

# PERSISTÊNCIA DO HERBICIDA METOLACHLOR EM SOLOS FRANCO-ARGILO-ARENOSOS CULTIVADOS COM SOJA<sup>1</sup>

HÉLIO GARCÍA BLANCO<sup>2</sup>, MARCUS B. MATALLO<sup>3</sup>,  
DOMINGOS DE AZEVEDO OLIVEIRA<sup>4</sup> e FLÁVIO M.G. BLANCO<sup>5</sup>

**RESUMO** - A persistência do herbicida metolachlor em solos de textura franco-argilo-arenosa e sob condições de cultivo da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), foi avaliada por meio de experimentos de campo, durante três anos, em três localidades do estado de São Paulo. O monitoramento do produto foi realizado ao longo das dez semanas seguintes à aplicação, por meio de bioensaios conduzidos em um fitotron. Foi utilizada a parte aérea de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) como planta indicadora da fitotoxicidade residual do metolachlor nas amostras de solo retiradas dos experimentos de campo. Os resultados mostraram que, para todos os anos, independentemente das doses empregadas (1,80 a 3,24 kg/ha de i.a.), o metolachlor não mais se encontra no solo em concentrações residuais capazes de afetar a planta-teste, duas semanas após a sua aplicação em pré-emergência na cultura da soja.

Termos para indexação: bioensaios, fitotoxicidade residual, dissipação.

## PERSISTENCE OF METHOLACHLOR IN SANDY CLAY LOAM SOILS UNDER SOYBEAN CROP

**ABSTRACT** - The persistence of the metholachlor herbicide in sandy-clay-loam soils under soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) crop was investigated during three years in three localities of São Paulo state, Brazil. The presence of metholachlor was detected by sorghum bioassay conducted under phytotron conditions for ten weeks after the application. The results showed that metholachlor (1.80 to 3.24 kg/ha of a.i.) was not present at phytotoxic levels in the soil samples (0 cm to 10 cm depth) taken from treated plots, two weeks after pre-emergence, for all the three years.

Index terms: bioactivity, herbicides, *Glycine max*, bioassay.

## INTRODUÇÃO

Metolachlor é o nome comum para a [2-cloro-N-(2-etil-6-metilfenil)-N-(2-metoxi-1-metiletil) acetamida], utilizada como herbicida em pré-emergência ou pré-plantio nas culturas de soja, milho, amendoim, batata e algumas hortaliças (Weed Science Society of America 1983). No Brasil, o metolachlor está registrado para aplicações em pré-emergência em soja, milho, feijão e cana-de-açúcar.

O metolachlor apresenta uma solubilidade em água de 530 ppm a 20°C, e sua pressão de vapor é de  $1,3 \times 10^{-5}$  mm Hg a 20°C; a sua persistência no

solo, medida pela dissipação da meia-vida da dose aplicada, pode alcançar até 50 dias para testes nos Estados Unidos da América do Norte, de acordo com o tipo do solo e as condições climáticas (Weed Science Society of America 1983).

A duração da fitotoxicidade residual ou persistência de um herbicida no solo depende do comportamento físico-químico da molécula, da dose, do método de aplicação, e de fatores ligados ao solo, planta e clima. Cheng & Lehmann (1985) e Shea (1985), analisando os fatores que orientam a detoxicação dos resíduos dos herbicidas no solo, concluíram que nas condições de campo a persistência expressa o resultado de todos os processos de dissipação a que está submetida a molécula, seja degradação (química, fotoquímica ou bioquímica) ou transferência da molécula por volatilização, lixiviação, erosão laminar, adsorção coloidal ou absorção pelas plantas.

Embora exista numerosa literatura sobre persistência ou dissipação da fitoatividade de herbicidas em solos de clima temperado, pouquíssima informação a esse respeito pode ser encontrada para as regiões tropicais. Por essa razão, conduziu-se um estudo, durante três anos, para verificar a persistência, no solo, do herbicida metolachlor em condições de cultivo da soja, no estado de São Paulo.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 25 de janeiro de 1989.

