

# COMPORTAMENTO DE METABÓLITOS TÓXICOS DO INSETICIDA DISSULFOTON-<sup>14</sup>C EM FEIJOEIRO E EM SOLO<sup>1</sup>

MARA M. DE ANDRÉA<sup>2</sup>, FREDERICO M. WIENDL<sup>3</sup> e ELZA F. RÜEGG<sup>4</sup>

**RESUMO** - Estudou-se a absorção, translocação e degradação em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), de três metabólitos tóxicos - provavelmente sulfóxido, sulfóxido fosforotiolato e sulfona - do inseticida dissulfoton-<sup>14</sup>C, aplicados em três tipos de solos brasileiros. Os compostos foram extraídos dos solos e plantas com solventes orgânicos e quantificados pelo sistema de cintilação líquida. Os extratos orgânicos foram cromatografados em camada delgada e autorradiografados para visualização dos compostos. Plantas e solos foram submetidos à combustão úmida para determinação dos resíduos ligados. Nos solos, os compostos quase não se dissiparam; porém, as plantas metabolizaram rapidamente os produtos absorvidos. As quantidades de resíduos ligados aos solos foram crescentes em relação ao tempo e mostraram alguma relação com o conteúdo de matéria orgânica. O perigo de aparecimento de resíduos nas plantas e da conseqüente contaminação do ambiente parece não existir; contudo, os compostos podem permanecer nos solos e poluir o ambiente edáfico.

**Termos para indexação:** *Phaseolus vulgaris*, absorção, translocação, degradação, poluição.

## BEHAVIOUR OF TOXIC METABOLITES OF THE INSECTICIDE <sup>14</sup>C-DISSULFOTON IN BEANS AND SOILS

**ABSTRACT** - The absorption, translocation, and degradation of three toxic metabolites - probably sulfoxide, oxon sulfoxide and sulfone - of the insecticide <sup>14</sup>C-dissulfoton applied in three types of Brazilian soils were studied in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings and soils. The compounds were extracted from soils and seedlings with organic solvents, and quantified by the liquid scintillation system. The organic extracts were thin-layer chromatographed and autoradiographed for visualization of the compounds. Seedlings and soils were also submitted to wet combustion to determine the bound residues. In the soils, the compounds did almost not dissipate, although the plants metabolized rapidly the absorbed compounds. The amount of bound residues increased in the soils with time, and showed some relation with the organic matter content. It seems that the hazard of environmental contamination due to plant residues does not exist. However, the compounds can remain in the soils and pollute the edaphic environment.

**Index terms:** *Phaseolus vulgaris*, absorption, translocation, degradation, pollution.

## INTRODUÇÃO

É necessário estudar o comportamento dos agrotóxicos no ambiente, pois são largamente utilizados pelos agricultores sem que se saiba realmente o que ocorre no ambiente após sua aplicação. Este tipo de estudo é muito facilitado pelo uso de agrotóxicos radiomarcados, cujas propriedades físicas facilitam a detecção de quantidades de resíduos e permitem rápido rastreamento do composto aplicado.

Em relação ao comportamento do dissulfoton no solo, pouco se sabe, principalmente no Brasil, onde é indicado como inseticida e acaricida sistêmico, cuja modalidade de emprego é indicada para tratamento de sementes e de solo por ocasião do plantio de diversas culturas, entre elas, o feijão (Gelmini et al. 1986). Tem sido recomendado porque é rapidamente oxidado nas plantas até produtos atóxicos (Szeto et al. 1983) e o princípio ativo, que é classificado como altamente tóxico, possui persistência média no ambiente degradando-se em sulfóxidos e sulfonas (Gelmini et al. 1986). Também, pouco se conhece a respeito destes metabólitos no ambiente, mas sabe-se que a ação do dissulfoton se dá pela forma biotransformada, sendo por isso chamado de inseticida endometatóxico (Eto 1974). Sabe-se, ainda, que os metabólitos solúveis em solvente orgânico são tóxicos e os hidrossolúveis são atóxicos (Metcalf et al. 1957, Bull 1965 e Ridgway et al. 1965).

