

SORÇÃO E DEGRADAÇÃO DO FUNGICIDA TRIADIMENOL EM SOLOS REPRESENTATIVOS DO MUNICÍPIO DE LAVRAS – MG¹

RENATO FRÁGUAS DE CARVALHO²
RENÊ LUIS DE OLIVEIRA RIGITANO³
JOSÉ MARIA DE LIMA⁴

RESUMO – Aplicações no solo do fungicida triadimenol, para o controle da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.), têm sido largamente praticadas em Minas Gerais, apesar do pouco conhecimento acerca do comportamento desse composto em solos brasileiros. Em vista disso, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de investigar a degradação e a sorção desse pesticida em amostras de três solos (Latosolo Roxo - LR, Latossolo Vermelho-Amarelo - LV e Podzólico Vermelho-Amarelo - PV) da região de Lavras - M.G. Os materiais de solo foram incubados e mantidos numa sala com temperatura controlada a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, por um período de 112 dias. O fungicida foi aplicado à taxa de $5,0 \mu\text{g/g}$ de solo úmido, sendo a umidade mantida no nível de 75% da capacidade de campo. Os coeficientes de distribuição

solo/água do triadimenol nos materiais de solo foram medidos e as isotermas de sorção/dessorção do composto no solo PV foram investigadas. As determinações do triadimenol nos extratos de solo ou água foram feitas por cromatografia em fase gasosa, com detector de N/P, após purificação por cromatografia em camada delgada de sílica gel. A degradação do triadimenol nos solos mostrou-se lenta e bem ajustada a um modelo cinético de primeira ordem, com tempos de meia vida de 169, 220 e 294 dias nos materiais de solo PV, LV e LR, respectivamente. Os coeficientes de distribuição solo/água variaram de 0,8 a 3,5 e mostraram-se relacionados ao conteúdo de matéria orgânica do solo. As isotermas de sorção/dessorção de Freundlich mostraram-se lineares dentro da faixa de concentrações utilizadas nos testes.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Adsorção, degradação, fungicida, solo, sorção, triadimenol.

LABORATORY STUDIES ON THE DEGRADATION AND SORPTION OF THE FUNGICIDE TRIADIMENOL IN THREE SOILS FROM LAVRAS – MG

ABSTRACT – Soil applications of the fungicide triadimenol for the control of coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) have been widely practiced in Minas Gerais, despite the little knowledge about the behavior of this chemical in Brazilian soils. The degradation and sorption of this fungicide in soil samples from three soils in the region of Lavras – M.G. (Dusky Red Latossol – DRL, Yellow-Red Latossol – YRL and Yellow-Red Podzolic – YRP) were investigated. Incubation experiments were carried out at room temperature of $25 \pm 2^\circ\text{C}$, over a period of 112 days, with the chemical being applied at the rate of $5.0 \mu\text{g/g}$ and the moisture content maintained at 75% field capacity. Soil/water distribution coefficients of triadimenol in the

soils were measured and sorption/desorption isotherms of the chemical in the YRP soil were investigated. Determinations of triadimenol in soil or water extracts were performed by gas-liquid chromatography, with N/P detector, after purification on silica gel-t.l.c. plates. Breakdown of triadimenol in the soils was shown to be fairly slow and fitted first – order kinetics, with half life values of 169, 220 and 294 days, in YRP, YRL and DRL soils, respectively. Soil/water distribution coefficients varied from 0.8 to 3.5, and were shown to be related to the organic matter content of the soil. Sorption/desorption Freundlich isotherms were shown to be linear within the tested range of concentrations.

INDEX TERMS: Adsorption, degradation, fungicide, soil, sorption, triadimenol.

1. Trabalho financiado pela FAPEMIG. Parte da dissertação apresentada à UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS/UFLA, Caixa Postal 37 – 37200.000 – Lavras, MG, pelo primeiro autor, como um dos requisitos do curso de mestrado em Agronomia, área de concentração Agroquímica/Agrobioquímica.

2. Engenheiro Químico, M.Sc., UFLA.

3. Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Professor Titular do Departamento de Entomologia/UFLA.

4. Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Professor Adjunto do Departamento de Ciência do Solo/UFLA.

