

砂質露地畑におけるパンライシメータ法による 農薬鉛直浸透量の測定

山本 幸洋*, 金子 文宜

千葉県農業試験場

(平成 11 年 8 月 16 日受付, 平成 12 年 4 月 21 日受理)

Measurement of Pesticides Leaching by Using Pan Lysimeter Method on a Sandy Upland Field

Yukihiro YAMAMOTO* and Fuminori KANEKO

*Chiba Prefectural Agricultural Experiment Station,
808 Daizenno-cho, Midori-ku, Chiba 266-0006, Japan*

Extent of pesticides leaching was measured by using the pan lysimeter method on a sandy upland field in Chiba Prefecture, Japan. A collecting pan (30×30 cm) in the lysimeter was installed into the soil profile horizontally at 50 cm below the soil surface. Total volume of leachate and its ratio to the total rainfall during the monitoring period (125 days) was 608.2 mm and 65%, respectively. Daily average volume of leachate was increased by two heavy rains. Test chemicals were dimethoate, simazine, metolachlor, diazinon, chlorotharionil, and Cl^- as a tracer. Among five pesticides, only dimethoate and simazine were detected in the leachate. Maximum concentrations of dimethoate and simazine were 18.4 ppb and 1.0 ppb, respectively. The dimethoate concentration in leachate reached maximum when Cl^- concentration in leachate began to rise. The simazine concentrations in leachate were lower with delayed detection periods and a broader elution profile when compared with those of dimethoate. During the monitoring period, the total mass of pesticide leaching and its ratio to the application rate for dimethoate were 2.99 mg/m² and 3.5%, respectively. The corresponding values for simazine were 0.33 mg/m² and 0.4%, respectively. Daily average amount of dimethoate leaching was significantly increased by the first heavy rain.

(Received August 16, 1999; Accepted April 21, 2000)

Key words: pesticides leaching, sandy upland field, pan lysimeter method, dimethoate, simazine, Cl^- .

緒 言

農耕地に施用された農薬は、その一部が土壌中を鉛直浸透して地下水を汚染することが懸念される。我が国における農薬による地下水汚染事例としては、各務原台地における EDB 汚染¹⁾、浅間山北麓における PCNB 汚染²⁾、沖永良部島における数種類の農薬による汚染³⁾などが報告されている。農薬による地下水汚染に対する規制としては、1997 年に「地下水の水質の汚濁に係わる環境基準」が告示され⁴⁾、1,3-ジクロロプロペン、チウラム、シマジン、チオベンカル

ブの環境基準値が設定された。今後、この基準値を遵守し、農薬による地下水汚染を未然に防止するために、農耕地における農薬の鉛直浸透の機作を明らかにする必要がある。

これまでに、土壌中における農薬の移動性は、土壌の有機炭素含量が低いほど大きくなることが報告されている^{5,6)}。千葉県の代表的な畑耕地の一つである砂質露地畑は、他の畑耕地に比べて有機炭素含量が低く、上記の知見から農薬が鉛直浸透しやすいと考えられる。

そこで、本研究では、砂質露地畑における農薬鉛直浸透の実態を明らかにするために、土壌の成層構造を破壊せず、壁面の影響が無いパンライシメータ法⁷⁾を用いた試験を実施したので報告する。

* To whom correspondence should be addressed.

材料及び方法

1. パンライシメータの構造

パンライシメータの構造は、土壌浸透水を採取するステンレス製の集水パンとポリエチレン製の貯水タンクを接続したものとした (Fig. 1)。集水パンは一辺 30 cm の正方形で、一辺に高さ 3 cm の壁を立て、その直角方向中央を 2 度の角度で折り曲げた。壁中央には穴を開けて直径 3 cm の管を接続し、内部にロックウールを充填して採水管とした。集水パンの設置方法は、縦穴を掘削後、地表面から深さ 50 cm の土壌断面に約 5 度の傾斜をつけて挿入した。貯水タンク内の土壌浸透水の採水は、ビニールチューブを空気抜き用の塩化ビニル製パイプからタンク底面に通し、真空ポンプ (サンケイ理化社製 SK-5401 型) で吸引して行った。

