

## LIXIVIAÇÃO DO HERBICIDA IMAZAQUIN EM LATOSSOLOS VERMELHOS

GIRALDELI, A.L. (CCA – UFSCar, Araras/SP – analigia\_giraldeli@hotmail.com), MONQUERO, P.A. (CCA – UFSCar – Araras/SP - pamonque@cca.ufscar.br), FLORIDO, F. (CCA – UFSCar, Araras/SP - flavia.florido@hotmail.com), DIAS, A.C.R. (CENA-USP, Piracicaba/SP - anacarolina.r.dias@gmail.com), TORNISIELO, V. (CENA-USP, Piracicaba/SP - vltornis@cena.usp.br)

**RESUMO:** O imazaquin é um herbicida utilizado intensivamente no Brasil para controlar plantas daninhas associadas principalmente à cultura da soja. O presente trabalho teve como objetivo estudar a lixiviação do imazaquin em solos com diferentes características. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, com três repetições. Foram utilizados os solos classificados como Latossolos Vermelhos, e que diferiam quimicamente. O herbicida imazaquin ( $^{14}\text{C}$  Imazaquin + produto técnico) foi aplicado na dose recomendada ( $161 \text{ g i.a ha}^{-1}$ ), diretamente sobre a superfície das amostras de solo que foram empacotadas em colunas. Após isto, foi feita simulação de chuva de 200 mm. A maior parte da radioatividade do imazaquin foi retida nas camadas de 0 a 10 cm nos dois solos LVe, sendo que no solo com maior pH uma pequena % da radioatividade foi notada até a camada de 15-20 cm.

**Palavras chave:** Mobilidade, imidazolinonas, herbicidas ácidos, dessorção

### INTRODUÇÃO

A lixiviação constitui um dos principais processos de dissipação dos herbicidas no solo, exercendo influência direta sobre o controle das plantas daninhas, sobre a persistência e o risco de contaminação ambiental (FERRI, 2003). Propriedades intrínsecas dos herbicidas, dos solos e do clima influenciam a lixiviação, sendo mais suscetíveis os herbicidas com elevada solubilidade em água e fraca sorção ao solo. Tais fatores favorecem o transporte dos compostos com a água que percola o solo (CHAKKA; MUNSTER, 1997; KALITA et al., 1997). Segundo Oliveira (2001), para ser lixiviado, o herbicida deve estar na solução do solo ou adsorvido a pequenas partículas, como argilas, ácido fúlvicos e húmicos de baixo peso molecular, aminoácidos, peptídeos e açúcares, entre outros.

O movimento descendente dos herbicidas no solo é influenciado pelo teor e tipo de matéria orgânica, composição, tamanho e distribuição das partículas do solo, pH e densidade do solo, tamanho e distribuição dos poros, além da solubilidade em água das moléculas dos herbicidas e do índice de precipitação pluvial (PRATA et al., 2003).

Imazaquin é um herbicida do grupo químico das imidazolinonas que é amplamente utilizado para controle de diversas plantas daninhas dicotiledôneas e monocotiledôneas em culturas como a soja (SEIFERT et al., 2011). A absorção do imazaquin ocorre através de raízes e folhas, enquanto a translocação é apoplástica, se acumulando nos meristemas nas plantas (SHANER, 2003). Esta molécula inibe a enzima acetolactato synthase (ALS), resultando em bloqueio na síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina (TAN et al., 2005).

O imazaquin apresenta dois grupos funcionais ionizáveis: um grupo carboxílico (ácido fraco,  $pK_a = 3,8$ ) e um grupo quinolina (base fraca,  $pK_a = 2,0$ ) (STOUGAARD et al., 1990). Na faixa de pH mais comum dos solos tropicais agricultáveis (5,0 a 6,5, na qual  $pH$  do solo  $> pK_a$ ), o imazaquin comporta-se predominantemente como um herbicida ácido, dissociando-se à forma de ânion orgânico (NOVO et al., 1997) e como a maioria dos solos apresenta carga elétrica líquida negativa, ocorre baixa sorção do imazaquin aos seus colóides, devido às forças eletrostáticas repulsivas (LOUX et al., 1989; REGITANO et al., 2000).

O objetivo do projeto foi avaliar, por meio de técnicas radiométricas, a lixiviação do imazaquin em dois Latossolos Vermelhos com diferentes características químicas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

As coletas das amostras de solo foram realizadas em áreas agrícolas da região de Piracicaba e Araras – SP. Em uma área, o herbicida imazaquin foi aplicado uma única vez em 2007 (área 1) e na outra não havia o histórico de aplicação do produto (área 2). Ambos os solos utilizados foram classificados como Latossolos Vermelhos. A coleta foi realizada na camada arável do solo. O material coletado foi seco e passado por uma peneira de 2 mm. O experimento foi conduzido em sala climatizada com pouca luz e temperatura controlada entre 18 e 25 °C.