O presente trabalho relata estudo de absorção, translocação e degradação, em feijoeiro, de três me-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 26 de julho de 1988.

Experimento realizado com auxílio financeiro da EMBRAPA. Parte do trabalho de Dissertação de Mestrado apresentada pela primeira autora à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ)/USP, em novembro de 1986.

<sup>2</sup> Biologista, Centro de Radioisótopos, Inst. Biológico, Caixa Postal 7119, CEP 01000 São Paulo, SP.

<sup>3</sup> Biologista, Prof. - Adj., Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA)/USP, Caixa Postal 96, CEP 13400 Piracicaba, SP.

<sup>4</sup> Bióloga, Centro de Radioisótopos, Instituto Biológico, SP.

tabólitos tóxicos do inseticida dissulfoton-<sup>14</sup>C, aplicados em três tipos de solos brasileiros.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Planta

Foram usadas plântulas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cv. Carioca, germinadas em papel-toalha e, após uma semana, transferidas para solução de Hoagland & Arnon (1950), onde permaneceram até o início dos testes.

### Solos

Estudou-se o Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) proveniente do campo experimental do Instituto Biológico, SP (solo muito argiloso com 14% de areia, 9% de limo, 77% de argila e 0,36% de matéria orgânica); a Terra Roxa Estruturada (TRE) proveniente de Londrina, PR (solo argiloso com 6,7% de areia, 44,1% de limo, 49,2% de argila e 2,78% de matéria orgânica), e o Podzólico Vermelho-Amarelo (PVA) proveniente de Campina Grande, PB (solo barro-argiloso com 44,0% de areia, 18,7% de limo, 37,3% de argila e 5,04% de matéria orgânica), cujas características físicas e químicas foram determinadas pelo Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ)/USP.

### Dissulfoton

Tanto o dissulfoton-etileno-1 marcado com <sup>14</sup>C (teor de pureza radioquímica 94,52% e atividade específica de 20,4 mCi/mM) como o dissulfoton carregador foram gentilmente cedidos pela Bayer SA, que forneceu também suas especificações. Na ocasião dos experimentos, fez-se cromatografia do dissulfoton-<sup>14</sup>C em camada delgada em cromatoplaça de sílica gel-60 (Merck), usando-se como sistema de solventes hexano-acetona (9:1), seguida de auto-radiografia por exposição das placas a filmes de raio-X, conforme Tomizawa & Kazano (1979). De acordo com o método destes autores, foram localizados os seguintes compostos: sulfóxido fosforotiolato do dissulfoton, R<sub>f</sub> 0,03 a 0,05; sulfóxido do dissulfoton, R<sub>f</sub> 0,07 a 0,11, e sulfona do dissulfoton, R<sub>f</sub> 0,4 a 0,5, que foram admitidos como os compostos efetivamente estudados, apesar de não se dispor dos padrões desses metabólitos.

### Translocação do inseticida do solo para as plantas e extração dos solos

Amostras de 100 g dos solos LVA, TRE e PVA foram colocadas em copos de plástico de 8,5 cm de altura e aproximadamente 7,0 cm de diâmetro, revestidos internamente com papel de alumínio. As amostras de solos pré-umedecidos à capacidade de campo, adicionou-se 1 ml de solução em hexano contendo 1.000 µg/ml da mistura de metabólitos de dissulfoton carregador e 7,4 kBq/ml da mistura de metabólitos de dissulfoton traçador ou radioativo, totalizando 10 ppm dos compostos no solo. Deixou-se evaporar o solvente e colocou-se uma plântula de feijão de 21 dias, em cada vaso. A intervalos de 1, 2, 3, 4, 7 e 14 dias após o tratamento, retiraram-se cuidadosamente as plantas, misturou-se muito bem o solo de cada copo, e foram separados 20 g para extração. As estas subamostras adicionaram-se 20 g de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anidro, 30 ml de acetona e processou-se a extração por agitação mecâni-

