

MOBILIDADE DO DIMETHENAMID EM DIFERENTES SOLOS¹

JOSÉ M. V. PAES², SHIRLEY S. ARAÚJO³, ANTÔNIO A. DA SILVA⁴, HUGO A. RUIZ⁵, MAURÍLIO F. DE OLIVEIRA⁶

RESUMO

Avaliou-se nesse trabalho, em condições de casa-de-vegetação, a mobilidade do herbicida dimethenamid em amostras de solos provenientes de regiões agrícolas de Monte Santo (Franco-argilo-arenoso), Sete Lagoas (Argila) e Três Marias (Areia-franca) - MG, respectivamente, e em areia lavada, utilizando-se metodologia de bioensaios. O produto foi aplicado em condições de solo úmido na dose de 1,125 kg i.a. ha⁻¹. Após a aplicação do produto foi feita a simulação de chuva (45 e 90 mm) sobre o topo das colunas contendo os diferentes substratos. Os tratamentos foram dispostos em blocos ao acaso, com quatro

repetições em esquema fatorial. O dimethenamid foi fortemente arrastado no substrato areia. No solo proveniente de Três Marias o produto permaneceu na profundidade de 10 a 15 centímetros quando simulou-se chuva de 45 mm. Com a simulação da chuva de 90 mm, o produto permaneceu na profundidade de 20 a 30 centímetros. Nos solos Monte Santo e Sete Lagoas a lixiviação do dimethenamid apresentou comportamento similar, permanecendo nos 5 centímetros superficiais da coluna.

Palavras chave: Lixiviação, bioensaio, cloroacetamida.

ABSTRACT

Dimethenamid movement in different soils

The mobility of herbicide dimethenamid in sand and soils from Monte Santo (sandy clay loam), Sete Lagoas (clay) and Três Marias (loamy sand) - MG was evaluated in greenhouse conditions using bioassay methodology. The herbicide was applied to the soil at a dose of 1.125 kg i.a. ha⁻¹. After product application, a rainfall (45 and 90 mm) was simulated on top of column containing the samples. The experimental layout was randomized block design with 4

replications in a factorial scheme. The dimethenamid was strongly leached in sand substract. In the Três Marias soil dimethenamid achieved 10 to 15 cm depth with 45 mm rainfall simulation and 20 to 30 cm when 90 mm rainfall was used. Monte Santo and Sete Lagoas soils had a similar leaching behavior remaining in the first 5 cm of column.

Key words: Leaching, bioessay, chloroacetamide.

¹ Recebido para publicação em 05/02/98 e na forma revisada em 13/10/98.

² Bolsista Fapemig, EMBRAPA/Milho e Sorgo. C.P. 151, CEP 35701-970, Sete Lagoas/MG.

³ Doutoranda do Departamento de Fitotecnia da UFV. CEP 36571-000, Viçosa/MG.

⁴ Departamento de Fitotecnia da UFV. CEP 36571-000, Viçosa/MG.

⁵ Departamento de Solos da UFV. CEP 36571-000, Viçosa/MG.

⁶ Doutorando, UENF/Embrapa Milho e Sorgo. C.P. 151, CEP 35701-970, Sete Lagoas/MG. E-mail: mafeol@cnpms.embrapa.br

INTRODUÇÃO

O destino final de todo herbicida, seja aplicado diretamente no solo ou na parte aérea das plantas é sempre o solo. No solo, o herbicida está sujeito a processos físico-químicos, como adsorção, lixiviação, erosão, volatilização, degradação química ou biológica (Appleby & Dawson, 1994; Bailey & White, 1970; Devine *et al.*, 1993; Roowell, 1994) que podem alterar sua eficiência (Appleby, 1985; Oliveira, 1995).

A adsorção é o processo que regula o destino do herbicida no solo sendo função das características físico-químicas da molécula do herbicida e do solo, da dose aplicada do produto e das condições climáticas (Bailey & White, 1970; Graveel & Turco, 1994; Roowell, 1994; Ukrainczyk & Ajwa, 1996).

