

浸透殺虫剤ジスルホトン(ダイシストン[®]) の土壌吸着と植物への浸透移行性[†]

野村 健一・熊谷 誠司^{††}

(環境生物学研究室)

高瀬 巖

(日本特殊農薬製造株式会社農薬研究所)

Adsorption of Disulfoton by Various Soil Types and Systemic Action of the Insecticide in Plants

Ken'ichi NOMURA, Seiji KUMAGAI

Laboratory of Environmental Biology

and Iwao TAKASE

Agr. Chem. Inst. of Nihon Tokushu Noyaku Seizo K. K.

Abstract

Adsorption of the systemic insecticide, disulfoton (diethy S-(2-ethylthio)ethylphosphorodithioate) in soils and its systemic action were studied following soil application, using a bio-assay technique as well as chemical analysis. The insecticidal effect of disulfoton was examined against the aphid, *Macrosiphoniella sanborni* (GILLETTE). The insecticide residue was extracted from plant and soil with acetone and was determined by gas liquid chromatography with a flame photometric detector. The results demonstrated that the insecticide absorbed by the plant was apparently less with silt loam of volcanic ash than with the other types of soil tested, due to more adsorption of the compound in the former soil. The difference in the absorption rate was more obvious with the root part than with the foliar part of the plant. Disulfoton applied was subject to rapid oxidation in soil and plant, and became corresponding sulfoxide and sulfone derivatives which are the actual systemic toxicants.

浸透殺虫剤ジスルホトン(エチルチオメトン, ダイシストン[®]粒剤)は, 土壌に施用して各種作物のアブラムシ類や花卉球根・ネギなどのネダニ防除剤として用いられるのみでなく, キスジノミハムシ(幼虫)などの防除にも適用され, 現在では代表的な土壌施用剤の1つと見ることが出来る。しかるに, 岡山県北部山岳地帯で, キスジノミハムシ幼虫に対する本剤の効果, が, 他地方のそれに比して若干劣るらしいことが指摘された(坪井, 1971)。筆者らは, この問題に興味を持ち, 特にそれが薬剤抵抗性現象によるものか, あるい

は同地方の火山灰土壌の影響によるものかを検討しようと考え実験に着手した。

筆者らは差し当り後者を採り上げることにし, 各地の土壌を採取してきて, 1974~1976年にかけてアブラムシ・ハダニ類を対象に2, 3の実験を行ない, 一部は引き続き現在に至っている。生物検定は野村・熊谷が担当し, 化学分析は高瀬が担当したが, 両者の結果は概ねよく符号した。すなわち火山灰土壌では, 薬剤が土壌に吸着されやすく, このため植物への薬剤成分の浸透移行が少なく, 殺虫効果も低下することが判明した。上に述べた坪井の問題提起に対しては, 僅かにその一部を解明したに過ぎなかったが, ここに現在までに明らかにしえた実験結果を報告することにした。

[†]本研究の一部は, 日本応用動物昆虫学会昭和51年度大会(京都)において発表した。

^{††}現在, 宮城県登米病害虫防除所

本研究を行うに当り、数次にわたり供試土壌を提供され、かつ種々ご教示をいただいた岡山県農業試験場坪井正昭氏に対し深謝の意を表する。また、土壌・肥料の問題についてご助言を賜った本学部小島道也教授、および本実験に協力された環境生物学研究室の尾崎克巳・湯浅光一・藤井常宏・林素子の諸氏、および特農研の中原武良氏に対しても感謝の意を表する。

実験材料および方法

1. 実験材料

(1) 供試化合物

ジスルホトン (P=S, S) と5種類の酸化代謝物は、既法 (高瀬ら, 1971; 高瀬・津田, 1972; 高瀬・中村, 1974) に基づいて準備した。全ジスルホトンとは、それらの合計値を意味する。粒剤は市販のダイシストン5%粒剤, 50%乳剤は原体52%, キシレン25%, 乳化剤ソルポール2524A 23%を混和して調製したものである。