ca durante quatro horas, descanso de uma hora e filtragem do sobrenadante. As replicatas de solo foram re-extraídas por agitação mais duas vezes, com 20 ml de hexano de cada vez, completando-se, assim, o processo de extração exaustiva. Alíquotas de 20 ml dos extratos foram evaporadas, e, após adição de líquido cintilador, conforme Mesquita & Rüegg (1984), foram quantificadas em cintilador líquido (Beckman LS-230 ou LS-100), com correção de "quenching" pelo método de razão de canais com fonte externa. A recuperação do radiocarbono por este método foi de 93,09% ± 0,39% para o solo LVA, 100,29% ± 1,63% para o TRE, e 94,81% ± 1,98% para o PVA, usando-se separadamente triplicatas de cada solo para as determinações. Todos os resultados de extração de solos foram corrigidos por estes valores.

### Extração de plantas

As plantas foram retiradas dos vasos, e suas raízes, lavadas com água corrente para retirar partículas ou resíduos que pudessem representar contaminação de superfície (Andréa et al. 1983). As plantas foram divididas em raízes, caule e folhas, e depois, pesadas e extraídas. A extração consistiu de maceração dos tecidos com porções de hexano que variavam de 4 ml a 7 ml, conforme o peso de tecido (Tsao & Clark 1961). Para separação dos compostos hidrossolúveis, as porções de hexano foram combinadas e lavadas com água destilada, cujo volume correspondia à metade do volume de hexano (Andréa et al. 1983). As duas fases foram separadas, e alíquotas de 1 ml de cada fase foram quantificadas por cintilação líquida após adição do líquido cintilador descrito por Mesquita & Rüegg (1984). A recuperação do método foi de 92,82% ± 5,25% usando-se três determinações, e os resultados dos ensaios foram corrigidos por este valor. A variação da temperatura foi de 18°C a 22°C durante o período do teste.

### Combustão úmida

O radiocarbono remanescente nos solos e plantas após extração com solventes foi determinado por combustão úmida (Smith et al. 1964), usando-se amostras de 2 g de solo LVA, 1 g de TRE ou PVA e, no máximo, 100 mg de tecido de planta. A recuperação do método foi de 85,50% ± 2,75%, usando-se três determinações, e os resultados foram corrigidos por este valor.

### Cromatografia em camada delgada

Duplicatas de 15 ml dos extratos hexano-acetona dos solos foram concentrados por evaporação a seco. Os resíduos foram retomados em porções de 0,2 ml a 0,5 ml de hexano, que foram aplicadas em cromatoplaças de sílica gel-60. Estas foram desenvolvidas unidimensionalmente em hexano-acetona (9:1), conforme Tomizawa & Kazano (1979). Após a secagem, os cromatogramas foram auto-radiografados por exposição a filmes de raio-X. Não se fez cromatografia de extrato de planta, pois elas apresentaram quantidade muito pequena de radioatividade.

## RESULTADOS

Os resultados da recuperação, distribuição, fator de bioconcentração e coeficiente de partição/água nas plantas e nos solos LVA, TRE e PVA, onde fo-

ram aplicados metabólitos de dissulfoton-<sup>14</sup>C, acham-se nas Tabelas 1, 2 e 3 e Fig. 1, 2 e 3, respectivamente, para cada solo.

O fator de bioconcentração (FBC) foi calculado conforme Takase & Oyama (1985). O coeficiente de partição entre compostos solúveis em hexano e hidrossolúveis nas plantas, que mede o índice de descontaminação do material, pois os compostos hidrossolúveis são atóxicos (Metcalf et al. 1957), foi calculado conforme Metcalf et al. (1959) e Ridgway et al. (1965).