Todo produto aplicado ao solo tem tendência de ser lixiviado por influência das precipitações pluviométricas ou de irrigações artificiais (Appleby, 1985; Abernathy, 1994; Graveel & Turco, 1994; Signori *et al.*, 1978). Essa movimentação do herbicida no perfil do solo pode determinar em grande parte, a seletividade e/ou eficiência de controle das plantas daninhas (Appleby, 1985; Appleby & Dawson, 1994; Deuber, 1992; Abernathy, 1994). Para os herbicidas aplicados em pré-emergência, é desejável que ocorra pequena lixiviação, o que aumenta a eficiência dos produtos. Se por um lado a lixiviação aumenta a eficiência movendo-os da superfície do solo para o local onde estão localizadas as sementes das plantas daninhas, por outro lado, quando há mobilidade excessiva, pode promover o contato do herbicida com as sementes da cultura, provocando-lhes injúrias ou fitotoxicidade (Appleby, 1985; Abernathy, 1994; Gelmini, 1988) ou ainda, atingir o lençol freático (Abernathy, 1994; Bailey & White, 1970; Fontes, 1978; Graveel & Turco, 1994; Oliveira, 1995; Pires, 1994; Roowell, 1994).

A lixiviação de um herbicida é influenciada pelo grau de sua adsorção pelos

colóides do solo, sendo inversamente proporcional a quantidade adsorvida, pela textura e permeabilidade do solo, pelo volume de fluxo de água e pelas características físico-químicas das moléculas, principalmente a solubilidade em água (Abernathy, 1994; Deuber, 1992; Devine *et al.*, 1993; Graveel & Turco, 1994; Rhodes *et al.*, 1970; Roowell, 1994; Souza, 1982).

O dimethenamid, 2-cloro-N-[(1-metil-2-metoxi)etil]-N-(2,4-dimetil-tieno-3-il)-aceta-mida, é uma molécula orgânica pertencente ao grupo químico das cloroacetamidas, registrada no Brasil como herbicida seletivo para as culturas do milho e soja (Rodrigues & Almeida, 1998). Esse herbicida apresenta alta seletividade às culturas, e foi desenvolvido para controlar plantas daninhas mono e dicotiledôneas (Liebl, 1994; Schumm & Soares, 1993). Sua atividade sobre as plantas ainda não está bem elucidada, mas alguns trabalhos demonstram que após sua absorção pelo hipocótilo e coleótilo, esse herbicida inibe o crescimento e a divisão celular (Liebl, 1994; Rodrigues & Almeida, 1998). Devido seu modo de ação, esse herbicida necessita ser absorvido pelas plântulas em emergência, o que implica em sua aplicação na pré-emergência. Segundo Liebl (1994), os herbicidas pertencentes ao grupo das cloroacetamidas, em geral, quando em contato com a água, não ionizam-se, sendo considerados herbicidas não-iônicos. A solubilidade do dimethenamid em água é 1.389 mg L⁻¹ a 22 °C (alta solubilidade), com pressão de vapor de 2,76 x 10⁻⁴ mmHg (medianamente volátil) (Rodrigues & Almeida, 1998).

Segundo Graveel & Turco (1994) as reações dos herbicidas não-iônicos no solo não são afetadas pelo pH ou superfícies carregadas do solo, apresentando maior afinidade pela matéria orgânica, por processo chamado partição.

Há uma carência de informações relacionadas ao comportamento de herbicidas em solos tropicais (Racke, 1996), em particular os do Brasil (Oliveira, 1995; Signori et al., 1978). O conhecimento das interações herbicida-solo aliado a sua seletividade e eficiência de controle para as diferentes espécies de plantas daninhas nos diferentes ambientes edafoclimáticos permitirá escolha mais segura e eficiente dos herbicidas.

