

FLUXO PREFERENCIAL DE DOIS HERBICIDAS EM SOLOS SOB PLANTIO DIRETO.

José Miguel Reichert⁽¹⁾, Eileen Kladvko⁽²⁾, Ronald Turco⁽²⁾, Larry Theller⁽²⁾, Elena Blume⁽³⁾. UFSM, ⁽¹⁾Departamento de Solos, 97119-900 Santa Maria, RS, reichert@creta.ccr.ufsm.br; ⁽²⁾Purdue University, Agronomy Department, West Lafayette, IN 47907-1150, USA; ⁽³⁾UFSM, Departamento de Defesa Fitossanitária, 97119-900 Santa Maria, RS.

O transporte de pesticidas através do solo e até águas subsuperficiais tem se tornado uma preocupação. Embora as concentrações sejam normalmente baixas, ocorrência significativa de pesticidas tem sido observada (EPA, 1990) e atribuídas a fontes de poluição não pontuais. O fluxo preferencial ou fluxo rápido de uma fração do produto aplicado ao solo é importante quando uma quantidade significativa deste atinge o lençol freático antes de ser atenuado pelo ambiente. Em vários estudos, a profundidade máxima atingida por pesticidas foi comparável à profundidade alcançada por um elemento traçador móvel adicionado simultaneamente, indicando que pouco ou nada era adsorvido na região do fluxo preferencial (Jury et al., 1986; Gish et al., 1986). Kladvko et al. (1991) observaram fluxo preferencial mesmo em solo pouco estruturado e com pouca matéria orgânica, três semanas após a aplicação, num sistema de drenagem subsuperficial. Concluíram que 7% do volume de poros foi efetivo no transporte rápido. Este comportamento pode ser explicado por condições de adsorção/dessorção de não equilíbrio nos caminhos de fluxo preferencial. Usando lisímetros no campo, Hall et al. (1989) verificaram que a magnitude das perdas anuais de pesticidas por lixiviação foi relacionado ao número de chuvas, momento da primeira chuva após a aplicação e fluxo total de água pelo solo. Entretanto, não puderam distinguir a importância relativa de cada um dos três componentes.

Em uma revisão sobre processos rápidos na zona não saturada, Germann (1988) concluiu que a pesquisa experimental deveria concentrar-se em processos de transporte de não-equilíbrio. Transporte no campo é caracterizado por entrada não constante de água e ciclos de infiltração e drenagem a diferentes intensidades e intervalos de tempo. Assim, o objetivo deste estudo foi quantificar o transporte de pesticidas através de colunas intactas de solo em dois solos distintos (um bem estruturado e outro mal estruturado) aplicando chuvas de diferentes intensidades e durações e tempo até a primeira chuva.

Para a condução do experimento, dezoito blocos intactos (0,3x0,3x0,4m) foram coletados para dois solos contrastantes no outono/inverno de 1993, no Estado de Indiana, USA. Ambos locais de coleta foram mantidos em plantio direto com rotação milho/soja pelos últimos 10 anos. O primeiro solo foi o Clermont franco siltoso (fine-silty, mixed, mesic Typic Ochraqualf), com 13 g.kg⁻¹ de matéria orgânica, mal drenado e mal estruturado. O segundo solo foi o Drummer franco argilo siltoso (fine-silty, mixed, mesic Typic Haplaquoll), com 60 g.kg⁻¹ de matéria orgânica, também mal drenado, mas bem estruturado. Para maximizar o potencial de fluxo preferencial, os blocos foram retirados na linha de milho e área entrelinhas não tráfegada. Após isolar-se um pedestal com as dimensões acima, o mesmo foi envolto com uma caixa de madeira sem fundo. Espuma isolante foi aplicada entre o espaço parede-solo para fixar as duas partes. Após secagem da espuma, o pedestal foi quebrado na sua parte inferior, nivelado e expondo-se a estrutura original. Uma base com tela, foi fixada à porção inferior da caixa para aumentar a estabilidade do bloco na caixa.