Trabalho realizado na Seção de Herbicidas do Instituto Biológico, pelo Convênio EMBRAPA/Secretaria de Agricultura do estado de São Paulo.

<sup>2</sup> Eng. - Agr., Dr., Instituto Biológico (IB), Seção de Herbicidas, Caixa Postal 70, CEP 13001, Campinas, SP. Bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., Seção de Herbicidas, IB.

<sup>4</sup> Eng. - Agr., M.Sc., Seção de Bioestatística, IB. Bolsista do CNPq.

<sup>5</sup> Estagiário da Seção de Herbicidas, aluno da Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos de campo, conduzidos sob um delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, sendo quatro repetições, quatro tratamentos e seis épocas (subparcelas), foram instalados em lavouras comerciais em Mogi-Mirim (em 14 de novembro de 1984), Casa Branca (19 de dezembro de 1985) e Ribeirão Preto (14 de novembro de 1986), todos municípios do estado de São Paulo. As características físicas e químicas do solo desses locais se encontram na Tabela 1.

Os tratamentos consistiram em aplicações de metolachlor (Dual 720 EC, contendo 720 g de metolachlor por litro) em pré-emergência, nas doses de 1,80, 2,52 e 3,24 kg/ha de i.a., e uma testemunha, sem herbicida. As parcelas experimentais consistiram em dez linhas de soja, com 6 m de comprimento, onde as seis entrelinhas centrais foram consideradas como subparcelas para amostragem do solo. As amostragens para monitoramento do produto foram realizadas em seis épocas, sendo a primeira efetuada imediatamente após a pulverização do herbicida no solo, e as subsequentes, com intervalos de duas semanas (1984/85 e 1985/86) ou de uma semana (1986/87). O solo foi retirado com o uso de um cilindro de aço de 10,5 cm de diâmetro por 10 cm de altura, coletando-se a camada de 0 cm a 10 cm. As amostras de solo foram secadas ao ar, passadas em peneira com malha de 0,2 cm, e armazenadas à temperatura de -15°C até serem usadas em bioensaios para determinação da presença do herbicida.

A técnica de bioensaios empregada foi a descrita por Santelmann (1977), com algumas modificações: três plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) foram cultivadas em copos de plástico, para 250 g de solo, sem percolação, em ambiente com temperatura do ar a 24°C ± 2°C, umidade relativa do ar a 75% ± 10%, fotoperíodo de doze horas e intensidade luminosa de 10,8 K lux, sendo a umidade do solo elevada diariamente, por peso, a níveis próximos da umidade correspondente à capacidade de campo. Após 24 dias da semeadura, as plantas de sorgo foram cortadas rente à superfície do solo e tiveram o seu desenvolvimento avaliado através do peso verde da parte aérea.

No fitotron, os bioensaios foram conduzidos com três repetições (três copos) para cada amostra de solo.

A análise estatística dos dados de desenvolvimento da planta indicadora foi realizada com base no modelo de parcela subdividida, adotando-se o nível de 5% de probabilidade, tanto para o teste F da variância quanto para o de Tukey, de comparação de médias de tratamentos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises da variância dos bioensaios revelaram que solos amostrados duas semanas após a aplicação do metolachlor, mesmo aquele que recebeu a dose mais alta (3,24 kg/ha), não continha herbicida em concentração capaz de afetar significativamente o desenvolvimento da planta-teste em relação ao solo-testemunha (Tabela 2). Esses resultados foram encontrados tanto para os experimentos conduzidos em 1984/85 e 1985/86, quanto para o instalado em novembro de 1986, quando as amostragens de solo foram realizadas no espaço de uma semana. Neste último experimento, os dados referentes a uma semana ainda acusaram presença do herbicida no solo (Tabela 2).

