであろうと筆者らは考えている。

本試験においては、当初 4 回散布を計画したが、第 4 回目散布直後の降雨のために、その後追加散布をおこなったので、散布回数は 5 回といった方が正しいかもしれない。しかも本年は夏季の低温などの異常気象を反映して、北海道においては一般に本病による被害の発生が低下していることも考慮すると、本年 1 回だけの試験では資料が乏しいとも考えられる。しかし、本試験に関する限り、高濃度少量散布による防除効果が明瞭に現われたことは事実で、この点地上散布の方法を検討する資料となりうるであろう。また航空機散布試験にとっても何等かの参考になりはしないかと考えられるので、今後さらに試験を継続していく考えである。

造林事業における

薬剤試験

中塚 鉄也*

最近の造林事業は、労働力の不足、労賃の高騰などにもとづき、取支の悪化も関連して造林事業の投資効果の再検討が行われている。勿論、公共企業としての国有林経営は経済性のみを基盤とすることは許されるものではなく、公益性、関連産業への木材資源の保続的な供給などを考慮して運営されるべきものであるが、実行面における施業は強く経済性——一定の成果を得るためにいづれが、より経費がやすくすむか——によるのが当然であり、その際、林地の地力を害さないよう、さらにできるならばそれを向上させることに深い考慮をはらうよう具体策を樹てるのは当然のことである。

この目的のために、造林地の多様性に応じ、天然力を巧みに利用し、目的を達するための最良の作業仕組の検討、機械力の導入、林業薬剤（林地除草剤を含む）の導入に問題をしぼって造林事業を進めてきたのであるが、このうち林業薬剤の試験について 2, 3 の実験結果の概要を報告し参考に供したいと思う。

カラマツ先枯病薬剤防除空中散布試験

カラマツ先枯病は、数年来、北海道、東北地方のカラマツ造林地に猛威をふるい、拡大造林の推進に一大脅威をあたえている。これが対策として北海道大学五十嵐博士を中心とする先枯病対策グループにより防除薬剤の開発並びに基礎的な実験が行われ、その実用化が要請されていた。

この薬剤（シクロヘキシイド主剤）は薬害の問題が判然としていないために、実用化にあたっては、すでに地上散布に確められている稀薄液大量散布を行うように、航空機の大規模化をはかり、搭載量を多くする方法が、一般に考えられていたのであるが、当局としてはこれと全く趣きを異にして、薬害は全くないものと仮定し、いわゆる濃厚少量液散布により実用化を図ろうとする方法を検討することにより、航空機の効率の利用を図るべく実験を行なったのである。このため札幌営林局では林野庁、林業試験場、林業薬剤協議会の共同試験の一環として、濃厚

* 札幌営林局造林課長

少量液散布による実用的な濃度別試験を 7 月 15 日より 8 月 25 日にわたり 4 回散布を実施した。10 月中旬の調査による、その結果は表 1 のとおりである。

すなわち、シクロヘキシイド単剤では、ha 当り 60 l 散布区においては 60 ppm, 38 ppm, 25 ppm, の順序となり、濃度が増す程その防除効果があり、38 ppm と 60 ppm の間に効果の差はあまりないことから、この辺に経済的な濃度があるように思料される。また、散布量を 60 l から 30 l へ、つまり半量にした場合の濃度は 1/3 増量した 80 ppm が殆ど同じ効果が期待できることが判明した。単剤と配合剤の比較では配合剤が効果が秀れていることも判明した。

さらに、札幌営林局では独自に経済的に実施可能の方法を考究するために、同試験地に隣接して、単剤を用い散布量を ha 当り 30 l, 60 l とにおいて散布方法を簡略化し 3 回散布区、2 回散布区を設けて検討した。この試験では、60 l 散布区では 3 回以上が同程度の効果をあげることができ、30 l 散布区では回数を増すごとに効果があがること判明した。なお、その試験成績は表 2 のとおりである。

さらに局においては、事業化試験として、60 l 散布、

表 1 ヘリコプターによるカラマツ先枯病薬剤防除試験成績

供試薬剤濃度	ha 当り散布量	処理別	罹病枝率平均	罹病枝率指数	防除率
シクロヘキシイド 60 ppm	60 l	無処	32.2% 8.1	100.0% 25.2	74.8
シクロヘキシイド 80 ppm	30 l	無処	30.4 7.8	100.0 25.7	74.3
シクロヘキシイド 25 ppm	60 l	無処	37.0 11.7	100.0 31.6	68.4
シクロヘキシイド 38 ppm	60 l	無処	23.4 6.7	100.0 28.6	71.4
シクロヘキシイド 60 ppm TPTA 1,600 ppm	60 l	無処	25.4 2.4	100.0 9.4	90.6

表 2 ヘリコプターによるカラマツ先枯病防除回数別試験成績

供試薬剤濃度	ha 当り散布量	回数別	処理別	罹病枝率平均	罹病枝率指数	防除率
シクロヘキシイド 60 ppm	60 l	2 回	無処	51.4% 30.6	100.0% 59.5	40.5%
		3 回	無処	53.9 17.2	100.0 31.9	68.1
		4 回	無処	33.8 11.1	100.0 32.8	67.2
シクロヘキシイド 80 ppm	30 l	2 回	無処	52.8 33.6	100.0 63.6	36.4
		3 回	無処	41.7 20.0	100.0 48.0	52.0
		4 回	無処	29.1 7.5	100.0 25.4	74.6

30l 散布を事業化した場合の諸工程を得るために林班単位(20~40 ha)の規模で実験を行なったが、濃厚液少量散布による薬剤防除は、60l 散布区では1日100 ha、30l 散布区では160 haの作業が可能であり、さしたる支障はなく事業化し得る見通しを得た。その際の直接費は表3に示すとおりである。

表3 ヘリコプター使用薬剤散布経費(直接費のみ)
(100 ha 当換算, 円)

	ha 当り 60l 散布の場合		ha 当り 30l 散布の場合	
	3回散布	1回当り	3回散布	1回当り
ヘリコプター経費	642,444	214,148	471,651	157,217
薬剤代	548,403	182,801	364,142	121,381
人夫給	67,797	22,599	34,644	11,548
計	1,258,644	419,548	870,437	290,146

以上総括して、カラマツ先枯病薬剤防除としてのシクロヘキシイミド主剤による濃厚液の空中散布は60 ppm, ha 当り 60l 散布では3回以上、80 ppm, ha 当り 30l 散布は4回実施することによって実用的に殆ど防除することができ、大きく網を張った防除態勢をとれる見通しを得た。また、立案当初あやぶまれた被害は全くなく、山野における水の確保、輸送も濃厚液少量散布では容易に解決できることがわかった。散布時の風の状態によるまきむらは一歩心配されるが、地理、地形を熟知した現場職員の指導と実行計画によりこの問題は解決していかねばならないと考えている。いずれにしても、大きく網を張った作業で菌の密度を減らすことによりカラマツの樹勢を高めることが期待できる。勿論、1年限りの実験でこのような結論をひきだすことはかなり危険もあり、実験上いくつかの疑問もあるので、今年も引き続き実験をすすめ確かめていきたいと考えている。

林地除草剤適用試験及び事業化試験

林地除草剤は造林事業の省力化のホープの一つであり、これが導入試験については年々実施しているところであるが、昨年は現地適用試験として、シアン酸ソーダー単剤、及びシアン酸ソーダー、スルファミン酸アンモニウム、トリクロル酢酸ソーダーと MCP, MCPP との配合剤を広葉雑草地、笹生地を対象に行ってきた。また、事業化試験としては塩素酸塩類を中心に人力散布により、トリクロル酢酸ソーダー粒剤をヘリコプターによる空中散布試験によって行なった。その概要を記すと次のようである。

シアン酸ソーダー塩単剤は広葉雑草地帯での殺木殺草力は北海道においても強力である。しかし接触剤でありしかも浸透性に欠けるために、灌木類、つる類、エゾモギなどの再生が目立ち、また薬剤により効果の高いも

のほど、被害が多いという状態であり、一概に結論が得られないが、各薬剤間にはそれぞれのもちあじ効果の差があり、雑草類の成長時期と施与タイミングを合わせた検討が必要のようである。

シアン酸ソーダー、スルファミン酸ソーダーと MCP, MCPP との配合剤は前記シアン酸ソーダーなどの欠点を補ない、ホルモン系により浸透性が付与され両薬剤の相乗作用によって効果が高められるようである。

配合剤は広葉雑草地帯においては、ある薬量では極めて効果的であり、潔癖過ぎる感がある。従って被害も目立ったが、かなり単位当り散布薬量をへらすことが可能と思料される。

TCA 及び TCA と MCP, MCPP との配合剤の試験では、粉剤とした場合、飛散した薬剤により周囲の散生林にいたるまで反応をおこし、また粒剤においては、遅効性であり、非選択性のために効果がではじめると被害が甚だしく、再生不能と考えられ、ともに下刈作業用には使用できないようである。

いずれにしても下刈作業では、見た目に潔癖な出来上りを期待するものではなく、林木の生育に必要な日光量の投入する空間ができ、林木の根と雑草の根との競争をおさえさえすればよい訳で、林木の生育期間と被害などの影響、雑草枯殺の適期の探究を今少し検討する必要がある。

奥地林における低質材散生地または、伐採跡地などの笹生地に、ヘリコプターにより林地除草剤を散布して、笹を枯殺し天然の子実の落下または飛散した種子による林地への回復を目的とする天然下種第Ⅰ類作業を実施することは造林事業の省力化の最尖端であり、土地生産力の最大限の利用を可能とするものである。ここに、当局においてはその基礎的な実験として、トリクロル酢酸ソーダーを主剤とする粒剤(3~5 mm)で実施した。本薬剤は土壌処理タイプであり遅効性であって3~6 カ月かゝらなければその効果は判明しないが、昨秋の調査では3~4 m の笹丈であっても先端部生長点が枯れ、漸次効果が移行しているようである。冬期間の雪圧による倒伏がどの程度起るか春期の調査結果を期待している次第である。

ともあれ 1 ha 当り 120 kg 散布した場合の直接費は表4に示すとおりである。

表4 ヘリコプター使用の林地除草剤散布経費
ha 当り

	人夫給	薬剤代	その他物件費	ヘリコプター経費	計
金額	1,095円	28,833円	193円	6,726円	36,847円
%	3%	78%	1%	18%	100%

すなわち直接費は37千円弱で来年度の調査によりどの程度手直しを必要とするか不明であるが、その効果如何によってはかなり有効手段となる事が想像できる。

林地除草剤はいずれにしても今後選択性の付与が必要で地拵作業においても潔癖刈払いにより造林樹種を置換えていくというのではなく、前生稚幼樹を助け、できるだけ天然の力を利用していくことが方針となっており、また下刈作業においては大型機械、航空機散布などの実用的な散布が計画されるので、今までのような小型な撒粉機により苗木にかゝらないような作業は漸次改善されなければならないと考えている。この意味においても今後薬剤散布量の把握、散布適期の把握もかなりちがった