2. 試験区および耕種概要

試験場所は千葉県農業試験場砂地野菜研究室ほ場 (千葉県匝瑳郡野栄町) とした。土壌は中粗粒褐色低地土 (長崎統) であり、その理化学性は、土性が砂土、有機炭素含量が 1.2%, 粘土含量が 4.1%, CEC が 9 me/100 g, 全孔隙率が 54.7%, 仮比重が 1.264 である⁸⁾。試験ほ場の面積は 35 m² (7×5 m) とし、ほ場中央にパンライシメータを設置した (1995 年 8 月 23 日)。

試験期間は、供試農薬を散布した 1996 年 6 月 18 日から 10 月 21 日までの 125 日間とし、採水日を農薬散布 3, 10, 20, 24, 34, 62, 94, 101, 125 日後とした。

耕種概要は、集水パン直上に畦が位置するように、畦高 30 cm, 畦間 100 cm の畦立てをし、供試農薬を散布後、サツマイモを慣行法により栽培した。

3. 供試農薬および分析法

供試農薬は、ジメトエート 43% 乳剤 (散布量は成分換算で 86 mg/m², 水溶解度 25,000 mg/l⁹⁾, 以下表記同じ), メトラクロール 45% 乳剤 (180 mg/m², 488 mg/l⁹⁾), ダイアジノン 40% 乳剤 (80 mg/m², 40 mg/l⁹⁾), シマジン 1% 粒剤 (80 mg/m², 6.2 mg/l⁹⁾), クロロタロニル 40% フロアブル剤 (80 mg/m², 0.9 mg/l⁹⁾) とした。乳剤とフロアブル剤の散布は、

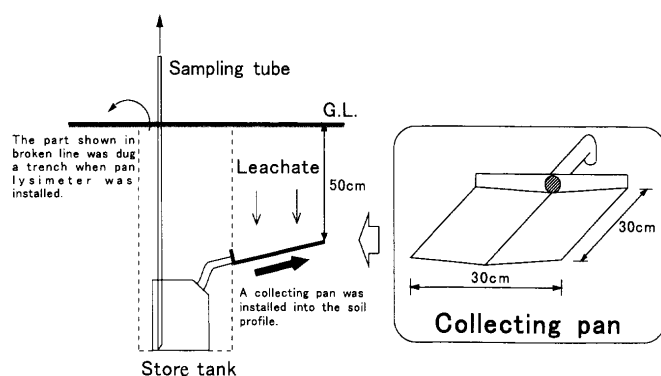


Fig. 1 Schematic design of pan lysimeter method.

水 10 l で希釈して試験ほ場全面に均一に行った。

また、農薬の土壌中における移動性を評価するために、トレーサーとして塩素イオン (以下, Cl⁻) を使用し、農薬散布直後に 2.5% 塩化カリウム溶液 20 l を試験ほ場全面に施用した。

採取した土壌浸透水は、ガラス瓶に約 1 l 分取して分析に供した。各供試農薬は、試料 400 ml に塩化ナトリウム 40 g を加え、ジクロロメタンで転容後、脱水・濃縮し、2 ml のアセトンで定容とし、ガスクロマトグラフ (ヒューレットパッカード社製 HP-6890, 検出器 NPD, 分離カラム DB-1701) 法により定量した。検出限界はジメトエート 0.3 ppb, メトラクロール 3 ppb, ダイアジノン 0.05 ppb, シマジン 0.5 ppb, クロロタロニル 3 ppb であった。Cl⁻ の定量は、オートアナライザー (テクニコン社製 TRAACS-800 型) を用いたチオシアン酸第二水銀比色法による。