A Fig. 1 apresenta as curvas de persistência do metolachlor nos três anos em estudo. Observa-se que em todos os casos as curvas são muito semelhantes: uma fitotoxicidade inicial correspondendo a um valor de RD (redução de desenvolvimento da planta-teste) em torno de 50%; uma RD variando de 25% a 0% na segunda semana e de 10% a 0% na quarta semana, representando a fitotoxicidade residual do metolachlor. Para Hiltbold (1974), nessas curvas a persistência do herbicida no solo representa o tempo necessário para que a bioatividade do produto atinja um nível de 75% do desenvolvimento da planta-teste em relação à testemunha; para desen-

TABELA 1. Características físicas e químicas dos solos nos locais dos experimentos com metolachlor.

Local	Ano	Análise granulométrica (%) <sup>a</sup>				Classificação textural
		Argila	Silte	Areia-fina	Areia-grossa	
Mogi-Mirim, SP	1984/85	26	9	34	31	franco-argilo-arenoso
Casa Branca, SP	1985/86	20	1	49	30	franco-argilo-arenoso
Ribeirão Preto, SP	1986/87	32	3	42	23	franco-argilo-arenoso

Local	Ano	Análise química <sup>b</sup>									
		P resina ug/cm <sup>3</sup>	MO (%)	pH CaCl <sub>2</sub>	meq/100 cm <sup>3</sup> T.F.S.A.					V (%)	
				K	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	H <sup>+</sup> Al <sup>+3</sup>	S	T		
Mogi-Mirim, SP	1984/85	11	2,7	5,5	0,17	2,2	1,3	1,8	3,7	5,5	67
Casa Branca, SP	1985/86	14	3,1	5,1	0,34	3,1	0,9	3,1	4,3	7,4	58
Ribeirão Preto, SP	1986/87	20	3,0	5,8	0,10	3,0	1,2	2,2	4,3	6,5	66

<sup>a</sup> Determinada pela Seção de Física do Solo, Instituto Agronômico, SP.

<sup>b</sup> Determinada pela Seção de Fertilidade do Solo, Instituto Agronômico, SP.

**TABELA 2.** Persistência do herbicida metolachlor na camada de 0 cm - 10 cm de solos franco-argilo-arenosos cultivados com soja. Dados médios de quatro repetições dos bioensaios com sorgo, desenvolvidos em solos amostrados dos experimentos de campo, em diversas épocas.

Metolachlor: kg/ha	Peso da parte aérea (g) de sorgo					
	Épocas de amostragem do solo após a aplicação (semanas)					
	0	2	4	6	8	10
<b>1984/85: Mogi-Mirim</b>						
Dose 0: testemunha	1,187 a	1,033 a	1,084 a	0,900 a	1,151 a	1,092 a
Dose 1: 1,80	0,711 b	0,961 a	1,061 a	1,026 a	1,146 a	1,084 a
Dose 2: 2,25	0,644 b	0,834 a	1,006 a	0,952 a	1,175 a	1,087 a
Dose 3: 3,24	0,645 b	0,767 a	1,039 a	0,937 a	1,144 a	0,990 a
<b>1985/86: Casa Branca</b>						
Dose 0: testemunha	0,921 a	0,556 a	0,591 a	0,806 a	0,827 a	0,861 a
Dose 1: 1,80	0,409 b	0,714 a	0,694 a	0,857 a	0,721 a	0,790 a
Dose 2: 2,52	0,406 b	0,539 a	0,512 a	0,781 a	0,701 a	0,728 a
Dose 3: 3,24	0,239 b	0,493 a	0,578 a	0,774 a	0,765 a	0,753 a
	0	1	2	3	4	5
<b>1986/87: Ribeirão Preto</b>						
Dose 0: testemunha	1,227 a	1,717 a	1,633 a	1,300 a	1,302 a	1,284 a
Dose 1: 1,80	0,679 ab	1,200 ab	1,331 a	1,207 a	1,532 a	1,412 a
Dose 2: 2,52	0,640 ab	1,138 ab	1,346 a	1,106 a	1,244 a	1,259 a
Dose 3: 3,24	0,527 b	1,025 b	1,330 a	1,118 a	1,361 a	1,213 a

Médias seguidas de mesma letra em cada coluna, dentro do mesmo ano, não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Análise da variância (resumo)	1984/85	1985/86	1986/87
F (doses)	2,86 n.s.	3,90*	16,10*
F (doses x épocas)	2,40*	3,75*	2,34*
CV	19,6%	27,1%	15,2%
DMS	0,403 g	0,368 g	0,623 g

volvimento acima de 75%, o herbicida teria se dissipado no solo. Por essa interpretação ou pelas análises de variância dos bioensaios (Tabela 2) os resultados estariam confirmando que a persistência do metolachlor na camada de 0 cm a 10 cm do solo seria de até duas semanas após a sua aplicação.