(2) 供試土壌

実験に用いた畑地土壌は、2種の火山灰埴壤土と1種の沖積壤土、1種の洪積砂壤土で、これら土壌の採取場所とその物理化学的性状を第1表に示す。

第1表 供試土壌の物理化学的性状

採取地	成因	土壌	pH	有機物含量	リン酸吸収係数
宮城県本吉町石川原	火山灰	埴壤土	4.7	7.5	1,937
岡山県真庭郡川上村	火山灰	埴壤土	5.1	11.3	2,300
千葉県松戸市小山	沖積	壤土	5.7	3.9	462
愛知県豊橋市高山	洪積	砂壤土	4.6	1.0	—

(3) 供試虫

供試虫として多く用いたのは、キクヒメヒゲナガアブラムシ *Macrosiphoniella sanborni* (GILLETTE) で、実験の都度当学部内は場より採取して試験に供した。一部では、当教室でツルナシインゲンマメにより累代飼育しているニセナミハダニ *Tetranychus cinnabarinus* (BOISDUVAL) を使用した。この系統は、薬剤に対し感受性と認められる。

2. 試験方法

(1) ジスルホトン施用土壌からの溶出液による殺虫試験

土壌100gを腰高シャーレにとり、ジスルホトン50%乳剤の2,000倍, 4,000倍稀釈液を50ml投入して、1日および3日後に土壌から溶出した液0.15mlをガラスチューブ (3.5×0.8cm) に入れ、キク切枝を挿入して溶出液を吸収させた。これにキクヒメヒゲナガアブラ

ムシを各区15頭接種し、接種1日および2日後の死亡率を調べた。本実験は、1975年10月に行った。

(2) オオムギの葉害を指標とする薬剤吸収

素焼ポット (径8.5cm, 高さ8.0cm) の底から約5cmまで砂をつめ、その上に発芽大麦の種子5粒を播種した。その上部にダイシストン粒剤1gと風乾土壌40gをよく混和して覆土し、同様に薬剤を混和しない土壌を覆土して無処理区とした。各区10株を供試し、処理14日後に薬剤添加と無添加区のそれぞれの大麦の草丈、第1葉の葉斑の長さを調べた。本実験は1975年10月に行った。

(3) キクへのジスルホトンの浸透移行と殺虫性

素焼ポット (径15cm) に5mmの篩を通した各土壌を600g入れて、草丈20~30cmの秋菊1株を植え付け、10日後にダイシストン5%粒剤0.5g (粒剤3kg/10a相当量) を地表面に散布してから、その表面に同じ土壌100gで覆土した。施薬7日および14日後に各ポットにキクヒメヒゲナガアブラムシを放飼して、1, 2および4日後にその生息数を調査した。また、1部のポットから、施薬7日, 14日後にキクを抜き取り、付着している土を水洗してから、根と茎葉に分けて、それぞれを細く切断後アセトンを加えて磨砕して抽出した。抽出液を濃縮後、ジクロロメタンへ転溶し、過マンガン酸カリウムでジスルホトン・スルホン (全P=S体) とその酸化同族体スルホン (全P=O体) に酸化してから、ガスクロマトグラフィ (GLC) で定量した。GLCは既法 (高瀬ら, 1970, 1971) に基づいて、リン化合物を特異的に高感度で検出し得る炎光光度型検出器 (FPD) 付きのGLCによって定性、定量を行った。これらの実験は、1975年10月~11月にわたって実施した。

実験結果

1. ジスルホトン施用土壌からの溶出液による殺虫試験

1974年の予備実験で、火山灰土壌に植えられた植物 (キク) に対するジスルホトンの効果は、他土壌のそれより劣る傾向が見られ、その原因の1つとして薬剤成分の土壌への吸着が推察された。そこで、同剤を処理した土壌よりの溶出液を用いて、キクヒメヒゲナガアブラムシに対する殺虫効果を検討した。

