

畑地に散布された 殺虫剤(ダイアジノン, フェニトロチオン)の挙動について

小林規矩夫 村松克彦*

Study on Behavior of Insecticides (Diazinon and Fenitrothion) Spreaded over a Field

Kikuo KOBAYASHI and Katsuhiko MURAMATSU

農薬は作物の病害虫の防除, 除草等の目的で意図的に農用地等に散布されることから, 閉鎖系で用いられる化学物質とは異なり, 環境中に放出されることは避けられない。

農用地等に散布された農薬は, 直接的にまた植物体を経て降雨等により土壌に落下し, その一部はさらに水系に侵入するものと考えられている¹⁾。

このことから土壌中における農薬の動態, 挙動について検討することは, その環境影響を推定する上で重要である。

従来, 水田, ゴルフ場からの農薬の流出については多くの報告²⁻⁹⁾があるが, 畑地での検討例は少ない。

そこで今回, 畑地における農薬の動態を知る目的で, 畑地の作物に広く使用されている2種類の殺虫剤, ダイアジノン, フェニトロチオンを用いて, 果樹園の一部に設けたモデル圃場で, 散布した農薬の模擬降雨による流出, 土壌残留性について検討した。

調査方法

1. 調査場所の概要

圃場の種類: 一般畑

傾斜角度: 約5度

作物: 桃

土壌の性状¹⁰⁾

土壌分類: 淡色黒ボク土

土性: 軽埴土(Lic)

有機炭素含量: 2.0%

粘土含量: 45%

シルト含量: 20%

砂含量: 35%

pH (H₂O): 5.9

陽イオン交換容量(CEC): 25me/100g

*: 現 環境総務課

2. モデル圃場の構造

自然傾斜が約5度の桃畑の一部を縦2m, 横2mの正方形に区切り, 傾斜の下方に溝を作り, 表流水が採水できるようにした。このようなモデル圃場を隣接して2カ所(A, B)設け, 1カ所は模擬降雨無しの対照圃場(B)とした。

3. 使用農薬

有機りん系の殺虫剤であるダイアジノンとフェニトロチオンを用いた。両農薬の物理化学的性状を表1に示した。

表1 使用農薬の性状^{1, 2)}

農薬名	ダイアジノン	フェニトロチオン
分子量	304.4	277.2
蒸気圧 (mmHg)	0.097mPa/20°	0.15mPa/20°
水溶解度 (mg/l)	40 (20°)	21
log Kow ^{*1}	3.14	3.44
log Koc ^{*2}	2.40	2.63

*1 オクタノール・水間分配係数

*2 土壌吸着平衡定数

4. 農薬の散布方法

市販の水和剤(成分含有率: ダイアジノン34%, フェニトロチオン40%)を1,000倍希釈し, 手動式散布器を用いて2カ所のモデル圃場に21ずつ地面へ散布した。散布した農薬の成分量はダイアジノン0.68g, フェニトロチオン0.80gであった。

5. 散水方法

農薬を散布後, 3時間経過してから上水30lを20分間にわたり連続的に1カ所のモデル圃場(A)の全体に散水した。この降雨規模は1時間当たり30mmの降雨に相当する。

6. 試料採取方法

表面流出水：模擬降雨により生じた表面流出水を溝からガラスビンに採取した。試料には土壌が混入し懸濁していたため、分析前に3,000 rpmで15分間遠心分離し、上澄液と沈殿物に分離した。

畑土壌：2カ所のモデル圃場A、Bのそれぞれ4地点からほぼ同量の土壌を採取し、ポリエチレン製のバット上で小石等の異物を除き試料とした。深度別に0～1 cm, 1～5 cm, 5～10 cmの土壌を採取した。

7. 分析方法

(1) 試料前処理

水試料：試料1 lを分液ロートにとり、塩化ナトリウム50 g, ジクロロメタン100 mlを加え10分間振とう抽出する。ジクロロメタン層を分取した後、ジクロロメタン50 mlを用いてこの操作を繰り返す。ジクロロメタン層は無水硫酸ナトリウムで脱水し、ロータリーエバポレーターで濃縮する。さらにN₂ガスを吹き付けて1 mlにした。

土壌試料：試料10 gを50 mlの遠沈管にとりアセトン30 mlを加え10分間超音波抽出する。抽出後、3,000 rpmで10分間遠心分離を行い、アセトン層を分離する。この操作を繰り返しアセトン層を合わせる。アセトン層に5%塩化ナトリウム水溶液200 mlとジクロロメタン50 mlを加え、振とう抽出する。ジクロロメタン層を分取し、この操作を繰り返す。ジクロロメタン層は無水硫酸ナトリウムで脱水し、ロータリーエバポレーターで2～3 mlに濃縮し、さらにN₂ガスを吹き付けてほぼ乾固し、少量のヘキサンを加え残分を溶解した。