INTRODUÇÃO

A ferrugem, causada pelo fungo (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.), é responsável por grandes perdas na produção do cafeeiro e seu controle vem sendo feito em grande escala com o uso do fungicida triadimenol (1-(4-clorofenóxi)-3,3-dimetil-1-(1H-1,2,4-triazol-1-il)2-butanol), composto sistêmico aplicado via solo.

O triadimenol é efetivo a baixas taxas de aplicação, flexível no uso quanto a uma gama de fungos e estágios de crescimento e promove o controle de doenças por um longo período. Sua ação ocorre pela inibição nos fungos da biosíntese de esteróis, que possuem um papel fundamental no crescimento, desenvolvimento, metabolismo e integridade das células desses organismos (Copping & Hewitt, 1998).

O conhecimento da distribuição de uma substância química no perfil do solo é importante do ponto de vista da eficácia do produto, pois o mesmo deve estar presente na região onde se encontram os organismos-alvo, e também do ponto de vista ambiental, pois o produto pode atingir o lençol de água e contaminar recursos hídricos.

A distribuição de uma substância química no perfil do solo depende de sua mobilidade e degradação que, por sua vez, dependem de três fatores gerais: propriedades da substância, propriedades do solo e clima. Na avaliação da mobilidade de um composto no solo, os fatores mais importantes a serem considerados são a sua sorção e persistência no solo (Nicholls, 1991).

Uma causa de preocupação quanto ao uso do triadimenol é a sua longa persistência no solo. Bromilow *et al.* (1999), mediante ensaios laboratoriais, incubando triadimefon, que no solo é rapidamente reduzido a triadimenol, em 2 solos na Inglaterra, durante 720 dias e em diferentes condições de temperatura e umidade, verificaram que a degradação do triadimenol seguiu uma cinética de primeira ordem, em que seus tempos de meia vida variam de maneira discreta em função da umidade e de forma substancial em função da temperatura. Os valores de meia vida para um solo argiloso com 1,4% de carbono orgânico e 80% da capacidade de campo foram iguais a 447 e 363 dias a 15 e 18°C, respectivamente, e os valores para um solo arenoso com 0,9% de carbono orgânico e 80% da capacidade de campo iguais a 805 e 624 dias a 15 e 18°C, respectivamente.

Em vista da grande utilização do triadimenol em regiões cafeeiras no Brasil e da falta de conhecimento

sobre sua persistência e seu comportamento sortivo, especialmente em solos brasileiros, o presente trabalho foi conduzido com os seguintes objetivos:

- Avaliar a persistência do triadimenol no solo, por meio de incubações laboratoriais do produto em materiais dos horizontes A e B dos solos Podzólico Vermelho-Amarelo, Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho-Amarelo do município de Lavras-MG;
- Investigar a cinética de sorção do triadimenol no material do horizonte A do solo Podzólico Vermelho-Amarelo do município de Lavras-MG;
- Investigar o processo de sorção e dessorção do triadimenol através das isoterms de sorção/dessorção no material do horizonte A do solo Podzólico Vermelho-Amarelo do município de Lavras-MG;
- Determinar os coeficientes de distribuição do triadimenol entre solo e água nos materiais dos horizontes A e B dos solos Podzólico Vermelho-Amarelo, Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho-Amarelo do município de Lavras-MG.

MATERIAL E MÉTODOS

Solos

Os materiais de solo Latossolo Roxo (LR) e Latossolo Vermelho-Amarelo (LV), sob condições de vegetação natural, foram coletados em trincheiras no campus da UFLA; no caso do material de solo Podzólico Vermelho-Amarelo (PV), a coleta foi feita em barranco, em área de pastagem, a 12 km da cidade de Lavras-MG, ao lado da estrada que liga Lavras à Ponte do Funil. Coletou-se uma amostra de aproximadamente 10 kg dos horizontes A e B de cada solo, sendo as amostras secas ao ar, passadas em peneira de 2 mm e acondicionadas em sacos plásticos abertos para possibilitar aeração. Subamostras foram separadas e enviadas aos laboratórios de Física de Solos da UFLA, para determinação das capacidades de campo e ponto de murcha permanente.

