

Avaliação da atividade residual no solo de imazaquin e trifluralin através de bioensaios com milho

Antonio Alberto da Silva¹, Rubem Silvério de Oliveira Junior^{2*} e José E. Castro Filho³

¹Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 36570-001, Viçosa-Minas Gerais, Brazil. ²Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá-Paraná, Brazil. ³Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande-Mato Grosso do Sul, Brazil. *Author for correspondence.

RESUMO. Amostras de solo provenientes de áreas que receberam a aplicação de imazaquin e trifluralin foram utilizadas na condução de bioensaios com milho em casa-de-vegetação. A toxicidade visual no milho cultivado em solo no qual foi aplicado trifluralin decresceu mais rapidamente do que no solo que recebeu a aplicação de imazaquin. Os resíduos de imazaquin provocaram redução no acúmulo de biomassa da parte aérea do milho, praticamente em todas as doses, até 60 dias após a aplicação (DAA), mas esse efeito só foi observável até 90 DAA, para doses acima de 180g/ha. Para as raízes, no entanto, o efeito foi mais prolongado e, somente a partir de 120 DAA, a redução no peso deixou de ser observada. O efeito dos resíduos de trifluralin sobre as plantas de milho manifestou-se de forma mais evidente sobre as raízes do que sobre a parte aérea, e a redução no crescimento radicular perceptível até os 150 DAA. Com relação às amostras coletadas na profundidade 10-20cm, observaram-se sintomas de toxicidade para imazaquin, sugerindo maior potencial de movimentação no perfil do solo.

Palavras-chave: bioensaio, potencial de *carryover*, persistência, resíduos.

ABSTRACT. Evaluation of imazaquin and trifluralin soil residual activity through corn bioassays. Soil samples containing imazaquin and trifluralin were used to conduct corn bioassays in a greenhouse. The visual symptoms of corn phytotoxicity cultivated with trifluralin decreased faster than in soils with imazaquin application. Imazaquin residues caused the biomass reduction of the corn aerial part in all doses up to 60 days after the application (DAA), but such effect was evident up to 90 DAA for doses higher than 180g/ha. For corn roots, however, the effect was longer and only after 120 DAA no more weight reduction was detected. Trifluralin residual effect on corn plants was more evident in the roots than in the shoot, and the root growth reduction was observable up to 150 DAA. Imazaquin phytotoxicity was observed in 10-20 cm-deep soil samples, thus suggesting a higher potential for soil leaching.

Key words: bioassay, carryover potential, persistence, residues.

Imazaquin e trifluralin são herbicidas intensamente utilizados no controle de plantas daninhas na cultura da soja no Centro-Sul do Brasil. Ambos são aplicados diretamente no solo, em pré-emergência ou pré-plantio incorporado. Com o contínuo incremento da área de plantio do chamado “milho safrinha”, após o cultivo de verão, torna-se de grande importância investigar a possibilidade de aparecimento de *carryover* dos herbicidas aplicados na cultura da soja (Oliveira *et al.*, 1996).

A persistência das imidazolinonas no solo é influenciada pela umidade, temperatura, exposição à luz solar (Renner *et al.*, 1988) e pelo grau de sorção ao solo. A intensidade de sorção aumenta com a

elevação do teor de matéria orgânica e a redução do pH (Loux *et al.*, 1989; Che *et al.*, 1992) e é influenciada pelo tipo de argila e de hidróxidos de ferro e alumínio presentes (O'Bryan *et al.*, 1994). Quando o imazaquin é aplicado no solo, existe a recomendação, em países de clima temperado, de que o período de tempo entre a aplicação e o plantio de culturas subsequentes varie de 11 (sorgo, tabaco, feijão, soja) até 26 meses (beterraba açucareira) (Bhalla *et al.*, 1991). Considera-se o milho altamente sensível às imidazolinonas, sendo essa espécie comumente utilizada em bioensaios para a detecção de baixas concentrações desse grupo de herbicidas (Monks e Banks, 1991; Rodrigues, 1993; Schroeder,

1994; Baughman e Shaw, 1996). No nível de campo, danos ao milho plantado um ano após a aplicação de imazaquin têm sido observados, em alguns casos inclusive com redução na produtividade (Curran *et al.*, 1991 e 1992; Krausz *et al.*, 1994).