Utilizou-se para o experimento, colunas de vidro de 0,50 m com 5 cm de diâmetro. As colunas foram preparadas fechando a ponta das mesmas com lã de quartzo, preenchendo a parte cônica com areia de quartzo lavada e seca em estufa a 100°C e preenchendo com solo até a altura de 0,30 m, colocando-se pequenas porções de solo seco ao ar no fundo da mesma, vibrando-se o conjunto para acomodá-lo, evitando-se assim, a formação de bolhas de ar. As amostras de solo condicionadas nas colunas foram pesadas para se controlar a reprodutibilidade do processo. No solo 1 foi utilizado 753 g nas colunas e no solo 2 foi utilizado 760 g. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com 3 repetições.

Posteriormente as colunas foram inundadas com solução  $CaCl_2$  0,01 mol L<sup>-1</sup>. O processo foi feito acomodando as colunas dentro de provetas de 2L e preenchendo

cuidadosamente o espaço entre as duas vidrarias com solução. As colunas foram mantidas desta forma até a umidade alcançar a superfície do solo. Após o processo de inundação das colunas, estas foram retiradas da proveta e instaladas em um suporte ficando em repouso por 2 horas para drenagem da solução de  $\text{CaCl}_2$ . O próximo passo foi o encaixe das colunas em suportes verticais e o posicionamento de Erlenmeyers abaixo de cada uma para a coleta de solução salina excedente. A coleta foi realizada até a aplicação do herbicida.

O herbicida imazaquin ( $^{14}\text{C}$  Imazaquin + produto técnico) foi aplicado na dose recomendada ( $1 \text{ L ha}^{-1}$ ), correspondente à  $161 \text{ g i.a ha}^{-1}$ , utilizando micropipeta, aplicando diretamente sobre a superfície do solo de cada coluna. Foi utilizado o produto comercial Scepter Técnico (ácido 2-[4,5- diidro-4-metil-4-(1- metiletil)-5-oxi-1H-imidazol-2- il]-3-quinolino-carboxílico), da marca *Cyanamid* (pureza= 98,26%). Como produto radiomarcado, seu respectivo isótopo radioativo ( $^{14}\text{C}$ -*Imazaquin*, com marcação no grupo carboxílico, atividade específica =  $0,80 \text{ MBq.mg}^{-1}$ ; pureza radioquímica = 98 %) foi utilizado. Utilizou-se a radioatividade de  $18.700 \text{ Bq}$  por coluna de solo.

Após a aplicação do herbicida, para que a simulação de precipitação fosse distribuída de forma mais homogênea possível, as superfícies das colunas de solo foram cobertas com um disco de lã de quartzo. Após este procedimento, foi encaixado um funil invertido, que foi conectado uma mangueira pela qual a solução de  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  passava. Foi simulado um fluxo de aproximadamente  $8 \text{ mL h}^{-1}$  por 48 horas, utilizando-se a solução de  $\text{CaCl}_2$ , resultando em uma simulação de chuva de aproximadamente  $200 \text{ mm}$  em 48 horas.

A cada 12 horas foram coletadas três alíquotas de  $10 \text{ mL}$  do lixiviado adicionadas a  $10 \text{ mL}$  de solução cintiladora (Insta-gel<sup>®</sup>) para medição no espectrofotômetro de cintilação líquida. Após 48 horas, o fluxo de solução de  $\text{CaCl}_2$  foi interrompido e as amostras de solo foram retiradas das colunas injetando-se ar na ponta da coluna para forçar a saída de solo. As amostras foram então, cortadas em 6 partes resultando nas camadas: 0- 5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm e de 25-30 cm. As amostras foram secas ao ar, pesadas, maceradas e homogeneizadas. Três sub-amostras ( $0,2\text{g}$ ) de cada camada de solo seca foram oxidadas em oxidador biológico para quantificação da radioatividade total.

Os resultados foram expressos em % da radioatividade encontrada no lixiviado e em cada segmento da coluna, em relação a radioatividade inicialmente aplicada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As porcentagens médias de radioatividade acumulada nas 48 horas, encontradas na solução lixiviada nos solos, retirados das duas áreas agrícolas, foram iguais a zero. Apesar de o imazaquin ser um herbicida ácido, os quais são normalmente menos sorvidos aos

colóides do solo do que os herbicidas neutros ou básicos (REGITANO, 2001) e seu Kow (0,12) ser classificado como mediamente hidrofílico, observamos que o mesmo não foi encontrado na solução lixiviada.