Degradação

Implantação do Experimento

Para cada material de solo, foram preparadas 12 subamostras de 50 g de solo úmido, com teor de água sendo ajustado com base na média entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente. Os percentuais de umidade assim ajustados foram: 27,3 e 26,9% (LR, A e B); 19,4 e 21,4% (LV, A e B) e 23,1 e 28,8% (PV, A e B). Os percentuais de umidade correspondem a teo-

res de água próximos a 75% da capacidade de campo.

As subamostras foram acondicionadas em erlenmeyers de 125 mL, abertos para permitir aeração. Cada subamostra foi fortificada com 250 µg de triadimenol em 0,5 mL de acetona, sendo o erlenmeyer deixado aberto para que se evaporasse a acetona. No preparo da solução, foi utilizado padrão analítico de triadimenol com pureza de 94,5%. Os tratamentos utilizados foram incubação durante 0, 7, 14, 28, 56 e 112 dias. Os materiais de solo permaneceram em sala com temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Sua umidade foi mantida ao longo do tempo pela adição periódica de água. Passado o tempo de cada tratamento, essas amostras foram armazenadas em freezer.

Procedimento Analítico

O procedimento analítico foi baseado na rota proposta por Allmendinger (1991), com algumas alterações. A extração do triadimenol foi feita utilizando-se uma solução de 150 mL de acetona P.A. e 50 mL de água destilada. A solução acetona/água e o material de solo passaram por agitação durante 1 hora. Após a agitação, deixou-se em repouso por 2 horas para decantação e foi retirada uma alíquota de 50 mL do sobrenadante. Da solução de 50 mL, foi retirada a acetona, por meio de evaporação em evaporador rotativo, utilizando-se vácuo (260 mmHg) e temperatura do banho de 45°C . A fase aquosa foi transferida para um funil de separação de 500 mL.

O triadimenol foi extraído da solução aquosa pela partição com diclorometano P.A. feita em 3 vezes, com volumes de 25 mL do solvente em cada etapa. O diclorometano foi evaporado no evaporador rotativo usando-se os mesmos parâmetros da solução acetona/água. Os resíduos, dissolvidos em 5 mL de acetona P.A., foram transferidos para tubos de centrífuga graduados de 10 mL. Desses 5 mL dissolvidos em acetona, um volume de 2,5 mL foi utilizado para purificação da amostra por meio de cromatografia em camada delgada, camada de espessura de 0,5 mm, com sílica gel 60 GF₂₅₄ (fluorescente ao ultravioleta). Essa alíquota a ser purificada foi transferida para um balão de fundo redondo de 50 mL e concentrada no evaporador rotativo, utilizando-se os mesmos parâmetros da solução acetona/água, a fim de transferir uma quantidade mínima para a placa cromatográfica. A fase móvel utilizada na cromatografia foi uma mistura acetona/diclorometano (1:7) depositada numa cuba apropriada. A posição do triadimenol na placa, após a corrida do solvente, foi identificada pelo uso de pontos de refe-

rência nas laterais da placa, utilizando-se uma solução concentrada do triadimenol, fazendo com que, sob luz ultravioleta, os pontos laterais absorvam a luz e se revelem como pontos escuros na fluorescência, denunciando, assim, a posição na placa onde se encontra a amostra. O triadimenol foi raspado da placa junto com a sílica e transferido para um funil com algodão, onde foi lavado 3 vezes com 5 mL de acetona P.A. Essa solução foi concentrada no evaporador rotativo, sob vácuo de 260 mmHg e temperatura do banho de 45°C , e transferida para um tubo de centrífuga graduado, acertando-se o volume para 2,5 mL. Essa solução foi, então, submetida à análise por cromatografia em fase gasosa.

Cálculo da Meia Vida ($t_{1/2}$) do Triadimenol nos Materiais de Solo

Foi assumido que a degradação do triadimenol obedece a uma cinética de primeira ordem. Sendo Cat a concentração do produto no tempo t , Cao a concentração inicial e k a constante de velocidade da reação, tem-se que, para cinética de primeira ordem, $Cat = Cao \cdot \exp(-kt)$. Portanto, quando $Cat/Cao = 1/2$ (tempo de meia vida), tem-se que $t_{1/2} = \ln 2/k$ (Levenspiel, 1991).