北海道のカラマツ造林と殺鼠剤

春日俊男*

わが国の林業経営を近代化しなければならないという声に、すぐ呼応してたちあがったものが2つある。それは林業の機械化と、肥培剤を含めての林業薬剤であると思ふ。林業機械化については、すでに各地でその採用が企てられ、たしかに実績を挙げ始めているようである。しかしながら、育成林業の立場からみると、機械化にもおおくの問題が残されており、林業薬剤の使用についてはまだ調査や研究の余地があまりにも多すぎるのではないかとおもわれている。

林業経営上、最も比率のたかい林業労務状況が、逐年窮屈になりながらも、どうにかいままではやってきたものの、いまや労働力の不足、雇用の困難は、造林保育事業の遂行不可能にするのではないかと思われるほどの窮迫状況に追いこまれようとしている。

省力造林という言葉がこのところよく聞かされるが、造林事業は、技術的には、植栽方法を改善することなどによって、かなりの人手を省くこともありうるだろうし、天然林の取扱いをうまくやってゆく事によっても、森林蓄積の保続、あるいは、全体的の森林生産性の向上という点で省力造林の目的を達し得るとおもわれる。

除草剤に例をとってみると、その使用によって、地拵費、下刈費の大節減ができ、労働力の節約にもなれば、省力造林の目的を大きく実現できることになる。

また、養苗費の1/3をしめるといわれる人力による除草が、薬剤におきかえられると、労務の節約はもちろんのこと、生産原価の低下に役立ち、それこそ造林事業近代化への第1歩が力強く踏みだされたことになる。

* 王子造林株式会社札幌事務所長

型となるだろうと思われ、今年も除草剤に関する諸試験を引き続いて実施していく予定である。

林業における薬剤による適正なる作業は、研究機関メーカーの方々のご努力により年々その効果を増していることは誠に同慶に堪えないところでありますが、造林地は極めて複雑な因子のからみあいであり、多様性に富んでおり、利用者である我々の要望も難問が多いに違いないと思います。現在実用面では立地に応じて簡単に処法が変えられることが望ましく、1日も早く目的に合致した理想的な薬剤を創り出して頂くことを期待して筆をおく次第です。

しかし、除草剤は、どこにでも使用することが可能で、効果も適面であり、かつ経済的にも誰れにでも、よること使用されようとする段階には至っていない。

林業薬剤については、苗木や、林木の育成などに支障がある被害の心配が多くみうけられ、カラマツ先枯病唯一の特効薬といわれるシクロヘキシイミドを主体とする薬剤にしても、被害をいかにして少くしながら、最も効果のあがるものにしてしようかとの研究がすすめられていると聞きおよんでいる。

林業薬剤は、このようにして、効力は認められるが、反面に被害とか、使用方法がむずかしいという問題が、いつも附随しているようにおもいますが、これらの関係はやく、とりのぞいて、林業の近代化、省力造林、ないしは企業の林業経営というものの足掛りとして、林業薬剤施用の確立を望んでいる。そして、その確立こそ近代的林業の成否が、かかっているところ大きいものがあるとおもうのである。

もちろん、林業機械化や林業薬剤によってのみ近代化が図られるものでなく、林業技術の改良のほか、経営技術の改良も必要であり、政治的政策などの改善にまで及ぶ、実に複雑多岐にわたる、いろいろの問題が介在して、それらの、どれもこれもに改善の必要がせまられていることを見逃してはならない。

北海道林業薬剤の重点に触れるならば、いまのところ次の3つに縮られるかもしれない。

- ① 除草剤
- ② 先枯病の駆除剤
- ③ 野兎鼠被害防除剤

さらに、北海道の天然林トドマツ、エゾマツの森林は、

成長量の過半をじつは病虫害のために失われ、いわゆる(一)の成長を示しておはしまいかと唱える学研究者があるように、伐倒処分によるばかりが能ではなく、薬剤による防駆除が完全におこなわれるならば、へたな増産計画より、はるかに有効な結果をもたらすものではないかと言う人もみうけられている。

それにつけて、終戦前後をとおして、食糧不足の時期に、素人が街路から、公園、ありとあらゆる空地を掘起してこの畑作りが、病害虫菌発生を温床となつて、その密度をたかめ、農家の作物にまで影響を及ぼしたことは、むしろ減産の奨励にしかならなかつたと言う農学者の声を聞かされたことを憶記するのである。

病害虫菌の被害木のことについては、北海道の国有林などには、さしさわりのあるらしいので、深くは言及しないことにしたい。

いま、ここには林業薬剤のありかたにふれる意味で、北海道のカラマツ造林を主たる対象とする殺鼠剤のことについて、概要を述べてみたいのであるが、まず野鼠被害の防除体制の現況から説明する必要がある。

(1) 予察調査網 北海道の山林には全道にわたって、国有林、道有林、会社有林、大学演習林、鉄道防雪林、一般私有林に野鼠棲息状況を調査する予察調査網がしかれており、その調査カ所はおそらく1,000カ所にちかいかとおもう。これらの調査カ所における調査方法は一定の形をとっており、その方法は野鼠に関する試験研究の結果から認められたもので、春夏秋の棲息状況を一定の方法による捕獲数から、どのくらいの棲息個体の密度をもっているかが想定され、さらにその状況判断から爾後、越冬個体の密度を予察し、被害防除対策をきめる拠拠として有効に利用されているのである。

(2) 北海道大学は専門の学者数名がおり、農林省林業試験場北海道支場には野鼠研究室が設けられて、専属の研究者が常時調査研究にあたっている。

(3) ネズミ談話会は、これら試験研究機関の研究者を中心とし、道内各営林局、道有林をはじめ官民の保護担当並に関心をふかくする人達をもって構成され、情報の交換、試験研究の結果、方向など意見の交流が図られており、棲息密度の予想などは、この会合で決定されることが多い。年6回の発行にかかる『ねずみ新聞』は、野鼠防除に関係する専門家にとっては、役に立つところがおおきい。

(4) 試験研究北海道ブロック会議は、林業試験場の試験研究テーマを決めたり、結果の現地への応用を推進させようとするものであることは、すでにご承知の通りであるが、この会議は

保護専門部会をもち、野鼠の被害防除に関する試験研究の方向を協議している。

(5) 北海道林業経営協議会も、保護専門部会をもつと同時に、野鼠異常発生など有事に際しては、政治力をも發揮して、国の政策を要請する立場に立つ。

(6) 北海道森林防疫協会は、道内5営林局をはじめとして、それこそ官民有林が1丸となつて組織された財団法人である、野鼠防除に関するPR、薬剤の研究、試験研究の推進を図るなどの事業と同時に殺鼠剤の製造に従事して、已に10数年を経過している。

野鼠に関する予察調査の北海道のありかたは、野鼠の被害防除について、全道官民1体となつての以上の体制を、この道の専門家に言わせると世界一の組織体制であるそうである。

北海道におけるカラマツ造林は、戦前まで、野鼠の被害が防除できなければ、もうカラマツ造林は成立しないとも云われたほど、恐ろしい被害をおよぼしていたものであったが、全道民が1体となつての努力は遂にその被害を克服することができて、現在ではカラマツ造林は野鼠に関する限り、安定がもたらされているのである。

被害の経過 北海道の造林地における野鼠の被害について統計をもとにしながら、少しその概要を語っておく必要がある。

最近の被害面積と、毎年造成されてゆくカラマツ造林地の累計面積とを較べて、被害割合をおおざっぱに割出してみると概ね次のように考察され、34年度の大騒ぎをした野鼠異常発生時のような被害は別にして、だいたい総造林面積の13%前後の被害にくいとめていようにおもわれるが、これは統計数字からみた全般的の傾向で

北海道のカラマツの造林実績(北海道林業統計より)(ha)

	道有林	一般 民有林	計	その他	国有林	合計
25	269	9,699	9,962	583	4,068	14,613
26	587	17,796	18,383	586	4,685	23,654
27	1,331	27,512	28,843	124	7,688	36,655
28	2,740	31,502	34,242	290	6,827	41,309
29	2,448	33,596	36,044	214	4,805	41,063
30	1,421	28,243	29,664	338	3,359	33,361
31	908	23,643	24,551	174	3,555	28,280
32	1,203	19,414	20,617	212	6,706	27,535
33	1,300	19,607	20,907	202	10,447	31,556
34	1,860	19,834	21,694	188	9,082	30,964
35	1,702	18,262	19,964	144	11,365	31,473
36	1,676	18,544	20,220	105	11,414	31,739
(推定)37	—	18,000	18,000	100	10,000	28,100
合計	17,445	285,646	303,091	3,210	94,001	400,302

あり、林令配分の如何や、地区により、かなり被害内容はちがったものとなるのである。国有林、道有林、会社有林においては、被害の程度は5%を上廻ることのないように心掛けられている。もともと、森林経営のうえでは不可能であり、またそれまでの必要はない。

経営上の被害防除の目標は、根絶させることではなく、被害をうけても僅少の程度であつて、いつも被害額が造林採算ベースのうち、どこまで考えられうるかが、防除対策の目標になるのではないかとおもう。換言すると、被害があつて儲かる、造林が成立てばよいということである。

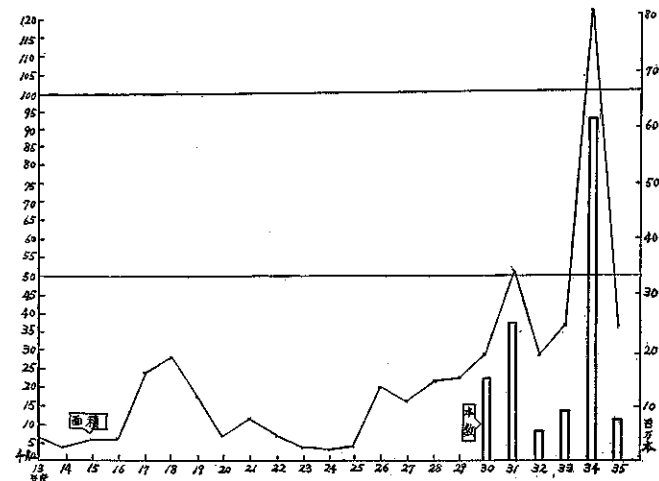
昭和25年以前の北海道カラマツ造林地の被害は、次のよう推定される。

17年	23,000 ha	18 "	27,000 "
19 "	16,000 "	20 "	6,000 "

野鼠による被害面積の割合

年度	造林現存面積累計 (ha)	被害面積 (ha)	被害割合 (%)
24年前	(約10,000)	—	—
25	24,613	5,000	20
26	48,267	18,000	37
27	84,922	16,000	19
28	126,231	21,000	17
29	167,300	23,000	14
30	200,661	28,000	14
31	228,941	51,000	22
32	256,476	27,000	11
33	288,032	36,000	13
34	318,990	120,000	38
35	350,463	36,000	11

(造林地面積はカラマツのみ)



昭和13年度～昭和35年度野鼠被害消長図
(35年度北海道野鼠被害調査報告より)

当時は、現在のようにカラマツ人工林地が存在していない時代なので、その後の前表の被害面積と比較してみるとわかるが、造林地総面積に対する被害の割合は、少なくともときでも30%、多いときに70~80%の被害を蒙っていたものと想像されるのであつて、野鼠防除方法の発達した今日の状態にくらべると隔世の感があり、北海道のカラマツ造林は、野鼠については安心して取組めるまでになつたと思う。