また、試験終了時に、パンライシメータ直上の土壌を深さ 10 cm ごとに採取し、供試農薬の土壌残留濃度を測定した。各供試農薬は、生土 30 g からアセトンと水の混合液で抽出し、アセトン留去後ジクロロメタンで転溶し、脱水・濃縮後、2 ml のアセトンで定容とし、土壌浸透水と同様に定量した。検出限界はジメトエート 4 ppb, メトラクロール 40 ppb, ダイアジノン 0.7 ppb, シマジン 7 ppb, クロロタロニル 40 ppb であった。

結 果

1. 土壌浸透水量

試験期間中に採取された総土壌浸透水量は 608.2 mm であり、総降水量 938 mm の 65% に相当した。

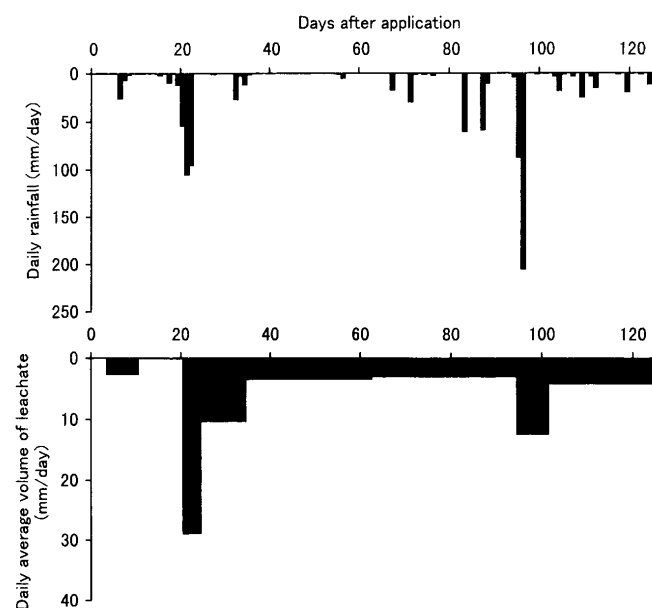


Fig. 2 Daily rainfall and daily average volume of leachate.*

* Daily average volume of leachate (mm/day) = volume of leachate (mm) / an interval between samplings (days).

また、土壤浸透水量の経時的な変化を評価するために、土壤浸透水量を採水間隔日数で除し、日平均土壤浸透水量を算出した (Fig. 2)。試験期間中において、大量降雨が農薬散布 21 日後と 96 日後に発生し、降雨開始から降雨終了までの降水量は、それぞれ 266.0 mm (農薬散布 19~22 日後) と 295.7 mm (散布 94~96 日後) であった。これらの大量降雨により畦間が湛水し、表面流出水が発生した。日平均土壤浸透水量は、2 回の大量降雨に対応し、農薬散布 21 日後から 24 日後および 95 日後から 101 日後に顕著に増加した。

2. 土壤浸透水中の農薬および塩素濃度

土壤浸透水中のジメトエート濃度は、農薬散布 24 日後に最高濃度の 18.4 ppb に達し、その後低下して 94 日後には検出限界以下となった (Fig. 3)。また、シマジン濃度は、農薬散布 34 日後から 101 日後までの期間に 0.8 ppb から 1.0 ppb の範囲で推移し、125 日後に検出限界以下となった。

一方、メトラクロール、ダイアジノン、クロロタロニルは、土壤浸透水中から検出されなかった。

土壤浸透水中の Cl^- 濃度は、農薬散布 10 日後は 14.6 ppm であったが、24 日後に 25.7 ppm と上昇し、34 日後には最高濃度の 69.5 ppm に達し、94 日後には 13.4 ppm に低下した。

3. 農薬鉛直浸透量

農薬濃度と土壤浸透水量の積を農薬鉛直浸透量とし、農薬散布量に対する農薬鉛直浸透量の割合を流出率とした。その結果、試験期間中における総農薬鉛直浸透量はジメトエートが 2.99 mg/m²、シマジンは 0.33 mg/m² となり、流出率はそれぞれ 3.5% と 0.4% であった。