(2) 試料調製

前処理液を予め用意した5%含水シリカゲルカラムクロマト管¹¹⁾に移し、液面をカラムヘッドまで下げる。容器をヘキサンで洗浄し、クロマト管に入れ再び液面をカラムヘッドまで下げる。最初にヘキサン20 mlを流し、ついで10%アセトン含有ヘキサン30 mlで展開する。この展開液を1 mlに濃縮し試料液とする。

(3) 検量線

標準物質の約10 mgをヘキサン50 mlに溶解し、これを希釈して、10 mg/lの液を調製する。さらに希釈し0.1～2 mg/lの標準液を作り、その1 μlをGCに注入し得られたピークの面積から検量線を作成した。

(4) GC測定条件

GC機種：HP 5890 II

カラム：DB-1 7 m × 0.53 mm 膜厚 1.5 μm
J & W社製

カラム温度：80 °C (1 min) - 10 °C/min - 160 °C -
6 °C/min - 250 °C

注入口：クールオンカラム

注入口温度：カラムに連動

検出器：NPD

調査結果および考察

1. 分析方法の検討

今回用いた分析方法で河川水、土壌への添加回収試験を行い、結果を表2に示した。

表2 添加回収試験結果

試料量	添加量 (μg)	試料数	ダイアジノン		フェニトロチオン		
			回収率 (%)	CV	回収率 (%)	CV	
水質	1 l	0.5	4	120.0	2.3	115.0	2.1
土壌	10 g	1.0	4	95.6	8.1	112.5	26.7

両農薬ともに良好な回収率を示し、変動係数(CV%)も土壌中のフェニトロチオンが26.7%とやや大きな変動を示したが、他は10%以下であった。なお検出下限値は水質試料で両農薬ともに0.1 μg/l、土壌試料でダイアジノン10 μg/kg、フェニトロチオン40 μg/kgであった。

2. 模擬降雨による農薬流出状況

模擬降雨で生じた表面流出水は1 lで、遠心分離で得られた沈殿物は7.0 gであった。農薬の測定は上澄液中の溶存態(水分画)と沈殿物への吸着成分(SS分画)とに分けて分析した。測定結果を表3に示した。

流出した農薬量は溶存態でダイアジノン880 μg、フェニトロチオン620 μgで、SS分画中にはダイアジノン13 μg、フェニトロチオン28 μgが含まれていて、総流出量はダイアジノン893 μg、フェニトロチオン648 μgであった。

この流出量は散布した農薬量のダイアジノンが0.13%、フェニトロチオンが0.08%であった。

表3 模擬降雨による流出量

	流出量 (単位: μg)	
	ダイアジノン	フェニトロチオン
水分画	880 (98.5%)	620 (95.7%)
SS分画	13 (1.5%)	28 (4.3%)
計	893 (100%)	648 (100%)

流出形態は溶存態が大部分でダイアジノンは98.5%，フェニトロチオンは95.7%が水分画に存在し，その濃度はダイアジノン0.88 μg/l，フェニトロチオン0.62 μg/lであった。

また沈殿物中の農薬濃度はダイアジノン1.9 mg/kg，フェニトロチオン4.0 mg/kgであった。

柳ら^{12,13)}は畑地のモデル圃場で同様な試験を行い，ダイアジノンは時期を変えて3回試験し0.01%，0.51%，6.7%，フェニトロチオンは1回行い0.1%の流出があり，その流出形態はダイアジノン84~94%，フェニトロチオン50~87%が溶存態であったと報告している。この試験では農薬散布後1時間で散水しているため流出率が高くなっていて，特にダイアジノンが6.7%の流出率を示したのは水流出率が45%と異常に高い値を示したことが原因であるとしている。この値を除けば今回の結果とほぼ同レベルの流出傾向を示していた。

農用地，ゴルフ場等に散布した農薬は散布後の最初の降雨で流出する割合が大きく，流出量は散布からの経過時間と降雨強度に影響される^{5,6)}。本試験は農薬散布後3時間経過した時点で30 mm/hに相当する降雨強度で散水したことから，流出しやすい条件になっており，今回得られたダイアジノン，フェニトロチオンの流出率(0.1%前後)は通常の上限値と考えられる。

しかし，流出水中の懸濁物質と農薬量には比例関係があり，また懸濁物質にはmg/kg単位の農薬が吸着していたことから，降雨により土壌浸食が起りやすい畑地では土壌粒子がキャリアーとなる流出に留意が必要である。

3. 土壌中の農薬残留性

農薬散布後，A，Bの両圃場の土壌を経時的に3段階の深度別に採取し，土壌中の農薬を測定した。測定結果は表4に示した。

農薬散布前のモデル圃場の土壌からフェニトロチオンが0.09 mg/kg 検出されているが，これは試験前に散布した成分が残留していたものと考えられた。

土壌の垂直方向へは，散水した直後の1~5 cmの土壌試料からダイアジノン0.18 mg/kg，フェニトロチオン0.16 mg/kgが検出され，わずかに浸透していたが，他の下層の土壌試料からは検出されず，大部分の農薬は土壌表層に存在していた。