殺鼠剤の効果については、10年程前までは一般に次のように考えられていたようである。

薬剤の効果	50%
機械的防除の効果 (捕獲、防鼠溝等)	25%
造林技術による効果 (地拵、下刈、造林選定等)	25%

であるが、現在では殺鼠剤そのものの進歩改良がすすみ、効果比率はぐっと向上されていると考えられる。

被害防除の現況 北海道で使用された殺鼠剤は昔は、チブス菌にはじまり、炭酸バリウム(BaCO₃)の毒餌期間がながく続き、強力殺鼠剤へと発展の過程をへて、現在では次のような薬剤を主体とする殺鼠剤が使用されている。

- ① 磷化亜鉛(Zn₃P₂)
- ② 硫酸タリウム(Tl₂SO₄)
- ③ モノフルオール醋酸ナトリウム(CH₂FOONa)

北海道森林防疫協会が38年度に製造して国有林その他一般山林所有者の造林地並にその周辺に散布させた殺鼠剤は次の通りに報告されている。

国有林	54,690 kg
道有林	12,188 "
市町村有林	4,105 "
森林組合	7,556 "
会社有林	9,232 "
大学演習林	1,420 "
鉄道防雪林	648 "
その他	309 "
合計	90,148 "

野鼠の駆除には、地域全体の一斉駆除が必要であつて、自分のところだけが忠実に駆除しても、隣が実施しないことには、侵入の問題が大きいため、効果は半減以下になってしまうものである。殺鼠剤の散布は、晩秋から降雪直前を主要時期とはしているが、棲息状況の観測により融雪後はいうまでもなく、時期をえらばず、いつでも散布して、棲息密度を少しでもさげるようにする心掛の山林経営者もある。(19頁へつづく)

林業用除草剤

と

塩素酸ナトリウム

真木茂哉*

私の考えている林業用除草剤の一般的性格や原体としての塩素酸ナトリウムについて、内外の文献その他等を引用しながら書くことにします。

1. 林業の作業形態と私の見方

林業については何もわかりませんが、他産業に比べ作業形態の困難性はあると思いますが、しかし近代産業の急速な発展のため木材の需要量は急激に増加していく反面労働力の不足はとみに深刻になるように思われます。現在林業においても勿論作業の合理化・省力化が計画実施はなされていますが、まだ試験の段階にあるのではないかと思います。戦後農耕地における除草剤の利用は急速に発展を遂げ、その需要量は毎年増加の一途にあります。林業においても最近省力化造林の一環として苗畑、林地に対し除草剤の利用が研究され、その需要量も遂次増加の傾向にあるように思います。

2. 林業用除草剤の概念

2-1 林業経営における除草分野

林業経営の除草分野を大別すると次のように分けられ、とくに地拵除草及び下刈除草は林業経営において最も大きな労働力を占めており、その対策に苦慮している現状からみて、林業経営の合理化・省力化の面からみても薬剤による除草は重要なことであります。林地除草の一例をあげると第1表のようにいわれており、それからみても労働力は膨大なものであろう。

第1表 林地除草の一例

項目	延人数/ha当り	摘要
植付肥培その他	30~40人	1回 8~12人1回1年×5年
地拵	20~70人	
下刈	40~60人	
計	90~170人	

2-2 林業用除草剤の剤型

林業用除草剤の剤型は林地の環境からみて粉剤・粒剤(顆粒剤)が大部分を占め、しかも安全で無害であり、かつ少量均一散布の可能な薬剤が望ましい。

2-3 林業用除草剤と植栽木の関係

林地用除草剤としての要素である植栽木との関係は、

植栽木に薬害をあたえず、しかも土壌を荒廃させることなく成育の助長に役立つことが肝要であり、このためには各種選択性除草剤の使用が最も好ましい方法であります。林地は植生が広範囲にわたっているため実際上困難な方法であります。しかし比較的安価で得られ、かつ剤型加工の容易な非選択性除草剤の原体を主剤とした改良型の除草剤を作ることも一つの方法であり、その改良法としては剤型加工による物理的選択性の附与または土壌中における透過力等の利用による化学的選択性の附与により植栽木に与える薬害及び土壌の荒廃を防ぐことも考えられる。塩素酸ナトリウムはこれ等の改良法に適した原体の一つであらう。

2-4 林業用除草剤と生産性

林業用除草剤は農耕地用除草剤と異なり投下資本の回収率が非常に低い価格の低廉が必須の条件であります。このためには当然国内生産が可能で、しかも生産向上性が容易であることが必要であらう。塩素酸ナトリウム、スルファミン酸アンモニウム、シアン酸ナトリウム、モノクロル酢酸塩類、トリクロル酢酸塩類等はこの目的に即する原体といえるであらう。

3. 除草剤と塩素酸ナトリウム

除草剤としての塩素酸ナトリウムについては「林業と薬剤 No. 8, 3, 1964」に竹松先生が詳細に御執筆なされておりますので、主として除草剤の原体となる場合の諸性質について述べようと思います。

3-1 塩素酸ナトリウムの性質

3-1-1 名称

化学名……塩素酸ナトリウム
一般名……塩素酸ソーダ、塩曹
化学式…… NaClO_3
分子量……106.45 g

3-1-2 物理的性質

外観……無水塩、淡黄色乃至白色の結晶形
臭気……無臭 比重……2.490 (at 15°C)
融点……248°C 分解点……300°C
吸湿性……中位
溶解度 (100 g の水が溶解する NaClO_3 の量)
温度 (°C) -15 0 20 40 60 80 100
 NaClO_3 (g) 72 79 101 126 155 189 230

3-1-3 化学的性質

- (1) 塩素酸ナトリウムは 300°C で分解を始め酸素を放出する。
- (2) 工業用品のものは大体中性であるが鉄に対し腐蝕性を有し、水があれば腐蝕を促進する。
- (3) 塩素酸ナトリウムの分解は発熱的であり酸素を放出する。有機物質硫黄や硫化物、金属粉、燐またはアンモニウム化合物と密着していると発火・爆発することもある。
- (4) 熱や酸あるいは多くの有機物が存在するときは強度の反応性を有する。
- (5) 塩素酸ナトリウムは強酸と接触すると二酸化塩素を放出し、このガスはある濃度 10 Vol % 以上になると爆発性を有する。

以上の物理的・化学的性質でしめされる通り塩素酸ナトリウム自体は発火・爆発の危険性はない原体であり、従って、その性質を熟知の上取扱えば危険性は心配ない。

3-2 塩素酸ナトリウムの製法

塩素酸ナトリウムの製法は化学法と電解法があり、工業的には電解法と化学法の (1), (2) 法が採用されている。

3-2-1 化学法

- (1) $6 \text{Cl}_2 + 6 \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 + 5 \text{CaCl}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$
 $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = 2 \text{NaClO}_3 + \text{CaSO}_4$
- (2) $6 \text{NaOH} + 6 \text{Cl} = \text{NaClO}_3 + 5 \text{NaCl} + 3 \text{H}_2\text{O}$
- (3) $3 \text{ZnO} + \text{NaCl} + 3 \text{Cl}_2 = 3 \text{ZnCl}_2 + \text{NaClO}_3$
- (4) $6 \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 6 \text{Cl} = 3 \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 5 \text{NaCl} + \text{NaClO}_3$

3-2-2 電解法

- (1) $\text{NaCl} + 3 \text{H}_2\text{O} + (6F) \rightarrow \text{NaClO}_3 + 3 \text{H}_2$

3-3 国内における設備能力と需要量

国内におけるメーカーは6社で、その設備能力は30,000 t/年と推定され、昭和39年度の需要量は紙パルプの漂白用亜塩素酸ナトリウムの原料が最高を占め、除草剤の需要は純分換算で4,500 t/年(除草剤として6,500 t/年程度)、過塩素酸塩類の原料その他を含めて25,000 t/年と推定される。

3-4 除草剤としての塩素酸ナトリウム

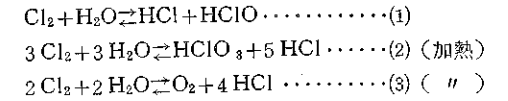
3-4-1 塩素酸ナトリウムの殺草木の機構

塩素酸ナトリウムの殺草木機構については内外の文献その他により発表されておりますが結論的には塩素酸ナトリウムの分解によって生成される物質の強力な酸化作用により植物の細胞や組織を破壊して枯死させることにあります。

一塩素酸ナトリウムの植物にあたえる影響一

- (1) 未反応の Cl_2 の影響

Cl_2 が水分と作用して加水分解を起す。



植物に与える影響は(1)式の反応であり、HCl 及び HClO は強力な酸化剤であるため、植物の機能を破壊させる。

(2) NaClO_3 の土壌中における有害性と分解について。

- (i) 土壌中の有機物が増加するにつれて NaClO_3 の有害性は減少し、硝酸塩の含有が増加する。硝酸塩は ClO_4^- が植物に吸収することを防止する。
- (ii) 土壌溶液中の NaClO_3 を稀釈するには有機物の影響は顕著でない。すなわち有機物は抱水力を増加するためである。
- (iii) 土壌中の NaClO_3 の分解は温度及び湿度に比例する。高温度における分解率は水分含有量に限定され、水分量の多い場合の分解率は温度により限定される。
- (iv) NaClO_3 の毒性を低下させる有機物の影響は直接的である。

3-4-2 植生別の散布適期

植生別の散布適期は一般に下記のようにいわれている。

- 一年生雑草……植生の幼芽期
- 多年生雑草……植生の成長末期
- 球根生雑草……植生の成長最盛期

従来までの使用実績やとくに林地除草の場合は周囲の条件に左右されることが多いため、下記の時期に散布するのが効果的であります。

- 草地帯……雑草がある程度成長した4月下旬~6月初旬の間
- 雑木帯……萌芽後展葉し、ある程度活力が旺盛となりはじめた5月下旬~6月下旬の間
- 笹地帯……新葉が展葉した頃から9月下旬頃までの間

3-4-3 土壌中における移動性(透過力)

塩素酸ナトリウムは溶解度は大であり、負荷電のため土壌粒子に附着することは非常に小さく、従って土壌中の水分により、その移動性(透過力)は大となるが、

第2表 試験結果

項目	深さ cm									
	Control	1.0	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	
茎の平均長	59.0	6.6	12.0	10.8	13.8	19.0	49.8	60.8	60.8	
伸長阻害率	—	88.0	79.0	81.7	76.6	67.8	15.6	53.1	-3.1	
根の平均長	122.4	0.8	5.2	8.0	16.5	19.8	104.2	105.4	133.6	
伸長阻害率	—	99.3	95.8	93.6	86.8	84.1	81.2	15.3	-11.6	

(宇都宮大学—依頼)

