

PERSISTÊNCIA DO HERBICIDA ALACHLOR EM SOLO ARGILOSO SOB CONDIÇÕES NATURAIS DE CULTIVO DA SOJA¹

HÉLIO GARCÍA BLANCO², CARLOS ALBERTO L. DOS SANTOS³, FLÁVIO BARBOSA⁴ e DOMINGOS DE AZEVEDO OLIVEIRA⁵

RESUMO - Foi estudada a persistência do herbicida Alachlor em um solo de textura argila pesada, durante três anos consecutivos, nas condições naturais de uma lavoura de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), conduzida nas condições de Paulínia, SP. Os bioensaios realizados sob condições controladas de um fitotron, utilizando aveia como planta-teste, indicam que o desaparecimento da atividade do herbicida na camada superior de 10 cm se situa entre duas a oito semanas após a sua aplicação. As condições de chuvas interferem na duração da bioatividade do produto.

Termos para indexação: bioatividade, pesticidas, *Glycine max*.

PERSISTENCE OF ALACHLOR IN CLAY SOIL UNDER SOYBEAN CROP

ABSTRACT - The persistence of Alachlor was investigated during three years in a clay soil under field condition of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) crop at São Paulo State, Brazil. Oat bioassays determined under a phytotron conditions showed that Alachlor did not present residual bioactivity after two to eight weeks its application, at zero to 10 cm depth in a clay soil. The length of time the herbicide remains in the soil is related with the rain occurrence.

Index terms: bioactivity, pesticides, *Glycine max*.

INTRODUÇÃO

O período que um herbicida permanece biologicamente ativo no solo é denominado persistência. Os herbicidas persistem no solo por período de tempo variável e podem causar problemas de fitotoxicidade a culturas suscetíveis plantadas em rotação.

A persistência ou bioatividade residual do herbicida é função das características da molécula química do produto, das características do solo e das condições climáticas da região. Por essas razões, a duração da bioatividade residual dos herbicidas apresenta variação de uma região para outra e deve ser determinada, experimentalmente, para cada produto, nas diversas situações de seu uso.

Alachlor [2-cloro-2'-6'-diethyl-N-(metoximetil acetanilida)] é um herbicida com alta solubilidade em água (242 ppm a 25°C) e volatilidade baixa a moderada (pressão de vapor: 2,2 mm x 10⁻⁵ mm Hg a 25°C) (Weed Science Society of America 1983). É um produto seletivo, de aplicação em pré-emergência das plantas daninhas e após a semeadura de culturas anuais, ou após cultivo, em culturas perenes. No Brasil, está registrado para uso nas culturas de milho, café, cana-de-açúcar, amendoim, abacaxi, mandioca e soja.

Para as condições dos Estados Unidos da América do Norte, sua persistência varia de seis a dez semanas, dependendo do solo e das condições climáticas (Weed Science Society of America 1983). No Brasil, seu comportamento quanto a persistência nos solos é desconhecido.

Como contribuição para o conhecimento da bioatividade residual do herbicida Alachlor nas condições brasileiras, foram conduzidos experimentos de campo e de laboratório, durante três anos consecutivos, para determinação da persistência do produto em solo argiloso nas condições naturais de uma lavoura de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida nos anos agrícolas de 1981/82, 1982/83 e 1983/84, por meio de experimentos de

¹ Aceito para publicação em 15 de dezembro de 1986. Pesquisa realizada com auxílio do convênio EMBRAPA/Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo.

² Eng. - Agr., Dr., Bolsista do CNPq, Inst. Biológico, Seção de Herbicidas, Caixa Postal 70, CEP 13100 Campinas, SP.

³ Eng. - Agr., Inst. Biológico, Seção de Herbicidas, Campinas, SP.

⁴ Eng. - Agr., Centro de Pesquisas Agrícolas das Indústrias Monsanto SA, Paulínia, SP.

⁵ Eng. - Agr., M.Sc., Bolsista do CNPq, Inst. Biológico, Seção de Bioestatística, Campinas, SP.

campo instalados em áreas do Centro de Pesquisas Agrícolas das Indústrias Monsanto SA, localizado em Paulínia, SP, e ensaios biológicos desenvolvidos na Seção de Herbicidas, sediada na Estação Experimental de Campinas, do Instituto Biológico, São Paulo.

Experimentos de campo

Foi utilizado, nos três anos, um solo de classe textural argila pesada, com as seguintes características químicas e físicas: pH 6,3, Ca^{+2} 3,7 e.mg/100 ml de TFSA, Mg^{+2} 1,8 e.mg/100 ml de TFSA, Al^{+3} 0,0 e.mg/100 ml de TFSA, K^{+} 48 $\mu\text{g/ml}$ de TFSA, P 13,7 $\mu\text{g/ml}$ de TFSA, matéria orgânica 3%, argila 64%, limo 8% e areia 28%.

