

復刻版

クロルピクリンガイド

クロルピクリンの 効果的な使い方

松田 明

企画：(社)日本くん蒸技術協会
発行：クロルピクリン工業会

復刻にあたって

クロルピクリンは、土壌くん蒸消毒剤として50年を越える年月にわたり使用されてきた歴史の古い農薬ですが、今なお連作障害対策の切り札として約9000tが全国で使用されています。近年の臭化メチル削減計画の進展に伴い、間もなく「不可欠用途」以外に臭化メチルが使えなくなるため、その代替防除技術の確立と地域への普及が急がれています。しかし、クロルピクリンの殺菌、殺虫、除草効果は、臭化メチルに最も近い効果を持つ農薬として認知され各地で導入が図られています。

しかし、クロルピクリンの持つ刺激臭や臭化メチルとは沸点が大きく異なるなどの物理的・化学的性質の違いから、現地導入に当たって、種々の戸惑いや疑問、さらには効果不足や薬害が発生するなどの事例も見られるようになりました。このような状況から、クロルピクリンの性能、性質と処理技術の関係を、それら技術のもとになるバックデータを交えて解説する資料が求められるようになって来ました。

本書は、元茨城県農試の場長をされた松田明博士にご努力頂き、平成6年に出版されたものですが、それから10年たった今でもクロルピクリンを理解するに有用な書であることには変わりありません。新たに本書に類するものを作成したとしても、そこで引用するデータ等は本書からの引用ということになってしまいます。そのようなことから、新たに版を起こしたり、改訂するというのではなく、復刻というかたちをとることに致しました。

ただ、当時と状況が異なり、登録内容を厳守し、安全・安心な農作物を供給するということが強く求められるようになりました。本書においては、クロルピクリンの適用外の農作物や、病気、処理薬量での試験事例も紹介されていますが、これは、クロルピクリンの性能、性質を理解するための事例紹介で、登録内容を厳守する必要があることには変わりありません。また、クロルピクリンの新製剤や、新混合剤が増えてきており、それらを使用するときも本書は役に立つと思いますが、それぞれの剤の登録内容や使用技術を遵守しなければならないことは言うまでもありません。以上のことをご理解のうえ、クロルピクリンの普及に本書を活用してくださることを期待いたします。

平成16年8月

クロルピクリン工業会

はじめに

クロルピクリン剤は農薬として古い歴史をもち、研究成果も多く、その使用法も確立し、多くの産地の維持、発展に大きな貢献を果たしてきました。しかしくん蒸の現場では本剤の土壌中における拡散動態をはじめ使用者が当然理解しておくべき事項がしばしば等閑視され、せっかくの土壌消毒が十分に成果をあげていないという例に接することがあります。

当会は数年来クロルピクリン普及会のご協力のもとにクロルピクリンの適正、安全使用の普及徹底を図る事業を進めています。この事業の一環として現在国際協力事業団派遣作物保護専門家でご活躍されている松田明博士（元茨城農試・場長）にお願いし、平成2年2月の初版に引き続いて「クロルピクリンガイド」（第2版）を発行することにいたしました。

博士がかねがね主張されてきた「農薬を単に農薬として使用するのではなく、畑における病原菌の生態的性質をつかみ、農薬の特性を生かし、弱点をさらけ出さない使い方をし、農薬散布を栽培管理の中に溶けこませ、営農の中に生きた技術として活用する」といった視点でご執筆いただいております。

今回はクロルピクリンの効果的な使用法にのみ内容をしぼり、新しい知見を加えるとともに、より見やすくするため版のサイズを改め、カラー印刷にいたしました。本書がこれまで以上に関係者に普及、活用されることを期待いたします。

最後にご多繁の中、再版作業に何かとご尽力いただいた松田明先生に深く感謝の意を表し、厚くお礼申し上げます。

平成6年4月

(社)日本くん蒸技術協会

目 次

はじめに

I. クロルピクリンの物理・化学的性質	1
II. 病原菌に対するクロルピクリンの致死濃度	2
III. 土壌中における有効拡散範囲	3
1. クロルピクリンの濃度と拡散	3
2. 注入深と注入量との関係	3
3. ポリエチレンフィルムによる被覆の効果	5
4. 地温との関係	6
5. 土壌水分との関係	9
6. 堆肥との関係	9
7. 土性との関係	9
IV. 土壌微生物相、植生への影響	11
1. 一般微生物の変動	11
2. 土壌静菌作用の変動	11
3. 病原菌の復活	12
4. 植生への影響	14
5. 養分吸収への影響	15
V. クロルピクリンの効果的な使用法	16
1. 効果的な土壌条件づくり	16
2. 土壌消毒の効果を増進する栽培技術	18
VI. おわりに	26
主な参考文献	27



**クロルピクリンの
効果的な使い方**



I. クロルピクリンの物理・化学的性質

化学名：トリクロロニトロメタン (CCl_3NO_2)。

性状：無色透明の揮発性液体で刺激臭と催涙性が強い。

沸点：112°C、凝固点：-64°C。

比重：1.67(15/4°C)。

クロルピクリンガス：空気の5.7倍の重さ。

蒸気圧：7.7mmHg(5°C)、10.6mmHg(10°C)、18.3mmHg(20°C)、32.8mmHg(30°C)、高温ほど拡散性大。

水溶解性：0.16%(20°Cで1,620ppm溶解)。

引火性：なし。

安定性：きわめて安定な化合物、長期間保存しても変質なし。活性炭に吸着され易い。

金属腐食性：各種金属を侵し、さびを生ずるが、亜鉛は侵蝕しにくい。

人畜毒性：劇物。

魚毒性：C類。

人体毒性：ガスは粘膜を刺激し、涙、鼻水、クシャミを催す。空気1ℓ中にクロルピクリンガスが0.016mg(約2ppm)あると、人間は涙を出し、0.12mg(約17ppm)になると、40~60分で危険に陥る。

II. 病原菌に対するクロルピクリンの致死濃度

第1表は水にわずかに溶けるクロルピクリンの性質を利用して、それぞれ倍率の水溶液に2週間人工培養した供試菌を24時間浸漬し、生死を調査した結果である。これによると、栄養繁殖器官の菌糸や分生胞子が主体であるI~II群は本剤に非常に弱く、1/486,000~1/162,000の希釈液(約1.3~4.3ppm)で死滅した。膜の厚い厚膜胞子や菌核を形成しているIII~IV群はやや耐性で1/54,000~1/18,000の希釈液(約13~39ppm)で死滅した。白絹病菌の菌核ならびに土壌生息菌の*Penicillium*菌や*Chaetomium*菌には非常に強い耐性をもつ種類があり、致死濃度は1/2,000(約352ppm)であった。

気中におけるクロルピクリンガスのヘチマつる割病菌に対する致死濃度をみると、15°Cで72mg/ℓあれば、3時間以内、18mg/ℓでは9時間以内、7mg/ℓでは24時間以内に死滅し、同一濃度でも温度が高いほど殺菌される(第2表)。

このような試験例は少ないが、クロルピクリンと直接病原菌が接触する場合には、本剤の致死濃度は比較的低いと判断される。土壌伝染性のカビの仲間には本剤に耐性である厚膜胞子や菌核などの耐久体で土壌中に生息している。したがって、土壌消毒にあたって、クロルピクリンのガスが病原菌に直接接触するように土壌条件をつくることが重要になる。

第2表 気中におけるヘチマつる割病菌に対するクロルピクリンの殺菌力(河合・鈴木 1956)

気中濃度	曝露時間					
	3時間	6時間	9時間	12時間	18時間	24時間
72mg/ℓ	-	-	-	-	-	-
36	+	-	-	-	-	-
18	+(-)*	+	-	-	-	-
7	+	+	+	±	±	-

注1) -: 死、±: 一部死、+: 生、処理温度: 15°C。

2) * 処理温度35°Cでは死滅。

第1表 各種病原菌に対するクロルピクリンの致死濃度
(F. L. Stark 1948)

	供試菌	致死濃度
I群	<i>Pythium</i> sp.	1/486,000
	<i>Phytophthora</i> sp.	1/486,000
	<i>Rhizopus nigricans</i> (サツマイモ軟腐病)	1/486,000
II群	<i>Botrytis cinerea</i> (灰色カビ病菌)	1/162,000
	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	1/162,000
	<i>Monilinia fructicola</i> (リンゴモノリア病菌)	1/162,000
	<i>Rhizoctonia solani</i> (各種野菜の苗立枯病菌)	1/162,000
	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (菌核病菌)	1/162,000
III群	<i>Aspergillus candidus</i>	1/54,000
	<i>Fusarium bulbigenum</i> f. <i>niveum</i> (スイカつる割病菌)	1/54,000
	<i>Fusarium conglutinans</i> (キャベツ萎黄病菌)	1/54,000
	<i>Thielaviopsis paradoxa</i>	1/54,000
	<i>Verticillium albo-atrum</i> (半身萎ちょう病菌)	1/54,000
IV群	<i>Aspergillus oryzae</i>	1/18,000
	<i>Fusarium oxysporum</i> f. <i>lini</i> (アマ立枯病菌)	1/18,000
	Sclerotia of <i>B.cinerea</i> (灰色カビ病菌の菌核)	1/18,000
	Sclerotia of <i>R.solani</i> (苗立枯病菌の菌核)	1/18,000
V群	<i>Aspergillus</i> sp.	1/6,000
	<i>Mucor mucedo</i>	1/6,000
	<i>Penicillium expansum</i>	1/6,000
VI群	<i>Aspergillus niger</i>	1/2,000
	<i>Penicillium citromyces</i>	1/2,000
	Sclerotia of <i>S.sclerotiorum</i> (菌核病菌の菌核)	1/2,000
	<i>Chaetomium globosum</i>	1/2,000
	<i>Zygorhynchus moleri</i>	1/2,000

III. 土壌中における有効拡散範囲

土壌中におけるクロルピクリンの有効拡散範囲を知っていることは実際の防除に当たり非常に重要である。これを調査するために、対象病原菌を直接いろいろな深さに埋めて、その生死から有効拡散範囲を知る直接法、作物の種子や雑草根の生死からそれを判断する間接法が古くから考案されている。最近、化学分析技術の発達から、土壌の気相中のクロルピクリン量を測定し、その動態調査が行われるようになった。ここでは、主に渡辺(文)・松田が1961年以降、茨城農試において白絹病菌の菌核を供試してクロルピクリンの拡散条件を調査した結果を中心に各種条件と有効拡散範囲との関係を述べる。

1. クロルピクリンの濃度と拡散

第1、4図のように、クロルピクリンの濃度が高い製剤ほど、白絹病菌の死滅範囲は広がる。主成分が同一となるように注入しても、主成分が70%以下では有効拡散範囲は99%製剤より狭くなる傾向がある。しかし、80%製剤になると、いずれの場合でもほぼ同等の有効拡散範囲となる。これらの結果は土壌中のガス濃度を直接測定した玉

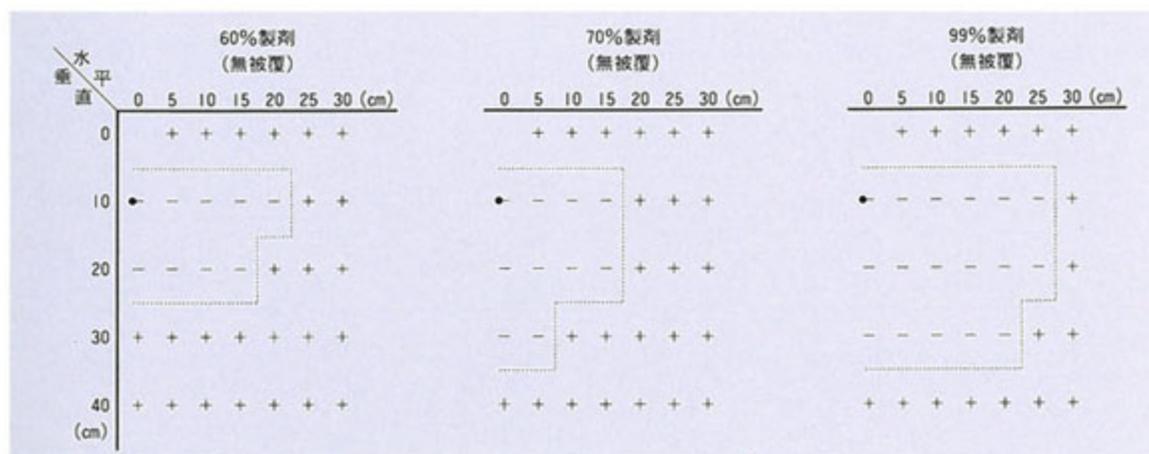
川ら(1979)の結果(第2図)とも一致し、実用的な製剤はクロルピクリンの濃度が少なくとも80%以上含まれるべきであろう。

クロルピクリンの土壌中の拡散は、注入点よりほぼ同心円状に徐々に広がる性質をもっているが、無被覆のときには、地表面より逃げる割合が大きい。したがって有効拡散範囲は下方のふくらんだいわゆる洋梨型となる。

2. 注入深と注入量との関係

表層の殺菌が不十分であるクロルピクリンの弱点は第3図のように注入深を浅くすることによりいくぶん取り除かれるが、30cm以上の深い層の殺菌は不十分となる。注入量を多くすると、有効拡散範囲は全体的に広がるが、水平方向よりもむしろ垂直方向とくに深層の殺菌範囲が拡大する。