Cinética de Adsorção do Triadimenol

Implantação do Experimento

Para a cinética de adsorção, foram considerados os tempos de 0, 1, 2, 4, 8, 16 e 24 horas como sendo o tempo necessário para que o conjunto material de solo/composto atinja o equilíbrio de adsorção. Para cada tempo, 2 tubos de centrífuga de 15 mL receberam 2 gramas de material de solo Podzólico Vermelho-Amarelo, horizonte A. Uma solução aquosa, 0,01 mol/L de CaCl_2 , de triadimenol a 10 µg/mL e volume de 10 mL foi adicionada aos tubos, guardando-se em estoque dois tubos com 2 mL da solução usada para posterior análise.

Procedimento Analítico

Os tubos foram colocados em uma mesa agitadora e deixados durante 24 horas, sendo coletadas as alíquotas nos tempos especificados. As alíquotas coletadas foram submetidas a uma centrifugação a 2500 rpm (1500 g), e uma alíquota de 2 mL foi coletada e depositada em outro tubo de centrífuga com rosca de 20 mL, para posterior extração e análise. A extração foi feita nos próprios tubos utilizando-se partição em acetato de etila

P.A., mediante adição e agitação, em 3 vezes, com 3 mL deste solvente no tubo junto à solução aquosa de triadimenol. As frações em acetato de etila foram coletadas e transferidas para um funil (com algodão e uma pequena quantidade sulfato de sódio anidro) e, em seguida, para outro tubo de ensaio de 20 mL, sendo o volume ajustado para 10 mL. Assim, as soluções tornaram-se prontas para análise por cromatografia em fase gasosa.

Adsorção/Dessorção do Triadimenol

A metodologia empregada seguiu as orientações sugeridas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 1990), sendo apenas modificadas algumas etapas. As concentrações utilizadas foram de 1, 2, 5, 10 e 20 µg/mL. A massa do material de solo Podzólico Vermelho-Amarelo, horizonte A, utilizada foi de 2 gramas. A temperatura na sala de adsorção foi mantida a $24 \pm 2^\circ\text{C}$. O tempo de agitação foi de 4 horas, tempo estabelecido com base nos resultados do estudo de cinética de adsorção do triadimenol no material de solo. As alíquotas coletadas foram submetidas a uma centrifugação a 2500 rpm (1500 g). A extração e análise foram executadas conforme a metodologia utilizada para a cinética de adsorção.

A isoterma usada para relacionar as concentrações no equilíbrio foi a de Freundlich, expressa como sendo: $X/M = k.Ce^{1/n}$, em que X/M é a concentração do sorbato no solo (mol/kg) e Ce sua concentração na solução do solo (mol/L) (Schwarzenbach *et al.*, 1993).

Partição do Triadimenol nos Materiais de Solo

O experimento de partição foi realizado para todos os materiais de solo, usando-se a metodologia para adsorção/dessorção, sendo apenas utilizadas as etapas referentes à adsorção.

No experimento, a concentração das soluções empregadas foram únicas e iguais a 10 µg/mL. O coeficiente

de partição (K_d) do triadimenol entre o solo e a água foi definido como sendo: $K_d = (X/M)/C_e$. Os parâmetros são os mesmos descritos no experimento de adsorção.

O K_d também foi estimado utilizando-se as equações: $K_d = 0,045.Kow^{0,52}.\%MO$ e $\text{Log}(Kow) = -\text{Log}(WS) - 0,01(Tm - 25)$, em que Kow é o coeficiente de partição do composto entre octanol e água, $\%MO$ o percentual de matéria orgânica no material de solo, WS é a solubilidade do composto em água (moles/l) e Tm é a sua temperatura de ponto de fusão ($^\circ\text{C}$) (Briggs, 1981).

Condições Operacionais do Cromatógrafo

Aparelho: Cromatógrafo gasoso Hewlett Packard modelo HP 6890.

Detetor: Termiônico alcalino (NPD).

Coluna: Capilar de alta performance – HP/5 5% fenil-metil-siloxano, espessura do filme de 0,25 µm, comprimento de 30 m, diâmetro interno de 0,32 µm, relação de fase de 320.