その結果は第2表に示すように、火山灰土よりの溶出液を用いた区では殺虫効果が低く、溶出液中におけるジスルホトン濃度の低いことが推察された。

また別に、上記方法で得られた溶出液を用いてドライフィルム法による殺虫試験をキクヒメヒゲナガアブラムシで実施した。さらに、ジスルホトン処理の各種

第2表 ジスルホトン処理土壌からの溶出液を用いた殺虫試験におけるキクヒメヒゲナガアブラムシの死亡率(%)

供試土壌	2,000倍液処理土壌		4,000倍液処理土壌	
	1日後	2日後	1日後	2日後
火山灰土(宮城県)	7	33	0	66
火山灰土(岡山県)	0	60	0	27
沖積土(千葉県)	60	100	40	80
無処理沖積土(千葉県)	0	0	0	7

土壌にツルナシインゲンマメを植え、これにニセナミハダニを接種して以後の個体数変動を調べた。これらの試験においても、火山灰土では対照の沖積土に比較してかなり効果の劣る傾向が見られた。

2 オオムギの薬害を指標とする薬剤吸収

ジスルホトンの施用量が多ければ、オオムギ苗に薬害が現れるが、この薬害は成分の植物体内への吸収量に比例すると考えられる(野村・湯浅, 1968, 1969)。この現象を利用して、各種土壌にジスルホトンを等量施用した場合の薬害程度を比較すれば、各種土壌における薬剤吸着の程度が比較できるのではないかと考えられたので、この実験を行った。

その結果は第3表に示すように、土壌による差異はかなり顕著であった。ジスルホトンの施用により、沖積土では明らかな生育阻害が見られたが($d/u:46\%$)、火山灰土では軽微であって、葉斑の長さについても、同様であった。本実験の結果によっても、火山灰土では薬剤の吸着の大きいことが認められた。

第3表 土壌による芽出しオオムギの薬害の違い

供試土壌	平均草丈 (cm)		d/u (%)	第1葉の 葉斑長 (cm)
	施用区 (d)	無処理区 (u)		
火山灰土(宮城県)	4.5	6.1	74	0.64
火山灰土(岡山県)	6.2	7.8	80	0.58
沖積土(千葉県)	4.0	8.7	46	0.88

3 キクへのジスルホトンの浸透移行と殺虫性

前記の実験は、専ら生物試験によったもので、一応の方向は探索できたとしても、細部については不明の点が少ない。そこで、キクを供試植物として、生物・化学の両面から検討を加えることにした。

試験方法に従ってキクヒメヒゲナガアブラムシに対する殺虫効果を調査した結果は第4表に示すとおりである。すなわち、洪積砂壤土(愛知)では1日後で死

第4表 キクヒメヒゲナガアブラムシに対する殺虫効果

供試土壌	接種虫数	死虫率(%)		
		1日後	2日後	4日後
火山灰土(宮城県)	60	29.0	75.0	93.3
火山灰土(岡山県)	90	28.1	85.4	97.8
沖積土(千葉県)	60	86.8	100	100
洪積土(愛知県)	30	100	100	100

施薬方法：秋菊植えポットにダイシストン5%粒剤0.5gを地中混和処理した。

殺虫試験：施薬14日後に各ポットにキクヒメヒゲナガアブラムシを放飼し、1、2と4日後に死虫率を調査した。

虫率100%となり、沖積壤土(千葉)では1日後で86.8%、2日後で100%の死亡率を示した。一方、宮城と岡山の火山灰植壤土では、1日後でいずれも30%以下の死虫率を示したにすぎず、2日後においてもそれぞれ75%、85%と低い死虫率で、洪積土および沖積土に比較して効果の劣ることが確認された。

次に植物体内における薬剤吸収移行量を、根部および茎葉部に分けて分析した結果を、第5表に示す。植物体中の薬剤濃度は、ジスルホトンと生物活性を有する5種類の酸化代謝物の合計値を算出し、全ジスルホトンとして表示した。