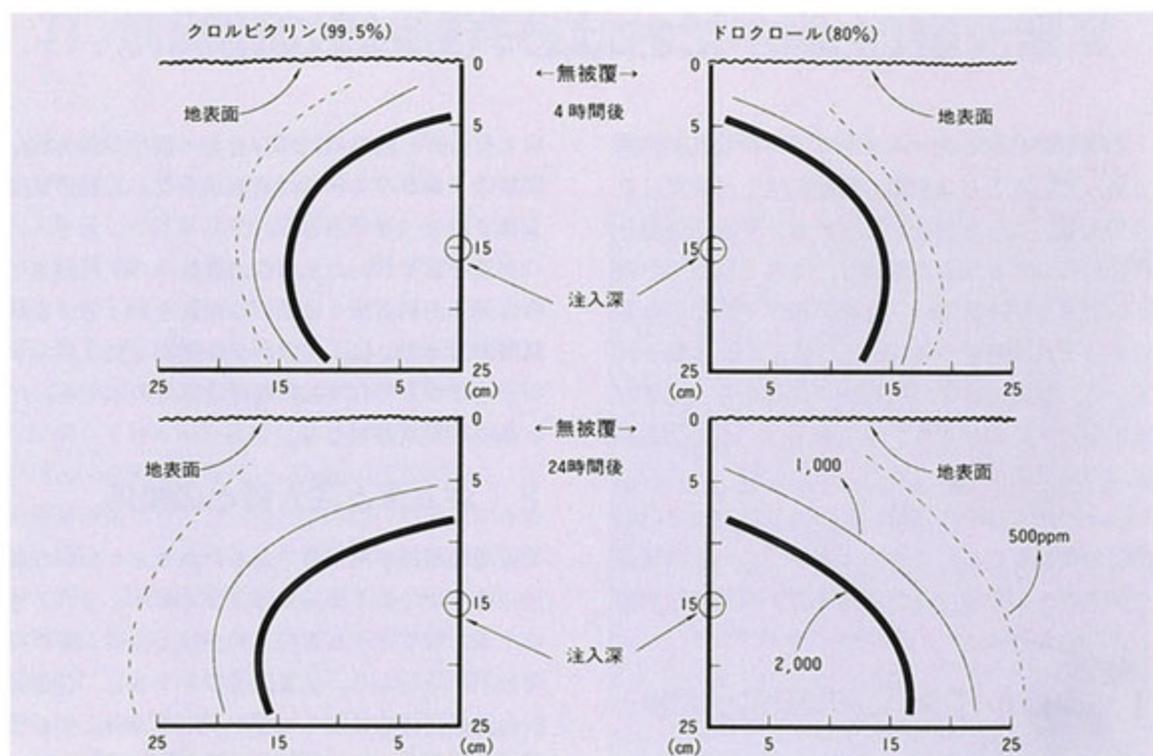
現場では、作業能率を考え、1点の注入量を5~6mlと多くし、注入間隔を60cmと広くする農家がある。注入量を2倍にしても水平方向の有効拡散範囲は2倍にはならず、殺菌不十分な部分が多くなり、結果的に失敗の土壌消毒となった例が散見される。



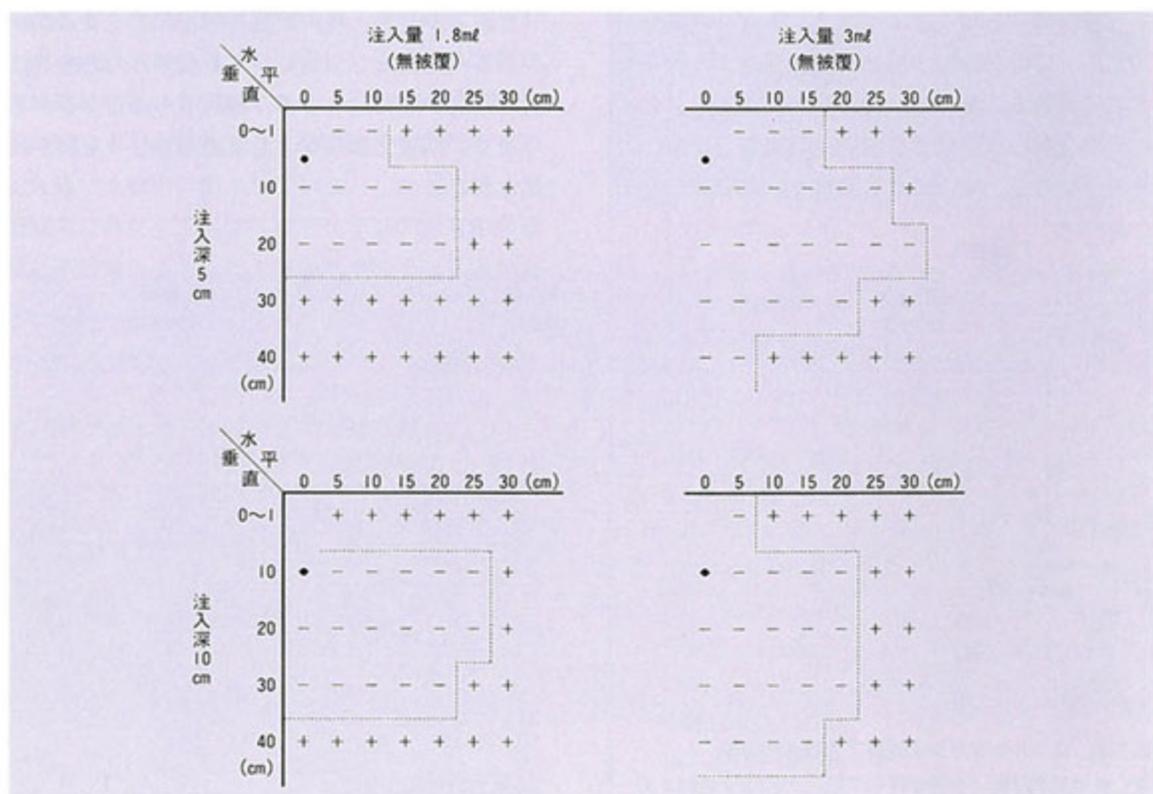
第1図 クロルピクリンの濃度と有効拡散範囲

注) ●対象病原菌：白絹病菌の菌核（1地点5菌核をガーゼにつつまし所定の位置に埋没）
●-：菌核すべて死滅、+：菌核一部あるいは全部生存、●注入深(10cm)
●注入量：1.8ml、処理期間：7日間、地温：31.2℃（深さ5cm）

III. 土壤中における有効拡散範囲



第2図 土壤中におけるクロルピクリンの拡散 (玉川ら 1979)

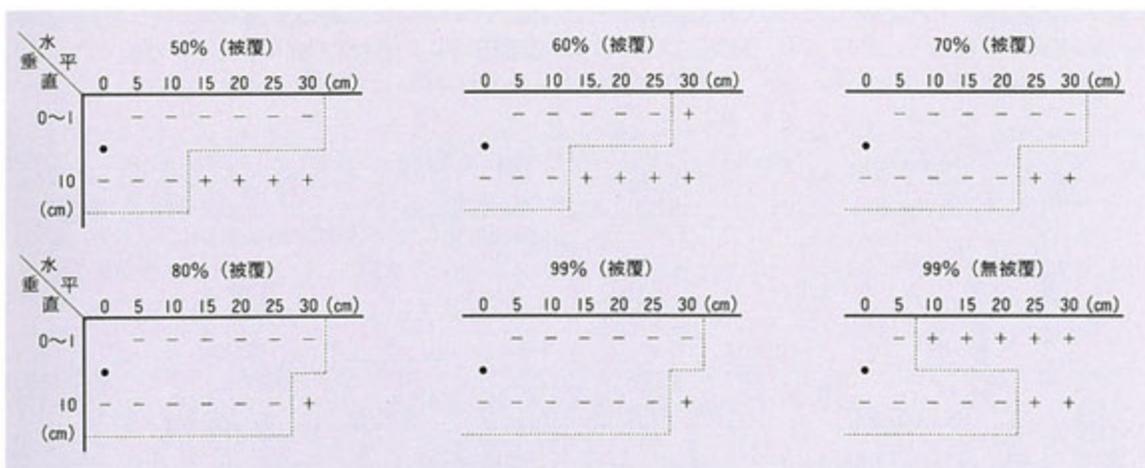


第3図 クロルピクリンの注入深、注入量と有効拡散範囲 (注) 第1図の注を参照。クロルピクリン99%以上製剤使用

3. ポリエチレンフィルムによる被覆の効果

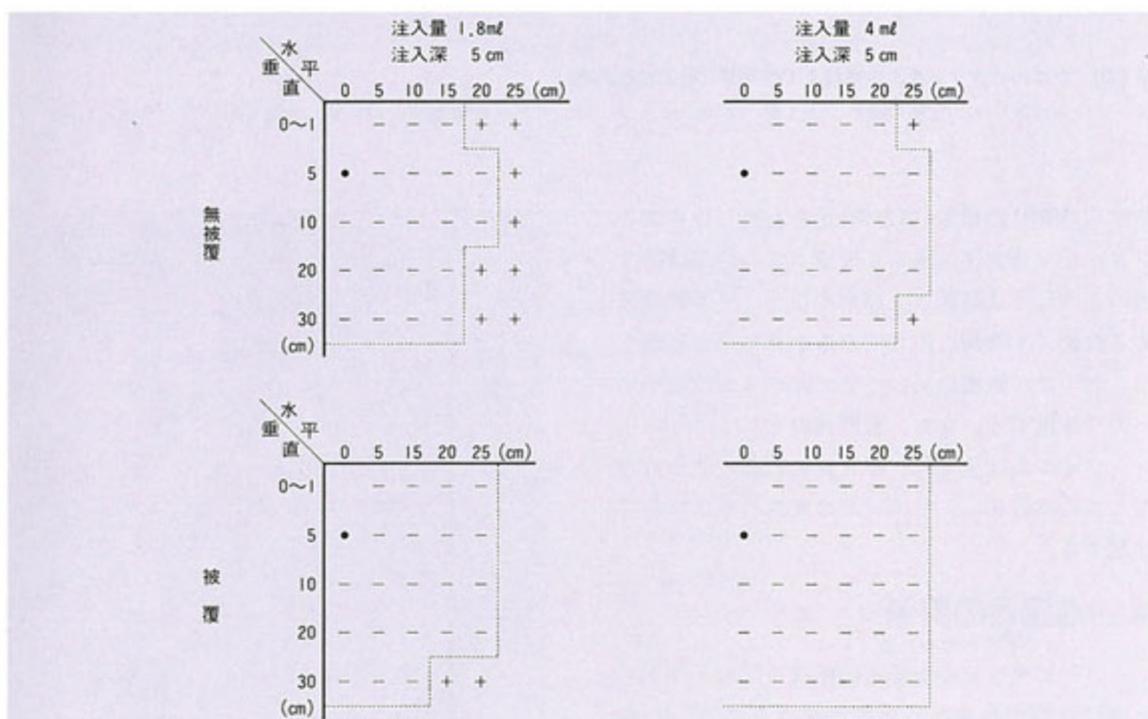
クロルピクリン注入後、地表面をポリエチレンフィルム（以下ポリと略す）で被覆しないと、表

層部の殺菌が不十分であることは前述のとおりであるが、ポリ被覆により、この弱点は第4、5図にみられるように取り除かれ、有効拡散範囲も全体的に拡大される。このようなポリ被覆の効果は土壌中のクロルピクリンの濃度を詳細に調査した



第4図 クロルピクリン製剤の有効成分量・ポリ被覆と有効拡散範囲

注) クロルピクリンの注入量：2 ml、注入深：5 cm、地温：5 cm→33.2°C、●：注入点



第5図 クロルピクリンの注入量・ポリ被覆と有効拡散範囲

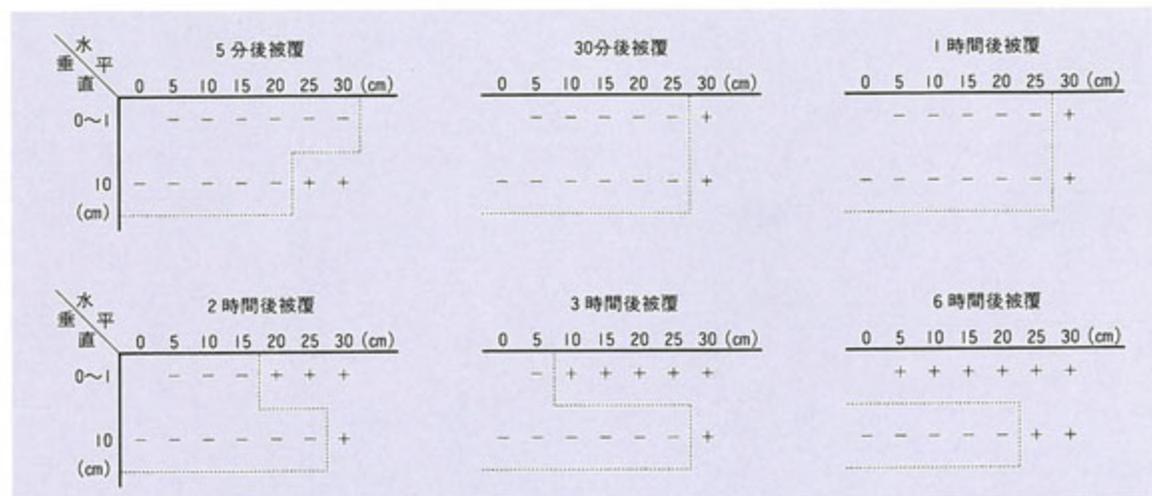
注) クロルピクリン99%以上製剤使用、処理時の地温：0 cm→29.0°C、10 cm→30.2°C、処理後地表面の被覆期間：ビニールで7日間、●：注入点

III. 土壌中における有効拡散範囲

第3表 被覆処理と土壌中での拡散 (清水ら 1983)

被覆 経過日数 深さ (cm)	有※					無				
	1	5	10	14	21	1	5	10	14	21
0	3.47	0.15	0.02	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
5	6.42	0.19	0.01	//	//	1.21	//	//	//	//
10	10.6	0.20	0.16	//	//	1.99	//	//	//	//
15	14.4	0.30	0.02	//	//	7.26	0.02	//	//	//

注) ※: 透明ポリフィルム、厚さ0.02mm、空気中のクロルピクリン濃度0.1mg/ℓと14ppmに相当。
6月下旬処理 間隔 30cm、深さ 20cm、注入量 3mlの前処理、注入後10日間の平均気温18.1°C。