土壌中の農薬残存量は散布後7日目には3時間後に比べ，ダイアジノンで散水した圃場(A)が6%，散水無しの圃場(B)が9%，同様にフェニトロチオンで13.7%，14.6%であったが，10日後にはいずれも検出されなかった。

土壌中での半減期を散布後3時間と7日経過後の残存量を用い片対数グラフにプロットして求めると，ダイア

表4 土壌中の農薬濃度

(単位: mg/kg dry)

農薬名 モデル圃場	ダイアジノン		フェニトロチオン		
	A	B	A	B	
散布前	I	nd	nd	0.09	0.09
	II	nd	nd	nd	nd
	III	nd	nd	nd	nd
3時間後	I	2.0	2.9	1.9	2.4
	II	0.18	nd	0.16	0.18
	III	nd	nd	nd	nd
7日後	I	0.12	0.26	0.26	0.35
	II	dn	dn	dn	dn
	III	dn	dn	dn	dn
10日後	I	dn	dn	dn	dn
	II	dn	dn	dn	dn
	III	dn	d	d	d

採取深度 I: 0~1 cm II: 1~5 cm III: 5~10 cm
A: 模擬降雨有り B: 模擬降雨無し

ジノンは散水した圃場(A)で1.7日，散水無しの圃場(B)で2.0日，フェニトロチオンは散水の有無に関係なく2.5日になっていた。散水した圃場(A)では流出により初期の農薬濃度がわずかに低かったものの，その後の消失速度には明らかな差異は認められなかった。

文献¹⁾によれば農薬の半減期は土壌の種類により異なっており，火山灰の畑土壌では，ダイアジノン7~14日，フェニトロチオン13~29日，水田土壌ではダイアジノン3~7日，フェニトロチオン7~14日となっている。土壌中での農薬の消失は流出，飛散，揮散，光分解，微生物による分解，化学的分解などによるとされている。今回の半減期が文献値より短いのは試験に用いた圃場にはダイアジノン，フェニトロチオンの散布実績があることから，土壌微生物による生分解の寄与が大きいと推測された。

土壌からの農薬の流出，挙動は土性，植生，降雨状況等の環境要因と農薬の物理化学的性状，特に水溶解度，オクタノール・水間分配係数，土壌吸着平衡定数に影響され，水溶解度は100 mg/lを境に流出形態に差異が見られ，またオクタノール・水間分配係数(log Kow)が3より小さいと溶存態で流出しやすいといわれている^{14,15)}。

今回の試験結果と物理化学的性状との関係から，他の農薬についても畑地土壌における挙動の推定ができると考えられた。

ま と め

畑地における農薬の動態を知る目的で，殺虫剤(ダイアジノン，フェニトロチオン)を用い，モデル圃場で模擬降雨による流出，土壌残留性について検討した。

1 農薬を散布し3時間経過後の模擬降雨 (30 mm/h) により、ダイアジノン散布量の0.13%、フェニトロチオンはその0.08%が流出した。

また流出水の濃度はダイアジノン0.88 $\mu\text{g}/\text{l}$ 、フェニトロチオン0.62 $\mu\text{g}/\text{l}$ であり、流出形態は両農薬ともに溶存態が90%以上を占めていた。

2 土壌粒子(7g)に吸着した形態での流出はダイアジノン13 μg 、フェニトロチオン28 μg で、その濃度はダイアジノン1.9mg/kg、フェニトロチオン4.0mg/kgであった。

3 土壌中での半減期はダイアジノンが散水した圃場(A)で1.7日、散水無しの圃場(B)で2.0日、フェニトロチオンはともに2.5日であり、文献値より短くなっていたが、この要因として土壌中の微生物による生分解の寄与が考えられた。

また10日後には両農薬ともに検出されなかった。

文 献

- 1) 金澤 純：農薬の環境科学，合同出版 (1992)
- 2) 上杉康彦，上路雅子，腰岡政二：最新農薬データブック，ソフトサイエンス社 (1997)
- 3) 野田正司ら：京都府環研年報，41，63～68 (1996)
- 4) 沼辺明博，井上隆信，海老瀬潜一：水環境学会誌，15，662～671 (1992)
- 5) 海老瀬潜一，井上隆信：資源環境対策，30，859～867 (1994)
- 6) 須戸 幹，國松孝男：環境科学会誌，8，261～274 (1995)
- 7) 辻正彦，中野 武，奥野年秀：環境化学：1，71～75 (1991)
- 8) 寺沢潤一ら：長野県衛公研研究報告，14，13～20 (1991)
- 9) 伏脇裕一ら：衛生化学，39，543～548 (1993)
- 10) 山梨県：地力保全基本調査総合成績書 (1994)
- 11) 剣持堅志：水環境学会誌，16，149～159 (1993)
- 12) 柳 茂ら：宮城県保環年報，13，103～110 (1995)
- 13) 柳 茂ら：宮城県保環年報，14，74～78 (1996)
- 14) 南由美子，北野 肇一，加藤充哉：石川県保環年報，34，115～119 (1997)
- 15) 堀 秀朗ら：全国公害研会誌，17，23～28 (1992)