* 昭和電工株式会社

土壌中の諸条件によって分解されるため、その程度は様々でない。

塩素酸ナトリウムの土壌中における透過力

〔試験条件〕

NaClO₃ 単剤の場合 100 g NaClO₃/3.3 m²

散布後24時間人工降雨量 10 mm

Rayhanus の根伸長阻害率により測定

3-4-4 塩素酸ナトリウムの残効性

薬剤散布により雑草木の駆除を行う場合には耕地林地をとわず次の作業工程に大きな関連を与えるため、それを最も効果的にするのが除草剤使用の一要素であり、従ってその残効性(効力持続期間)が大きな問題となります。これについて農耕地における文献その他の例は多くありますが、林地のものは少ないので今後検討の要がある。[ギスレー氏等は小麦の発芽は土壌が 0.01% の NaClO₃ を含む時は妨害され、0.001% で成育の影響を受けるとし、またビセイパトラー氏は小麦に対する試験を散布後 10 a 当り NaClO₃ 11 kg 処理区が 68 日目によりやく回復し、22 kg 区は 183 日目に無処理標準区の 91% まで回復したと報告されている。]

第3表 塩素酸ナトリウム散布後の薬害試験 (散布時期 5月7日)

散布量 (g/3.3 m ²)	散布後 30 日 播種				散布後 2カ月 播種		
	発芽率 (%)		生育状況 (1カ月)		草丈播種 10日後観察		
	玉蜀黍	大豆	玉蜀黍	大豆	玉蜀黍	大豆	備考
75	100	92	枯死	殆んど枯死	16.8	20.5	雑草生育開始
50	80	88	枯死	枯死	21.9	24.0	"
25	88	88	8%生存	36.8	19.8	22.1	"
無処理区	80	96	生育良	50.0	20.1	22.6	"

(近藤、並原)

3-4-5 除草効果と土壌の諸条件

塩素酸ナトリウムの除草効果と土壌条件は最も重要な関係にあり、とくに林地は種々の要因が含まれ今後更に研究の必要があり、塩素酸ナトリウムの土壌中に於ける移動分解は土地の環境土壌の性質によって異なるが、それらを左右する要因となるものは温度、水分、有機物、硝酸塩、肥培の影響、微生物の活動等が挙げられる。

(a) 土壌反応と毒性の影響：一般に塩素酸ナトリウムの効力(毒性)は酸性液では強められ、中性またはアルカリ性液では低下する。また土壌中では有機物の施肥等があれば、酸性で分解が早く、アルカリ性では分解が遅いことは既に知られています。

(b) 温度水分の影響：前記に述べたように塩素酸ナトリウムの分解は有機物の量に拘らず高温維持のものが最も早く分解する。「アスレンダー氏は乾土 1 ton に対し、100 gr の NaClO₃ を加えたものに大麦を播いて、10°C で3週間後枯死、20°C では6週間生育し、30°C においたものは10週間生育したと発表している。その他

第4表 塩素酸ナトリウムの分解と土壌反応

播種期	刈取期	酸性区	中性区	アルカリ区	第1作	第2作	第3作	第4作	第5作	土壌の pH	
					12月3日	2月16日	4月1日	4月30日	5月23日	作付前	作付後
	2月14日	12.6	8.9	13.4	15.5	7.2	40.8	81.9	140.0	5.3	5.6
	4.1	15.5	7.9	7.2	40.8	21.9	53.8	76.9	6.8	7.0	
	4.30	15.5	7.9	7.2	40.8	21.9	53.8	76.9	6.8	7.0	
	5.22	15.5	7.9	7.2	40.8	21.9	53.8	76.9	6.8	7.0	
	6.21	15.5	7.9	7.2	40.8	21.9	53.8	76.9	6.8	7.0	

(ヘードカレル)

肥料及び土壌細菌の消長等が塩素酸ナトリウムの分解に影響を与えることは勿論であり、通常の散布量では土壌微生物には致死の影響は与えないようであり、尚肥料との関係は肥培の関連からみて今後更に高度の研究が望ましい。

4. 塩素酸ナトリウム使用上の一般的注意

- 大雨の予想される時には流亡や効力の持続期間が減殺されるおそれがあり、散布はさけること。
- 散布前には雑草木の葉は刈込まぬこと。
- 散布前後(2カ月位)には石灰、その他塩基性の物質の施用は除草効力を減殺するのでさけること。
- 気温の低い時には土壌温度も低く、従って分解が緩慢となるので注意すること。
- 土壌中の腐蝕物や不溶性の有機物等の還元性物質及び硝酸塩、アンモニウム塩、硫酸塩等が存在する場合はその含有量にしたがって使用調整が最も効果的である。

5. 人畜に対する被害

第5表 塩素酸ナトリウム薬物致死量

種類	方法	単位	致死量	摘要
犬	経口	Pro 1 kg	1.2~2.8 g	L, D
犬	腹腔	Pro 1 kg	1.2~1.43 g	1~2時間致死
兎	経口	Pro A	8~12 g	L, D
ラット	腹腔	Pro 1 kg	6 g	M, L, D
ラット	経口	Pro 1 kg	12 g	"
蛙	皮下	Pro A	0.2~0.3 g(10%)	24時間致死

(国立衛生試験所)

人畜に対する被害は作業上最も重要なことであり、これに関しては学校その他に於て検討の結果、別項の「取扱注意事項」を厳守して頂ければ心配はありません。尚詳細なことについては次の機会に述べたいと思います。

おわりに

林業用除草剤としての塩素酸ナトリウムについてはまだまだ研究の段階にあると考えており、更に下記のような点について究明が望ましい。

- 林地の主要植生の生体と殺草機構
- 下刈回数合理化を考え、肥培と塩素酸ナトリウムの関連
- 塩素酸ナトリウム系除草剤の難燃化対策その他

「サイレント・スプリング」

を

読んで感じたこと

伊藤力雄*

12月2日の読売新聞の夕刊に「ほうっておけるか水銀汚染」と題して報導されている。これはいま世界的にも問題にされている「食品中の残留農薬の毒性」について、われわれ最大の関心事であるコメの中の水銀についてふれている。水銀はいうまでもなく有毒な物質であり、とくに戦後の新しい化学工業の産物である各種の有機水銀は水俣病の悲劇をもたらし、水虫の治療に使われて死亡者さえ出した。

また10年程前からイモチ病防除に全国で年々相当量の有機水銀が田圃に散布されており、食糧増産の目的を果してはいるが、他の国では殆ど使用されていないか、あるいは使用禁止されているだけに問題は大きい。

有機水銀が体内に蓄積されると、神経性の病気が起り、廃人となることがある。その恐ろしさは有機塩素の比ではない。

すでにイモチ病防除のために水銀剤が散布されてから10年になるが、今ここで使用をやめても、土壌中には相当の有機水銀が残留しているであろうから、土壌中の有機水銀はイネの内部に吸収され、一部はコメに移行していくことは事実であるので、この状態は今後も相当続くことであろう。このような問題は水銀だけに限らない。有機重金属塩類や有機塩素化合物等にもいろいろと問題がある。

「生と死の妙薬」(Silent Spring) はこれら化学工業薬品の影響を非常に豊富な文献から明らかにしている。しかしながら、この本の主張は化学工業薬品の急激な発達から殺虫剤や殺菌剤や除草剤等が地上にまきちらされ、散布されたときは微量であっても、徐々に昆虫、鳥類、さらには人畜へ影響を及ぼしてくる危険性を強調している。さらに自然の均衡がやぶれて、いろいろな問題が起きてきている事実を述べている。

これは化学薬品の発達経過から、殺虫、殺菌、除草効果のみに集中され、その他の諸条件に対する検討が不足または未検討のまま実際に使用された影響が現われたと考える。

DDT が 1874 年に合成され、1939 年以後殺虫効果が

* 科研化学株式会社

あることがわかり、昆虫伝播疾病の撲滅、また作物の害虫退治に絶大な威力があるとまではやされ、いまでは DDT の使われていないところはないくらいであり、人間にふりかけてしらみを退治したことなどから、人畜無害であると信じられていた。DDT につづいて続々と殺虫剤、殺菌剤が実用化されたが、殺虫、殺菌効果を主体としたものであり、その他のこまかい影響については検討されなかったか、あるいは実際問題にされなかったかである。とくに慢性毒性の問題についてはその物質によってどんな作用が起ってくるかは画一的な方法では無理であるし、その実験方法自体が非常に難かしいものであって、殺菌剤、殺虫剤が使われてから、相当経過して判明してることが多いのである。

サイレント・スプリングは農薬が虫を殺し、それを餌にしていた小鳥がいなくなって、やがて沈黙の春がくるという主題であるが、之は生態学者としての物の見方がかなり強く織りこまれている。しかし表現とか引用例がどうであろうと化学薬品による影響が長い期間かかるにせよ、いろいろな形で現われることは事実であり、それらを否定するようなことはしない。むしろ今後これ等の問題に対処するためにどのような方向に進むべきであるかを検討しなければならない。これは単に農業だけでなく、すべての化学薬品に通ずることである。新しい物質に対しては単に目的物に対する効果だけでなく、その薬品の他の生物に対する影響、目的物の環境に対する影響など広い視野にたつて基礎的な試験を進めねばならないと考える。したがって非常に広い分野の学者の協力が必要である。医薬品のごとく、直接人間が使用するものであっても、サリドマイド系睡眠薬のように、睡眠作用があることがわかって発売されて 3~4 年後に奇形児出産の原因となることがわかったのであって、農薬のように自然の中に散布されたものが、植物体中に蓄積され、それが直接人畜に影響を与えるにしても、散布当時微量のものが徐々に蓄積され、その量が一定量以上になったとき障害をあらわすようなものは、非常にその追跡が難かしい。いわんや植物体から、あるいは土壌から、また川に流れてから、何段もの生物体を経て濃度をまして、人畜に影響を与えるようなものは、非常に人畜に対する検討が難かしくなってくる。このような見方をすると新しい物質の実用化は非常に困難を伴うことになってくる。

新しい物質を探す部門と実際に使用する部門との密接な連繋がなければいけないものではない。化学、生化学、薬理学、生物学、病理学、生態学等々関連部門の総合的検討が行われなければならないと考える。

一方、殺菌、殺虫という問題をもっと広い視野で見ると、カーソンが述べているように生物学的防除という方法もある。この天敵を用いた方法も良いであろう。しか

し自然界も年々変らざるを得ない状態になってきている。即ち、天然林を切りひらいて一斉造林を行い、川にはダムができ、山をひらいて宅地造成が行われ、工場ができ、牧草地がふえてゆくなどなど、これらの変革が徐々に微生物、昆虫、鳥類、植物等の生物に対して影響が起り、自然の均衡がやぶれて、また新しい均衡が徐々にできてくるであろう。ペストとかコレラなどは人間の環境の変化と防疫の努力によって、殆ど文明国ではなくなっている状態である。また一斉造林によって、病虫害が蔓延するし、イネの大面積栽培とか施肥等によって、これもまた病虫害が蔓延する。また化繊の靴下をはき常時靴をはく人が多くなるにつれて水虫がふえている。このように自然の環境が人為的に変えられていくに従って、自然の均衡も変って行く。さらに生物同志でも共棲もするし、拮抗もする。自然界の環境の変化によって自然の均衡がやぶれ、それがまた別な自然の均衡を保つまでにはどの位の年月を要することか、この人為的な変化に対応する手段の一つに薬剤というものが考えられる。しかし、サイレント・スプリングのような対応では何もしない。このような事態にならないような薬剤でなければならぬし、また使用方法でなければならぬ。