Para regiões de clima temperado, diversos autores têm demonstrado que o metolachlor é o herbicida do grupo das acetanilidas mais persistente no solo, superior a propachlor e ao alachlor, entre outros (Zindahl & Clark 1982, Walker & Brown 1985). Quanto à duração da fitotoxicidade residual, Zindahl & Clark (1982) mostraram que a meia-vida do metolachlor a 20°C e em condições de umidade de 80% da capacidade de campo foi de 33 e 15 dias, respecti-

vamente, para solos franco-arenosos e franco-argilosos. Walker & Brown (1985) relatam que o tempo para perda de 50% de metolachlor no solo varia de 40 a 70 dias, resultado este (dez semanas), semelhante ao encontrado por Dermont et al. (1982). Para solos tropicais, Utulu et al. (1986) relatam que, após oito semanas da aplicação, o metolachlor (3,0 kg/ha), virtualmente, não se encontra mais no solo; duplicando-se a dose, esse período se estenderia para doze semanas.

Bailey & Coffey (1986) relatam que a meia-vida do metolachlor, quando aplicado em um solo franco-arenoso, foi de 56 dias, e que a sua taxa de degradação variou de 4% a 86% com diferentes microrganismos; *Cladosporium herbarum* foi particularmente

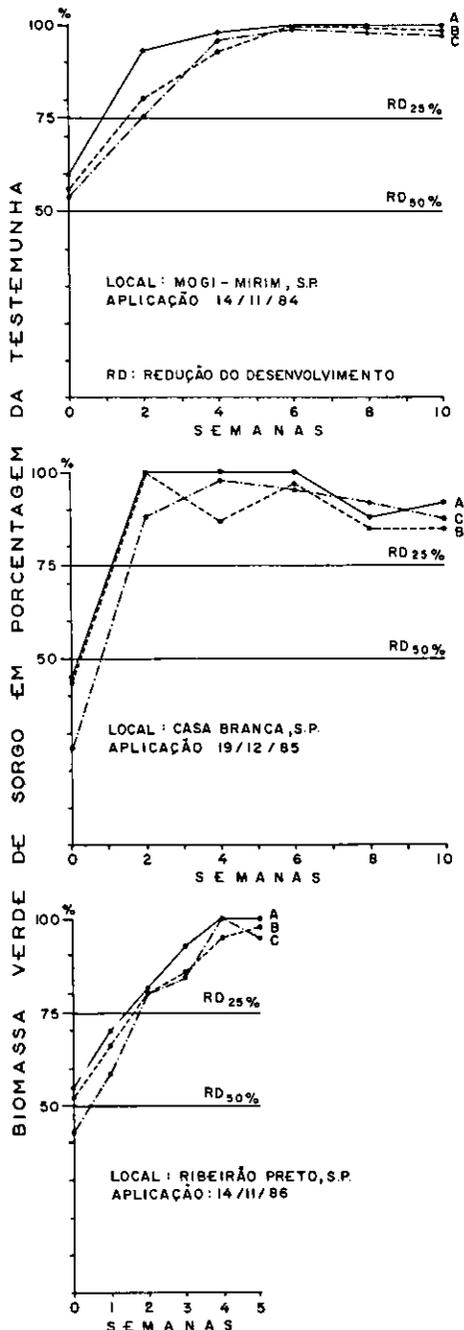


FIG. 1. Curvas de persistência do herbicida metolachlor em solos franco-argilo-arenosos cultivados com soja, em três localidades do estado de São Paulo. O solo não apresenta mais persistência para períodos (semanas) correspondentes a índices RD iguais ou menores que 25%.

ativo no processo de degradação. McGahen & Tiedje (1978) observaram que o fungo de solo *Chaetomium globosum* também participa dessa degradação.