Condições de Operação:

- Gás de arraste (N_2) 2,3 mL/min.
- Ar sintético 60 mL/min.
- Hidrogênio (H_2) 3,0 mL/min.
- Modo de injeção Splitless.
- Temperatura no injetor 280°C .
- Temperatura no detector 300°C .
- Tempo de purga 2 min.

O triadimenol comercial é uma mistura de diastereômeros referidos como sendo triadimenol A e B (Deas *et al.*, 1986). Os tempos de retenção para o triadimenol A e B, nas condições do cromatógrafo, foram de 7,71 e 7,76 minutos, respectivamente. O par de compostos foi contabilizado como sendo único.

A temperatura no forno foi programada conforme a Tabela 1.

TABELA 1 – Programação da temperatura do forno para as análises.

Tempo	Rampa ($^\circ\text{C}/\text{min}$)	Temperatura $^\circ\text{C}$	Duração da Corrida (min)	Tempo Total Decorrido (min)
Inicial	-	100	1	1
Rampa	30	280	6	7
Final	-	280	2	9

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise dos Solos

Os parâmetros químicos e físicos analisados nos materiais de solo são apresentados em forma percentual, com exceção do pH, nas Tabelas 2, 3 e 4.

Degradação do Triadimenol

Os testes de recuperação do triadimenol em duas amostras de solo fortificados revelaram uma eficiência média de $(88 \pm 5)\%$, mostrando a adequabilidade do método utilizado. Para os diferentes materiais de solo, os resultados da quantidade remanescente no solo, bem como a amplitude referente às imprecisões do processo

como um todo, apresentaram-se conforme as Figuras 1 e 2 a seguir.

Pelos resultados observa-se uma degradação muito lenta para o triadimenol nos materiais de solo estudados, sendo a degradação mais pronunciada nos materiais de solo do horizonte A, onde há um maior teor de matéria orgânica. Os materiais de solo do horizonte A apresentaram uma correlação satisfatória ao modelo de cinética de primeira ordem.

Sendo a meia vida dada pela equação: $t_{1/2} = \ln 2/k$ e de posse dos valores de k, dados pela equação de regressão àqueles que possuem a melhor correlação, têm-se os tempos de meia vida conforme a Tabela 5.

TABELA 2 – Propriedades do solo Podzólico Vermelho-Amarelo.

Parâmetros	Horizonte	
	A (0-18cm)	B (35-50 cm)
Areia muito grossa	2,9	2,2
Areia grossa	8,4	6,9
Areia Média	10,3	8,1
Areia fina	12,2	10,9
Areia muito fina	4,1	3,8
Silte	29,2	20,7
Argila	33,0	47,4
Matéria Orgânica	3,8	1,1
pH em água (1:2,5)	5,3	5,4
Capacidade de Campo	30,4	37,8
Ponto de Murcha Permanente	15,9	19,8

TABELA 3 – Propriedades do solo Latossolo Vermelho-Amarelo.

Parâmetros	Horizonte	
	A (0-20cm)	B (90-110 cm)
Areia muito grossa	1,8	2,2
Areia grossa	11,9	7,9
Areia Média	16,0	10,4
Areia fina	17,9	13,4
Areia muito fina	3,5	4,6
Silte	13,6	15,5
Argila	35,3	46,1
Matéria Orgânica	3,6	1,6
PH em água (1:2,5)	4,7	4,7
Capacidade de Campo	25,5	28,0
Ponto de Murcha Permanente	13,3	14,7

TABELA 4 – Propriedades do solo Latossolo Roxo.

Parâmetros	Horizonte	
	A (0-25cm)	B (100-120 cm)
Areia muito grossa	0,5	0,7
Areia grossa	3,1	2,6
Areia Média	4,4	4,3
Areia fina	7,2	7,0
Areia muito fina	2,3	2,6
Silte	15,5	16,5
Argila	67,0	66,3
Matéria Orgânica	3,8	2,4
PH em água (1:2,5)	4,2	4,5
Capacidade de Campo	35,8	35,3
Ponto de Murcha Permanente	18,7	18,5