Em relação ao solo LVA (Tabela 1), nota-se que, de um modo geral, a radioatividade nas plantas aumentou com o tempo de contato com o solo tratado, chegando a 5,71% do aplicado. Esta radioatividade predominou nas raízes na maioria dos tempos (Fig.

1), e, principalmente, como compostos solúveis em hexano. Apenas no 14º dia houve predomínio de radioatividade entre folhas, caule e raízes. Os coeficientes de partição hexano/água mostram o predomínio dos metabólitos solúveis em hexano; porém, com o tempo, a relação hexano/água diminuiu. Neste solo (Tabela 1), a recuperação do radiocarbono foi decrescente com o tempo, tanto por extração como por combustão. Os resíduos ligados às plantas, também detectados por combustão, foram sempre baixos, chegando a apenas 1,44% após 14 dias de teste. O fator de bioconcentração (FBC) também foi crescente, porém nem chegou à unidade.

Os resultados de recuperação e distribuição do radiocarbono nas plantas provenientes do solo TRE acham-se na Tabela 2 e Fig. 2. A absorção pelas

**TABELA 1. Percentagem de recuperação do radiocarbono em relação à quantidade aplicada no solo LVA ( $\bar{X} \pm d.p.$  dos dados).**

	Tempo (dias)					
	1	2	3	4	7	14
Resíduo extraído das plantas	0,80 ± 0,30	1,11 ± 0,39	3,96 ± 3,00	1,05 ± 0,09	3,98 ± 1,45	5,57 ± 1,82
Resíduo ligado às plantas <sup>a</sup>	0,19	-	0,45	-	0,68	1,44
Resíduo extraído do solo	57,22 ± 2,18	63,78 ± 7,64	48,49 ± 2,55	37,19 ± 10,35	44,62 ± 3,30	34,83 ± 10,55
Resíduo ligado ao solo <sup>a</sup>	3,65	-	4,25	-	6,91	6,19
Total	61,86		57,15		56,19	48,17
FBC <sup>b</sup>	0,01	0,02	0,08	0,03	0,09	0,16
Coeficiente de partição hexano/água nas plantas	1,84	1,49	1,87	1,45	1,19	1,40

a - média de duas replicatas

$$b = \frac{\text{percentagem de radioatividade nas plantas}}{\text{percentagem de radioatividade no solo}}$$

**TABELA 2. Percentagem de recuperação do radiocarbono em relação à quantidade aplicada no solo TRE ( $\bar{X} \pm d.p.$  dos dados).**

	Tempo (dias)					
	1	2	3	4	7	14
Resíduo extraído das plantas	2,17 ± 1,08	0,56 <sup>a</sup>	0,53 ± 0,12	0,45 ± 0,23	1,69 ± 0,56	2,09 ± 0,86
Resíduo ligado às plantas <sup>a</sup>	0,15	-	0,27	-	0,30	0,82
Resíduo extraído do solo	55,17 ± 1,54	40,84 ± 4,76	51,93 ± 4,49	46,56 ± 6,13	47,89 ± 3,18	23,07 ± 6,15
Resíduo ligado ao solo <sup>a</sup>	5,27	-	7,96	-	11,09	18,36
Total	62,76		60,69		60,97	44,34
FBC <sup>b</sup>	0,04	0,01	0,01	0,01	0,03	0,09
Coeficiente de partição hexano/água nas plantas	1,97	1,05	1,63	0,71	1,13	0,91

a - média de duas replicatas

$$b = \frac{\text{percentagem de radioatividade nas plantas}}{\text{percentagem de radioatividade no solo}}$$

**TABELA 3. Percentagem de recuperação do radiocarbono em relação à quantidade aplicada no solo PVA ( $\bar{x} \pm d.p.$  dos dados).**