O trifluralin é pouco lixiviável e a sua volatilização e degradação aumentam com a elevação da temperatura e da umidade do solo (Gomez de Barreda *et al.*, 1993). Embora seja considerado normalmente como relativamente não-persistente no solo, a atividade desse herbicida por períodos mais prolongados do que o esperado já foi relatada, principalmente em áreas de clima temperado (Gerwing e McKercher, 1992; Smith e Aubin, 1994). Sabe-se que esse herbicida pode permanecer no solo até a estação seguinte de cultivo em concentrações capazes de causar danos a culturas susceptíveis como milho (Fink, 1972), sorgo (Abernathy e Keeling, 1979), arroz (Brewer *et al.*, 1982) e trigo (Corbin *et al.*, 1994).

Os principais fatores que contribuem para a degradação do trifluralin quando aplicado no solo são a fotólise, a volatilização e a decomposição microbiana (Rodrigues e Almeida, 1998). A baixa solubilidade do produto, quando associada a condições de manejo, solo e clima que favoreçam a persistência do produto no solo e à sensibilidade de certas espécies de plantas, pode, eventualmente, proporcionar resíduos de maior duração que o esperado. Nesse caso, espécies mais sensíveis ao trifluralin, tais como milho e trigo, que sejam plantadas após as culturas nas quais o herbicida é utilizado, podem sofrer algum dano.

O objetivo deste trabalho é o de avaliar o período de atividade residual de imazaquin e trifluralin num Latossolo Roxo distrófico, característico da região de Dourados, MS, por meio de bioensaios com plantas de milho

Material e métodos

O experimento de campo foi montado em área de Latossolo Roxo distrófico (LRd), da região de Dourados, MS. As características do solo em questão encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas e químicas de amostras de solo provenientes do local dos experimentos de campo e utilizados para elaboração dos bioensaios com milho em casa-de-vegetação.

pH _{H2O}	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	P	K	Areia	Silte	Argila	M.O.
(1:2,5)	cmol/dm ³			mg/dm ³ solo		%			%
6,0	0,0	6,5	1,2	12,0	14,9	07	17	76	3,4

Imazaquin e trifluralin foram aplicados em pré-plantio e incorporados a uma profundidade média de 7cm, utilizando-se grade de discos convencional. As

parcelas experimentais foram constituídas de 28m² (7,0 x 4,0m), deixando-se uma faixa lateral de um metro de largura sem aplicação dos tratamentos a fim de se evitar contaminações.

As aplicações dos herbicidas foram realizadas com pulverizador pressurizado a CO₂, equipado com bicos Teejet 8003, com pressão constante de 4,0kgf/cm², proporcionando uma vazão equivalente a 300 L/ha. Foram aplicadas doses de imazaquin (0; 60; 120; 180; 240; 300g/ha), e de trifluralin (0; 445; 667,5; 890; 1112,5; 1335 e 1780g/ha), e o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com seis repetições.

Após a aplicação dos produtos no campo, a cada intervalo de 30 dias foram coletadas amostras de solo (quatro/parcela), a uma profundidade de 0-10cm. A partir dos 120 dias após a aplicação (DAA), as amostragens de solo foram estratificadas em duas profundidades (0-10 e 10-20cm), visando avaliar eventuais efeitos de lixiviação dos produtos. Imediatamente após a coleta, essas amostras eram secas ao ar, destorroadas, misturadas, e seis subamostras colocadas em vasos plásticos de 0,75dm³, forrados internamente com saco de polietileno, as quais constituíram as repetições. Seguindo-se a metodologia desenvolvida por Silva (1989), fez-se a semeadura de três sementes de milho pré-germinadas por vaso, a um cm de profundidade.