また、ジメトエートとシマジンの鉛直浸透量の経時的な変化を評価するために、両農薬濃度に日平均土壤浸透水量を乗じ、日平均鉛直浸透量を算出した (Fig. 4)。ジメトエートとシマジンの日平均鉛直浸透量は、大量降雨に対応して増加した。特に、農薬散布 21 日後から 24 日後におけるジメトエートの日平均鉛直浸透量は、散布 21 日後の大量降雨

に対応して顕著に増加した。

4. 土壤残留農薬量

試験終了時の土壤残留濃度は、深さ 0~10 cm および 10~20 cm におけるメトラクロールの 90 ppb が最も高く、次いで深さ 10~20 cm におけるシマジンの 61 ppb が高かった (Fig. 5)。クロロタロニルは、いずれの土層においても検出されなかった。

供試農薬の土壤残留濃度に各土層の体積と仮比重を乗じ、5 層の総和をほ場単位面積あたりの土壤残留農薬量とし、農薬散布量に対する土壤残留農薬量の割合を土壤残留率とした。その結果、土壤残留農薬量はジメトエートが 1.5 mg/m²、メトラクロールが 20 mg/m²、ダイアジノンが 0.53 mg/m²、シマジンが 13.4 mg/m² となり、土壤残留率はそれぞれ 1.7%、10%、0.66%、および 17% であった。

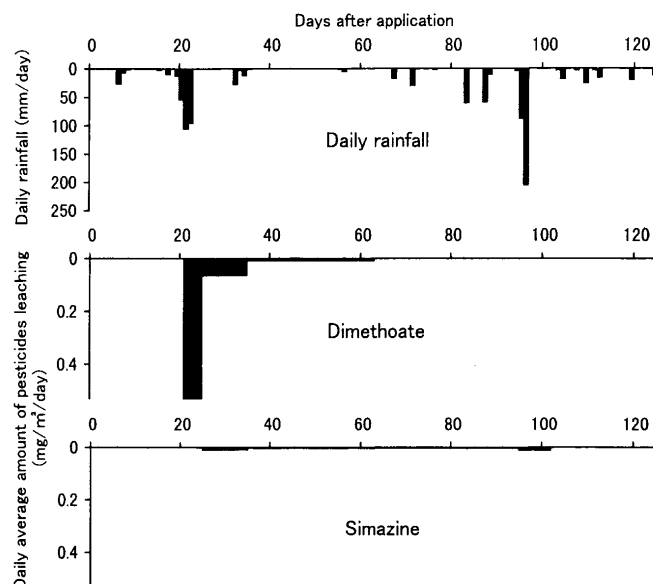


Fig. 4 Daily rainfall and daily average amount of pesticides leaching.*

* Daily average amount of pesticides leaching (mg/m²/day) = concentration of pesticides (ppb) / 1000 × daily average volume of leachate (mm/day).

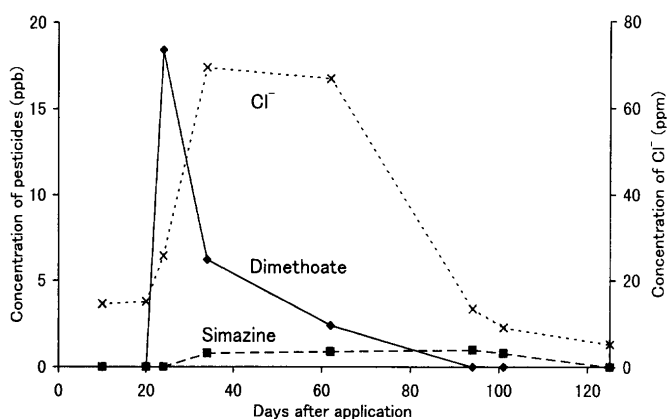


Fig. 3 Concentration of pesticides and Cl^- in leachate.