そこで考えられる一つとして、天然物の拮抗作用である。さらに拮抗しているものの中で生物がつくり出すもので、相手の微生物に対して微量で効力のあるものが抗生物質である。このように自然界にあって拮抗作用をもつ物質の中にカーソンのような毒性が少く、蓄積性のない物質があるのではないかと考える。天然から得られた薬品の数は非常に多い。最近天然物より得られた物質に代って化学工業の産物である化学薬品が非常にふえてきて問題を起すことすれば、また眼を天然物に向け、その中から有効物質を見つけ出して、その作用機構を明らかにし、できれば合成して、さらに誘導体を作ることによって、毒性を軽減して実用に供しうる物質を見出す方向に進むのも、一法ではないかと考える。自然界にある物質は自然の均衡を保ちながら消長している。少なくとも自然を破壊するものだけではなく、自然の理にかなったものがあるのではなからうか。

このような物質が出てくるとしても、この物質をむやみに使用するだけでなく、その対象や、その環境も考えて、薬剤をその問題除去の手段として使用すべきである。

サイレント・スプリングは原子力利用問題と同じく、人間の手によって、自らの命を縮めないようにせねばならないという警鐘であると考えられる。

現実に悪影響があると考えられるものは、積極的に中止の方向に進むべきであろうし、一部の利益のために、公共の被害をないがしろにすべきではないと考える。これはサイレント・スプリングに出てくる農業だけの問題ではないのである。

N-E-W-S-N-E-W-S-N-E-W-S-N-E-W-S-N-E-W-S-N-E

海外 ニュース

— X —

N-E-W-S-N-E-W-S-N-E-W-S-N-E-W-S-N-E-W-S-N-E

土壤薬剤(殺菌、殺線虫剤)の針葉樹種苗に対する応用と効果

ここに紹介する4つの報告は、土壤処理薬剤に関するものであるが、薬剤の使用目的がそれぞれ異なり、同一ではないが、土壤微生物の生態を配慮している点では共通したものがある。その意味では、最初のVAARTAJAの報告における生物防除の考え方を味いながら後の報告を読むと面白い。その目的のためにはあまりにも簡単な紹介に過ぎるうらみがあるが……。

1. 土壤殺菌剤による針葉樹立枯病の防除試験

林木播種床における立枯病の薬剤防除の一般的な方法は、種子殺菌と床面土壌の殺菌である。種子殺菌では効果の持続が不十分のため、種子を固着剤により殺菌剤に丸め込むペレット法(pelleting)が考案されている。また床面消毒は薬害のない薬剤を多量にしかも反復応用することが薬効をますとされている。殺菌剤には、すべての土壌菌に有効な非選択性のもの(ミロン)や特定菌にのみ有効な選択性のもの(デクソン—*Pythium*, トリアジン—*Rhizoctonia*)などがある。後者に属するものは異なる性質の薬剤を混用することにより効果を一層高めることができる。VAARTAJA, O等は Fungicide trials to control damping-off of conifers. Plant Disease Reporter, 48: 12—15, 1964.) このような薬剤の特性を高度に利用するため、8種の薬剤につき応用法を変えて効力を検討した。

試験播種床土壌は微塩基性火山灰質、供試樹種は、欧州アカマツ(*Pinus sylvestris*)とコロラドトウヒ(*Picea pungans*)である。試験中罹病植物体より分離された主な病原菌は *Pythium ultimum*, *P. debaryanum*, *Rhizoctonia praticola*, *Fusarium* spp., *Alternaria* spp. (最後の2者の病原性の検討未了)などであった。

薬剤の応用法は、メチルセルローズを固着剤とするペレット法、床面土壌に大量薬剤を灌注し、さらに1週間後補足的に少量を施用する方法、さらに2種薬剤を交互に混用する方法などであった。この結果極めて顕著な効果の認められたものは、ジネブ、デクソン、トリアジンなどで、かなりの効果が認められたものは、キャプタ

ン、サーラムなどであった。しかし、有効なものでも年度によりかなりの変動があり一定していなかった。また、混用により、土壤殺菌の有無により効果は変化した。この結果に対する著者等の省察はある作業仮説(生物防除説)の下に行なわれており極めて興味深いので紹介する(抄者附加)。この仮説とは、多くの土壤殺菌剤は a) 病原菌に対して直接的に、b) 拮抗土壌菌相の変化により生物学的に働く2重の作用を演ずるものである。そして a) の作用は十分な防除を果すものではないが、b) は常にはないが時として十分な附加的效果を生ずるもので、これは土壤社会の複雑かつ動的な特性にもとづくものと考えられる。たとえば、デクソン学用(ペレット法)では極めて明かな効果を生じたのに、これをPCNBと混用すると効果が減退してしまう。逆にPCNBの薬効は混用により向上した。この場合はPCNBのもつ高度な選択性が生物防除を妨げていると解釈される。何故なればPCNBは通常このように混用され、また薬害もさらには薬効を減ずるような化学作用をも認められていないからである。トリアジンとデクソンとの混用は或年には効果が減じたが或年には逆に増加した。この現象も生物防除効果のちがいに説明するほかない。混用による効果が単用を上回ったのは1例しかなかった。サーラムとデクソンとのそれである。

正負とくに負の効果の変動も年毎に大きく変化して一定していない。薬剤の混用は、それが単用された場合にのみ発揮する好ましい選択作用の一部を抹殺してしまう可能性が考えられる。土壤消毒に伴う附加処理と土壤未殺菌状態に加える処理とでは、後者において効果が高い。このことは、供試した薬剤につきほぼ共通に認められた傾向であるが、D-113処理の場合ミロンによる土壤殺菌土壌における処理と未殺菌土壌における処理とでは、子苗発生数において後者は前者の2倍に達した。ミロンは非選択性殺菌剤であるから、この処理のため病原菌に拮抗する腐生菌までも殺されてしまうため、生物防除が満足に行われなかったと解せられる。この実験播種床からえた菌の1000以上の組合せにつき寒天上で拮抗を調べた結果、多くの腐生菌、菌根菌が *Pythium* に拮抗的であった。しかし、これら相互までも拮抗し合っているため現在のところ真の生物防除効果が那邊に発するかは不明である。

注: キャプタン(captan): n-(trichloromethylthio)-4-cyclohexene-1,2-dicarboximide
 デクソン(Dexon): p-dimethylaminobenzene-diazo sodium suefonate
 D-113: 1,2-dichloro-1(methyl sulfonyl) ethylen
 ミロン(Mylone): 3,5-dimethyl-tetrahydro-1,3,5,2H-thiadiazine-2-thione
 PCNB: pentachloronitrobenzene

サーラム(thiram): tetramethyl thiuram-disulfide
 トリアジン(Dyrene): 2,4-dichloro-6-(o-chloro-anillino)-s-triazine
 ジネブ(zineb): zinc ethylene bisdithiocarbamate

2. 土壤くん蒸によるモミ播種床苗の生育の改善
 強度の集約的耕作を経た土壌は、往々地力が低下し、いわゆる「忌地」障害を呈する。これは施肥や耕耘では容易に回復しないことが多い。この原因には、菌類、線虫、昆虫類などが深い関係をもっている。この障害の改善には、多くの場合土壌生物の活動を阻害するクロロピクリンやホルマリンなどの部分殺菌剤が応用されている。クロロピクリンは昆虫、線虫、菌類だけでなく雑草の種子をも不発芽にする広い効果を有するが、ホルマリンは殺菌的に働くだけで作用範囲は狭い。一般にこれら部分殺菌剤は土壌中の可溶性成分をまし、硝化菌を阻害して $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_3$ に至る変化を遅滞させるといわれている。

Van den DRIESSCHEは(Partial sterilization of Douglas fir seedbeds with formalin and chloropicrin. Forestry Science, 9: 330—334, 1963.) 近年カナダ・ブリティッシュコロンビア州沿岸地方の苗畑においてダグラスモミ苗(*Pseudotsuga menziesii*)の生育が悪化しているのは、この忌地障害に原因があると考え、地力頹廃の回復とその原因の究明を試みた。2カ所の試験苗畑において、ホルマリンおよびクロロピクリンで播種床土壌をよく蒸し、約1月後に播種をした。ホルマリンは27%のものを155.4, 466.2ガロン/エーカー、クロロピクリンは7.3, 16.8ガロン/エーカーのそれぞれ2種の施用量とし、前者は灌注、後者は注射法により応用した。結果の調査は土壌中のN分析、線虫の棲息数、発芽子苗の生立密度、子苗の茎および根の長さおよびそれらの乾重量、子苗体内のN含有率などについて行なった。

この結果、両薬剤の処理により、1年生苗木の上生長、茎の幹物生産は両苗畑において共に増加した。発生小苗数は一方の苗畑において増加した。両薬剤の効果と比較すると、クロロピクリン処理はホルマリン処理にまさり、一つの苗畑ではクロロピクリン処理区において幹物生産量が対照の2倍に達した。両薬剤共大量処理の方が少量処理よりもすぐれた効果を示した。N分析の結果、土壌中の $\text{NH}_3\text{-N}$ や子苗のN含有率は処理により増加することがわかった。線虫の数はもともと両苗畑共棲息数が少なく、少なくとも処理の効果と線虫との関係は考えられないようであった。また、土壌中の可給態Nの増加、苗体のN吸収増加もこの結果を説明づけられる程著しくはなく、むしろ処理により子苗の発生が増加した点から、苗木生育の減退に菌がかなり深く関連をもっていることが想像された。それにしても、土壤菌を中心と

する。土壤微生物、土壤養分など数種の因子がこの現象に関係し、それらが相互に関連して作用してこの現象をひきおこすのではないかと考えられる。

3. マツ植栽木の生育不良と植物寄生性線虫との関係

米国ノースカロライナ州南東部のカリビヤマツとテータマツの新植地で成林に失敗した所が多数あり、その被害面積も極めて大きくなっている。これらの林地は一見適地のようにみえるが、いざ造林してみると植栽木の50%以上も枯損し、残存木も生育が停止し、健全木の50%にも達しない惨状を呈する。このため2回も3回も改植されたが、その都度失敗し、造林を絶望視されるに至った所が多くある。

J. L. RUEHLE & J. N. SASSER は (RUEHLE, J. L., & J. N. SASSER: The role of plant-parasitic nematodes in stunting of pine in southern plantations. *Phytopathology*, 52: 56—68, 1962., ———— & ————: Additional data on results of nematocidal fumigation in pine plots in North Carolina. *Plant Disease Reporter*, 48: 534—536, 1964.) このような林地における線虫と植栽マツ苗の枯損や生育不良との関係を究明すべく実験を試みた。この仕事の主な項目は、1) 病原線虫の植栽地および苗畑における発生と棲息数の調査、2) 植栽地に発見された病原線虫の起源に関する検討とマツの矮化との関係、3) カリビヤマツとテータマツに寄生し、それらの生育に影響する線虫の種の決定、4) 被害林地の改善と植栽木の生育回復を目的とする土壤くん蒸剤の検討、などである。