第5表 キクの根と茎葉におけるジスルホトンの吸収

供試土壌	全ジスルホトンの吸収量(ppm)と分布(%)					
	根部の濃度 (ppm)	分布割合(%)		茎葉部の濃度 (ppm)	分布割合(%)	
		P=S体	P=O体		P=S体	P=O体
火山灰土(宮城県)	2.28	86	14	0.50	73	27
火山灰土(岡山県)	0.89	94	6	1.13	77	23
沖積土(千葉県)	6.70	92	8	2.25	81	19
洪積土(愛知県)	10.1	93	7	4.56	83	17

化学分析：施薬7日後にキクの根部と茎葉部に分けGLCで分析した濃度(ppm)は生重量から算出した。

P=S体(ジスルホトンとそのスルホキシド、スルホンの合計値)

P=O体(ジスルホトン酸化同族体とそのスルホキシド、スルホンの合計値)

キクの根部における全ジスルホトンの保持濃度は、アブラムシに対し高殺虫効力を示した洪積土で10.1ppmと最も高く、ついで沖積土(6.7ppm)であって、火山灰土では宮城土壌で2.28ppm、岡山土壌で0.89ppmしか吸収されず、洪積土壌の11分の1に過ぎなかった。根部から検出された薬剤の親化合物とそのスルホキシド、スルホンの合計値の全P=S体と、P=SのP=O化された酸化同族体とそのスルホキシド、スルホンの合計値の全P=O体との分布割合を見ると、P=S体の

比率が86~94%と大部分を占めていた。土性や根部の薬剤保持濃度は供試した土壤間で著しく異なっていたにもかかわらず、 $P=S$ 体と $P=O$ 体の分布割合の差はほとんど認められなかった。

キクの根に吸収された全ジスルホトンの茎葉への浸透移行量を見ると、第5表に示したように土壤間で著しく異なっており、茎葉部の薬剤濃度は洪積土>沖積土>火山灰土の順となり、最も低い宮城の火山灰土0.5 ppmに対して、岡山の火山灰土で2倍、沖積土で4.5倍、洪積土で9倍の差が見られた。次に茎葉部のジスルホトンの $P=S$ 体と $P=O$ 体の分布率を見ると、根部に比較して $P=O$ 体が多く、約20%に達したが、茎葉中の薬剤濃度が異なるにもかかわらず、その分布割合はほとんど変らなかった。根部、茎葉ともにリン酸吸収係数が小さく、有機物含量の低い洪積土が最も高く、ついで沖積土であり、リン酸吸収係数が大きく有機物含量も高い腐植に富んだ宮城と岡山の火山灰土では、薬剤の植物体への吸収および浸透移行量が著しく低いことが注目された。特に根部の薬剤濃度は土壤間で異なり、根の薬剤最大濃度を保持していた洪積土の10.1 ppmに比較して、沖積土で2/3、火山灰土で1/5~1/10であり、根に吸収された薬剤が茎葉へ移行した量は土壤間における根部の薬剤濃度の差と比例しており、土壤と植物体の薬剤吸収量との関係は土壤の有機物含量、リン酸吸収係数との間に相関関係が見い出された。また、キクの根と茎葉における薬剤濃度とアブラムシを用いた殺虫効力との間にも明らかに相関関係が認められた。

土壤中の残留量は、施薬34日後にポットの土壤をとり、ジスルホトン量を調べて、第6表に示した。

同表は施薬量を100としたときの土壤中の薬剤の残存率で示したが、洪積土でやや低かったほかは、いずれも施薬量の約2/3が残留しており、土性による残存率の差はほとんど見られなかった。愛知の洪積土は有機物含量は低い、砂壤土であるため、薬剤が土壤面よ