	Tempo (dias)					
	1	2	3	4	7	14
Resíduo extraído das plantas	1,19 ± 0,18	0,95 ± 0,81	0,34 ± 0,14	1,00 ± 0,54	2,09 ± 0,14	1,35 ± 0,53
Resíduo ligado às plantas <sup>a</sup>	0,10	-	0,13	-	0,27	0,40
Resíduo extraído do solo	59,36 ± 3,06	43,78 ± 1,71	58,95 ± 5,62	57,40 ± 13,33	59,97 ± 14,64	56,73 ± 4,48
Resíduo ligado ao solo <sup>a</sup>	3,83	-	7,45	-	12,32	9,35
Total	64,48		66,87		74,65	67,83
FBC <sup>b</sup>	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02
Coefficiente de partição hexano/água nas plantas	2,95	1,96	0,74	1,53	1,49	0,74

a - média de duas replicatas  
 b -  $\frac{\text{percentagem de radioatividade nas plantas}}{\text{percentagem de radioatividade no solo}}$

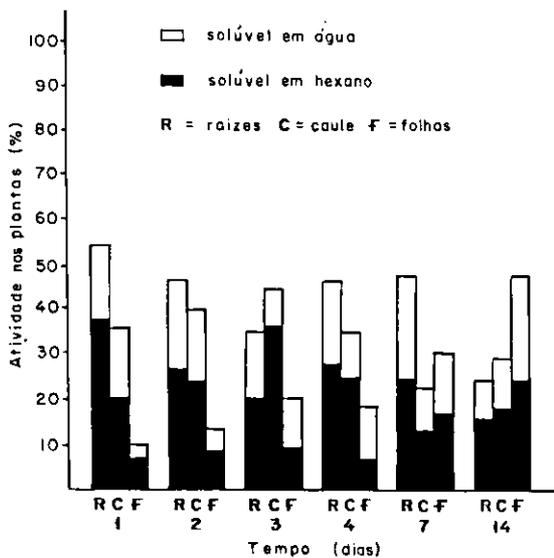


FIG. 1. Distribuição do  $^{14}\text{C}$  nos feijoeiros cultivados em solo LVA tratado com metabólitos de dissulfoton- $^{14}\text{C}$ .

plantas foi alta no primeiro dia, e decresceu até o 7<sup>o</sup> dia, quando voltou a aumentar. No primeiro dia, qualitativamente, esta radioatividade foi predominantemente atribuída a compostos solúveis em hexano nas raízes e hidrossolúveis nas folhas (Fig. 2). Com o decorrer do tempo, a quantidade de compostos hidrossolúveis foi aumentando nas folhas e diminuindo nas raízes. No caule, a distribuição entre compostos solúveis em hexano e hidrossolúveis foi sempre aproximada (Fig. 2). Os coeficientes de par-

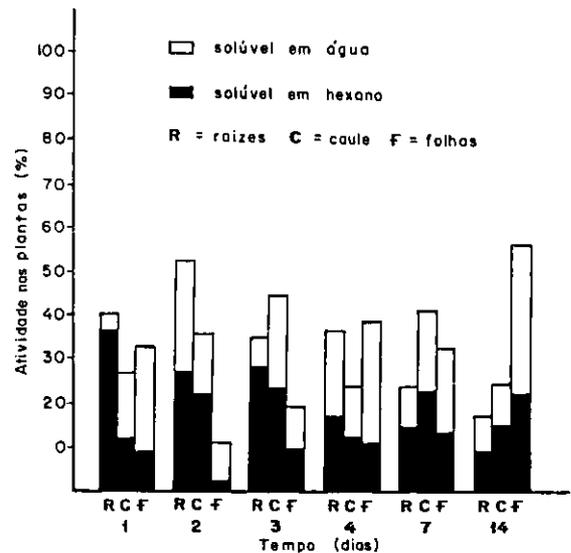


FIG. 2. Distribuição do  $^{14}\text{C}$  nos feijoeiros cultivados em solo TRE tratado com metabólitos de dissulfoton- $^{14}\text{C}$ .