Um microsimulador de chuvas com um bico tipo cone foi utilizado no Laboratório de Erosão do USDA. Testes preliminares de uniformidade da precipitação foram realizados. Sob o simulador, os blocos eram suportados por tijolos e o lixiviado coletado através de um funil recoberto por papel alumínio. O lixiviado era coletado a cada 6 minutos em potes, durante a chuva e até o término completo

da drenagem. Foram coletadas um total de 1780 amostras. Atrazina e alachlor foram aplicados a uma dose de $3,4\text{kg.ha}^{-1}$ (31mg.bloco^{-1}) e KBr a 250kg.ha^{-1} ($22,5\text{g.bloco}^{-1}$) dissolvidos em água (701L.ha^{-1}). A superfície do solo era protegida com 20Mg.ha^{-1} de colmos picados de milho, cobrindo o solo em 100%. As chuvas, com três repetições, tiveram as seguintes características: (a) Série 1: 40mm.h^{-1} por 1 h, com intervalo da aplicação até a primeira chuva de 0 dia (15-30 minutos após a aplicação), 1 dia e 7 dias; estas chuvas eram aplicadas também passadas 1 e 2 semanas (total de 3 eventos); (b) Série 2: 20mm.h^{-1} por 1h; 20mm.h^{-1} por 2h; 40mm.h^{-1} por 1h; 40mm.h^{-1} por 2h, aplicados 15-30 minutos após a aplicação das substâncias químicas e após passados 1 e 2 semanas (total de 3 eventos).

Os herbicidas foram extraídos da solução com Sep-Park tC18 cartridges e determinados por cromatografia gasosa (HP 5890 com detetor de captura de elétrons). O brometo foi determinado por colorimetria (LaChat Instruments QuickChem Autoanalyzer). Os resultados são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Perda de massa (porcentagem do total aplicado) de três substâncias químicas após aplicação de chuvas a diferentes tempos em dois solos.

Substância	Solo	Tempo (dias)	Perda (%) do aplicado			
			Evento 1	Evento 2	Evento 3	Total
Atazina	Molisol	0	12,0	3,3	1,8	17,2
		1	12,1	3,7	1,3	16,1
		7	4,5	2,6	1,8	8,9
	Alfisol	0	7,0	3,7	2,4	13,1
		1	10,1	3,5	2,2	15,9
		7	6,7	3,5	2,0	12,1
Alachlor	Molisol	0	1,3	0,5	0,3	2,0
		1	0,8	0,3	0,2	1,3
		7	0,3	0,2	0,2	0,7
	Alfisol	0	0,7	0,2	0,2	1,1
		1	0,7	0,2	0,1	1,0
		7	0,4	0,3	0,1	0,8
Brometo	Molisol	0	18,6	3,6	2,2	24,4
		1	6,9	3,3	3,3	13,5
		7	5,3	4,3	3,7	13,3
	Alfisol	0	19,7	5,3	2,2	28,3
		1	9,1	5,6	4,2	18,9
		7	6,8	5,9	4,6	17,3

A densidade do solo Molisol variou de $1,40$ a $1,56\text{g.cm}^3$ (média de $1,47\text{g.cm}^3$) e do Alfisol variou de $1,43$ a $1,77\text{g.cm}^3$ (média de $1,51\text{g.cm}^3$) e a condutividade hidráulica saturada variou de $4,5$ a $52,3\text{mm.h}^{-1}$ (média de $16,0\text{mm.h}^{-1}$) para o Molisol e de $2,3$ a $12,2\text{mm.h}^{-1}$ (média de $6,4\text{mm.h}^{-1}$) para o Alfisol. O Molisol, ademais, apresentava grande quantidade de poros grande visíveis.

As curvas de saída de água revelaram grandes diferenças nos tempos de saída, fluxo de água e tempo para término da drenagem, dependendo do bloco e padrão de chuva. Praticamente todas as amostras de lixiviado contiveram pelo menos pequenas concentrações das três substâncias químicas. O brometo foi aplicado como um traçador conservativo para obter algum entendimento do movimento de água nos blocos. Em geral, a concentração de brometo aumentou nas primeiras amostras, com diminuição subsequente durante a chuva e aumento no final da drenagem. A concentração de brometo foi geralmente inversamente proporcional ao fluxo de água. Maiores concentrações podem estar associadas à contribuição da matriz do solo após a drenagem de água mais limpa dos poros maiores. A curva de saída de pesticidas geralmente seguiram aquelas do brometo, somente com diferente ordem de magnitude. As concentrações de atrazina, em todos os eventos, foram maiores que as de alachlor. As concentrações das três substâncias diminuíram nos eventos 2 e 3.

Tabela 2. Perda de massa (porcentagem do total aplicado) de três substâncias químicas aplicadas a dois solos submetidos a chuvas de diferentes intensidades e durações.

