

Potencial de lixiviação de diuron em colunas de solo

Miriam Hiroko Inoue¹; Rubem Silvério de Oliveira Jr.²; Kellyr Medeiros Pereira¹; Jamil Constantin²; Diego Gonçalves Alonso²; Diogo Carneiro de Santana¹

¹Universidade do Estado de Mato Grosso - Departamento de Agronomia, Rod. MT 358, Km 7, Caixa Postal 287, 78300-000, Tangará da Serra, MT. ²Universidade Estadual de Maringá - Departamento de Agronomia, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, PR.

RESUMO

Objetivou-se estudar a lixiviação do diuron em colunas de solo em LATOSSOLO VERMELHO distrófico (LVd – textura franco-arenosa) e LATOSSOLO VERMELHO distroférico (LRd – textura argilosa). Para avaliar a movimentação do diuron (0; 1,6 e 3,2 kg ha⁻¹), foram aplicadas lâminas de 0, 20, 40, 60 e 80 mm de água, tendo *Brachiaria decumbens* e *Cucumis sativus* como plantas bioindicadoras. Resultados indicam que lâminas superiores a 60 mm foram suficientes para promover movimentação nítida nas amostras de LVd. Para o LRd, independente da lâmina aplicada, a movimentação do herbicida ficou restrita à camada superficial.

Palavras-chave: *Brachiaria decumbens*, *Cucumis sativus*, efeito residual, mobilidade, retenção.

ABSTRACT - Leaching potential of diuron in soils columns.

This research was aimed at studying the leaching of diuron in soil columns. To measure the downward movement of diuron (0; 1.6 and 3.2 kg ha⁻¹), water layers of 0, 20, 40, 60 and 80 mm were applied, by bioindicators assayed (*Brachiaria decumbens* and *Cucumis sativus*). Water depths \geq 60 mm were enough to promote observable leaching in LVd samples. For clay soil, regardless of the water layer applied, herbicide movement was limited to the superficial soil layer.

Keywords: *Brachiaria decumbens*, *Cucumis sativus*, residual effect, mobility, retention.

INTRODUÇÃO

Dentre os fatores que afetam os processos de movimentação de herbicidas pode-se destacar: fatores climáticos (temperatura e umidade); edáficos (pH, matéria orgânica, teores de argila, óxido de ferro e de alumínio, comunidade microbiana, porosidade, estrutura e fertilidade); solubilidade e estrutura química do produto (Oliveira, 2001). Solos ricos em matéria orgânica apresentam maior capacidade de retenção (Green e Karickhoff, 1990), que diminuem o potencial de lixiviação e a biodisponibilidade dos herbicidas às plantas e aos microrganismos. Diversos estudos mostraram que o comportamento sortivo do diuron apresenta correlação positiva com os teores de matéria orgânica e CTC do solo (Spurlock e Biggar, 1994; Rocha, 2003), sendo que solos com baixos teores de matéria orgânica apresentam maior potencial de lixiviação do herbicida. Em um estudo de cinética e sorção do diuron (Inoue et al., 2006), observou-se que cerca de 85% do herbicida foi

sorvido após 30 minutos de contato entre as moléculas e o solo (fase rápida). A sorção na fase lenta foi similar nos seis solos estudados, embora os teores de matéria orgânica fossem muito diferentes. Existem evidências de que a atividade residual dos herbicidas seja afetada pelas doses aplicadas e microrganismos presentes no solo. No entanto, resultados desta natureza são praticamente inexistentes para as condições brasileiras. Neste contexto, o trabalho objetivou avaliar o potencial de lixiviação de diuron, em colunas de dois solos de textura contrastante, visto que a lixiviação exerce grande influência sobre a eficiência agrônômica e persistência da molécula no ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS

Os solos utilizados nos experimentos foram classificados como LATOSSOLO VERMELHO distrófico (LVd – textura franco-arenosa) e LATOSSOLO VERMELHO distroférico (LRd – textura argilosa). Ambos os solos são provenientes de uma litossequência no município de Iguaraçu (PR) e as amostras foram coletadas na profundidade de 0-10 cm, apresentando as características físicas e químicas descritas na Tabela 1. Antes de serem utilizadas nos experimentos, as amostras foram secas ao ar e passadas em peneira com malha de 2 mm. Foram realizados dois ensaios com o intuito de determinar a lâmina de água necessária para que o diuron, aplicado ao topo da coluna com amostras de solo, percolasse nas mesmas. Em cada experimento, foi utilizado um solo, em esquema fatorial 5 x 5, sendo os fatores estudados: lâminas de irrigação (0, 20, 40, 60 e 80 mm) e profundidades na coluna (0-5; 5-10; 10-15; 15-20 e 20-25 cm). Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Amostras de solo foram acondicionadas em colunas de PVC (25 cm de altura e 10 cm de diâmetro) previamente seccionadas longitudinalmente. Para manter as duas metades unidas, estas foram amarradas com arame liso e recobertas interna e externamente com parafina. Cada coluna recebeu de forma manual e, cuidadosamente, três quilos de solo. Após o acondicionamento, as colunas foram umedecidas por capilaridade por um período de 24 horas, quando o solo se apresentava saturado até o topo da coluna. A seguir, as colunas foram mantidas na bancada da casa-de-vegetação por 24 horas para que o excesso de água fosse drenado. O diuron (LVd 1,6 e LRd 3,2 kg ha⁻¹) foi aplicado ao topo das colunas utilizando-se de um pulverizador com pressão constante, munido de quatro bicos do tipo leque XR110.02, espaçados entre si de 0,50 m, aplicando-se volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹. Em seguida, foi aplicada, no topo das colunas, uma lâmina de água suficiente para simular as precipitações, além da testemunha, onde houve aplicação do herbicida, mas não houve aplicação da lâmina de água. Três dias após a aplicação, as colunas tiveram as duas metades separadas longitudinalmente. Vinte e quatro horas após

a abertura das colunas, estas foram divididas em cinco secções de igual tamanho (0-5; 5-10; 10-15; 15-20 e 20-25 cm). As amostras coletadas em cada profundidade das colunas foram homogeneizadas e colocadas em vasos de polietileno, com capacidade para 250 cm³. Em seguida, fez-se o plantio de cinco sementes por vaso da espécie bioindicadora, *Brachiaria decumbens*, a uma profundidade de 1,5 cm. As irrigações para manutenção da umidade dos vasos foram feitas duas a três vezes ao dia em todos os tratamentos. Decorridos 21 dias após a semeadura (DAS), foi realizada a colheita das plantas. O número de plantas vivas foi anotado e, em seguida, a parte aérea foi colhida, acondicionada em saco de papel e levada à estufa de ventilação forçada a 72°C, por 72 horas, sendo determinada a biomassa seca. Os dados foram interpretados por meio de análise de variância. As médias foram comparadas utilizando o teste de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade (SAEG, 1997). Ao analisar os dados dos ensaios realizados na primeira etapa deste trabalho, foi estabelecido para o LVd, com base na biomassa do bioindicador, a lâmina de 80 mm de água, pois esta foi suficiente para promover uma nítida movimentação do herbicida na coluna. Assim, nesta segunda fase, foram realizados mais dois experimentos com amostras do solo franco-arenoso (LVd), com o objetivo de avaliar o potencial de lixiviação do diuron. Em cada um dos experimentos, foi utilizado um bioindicador (*B. decumbens* ou *Cucumis sativus*), no esquema fatorial 3 x 5, sendo os fatores doses e profundidades na coluna. As doses referem-se à dose recomendada para solo de textura arenosa (1,6 kg ha⁻¹) e à dose recomendada para solo de textura argilosa (3,2 kg ha⁻¹), conforme Rodrigues e Almeida (2005). Após a aplicação do herbicida e da lâmina de 80 mm de água, as colunas foram separadas em cinco profundidades (0-5; 5-10; 10-15; 15-20 e 20-25 cm). Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. A metodologia utilizada para a semeadura, avaliação e análise dos dados foi idêntica à utilizada nos ensaios preliminares.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos ensaios para determinação da lâmina de água necessária, ao analisar o acúmulo de biomassa do bioindicador em amostras de LVd (textura franco-arenosa), observou-se redução significativa no crescimento das plantas até a profundidade de 5-10 cm quando o herbicida aplicado nas colunas foi submetido a lâminas de 60 ou 80 mm logo após sua aplicação (Tabela 2). Este fato indica que, sob precipitações de até 40 mm imediatamente após a aplicação, a movimentação do diuron neste solo ficou restrita à camada de 0-5 cm. Em relação ao solo de textura argilosa (LRd), observa-se, independente da lâmina de água aplicada, que não houve diferenças entre as biomassas de plantas cultivadas nas profundidades abaixo de 5 cm (Tabela 3), o que indica a ausência ou níveis muito baixos

