

AValiação DO LIXIVIADO DE IMIDAZOLINONAS POR MEIO DE BIOENSAIO¹

Antonio Pasqualetto,² Roberto Kazuhiko Zito,³ Antônio Alberto da Silva⁴ e Hugo A. Ruiz⁴

ABSTRACT

EVALUATION OF THE LEACHATE OF IMIDAZOLINON BY MEANS OF BIOESSAY

The lixiviation of herbicides is the most common cause of contamination of subsuperficial water. The objective of this paper was to study the lixiviation of the herbicides imazamox e imazethapyr by means of bioessay. The herbicides were applied to several types of soil into PVC tubes, followed by the addition of 60 mm of water. In each column of soil, leached material was collected and transferred to vases filled with washed sand. Sorghum was sowed in these vases. After seventeen days, the aerial parts and the roots were collected, dried and submitted to a statistic investigation. The lixiviation of imazamox was smaller than that of imazethapyr. As far as types of soil were concerned, there was no difference among them concerning to dry matter weight of the aerial parts.

KEY WORDS: Imazamox, imazethapyr, lixiviation, bioessay.

RESUMO

A contaminação de águas subsuperficiais por agrotóxicos decorre principalmente da lixiviação de seus resíduos. Neste trabalho, estudou-se a lixiviação dos herbicidas imazamox e imazethapyr por meio de bioensaio. Areia lavada e quatro tipos de de solo foram colocados em tubos de PVC em posição vertical que, após a aplicação dos herbicidas, receberam lâmina d'água de 60 mm. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições e com os tratamentos dispostos no esquema fatorial 2x5. Em cada coluna de solo, coletou-se a solução lixiviada que foi transferida para vasos contendo areia lavada, especificando-se o tratamento recebido. Nos vasos com a solução lixiviada, semeou-se sorgo; aos 17 dias, coletaram-se as partes aérea e do sistema radicular das plantas de sorgo, que foram secadas e analisadas estatisticamente. Nas doses testadas, o imazamox mostrou-se menos lixiviável que o imazethapyr. Ao estudar a lixiviação nos diversos tipos de solo, não se verificou diferença entre eles no que se refere ao peso da matéria seca da parte aérea das plantas, indicando que os solos não influenciaram no comportamento dos herbicidas estudados.

PALAVRAS-CHAVE: Imazamox, imazethapyr, lixiviação, bioensaio.

INTRODUÇÃO

O imazethapyr, herbicida seletivo para a cultura da soja, apresenta eficiente controle de leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), entre outras espécies. Este herbicida, pertencente ao grupo das imidazolinonas, atua inibindo a ação da enzima aceto-hidroxiácido sintase, impedindo assim a síntese dos aminoácidos leucina, isoleucina e valina (American Cyanamid

Company 1994). O imazamox é um herbicida pertencente ao grupo das imidazolinonas, possui o mecanismo de ação equivalente ao imazethapyr e é registrado para as culturas de feijão e soja.

Embora os herbicidas citados sejam aplicados em pós-emergência, grande parte atinge o solo, podendo chegar até as águas de superfície e/ou subsuperficiais, e causa sérios danos ao ambiente

A adsorção dos herbicidas do grupo das imidazolinonas, que se apresentam como moléculas

1. Entregue para publicação em janeiro de 1999.

2. Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. CP. 131 - CEP - 74001-970 Goiânia - GO.

3. Doutorando em Fitotecnia - Universidade Federal de Viçosa, MG. CEP - 36570-001.

4. Universidade Federal de Viçosa, MG. CEP - 36570-001.

aniônicas, geralmente aumenta à medida que o pH diminui (Renner *et al.* 1988, Stougaard *et al.* 1990, Loux & Reese 1993). A adsorção pode ocorrer por ligações hidrofóbicas, por pontes de hidrogênio, por forças de van der Waals, por ligações por meio de metais e ligações eletrostáticas. Stougaard *et al.* (1990), utilizando imazethapyr e imazaquin em solos com pH 7, sugerem que alguma forma de adsorção física do produto aos colóides do solo estaria ocorrendo. Assim, fatores como quantidade e tipo de argila e quantidade de matéria orgânica influenciam no processo de adsorção e, conseqüentemente, no de lixiviação.

Deve-se esperar uma correlação inversa entre o coeficiente de lixiviação e a capacidade de adsorção do solo, ou seja, solos argilosos tendem a adsorver mais as moléculas de herbicidas, enquanto nos arenosos a lixiviação pode ser favorecida. Além disso, o movimento de agroquímicos através do perfil do solo é influenciado pela infiltração de água, que é controlada pelas características físico-hídricas do solo (Clay *et al.* 1992).