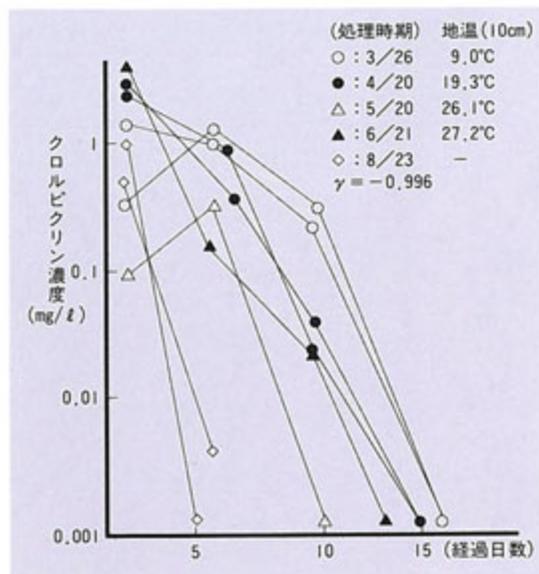
第6図 クロルピクリン注入後被覆までの時間と有効拡散範囲

注) クロルピクリン80%製剤使用、注入量: 2 ml、注入深: 10cm、ポリ被覆期間: 48時間、地温: 30.5°C (5 cm)

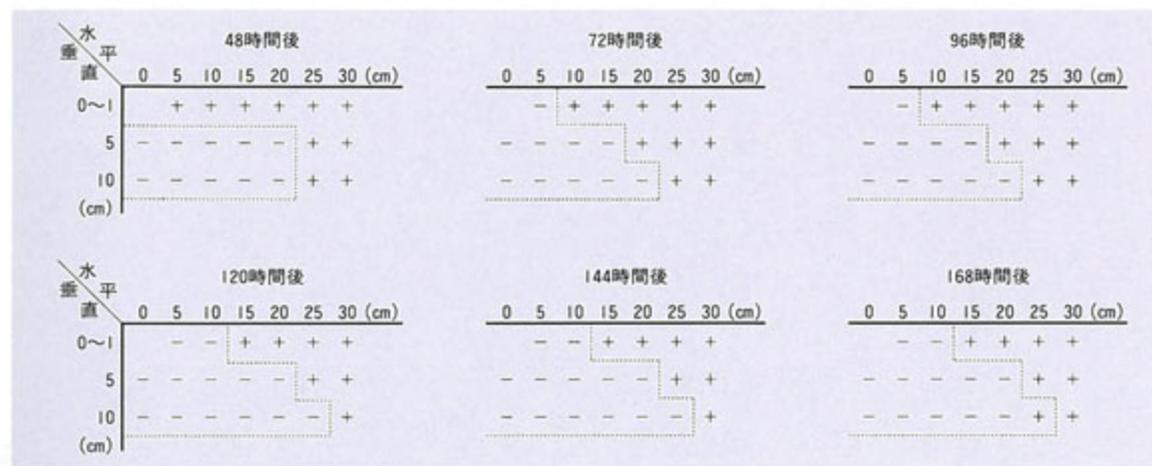
清水ら(1983)の報告(第3表)からも裏づけられる。クロルピクリン注入後ポリ被覆までの時間は第6図のように、2時間以上経過すると、その効果は劣るため、1時間以内とできるかぎり早く被覆する。とくに、気温の高いときにはガスの拡散が早いので注意する。なお、被覆資材としてポリエチレンフィルムはすぐれ、厚さは0.02mmの薄いものでもよい。しかし、ビニールは変質しやすいので注意する。

4. 地温との関係

クロルピクリンの土壌内の拡散を開放条件下で土壌に残留する量から温度の影響を調査した多川・都丸(1969)、玉川ら(1984)によると、注入1時間後からその差は現われ、高温ほど土壌内への拡散および大気中への拡散は早く、量的にも多く、

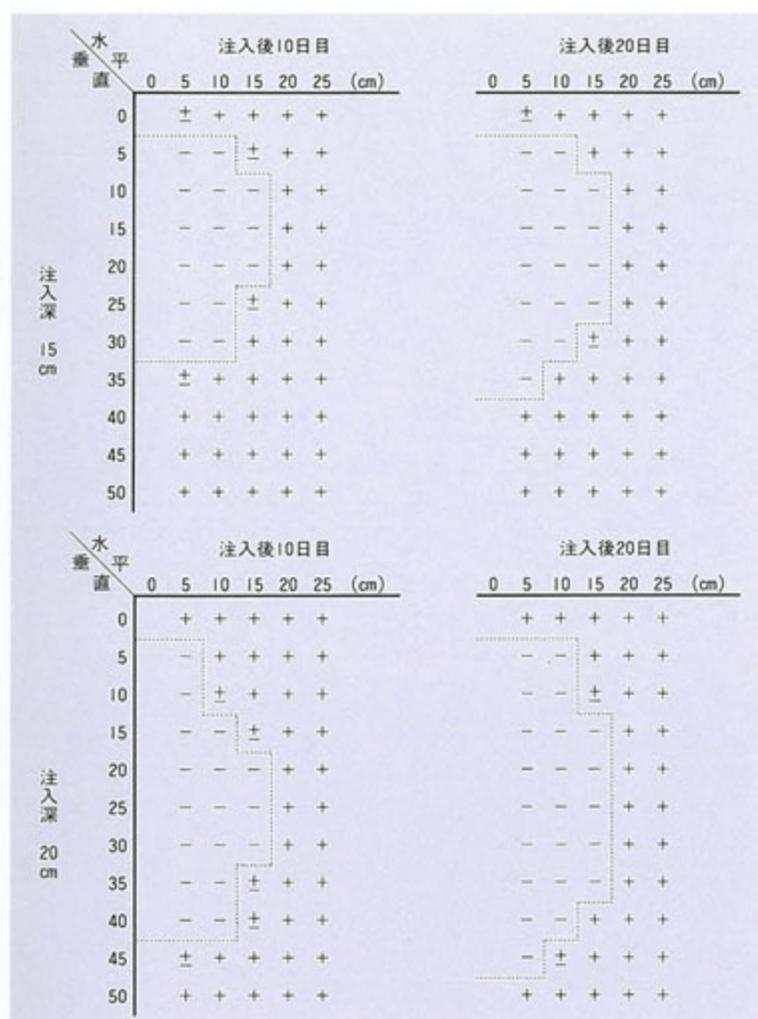


第7図 マルチ土壌面(0 cm)におけるクロルピクリンの時期別拡散状況(清水ら 1984)



第8図 クロルピクリン注入後の経過時間と有効拡散範囲

注) クロルピクリン80%製剤使用、注入量：2 ml、注入深：5 cm、注入時地温：10cm→18°C、注入後の地表面被覆なし



注) クロルピクリン80%製剤使用、
注入後の地表面被覆なし
処理期間の地温

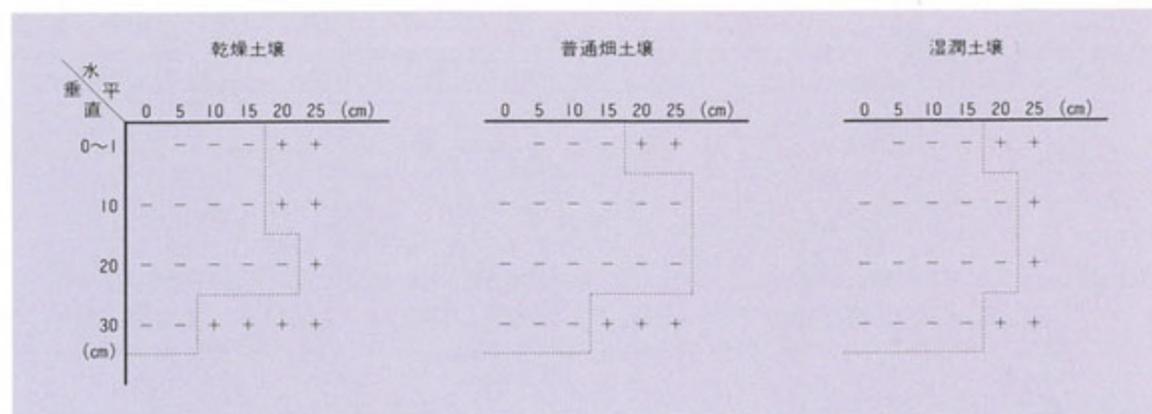
5 cm：平均7.5°C (0.5~15°C)

15 cm：平均7°C (3.5~10°C)

土壌硬度：山中式12.9

第9図 低温時における *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum* に対するクロルピクリンの有効拡散範囲

III. 土壌中における有効拡散範囲



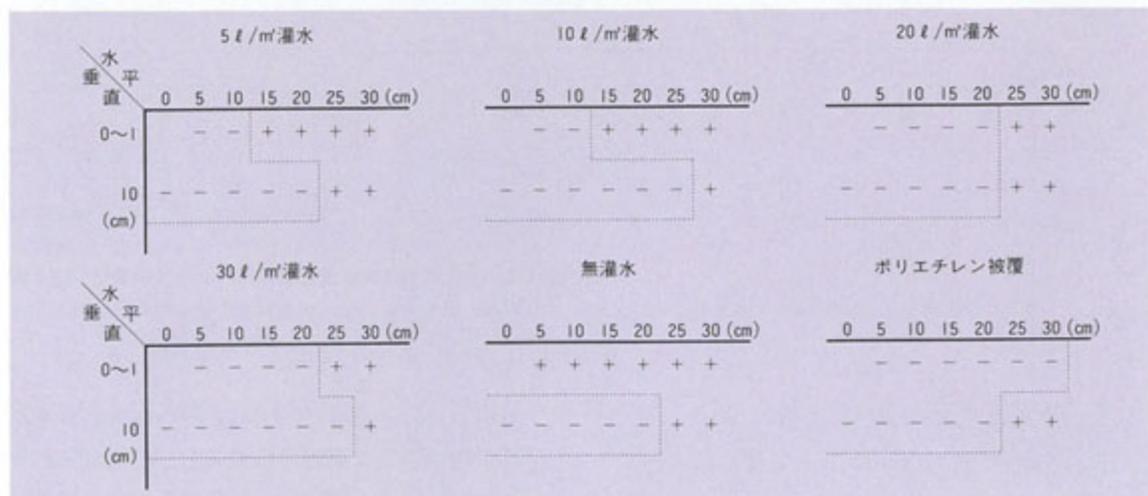
第10図 土壌の乾湿と有効拡散範囲

注) クロルビクリン99%以上製剤使用、注入量：1.8ml、注入深：5 cm

処理時の地温：0 cm→32.5°C、10cm→31.8°C

処理後地表面無被覆

乾燥土：風乾状態、普通畑土：2 ℓ/m²灌水、湿潤土壌：7.2 ℓ/m²灌水



第11図 クロルビクリン注入後灌水の効果

注) クロルビクリン80%製剤使用、注入量：2 ml、注入深：10cm、処理時の地温：5 cm→32.6°C

結果的に土壌残留量は少なくなる。注入40日後の残留量は容水量60%の土壌水分のとき、10°C：0.1%、20°C：0.045%、30°C：0.02%となる(多川・都丸 1969)。さらに、注入時期を変えてポリ被覆下のクロルビクリンの濃度を追跡した結果をみると、土壌中への拡散および大気中への揮散は地温が高いほど早く、とくに地表面の濃度が種子の発芽とその後の生育に支障をひきおこさない0.1mg/ℓ以下になる日数は第7図のように、地温9～

27°Cの範囲ではほぼ15日間とみなされる(清水ら 1983)。

次に、クロルビクリン注入後土中に埋没された病原菌の死滅範囲の時間的变化をみると、第8図のように注入時地温18°Cのとき、有効拡散範囲は5～6日で最高になったが、地温7°Cと低くなると、最高の有効拡散範囲になる日は注入後10日以降とおくれる(第9図)。したがって、低温時には、ポリ被覆の期間は10～15日以上と長くする必要が

ある。

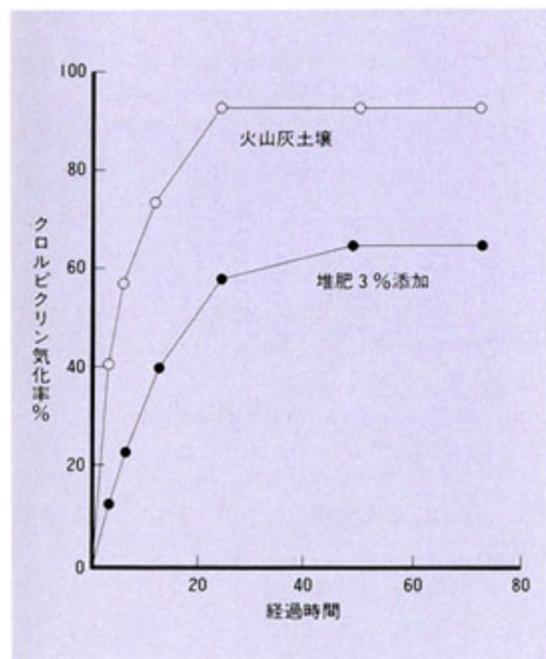
5. 土壌水分との関係

第10図のように、風乾状態の土壌より普通畑以上の土壌水分のとき、クロルピクリンの有効拡散範囲は広がる。また、注入直後の灌水量は多いほど、地表面の殺菌範囲が拡大する。しかし20~30 ℓ/m^2 と多量に灌水してもポリ被覆より劣る傾向がある(第11図)。

多川・都丸(1969)、玉川ら(1984)によると、クロルピクリンは過乾のときには土壌粒子による吸着、過湿のときには、水への溶解量の増加と水による土壌孔隙の減少により揮散を阻害され、土壌残留が普通畑の水分のときより多くなるとした。一方、牧野ら(1986)はビニールフィルム被覆条件下の場合、壤土および砂壤土におけるクロルピクリンの拡散は乾燥条件の方が多湿条件より良好で、イチゴ萎黄病の防除効果も高いが、砂土では逆になることを指摘している。