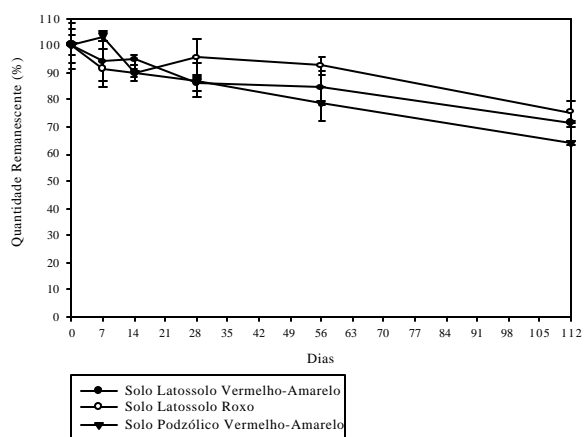


FIGURA 1 – Degradação do triadimenol nos materiais de solo - Horizonte A.

TABELA 5 – Tempo de meia vida do triadimenol para os materiais de solo estudados.

Solo-Horizonte	K	Tempo de meia vida
		(Dias)
PV – A	0,00410	169
LV – A	0,00316	220
LR – A	0,00236	294

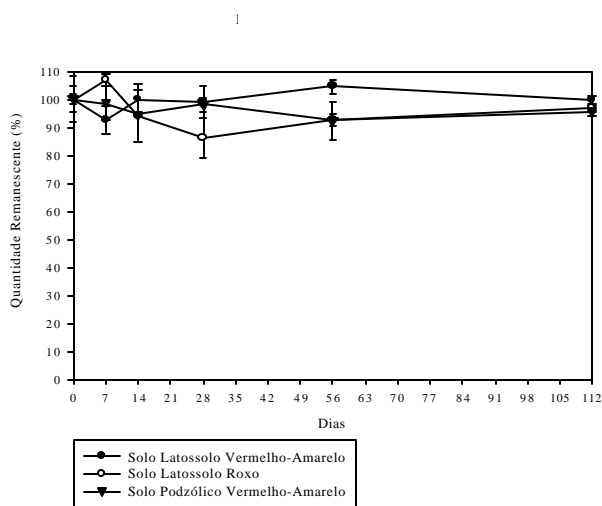


FIGURA 2 – Degradação do triadimenol nos materiais de solo - Horizonte B.

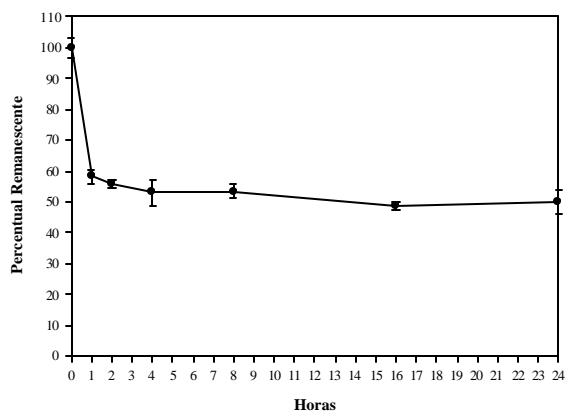


FIGURA 3 – Curva média da cinética de adsorção do triadimenol no material de solo Podzólico Vermelho-Amarelo/Horizonte A

O decaimento na concentração do triadimenol nos materiais do horizonte B, no tempo do experimento, foi tão pequeno que não foi possível obter uma regressão satisfatória o suficiente para o cálculo com confiança da constante de velocidade de reação (k) e, portanto, do tempo de meia vida ($t_{1/2}$). No entanto, fica evidenciado que os valores de meia vida do composto para os ma-

teriais de solo do horizonte B são maiores do que aqueles encontrados para os materiais do horizonte A.

Sorção do Triadimenol nos Materiais de Solo

A eficiência do procedimento analítico utilizado para a determinação de triadimenol em soluções aquosas, estimada com base nos resultados de testes de re-

cuperação em duas amostras, foi de $(105 \pm 3)\%$, mostrando a adequabilidade do método analítico empregado.

Cinética de Sorção

O estudo da cinética da adsorção do triadimenol no material de solo Podzólico Vermelho-Amarelo, horizonte A, revelou que passado o tempo de 1 hora (Figura 3), praticamente se alcança o equilíbrio de sorção, embora o tempo utilizado nos experimentos de sorção foi o de 4 horas, que se mostrou adequado.