de diuron nas camadas mais profundas das colunas. De modo geral, mesmo aplicando-se a dose de 3,2 kg ha⁻¹, ainda assim observou-se uma movimentação muito limitada do diuron nas colunas de solo de textura argilosa. A menor movimentação do diuron no solo argiloso deve-se, provavelmente, às suas propriedades físico-químicas, como alto teor de carbono orgânico (16 g dm⁻³) e de argila (56%), o que causou maior sorção do herbicida. Resultados semelhantes foram obtidos por Freitas et al. (1998) e Prata et al. (2000) que afirmam ser a sorção do diuron diretamente proporcional ao teor de matéria orgânica do solo. Em um trabalho conduzido durante 7 anos em diversos solos e com a utilização de doses diferenciadas, Khan et al. (1976) verificaram que o diuron não se movimentou a mais de 10-15 cm da superfície de solos agrícolas. Ao utilizar radioisótopos, Inoue et al. (2006) mediram a sorção de diuron em amostras de solo de uma litosequência, e verificaram elevada sorção do herbicida em todas as amostras, em que a textura variou de franco-arenosa a argilosa. Devido às propriedades físico-químicas que conferem ao diuron características hidrofóbicas, há indícios que a interação hidrofóbica entre o diuron e a matéria orgânica do solo é um componente importante na sua sorção ao solo, fato que pode justificar a maior sorção sob teores de matéria orgânica mais elevados. Aliado a estas características, por apresentar textura argilosa, pode ter havido maior dificuldade na movimentação de água no perfil, contribuindo para a menor movimentação descendente do diuron. Portanto, para as amostras do solo argiloso, não foi detectado movimentação de diuron abaixo da camada superficial, independente da lâmina aplicada para este solo. Uma implicação importante que pode ser presumida da comparação dos resultados obtidos nos dois solos é o fato de que eventuais aumentos da dose de diuron em solos de textura mais leve ou de menor teor de matéria orgânica podem não surtir efeito no aumento de sua atividade residual, já que há lixiviação para camadas mais profundas. Os resultados dos ensaios para avaliar o potencial de lixiviação, após a aplicação de diuron (1,6 e 3,2 kg ha⁻¹) e precipitação de 80 mm nas colunas com amostras de LVd, podem ser observados por meio do crescimento das plantas de *B. decumbens* e *C. sativus*, respectivamente nas Tabelas 4 e 5. Constatou-se que a combinação entre dose e espécie bioindicadora utilizada influenciam na detecção de diuron nas colunas de solo. Observou-se que, independente do bioindicador, o diuron apresenta alta concentração na camada superficial (0-5 cm) do solo, que resulta na morte do bioindicador. Verifica-se ainda que o acúmulo de biomassa é inversamente proporcional à dose aplicada para as camadas superficiais de 5-10 cm (*B. decumbens*) ou de 5-10 e 10-15 cm (*C. sativus*), provavelmente em função da maior concentração de moléculas presente na solução do solo. No entanto, independente da dose aplicada, plantas de *C. sativus* apresentaram

maior sensibilidade ao diuron, com lixiviação detectável até a camada de 10-15 cm (Tabela 5), quando comparada a *B. decumbens* com movimentação até a camada de 5-10 cm (Tabela 4). Ao comparar os solos, a maior movimentação de diuron ocorreu no LVd em que lâminas superiores a 60 mm de água foram suficientes para promover movimentação nítida do diuron. Para as amostras de LRd, independente da lâmina de irrigação aplicada, a movimentação do herbicida ficou restrita à camada superficial.

LITERATURA CITADA

FREITAS, S. P.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A. et al. Efeitos de resíduos da suinocultura sobre a atividade do diuron aplicado ao solo. **Rev. Ceres.**, v.45, p.491-504, 1998.

GREEN, R. E.; KARICKHOFF, S. W. Sorption stimulates for modeling. In: CHENG, H. H. (Ed.). **Pesticides in the soil environment: process, impacts, and modeling.** Madison: Soil Science Society of America, 1990. p.79-101.

INOUE, M. H.; OLIVEIRA JR., R. S.; REGITANO, J. B. et al. Sorption-desorption of atrazine and diuron in soils from southern Brazil. **J. Environ. Sci. Health, Part B**, v.41, p.605-621, 2006.

KHAN, S. U.; MARRIAGE, P. B.; SAIDAK, W. J. Persistence and movement of diuron and 3,4-dichloroaniline in an orchard soil. **Weed Sci.**, v.24, p.583-586, 1976.

OLIVEIRA, M. F. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo.** Guaíba: Agropecuária, 2001. p.315-362.

PRATA, F.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J. B. et al. Degradação e adsorção de ametrina em solos tratados com vinhaça. **Pesq. Agrop. Bras.**, v.36, p.975-981, 2001.

ROCHA, W. S. D. Sorção de 2,4-D e diuron nos agregados organominerais de Latossolos em função dos conteúdos de matéria orgânica e de água. 2003. 75p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. L. S. **Guia de herbicidas.** 5. ed. Londrina: IAPAR, 2005. 592p.