6. 堆肥との関係

堆肥へのクロルピクリンの吸着は少ないとする

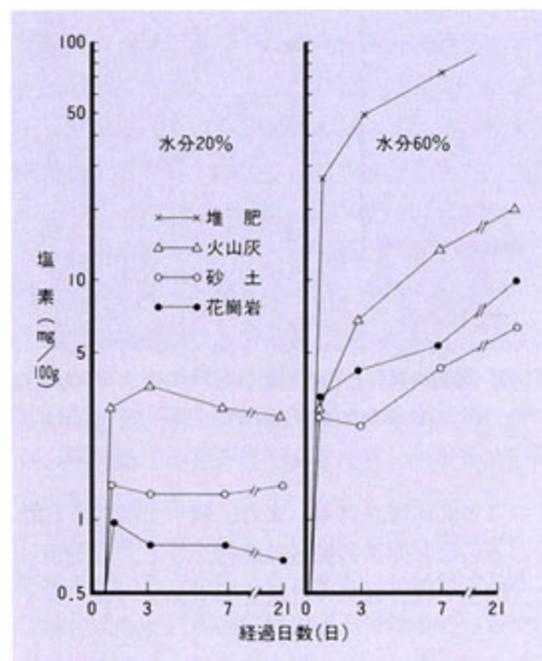


第12図 クロルピクリンの酸化に及ぼす堆肥の影響

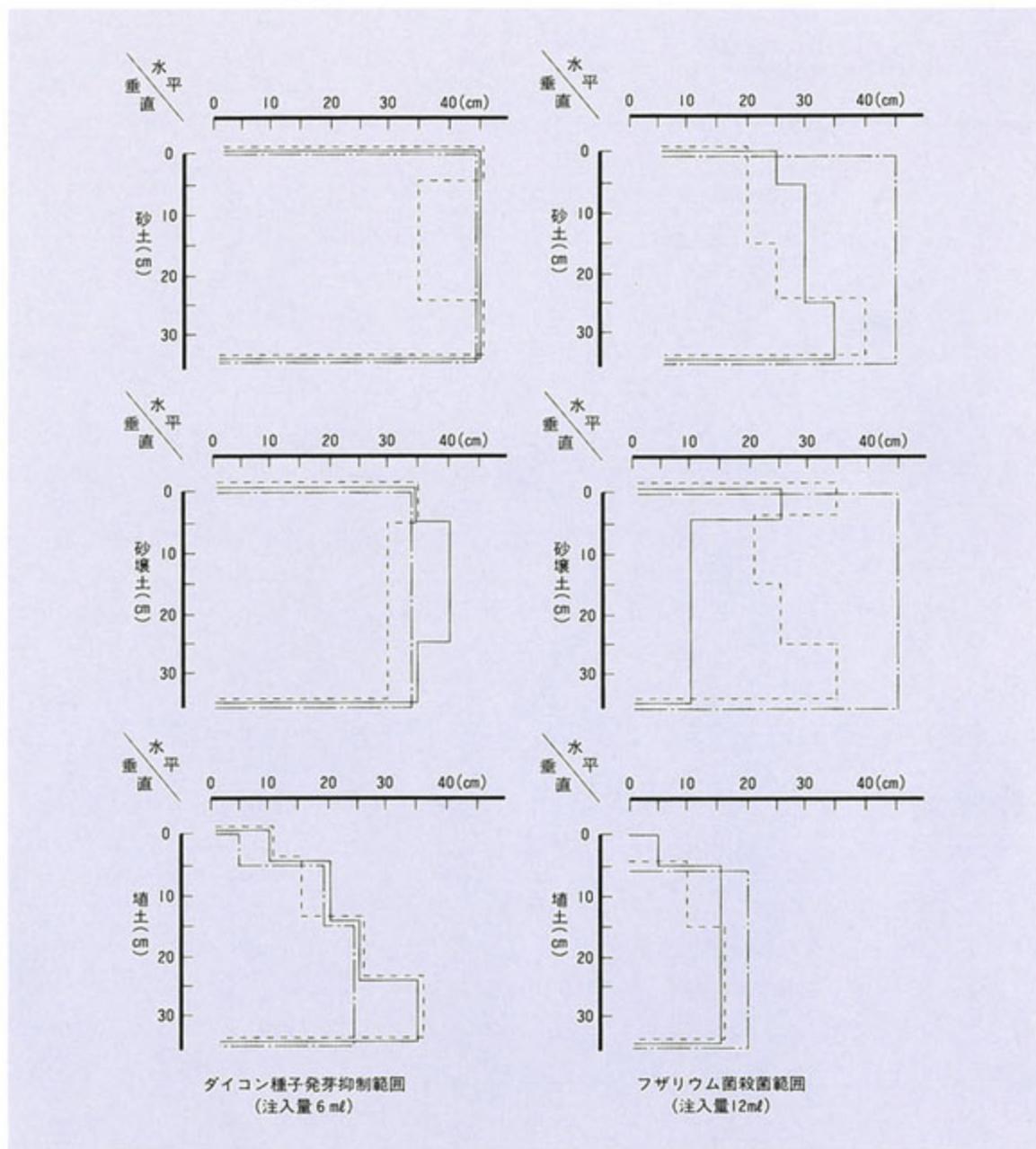
報告もあるが、多川(1971)によると、堆肥を土壌に3%加えると、クロルピクリンは第12図のように約3割吸収され、揮散量が少なくなる。クロルピクリンは土壌中で微生物および非微生物的作用により分解し、土壌中の水溶性塩素を多くする。第13図はこの水溶性塩素を測定した結果である。堆肥は土壌のクロルピクリン分解能をきわめて強くし、土壌消毒の効果を減退することを示唆している。この分解能は火山灰土>花崗岩土>砂土の順に強く、水分の多い土壌および高温ほど強い傾向である(多川 1971、玉川ら 1985)。

7. 土性との関係

従来から、埴土ではクロルピクリンの防除効果が劣り、粘土含量の多い土壌ほど、粘土によるクロルピクリンの吸着量が多く、土壌残留量も多くなることが指摘されている(Stark 1948、多川・都丸 1969、玉川ら 1983)。ダイコンの種子およびフザリウム菌を土中に埋没し、その死滅範囲を調査した加々美(1984)によると、第14図のように、クロルピクリンの有効拡散範囲は粘土含量の多い埴土ではきわめて狭く、地温より土性による差の大



第13図 クロルピクリン処理後土壌における水溶性塩素の消長



第14図 地温の差異と各種土壌でのクロルピクリンガス拡散

————— 1月29日処理(地温: 4.8°C) - - - - - 3月30日処理(地温: 14.2°C) ———— 6月2日処理(地温: 27.5°C)

きいことも示唆される。また、同一土壌でも孔隙量が多いほどガスの拡散は良好となる。したがって、埴土では、ガスが拡散しやすいように、よく

耕起・碎土した後クロルピクリンを注入する必要がある。

IV. 土壤微生物相、植生への影響

1. 一般微生物の変動

クロルピクリンは微生物の呼吸を阻害し、抗菌スペクトルの幅は広く、その致死濃度も低く、土壤に生息する生物全体に大きな影響を与える。したがって本剤処理直後の土壤では微生物相はきわめて貧弱になる。このような打撃は本剤の施用時期と量、施用回数ならびに土壤の種類により異なるが、一般に、放線菌およびカビの相が細菌より

第4表 クロルピクリン処理土壤におけるフザリウム菌厚膜胞子の発芽

クロルピクリン施用法			注入点からの採土位置		処理後日数	
注入量	注入深	ポリ被覆	水平	垂直	10日目	20日目
2 ml	10cm	-	0 cm	5~10cm	66.7%	9.0%
2	10	-	15	5~10	50.5	2.0
2	10	+	0	5~10	54.2	6.5
2	10	+	15	5~10	27.5	11.0
無処理				5~10	5.0	2.8

第5表 ジャガイモそうか病の種いも伝染に及ぼす土壤消毒および種いも消毒の影響(田代・松尾 1986)

土壤消毒	種いもの病斑面積率	種いも消毒*	発病塊茎率	発病度
無消毒	50%	有	7%	3
		無	52	21
	5	有	1	1
クロルピクリン(30ℓ/10a)	0	有	5	2
		無	11	4
	50	有	95	69
		無	99	79
クロルピクリン(30ℓ/10a)	5	有	42	19
		無	94	63
	0	有	30	13
		無	81	49

注) 供試圃場の土壤pH: 6.0、*: 銅剤100倍液瞬間処理

も強い影響をうけ、とくに放線菌は30~50日以上経過しても数的に無消毒の1/2以下である場合が多い。細菌では10~20日の短期間に無消毒の水準に復活し、以後それを上回る増加となり、全細菌中グラム陰性菌の割合が多くなる。このような微生物の復活は高温ほど早く、土壤消毒を重ねることによりおくれる。

また、カビの中にも、クロルピクリンに耐性のベニシリウム菌やトリコデルマ菌があり、前者は処理7日後でも検出され、後者は2~3週間目から優先的に多数検出される。トリコデルマ菌の間にはリゾクトニア菌、白絹病菌、白紋羽病菌などに拮抗作用があることから注目されている。いずれにしろ、微生物は数的には比較的早い時期に復活するが、微生物相の単純化は長期にわたるようである。

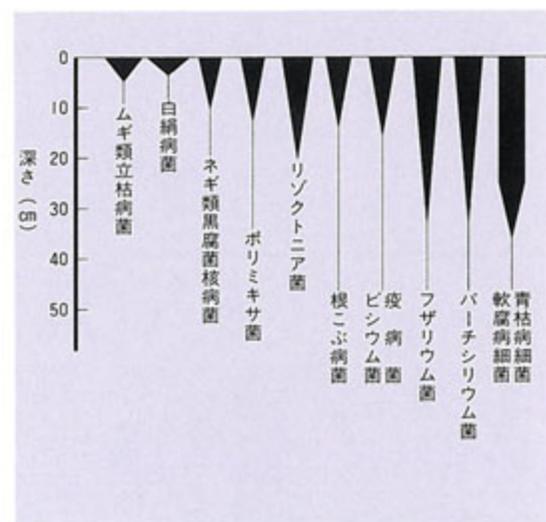
2. 土壤静菌作用の変動

自然土には、カビの胞子の発芽や菌糸の伸長を抑制する性質がある。この現象を土壤静菌作用と呼んでいる。また、この力の強弱は作物の病害発生ともからんでいる。クロルピクリンによる土壤消毒はこの性質を破壊してしまう。第4表のように、トマト萎ちょう病菌(*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*)の厚膜胞子は自然土では静菌作用によりほとんど発芽できないが、クロルピクリン処理土壤では、その発芽が非常に良好となる。すなわち、土壤静菌作用が低下していることになる。しかし、微生物が復活してくる処理20日後には、厚膜胞子の発芽は不良となり、土壤静菌作用も回復してくる。

第5表はクロルピクリン処理土壤へジャガイモを植えて、そうか病発生を調査した結果である。これによると、本剤処理土壤へ保菌している種いもを植えると、無消毒土壤よりもそうか病がはげしく発生することを示している。このような現象はコンニャク乾腐病、キュウリつる割病(第6表参

第6表 クロルピクリン処理土壌への病原菌再汚染によるキュウリつる割病発生率(茨城農試 1975)

処 理	つる割病発生率		収 量 (10a当たり)
	枯 死	軽 症	
クロルピクリン処理	58%	42%	4.0t
無処理	43	57	5.6t



第15図 畑での土壌伝染性病原菌の垂直分布(模式図)

注) 黒色部分が広いほど高密度で作物に病気を起こしやすい。

照)、トマト萎ちょう病や褐色根腐病など多くの作物で認められている。すなわち、本剤による消毒畑へ種苗、堆肥または農機具などで病原菌を持ち込むと、病害多発のしっぺ返しをうけることを示唆している。

3. 病原菌の復活

この問題は畑における病原菌の垂直分布(第15図)、病原菌自体の行動力(第16図参照)ならびに病原菌の増殖と移動を助長する条件など病原菌の生理・生態的性質を総合的に考慮する必要があり、病原菌の種類により特異性がある。ここでは、次の病害についてその復活の仕組みを述べる。