As avaliações de toxicidade dos tratamentos na planta-teste em casa-de-vegetação foram realizadas 14 dias após a semeadura, através de análise visual, atribuindo notas variando de zero (ausência de toxicidade) a dez (morte total das plantas) (SBCPD, 1995). Nessa data, também foi determinada a biomassa seca da parte aérea e das raízes, através de pesagem do material vegetal após secagem em estufa de ventilação forçada até peso constante.

O experimento foi analisado como um fatorial de doses *versus* época de coleta das amostras de solo, para cada produto. Na análise estatística dos dados, utilizou-se o pacote estatístico SAEG (SAEG, 1997). Na escolha dos modelos de regressão, o critério utilizado foi o da significância até 5% de seus coeficientes pelo teste t. O modelo geral utilizado foi o seguinte:

$$Y = \mu + D_i + E_j + D_i^2 + E_j^2 + DE_{ij} + e_{ijk},$$

onde:

Y = característica avaliada (toxicidade ou biomassa)

μ = média geral

D_i = i-ésima dose

E_j = j-ésima época de avaliação

e_{ijk} = erro

Resultados e discussão

A avaliação visual de toxicidade evidenciou a alta sensibilidade do milho como parâmetro indicador da presença de imazaquin e trifluralin no solo (Figura 1). Esse parâmetro também mostrou menor variabilidade dos dados do que o acúmulo de biomassa seca (parte aérea ou raízes), o que permitiu o ajuste de superfícies de resposta. Os sintomas de toxicidade no milho caracterizaram-se principalmente pela redução no crescimento, queima nas pontas das folhas e clorose internervular.

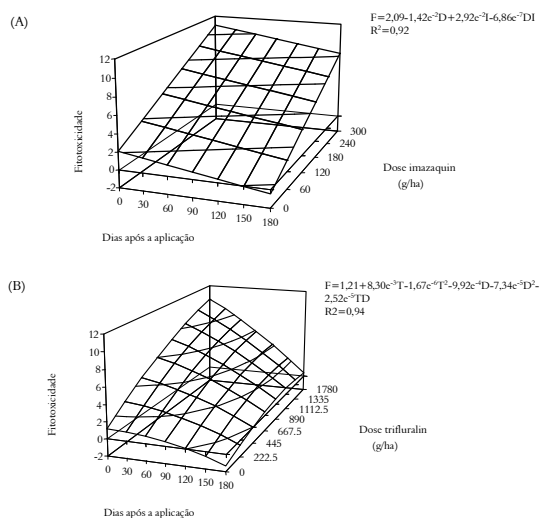


Figura 1. Toxicidade visual observada em plantas de milho cultivadas em casa-de-vegetação em solo proveniente de área que recebeu a aplicação de doses de imazaquin (A) e trifluralin (B). Nas equações, F=toxicidade visual (nota 1 a 10), D=época de coleta das amostras de solo, e I e T=dose de imazaquin e trifluralin

A toxicidade em plantas de milho cultivadas em solo no qual foi aplicado trifluralin decresceu numa taxa mais acentuada do que no solo que recebeu a aplicação de imazaquin (Figura 1). O comportamento no solo desses dois produtos difere bastante, já que o trifluralin tem, reconhecidamente, características químicas e físicas que favorecem seu desaparecimento do solo mais rapidamente (alta pressão de vapor e susceptibilidade à degradação pela luz) (Rodrigues e Almeida, 1998). O imazaquin, por sua vez, tem como forma principal de decomposição a degradação microbiana; sua dissipação é mais rápida em solos nos quais temperatura e umidade favoreçam a atividade dos microrganismos do solo (Loux e Reese, 1992). Fatores que limitam a degradação microbiana podem, eventualmente, levar ao aparecimento de danos em culturas plantadas posteriormente em rotação (Monks e Banks, 1991; Moyer e Esau, 1996), em função da presença de resíduos.