Como delineamento experimental, foi adotado um esquema de blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas divididas em subparcelas para época de amostragem do solo. As parcelas experimentais foram constituídas de cinco linhas de soja com 21 m de comprimento, plantadas no espaçamento de 0,60 m entrelinhas, subdivididas em sete subparcelas de 3 m x 3 m. Como separação entre as parcelas experimentais, foi utilizada faixa de 2 m em todos os sentidos.

Os tratamentos foram doses diferentes do herbicida Alachlor, aplicado em pré-emergência da cultura, em comparação com um tratamento sem herbicida (testemunha). Em 1981/82, foram empregadas as doses 2,40, 2,88 e 3,36 kg/ha; em 1982/83, 2,40 e 3,36 kg/ha; e, em 1983/84, as doses 2,40, 3,36 e 4,32 kg/ha de Alachlor. Como produto comercial, foi usado o Laço, formulado como concentrado emulsionável, contendo 480 g de Alachlor por litro.

Foi utilizada a variedade de soja Santa Rosa, plantada na densidade de 20 a 25 sementes por metro linear e, na aplicação do produto, foi empregado um pulverizador costal equipado com bico leque tipo 80.03, regulado para uma vazão de 500 l/ha.

Foi instalado um experimento de campo para cada ano agrícola em que foi conduzida a pesquisa, nas datas de 14.12.81, 29.10.82 e 31.10.83, respectivamente.

Durante a condução dos experimentos de campo, foram tomados dados pluviométricos, temperatura máxima e mínima do ar, em um posto meteorológico próximo ao local.

Amostragem do solo

As amostragens do solo das parcelas experimentais no campo foram realizadas logo após a aplicação do herbicida, e em mais seis épocas subseqüentes a intervalos regulares de duas semanas.

Na coleta do solo, foi utilizado um cilindro de aço de 10,5 cm de diâmetro interno por 10 cm de altura. De cada subparcela, casualizada para época de amostragem, foram retiradas duas amostras da entrelinha central, constituindo uma amostra composta da camada superficial de 0 cm - 10 cm de profundidade.

As amostras de solo permaneceram armazenadas em condições de baixa temperatura (-13°C a -15°C), até serem passadas em peneira com malha de 0,2 cm de diâmetro e utilizadas nos bioensaios.

Bioensaios para avaliação da persistência

Para determinação da bioatividade residual do Alachlor no solo foi empregada a técnica de bioensaios descrita por Santelmann (1977), com modificações. Neste método, a persistência do herbicida é verificada através do desenvolvimento de uma planta-teste em amostras de solo de parcelas tratadas e de parcelas testemunha. Para evitar variações climáticas sobre o desenvolvimento da planta-teste, os bioensaios são conduzidos sob condições controladas em um fitotron.

Em copos plásticos, sem percolação, foram colocados 250 g de solo peneirado, amostrado das parcelas experimentais do ensaio de campo, e semeadas dez sementes de aveia negra (*Avena sativa* L.), escolhida como a planta-teste. Após a germinação, a aveia foi desbastada para seis plantas por vaso. Para cada amostra de cada subparcela do campo, foram usadas três repetições no fitotron.

As condições ambientais em que foram conduzidos os bioensaios foram reguladas automaticamente para $24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ de temperatura do ar, umidade relativa $70\% \pm 10\%$, fotoperíodo de doze horas e intensidade luminosa máxima de 5.000 foot candles. A bateria de lâmpadas esteve colocada a 1,10 m acima da superfície dos vasos. A umidade dos vasos foi elevada diariamente por peso, a nível próximo à umidade correspondente à capacidade de campo, previamente determinada.

Após 24 dias da sementeira, os bioensaios foram colhidos cortando-se as plantas de aveia rente à superfície do solo, e determinado o seu peso verde.

Os dados de desenvolvimento, em peso verde, das plantas-teste foram submetidos à análise da variância, estabelecendo-se o nível de significância de 5% de probabilidade, sendo o mesmo adotado para as comparações de médias pelo teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos bioensaios para determinação da persistência do Alachlor, relativos aos três anos do estudo, encontram-se na Tabela 1. Esses resultados podem ser analisados, também, pelas curvas de persistência obtidas pela transformação, em percentagem, dos dados de desenvolvimento das plantas de aveia no solo tratado em relação ao desenvolvimento das plantas no solo das parcelas-testemunha, considerado igual a 100 (Fig. 1 a 3). Nessas curvas, segundo Hiltbold (1974), os valores de persistência representam o tempo necessário para a bioatividade alcançar o nível de 75% a

TABELA 1. Persistência do herbicida Alachlor em solo argiloso (argila pesada), em condições naturais de cultivo de soja, em Paulínia, SP. Os dados são os resultados dos bioensaios e representam as médias do peso verde da planta-teste desenvolvida em solo, amostrado periodicamente, do experimento do campo.