1) ハクサイ軟腐病の場合

本病原細菌は第15図のように、非常に深い層まで分布し、クロルピクリンの土壌消毒で防除しに

くい病害の仲間である。そして、土壌中では、ガスが浸透しにくい団粒構造の内部に生息し、雑草を含めた多くの植物根圏で顕著に増殖し、生存する性質がある。

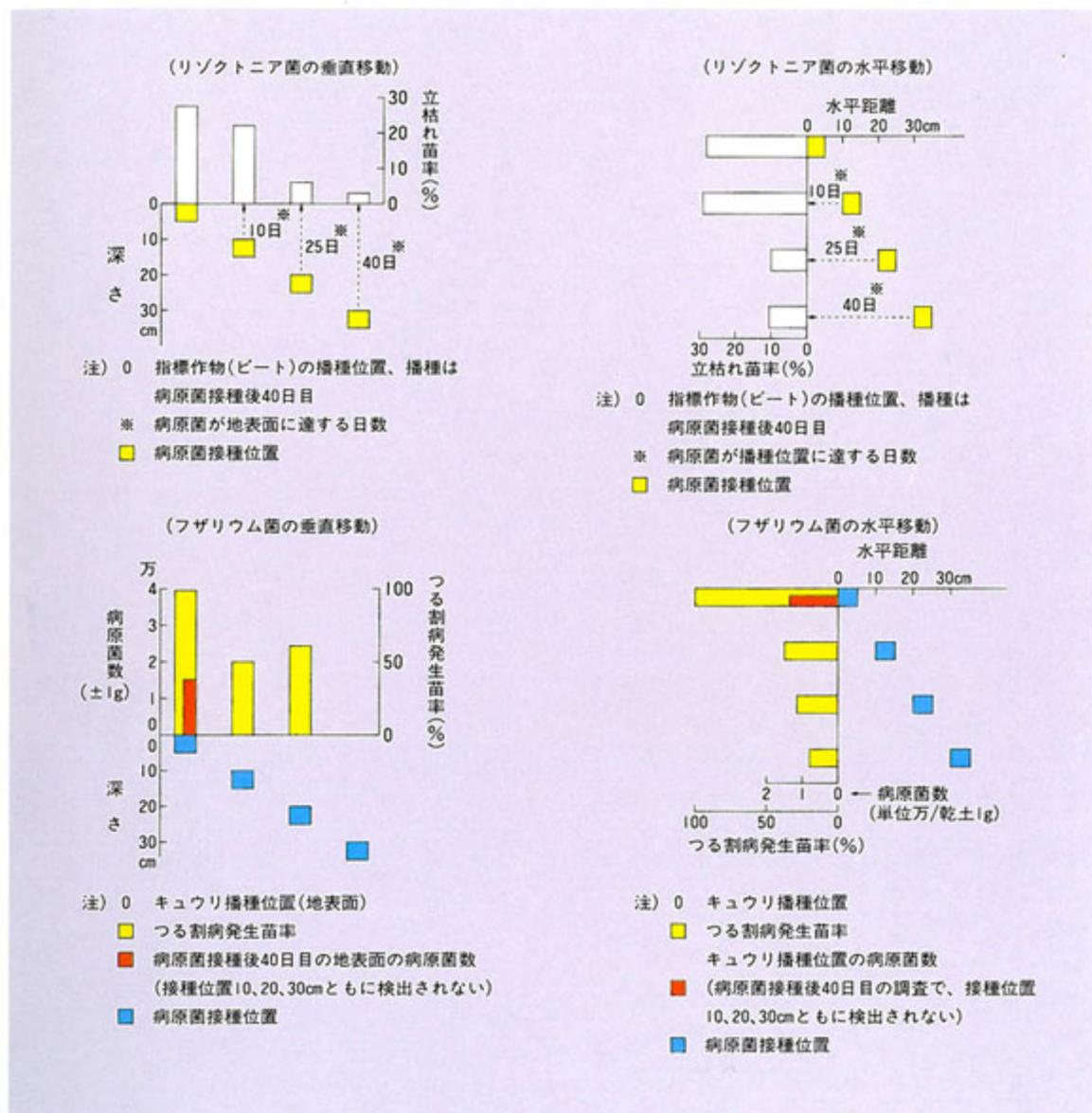
実用的なクロルピクリンの使用量では、25~30 cm以下の深層の殺菌はどうしても不十分となる。作物が栽培され、根がこの部分に到達すると、病原細菌は根からの分泌物に刺激され、根を媒体に増殖しながら上昇し、土壌静菌作用の低下も加わり、やがて地際部に到達し、発病を起こす。したがって、病徴出現は無消毒よりおくれ、生育の後半に激しくなる。このほか、雨水、風または耕起などで無消毒部分から病原菌が入りこみ、再汚染することも、しばしばみられている。とくに、細菌は雨水による移動範囲が広いので注意を要する。

なお、ナス科作物の青枯病やカーネーション萎ちょう細菌病もほぼ同じような復活経路をたどるが、これら細菌は根に侵入し、導管内にて増殖し、水とともに地上部に転流し、発病を激しくするので、クロルピクリン処理による防除効果が現れにくい病害となっている。

2) リゾクトニア菌およびフザリウム菌の場合

畑におけるリゾクトニア菌の垂直分布は非常に浅く、浅層で発病に関与するカビの仲間(第15図参照)で、クロルピクリンにより防除されやすい病害である。しかし、自力による土壌中の行動範囲は広く、土壌中の有機物を栄養源として1日に1~2 cm移動する力をもっている(第16図参照)。したがって、ポリ被覆を行わないクロルピクリンの土壌消毒では、土壌中に生き残るリゾクトニア菌は多くなると同時に土壌静菌作用の低下に助けられ、生き残ったリゾクトニア菌は土壌中の有機物から栄養をとり、いちじるしく増殖し、第17図のように無処理より苗立枯病が多くなる。現場では、このような例を往々見ることがある。ポリ被覆の重要性が示唆される。

一方、フザリウム菌は第15図のように、深層まで分布し、発病に関与し、クロルピクリンが効きにくい病害の仲間である。本菌はリゾクトニア菌と異なり分生胞子や菌糸のままで長期間土壌中で生存することはできず、数日のうちに、それぞれ

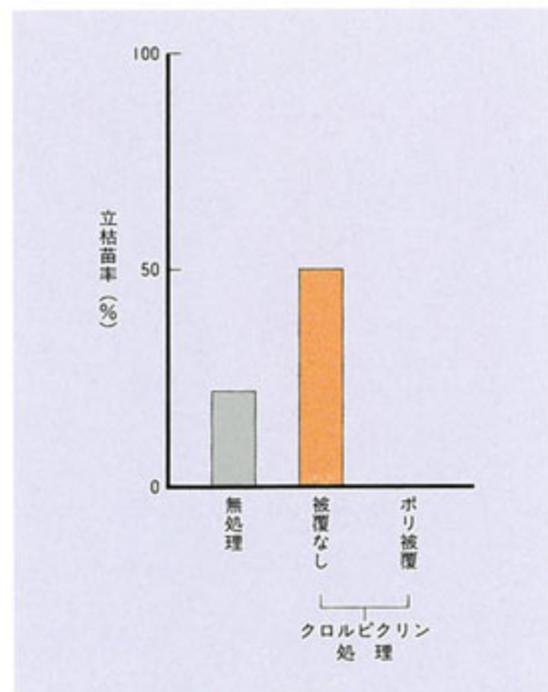


第16図 土壌中の病原菌の行動範囲(茨城農試 1964)

厚膜胞子を形成して他の部分は溶解して静止状態となる。この数日間の菌糸の伸長量は0.5~1mmと非常に短い。すなわち、自力による行動範囲は狭いとみなされる。しかし、根からの分泌物の刺激をうけると、嫌気条件下の深層でもこの厚膜胞子は容易に発芽し、根に感染し、導管内で増殖して水とともに地上部に転流し、発病を激しくする性質がある(第16図参照)。したがって、前記の細菌病と同じように、未消毒部分に作物根が伸長し、その根の刺激をうけて病原菌は増殖、感染そして

発病という経路をたどりながら復活すると考えられる(第6表参照)。このほか、トマト根腐萎ちょう病では、空気伝染により、ホウレンソウ萎ちょう病およびキュウリつる割病では表層部から復活することも指摘されている。

以上のように、病原菌はそれぞれ特有の生理・生態的性質と作物根とのかかわりをもっている。そして、自然土の静菌作用をこわす土壌消毒の負の作用、雨や風の働きなどを総合的に考慮して初めて病原菌の復活現象は理解されるであろう。



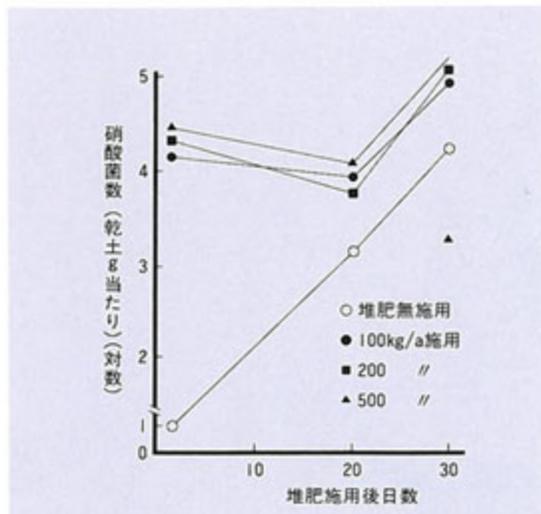
第17図 クロルビクリン消毒土壌におけるリゾクトニア菌の復活によるビート苗立枯病の多発性
(茨城農試 1956)

4. 植生への影響

1) 窒素代謝にかかわる微生物への影響

クロルビクリンは土壌中でアンモニア態窒素を硝酸態窒素に変化させる硝酸化成菌を死滅させる力が強く、本菌が復活するまでに長時間かかることが認められている。春処理では土壌の種類により異なるが、火山灰土で60~80日、秋処理では約180日間の長期にわたり硝酸化成菌の復活が阻害される(多川・都丸 1969)。最近、マルチ畦内クロルビクリン処理が行なわれるが、この場合でも、硝酸化成菌の死滅がおり、埴土、砂壤土では約30日間で無処理水準まで復活するが、砂土では92日後でも数%しか回復しない(加々美 1984)。

一方、土壌中にはアンモニアを生成する有孢子細菌が生息している。このアンモニア化成菌はクロルビクリンに耐性であり、本剤による土壌消毒でその減少は軽く、アンモニアの生成は中断されずに数週間以上続く。このアンモニアの生成量は有機物の多い土壌ほど多く集積される(第7表参



第18図 クロルビクリン消毒土壌への堆肥施用による硝酸菌の復活
(武井 1986)

第7表 土壌中の $\text{NH}_3\text{-N}$ 化に対するクロルビクリンの影響
(日高 1963)

区 別	処理後日数			
	当日	5日	10日	17日
1. 無処理	6.70mg	4.17mg	3.48mg	1.74mg
2. クロルビクリン	6.70	12.51	14.30	14.95
3. 蒸気消毒	6.62	6.26	6.43	9.21
4. 蒸気消毒+クロルビクリン	6.62	6.26	4.34	5.39

注) 数値はフラスコ1個(土壌20g+堆肥20g含む)当たりに含まれる $\text{NH}_3\text{-N}$ のmgである。

第8表 消毒土壌から流失した $\text{NH}_3\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の量

区 別	流出液量*	流出液100ml中の	
		$\text{NH}_3\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$
1. 無処理	7,075ml	3mg	60mg
2. クロルビクリン	7,477	11	2
3. 蒸気消毒	5,887	11	4

注) 1. 本表は日高(1963)の論文から抜粋、作表した。
2. ※: 薬剤注入後14日、15日、19日および20日目に降雨があり、その間にポットの底から流出した溶液の合計

照)。この生成されたアンモニア態窒素および施肥したアンモニア態窒素は硝酸化成菌の死滅により硝酸態に変化しない。このアンモニア態窒素は正(+)に荷電しているため、粘土粒子に吸着される。したがって、雨水による窒素の流亡が少なくなる(第8表参照)。クロルビクリンによる土壌消毒で窒素の肥効が増大するのは、上記の現象によると

考えられている。

なお、硝酸化成菌の復活には、熟成堆肥を1～5 t/10a施用することにより速やかに回復し、0.5 t/10aの施用でも1～2週間後に硝酸化成菌は 10^4 水準まで回復することが認められている(第18図)。この硝化能の回復は熟成堆肥のほか牛ふん堆肥、おがくず混合豚糞堆肥、微生物活性バーク堆肥でも生ずるが、生糞わら、ピートモスではその効果を認めない。

5. 養分吸収への影響

前記のように、クロルピクリン処理は土壌中の窒素成分の富化により作物の養分吸収に作用する

第9表 トマト葉の無機成分の含量に及ぼす土壌消毒の影響

処理区	窒素	リン	カリ	石灰	苦土	マンガン	亜鉛
	%	%	%	%	%	ppm	ppm
無消毒	(4.40)	(0.94)	(4.27)	(4.94)	(1.75)	(116)	(63)
蒸気消毒	117	112	118	62	65	321	152
クロルピクリン消毒	109	105	108	74	79	127	141
メチルブロマイド消毒	116	107	122	63	67	146	140
D-D消毒	114	104	112	65	67	187	162

注)対象作物: トマト、資料: 愛知総農試成績(武井 1986)より抜粋 数値: 無消毒区は実数、各消毒区は無消毒区を100として表示

ため、植生は影響を受ける。武井(1986)によると、第9表のように、クロルピクリンなどの土壌くん蒸剤で消毒すると、トマト、キュウリの葉中の窒素、リン酸、カリ、亜鉛、マンガンの濃度は無処理より高くなるが、石灰と苦土は減少する。これは硝酸化成菌のいちじるしい減少により土壌溶解中の硝酸イオンがいちじるしく減少して、石灰イオンや苦土イオンの溶出量が少なくなり、作物体への吸収が低下されると推察されている。この結果、初期生育は一時的に抑制され、尻腐れ果、苦土欠乏を増加させ、果実の品質低下をおこすことが指摘された。

この対策として基肥に硝酸態窒素30～50%の添加または土壌消毒後に熟成堆肥50～500kg/aの施用が有効である(第10表参照)。このような現象は露地野菜(スイカ、ダイコン、レタス、プリンスメロン)でも認められ、基肥には硝酸態窒素をマルチ栽培では30%、無マルチでは20%混合し、その施用量の20～50%減とする。なお、追肥等を含め総量で無消毒の10～40%減とすることを武井(1986)は指摘している。しかし、サツマイモのマルチ畦内クロピク消毒法の場合には、窒素施肥基準である3 kg/10aまでの施用量ではつるほけの心配はなく、正常に生育することが報告されている(千葉ら 1983)。

第10表 土壌消毒後の熟成堆肥施用がトマトの生育、収量および養分吸収に及ぼす影響

処理区	草丈	葉径	果実重 (10株当たり)	窒素	リン	カリ	亜鉛	苦土
	cm	cm	kg	%	%	%	%	%
1. 無消毒	150	12.6	37.8	(4.80)	(1.08)	(5.86)	(6.02)	(2.05)
2. 無消毒 + 堆肥	159	12.7	39.3	(4.76)	(1.13)	(6.01)	(6.13)	(2.08)
3. クロルピクリン消毒	159	12.7	39.3	112	106	120	68	70
4. クロルピクリン消毒 + 堆肥	165	14.0	41.1	106	108	116	87	84

注) 対象作物: トマト、堆肥: 50kg/a、資料: 愛知総農試成績(武井 1986)より抜粋

V. クロルピクリンの効果的な使用法

1. 効果的な土壌条件づくり

土壌における有効拡散範囲を左右する各種条件ならびに土壌微生物相や植生への影響を理解しながら、消毒しようとする畑の実態(土性・土質、病害の種類と発病程度など)を十分に把握し、土壌条件の改善に取り組むことが必要である。

1) 土性

粘土含量の多い埴土、硬度が高く、孔隙量の少ない畑では、ガスの拡散が妨げられて防除効果が劣るので、十分に耕起、砕土してガスが拡散しやすいようにする(第11表)。砂質土では、ガスの揮

第11表 土壌硬度とクロルピクリンのキュウリつる割病防除効果

区 別	調査株数	発病株率
1. しまった土、2m ² /30cm平方、ポリ被覆	27	15%
2. 膨軟な土、2m ² /30cm平方、ポリ被覆	29	3
3. しまった土、6m ² /30cm平方、無被覆	24	67
4. 膨軟な土、6m ² /30cm平方、無被覆	32	47
5. しまった土、無処理	23	91
6. 膨軟な土、無処理	25	84