Para herbicidas potencialmente lixiviáveis, espera-se uma correlação positiva entre a precipitação e a lixiviação. Em função disso, precipitações intensas podem promover a lixiviação desses produtos e contaminar as águas subsuperficiais. Para estudar a atividade da molécula do herbicida nos solos, muitos pesquisadores têm utilizado o bioensaio, que alia baixo custo a uma boa precisão. Esta técnica consiste em utilizar plantas sensíveis aos produtos testados, de forma que resíduos de agrotóxicos ou soluções presentes no solo

possam ser evidenciados através da alteração das características agronômicas da planta teste.

O objetivo deste trabalho foi estudar a lixiviação dos herbicidas imazamox e imazethapyr em colunas de solo, através da coleta da solução lixiviada, avaliada posteriormente, por meio de bioensaio, com a planta-teste sorgo.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se neste estudo os herbicidas imazethapyr e imazamox, cinco substratos sendo, areia lavada e quatro amostras deformadas de solos: latossolo vermelho-amarelo distrófico de Três Marias (Lvd), latossolo vermelho-escuro álico de Sete Lagoas (Lea), latossolo roxo eutrófico de Capinópolis (Lre), podzólico vermelho-amarelo câmbico de Viçosa (Pvc), cujas características físico-químicas constam na Tabela 1.

A areia foi incubada com solução de hidróxido de sódio por 24 horas, lavada e depois incubada por mais 24 horas com solução de ácido clorídrico, sendo posteriormente lavada com água em abundância.

Os solos latossolo-vermelho escuro álico de Sete Lagoas e latossolo vermelho-amarelo distrófico de Três Marias foram submetidos a calagem segundo a metodologia de Raij (1986).

Tabela 1. Caracterização físico-química das amostras de solo.

Características	Lvd ¹	Lea ²	Lre ³	Pvc ⁴
Areia grossa (%)	24,00	9,00	10,00	27,00
Areia fina (%)	60,00	5,00	24,00	16,00
Silte (%)	8,00	11,00	19,00	11,00
Argila (%)	8,00	75,00	47,00	46,00
Massa específica do solo (g.cm ⁻³)	1,37	1,18	1,11	1,01
Massa específica de partículas (g.cm ⁻³)	2,74	2,94	2,90	2,56
Porosidade (%)	50,00	59,90	61,70	60,50
Equivalente de umidade (%)	6,40	20,30	22,20	23,30
pH água	4,70	4,90	5,80	5,90
Carbono orgânico (dag.kg ⁻¹)	0,50	3,60	3,90	3,10
P (mg.dm ⁻³)	1,90	1,60	10,00	5,10
K (mg.dm ⁻³)	77,00	115,00	96,00	21,00
Al (cmol _c .dm ⁻³)	0,30	0,10	0,00	0,00

Continua...

Continuação...

Características	Lvd ¹	Lea ²	Lre ³	Pvc ⁴
Ca (cmol _c .dm ⁻³)	0,20	0,60	2,80	2,60
Mg (cmol _c .dm ⁻³)	0,10	0,20	0,50	1,10
H+Al (cmol _c .dm ⁻³)	1,50	4,80	1,50	6,00
SB (cmol _c .dm ⁻³)	0,45	1,09	3,63	4,27
CTC efetiva (cmol _c .dm ⁻³)	0,75	1,19	3,63	4,27
CTC total (cmol _c .dm ⁻³)	1,95	5,89	5,13	10,27
V (%)	22,90	18,60	70,70	41,60
m (%)	40,30	8,40	0,00	0,00

1 - Lvd = latossolo vermelho-amarelo distrófico de Três Marias.

2 - Lea = latossolo vermelho-escuro álico de Sete Lagoas.

3 - Lre = latossolo roxo eutrófico de Capinópolis.

4 - Pvc = podzólico vermelho-amarelo câmbico de Viçosa.