O imazaquin provocou redução na biomassa seca da parte aérea do milho, assim como nas raízes (Figura 2). No primeiro caso, o efeito do herbicida é bastante evidente, praticamente em todas as doses, até 60 DAA, mas só é observável até 90 DAA para doses acima de 180g/ha, o que excede em 20% a dose recomendada no nível de campo para a cultura da soja em solos argilosos (Embrapa, 1992). O efeito sobre o acúmulo de matéria seca das raízes, no entanto, parece ser mais prolongado e somente a partir de 120 DAA não foram mais observadas reduções no peso das raízes das plantas de milho. Também utilizando bioensaios com milho, Evbuomwan *et al.* (1993) registraram persistência de imazaquin entre 54 e 70 dias, quando aplicado a 150g/ha, e de até 84 dias quando aplicado a 300g/ha. Nem sempre, no entanto, a observação de sintomas de fitotoxicidade em bioensaios correlaciona-se diretamente com a observação de danos de maior intensidade nas culturas instaladas nos mesmos solos em nível de campo.

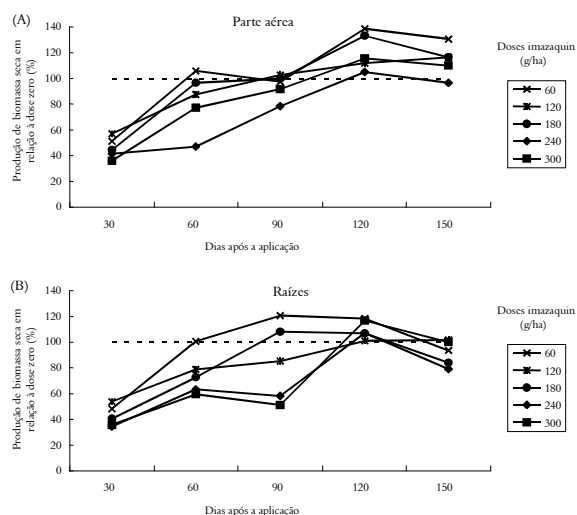


Figura 2. Produção relativa de biomassa seca da parte aérea (A) e das raízes (B) de plantas de milho cultivadas em casa-de-vegetação em solo (profundidade 0-10cm) que recebeu a aplicação de doses de imazaquin

O efeito do trifluralin manifesta-se de forma muito mais evidente sobre as raízes do que sobre a parte aérea das plantas de milho cultivadas em casa-de-vegetação (Figura 3). A ação do trifluralin sobre plantas sensíveis causa a inibição do crescimento radicular, pela interferência na polimerização da tubulina e na formação de microtúbulos na mitose (Hess e Bayer, 1977). No caso específico do milho, já foi demonstrado anteriormente (Oliveira *et al.*, 1996) que o trifluralin afeta o índice mitótico de células das raízes primárias. A redução no crescimento

radicular do milho foi perceptível até os 150 DAA (Figura 3), quando todas as doses evidenciaram pelo menos 10% de redução da biomassa radicular.

A partir dos 120 DAA, observa-se que, para imazaquin (Figura 4), ocorreram maiores evidências de toxicidade nas plantas de milho nas amostras coletadas na profundidade de 10-20cm do que naquelas provenientes da camada superficial do solo, sendo o efeito tanto maior quanto mais alta a dose aplicada. O imazaquin é reconhecidamente um herbicida de baixa sorção ao solo. No entanto, a maior parte das avaliações feitas para estimar seu potencial de lixiviação em solos de clima temperado têm evidenciado que o movimento descendente no solo é restrito, limitando-se, em muitos casos, aos 10cm superficiais (Zeleznik *et al.*, 1992). No caso dos solos brasileiros, herbicidas do grupo das imidazolinonas estudados por Pires *et al.* (1997), Oliveira Jr. (1998) e Souza (1998) têm demonstrado maior potencial de lixiviação do que aquele observado para solos de clima temperado, o que suporta os dados observados.

A toxicidade visual das plantas de milho cultivadas nas amostras de solo oriundas da profundidade 10-20cm (Figura 5) evidencia a baixa movimentação de trifluralin no perfil do solo. Além de sua baixa solubilidade em água, trifluralin é altamente adsorvido pelo solo. Devido à soma dessas propriedades, a lixiviação desse composto é mínima.