注) しまった土：山中式硬度計で16mm、膨軟な土：山中式硬度計で0mm、試験期間：昭和38年4月～5月

第12表 クロルピクリンの処理時期とゴボウヤケ症防除効果 (茨城農試 1971)

時期	クロルピクリン		デクソン PCNB 混合粉剤 kg/10a	発病程度(%)		収量(kg/10a)		
	施用 量	注入 深		健 く 微	中 重	販売 可能	販売 不能	
1. 秋	2	15	20	51	49	1	1,706	241
2. 秋	2	25	20	52	44	5	2,192	305
3. 春	2	15	20	68	28	5	2,469	278
4. 春	2	25	20	54	38	9	2,727	265
5. 無施用			0	1	22	77	558	1,045

散が大であるからポリ被覆が必要であり、有機物の多い土壌では効果が低下するので、堆肥などは注入後に施用する。

2) 地温、注入時期

凍結層がなくて5℃以上の地温であれば、使用可能である。積雪地帯において根雪前(12月上～中旬)および融雪後(3月末)には低温(3.0～5.0℃)と高い土壌水分条件が重なってクロルピクリンの防除効果が低下するので、地温が上昇し、適正水分になってから土壌消毒を行う(三浦ら 1967)。

一般に、秋処理、春処理いずれも防除効果は高いが、ゴボウヤケ症の試験例をみると、第12表のように、春処理が秋処理より発病を軽微にし、増収している。これは秋処理の場合、種まきまたは苗定植までの期間が春処理より長くて、風雨により病原菌が再汚染する機会が多いのと、同時に自力による病原菌の復活も多く、さらに硝酸化成菌も復活し、肥効を高める力が弱くなるためと推察される。したがって、作付体系、作業手順などを考慮しつつ、クロルピクリン処理から作付けまでの期間は、可能な限り短くするのが得策である。

3) 土壌水分

過乾、過湿はガスの有効拡散範囲を狭くすることは前記した通りで、適湿な畑地状態すなわち土を握ってはなしたとき、亀裂がわずかに生ずる程度の湿度が適正である。クロルピクリンは水にわずかに溶ける性質があり、地下水が高い畑や黒ボクでは沖積砂壤土に比べて保水量が高く、深層におけるガス揮散が悪く、深根性のゴボウではしばしば葉害をうける場合がある。黒ボクにおける3月から4月上旬処理では、注入後約40日間放置し、ゴボウを播種する。沖積砂壤土では、20～30日の放置期間でよい。

4) 注入深、注入量

注入深は畑における病原菌の垂直分布と生態的性質ならびに作物の根群分布の特性により異なる。連作は病原菌の垂直分布を深くし、ゴボウのよう

第13表 サイロンの表層・深層二段処理による土壌病害虫の防除効果 (植松 1986)

区 No.	サイロン処理法					メロン黒点根腐病 (根の褐色率)	トマト褐色根腐病 (根の褐色率)	トマトネコブセンチュウ (着生指数)
	注入深		注入量					
	15cm	40cm	20ℓ	40ℓ	60ℓ			
1.	○	○		○		1.8%	33.2%	6.3
2.	○	○	○	○		3.5	36.0	2.5
3.	○				○	30.0	42.3	27.0
4.	○			○		32.5	59.9	60.0

注) No.1: 注入深15cm、40cmに40ℓ/10aずつ注入、No.2: 注入深15cmに40ℓ/10a、40cmに20ℓ/10a注入

な深根性作物では、注入深を15cmより25cmと深くした方がゴボウヤケ症等を軽減し、増収する(第12表参照)。また、連作でトレンチャー深耕を行った施設のトマト栽培では、病原菌が深層(60~80cm)まで高い密度で分布するので、20cmと40cmの深層二段注入が必要となる(第13表)。

注入量も連作で土壌病害多発畑また栽培期間が6ヵ月以上と長い作物(トマト、スイカ、イチゴなどの果菜類)では、全面多量(30~40ℓ/10a以上)注入を必要とする。輪作などで病原菌密度が低い畑、栽培期間が2~3ヵ月と短い作物または生育初期の発病抑制で実害を防止できる病害では、播種溝またはマルチ畦内処理(後述22頁)の少量

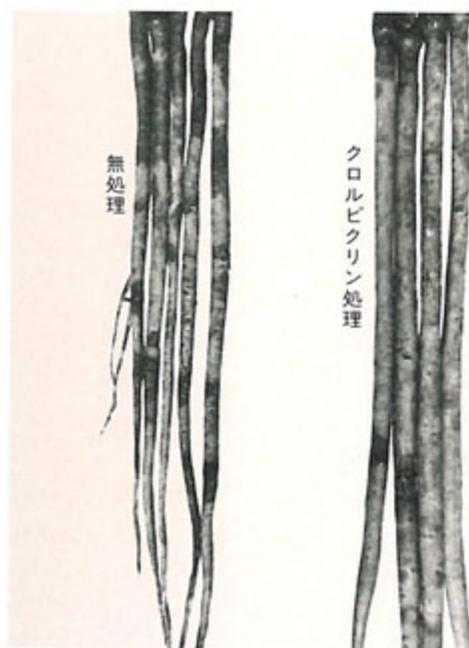
(10~15ℓ/10a)注入でも有効である。ハウレンソウでは、マルチ畦内処理で*Rhizoctonia*菌による株腐病、*Pythium*菌による立枯病、*Fusarium*菌による萎ちょう病、*Aphanomyces*菌による根腐病を効率的に防除し、2~3作目まで残効のあることが認められている(棚橋 1989、加々美ら 1987)。

5) 被覆

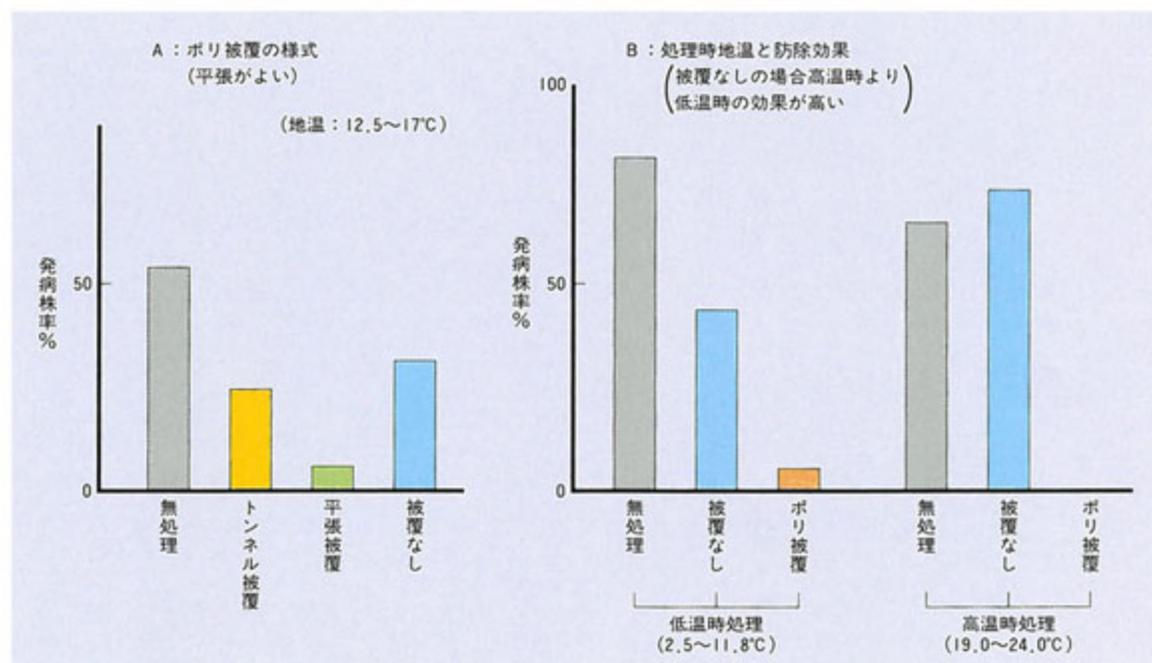
クロルピクリンの有効拡散範囲や防除効果を効率的に高めるには、ポリ被覆は必須条件である。ポリ被覆は注入後1~2時間以内に行い、低温時(5°C~13°C)では10~15日間、高温時(19~24°C以上)では3~7日間被覆する。もし、無被覆で高い防除効果を期待するには、18°C以上の高い地温より7~10°Cの低い地温すなわち早春処理が効果的である(第19図)。被覆資材としてポリエチレンフィルムが最もすぐれ、トンネル式より地表面に密着する方が防除効果を高める(第19図)。

6) くん蒸期間・ガス抜き

クロルピクリンは注入後、自然にガスが抜けるまで放置して、ガスが無くなってから種まきまたは定植するのを建前とするが、従来、注入後夏期では5~7日、秋~春期では10~15日後に耕起してガスの揮散を早め、種まきまたは定植までの期間を短縮するようにガス抜き作業を奨めてきた。第7図のように、5°C以上の地温では、ポリ被覆下の地表面のクロルピクリン濃度が注入後15日経過すると、ハクサイの発芽や根の伸長を阻害しない0.1mg/ℓ以下になることが認められ、ガス抜き作業をはぶき、施肥、播種または定植する場合が多くなった。この注入後の放置期間は夏期では10日間、春処理では20~30日を目標とするが、作物



クロルピクリン、無被覆消毒の効果の表われ方：
表層および深層が消毒不十分で「ヤケ症」発生



第19図 ポリ被覆によるクロルピクリンのキュウリつる割病防除効果の安定化 (阿部ら 1964)

の種類、土壌条件で相当異なるので注意する(後述24頁参照)。

2. 土壌消毒の効果を増進する栽培技術

1) 連・輪作との関係

(1) 消毒効果の持続性

畑における病原菌の垂直分布、作物根の分布ならびにクロルピクリンの有効拡散範囲などから、畑の完全消毒は不可能であり、病原菌の再汚染を助長する条件は非常にたくさんある。ハウレンソウの各種土壌病害、サラダナ根腐病、キュウリつる割病で2~3作目まで効果の持続することが認められているが、筆者はゴボウヤケ症、サツマイモ立枯病、キュウリつる割病、トマト白絹病、ネコブセンチュウなど多くの土壌病害虫で本剤による土壌消毒はほぼ1作で消失し、翌年無消毒のまま栽培すると、無消毒のまま栽培している畑よりも被害が激しくなることを経験している(第14表)。概して、開放系における土壌消毒の持続効果は短いとみなされる。

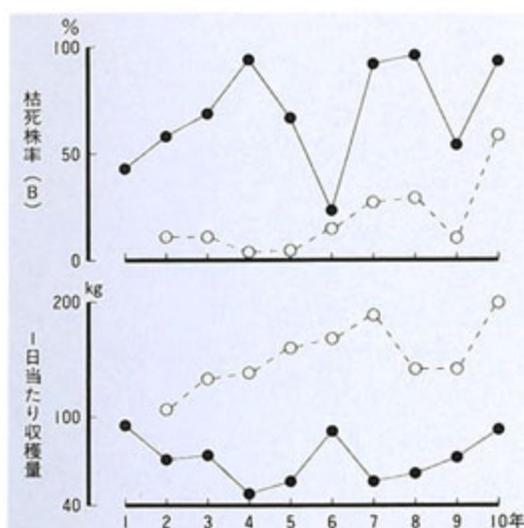
(2) クロルピクリンの連用効果

筆者らは1975年から、キュウリの露地栽培でクロルピクリンを10年以上連用しているが、現在、生理的障害は見られず、キュウリつる割病発生も無処理に比べて非常に少なく、増収も顕著で、高い水準の効果が見られている。しかし、第20図のように、枯死株率の推移をみると、連作が進むにつれて、本剤の防除効果が徐々にわずかながら減退する傾向である。野村ら(1975)もコンニャクに対する本剤の連用効果を7年間検討し、有機物の補給が十分であれば、本剤を毎年使用しても、無処理より高い水準の収量を維持することができ、乾腐病の防除効果も高い。しかし、乾腐病の発病推移をみると、わずかながら減退する傾向のあることを報告している。日高(1985)は夏にダイコン、ハクサイ、春にトマト、ナスを1965年から毎年クロルピクリン処理により、栽培しているが、忌地現象はみられず、本剤の連用の有効性を示唆している。キャベツでも、堆肥を2~4t/10a施用しておれば、クロルピクリン連用の悪影響は認められず、高い収量が得られている(農研センター第2プロジェクト 1988)。これら

に関する試験例は少ないが、堆肥施用との組合せでクロルピクリンの連用は可能であり、連作により多発する土壌病害を高い水準で防除しうることが示唆される。

第14表 ゴボウヤケ症に対するクロルピクリンの土壌消毒持続効果 (茨城農試 1975)

処 理	調査根数	程度別発病根率			収 量	
		健 く 微	軽	中 重	全重	販売可能
1 1974~1975 無処理	34	0	6	21 74	2.41t	0.15t
2 { 1974 クロルピクリン処理 1975 無処理	44	0	0	2 98	1.93	0



第20図 キュウリ連作畑におけるクロルピクリンの連用効果 (松田・下長根 1988より抜粋)

○---○ クロルピクリン } 処理, ●---● 無処理
+ベノミル剤

第15表 ゴボウヤケ症に対する播き溝処理の効果 (茨城農試 1972)

圃 場	クロルピクリン			発 病 度	収 量 (aあたり)	
	注入法	量	深さ		全収	販売可能率
輪 作 (2年休作)	全 面	2 ml	25cm	12	291kg	85%
	播き溝	2	25	3	282	93
	無処理			19	249	75
3 年 連 作	全 面	2	25	22	284	90
	播き溝	2	25	32	232	88
	無処理			93	209	8