A extração e detecção dos herbicidas no solo, segundo Meyer & Thurman (1995), pode ser realizada por diversos métodos analíticos, como cromatografia gasosa e líquida de alta eficiência (HPLC), imunoenaios e fluorimetria, de acordo com as propriedades químicas de cada molécula que se pretende estudar. Vários autores (Fontes, 1978; Oyeniyi & Akinyemiju, 1990; Santelmann, 1977; Schroeder, 1994; Silva, 1989; Novosel et al., 1995; Oliveira, 1995; Stork, 1995) têm utilizado organismos indicadores (bioensaios) como método de detecção de agroquímicos, com sucesso.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a mobilidade do dimethanamid em diferentes solos, em colunas, utilizando metodologia de bioensaios para sua detecção.

MATERIAL E MÉTODOS

Esse experimento foi conduzido em casa de vegetação, no campus da Universidade Federal de Viçosa, situada a 20° 1' S, 42° 51' W e altitude de 651 m. Foram utilizados solos provenientes de regiões agrícolas de Minas Gerais, amostrados na camada arável (0 a 20 cm) nos municípios de Monte Santo (franco-argilo-arenoso), Sete Lagoas (argila) e Três Marias (areia-franca), e um substrato inerte (areia) como padrão. As análises foram realizadas nos laboratórios de análises físicas e químicas de solo do Departamento de Solos da UFV, segundo metodologia proposta pela EMBRAPA (1979). Os solos foram passados em peneira de malha de 4 mm e secos ao ar. A areia foi preparada segundo Oliveira (1995). As características químicas e físicas desses solos se encontram na Tabela 1.

TABELA 1. Resultados da análise granulométrica e das análises químicas dos solos.

Análise Granulométrica	Areia-franca	Franco-argilo-arenoso	Argila
Areia grossa (dag/kg)	29	40	22
Areia fina (dag/kg)	56	28	10
Silte (dag/kg)	03	05	12
Argila (dag/kg)	12	27	56
Análises Químicas	Teores		
Carbono Orgânico (g dm ⁻³)	3,1	12,6	32,9
pH H ₂ O (1:2,5)	4,7	5,40	4,83
H + Al (cmol _c /dm ³)	3,6	3,90	7,90
SB (cmol _c /dm ³)	0,13	1,36	0,99
CTC total (cmol _c /dm ³)	3,73	5,26	8,89

A metodologia utilizada foi a proposta por Weber & Peeper (1977), modificada. Foram utilizados tubos de PVC rígido, com 50 cm de comprimento e área de 65 cm². Estes tubos foram cortados longitudinalmente, obtendo-se abertura

lateral de 5 cm, a qual foi fechada com o próprio material do tubo, fita adesiva e discos de borracha, externamente, para reforçar a coluna e permitir o enchimento com os substratos. Internamente foi

adicionado às colunas uma camada de parafina, para evitar escorrimento da solução do solo.

Na parte basal das colunas foram colocadas gaze hidrófila e papel de filtro, ambos amarrados e fixados por uma placa de Petri. A saturação das colunas foi feita no simulador de chuvas utilizando-se lâmina de 80 mm de água por 80 minutos, aplicada no topo das colunas. As colunas foram cobertas com sacos plástico e deixadas em repouso por 48 horas.

Após esse período, aplicou-se o herbicida “Zeta 900” na dosagem de 1,125 kg de dimethanamid ha⁻¹ no topo das colunas utilizando pulverizador costal pressurizado a CO₂, provido de barra com dois bicos 8003. A pressão foi de 3,0 kgf/cm², sendo o pulverizador calibrado para se obter vazão de 200 L ha⁻¹. Depois de 24 horas, aplicou-se as lâminas de 45 e 90 mm de água por 45 e 90 minutos, respectivamente, utilizando-se simulador de chuva. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, em esquema fatorial, com 4 repetições.