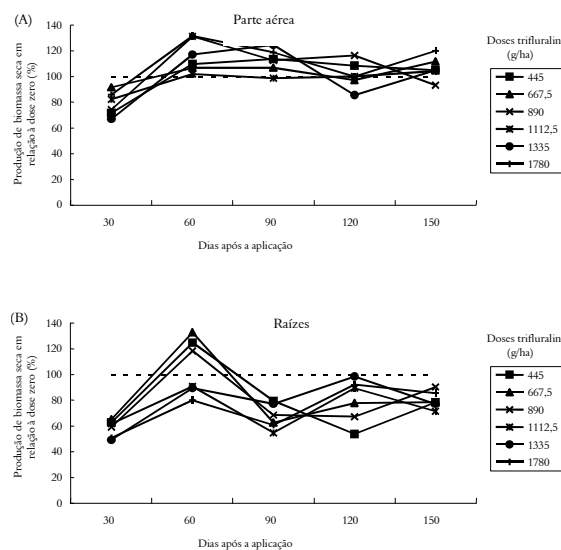


Figura 3. Produção relativa de biomassa seca da parte aérea (A) e das raízes (B) de plantas de milho cultivadas em casa-de-vegetação em solo que recebeu a aplicação de doses de trifluralin

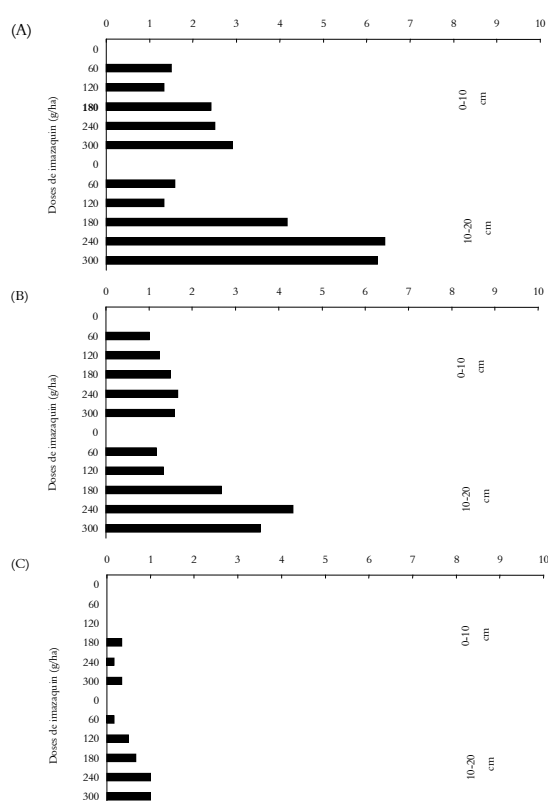


Figura 4. Toxicidade visual (parte aérea) observada em plantas de milho cultivadas em amostras de solo coletadas aos 120 (A), 150 (B) e 180 (C) DAA, provenientes de áreas que receberam a aplicação de doses de imazaquin