tição hexano/água mostraram, a princípio, predomínio de metabólitos tóxicos; porém, ao final, a diferença entre os tempos 1 e 14 foi igual a um, provando que a quantidade de hidrossolúveis-atóxicos no tempo 14 foi muito maior do que no tempo 1 (Tabela 2). De modo geral, a recuperação do radiocarbono nas plantas do solo TRE foi menor do que nas plantas do solo LVA (Tabela 1). Também os resíduos ligados às plantas aumentaram, mas este aumento foi muito pequeno e sempre em menor quantidade do

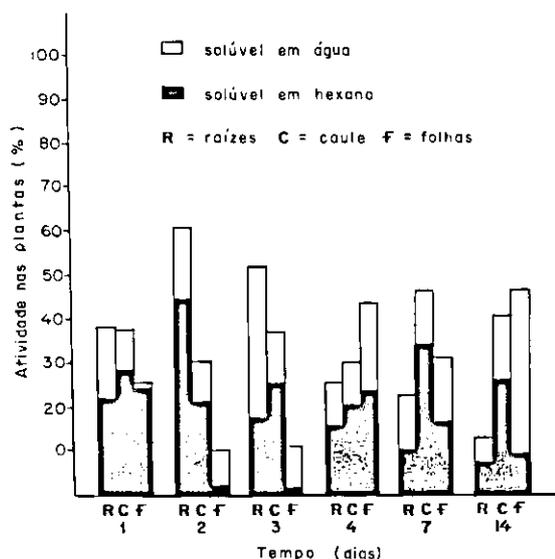


FIG. 3. Distribuição do <sup>14</sup>C nos feijoeiros cultivados em solo PVA tratado com metabólitos de dissulfoton-<sup>14</sup>C.

que nas plantas do solo LVA (Tabela 1). Quanto aos resíduos extraídos do solo TRE (Tabela 2), houve decréscimo de, aproximadamente, 25%, apenas no 14º dia; em compensação, a quantidade de resíduos ligados ao solo foi crescente desde o primeiro dia. Os valores de FBC foram muito baixos, só aumentando no 14º dia, e sempre mais baixos que os do solo LVA.

Os resultados de recuperação e distribuição qualitativa de resíduos nas plantas e solo PVA acham-se na Tabela 3 e Fig. 3. A recuperação de resíduos extraídos nas plantas foi semelhante ora ao solo LVA (tempos 1, 2 e 4 (Tabela 1), ora ao solo TRE (tempos 3, 7 e 14 (Tabela 2). Porém, ao final de 14 dias de contato com solo tratado, as plantas provenientes do solo PVA foram as que apresentaram menor taxa de absorção. Quanto à qualidade dos resíduos extraídos das plantas (Fig. 3) vê-se que houve, a princípio, grande predominância dos compostos solúveis em hexano, em todos os órgãos e, até o 3º dia, a quantidade de radiocarbono recuperada foi maior nas raízes. Os compostos hidrossolúveis atóxicos somente predominaram no 14º dia, como também se verificou nas plantas provenientes dos outros solos. Porém, no caule, os compostos solúveis em hexano sempre predominaram. As diferenças nos coeficientes de partição hexano/água entre todos os tempos estudados, foram as maiores apresentadas pois houve um aumento de 2,21 dos hidrossolúveis ao final dos 14

dias. Os FBC foram sempre baixos e os mais baixos em relação aos outros solos.

### DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Nota-se que em todos os solos, desde o primeiro dia do início do teste, não se recuperou o total da radioatividade aplicada (Tabelas 1, 2 e 3). Como os resultados dos testes de recuperação dos métodos de extração foram altos para os três solos, podemos supor que pelo menos uma parte dos compostos radioativos tenha sido volatilizada. Segundo Takase & Nakamura (1974), entre os prováveis metabólitos aplicados o sulfona é o mais volátil. Desde que as auto-radiografias dos cromatogramas dos extratos de solos confirmaram que apenas o sulfóxido fosforotiolato e o sulfóxido do dissulfoton estavam presentes nos solos, estes eram os compostos que realmente estavam disponíveis para absorção pelas plantas, sendo que durante o processo provavelmente ocorreu a evaporação do sulfona presente na solução aplicada aos solos.

Nas plantas de todos os solos, o predomínio de compostos solúveis em hexano foi sendo diminuído em favor dos hidrossolúveis-atóxicos, principalmente nas folhas, provavelmente como resultado do metabolismo e translocação no vegetal (Ridgway et al. 1965). Porém, as médias das percentagens do radiocarbono recuperadas nas plantas dos solos LVA, TRE e PVA foram 2,7%, 1,3% e 1,1%, respectivamente (Tabelas 1, 2 e 3), notando-se que, quanto maior o conteúdo de matéria orgânica dos solos, menor foi a absorção pelas plantas. Os coeficientes de partição, ou índices de descontaminação (Metcalf et al. 1959 e Ridgway et al. 1965), mostraram relação inversa às quantidades absorvidas, isto é, no solo PVA a diferença entre o primeiro e o décimo quarto dia foi de 2,21 a mais de compostos hidrossolúveis formados. No solo TRE, a diferença no mesmo período foi de 1,06, e no solo LVA, de apenas 0,40. A matéria orgânica pode ter sido a causadora tanto da menor absorção quanto do predomínio de compostos hidrossolúveis. Ela adsorveria mais os compostos no solo (Graham-Bryce 1967) e também possibilitaria maior crescimento de microrganismos que poderiam ter degradado, ainda no solo, uma parte dos metabólitos aplicados (Takase et al. 1972 e Leidy & Sheets 1980).

O desaparecimento de metabólitos extraíveis dos solos foi pequeno, pois após quatorze dias apenas 22%, 32% e 2% tinham desaparecido dos solos LVA, TRE e PVA, respectivamente. Takase et al.

(1972) e Takase & Oyama (1985) verificaram que o desaparecimento do dissulfoton é rápido, porém os metabólitos oxidados persistem por mais tempo. Isto significa que estes metabólitos, permanecendo no solo, poderiam representar risco de poluição do ambiente edáfico.

A quantidade de resíduos ligados às plantas foi sempre baixa, independentemente do tipo de solo, e os valores foram muito próximos, mostrando que os metabólitos presentes nas plantas não se adsorveram significativamente ao material celular. Os resíduos ligados ao solo foram, de modo geral, crescentes e não muito diferentes para os três solos estudados. Porém, apesar de o intervalo de tempo de estudo ter sido pequeno, nota-se tendência de maior formação de resíduos ligados ao solo, nos solos com maior conteúdo de matéria orgânica. Em face do aumento destes resíduos com o tempo, maior quantidade torna-se disponível para as plantas, diminuindo a ação inseticida e aumentando o risco de poluição dos solos.

Finalmente, os valores de FBC indicam que o perigo de bioconcentração dos metabólitos nas plantas é mínimo, como já foi apontado por Tomizawa & Kazano (1979). Os valores mais altos foram encontrados no solo mais pobre em matéria orgânica, o LVA, onde chegaram a apenas 0,16. Assim, o perigo e contaminação ambiental a partir das plantas parece não existir, desde que cultivadas em solos com as características dos solos TRE e PVA, pois as plantas metabolizaram rapidamente os compostos aplicados. Por outro lado, as plantas provenientes de solo com as características do LVA, mesmo após quatorze dias apresentaram predomínio de compostos solúveis em hexano, tóxicos, que poderiam persistir até a formação das sementes.