Dermont et al. (1982) concluíram que a degradação microbiana é importante no desaparecimento do metolachlor no solo, e verificaram que esse herbicida é menos persistente nas camadas superiores do solo que abaixo de 40 cm, provavelmente pela baixa atividade microbiana das camadas mais profundas. Esses autores demonstraram que as condições edáficas e climáticas também têm papel importante na dissipação do herbicida no solo: a velocidade de desaparecimento da atividade do metolachlor está correlacionada com o aumento de temperatura, com a capacidade de adsorção do solo, com as estações do ano, (sendo mais rápida no verão que no inverno), e com os totais pluviométricos, porque o metolachlor pode ser lixiviado para as camadas mais profundas. Utulu et al. (1986), no entanto, apesar da solubilidade moderada do metolachlor (530 ppm), não encontraram esse herbicida em profundidades abaixo de 20 cm, afirmando que a lixiviação não contribui significativamente para a dissipação do herbicida no solo.

Beestman & Deming (1974) relatam que a decomposição microbiana é a maior via de degradação do metolachlor nas condições de campo, e que a volatilização e fotodecomposição teriam papéis secundários no processo de dissipação da molécula. A taxa de volatilização desse composto no solo aumentaria com a elevação da temperatura e dose aplicada, e com a diminuição da matéria orgânica (Bukhard & Guth 1979). O conteúdo de matéria orgânica foi a característica do solo que apresentou maior correlação com a adsorção e diminuição da atividade do metolachlor (Peter & Weber 1985).

A adsorção do metolachlor em três solos estudados seria, em média, de 10% da quantidade aplicada, e a matéria orgânica seria o mais importante material coloidal adsorvente (Weber & Peter 1982); para Obrigawitch et al. (1981), em solos pobres de matéria orgânica (< 1%) e de textura grosseira, o metolachlor poderia ser lixiviado para a camada do solo abaixo da zona da raiz, resultando em perdas na sua eficácia.

Considerando que os solos utilizados neste estudo apresentaram níveis de matéria orgânica considerados altos – acima de 2,7% (Tabela 1) –, supõe-se que a rápida dissipação do metolachlor da camada superior, de 10 cm não deva ter sido por lixiviação do produto para as camadas mais profundas. Para a "Weed Science Society of America (1983)", quando o conteúdo da matéria orgânica está próximo de

2,0% não se deve esperar lixiviação do metolachlor, mesmo sob chuvas pesadas.

Por essas razões, nos resultados encontrados devem estar envolvidos diversos mecanismos que explicariam a inativação do metolachlor em duas semanas: volatilização, devida a altas temperaturas, adsorção pelo sistema coloidal orgânico, e, principalmente, degradação microbiana. Observa-se que as condições de distribuição de chuva e os altos índices de temperatura ocorridos durante os experimentos (Tabela 3), apresentam índices que favorecem a atividade microbiana no solo.

Pará aumento do intervalo de segurança, os programas de rotação de culturas deverão prescrever um período de quatro semanas após a aplicação do metolachlor antes que se possa reutilizar o solo com culturas não seletivas para esse herbicida.

CONCLUSÃO

A fitotoxicidade residual ou persistência do metolachlor na camada de 0 cm a 10 cm de profundidade em solos franco-argilo-arenosos, aplicado em pré-emergência na cultura da soja, nas doses de 1,80 a 3,24 kg/ha de i.a., restringe-se a um período de duas semanas após a sua aplicação.

REFERÊNCIAS

BAILEY, A.M. & COFFEY, M.D. Characterization of microorganisms involved in accelerated biodegradation of metalaxyl and metolachlor in soils. *Can. J. Microbiol.*, **32**:562-9, 1986.  
 BEESTMAN, G.B. & DEMING, J.M. Dissipation of acetanilide herbicide from soils. *Agron. J.*, **66**:308-11, 1974.