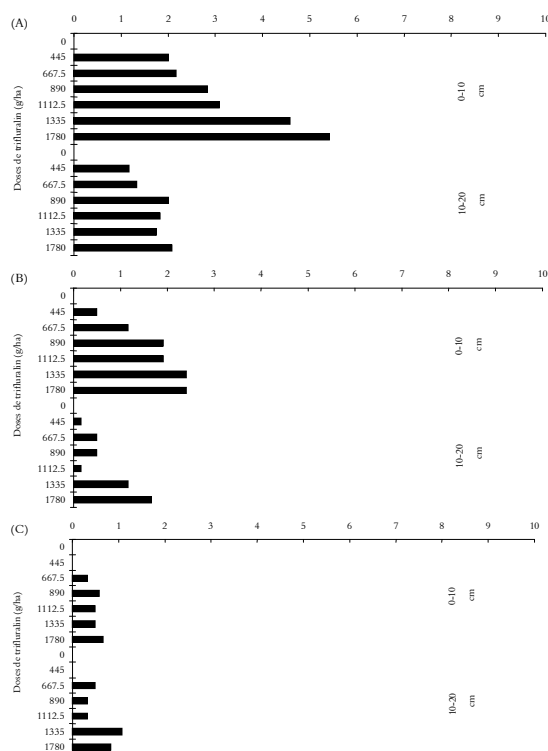


Figura 5. Toxicidade visual (parte aérea) observada em plantas de milho cultivadas em amostras de solo coletadas aos 120 (A), 150 (B) e 180 (C) DAA, provenientes de áreas que receberam a aplicação de doses de trifluralin

Os resultados discutidos evidenciam que, embora às vezes ocorra a presença de sintomas visuais de toxicidade, nem sempre esses sintomas implicam a redução do acúmulo de biomassa. No caso do imazaquin (Figura 4), notas ≤ 3 observadas para as plantas semeadas em vasos com solo proveniente da camada 0-10cm não resultaram em reduções significativas do acúmulo de biomassa das plantas. Para trifluralin, a avaliação dos sintomas visuais de toxicidade ou de acúmulo de biomassa em relação à parte aérea são de menor importância, uma vez que o efeito sobre o sistema radicular é mais intenso.