Os valores da porcentagem média em relação à radioatividade aplicada, nas diferentes profundidades da coluna são apresentados na Tabela 1, onde se observa que mais de 95% da radioatividade do imazaquin foi retida nas camadas de 0 a 10 cm nos dois solos LVe, sendo que no solo com maior pH uma pequena % da radioatividade foi notada até a camada de 15-20 cm. O imazaquin é fracamente adsorvido em solos com alto pH e o Koc estimado é de 20 mL g<sup>-1</sup> a pH 7 (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). O aumento do pH do solo, através da calagem, proporcionou lixiviação de imazaquin (150 g ha<sup>-1</sup>) até 40 cm de profundidade nas colunas com Latossolo Vermelho Distrófico (LV) (arenoso) e Latossolo Roxo Distroférrico (LR) (argiloso), após a simulação de uma chuva de 30 e 90 mm, respectivamente (INOUE et al., 2002). Em outro trabalho, também foi verificado que a quantidade sorvida de herbicida imazaquin aumenta à medida que o pH diminui em solos franco arenosos e franco-siltoso (GOETZ et al.,1986). Importante, lembrar que pesticidas ácidos como os do grupo químico das imidazolinonas, também podem interagir com a matéria orgânica, via ligações por pontes de hidrogênio, o que explica a retenção destes produtos em alguns solos com alto teor de matéria orgânica.

**Tabela 1** – Radiação recuperada após a oxidação em relação à radioatividade aplicada, ao longo das colunas de solo.

Latossolo Vermelho	Profundidade (cm)						Total Oxidado
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	
Radiação recuperada %							
Área 1	77,60	18,93	3,32	0,16	0,00	0,00	100,01
Área 2	99,07	4,37	0,00	0,00	0,00	0,00	103,44

### CONCLUSÕES

O imazaquin é observado até a camada de 15-20 cm no Latossolo Vermelho com maior pH e até a camada de 5-10 cm no solo LVe com menor pH.

### AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHAKKA, K.B., MUNSTER, C.L. Atrazine and nitrate transport to the brazos river floodplain aquifer. Transactions of the ASAE, Saint Joseph, v. 40, n. 3, p.615-621, 1997.

FERRI, M. V. W. et al. Lixiviação do herbicida acetoclor em solo Submetido à semeadura direta e ao preparo Convencional. *Pesticidas: Revista Ecotoxicologica e Meio Ambiente*, v. 13, p. 147-156, 2003.

GOETZ, A.J. et al. Soil solution and mobility characterization of imazaquin. *Weed Science*, v. 34, n.3, p.788-793, 1986.

INOUE, M.H.; MARCHIORI JR., O.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; TORMENA, C.A. Calagem e o potencial de lixiviação de imazaquin em colunas de solo. *Planta Daninha*, v.20, n.1, p. 125-132. 2002.

KALITA, P.K. et al. Groundwater residues of atrazine and alachlor under water-table management practices. *Transaction of the ASAE, Saint Joseph*, v. 40, p. 605-614, 1997.

LOUX, M.M.; LIEBL, R.A.; SLIFE, F.W. Adsorption of imazaquin and imazethapyr on soils, sediments, and selected adsorbents. *Weed Science*, v.37, n.712-718, 1989.

NOVO, M. C. et al. Persistência de imazaquin em Latossolo Roxo cultivado com soja. *Planta Daninha*, v. 15, n.1, p.30-38, 1997.

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. et al. Glyphosate sorption and desorption in soils with different phosphorous levels. *Scientia Agricola*, v. 60, n. 1, p. 175-180, 2003.

REGITANO, J.B. et al. Imazaquin sorption in highly weathered tropical soils. *Journal Environment Quality*, v. 29, p. 894-900, 2000.

REGITANO, J. B.; ALLEONI, L. R. F.; TORNISIELO, V. L. Atributos de solos tropicais e a sorção de imazaquin. *Scientia Agricola*, v.58, p. 801-807, 2001.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. de. *Guia de herbicidas*. 6. ed. Londrina: Ed. Autores, p. 648, 2011.

SEIFERT, S. et al. Imazaquin mobility and persistence in a sharkey clay soil as influenced by tillage systems. *Weed Science*, v. 49, n. 2, p. 571-577, 2001.

SHANER, D.L. Imidazolinone herbicides. IN: PLUMMER, D.; RAGSDALE, N. (Ed.) *Encyclopedia of agrochemicals*. Hoboken NJ: John Wiley and Sons, 2003. p. 769-784.

STOUGAARD, R.N.; SHEA, P.J.; MARTIN, A.R. Effect of soil type and pH on adsorption, mobility, and efficacy of imazaquin and imazethapyr. *Weed Science*, v. 38, p. 67-73, 1990.

TAN, S. et al. Imidazolinone tolerant crops: history, current status and future. *Pest Management Science*, v. 61, n.3, p. 246-257, 2005.