Após 48 horas, para drenagem do excesso de água, as colunas foram abertas longitudinalmente e colocadas na posição horizontal fazendo-se, ao longo das colunas, o semeio da planta teste (*Sorghum bicolor* L.).

Em cada coluna foram semeadas 120 sementes de sorgo. As colunas foram irrigadas três vezes ao dia, sendo ainda feito, semanalmente, adubações com solução nutritiva (adubo ouro-verde na proporção de 1 g L⁻¹).

Na coleta do experimento, realizada aos 22 dias após a semeadura, as colunas foram seccionadas em partes de 5 cm, realizando, separadamente, a colheita da parte aérea das plantas de sorgo em cada seção, consideradas como profundidades. Em seguida este material foi seco em estufa de ventilação forçada a 70 °C, determinando-se a biomassa seca da parte aérea. Com esses valores, realizou-se a análise de variância. Para os efeitos significativos foi realizada análise de regressão. Para a escolha do

modelo foi considerada a significância do teste F, maior R² e lógica biológica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta a análise de variância da biomassa seca da parte aérea cultivada em diferentes substratos. Verifica-se que o desenvolvimento das plantas foi influenciado significativamente pelo solo, lâmina de chuva simulada após aplicação do herbicida e pela profundidade de amostragem das plantas.

Não houve diferenças significativas entre as biomassas produzidas quanto ao efeito das lâminas de chuva simuladas nas colunas contendo o substrato inerte (areia), demonstrando que movimentação do dimethenamid na areia foi uniforme, independente da chuva simulada após sua aplicação (Tabela 2). Resultados similares foram observados no solo areia-franca, onde a lâmina de chuva simulada não afetou significativamente a produção de biomassa seca de sorgo (Tabela 2).

A biomassa seca de sorgo produzida no solo franco-argilo-arenoso após a simulação da lâmina de 45 mm diferiu da biomassa produzida após simulação da lâmina de 90 mm. Esse fato mostra que movimentação do dimethenamid nesse solo é função da chuva simulada após sua aplicação (Tabela 2). Resultado similar foi observado no solo textura argila (Tabela 2).

Apesar das lâminas de chuva simuladas no solo franco-argilo-arenoso terem apresentado efeito diferente na produção de biomassa de sorgo, conforme discutido anteriormente, o estudo do efeito dessas lâminas de chuva na produção de biomassa do sorgo a diferentes profundidades, nesse solo, não foi significativo (Tabela 2). O alto teor em areia, especialmente em areia grossa associado aos baixos teores de argila e carbono orgânico podem ter acarretado percolação uniforme do dimethenamid nas colunas, para ambas as lâminas simuladas, assim como observado na areia.

TABELA 2. Análise da variância dos valores de biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo¹.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Teste F
Solo (S) ²	3	**
Lâmina (L) ³ dentro S1	1	*
L (S2)	1	NS
L (S3)	1	*
L (S4)	1	NS
Profundidade (P) d/ S1 d/ L1	8	NS
P (S1 x L2)	8	NS
P (S2 x L1)	8	*
P (S2 x L2)	8	**
P (S3 x L1)	8	*
P (S3 x L2)	8	**
P (S4 x L1)	8	NS
P (S4 x L2)	8	**
Resíduo	213	
Coefficiente de Variação (%)		18,66

¹ Nível de significância: * p < 0,05; ** p < 0,01; NS = Não significativo

² Solos: S1 - Monte Santo, S2 - Três Marias, S3 - Sete Lagoas, S4 - Areia

³ Lâmina d'água: L1 - 45 mm e L2 - 90 mm

Nas colunas com solo areia-franca e argila ocorreram diferenças significativas entre a biomassa seca produzida nas diferentes profundidades para lâmina de 45 mm e 90 mm e para a areia, apenas quando aplicou-se a lâmina de 90 mm (Tabelas 2 e Figuras 1, 2 e 3).