(3) 輪作は消毒効果を高める。

クロルピクリンはゴボウヤケ症に非常に有効であるが、連作条件では少なくとも10a当たり30~40ℓ以上で畑全面を消毒する必要がある。しかし、2年以上休作した輪作畑では、第15表のように、播き溝のみに30cm間隔で深さ25cmに2~3ml注入することにより、発病を軽減し、増収することが認められた。生食用サツマイモ (品種:高系14号、ベニアズマ) の立枯病はマルチ畦内クロルピクリン消毒によって効率的な防除が可能であり、上手な輪作は、市場価値の高い形質のいもを多く生産し、消毒効果を連作より高める (千葉ら1984)など輪作はクロルピクリンの防除効果を高める。一方、ダイコン萎黄病に対するイネ科作物の有効な輪作年数はクロルピクリンによる土壌消毒で短縮されない(内田 1986)という指摘には十分に注目すべきだろう。なお、ジャガイモの2期作目で、病原細菌の増殖に不利な晩植とクロルピクリンによる土壌消毒の併用で難防除の青枯病を効率的に防除しうる(片山 1988)ことなどは栽培型との組合せで本剤を一層有効に利用でき、それぞれ作型の生産安定に寄与しうることを示唆している。

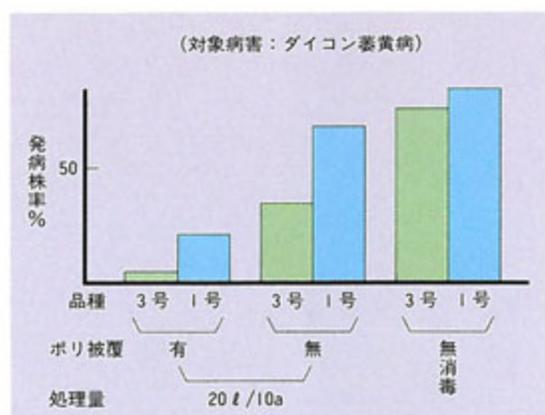
2) 抵抗性品種、抵抗性台木への接木との組合せ

現在、抵抗性品種の導入または抵抗性台木への接木栽培でも連作が重なり、病原菌密度の高い畑では多発することがダイコン萎黄病、スイカつる割病、ナス、トマト青枯病などで認められている。第21図のように、クロルピクリンによる土壌消毒と抵抗性品種との組合せで両者の効果は安定し、

V. クロルピクリンの効果的な使用法



キュウリ4年連作：無消毒区のある割病発生状況（左）、クロルピクリンポリ被覆消毒区のある割病発生状況（右）



第21図 抵抗性品種との組み合わせでクロルピクリンの土壌消毒効果は安定 (武藤 1982)

- 3号は病原菌の密度が低いときに抵抗性品種
- 1号は罹病性品種

それぞれ土壌病害を実用的に回避することが認められている。

3) 深耕との関係

深耕は各作物の良品多収技術の大きな柱となっている。深根性のゴボウ、ヤマノイモでは良質、多収をねらって播種または植付前にトレンチャーにより90cm以上の掘削がしばしば行われる。このような畑の消毒は手順を誤ると、病害多発を招く。すなわち、第22図のように、トレンチャーにより播種前に60cm以上深耕してから栽培する場合、深耕後なるべく注入深(20cm以上)を深くし、10a当たり30~40ℓ注入すると、非常に高い防除効果

が得られる。もし、この作業を逆にすると、ヤケ症は激発し、消毒効果は認められない。これは病原菌の垂直分布が深くて、通常の注入量では30cmより深い土層は消毒不十分となる。この部分の病原菌がトレンチャー深耕により消毒部分に混合されるので、病原菌の復活がきわめて顕著になるためである。

実際に、土壌消毒後にガス抜き作業をかねて30cm以上の深耕を行い、土壌病害の多発を招いた事例がトマト(根腐萎ちょう病、疫病)、ハクサイ(ネコブセンチュウ)、ナガイモ(ネコブセンチュウ、根腐病)、ゴボウ(ヤケ症)の栽培現地で散見された。深耕は土づくりの重要な柱である。深耕を生かす土壌消毒となるように作業手順に留意する。なお、ガス抜き作業はなるべく表層を浅く耕起し、極端な土壌の移動を行わない方が得策である。

4) 有機物施用との関係

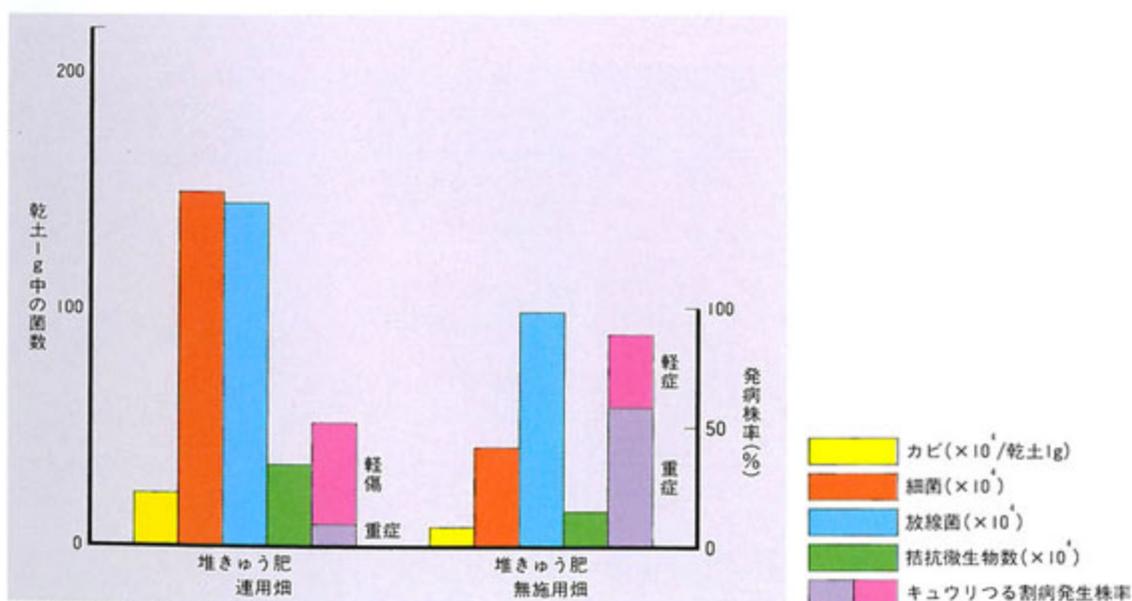
堆肥など有機物資材は土壌微生物相を豊富にし、土壌静菌作用を強め、土壌病害を軽減する力を持ち(第23図)、前記(IV-4)のように、土壌消毒後の硝酸化成菌の復活に役立ち、クロルピクリンの連用も可能にするなど、作物の栽培に欠くことのできない資材である。土壌を消毒すると、この有機物の病害軽減効果が減退する(第16表)ことも指摘されている。堀(1988)は土壌消毒後に堆肥、アルコール発酵廃液等を施用し、トマト根腐萎ちょう病菌の発生を軽減している(第24図参



ゴボウ3年連作：無消毒区のヤケ症発生（左）、クロルビクリン消毒区のヤケ症発生（右）

トレンチャー 掘 前 年 月 日	クロルビクリン 注入方法		ヤケ症発生模式図 (根 長)				収量 (t/10a)	
	年月日	深さ 量	20	40	60	80cm	全重	販売可能
		cm ml					t	t
1981. 4. 15	1980. 12. 5	20 3					1.57	0.41
1980. 12. 11	1981. 4. 16	20 3					2.57	2.38
1981. 4. 15	1981. 4. 16	20 3					2.60	2.38
1981. 4. 15	-	-					1.40	0.17

第22図 土壌消毒後の深耕は危険（下長根ら 1982）注）品種：山田早生、播種：1981年5月15日、収穫：12月11日



第23図 堆きゅう肥連用農家の畑の土壌微生物相とキュウリつる割病の発生（露地）（茨城農試 1975）

第16表 殺菌土壌では有機物施用の効果が現われにくい(茨城農試 1985)

(その1)

試験区別	キュウリつる割病	
	軽症率	枯死率
1. 土壌殺菌・豚糞殺菌	29%	71%
2. 土壌殺菌・豚糞無殺菌	31	69
3. 土壌無殺菌・豚糞殺菌	74	0
4. 土壌無殺菌・豚糞無殺菌	56	10
5. 土壌殺菌	0	100
6. 土壌無殺菌	24	66

(その2)

試験区別	枯死株率		
	キュウリつる割病	トマト萎ちょう病	
乾燥豚糞 10t/10a 施用土壌	100°C 30分間	98%	82%
	50°C 4日間	23	23
	無処理	10	12
堆肥 2t/10a 施用土壌	100°C 30分間	100	89
	50°C 4日間	97	34
	無処理	65	13

照)。このような試みはナガイモ褐色腐敗病、ハクサイ黄化病、キュウリやユウガオのつる割病で行われ、クロルピクリン単用より病害軽減効果の高いことが認められている。したがって、土づくりに施用する有機物は土壌消毒後に施用した方が得策である。ただし、病原菌を保有する有機物を消毒後に施用すると、病原菌の増殖は旺盛になり、土壌病害の発生は一層はげしくなるので注意する。

5) 新鮮根は消毒効果を減退

収穫直後の新鮮な罹病根が残っている状態で土壌消毒した場合、第17表のように、臭化メチルの防除効果は劣るので、根の腐敗、分解を促進させる消石灰または石灰窒素を施用、耕起し、20~30日放置してから消毒する必要がある。根こぶ病多発のコカブ栽培畑およびトマト半身萎ちょう病発

生畑で収穫直後にクロルピクリンで土壌消毒し、連作したところ、両病害の防除効果が非常に低いことが経験されている。収穫後の放置期間を十分にとれない場合には、土づくりを積極的に導入し、総合的防除に取り組む必要がある。

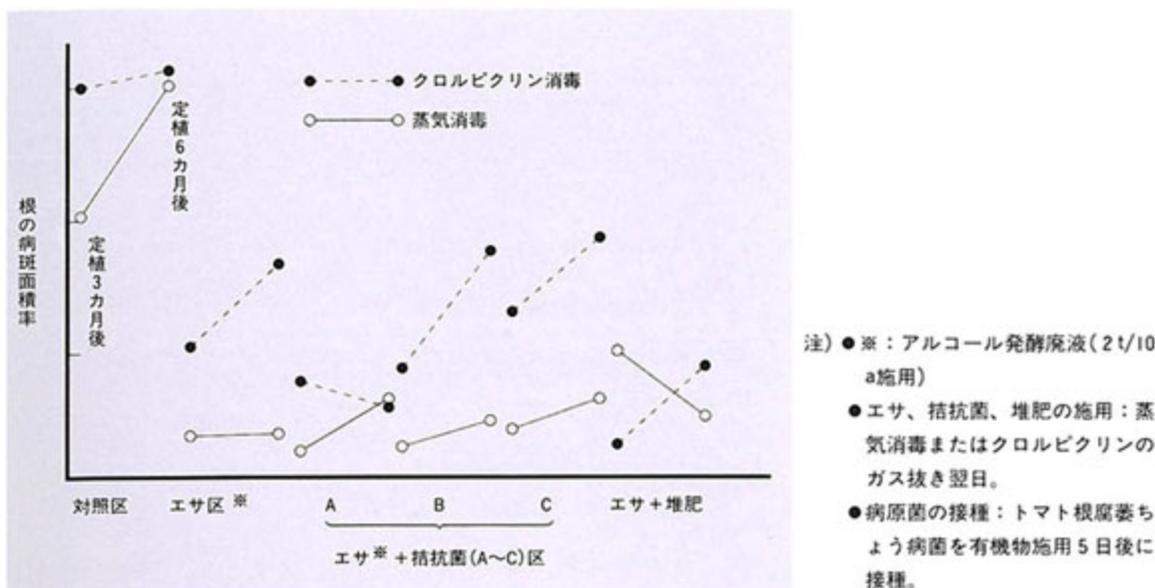
6) マルチ栽培との組合せ

——マルチ畦内消毒法

クロルピクリンの防除効果をも高めるのに、地表面のポリ被覆が必須条件であることは前記(III-3)のとおりである。現在、ポリマルチ栽培がいろいろな作物で行われている。福西(1977)はこれに着目し、サツマイモの立枯病をきわめて効率的に防除するマルチ畦内クロルピクリン消毒法の新技術を開発し、多くの作物に連用することを指摘した。現在、この方法は施肥、耕起、作畦、



マルチ畦内クロルピクリン消毒の効果：サツマイモ立枯病に対する効果(左)とイモの収量(右)(渡辺健原図)



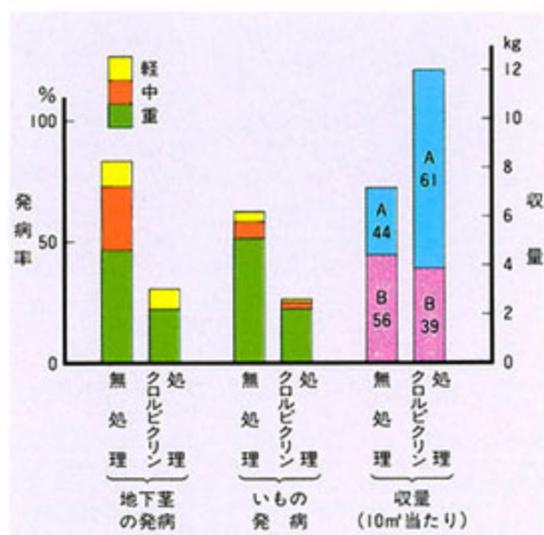
第24図 土壌消毒後の有機物施用の効果 (堀ら 1988)

第17表 残根は腐らせてからガス剤を処理する (長井 1981)
(ピーマンモザイク病ウイルスの不活化力)

臭化メチル 薬量 (g/m ²)	深さ (cm)	TMV検出数	
		新鮮根	腐敗根
80	0	0	0
	10	1	0
	25	6	0
	40	19	0
40	0	6	0
	10	19	0
	25	82	1
	40	114	3
0	10	120	28

ポリマルチ、薬剤注入を同時に行う一貫作業機も開発され、作業効率は高く、ガス抜き作業もなく省力的で、薬量も節約でき、防除効果は高く(第25図)、大気中への揮散、人畜への公害は非常に緩和され、一石二鳥の技術と評価されている。その後全国的に試験されて、現在第18表のように、26作物の49種の病害虫にマルチ畦内消毒法の有効性が実証され、引続き適用病害拡大のため、試験展示が行われつつある。