Referências bibliográficas

- Abernathy, J.R.; Keeling, J.W. Efficacy and rotational crop response to levels and dates of dinitroaniline herbicide applications. *Weed Sci.*, 27:312-317, 1979.
- Baughman, T.A.; Shaw, D.R. Effect of wetting/drying cycles on dissipation patterns of bioavailable imazaquin. *Weed Sci.*, 44:380-382, 1996.
- Bhalla, P.; Hackett, N.; Hart, R.; Lignowski, E. Imazaquin herbicide. In: Shaner, D.L.; O'Connor, S.L. (ed.). *The imidazolinone herbicides*. Boca Raton: CRC Press, 1991. p.237-245.
- Brewer, F.; Lavy, T.L.; Talbert, R.E. Effect of three dinitroaniline herbicides on rice (*Oryza sativa*) growth. *Weed Sci.*, 30:153-158, 1982.
- Che, M.; Loux, M.M.; Traina, S.J.; Logan, T.J. Effect of pH on sorption and desorption of imazaquin and imazethapyr on clays and humic acid. *J. Environ. Qual.*, 21:698-703, 1992.
- Corbin, B.R., JR; McClelland, M.; Frans, R.E.; Talbert, R.E.; Horton, D. Dissipation of fluometuron and trifluralin residues after long-term use. *Weed Sci.*, 42:438-445, 1994.
- Curran, W.S.; Knake, E.L.; Liebl, R.L. Corn (*Zea mays*) injury following use of clomazone, chlorimuron, imazaquin, and imazethapyr. *Weed Technol.*, 5:539-544, 1991.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. *Recomendações técnicas para a cultura de soja na região central do Brasil - 1992/93*. Londrina, 1992. 108 p. (Embrapa- CNPSo. Documentos, 54).
- Evbuomwan, F.O.; Akinyemiju, O.A.; Akobundu, I.O. Persistence and mobility of imazaquin in a humid tropical soil. *Plant Prot. Quart.*, 8:118-122, 1993.
- Fink, R.J. Effects of tillage method and incorporation on trifluralin carryover injury. *Agron. J.*, 64:75-77, 1972.
- Gerwing, P.D.; McKercher, R.B. The relative persistence of trifluralin (S 45 EC and 5 G) and ethalfluralin in prairie soils. *Can. J. Soil Sci.*, 72:255-262, 1992.
- Gomez de Barreda, D.; Gamon, M.; Lorenzo, E.; Saez, A. Residual herbicide movement in soil columns. *Sci. Total Environ.*, 132:155-165, 1993.
- Hess, D.; Bayer, D.E. Binding of the herbicide trifluralin to *Chlamydomonas flagellar* tubulin. *J. Cell Sci.*, 24:351-360, 1977.
- Krausz, R.F.; Kapusta, G.; Matthews, J.L. Soybean (*Glycine max*) and rotational crop response to PPI chlorimuron, clomazone, imazaquin, and imazethapyr. *Weed Technol.*, 8:224-230, 1994.
- Loux, M.M.; Reese, K.D. Effect of soil pH on adsorption and persistence of imazaquin. *Weed Sci.*, 40:490-496, 1992.
- Loux, M.M.; Liebl, R.A.; Slife, F.W. Adsorption of imazaquin and imazethapyr on soils, sediments and selected sorbents. *Weed Sci.*, 37:712-718, 1989.
- Monks, C.D.; Banks, P.A. Rotational crop response to chlorimuron, clomazone, and imazaquin applied the previous year. *Weed Sci.*, 39:629-633, 1991.
- Moyer, J.R.; Esau, R. Imidazolinone herbicide effects on following rotational crops in Southern Alberta. *Weed Technol.*, 10:100-106, 1996.
- O'Bryan, K.A.; Brecke, B.J.; Shilling, D.G.; Colvin, D.L. Comparison of bioassay techniques for detecting imazaquin in soil. *Weed Technol.*, 8:203-206, 1994.
- Oliveira JR., R.S. *Relação entre propriedades químicas e físicas do solo e a sorção, dessorção e potencial de lixiviação de herbicidas*. Viçosa, 1998. (Doctoral Thesis in Phytotechnology) - Universidade Federal de Viçosa.
- Oliveira, V.R.; Scapim, C.A.; Oliveira JR., R.S.; Pires, N.M. Efeito do herbicida trifluralin sobre a germinação de sementes e o índice mitótico em raízes de milho (*Zea mays* L.). *Rev. Unimar*, 18:537-544, 1996.
- Pires, N.M.; Silva, J.F.; Silva, J.B.; Ferreira, L.R.; Cardoso, A.A. Adsorção e lixiviação de trifluralin e imazaquin em diferentes solos. *Rev. Ceres*, 44:300-314, 1997.
- Renner, K.A.; Meggit, W.F.; Penner, D. Effect of soil pH on imazaquin and imazethapyr adsorption to soil and phytotoxicity to corn (*Zea mays*). *Weed Sci.*, 36:78-83, 1988.
- Rodrigues, B.N.; Almeida, F.S. *Guia de Herbicidas* 4.ed. Londrina: Edição dos autores. 1998. 648 p.
- Rodrigues, B.N. Influência da cobertura morta no comportamento dos herbicidas imazaquin e clomazone. *Planta Daninha*, 11:21-28, 1993.
- Saeg - *Sistema para Análises Estatísticas, versão 7.0*, Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 1997.
- Schroeder, J. Chlorimuron and imazaquin persistence in selected southern soils under controlled conditions. *Weed Sci.*, 42:635-640, 1994.
- Silva, A.A. *Bioatividade do alachlor e do metribuzin sob diferentes manejos de água do solo, e efeitos do metribuzin sob estas condições, em soja (Glycine max (L.) Merrill)*. Piracicaba, 1989. (Doctoral Thesis in Phytotechnology) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- Smith, A.E.; Aubin, A.J. Carryover of granular and emulsifiable concentrate formulations of trifluralin in Saskatchewan. *Can. J. Soil Sci.*, 74:439-442, 1994.
- Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. *Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas*. Londrina: SBCPD, 1995. 42p.
- Souza, A.P. *Movimento e degradação do glyphosate e do imazapyr em solos de diferentes texturas e composição química*. Viçosa, 1998. (Doctoral Thesis in Plant Sciences) - Universidade Federal de Viçosa.
- Zeleznik, J.M.; Flint, J.L.; Witt, W.W. Leaching of imazethapyr within two horizons of a Kentucky soil. *WSSA Abstr.*, 32:103, 1992.

Received on August 03, 1998.

Accepted on August 31, 1998.