Na Figura 1, verifica-se que a maior produção de biomassa seca das plantas de sorgo ocorreu nos 10 centímetros superficiais da coluna preenchida com areia demonstrando que menor quantidade do dimethenamid permaneceu no topo da coluna. Esse fato é confirmado quando se verifica a menor produção de biomassa a 45 cm de profundidade caracterizando maior concentração do herbicida.

Na Figura 2, observa-se que menores valores de biomassa ocorreram nos 5 centímetros superficiais da coluna contendo o solo textura argila, e que houve incremento da produção de biomassa com aumento da profundidade, para ambas as lâminas simuladas. Nesse solo, o alto teor de argila e de carbono orgânico, juntamente com o

menor teor de areia impediram que ocorresse a drenagem das chuvas simuladas, conseqüentemente, ocorreu menor lixiviação do dimethenamid. Com isso, o produto permaneceu nas camadas superficiais da coluna, não sendo diluído e lixiviado para maiores profundidades da coluna. A interação dos herbicidas não-iônicos é maior em solos com maiores teores de carbono orgânico e argila (Gravel & Turco, 1994; Rao et al., 1989).

A produção de biomassa seca de plantas de sorgo nas diferentes profundidades nas colunas contendo o solo areia-franca, após simulação da chuva de 45 e 90 mm é apresentada na Figura 3. Observou-se que a menor produção de biomassa seca de plantas de sorgo ocorreu de 10 a 15 cm de profundidade, quando foi simulada chuva de 45 mm, após aplicação do herbicida. Diferentemente, após simulação da chuva de 90 mm, menor produção de biomassa ocorreu de 20 a 30 cm de profundidade. A lixiviação do dimethenamid nesse solo pode ser explicada pelo seu elevado teor de areia, em

grande parte areia fina, menor teor de argila e carbono orgânico, o que caracteriza sua baixa porosidade (44,23 %) dificultando a drenagem (Oliveira, 1995). Neste solo, devido a baixa capacidade de retenção do produto pelos colóides do solo e a sua alta solubilidade em água, maior parte do herbicida permaneceu em solução, sendo esse

mais facilmente lixiviado, diferentemente ao longo da coluna, pelas duas lâminas de chuva (Abernathy, 1994). Estudos realizados por Oliveira (1995), também verificaram lixiviação do metribuzin nesse solo, diferentemente, após simulação de lâminas de 45 e 90 mm.

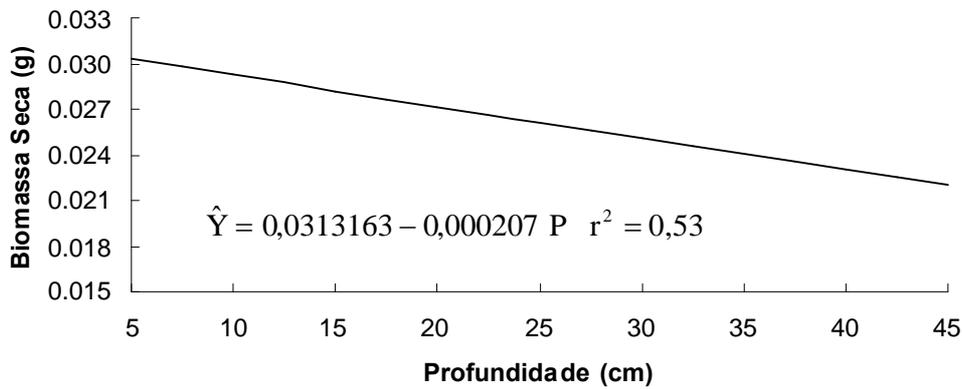


FIGURA 1. Biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo cultivadas em colunas com areia, produzidas em diferentes profundidade (P), sob lâmina de chuva simulada de 90 mm.