Considerando que existem compostos que podem levar dias para atingir um equilíbrio de sorção (Koskinen & Harper, 1990), esse tempo revela que a sorção do tria-

dimenol é, em grande extensão, um rápido processo de sorção à superfície do material de solo onde estão expostos os sítios mais imediatos para adsorção.

Isotermas de Sorção e Dessorção

Os resultados das isotermas de adsorção e desorção com suas respectivas curvas estão na Figura 4.

Pelos resultados, percebe-se que a isoterma de adsorção praticamente coincide com a de desorção, apesar da presença de histerese, o que significa que os processos de adsorção e desorção devem ser governados pelos mesmos mecanismos, pois as soluções apresentam praticamente as mesmas relações no equilíbrio.

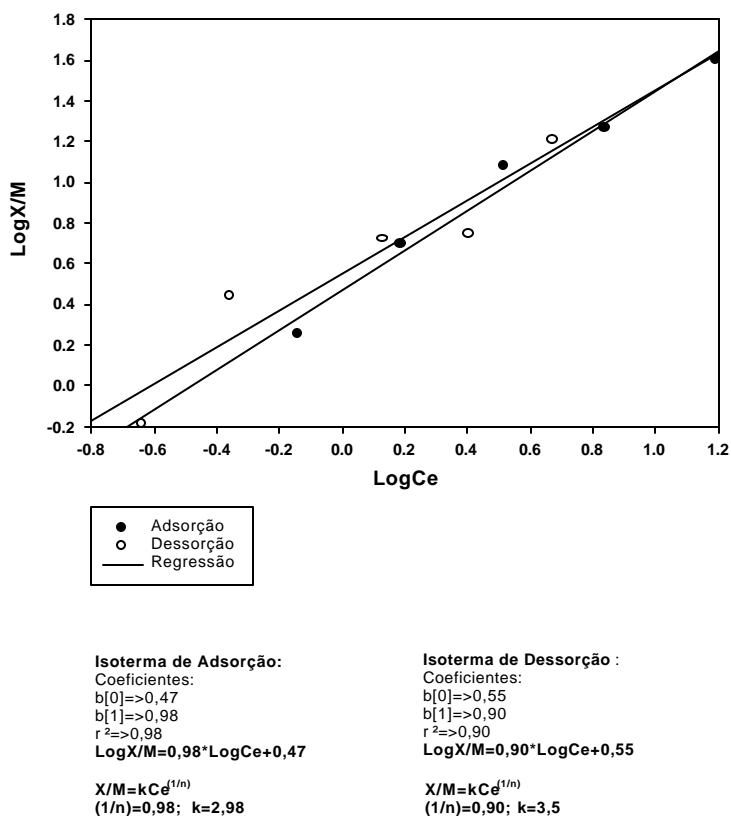


FIGURA 4 – Isotermas de adsorção e desorção do triadimenol em material do horizonte A do Podzólico Vermelho-Amarelo.

A isoterma de adsorção mostrou-se, para essa faixa larga de concentrações, ser praticamente linear ($1/n=0.98$), o que significa que o valor de K_d , para esse nível de matéria orgânica, varia pouco com a mudança da concentração.

Coefficientes de Sorção

A partição do triadimenol, mensurado pelo valor de K_d nos diferentes materiais de solos, bem como as estimativas desses valores, utilizando as equações de Briggs (1981), estão listadas na Tabela 6.

Para as equações, foram utilizados os valores para a solubilidade do triadimenol em água (WS) de 0,00021 mol/L; para a temperatura de fusão (T_m) de 138,2°C, e para o cálculo do K_d , utilizaram-se os valores de percentual de matéria orgânica (%MO) constantes na Tabela 6.

TABELA 6 – Partição do triadimenol nos solos/horizontes.

Solo-Horizonte	%MO	K_d estimado	K_d medido
LV-A	3,6	3,4	3,1
LV-B	1,6	1,5	0,8
LR-A	3,8	3,6	3,4
LR-B	2,4	2,3	1,2
PV-A	3,8	3,6	3,5
PV-B	1,1	1,0	1,3

Observa-se estreita correlação entre os valores estimados e os medidos, demonstrando que a partição do triadimenol no solo é fundamentalmente uma função de sua polaridade, expressa pelo valor do K_{ow} , e do percentual de matéria orgânica do solo. Assim sendo, as equações de Briggs (1981) podem ser satisfatoriamente utilizadas para o triadimenol.