り蒸散などによって消失したので土壤中の残留量がやや低くなったと考えられる。

土壤中に残留する全ジスルホトンのうち、親化合物の比率を示したが、洪積土で最も高く33%、火山灰土で14~18%と土壤間でやや相違が見られた。

畑地または湛水水田土中で、ジスルホトンは短時間内に $-C-S-C-$ のSが酸化されてそのスルホンキシドやスルホンとなり、これらの酸化生成物は土壤中に比較的長く残存し、依然として殺虫力を有している。そして、これらの酸化代謝物はいずれも親化合物よりコリンエステラーゼ阻害力が強く、しかもツマグロヨコバイなどに顕著な殺虫力のあることが知られているが(高瀬・津田, 1972), 既報(高瀬ら, 1971; 高瀬・中村, 1974)と同様に本実験でもジスルホトンは土壤中で酸化されて、そのスルホキシドおよびスルホンとして残留しており、酸化同施体の $P=O$ 体とならず、大部分は $P=S$ 体のまま土壤中に存在していた。

なお、施薬34日後の各土壤200gを、直径9 cmのヌッチェに入れ水を流出させ、薬剤の水への溶出と土壤吸着を調べた。その結果、水への溶出率は洪積土>沖積土>火山灰土(岡山)=火山灰土(宮城)となり、火山灰土では溶出率の低いことが明らかにされた。このことは、前記実験2とも符合する。

考 察

ジスルホトンの土壤中における挙動や浸透移行性については、既に多くの報告があるが(Kearney *et al.*, 1969; 野村ら, 1971; 高瀬・中村, 1974), 土性との関係に論及したものは比較的少ない。KAWAMORI *et al.* (1971)は、この問題について貴重な資料を提供しているが、土壤中における残留に焦点をおき、その効果には、特に触れていない。KAWAMORIらによると、火山灰土壤では他土壤に比較して、ジスルホトン・ジメトエートの保持率が高いというが、このことと実際の殺虫効果とは区別して考える必要があると思われる。保持率の高い方が、殺虫上有利のように思われやすいが、必ずしもそうとはいえないようである。

浸透殺虫剤は、それが植物体へ移行して効果を発揮するので、土壤における“保持”の程度が問題である。薬剤が強く土壤に吸着されて、植物に利用されないのでは、むしろ効果は劣ることになる。筆者らが本実験で採り上げた火山灰土も、これに当てはまるものといえよう。興味あることは、浸透殺菌剤のキタジンPにおいても、火山灰地帯において効果の低下することが報告されており(東海林ら, 1975), 筆者らの実験結果とよく符合している。この場合も、土壤への吸着が問題点と考えられる。

第6表 各土壤中の全ジスルホトンの残留量

供 試 土 壤	全ジスルホトンの 残留量 ^{a)} (%)	$P=S$, S^b)
火 山 灰 土(宮城県)	67.1	(14)
火 山 灰 土(岡山県)	68.5	(18)
沖 積 土(千葉県)	69.5	(22)
洪 積 土(愛知県)	59.4	(33)

a) 施薬34日後に分析し、ダイシストン5%粒剤の施薬量0.5g(有効成分として25mg)を100としたときの薬剤の残存率を示す。

b) 全ジスルホトンの土壤中の残留量のうち、親化合物ジスルホトン($P=S$, S)の分布割合(%)を示す。

火山灰土壌における効果減退を、吸着によるものと断ずるのは、若干早計のようでもあるが、しかし、筆者らの実験結果では、土壌中における残留量は各種土壌ではほぼ同様であり（第6表）、このことから火山灰土壌で特に分解が著しいことはないかと推察される。土壌微生物による分解も、筆者らの別の実験で、ジスルホトンに関しては大きな問題にならないと考えられる。また本剤は、アルカリ性に対しても比較的安定である（野村ら、1967）。これらを総合すると、現段階では、やはり吸着現象が最も注目すべき要因であると推定される。

周知のように吸着には、物理性のものと化学性のものがあり、さらに土性・水分など各種の要因が関与するので（日本化学会、1974）、ジスルホトン—火山灰土壌の問題も今後に残された課題が多々あると思われる。これらは今後の研究課題としたい。一方、実用的には、ジスルホトンの吸着を解除する方法を究明することが要望されるであろう。その1方法として、リン酸肥料およびたい肥の施用などが考えられ、前者についてはここ2～3年小実験を行ってきた。ある程度予期した結果が得られた場合もあるが、総じて結果のふれが大きく、さらに検討を重ねたいと考えている。