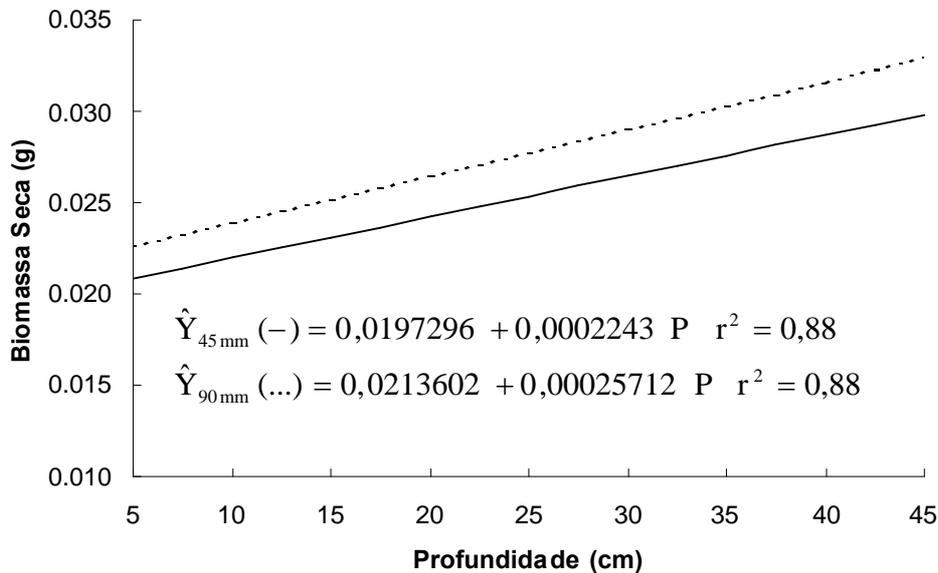


FIGURA 2. Biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo cultivadas em colunas com solo Sete Lagoas, produzidas em diferentes profundidade (P), sob lâminas de chuva simuladas de 45 e 90 mm.

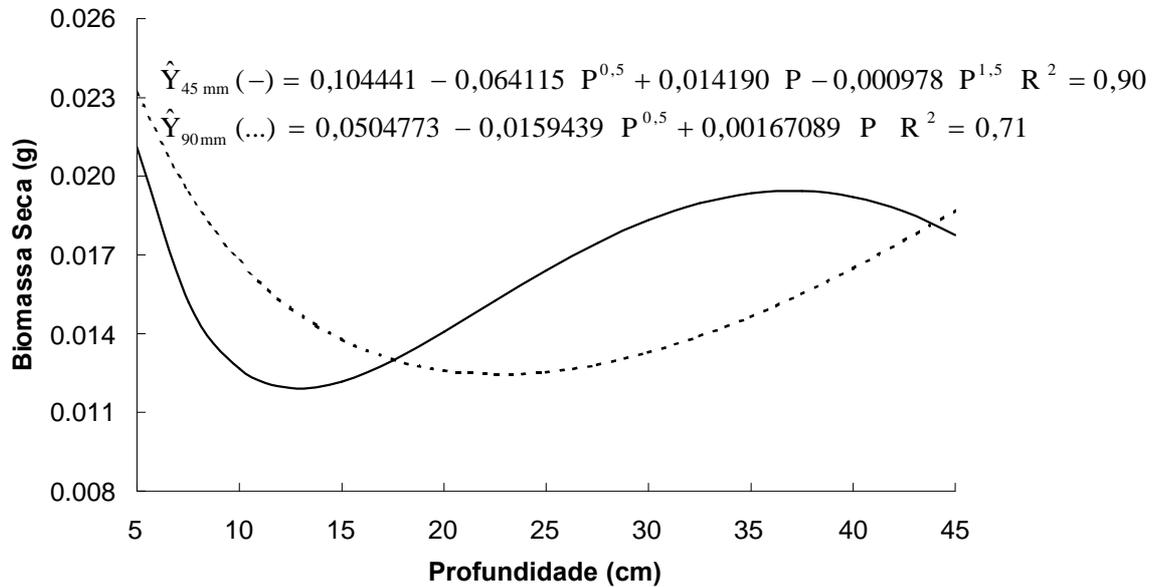


FIGURA 3. Biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo cultivadas em colunas com solo Três Marias, produzidas em diferentes profundidade (P), sob lâminas de chuva de 45 e 90 mm.