#### REFERÊNCIAS

- ANDRÉA, M.M. de; LORD, K.A.; RÜEGG, E.F. Distribution of  $^{14}\text{C}$  in soil and rice plants following application of  $^{14}\text{C}$ -parathion to soil. *Energ. Nucl. Agric.*, Piracicaba, 5:41-57, 1983.
- BULL, D.L. Metabolism of di-syston by insects, isolated cotton leaves, and rats. *J. Econ. Entomol.*, 58:249-54, 1965.
- ETO, M. **Organophosphorus pesticides**: organic and biological chemistry. Cleveland, CRC Press, 1974. 387p.
- GELMINI, G.A.; NOVO, J.P.S.; ZAMARIOLLI, D.P. **Coletânea de portarias e informações gerais sobre defensivos agrícolas e recetário agrônomico**. Campinas, Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1986. p.137.
- GRAHAM-BRYCE, I.J. Adsorption of disulfoton by soil. *J. Sci. Fd. Agric.*, 18:72-7, 1967.
- HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. **The water-culture method for growing plants without soil**. California, Univ. Calif., 1950. p.343-9. (Univ. Calif. Agric. Exp. Stn. Circ.)
- LEIDY, R.B. & SHEETS, T.J. Residues of ethoprop and disulfoton in soils and flue-cured tobacco. *Beitr zur Tabakforsch. Intern.*, 10:127-33, 1980.
- MESQUITA, T.B. & RÜEGG, E.F. Influência de agentes tensoativos na detecção de radiação beta. *Ci. e Cult.*, São Paulo, 36:446-50, 1984.
- METCALF, R.L.; FUKUTO, T.R.; MARCH, R. Plant metabolism of dithiosystox and thimet. *J. Econ. Entomol.*, 50:338-345, 1957.
- METCALF, R.L.; REYNOLDS, H.T.; WINTON, M.; FUKUTO, T.R. Effects of temperature and plants species upon the rates of metabolism of systemically applied di-syston. *J. Econ. Entomol.*, 52:435-9, 1959.
- RIDGWAY, R.L.; LINDQUIST, D.A.; BULL, D.L. Effect of method of application on uptake of di-syston by the cotton plants. *J. Econ. Entomol.*, 58:349-52, 1965.
- SMITH, G.N.; LUDWIG, P.D.; WRIGHT, K.C.; BAURIEDEL, W.R. Simple apparatus for combustion of samples containing  $^{14}\text{C}$  labeled pesticides for residue analysis. *J. Agric. Food Chem.*, Washington, 12:172-5, 1964.
- SZETO, S.Y.; MACKENZIE, J.R.; VERNON, R.S.; BROWN, M.J. The degradation of disulfoton in lettuce after application for control of the lettuce aphid, *Nasonovia ribisnigri* (Mosley). *J. Environ. Sci. Health*, Nova York, B18:725-34, 1983.
- TAKASE, I.; TSUDA, H.; YOSHIMOTO, Y. The fate of disyston active ingredient in soil. *Pflanzenschutz-Nachr. Bayer*, 25:43-63, 1972.
- TAKASE, I. & NAKAMURA, H. The fate of ethylthiometon (0,0-diethyl S-2-(ethylthio)thyl phosphorodithioate) in paddy soil. *J. Agric. Chem. Soc. Jpn.*, 48:27-34, 1974.
- TAKASE, I. & OYAMA, H. Uptake and bioconcentration of disulfoton and its oxidation compounds in carp, *Cyprinus carpio* L. *J. Pestic. Sci.*, 10:47-53, 1985.
- TOMIZAWA, C. & KAZANO, H. Environmental fate of rice paddy pesticides in a model ecosystem. *J. Environ. Sci. Health*, New York, B14:121-52, 1979.
- TSAO, C.H. & CLARK, E.W. Absorption and translocation of di-syston by cotton plants. *J. Econ. Entomol.*, 54:1228-9, 1961.