ハウスまたはマルチ栽培で消石灰、石灰窒素を



第25図 サツマイモ立枯病に対するマルチ畦内クロルピクリン消毒法の効果 (松田ら 1988)

注) A: 上品質のいも、B: 不良品質のいも、数量は収量指数

多量に施用し、pH8.5以上になった土壌にクロルピクリンを注入すると、各種作物の発芽や生育阻害を起こすことが認められている(野田・上原 1966、福西 1989)。土壌改良資材の投入は土壌診断に基づいた適正量を施用する。もし、石灰質資材を多量に施用し過ぎた場合には3~5日間放置してから消毒する。

なお、前記(14~15頁)したように、このマルチ

V. クロルピクリンの効果的な使用法

第18表 クロルピクリン剤によるマルチ畦内消毒法の適用作物と病害の種類

作物名	放置期間	注入量	病 害 虫 名
サツマイモ	5~7日	2~3ml	立枯病、つる割病、紫紋羽病、黒あざ病
ジャガイモ	15~20	1~2	そうか病、亀甲病
キュウリ	13~20	2~3	苗立枯病、疫病、つる割病
カボチャ	12~14	3	疫病、立枯病
シロウリ	13	3	疫病
スイカ	13~16	3	つる割病、半身萎ちょう病
メロン	11~38	3	急性萎ちょう症、黒点根腐病
ナス	10~17	3	半身萎ちょう病
トマト	21	3	白絹病、萎ちょう病、半身萎ちょう病
オクラ	15	3	半身萎ちょう病
イチゴ	10~15	3	疫病、萎黄病
ハウレンソウ	15	2~3	立枯病、株腐病、萎ちょう病、根腐病
シュンギク	10~15	3	萎ちょう病
ハクサイ	15	3	黄化病、根こぶ病
キャベツ	20	3	萎黄病
ダイコン	15	3	萎黄病
ニンジン	15	3	根腐病、乾腐病
エンドウ	15~20	2~3	根腐病、いや地
インゲン	20~30	3	白絹病
ウド	14	3	萎ちょう病
セルリー	15	3	黄化病、萎黄病
バセリ	10~17	3	バセリ萎ちょう病
タバコ	15~30	2	立枯病、疫病、黒根病、わい化病、センチュウ類
キク	15~20	3	わい化症状
カーネーション	10~48	3~5	立枯病、萎ちょう病
宿根カスミソウ	10~18	2	立枯病

注) 1. 各試験とも注入間隔は30cmおきの点注、注入深は10~15cmであった。

2. クロルピクリンの薬害は地域、土性、時期などにより異なるので、本法の適用にあたってはそれぞれの地域で展示園などで注入量、放置期間、薬害を確認し、普及する。

第19表 ベノミル剤とクロルピクリン剤併用によるキュウリつる割病防除効果の増大

(松田ら 1980)

区 No	ベノミル剤 施 用 法			クロルピ クリン剤		つ る 割 病									ネコブセンチュウ 寄 生 度		
	定 7 日 前	定 植 時	定 30 日 後	注 入 量	ポ 被 り 覆	1973年			1974年			1975年			1973 年	1974 年	1975 年
						軽 症 率	重 症 率	収 量	軽 症 率	重 症 率	収 量	軽 症 率	重 症 率	収 量			
1.	○	○	○	-	-	28	25	217	56	17	92	48	42	334	2.9	3.3	1.0
②	○	○	○	2	-	11	①	415	25	③	501	36	②	531	0.1	0	0
3.	-	-	-	2	-				31	6	505	25	73	352		0	0
4.	-	-	-	² _{DD}	+	14	3	399	17	6	558	25	62	423	0	0	0
5.	-	-	-	² _{DD}	-				42	14	269	21	75	269		0.6	0.1
6.	○	○	○	2	-				22	14	285	25	50	359		1.1	0.2
7.	-	-	-	-	-	47	④	191	47	⑩	132	22	⑦	165	1.4	2.5	1.9

畦内消毒法では、土壌中に必要な硝酸化成菌の死滅が顕著で、その復活も非常に遅れる。そのため、作物の栄養生理を考慮して基肥に硝酸態窒素入り化成肥料を使用するなどの補填技術が必要である。

7) 薬剤の組合せによる防除効果の安定化

ベノミル剤はキュウリつる割病などフザリウム病に卓効を示すが、土中深くに分布する病原菌や土壌病害を助長するネコブセンチュウに対して防除効果が及ばない。一方、クロルピクリンによる消毒は表層部の病原菌に不十分であり、風雨、農作業などによる再汚染が起こりやすい欠点をもつ

ている。そこで深層部の病原菌はクロルピクリン剤で消毒し、表層部の病原菌および再汚染の防除にベノミル剤を灌注すると、第19表のように、両薬剤の欠点はそれぞれ補完されて連作条件でもつる割病の防除効果は非常に安定した。このような二段構えの薬剤処理が有効なことはゴボウヤケ症、ショウガ根茎腐敗病などでも実証されている。組合せる薬剤の種類は対象作物と病害により異なるが、それぞれ特性を生かした効率的な使用法の開発が望まれる。

VI.おわりに

土壤病害の発生の仕組みや作物の生理・生態的側面から由来する連作の害作用を考えると、単一な土壤病害対策では、十分な防除効果を発揮することは困難である。クロルピクリン剤の土壤消毒でも栽培法との上手な組合せによる総合的防除により効果は高位に安定化し、連作障害克服への道に通ずると考える。

本稿は筆者らの試験成績と手許にある文献を中心にとりまとめたが、意をつくせず、不備な点を

痛感している。読者諸兄の御協力と御指導により、本稿が産地を守り、支えるクロルピクリンとして安全に、正しく、効率的に使用され、さらに新しい技術開発の土台として役立つことを念願しています。終わりに臨み、土壤病害研究の礎を御指導いただいた渡辺文吉郎博士、本稿作成に御協力を賜った茨城県農業試験場・下長根 鴻氏、三井東圧農業株式会社・小竹一雄氏に厚く御礼申し上げます。



主な参考文献

- 1) 阿部善三郎・平野寿一・本橋精一(1964): クロロピクリンのキュウリつる割病に対する防除効果. 東京農試研報 3, 53~62.
- 2) 千葉恒夫・下長根鴻・祝迫親志・松田明(1984): サツマイモ根腐れかきよう症状(仮称)の発生と防除法—とくにクロロピクリン剤による効率的な土壌消毒法について. 茨城農試研報 23, 149~165.
- 3) 日高 醇(1963): クロロピクリンによる土壌消毒とその肥料的効果の原因. 土と微生物 5, 17~24.
- 4) 福西 務(1977): 土壌くん蒸剤のマルチ畦内消毒による土壌病害防除 I. クロロピクリンくん蒸による土壌消毒の効果と薬害に関する基礎的調査. 徳島農試研報 15, 33~42.
- 5) 福西 務(1987): マルチ畦内くん蒸消毒法によるハウレンソウ、シュンギク萎ちょう病の防除. 昭・62 近畿中国地域農林水産業研究成果発表会(要旨), 40~49.
- 6) 福西 務(1985): 土壌くん蒸剤によるマルチ畦内消毒. 野菜の最新栽培技術(下), 144~148.
- 7) 福西 務(1989): 畦内くん蒸消毒と石灰施用. 今月の農業 33(2), 102~107.
- 8) 茨城県農業試験場: 昭・36~昭・62試験成績書.
- 9) 石坂尊雄他7名(1988): セルリー黄化病の防除. 関東病虫研報 35, 87.
- 10) 加々美好信(1984): マルチ畦内消毒による土壌病害防除技術. 農業及園芸: 59(5), 693~698.
- 11) 加々美好信・貞野光弘(1987): 夏どりハウレンソウの萎ちょう病の発生実態と防除. 今月の農業 31(8), 98~102.
- 12) 河合一郎・鈴木春夫(1956): 瓜類蔓割病防除に関する研究(第1報). 東近農業研究 7, 62~66.
- 13) 牧野 宏・手塚信夫・鈴木孝仁・中村秀雄(1986): クロロピクリンの土壌中における拡散とうね内処理によるイチゴ萎黄病の防除. 静岡農試研報 31, 23~30.
- 14) 松田 明・下長根鴻・尾崎克巳(1981): キュウリつる割病およびゴボウ萎ちょう病に対するベノミル剤の防除効果について. 茨城農試研報 21, 27~42.
- 15) 松田 明・下長根鴻(1988): 作物の病気と土の健康. 日土肥編「土の健康と物質循環」, 93~116(博友社).
- 16) 三浦春夫・東海林久雄・柴崎輝夫(1967): クロロピクリン剤によるキュウリつる割病防除に関する研究. 山形農試研報 2, 70~75.
- 17) 野田弘之・上原 等(1966): ビニールハウスにおける消石灰施用直後のクロロピクリン剤土壌消毒によって起る作物の発芽生育阻害について. 香川農試研報 17, 1~24.
- 18) 野村精一・阿部邑美・内田秀司(1975): コンニャクに対するクロロピクリン連用試験. 関東病虫研報 22, 138.
- 19) 尾崎克巳・松田 明(1976): 低温時におけるクロロピクリンの有効拡散範囲. 関東病虫研報 23, 133.
- 20) 清水節夫・和田健夫・赤沼礼一・矢ノ口幸夫(1983): クロロピクリン剤のマルチ畦内処理法によるハクサイ黄化病の防除に関する研究. 長野野菜花き試報 3, 45~60.
- 21) 下長根鴻・松田 明・渡辺文吉郎(1965): 土壌微生物相の変動に及ぼす2、3の殺菌剤の影響. 茨城農試研報 7, 37~42.
- 22) 下長根鴻・松田 明(1971): クロロピクリン処理土壌におけるフザリウム菌の行動. 関東病虫研報 18, 58~59.
- 23) 下長根鴻・千葉恒夫・松田 明(1982): トレンチャー掘削畑におけるゴボウ「ヤケ症」の防除. 関東病虫研報 29, 81.
- 24) 白石俊昌・剣持伊佐夫・林 定利・剣持澄夫(1988): クロロピクリン剤のマルチ畦内処理によるウド萎ちょう病の防除効果. 関東病虫研報 35, 87.
- 25) Stark, F. L. (1948): Investigations of Chloropicrin as a soil fumigant. Cornell

- Univ. Agri. Exp. Sta. Memoir 278, 1～61.
- 26) 鈴木孝仁(1964): 土壤殺菌剤施用による土壤微生物相の変動—拮抗菌の増加、病原菌の復活、畑作施用の問題点, 植物防疫 18, 411～414.
- 27) 鈴木龍彦(1961): 土壤肥料と農業, 日土肥誌 32, 163～172.
- 28) 多川 閃(1971): 土壤中におけるクロルピクリンの分解と消毒畑における塩素の消長, 葉たばこ研究 58, 84～88.
- 29) 多川 閃・都丸敬一(1969): クロルピクリン消毒による土壤微生物相の変化, 秦野たばこ試報告 65, 63～75.
- 30) 多川 閃・都丸敬一(1969): くん蒸剤による土壤消毒に関する研究 II, クロルピクリンの残留におよぼす土壤環境要因の影響, 秦野たばこ試報告 65, 84～91.
- 31) 武井昭夫(1987): 野菜作における土壤消毒と土壤管理に関する問題点, 昭・61関東東海農業研究推進会議土壤肥料分科会資料 A5, 1～8.
- 32) 玉川重雄・入交 毅・小山田正美・立花 肇・遠山輝彦(1979): クロルピクリンの土壤中での挙動, 日本農薬学会第4回大会講演要旨.
- 33) 玉川重雄・入交 毅・小山田正美(1985): クロルピクリンの土壤残留およびそれにおよぼす土壤要因の影響, 日本農薬学会誌 10, 205～210.
- 34) 津山博之(1965): クロルピクリン土壤消毒後の白菜軟腐病菌の復活, 土と微生物 7, 23～27.
- 35) 内田 勉(1986): イネ科作物との輪作によるダイコン萎黄病の防除, 営農新技術情報 5-35(全農).
- 36) 植松清次(1987): 施設栽培における土壤病害虫の深層防除法, 昭・61, 千葉県試験研究成果発表会(野菜部門)資料.
- 37) 渡辺文吉郎(1964): クロルピクリン剤の適用病害と使用法, 植物防疫 18, 9～10.
- 38) 渡辺文吉郎(1965): 土壤化学処理の病原菌および土壤微生物に対する効果, 日植病報 31(2), 427～430.
- 39) 横浜正彦・菅田重雄・新井 茂(1964): 東京都江東地区そ菜畑でのクロルピクリン剤使用の経済的価値, 植物防疫 18, 29～31.

松田 明 (まつだ あきら)

1929年 愛知県に生まれる

1950年 岐阜農林専門学校卒業
静岡県農業試験場、茨城県農業試験場場長、
国際協力事業団派遣作物保護専門家を歴任
農学博士

1977年 「有機物施用等による畑作土壌病害の生態的防除法の確立」
により農業技術功労賞受賞

著 書 作物のフザリウム病 (共編、全国農村教育協会)

復刻

クロルピクリンガイド

クロルピクリンの効果的な使い方

発行/2007年3月1日

著者/松田 明

企画/(社)日本くん蒸技術協会

〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6 ☎03(3833)6923

発行/クロルピクリン工業会

〒104-0032 東京都中央区八丁堀4-14-7 第1中央ビル
☎03(3553)7050

南海化学工業株式会社

〒550-0015 大阪市西区南堀江1丁目12番19号(四ツ橋スタービル)
TEL.06-6532-5592 FAX.06-6532-5597

日本化薬株式会社

〒102-8172 東京都千代田区富士見1丁目11番2号(東京富士見ビル)
TEL.03-3237-5223 FAX.03-3237-5089

三井化学株式会社

〒105-7117 東京都港区東新橋1丁目5番2号(汐留シティセンター)
TEL.03-6253-3800 FAX.03-6253-4233

クロルピクリン工業会

〒104-0032 東京都中央区八丁堀4-14-7(第1中央ビル)
TEL.03-3553-7050 FAX.03-3553-7051