Essa capacidade de percolação do dimethenamid em solos arenosos, em condições de campo, pode ocasionar redução na eficiência de controle das espécies daninhas. Além da redução de eficiência de controle, problemas de fitotoxicidade, em algumas culturas em fase inicial de crescimento podem ser explicados devido maior lixiviação do produto (Appleby, 1985; Abernathy, 1994; Signori et al., 1978). Em estádios mais avançados de desenvolvimento de culturas que apresentem tolerância diferencial ao produto nos diferentes estádios fenológicos, problemas de fitotoxicidade podem ser explicados devido ascensão capilar do produto, juntamente com a água do solo, quando da ocorrência de veranicos. O comportamento do dimethenamid variou com as características dos solos indicando que a recomendação de doses desse herbicida deve ser diferente para os diversos tipos de solos.

LITERATURA CITADA

- ABERNATHY, J. R. Relationship of soil mobility and bio-persistence of herbicides to surface and groundwater interception. In: INTENSIVE COURSE ON THE ACTIVITY, SELECTIVITY, BEHAVIOR, AND FATE OF HERBICIDES IN PLANTS AND SOILS. 1994. West Lafayette, Indiana, USA. Herbicide action. West Lafayette: Purdue University. Departments of Horticulture, Agronomy, Botany and Plant Pathology, and Foresty and Natural Resources, 1994. p.508 - 531.
- APPLEBY, A. P. Factors in examining fate of herbicides in soil with bioassays. **Weed Sci.**, v. 33, suppl. 2, p.2 - 6, 1985.

- BAILEY, G. W. & WHITE, J. L. Factors influencing the adsorption, desorption and movement of pesticides in soil. In: Residue Review, Berlen, New York: Springer Verlag, v. 32, p.29-92, 1970.
- DEUBER, R. **Ciência das plantas daninhas: fundamentos.** Jaboticabal: FUNEP, 1992. v. 1. 431p.
- DEVINE, M.; DUKE, S.O.; FEDTKE, C. **Physiology of herbicide action.** PTR Prentice-Hall. 1993. 441 p.
- EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA) - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de método de análise de solo.** Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCS. 1979. n.p.
- FONTES, L. E. F. Movimento e inativação do metribuzin em materiais de dois solos, sob diferentes densidades aparentes. Viçosa - MG, UFV. 1978. 40 p. (**Tese de Mestrado**).
- GELMINI, G.A. **Herbicidas: indicações básicas.** 2^a ed. São Paulo, Fundação Cargill, 1988. 334p.
- GRAVEEL, J. G.; TURCO, R. F. Factors affecting mobility of pesticides in soil. In: Intensive Course On The Activity, Selectivity, Behavior, And Fate Of Herbicides In Plants And Soils. 1994. West Lafayette, Indiana, USA. Herbicide action. West Lafayette: Purdue University. Departments of Horticulture, Agronomy, Botany and Plant Pathology, and Forestry and Natural Resources, 1994. p. 464 - 507.
- LIEBLY, R. Cell growth inhibitors - Chloroacetamides, Napropamide and Bensulide. In: INTENSIVE COURSE ON THE ACTIVITY, SELECTIVITY, BEHAVIOR, AND FATE OF HERBICIDES IN PLANTS AND SOILS, 1994, West Lafayette, Indiana, USA. Herbicide action. West Lafayette: Purdue University. Departments of Horticulture, Agronomy, Botany and Plant Pathology, and Forestry and Natural Resources, 1994. p.173 - 184.
- MEYER, M. T.; THURMAN, E. M. **Herbicide metabolites in surface water and groundwater.** American Chemical Society: Washington, DC, 1995. 318 p. (Symposium Series 630).
- NOVOSEL, K. M.; RENNER, K. A.; KELLS, J. J.; CHOMAS, A. J. Sugarbeet (*Beta vulgaris*) response to and sorption characteristics of nicosulfuron and primisulfuron. **Weed Technol.**, v. 9, n. 3, p.484-489, 1995.
- OLIVEIRA, M. F. Adsorção, lixiviação e persistência de flumioxazin e metribuzin em diferentes solos. Viçosa - MG, UFV. 1995. 71 p. (**Tese Mestrado**).
- OYENIYI, A. & AKINYEMIJU, O. A. Use of bioassays for herbicide persistence studies in the humid tropics. **Turrialba**, v. 40, p.265-71, 1990.
- PIRES, N.M. **Bioatividade dos herbicidas trifluralina e imazaquin no solo.** Viçosa, MG, UFV, 1994. 69p. (**Tese Mestrado**).
- RACKE, K. D. Pesticide fate in tropical soils. In: WORKSHOP ON PESTICIDES, uses and environmental safety in Latin America, 1996, São Paulo, SP. **Book of Abstracts ...s.l.**, SBQ, 1996. p.15.