As amostras de solo e a areia foram acondicionados em tubos de Pvc de 0,10 m de diâmetro por 0,50 m de altura, revestidos internamente com parafina, para diminuir a movimentação vertical de água entre o solo e as paredes internas do tubo. A extremidade inferior do tubo foi vedada com a seqüência gaze-papel de filtro-placa de Petri, fixada com fita adesiva. As colunas foram colocadas em posição vertical e deixadas sob simulador de chuva, para receber uma lâmina uniforme até que houvesse percolação em todas as unidades experimentais. Os tubos tiveram a parte superior coberta por sacos plásticos, que foram retirados dois dias após, quando se aplicaram os herbicidas nas doses de 100 g i.a./ha e 40 g i.a./ha de imazethapyr e imazamox, respectivamente. Logo após a aplicação, os tubos foram colocados sob simulador de chuva, com intensidade de precipitação de 0,9 mm/min, durante o tempo necessário para aplicar a lâmina de 60 mm. Neste período foram coletadas as soluções lixiviadas com um saco plástico previamente amarrado no fundo de cada tubo. Dois dias depois, retiraram-se os sacos plásticos e o material coletado foi armazenado para posterior estudo.

Na etapa seguinte, transferiram-se 60 ml do lixiviado de cada tubo para vasos de 370 ml, contendo areia lavada, onde se semeou sorgo. O estudo do lixiviado obedeceu ao delineamento em blocos casualizados, no arranjo fatorial 2x5, constituído pelos mesmos herbicidas e substratos. Após a germinação, fez-se o desbaste, mantendo-se quatro plantas por vaso. Após 17 dias procedeu-se à colheita e determinaram-se os pesos da matéria seca, com precisão de centigramas. De posse dos dados experimentais, procedeu-se à análise de variância dos

tratamentos, sendo as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância para os dados referentes ao estudo do lixiviado pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo da análise de variância dos dados de peso da matéria seca da parte aérea (PSA) e relação peso da matéria seca da parte aérea / peso de matéria seca das raízes (RARS).

Fonte de variação	GL	PSA	RARS
Bloco	3	0,006	0,234
Herbicida (H)	1	0,236 ²	9,500 ²
Solo (S)	4	0,034 ²	0,136
HxS	4	0,008	0,562 ¹
C.V. (%)	25,4	21,0	

1, 2 : significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Como no caso do peso da matéria seca da parte aérea não houve efeito de interação dos fatores estudados, são apresentados apenas os efeitos gerais de solo e herbicidas nas Figuras 1 e 2.

Nas doses testadas, o imazamox mostrou-se menos lixiviável que o imazethapyr, haja vista o peso da matéria seca da parte aérea ter sido menor quando as plantas de sorgo foram semeadas em areia lavada com solução contendo moléculas de imazethapyr, indicando que este produto é lixiviado em maior quantidade do que o imazamox (Figura 1). É importante salientar que, na metodologia utilizada, tanto a dose quanto a efetiva ação do herbicida sobre

a planta-teste podem influenciar os resultados.

Quanto aos diversos tipos de solos testados, não houve diferença significativa entre Lvd, Led, Lre e Pvc na produção de matéria seca da parte aérea (Figura 2). Na areia lavada (Ar) houve uma redução significativa do crescimento das plantas de sorgo. A ausência de diferenças significativas entre os solos em questão caracteriza a escassa interação dos herbicidas com seus componentes físico-químicos. Entretanto, há uma sensível diferença de resultados entre os solos. Nos solos Led e Lre, com, respectivamente, 86 e 66% de silte+argila em sua composição física e 3,6 e 3,9 dag/kg de carbono orgânico (Tabela 1), os valores de peso da matéria seca da parte aérea foram menores, o que indica uma tendência de maior lixiviação. Isso seria esperado, já que os herbicidas do grupo das imidazolinonas que predominam na forma aniônica ($-\text{COO}^-$) em $\text{pH } 7 \pm 2$ são repelidos pelas cargas negativas dos colóides minerais e orgânicos do solo. Em $\text{pH } 6$ o imazethapyr apresenta-se muito dissociado (99%) e não se espera

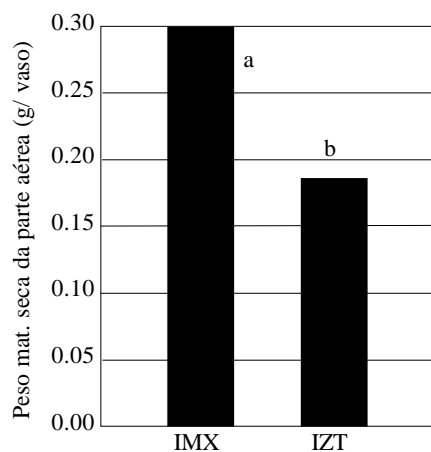


Figura 1. Peso da matéria seca da parte aérea de plantas de sorgo tratadas com lixiviado de imazamox (IMX) e imazethapyr (IZT).