摘 要

筆者らは、ジスルホトン（ダイシストン5%粒剤）の土壌処理効果を解析する目的で、同剤の植物体への浸透移行性および地中残留性を各種土壌について比較検討した。実験は、生物検定と化学分析の両方法を並行的に行い、供試土壌には火山灰土（2種）、沖積土、洪積土の計4種類を用いたが、特に火山灰土における効果低減現象の解明に意を注いだ。

生物検定では、土壌別にキクヒメヒゲナガアブラムシに対する土壌処理効果を鉢植えキクについて検討し、また処理土壌よりの溶出液を用いての殺虫試験なども行った。上記試験に供した鉢植えキクについては、供試植物の地上部、地下部および土壌を化学分析した。火山灰土に植えられたキクでは、薬剤の植物体内への浸透移行が他土壌の場合より明らかに少なく、特に地下部の含有量においては、各土性間の差異が顕著であった。

本実験における生物検定・化学分析の結果は概ねよく符合し、火山灰土では他土壌に比較して薬剤成分が土壌に強く吸着され、このため植物体に利用されにくく、従って効果も低下しやすいことが推察された。土壌中における成分残存量と、植物における殺虫効果とは必ずしも比例するものではなく、両者は区別して論議されるべきである。

引用文献

- KAWAMORI, I., T. SAITO and K. IYATOMI (1971) Fate of organophosphorus insecticides in soils. Part I. The retention of ^{32}P -labeled disulfoton and dimethoate in the three soils. *Botyu-Kagaku* **36** (1): 7—12.
- KEARNEY, P. C., E. A. WOOLSON, J. R. PLIMMER & A. R. ISENSEE (1969) Decontamination of pesticides in soils. In *Residue Reviews* (ed. F. A. Gunther) **29**: 137—149.
- METCALF, R. L., T. R. FUKUTO and R. B. MARCH (1957) Plant metabolism of dithio-systox and Thimet. *J. Econ. Entomol.* **50**: 338—345.
- 日本化学会編訳 (1974) 農業廃棄物と環境汚染。「環境科学と技術の進歩2」, 丸善株式会社, 東京: 216—223.
- 野村健一・湯浅光一 (1968) 浸透粒剤の効果と作物の栽植密度 (第1報). *千葉大園学報* **16**: 37—40.
- ・——— (1969) 浸透粒剤の効果と作物の栽植密度 (第2報). *千葉大園学報* **17**: 13—17.
- ・相馬寿夫・立木栄一 (1967) 浸透粒剤の土壌処理効果に対する肥料の影響. *千葉大園学報* **15**: 21—26.
- ・湯浅光一・藤村みつ子 (1971) 土壌処理におけるエチルチオメトン粒剤の効果解析. *千葉大園学報* **19**: 39—45.
- 高瀬 巖 (1976) 有機リン系農薬の土壌中における動態. *植物防疫* **30**: 302—306.
- ・津田秀子 (1972) エチルチオメトンのガス効果について. *応動昆* **16**: 32—39.
- ・中村秀子 (1974) エチルチオメトンの水田土壌における消長. *日本農芸化学会誌* **48**: 27—34.
- ・津田秀子・中村禎子・久山真平 (1970) ガスクロマトグラフィーによる微量分析法 (第3報) 有機リン農薬の残留分析法における一知見. *農薬生産技術* **22**: 13—21.
- ・津田秀子・吉本佳文 (1971) エチルチオメトンの土壌中での動向. *応動昆* **15**: 63—69.
- 東海林久雄・木村和夫・田中 孝 (1975) 土壌の種類と水田施用剤の効果と動態 第1報 いもち病防除剤キタジンP粒剤の効果と稲体吸収について. *北日本病虫害研究会報* **26**: 38.
- 坪井昭三 (1971) 土壌害虫の発生現況と防除上の問題点 4) キスジノミハムシ, 土壌害虫の防除に関するシンポジウム講演要旨 12—15, 日本植物防疫協会.