- RAO, P.S. C.; JESSUP, R. E.; DAVIDSON, J. M. Mass Flow and Dispersion. In: Grover, R., ed. **Environmental Chemistry of Herbicides**. Vol 1. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. 21-44 p., 1989.
- RHODES, R.C.; BELASCO, I.J.; PEASE, H.L. Determination of mobility and adsorption of agrichemicals in soils. **J. Agro. Food Chem.**, v.18, p.3-8, 1970.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. (in memorian). **Guia de herbicidas**. 4 ed. Londrina, IAPAR, 1998. p. 648.
- ROOWELL, D. L. Pesticides and metals. In: **Soil science: methods and applications**. London, Longman Scientific Technical, 1994. 350 p.
- SANTELMANN, P. W. Herbicide bioassay. In: TRUELOVE, B., ed. **Research Methods In Weed Science**. Atlanta: Southern Weed Science Society. p. 79-88, 1977.
- SCHROEDER, J. Chlorimuron and imazaquin persistence in selected southern soils under controlled conditions. **Weed Sci.**, v.42, n. 4, p.635-640, 1994.
- SCHUMM, K. C.; SOARES, J.E. Dimethenamid, um novo herbicida de ação pré-emergente para uso na cultura do milho, em solos de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 19. Londrina, 1993. **Resumos**. Londrina. SBHED, 1993. p.128-129.
- SIGNORI, L. H. DEUBER, R.; FORSTER, R. Lixiviação de trifluralin, atrazine e bromacil em três diferentes solos. **Planta Daninha**, v. 1, n. 1, p.39-44, 1978.
- SILVA, A. A. da, Bioatividade do alachlor e do metribuzin sob diferentes manejos de água no solo, e efeitos de metribuzin, sob condições, em soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Piracicaba - SP, 1989. 138p. (**Tese de Doutorado**).
- SOUZA, I.F. Comportamento dos herbicidas no solo. **Inf. Agropec.**, v. 8, n. 87, p. 38-44, 1982.
- STORK, P. R. Field leaching and degradation of soil applied herbicides in a gradationally textured alkaline soil: chlorsulfuron and triasulfuron. **Austr. J. Agric. Resear.**, v.46, p.1445-1458, 1995.
- WEBER, J. B. & PEEPER, T. F. Herbicide Mobility in Soils. In: TRUELOVE, B., ed. **Research Methods in Weed Science**. Atlanta: Southern Weed Science Society. p. 73-78, 1977.
- UKRAINCYK, L.; AJWA, H. A. Primisulfuron sorption on minerals and soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.60, p. 460-467, 1996.