これらの試験の結果、被害に関係していると推定される線虫は少なくとも4種あることがわかった。このうち、ヤリセンチュウ (*Hoplolaimus coronatus*) およびラセンセンチュウ (*Helicotylenchus nannus*) の棲息数は、生育不良なマツ植栽地土壤に多かったが、マツノニセシストセンチュウ (*Meloidodera floideensis*) は逆に生育良好な林地にわずかに多かった。一方苗畑土壤には、ヤリセンチュウおよびラセンセンチュウがイシクセンチュウ (*Tylenchorhynchus claytoni*) やユミハリセンチュウ (*Tricodorus christiei*) と共に棲息していた。しかし、植栽地にすでに土着していたこれらの線虫は、苗畑から苗木と共に侵入する線虫よりも病理学的には重要な意義をもっていると思われる。このことは後述する土壤くん蒸の結果から明らかになる。上記調査の際分離された線虫をマツに人工接種すると病原性のありそうな4種の線虫はいずれもカリビヤマツおよびテータマツに寄生したが、他の種はあまり明かな寄生性を示さなかった。また *Belonolaimus gracilis*, イシクセンチュウおよびアレナリアネコブセンチュウ (*Meloidogyne arenaria*) など

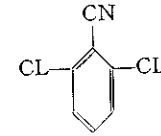
も両種のマツに寄生性を示した。ガラス室内において4種の病原線虫のマツ苗の生育に及ぼす影響を調べてみると、ヤリセンチュウはマツ苗の上長生長や根に対してもっとも大きな被害を与えることがわかった。マツノニセシストセンチュウは根にいちぶしい被害を及ぼしたが、それほど明かな生育低下をひきおこすことはなかった。後の2種の線虫は生育にはほとんど影響を与えなかった。したがって、マツの生育阻害には、主にヤリセンチュウおよびマツノニセシストセンチュウが関与していることが推定された。線虫駆除に必要なくん蒸剤を植栽予定地に列状に施用した後マツ苗を植栽しその影響を調べた結果、処理列区におけるマツの当年の活着および生育は無処理列区に比し良好となった。D-DおよびDBCPの処理の中ではD-D、20ガロン/エーカーの処理においてもっとも良好であった。小規模な植栽試験区におけるD-D、MBによるくん蒸処理—植栽2年目秋期における調査では、両種マツ植栽木の樹高生長はMB処理区において極めて良好であった。D-D処理区平均樹高もまた無処理区のそれよりも明かに大きかった。育苗苗畑土壤と同様なくん蒸の有無は植栽地における被害にあまり影響せず、植栽地のくん蒸の有無が被害に密接に関係することがわかった。このことは、線虫ないし他の病原菌は植栽地において、マツの生育を阻害していることを示している。このような処理の効果が、持続されていたかどうかを知るため、植栽後5年目の秋期に樹高生長および線虫棲息密度調査を行なった。平均樹高では依然としてMB処理区でもっとも大で、D-D処理区ではこれに劣るが、非くん蒸区よりも明かに大であった。また苗畑土壤処理の有無にかかわらず、植栽地のくん蒸効果が樹高生長に明かにあらわれており、2年目の傾向と変りなかった。4種病原線虫の消長については、ヤリセンチュウは処理土壤において増加し、ニセシストセンチュウは無処理区において激減した。一方ラセンセンチュウはくん蒸10カ月後まではごくわずかしら現われていなかったが、MB処理区以外ではその後増加し、ナミオオガタハリセンチュウについては明かな変化が認められなかった。

注 DBCP: 1,2-dibromo-3-chloropropane
D-D: 1,3-dichloropropene and 1,2-dichloropropane
MB: methyl bromide

(林業試験場樹病研究室 高井省三)

(i) ニトリル系

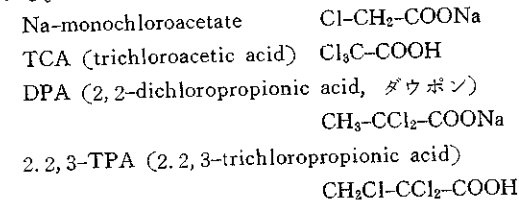
前述のようにアルキル基やベンゼン核などの炭素に直接結合した-CN基はニトリル基とよばれるが、この基をもつ除草剤も開発途上にある。登録されているのはDBNのみである。



DBN (2,6-dichlorobenzonitrile) カソロンの名前で使用されている。

(j) ハロゲン化脂肪酸

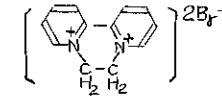
脂肪酸は一般に次のような構造をもち、Cの位置をあらわす数字はCOOHのCが1で以下はなれるにしたがって番号を増す。除草剤として利用されるものには次の4種があるが、わが国ではDPA(外国ではDCPAとよばれるので注意する必要がある)のみが登録されている。



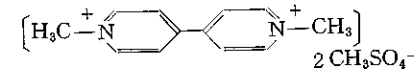
(k) ビピリジリウム四級塩

ピリジン が2個くっついた形の化合物の基本にしている。

ジクワット(1,1'-ethylen-2,2'-bipyridylum dibromide) 両ピリジンの1位すなわちNにエチル基が手を2本出して(ethylen)結合し、また両ピリジンの2の位置同志がくっついてdipyridineとなり、Nが4個であるもの。Nは+に荷電してBr⁻とつりあう。EDPDともよばれた。

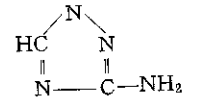


Paraquat (1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridylum dimethylsulphate) それぞれのピリジン核の1位にメチル基があり、両核がお互いに4位でつながっている。ジクワットとよく似た性質をもっている。

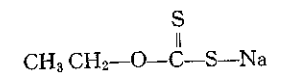


(l) その他の有機除草剤

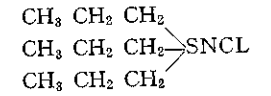
ATA (3-amino-1,2,4-triazole) 前述のように triazole とは3個Nをふくんだ5員環というものである。一番上のNを1としたとき、時計まわりにかぞえて、1,2,4にNがあり、3の炭素にアミノ基がついている。amitrole または ATともよばれる。



キサントゲン酸塩 (Na-ethylxanthate) 一般に RO·CS·SH (Rはアルキル基) の式をもつものをキサントゲン酸とよぶ。Rがエチル基でSHがNa塩になったものが除草剤あるいは作物乾燥剤として利用されている。

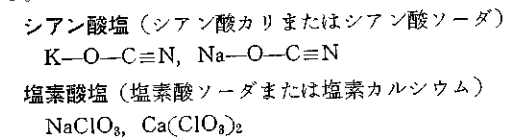


有機錫 (TPCL, tripropyl-tin-chloride) トリアルキル錫化合物のひとつで、後述するように前述のフェノール類とはちがった様式で酸化的磷酸化の阻害をする。したがって動物にたいしても毒性を示し、劇物に指定されている。



(m) 無機除草剤

国内で登録されているもののみを示すと次の種類となる。



2. 除草剤はどのように作用して草を枯らすか

除草剤が草を枯らすのは、雑草の体の中の代謝機構のどこかをやっつけてしまうからである。生化学的な反応や生理的なカラクリなどに直接間接に作用するわけであるから、雑草体内で行なわれているそれらの実態をはっきりさせる必要がある。

また、それらの反応やカラクリは、雑草が死ぬほどであるから、雑草の主要反応でなければならぬ。たしかに、除草剤は以下のべるような重要代謝系にきくものが多い。これら作用点の正常なすがたについて説明を加え

* 農林省農業技術研究所

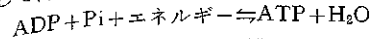
ながら主な除草剤に限ってその作用機作を明らかにしたい。

以下のべるような作用機作以外に物理化学的、あるいは水分生理的な側面のあることもわすれてはならない。

(1) エネルギー代謝を阻害するもの

雑草といえども生物である。生物であるからにはエネルギーを必要とする。蛋白質・脂肪・炭水化物などの高分子を生成するとき、濃度勾配にさからって根から養分を吸収するときなどにはそれぞれエネルギーを必要とする。このエネルギーは ATP (アデノシン三リン酸) という化合物の中にたくわえられ、この物質が加水分解されるときにそれが利用できる。つまり、ATP はエネルギー授受や利用・回収などの過程における通貨のような役割を果している。前記のような植物のエネルギー消費反応以外に、動物では筋肉収縮や生物発電・生物発熱にも、ATP あるいはその関連物質が利用される。

ところで、生物のエネルギー源たる ATP はどのようにして得られるのであろうか。具体的には



(ADP: アデノシン二リン酸, P_i : 無機リン酸)

と一般化できる。右行反応ではエネルギーが必要であり、逆にこのエネルギーが左行反応で利用されるわけである。さて、このエネルギー源にはいろいろ考えられるが、主なものはつぎの3種である。

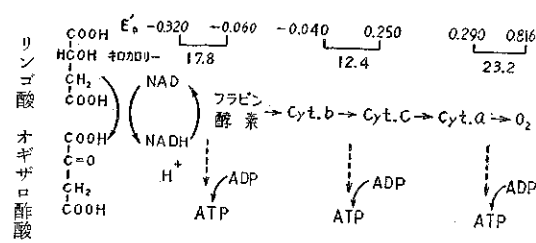
- (1) 基質レベルでのリン酸化
- (2) 酸化的リン酸化
- (3) 光合成的リン酸化

これらのうち、ここで問題にする PCP などの作用点として重要なものは (2) の酸化的リン酸化 (oxidative phosphorylation) である。この過程は呼吸の電子伝達系の話からはじめられる。呼吸によって呼吸基質が酸化されるときに、 O_2 の吸収と CO_2 の発生とがみられるが、エネルギー発生に関係深いのは O_2 の吸収の方である。すなわち、呼吸基質からはげられた水素原子(および電子)は、伝達過程を経て究極的には O_2 と結合して水を生じ、この過程におけるエネルギー落差が生体エネルギーに利用されるわけである。伝達過程の主要メンバーとしては、フラビン酵素や各種のチトクロームなどがふくまれ、いわゆる呼吸阻害剤の多くはこの電子伝達系を攻撃するものが多い (NaN_3 , CN^- , アンチマイシン A など)。

この電子伝達系の呼吸基質 $\rightarrow O_2$ までのエネルギー落差(酸化還元電位差)を、生物が利用できるかたち、すなわち前述の ATP のかたちで回収する機構が酸化的リン酸化である。

今、例として L-リンゴ酸の酸化を考えてみる。

リンゴ酸は、リンゴ酸脱水素酵素によって酸化される



第1図 リンゴ酸の酸化の電子伝達系

とオキサロ酢酸となる。ここで生じた電子は助酵素 I (NAD) にうつり、順次フラビン酵素、Cyt. b (チトクローム b), Cyt. c, Cyt. a と伝えられて O_2 に連する。それぞれの酸化還元系は固有の電位をもっているが、その E° を附記すると最上段のようになり、電位差をカロリーになおすとその下段のようになる。