BUKHARD, N. & GUTH, J.A. Rate of volatilisation of pesticides from soil surfaces; comparison of calculated results with those determined in a laboratory model system. *Pestic. Sci.*, **12**:37-44, 1979.  
 CHENG, H.H. & LEHMANN, R.G. Characterization of herbicide degradation under field conditions. *Weed Sci.*, **33**(suppl 2):7-10, 1985.  
 DERMONT, C.B.; LAVY, T.L.; MARX, D.B. Rate of metribuzin, metolachlor and fluometuron in soil. *Weed Sci.*, **30**:629-32, 1982.  
 HILTBOLD, A.E. Persistence of pesticides in soil. In: SOIL SCIENCE OF AMERICA, ed., *Pesticides in soil & water*. s.l., 1974. p.203-22.  
 MCGAHEN, L.L. & TIEDJE, J.M. Metabolism of two new acetanilide herbicides, Antor herbicide (H-22234) and Dual (metolachlor) by the soil fungus *Chaetomium globosum*. *J. Agric. Food Chem.*, **26**:414-9, 1978.  
 OBRIGAWITCH, T.; HONS, F.M.; ABENARTHY, J.R.; GIPSON, J.R. Adsorption, desorption, and mobility of metolachlor in soils. *Weed Sci.*, **29**:332-6, 1981.  
 PETER, C.J. & WEBER, J.B. Adsorption, mobility and efficacy of alachlor and metolachlor as influenced by soil properties. *Weed Sci.*, **33**:874-81, 1985.  
 SANTELMANN, P.W. Herbicide bioassay. In: TRUELOVE, B., ed. *Research methods in weed science*. 2. ed., s.l., Southern Weed Science Society, 1977. p.79-87.  
 SHEA, P.J. Detoxification of herbicide residues in soil. *Weed Sci.*, **33**(Suppl. 2):33-41, 1985.  
 UTULU, S.N.; AKOBUNDU, I.O.; FAYEMI, A.A.A. Persistence and downward movement of some selected herbicides in the humid and subhumid tropics. *Crop Protection*, **5**:129-36, 1986.  
 WALKER, A. & BROWN, P.A. The relative persistence in soil of five acetanilide herbicides. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **34**:143-9, 1985.

TABELA 3. Dados de pluviometria, totais de precipitação (mm) e freqüência de ocorrência (dias), e médias de temperatura (°C) máxima e mínima, por períodos de intervalos de amostragem do solo, nos locais dos experimentos.

Períodos de amostragens*	1984/85				1985/86				1986/87			
	Chuva		Temperatura		Chuva		Temperatura		Chuva		Temperatura	
	mm	dias	max.	min.	mm	dias	max.	min.	mm	dias	max.	min.
Aplicação**												
à 1ª amostragem	62,3	9	26,0	17,0	127,2	8	32,9	18,0	12,5	1	30,6	16,1
1ª à 2ª amostragem	125,6	9	29,3	17,7	97,4	5	33,0	19,1	105,5	3	36,0	20,6
2ª à 3ª amostragem	91,4	7	29,1	17,4	121,0	4	33,4	19,9	152,0	4	31,2	22,2
3ª à 4ª amostragem	112,3	10	27,6	18,8	68,1	6	33,1	18,6	63,0	4	32,8	21,5
4ª à 5ª amostragem	95,2	9	29,4	17,9	217,4	10	33,2	19,1	71,0	4	32,4	22,7

\* Para os anos de 1984/85 e 1985/86, períodos de duas semanas; para 1986/87, uma semana.

\*\* 14.11.1984; 19.12.1985; 14.11.1986.

WEBER, J.B. & PETER, C.J. Adsorption, bioactivity, and evaluation of soil tests for alachlor, acetochlor and metolachlor. *Weed Sci.*, **30**:14-20, 1982.

WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. *Herbicide*

*Handbook*. Illinois, Weed Sci. Soc. Am., 1983. p.311-7.

ZINDAHL, R.L. & CLARK, S.K. Degradation of three acetanilide herbicides in soils. *Weed Sci.*, **30**:545-8, 1982.