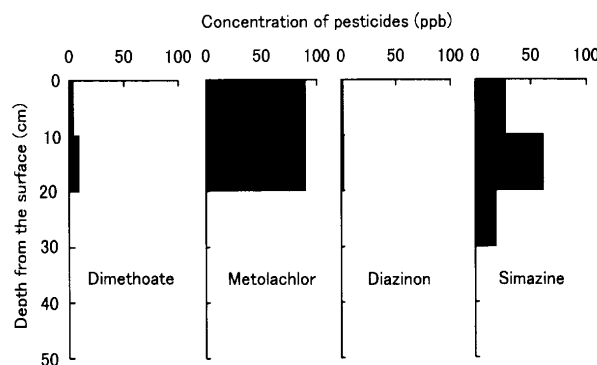


Fig. 5 Concentration of pesticides in soil at 125 days after application.*

* Chlorotharionil was not detected in the soil.

考 察

1. 砂質露地畑における農薬鉛直浸透状況

農薬の土壌有機炭素吸着定数 (K_{oc}) と土壌中半減期は、農薬の鉛直浸透に大きく影響するといわれている^{10,11)}。一方、非イオン性農薬は、水溶解度と K_{oc} の間に負の相関があることが知られている¹²⁾。本研究において供試したジメトエート、メトラクロール、ダイアジノン、およびクロタロニルは非イオン性農薬であり、この中で水溶解度が最も高いジメトエートは K_{oc} が最も低いと考えられる。このことから、ジメトエートは、土壌に吸着されにくいために鉛直浸透が認められたと考えられた。また、シマジンは、水溶解度がメトラクロールとダイアジノンより低いにもかかわらず鉛直浸透が認められた。この理由としては、シマジンの土壌中半減期が、試験終了時の土壌残留率から供試農薬の中で最も長いと推定されることや、シマジンの土壌吸着特性が側鎖にある NH 基の影響で他の供試農薬と異なることなどが考えられるが、今後検討する必要がある。

本研究においてトレーサーとして用いた Cl^- は、土壌中において水とほぼ同時に移動する¹³⁾。土壌浸透水中におけるジメトエートと Cl^- の濃度推移を比較すると、ジメトエート濃度は、 Cl^- 濃度が上昇し始めた農薬散布 24 日後に最高値 18.4 ppb に達し、 Cl^- が最高値に達した 34 日後以降は急激に減少した。これらのことから、ジメトエートは、土壌中の湿潤前線において高濃度であったと考えられ、砂質露地畑における移動性が極めて高いと考えられた。これに対し、土壌浸透水中におけるシマジンの濃度推移は、ジメトエートと比べて検出時期が農薬散布 34 日後から 101 日後と遅延し、濃度が最高値で 1.0 ppb と低く、ピークの形状が不明瞭であった。このことから、シマジンはジメトエートよりも砂質土における移動性が低いと考えられた。

また、ジメトエートの日平均鉛直浸透量は、農薬散布 21 日後の大量降雨に対応して顕著に増加した。このことから、砂質露地畑における農薬鉛直浸透に影響を及ぼす重要な要因として、農薬散布後の降雨条件が考えられた。

試験終了時における供試農薬の土壌残留率は、シマジンとメトラクロールが 10% 以上と高かった。このことから、砂質露地畑においてこれら農薬の鉛直浸透量を測定する場合は、試験期間をさらに長くする必要があると考えられた。

2. パンライシメータ法の有効性と課題

今後、農薬による地下水汚染を未然に防止するために、農家のほ場において農薬の鉛直浸透量を調査する必要がある。しかし、従来の土壌浸透水採取方法であるライシメータ法は、側壁が地上に露出するため通常の耕うん作業が不可能であり、農家のほ場における調査は困難であった。また、ライシメータ法は土壌の成層構造を破壊する上、壁面の影響により農薬の鉛直浸透量を過大評価しやすい短所が