Nos níveis de matéria orgânica iguais a 3,8%, segundo Briggs (1981), o triadimenol possui um fator de retenção em placas de cromatografia delgada igual a 0,21, que é enquadrado como sendo um conjunto solo/composto de baixa mobilidade.

Para níveis de matéria orgânica nos materiais de solo do horizonte B, iguais a 1,5%, segundo Briggs (1981), o triadimenol possui um fator de retenção em placas de cromatografia delgada igual a 0,40, que é enquadrado como sendo um conjunto solo/composto de mobilidade intermediária.

CONCLUSÕES

O fungicida triadimenol revelou-se bastante estável nos materiais de solo estudados, com valores de meia vida de 169, 220 e 294 dias, para o horizonte A, dos materiais de solo Podzólico Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Roxo, respectivamente. Para o horizonte B dos mesmos materiais de solo, a degradação do composto foi comparativamente mais lenta.

As isotermas de adsorção e dessorção do triadimenol no material de solo Podzólico Vermelho-Amarelo, horizonte A, revelaram-se praticamente lineares para a faixa de concentrações de 1,0 a 20 $\mu\text{g/mL}$ e muito próximas entre si, o que demonstra que a atratividade do material de solo ao triadimenol é a mesma, dentro da faixa de concentrações utilizadas, e que os mecanismos dos processos de adsorção e dessorção são os mesmos.

Os coeficientes de sorção do triadimenol nos solos estudados revelaram-se na faixa de 0,8 a 3,5, indicando uma mobilidade baixa a moderada em solos. Contudo, em função da elevada persistência do triadimenol nos solos e da prática de aplicações anuais sucessivas do mesmo em cafezais, estudos sobre a lixiviação do composto em solos fazem-se necessários para melhor avaliação dos riscos de contaminação da água do lençol freático com resíduos desse fungicida.

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG pelo suporte financeiro para execução dos trabalhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLMENDINGER, H. A method for determining residues of the fungicides Folicur® and Bayfidan® in plant material and soil by gas chromatography. **Pflanzenschutz Nachrichten Bayer**, Leverkusen, v.44, n.1, p.5-66, 1991.
- BRIGGS, G.G. Theoretical and experimental relationship between soil adsorption, octanol-water partition coefficients, water solubilities, bioconcentration factors, and the parachor. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v.29, n.6, p.1050-1059, Nov. 1981.
- BROMILOW, R.H.; EVANS, A.A.; NICHOLLS, P.H. Factors affecting degradation rates of five triazole fungicides in two soil types: 1. laboratory incubations. **Pesticide Science**, Oxford, v.55, n.12, p.1129-1134, Dec. 1999.

COPPING, L.G.; HEWITT, H.G. **Chemistry and mode of action of crop protection agents**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1998. 145 p.

DEAS, A.H.B.; CARTER, G.A.; CLARK, T.; CLIFFORD, D.R.; JAMES, C.S. The enantiomeric composition of triadimenol produced during metabolism of triadimefon by Fungi. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.26, n.1, p.10-21, Aug. 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Manual de testes para avaliação de ecotoxicidade de agentes químicos**. 2. ed. Brasília, 1990. 351 p.

KOSKINEN, W.C.; HARPER, S.S. The retention process: mechanisms. In: CHENG, H.H. **Pesticide in soil envi-**

roment: processes, impacts, and modeling. Madison: SSSA, 1990. p.51-78.

LEVENSPIEL, O. **Engenharia das reações químicas**. São Paulo: Ed. Blucher, 1991. 211 p.

NICHOLLS, P.H. Organic contaminants in soils and groundwaters. In: JONES, K. C. **Organic contaminants in the environment**. Amsterdam: Elsevier Science, 1991. p.87-132.

SCHWARZENBACH, R.P.; GSCHWEND, P.M.; IMBODEN, D.M. **Environmental organic chemistry**. New York: J. Wiley, 1993. 681 p.