SAEG - **Sistema para Análises Estatísticas**: versão 7.0. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 1997.

SPURLOCK, F.; BIGGAR, J. W. Thermodynamics of organic chemical partition in soil: 2. Nonlinear partition of substituted phenylureas from aqueous solution. **Environ. Sci. Technol.**, v.28, p.996-1002, 1994.

Tabela 1 – Características químicas e físicas de amostras de solos utilizadas nos experimentos.

Solo	pH		Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ cmol _c dm ⁻³	Ca ²⁺	K ⁺	P mg dm ⁻³
	CaCl ₂	H ₂ O						
LVd ^{1/}	4,5	5,4	0,3	2,73	1,2	0,94	0,12	7,9
LRd ^{2/}	5,0	5,6	0	4,61	6,41	4,81	1,16	33,9

Solo	C g dm ⁻³	CTC cmol _c dm ⁻³	V %	areia	silte	argila
				g kg ⁻¹		
LVd ^{1/}	5,19	4,05	32,6	880	20	100
LRd ^{2/}	15,96	12,18	62,2	350	90	560

^{1/} LVd = LATOSSOLO VERMELHO distrófico (textura franco-arenosa)

^{2/} LRd = LATOSSOLO VERMELHO distroférico (textura argilosa)

Tabela 2 – Acúmulo de biomassa seca (mg vaso⁻¹) da parte aérea das plantas de *B. decumbens* cultivadas em amostras de LATOSSOLO VERMELHO distrófico, provenientes das colunas submetidas à aplicação de diuron (1,6 kg ha⁻¹).

Profundidade na coluna (cm)	Lâmina aplicada (mm)				
	0	20	40	60	80
0-5 cm	4,4Ba	0,9Ba	17,9Ba	3,4Ca	16,7Ca
5-10 cm	137,2Aa	175,2Aa	166,3Aa	97,2Bb	100,4Bb
10-15 cm	161,9Aa	192,3Aa	164,0Aa	142,0Aa	135,8Aa
15-20 cm	141,0Aa	143,8Aa	163,1Aa	163,9Aa	169,1Aa
20-25 cm	140,0Aa	172,2Aa	170,2Aa	175,2Aa	146,6Aa

*As médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. C.V. = 18,07%

Tabela 3 – Acúmulo de biomassa seca (mg vaso⁻¹) da parte aérea das plantas de *B. decumbens* cultivadas em amostras de LATOSSOLO VERMELHO distroférico, provenientes das colunas submetidas à aplicação de diuron (3,2 kg ha⁻¹).

Profundidade na coluna (cm)	Lâmina aplicada (mm)				
	0	20	40	60	80
0-5 cm	48,2Bb	43,3Bb	39,9Bb	160,4Ba	185,2Ba
5-10 cm	412,4Aa	447,5Aa	500,2Aa	429,0Aa	446,2Aa
10-15 cm	411,6Aa	392,6Aa	467,6Aa	438,2Aa	454,6Aa
15-20 cm	416,7Aa	427,5Aa	416,9Aa	411,0Aa	458,1Aa
20-25 cm	410,1Ab	476,2Aa	449,7Aa	415,4Ab	495,3Aa

*As médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. C.V. = 10,87%

Tabela 4 – Acúmulo de biomassa seca (mg vaso⁻¹) da parte aérea das plantas de *B. decumbens* cultivadas em amostras de LATOSSOLO VERMELHO distrófico, provenientes de colunas submetidas à aplicação de diuron (1,6 e 3,2 kg ha⁻¹).

Dose (kg ha ⁻¹)	Profundidade na coluna (cm)									
	0-5		5-10		10-15		15-20		20-25	
1,6	0,00	Ac	241,13	Ab	381,23	Aa	375,50	Aa	366,03	Aa
3,2	0,00	Ac	97,70	Bb	381,63	Aa	383,37	Aa	372,33	Aa

*As médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. C.V. = 4,65%

Tabela 5 – Acúmulo de biomassa seca (mg vaso⁻¹) da parte aérea das plantas de *C. sativus* cultivadas em amostras de LATOSSOLO VERMELHO distrófico, provenientes de colunas submetidas à aplicação de diuron (1,6 e 3,2 kg ha⁻¹).

Dose (kg ha ⁻¹)	Profundidade na coluna (cm)									
	0-5		5-10		10-15		15-20		20-25	
1,6	0,00	Ac	21,33	Ac	206,70	Ab	396,83	Aa	402,10	Aa
3,2	0,00	Ac	0,00	Ac	41,60	Bb	383,10	Aa	395,50	Aa

*As médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. C.V. = 12,74%