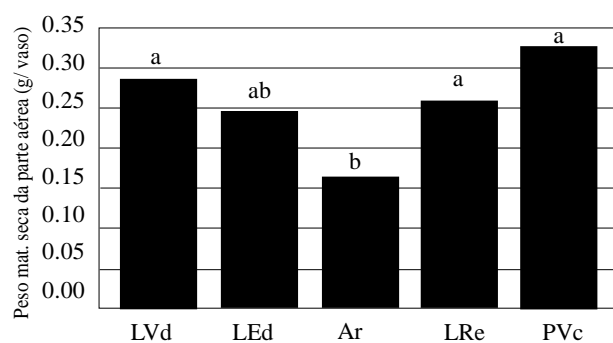


Figura 2. Valores médios de peso da matéria seca da parte aérea de plantas de sorgo tratados com o lixiviado de herbicidas, em diferentes tipos de solos.

adsorção significativa se o mecanismo de adsorção for exclusivamente iônico (Stougaard *et al.* 1990).

Os dados da Tabela 3 apresentam uma diferença nos efeitos fisiológicos decorrentes da ação fitotóxica dos herbicidas. O imazethapyr reduziu o crescimento da parte aérea em detrimento das raízes, como mostra a relação matéria seca da parte aérea-raízes (RARS), se comparada com o imazamox, nos solos Lvd, Led e Lre. Nos demais solos não houve efeito na RARS com a utilização do imazethapyr. Porém, com o uso do imazamox, obteve-se uma diferença significativa no menor valor médio referente ao peso da matéria seca da parte aérea do sorgo, quando se utilizou areia lavada. Constata-se, assim, que os dois herbicidas tiveram efeito diferenciado no crescimento das plantas de sorgo, apesar de pertencerem ao mesmo grupo de herbicidas e de possuírem o mesmo mecanismo de ação.

Tabela 3. Médias obtidas para a relação matéria seca parte aérea-raízes (RARS) de plantas de sorgo, cultivadas em areia, contendo lixiviado de dois herbicidas: imazamox (IMX) e imazethapyr (IZT), obtidos de quatro tipos de solo: Lvd, Led, Lre e Pvc e areia lavada (Ar)

Tratamentos	RARS		
Lvd-IMX	2,35	a ¹	AB
Lvd-IZT	1,49	b	A
Lea-IMX	2,59	a	AB
Lea-IZT	1,03	b	A
Ar-IMX	1,86	a	B
Ar-IZT	1,43	a	A
Lre-IMX	2,70	a	A
Lre-IZT	1,21	b	A
Pvc-IMX	1,99	a	AB
Pvc-IZT	1,46	a	A
C.V. (%)	21,00		

1. Letras minúsculas na vertical comparam médias entre os herbicidas num mesmo solo, enquanto letras maiúsculas na vertical comparam as médias entre os solos em um mesmo herbicida, a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

CONCLUSÕES

As principais conclusões obtidas foram que o herbicida imazamox é mais lixiviável do que o imazethapyr, independente do tipo de solo avaliado; com exceção da areia lavada, os diferentes solos não influenciaram na produção de matéria seca da parte aérea das plantas de sorgo; e em solos com maior quantidade de argila como Lvd, Lea e Lre, a relação parte aérea-raízes é maior quando se utiliza o herbicida imazamox.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Cyanamid Company. 1994. Experimental herbicide. Princeton, N. J. 6p.
- Clay, S. A., D. E. Clay, W. C. Koskinem, & G. L. Malzer. 1992. Agrichemical placement impacts on alachlor and nitrate movement through soil in a ridge tillage system. *J. Environ. Sci. Health*, 27(2):125-38.
- Loux, M. M. & K. D. Reese. 1993. Effect of soil type and pH on persistence and carryover of imidazolinone herbicides. *Weed Sci.*, 37:452-58.
- Raij, B. Van. 1987. Avaliação da fertilidade do solo. Potafos. 142p.
- Renner, K. A., W. F. Meggitt & D. Penner. 1988. Effect of soil pH on imazaquin and imazethapyr adsorption to soil and phytotoxicity to corn (*Zea mays*). *Weed Sci.*, 36:78-83.
- Sstougaard, R. N., P. J. Shea, & A. R. Martin, 1990. Effect of soil type and pH on adsorption, mobility, and efficacy of imazaquin and imazethapyr. *Weed Sci.*, 38:67-73.