Substância	Solo	Intensidade (mm.h ⁻¹)	Duração (h)	Perda (%) do aplicado			
				Evento 1	Evento 2	Evento 3	Total
Atrazina	Molisol	20	1	4,4	1,2	0,8	6,4
			2	13,7	3,1	1,9	18,8
		40	1	12,0	3,3	1,8	17,2
			2	17,2	4,4	2,9	24,5
	Alfisol	20	1	4,5	1,5	1,4	7,4
			2	9,9	4,8	3,5	18,1
		40	1	7,0	3,7	2,4	13,1
			2	13,8	5,6	3,1	22,5
Alachlor	Molisol	20	1	0,5	0,1	0,1	0,6
			2	1,0	0,3	0,2	1,5
		40	1	1,3	0,5	0,3	2,0
			2	1,8	0,5	0,5	2,7
	Alfisol	20	1	0,4	0,1	0,1	0,6
			2	0,9	0,4	0,4	1,7
		40	1	0,7	0,2	0,2	1,1
			2	1,3	0,4	0,4	2,1
Brometo	Molisol	20	1	5,9	3,6	3,3	12,7
			2	16,2	5,7	3,1	25,0
		40	1	18,6	3,6	2,2	24,4
			2	22,8	6,7	3,9	33,4
	Alfisol	20	1	7,9	3,2	3,0	14,1
			2	17,5	5,8	3,1	26,3
		40	1	19,7	5,3	3,2	28,3
			2	22,2	5,9	2,3	30,4

As perdas totais de atrazina foram, em média, 10 vezes maiores que as de alachlor, tanto para diferentes espaçamentos até a primeira chuva (Tab. 1) como para diferentes combinações de intensidade e duração de chuva (Tab. 2). As maiores perdas para os dois herbicidas ocorreram com o espaçamento de 7 dias e as menores com 0 dia. O Alfisol teve perdas menores que o Molisol para espaçamentos pequenos (0 e 1 dia) e maiores para espaçamentos maiores (7 dias). Chuvas mais intensas ou mais longas provocaram maiores perdas. Houve evidências de que para um mesmo volume total de chuva, chuvas menos intensas e mais prolongadas produzem maiores perdas, particularmente para atrazina em ambos os solos e para o evento 1. O mesmo ocorreu para brometo nos eventos 2 e 3. Considerando a perda total no Molisol, para as três substâncias químicas, e comparando-se o tratamento 20mm.h⁻¹ por 1h aos demais, observa-se que 40mm.h⁻¹ por 1h perdeu 2 vezes mais massa das substâncias, 20mm.h⁻¹ por 2h perdeu 2-3 vezes mais massa e 40mm.h⁻¹ por 2h perdeu 3-4 vezes mais massa. No Alfisol, apenas a atrazina seguiu aquela tendência.

O rápido movimento do brometo pode ser explicado pelo seu caráter aniônico e alta solubilidade (444g.L⁻¹). As maiores perdas de atrazina (solubilidade = 33mg.L⁻¹, Koc = 149cm³.g⁻¹, t_{1/2} = 64 dias) comparado ao alachlor (solubilidade = 242mg.L⁻¹, Koc = 190cm³.g⁻¹, t_{1/2} = 18 dias), em todos os eventos, deveram-se possivelmente a menor sorção de maior permanência da atrazina no solo. Dever-se-ia esperar maiores perdas de alachlor no evento 1 devido a sua solubilidade e aplicação a solo úmido; mas aparentemente este efeito foi sobrepujado pela sua maior sorção. Portanto, a mobilidade nos diferentes eventos foi mais relacionado à sorção que à dissolução química.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. National Pesticide Survey Project Report. Office of Water, Office of Pesticides and Toxic Substances, Washington. DC. 1990.

GERMANN, P.F. Approaches to rapid and far-reaching hydrologic processes in the vadose zone. J. Contam. Hydrol. 3:115-127. 1988.

GISH, T.J.; ZHUANG, W.; HELLING, C.S. & KERNEY, P.C. Chemical transport under no-till field conditions. Geoderma 38:251-259. 1986.

HALL, J.K.; MURRAY, M.R. & HARTWIG, N.L. Herbicide leaching and distribution in tilled and untilled soil. J. Environ. Qual. 18:439-445. 1989.

JURY, W.A; ELABD, H. & RESKETO, M. Field study of napropamide movement through unsaturated soil. Water Resour. Res. 22:749-755. 1986.

KLADIVKO, E.J.; VAN SCOYOC, G.E.; MONKE, E.J.; OATES, K.M. & PASK, W. Pesticide and nutrient movement into subsurface tile drains on a silt loam soil in Indiana. J. Environ. Qual. 20:264-270. 1991.