あった。これに対し、パンライシメータ法の長所は、通常の耕うん作業が可能で農家のほ場における調査が容易であること、土壌の成層構造を破壊しないこと、壁面の影響が無いことが挙げられる。パンライシメータ法の短所は、集水パン上部で発生した重力水域の土壌浸透水を採取しており⁷⁾、それより高い pF 域の土壌浸透水を採取しにくいことである。しかし、砂質露地畑を用いた本研究において、総土壌浸透水量は総降水量の 65% に相当し、日平均土壌浸透水量は日降水量に対応した変化が認められた。

以上のことから、パンライシメータ法は、砂質露地畑における農薬鉛直浸透量を調査する手法として有効と考えられた。今後は、農家のほ場において利用できる特徴を生かしながら、パンライシメータ法の集水特性をさらに改善することが必要であろう。

要 約

パンライシメータ法を用いて砂質露地畑における農薬の鉛直浸透量を測定した。パンライシメータの集水パン (30×30 cm) は、地表下 50 cm に設置した。試験期間中 (125 日間) における総土壌浸透水量は 608.2 mm で、総降水量の 65% に相当した。また、日平均土壌浸透水量は、2 回の大量降雨により顕著に増加した。供試農薬は、ジメトエート、シマジン、メトラクロール、ダイアジノン、クロタロニルとし、トレーサーとして Cl^- を用いた。その結果、ジメトエートとシマジンが土壌浸透水中から検出され、最高濃度はそれぞれ 18.4 ppb と 1.0 ppb であった。土壌浸透水中のジメトエート濃度は、 Cl^- 濃度の上昇と同時に最高値に達した。シマジンの濃度推移は、ジメトエートと比べて検出時期が遅延し、最高値が低く、ピークの形状が不明瞭であった。試験期間中における総農薬鉛直浸透量は、ジメトエートが 2.99 mg/m²、シマジンが 0.33 mg/m² であり、流出率はそれぞれ 3.5% と 0.4% であった。ジメトエートの日平均鉛直浸透量は、最初の大量降雨により顕著に増加した。

本研究を行うにあたり、当場砂地野菜研究室と生産環境研究室の各位には多大なるご協力を頂いた。とりまとめにあたっては、当場生産環境研究室青柳森一室長、同生物工学研究室丸 諭室長にご助言を賜った。また、農林水産省農業環境技術研究所除草剤動態研究室高木和広博士、同渡邊裕純博士にご校閲を賜った。ここに記して深く感謝の意を表する。

引 用 文 献

- 1) 各務原市地下水汚染研究会：各務原台地の地下水汚染，pp. 236-246, 1990
- 2) 田瀬則雄・佐伯明義・伏脇裕一：地下水学会誌 **31**, 31 (1989)
- 3) 田代 豊・谷山鉄郎：日作紀 **65**, 77 (1996)
- 4) 環境庁：環境庁告示第 10 号 (1997)
- 5) P. J. McCall, R. L. Swann, D. A. Laskowski, S. M. Unger, S. A. Vrona & H. J. Dishburger: *Bull. Environ. Contam.*

-
- Toxicol.* **24**, 190 (1980)
- 6) 奴田原誠克・市原 勝：高知農林研報 **22**, 17 (1990)
- 7) 金子文宜・山本幸洋：土肥誌 **70**, 190 (1999)
- 8) 千葉県：地力保全基本調査総合成績書, pp. 152-153, 1978
- 9) 金澤 純編纂：農薬の環境特性と毒性データ集, 合同出版, 1996
- 10) 楯塚昭三・山本広基：土と農薬, 日本植物防疫協会, pp. 84-97, 1998
- 11) D. I. Gustafson: *Environ. Toxicol. Chem.* **8**, 339 (1989)
- 12) J. Kanazawa: *Environ. Toxicol. Chem.* **8**, 477 (1989)
- 13) 佐久間敏雄・飯塚文男・岡島秀夫：土肥誌 **47**, 470 (1976)