一方、 $ADP \rightarrow ATP$ を1モルつくるに要するカロリーは大体8~10キロカロリーと測定されているので、上記リンゴ酸 $\rightarrow O_2$ の間では、図に示す3箇所 ATP 生成の可能性が示唆される。事実、生体内からミトコンドリア(呼吸をつかさどる細胞内顆粒)をとり出してリンゴ酸1モル酸化されたとき ATP が何個できたかを調べてみると3に近い数字が得られるのである。この効率を、また別の観点から P/O 比という数字で表わされる。すなわち、この酸化反応で消費された酸素原子数で有機化された(ATP になった) P の原子数を割った数字である。1分子のリンゴ酸酸化には1原子の酸素が必要であり、1分子の ATP 生成にも1原子の P が必要であるので、上述のふたつの事柄は同一のこととして理解できる。

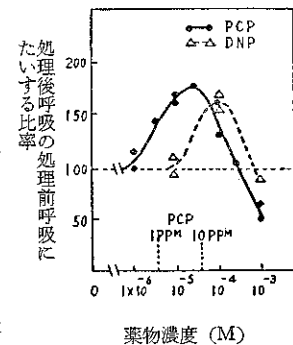
さて本論に入ろう。結論的にいうと、フェノール系の除草剤はこの酸化的リン酸化を阻害するのである。具体的には、カリフラワーのミトコンドリアの P/O 比を 5×10^{-6} M 程度の濃度で 1/2 にしてしまう。第1図の縦の矢印は電子伝達系からはなれたエネルギーを ATP につたえる過程であるが、これも1ステップだけではないとされており、その間に ATP 以外の高エネルギー化合物の生成が考えられている。PCP はこの未知の中間高エネルギー化合物を分解してしまうものである。このように、呼吸の電子伝達系と酸化的リン酸化の系とを解除(uncouple)してしまうので PCP は酸化的リン酸化の uncoupler とよばれる。2,4-dinitrophenol (その化学式は?) や除草剤として用いられている DNOC (2,4-dinitro-*o*-cresol) や DNBPA (2,4-dinitro-6-sec-butylphenol) も同じく uncoupler である。北海道で限定使用されている DNBPA は、おそらくエステル結合が加水分解されたあと DNBPA として効くものと考えられる。

すなわちこれらの uncoupler を雑草に与えれば、たとえ呼吸は行なっても肝腎のエネルギーは得られないから

浪費一方で結局破産すなわち死にいたるものである。

生体内の呼吸速度を調節している因子のひとつとして ADP の濃度がある。ATP のエネルギーを利用したあと ADP が生じるが、この現象はエネルギーレベル低下の警告でもあるので、ATP 利用 \rightarrow ADP 増加 \rightarrow 呼吸増加 \rightarrow ATP 増加という一連のフィードバック的調節機構が働いて生体内の利用可能なエネルギーレベルを恒常状態に保っている。このように ADP の濃度が高まると呼吸が増大する現象は、ATP の利用を大きくして ADP の濃度をたかめる場合以外に、ATP が生成しないようにして ADP の濃度を高めても観察される現象である。すなわち、前記 uncoupler である PCP や DNP などを生体やミトコンドリアに加えると、ATP が出来ない反面、ADP の濃度が大きくなるので、それらの呼吸は異常に大きくなる。

筆者は、イネの若い切断根の呼吸にたいする PCP や DNP の影響をしらべ、第2図のような結果を得た。すなわち PCP では 5×10^{-4} M 程度の濃度で70%以上の呼吸増加がみられる。この際、濃度をもっと上げて行くと呼吸はかえって阻害されるが、水田中の PCP 濃度が1~10 ppm 程度である



第2図 イネ幼根の呼吸におよぼす PCP の影響

ことを考えると、やはりこの呼吸の異常増加、すなわちその原因である酸化的リン酸化の uncoupling が PCP の第一次作用点であるとみなされよう。呼吸をはげしく行なって体内呼吸基質を消費するのにエネルギーは全然獲得できないという状態が、雑草を死へおいこむ原因であると考えられる。前述のように DNOC や DNBPA も、同様のきき方をするものと考えられる。

この酸化的リン酸化に影響を与える別のタイプの除草剤として有機錫系のものがある。TPCL (tripropyl-tin-chloride) などがそれである。萩原らが哺乳動物肝ミトコンドリアで実験した結果では、これら有機錫化合物は前記酸化的リン酸化の図の中で縦の矢印、すなわち電子伝達系から得られたエネルギーを ATP にまで伝達する系を攻撃するものと考えられている。この機構ではミトコンドリアの中の含脂肪構造が重要な働きをしており、有機錫化合物はこの構造に大きい影響を与えるものと想像される。各種の有機錫化合物が考えられる中で、トリアルキル、中でもトリプロピルあるいはトリブチルがもっとも強い酸化的リン酸化阻害剤であり、また植物病原菌へ

の殺菌効果も同一の傾向をもつことは興味がある。

以上から考えられるように、エネルギー発生系という生物共通の系を攻撃するため、PCP などのフェノール系除草剤や有機錫除草剤は単に雑草を枯らすだけではなく、他の生物たとえば魚貝、糸状菌、人体などにも害を与える可能性をもっているため、使用にあたってはこの点に十分な配慮を必要とする。

また、エネルギー発生系に直接的ではないが影響を与える他の除草剤もある。DPA (2,2-dichloropropionic acid, ダウポン) がそれである。前記ミトコンドリアは炭素化合物を CO_2 に燃やしつつ機構である TCA サイクル (tricarboxylic acid cycle) の中間過程で重要な働きをしている助酵素に助酵素 A (coenzyme A) というものがあるが、この助酵素 A はその構成成分としてパントテン酸をふくみ、このパントテン酸の生成に DPA が構造類似体として影響を与え、この生成を阻害するものとみなされている。パントテン酸の補給で DPA の害が減少したという報告もある。

光合成に影響を与える各種除草剤も、光エネルギーを生体内で利用できるエネルギーすなわち ATP に転換する過程を攻撃するのでエネルギー発生系の阻害剤ともみなしうが、これは項をあらためて光合成のところで説明する。

(2) ホルモン作用によるもの

2,4-D などいわゆる

ホルモン型のものが植物

ホルモンの研究から

生れたことは衆知のこと

である。ヘテロオキシン

としてのインドール酢酸

(IAA) の同定がエボックとなり、

その関連化合物を合成

品にもとめて行くうちに、

より強力なオキシン作用

をもついくつかのものが

見出されたのである。

一般にホルモン型のもの

の作用機作にかんしては、

オキシンの作用機作がは

っきりしないのと同様に

決定的な説明がない。正常

なホルモン作用が行き過

ぎてしまつて反つて異常

となつてしまつてという

ことは考えやすい。事

実、第3図のアベナペ

ーストテストの結果で

示されるように、IAA

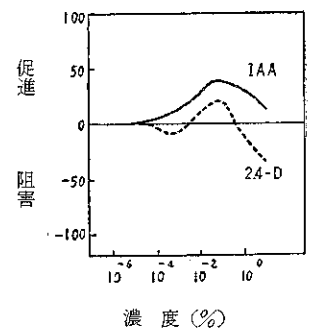
でも濃度が高すぎると

かえつて最良の促進

効果がえられない。

まして 2,4-D は IAA

で阻害効果が発現しな



第3図 アベナペーストテストにおよぼす IAA および 2,4-D の濃度の効果 (Linsler) による

まして 2,4-D は IAA で阻害効果が発現しない濃度ですでに阻害がでてしまう。このことにかんして Over-

berk はつぎのように 解釈を下している。正常な植物はそのオーキシン濃度(レベル)を時に応じて上昇させたり下降させたりしている。またジベレリンやカイニンなどのような他の植物ホルモン濃度との対比によっても細胞の成長や分化を調節している。ここではオーキシンの生合成があるかと思えば、分解もみられ、この流転によって正常な状態が維持されている。ところがここへ人工的な 2,4-D というものが入ってくると、それ自身が強力なオーキシン力をもつ一方、IAA のように分解されないで長い間体内にとどまり、生体内のオーキシン調節機能をくわせてしまうというものである。

オーキシンによってひきおこされる主な生化学的変化を列記すると、

- (a) 呼吸を増加させる
- (b) 呼吸経路をペントース回路へ転換させる
- (c) 細胞遠沈上清(蛋白質?)の熱凝固性を減少させる
- (d) ペクチン質成分に変化を与える
- (e) リグニン化を阻害する
- (f) セルローズへのピルビン酸、酢酸のとりこみを増大させる
- (g) 水分吸収を促進する
- (h) キレート作用を発揮する

など数多くのものがあげられる。また 2,4-D そのものにかんしては、上記以外に、体内炭水化物の減少、体内毒物の生成、磷酸代謝の変動、蛋白質の分解が報告される一方、ハナヤサイのミトコンドリアで酸化的磷酸化の uncoupler となるともいわれている。しかしその作用濃度は PCP のそれよりはるかに高濃度である。

さいきん注目されている側面は核酸代謝とくに RNA (リボ核酸) 関係である。2,4-D を与えると RNA が増加すると報告されている。RNA のもつ生化学的意義は近年蛋白質の生合成機構との関係で非常に重要性を増しつつある。重要な RNA も無茶苦茶に増量されたのでは、本来の重要な働きを行なうことはできないであろう。

安息香酸誘導体にかんしては、ほとんど基礎研究が行なわれていないが、Keitt らの研究によれば IAA の体内移動に影響を与えるものとされている。除草剤としては使われていないが、TIBA (2,3,5-triiodobenzoic acid) はオーキシンと相乗作用あるいは阻害作用を示すため、作物にたいしていろいろの生育調整的影響をあらわす。

(3) 光合成機構を阻害するもの

除草剤の中で雑草の光合成機構に影響を与えてこれを殺滅するものが意外に多い。光合成は植物に特有の機構であるから、それに影響を与える薬は、動物には影響が少ない可能性が大きいと考えられる。したがって、い

ゆる低毒性除草剤をねらう場合に有利ということになる。

まず、光合成阻害に関係あると思われる除草剤は、前述の分類によれば、フェニル尿素系、s-トリアジン系、カーバメート系、アミライド系、ウラシル系およびピリジリウム系であろう。

intact な植物をつかて、その CO₂ 固定能力にたいして除草剤がどのように影響するかをみた実験がいくつかみられる。インゲンマメ水耕液中へ CMU を加えたとき、最終濃度 0.1 ppm 位ではほとんど無影響であるが、1 ppm では8時間後に 70% 位阻害、10 ppm では2時間後に 90% 以上の阻害がみられる。また s-トリアジンの代表である CAT では同様の条件下で 1 ppm で6時間後にほぼ完全にちかい阻害がみられる。

一方、光合成中の O₂ 放出阻害については藻類での研究が多く、*Elodea* において CAT が、*Scenedesmus* において CMU や DCMU が O₂ 放出を阻害すると報告されている。

また、光合成中の物質生産がこれら除草剤によって阻害されることも数多く報告されている。*Coleus Blumei* Benth. の澱粉生産が CAT により、また別の植物で蔗糖生産がアトラジン(s-トリアジン系)により阻害される。インゲンマメの切りとった葉は光合成による乾物増加測定に好適な材料であるが、葉の生体重 g 当り 17 μg 程度の CMU を与えると乾物重増加が全然みとめられなくなる。

一般に根の成長は光合成阻害剤の影響をうけにくいのであるが、frogbit とよばれる浮遊性水生植物の根はクロロフィルをふくみ、根の伸長はこの根自身の光合成に依存していることが知られている。トウモロコシ、チモンイ、エンドウマメ 切断根などでは、根の伸長阻害に CMU の飽和濃度 230 ppm 程度を必要とするが、これに比べて frogbit の根の伸長はその約 1/500 程度の低濃度で阻止されることがわかる。この事実などは CMU の作用点が生合成にあることを示すよい例である。

別の面からの研究として、除草剤の殺草効果の一次作用が光合成の阻害にあるならば、光合成産物である糖類をなんらかのかたちで補給してやれば、その殺草効果は低減されるはずであるとの仮定から出発したものもある。事実、オオムギの葉の先端を 5 mm ほど切断し、これを糖液にひたした場合に葉害を減少させた例がある。Gentner らが、各種フェニル尿素系除草剤にたいして蔗糖、また CAT にたいしてグルコースの補給によって成功している。

????????????
質 問 箱
????????????

【問】 毎年苗畑や造林地にスギノハダニが発生して困ります。適当な防除法をご教示願います。

(三重・一読者)

【答】 スギノハダニは古くからスギの害虫とされているものですが、最近各地でこの被害が多く、常に問題になっております。東京地方では1年に10世代くらいを経過するので、このような生活史からみても完全防除がむずかしい害虫ですが、枯損にいたるような被害を与えることは少ないものです。しかし、成長量の減退、樹勢の衰え等は当然起ると考えられるので、とくに苗畑では、防除の必要があります。大発生を要因としては、環境条件とくに、温度、湿度等の気象条件がありますが、いわゆるカラツユの年に発生が多いようです。環境条件に触れることは別に譲って、ここでは薬剤防除について述べてみます。

スギノハダニは卵で越冬するので、孵化期が近づく頃(この頃は薬剤に対する抵抗力が弱い)に殺卵力の優れた薬剤を散布すると有効です。サツピラン、ケルセン、テデオンの殺卵剤が市販されています。すなわち、乳剤の 1,000~2,000 倍液を枝葉や葉の裏に十分散布することが必要です。時期は3月中~下旬が適期です。それ以後の時期には、殺卵力と殺虫力の両方を兼ねた薬剤を使用することです。

次に、5月頃および9月頃は一般にスギノハダニの繁殖の適期で個体数が増加するときです。この時期には、いわゆる殺ダニ剤を使用することになりますが、殺卵力のない薬剤の場合は、1週間内外の間隔で2回~3回の連続散布をする必要があります。また、苗畑では乳剤がよいのですが、造林地では乳剤の使用が困難な場合が多いので、粉剤またはくん燻剤を使用されるとよろしいでしょう。粉剤では ha 当り 2.5~3.0 kg ぐらい、くん燻剤では林野用(1 kg 筒)2~3 筒が使われています。なお、本誌 No. 2, 誌上に見里先生による農薬の解説で殺

(7頁よりつづく)

39年度は、晩秋に民有林において、はじめてのヘリコプターによる殺鼠剤散布を 20,000 ha (内会社有林 18,000 ha) 実行したが、従来の人力による手撒きは、労力不足のため実施が困難であったが、ヘリコプターの使用により、造林地周辺の天然林にまで薬剤の散布ができて、侵入の危険も減少させることにまで役立っているようである。ヘリコプターの利用は今後ますます拡大されてゆくものと考えられている。

む す び

北海道のカラマツ造林地を主体とする野鼠の駆除剤と、被害防除の体制などについて概要を述べたが、除草

ダニ剤にも触れておられるのでご参照下さい。

(林試昆虫第一研・山田房男)

【問】 スギの赤枯病を防除するために現在ポルドー液を使っていますが、本剤は薬剤を調合するのに手間がかかり面倒です。最近ではいろいろと新しい農薬が出廻っているようですが、これらの中に使い方が簡単で有効な薬剤はないのでしょうか。(福島・Y生)

【答】 スギ赤枯病の防除薬剤として、いままでにも多数の市販の農業用殺菌剤がとりあげられ試験されてきました。これによるとポルドー液がやはり最も優れた効果をあげております。ご質問のように、ポルドー液はたしかに薬液の調製が厄介です。とくに最近の労力不足から農業で使われているような薬剤がそのまま赤枯病にも使えないかとの要望が強いようです。

私共もここ 2~3 年来、新薬による本病の防除試験をおこなっています。その目的の1つは使い方が簡便であること。第2には現在よりも散布回数を減らすことにあります。現在私共が試験中の薬剤は銅剤、銅水銀剤、有機水銀剤、有機硫黄剤、農業用抗生物質その他約 20 種類です。これらのうちで、現在までの試験では、有機硫黄、銅水銀を主成分とした 1~2 の薬剤がポルドー液と同等の効果が期待されそうです。ただし、現在試験中の薬剤はいずれもかなり高濃度ですから、経済的にみて、このままの濃度ではおすすめてできません。したがってこれらの有効最少限濃度を確かめてから実用の段階にもってゆくべきだと考えております。

つぎに持続効果を高めて散布回数を減らすということですが、これについて私共は浸透性があるといわれる農業用抗生物質をとりあげて試験してきました。室内実験ではかなり有効なものもありますが、赤枯病の激しい苗畑で試験した場合には不十分で、目下のところおすすめてできるところまでには至っていません。これらのことからお判りのように現在ではやはり面倒でもポルドー液を散布されることをおすすめていたします。

(林試・樹病研究室 陳野好之)

剤によっては、そのものの効果をたかめるとともに心配される薬害を極めて少なくなくして、安心して、どこにでも使用できるものをもって貰いたいのであるが、同時に林業薬剤について一般的にいえることだが、需要者側における受入体制が整えられ、そして調査研究が組織的にできることが希望されるのである。また、山に機械や薬剤を導入することによって、なんとなく林業の近代化、合理化がおこなわれているのだと、陶醉にひたりがちだが、その行為が『自然の法則性』を無視したものであるならば、それは決して近代化でも、合理化でもないとおもっている。



農薬の物理性

農薬が虫を殺したり、植物の病気を予防や治療したり、草を防除したりするのは、その有効成分の作用によるもの

です。しかし有効成分そのものは、物理的性質が実際に使用に不適であったり、単位面積当りの使用量があまりにも少なすぎて均一な散布ができなかったりする場合が多く、したがって農薬の多くは効力には直接関係のない不活性成分（キャリア、溶媒など）、湿展剤、懸垂保護剤等を物理的に加えて、実際の使用に便利のように製剤がされています。これら製剤の種類には、水溶剤、液剤、水和剤、乳剤、粉剤、粒剤など沢山の種類があります。（本誌 No. 5, 18 頁参照）

ところで、これらの製剤が農薬としての効果を十分に発揮するためには、使用目的や使用場面に応じてしかるべき物理的性質をもっていることが必要です。

それでは農薬（製剤）の物理性とはどんなことをいうか、以下にその主なものの概略を述べます。

(1) 粉末度（または粒度）

粉剤や水和剤や粒剤等で問題になることで、要するに粉なり粒なりの細かさ、粗さのことです。普通は一定規格の篩でふるい分けて測定し、粉剤や水和剤の場合は 300 メッシュ 95% パスとか、100 メッシュ 100% パスという表わし方をしますが、とくに必要な場合や粒剤の場合は 80 メッシュ乃至 120 メッシュとか 0.2 mm 乃至 1.2 mm のように粒径の上限と下限で表示します。

(2) 見掛け比重（または仮比重）

同じ 200 g の粉でも茶碗に半分ぐらいの粉もあれば一杯になってしまう粉もあります。このような重量と容量の関係を表わすのが見掛け比重です。100 cc の円筒容器に一定の高さから篩を通して粉体をはき落して容器を充たし、余分をすり落して秤にかけ、1 cc 当りの g 数をもって表示します。（比重は単位をつけずによびます。）

これに対して容器を振動させたり底をたたきながら容器を充した時の 1 cc 当りの重さを充填比重、粉体の中に空間がない状態（実際には粉体を全く溶かさな液体の中で測定する）の比重を真比重とよびます。

(3) 水和剤の親水性（または水和性）

水和剤を水に入れた時に水に対するなじみの良否のことです。一定の容器に水を入れ、一定量の水和剤を静かに水面に落した場合、水和性の良いものはすぐ水没します。

(4) 水和剤の分散性

水和剤が水中に没した場合のほぐれ方の良否のことです。水面に静かに水和剤を落とし、水没するのを待って容器に栓をして数回転倒した場合、分散性の良いものは直

ちに白濁して塊がなくなります。

分散性の悪い水和剤はノズルをつまらせたり、均一な散布液が得られなかったりします。

(5) 水和剤の懸垂性

一旦水中に完全に懸濁させた水和剤も長時間放置すると徐々に底に粒子が落ちてきます。したがって水和剤を使用する場合には時々散布液を攪拌する必要がありますが、懸垂性の悪いもの程粒子の沈降が速かったり粒子が凝集したりするので、まきむらができ易くなります。

(6) 乳剤の乳化性

乳剤を水で稀釈して使う場合に問題となります。乳剤を水中に適下して攪拌または振騰したら直ちに水が白濁し、長時間器底や水面に油状物や凝固物が分離してこないものが乳化性が良いといえます。乳化性の悪いものは(6)と同様、まきむらができ易いので注意が必要です。

(7) 粉剤の吐粉性（または分散性）

粉剤をダスターに入れて散布する時に、筒先から良く出る製剤や、出難くて筒先からポタポタ落ちる製剤がありますが、このような性質を吐粉性とよんでいます。吐粉性の悪いものは散布が困難ですが、逆にあまり良すぎると風に飛ばされて効力が不足したり、周囲に薬害を出す原因になります。

(8) 付着性

一定の条件のもとで散布された農薬が対象物に付着する量で表わします。この性質はとくに粉剤の場合大切です。一般には吐粉性の良いもの程付着性が悪くなる傾向があります。

(9) 固着性

散布した農薬が風や雨で取り去られないということも必要です。

(10) 安定性

農薬を貯蔵しておく間に上述のような性質が変化してしまつては困ります。したがって製剤は安定なものを選ぶ必要があると同時に、農薬を湿度の高い所や高温の場所においたり、密封しないで貯蔵することのないよう注意すべきです。

以上にあげた物理法の他にも、例えば粉剤の吸湿性、流動性、凝集性など、水和剤や乳剤の湿展性など、粒剤の崩解性など、各剤の pH、色沢、耐光性等々、数え上げればきりはありません。これら農薬の物理性は有効成分自体の物理性と共に製剤技術によって左右されます。農薬メーカーは、その農薬の使用目的に応じて効力をより高め、使用法をより便利にするよう、物理性の面も常に研究を重ねているのです。

（日産化学農薬事業部・浜口博彦）

禁 転 載

昭和40年3月15日発行

編集・発行 社団
法人 林業薬剤協会

東京都千代田区大手町2-4 新大手町ビル

森林資源総合対策協議会内
電話 (211) 2671~4