Alachlor: kg/ha	Planta-teste: aveia						
	Após aplicação	Duas semanas	Quatro semanas	Seis semanas	Oito semanas	Dez semanas	Doze semanas
1981/82	g	g	g	g	g	g	g
Dose 0 : testemunha	1,12 b	1,34 b	0,89 a	0,86 a	0,87 a	1,29 a	1,26 a
Dose 1 : 2,40	0,91 ab	1,09 ab	0,81 a	0,93 a	0,65 a	1,29 a	1,24 a
Dose 2 : 2,88	0,71 a	0,91 a	0,61 a	0,97 a	0,70 a	1,14 a	1,24 a
Dose 3 : 3,36	0,69 a	0,99 a	0,78 a	0,93 a	0,61 a	1,10 a	1,24 a
1982/83							
Dose 0 : testemunha	1,27 a	0,85 a	1,21 a	1,15 a	1,18 a	0,65 a	1,24 a
Dose 1 : 2,40	0,66 b	0,99 a	1,14 a	1,06 a	1,17 a	0,75 a	1,27 a
Dose 2 : 3,36	0,65 b	0,99 a	1,10 a	1,06 a	1,24 a	0,43 a	1,11 a
1983/84							
Dose 0 : testemunha	1,55 b	1,47 b	1,63 b	1,92 c	1,61 a	1,54 a	1,05 a
Dose 1 : 2,40	0,82 a	1,48 b	1,11 ab	1,38 b	1,44 a	1,51 a	0,92 a
Dose 2 : 3,36	0,66 a	0,95 a	0,96 a	0,78 a	1,44 a	1,45 a	0,90 a
Dose 3 : 4,32	0,71 a	0,93 a	0,91 a	0,82 a	1,41 a	1,45 a	0,91 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

1981/82 CV 11,5% DMS 0,26

1982/83 CV 14,3% DMS 0,19

1983/84 CV 23,0% DMS 0,52

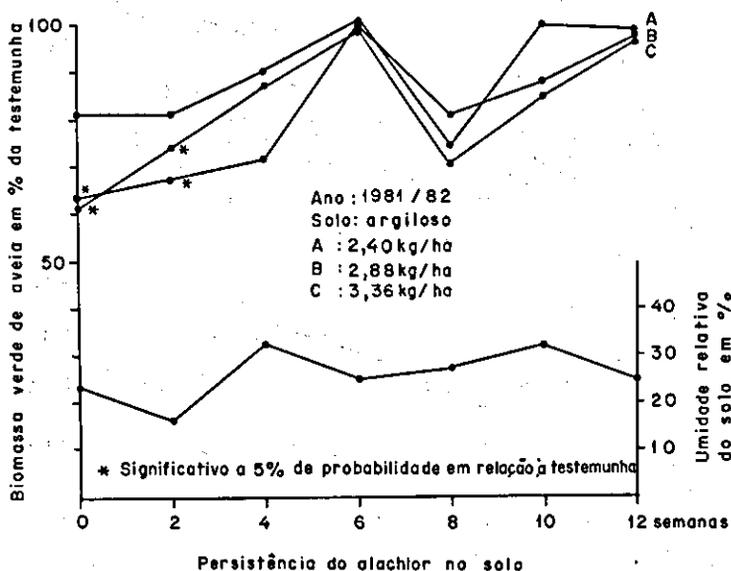


FIG. 1. Curva de persistência do herbicida Alachlor no ano de 1981/82.

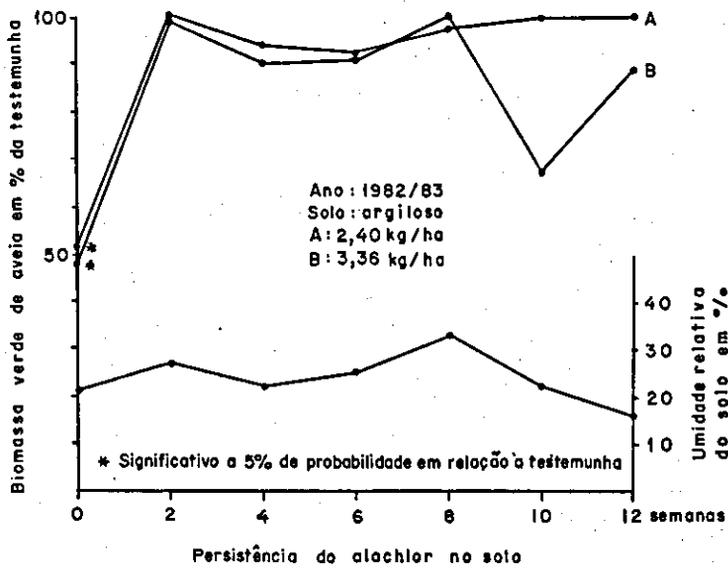


FIG. 2. Curva de persistência do herbicida Alachlor no ano de 1982/83.

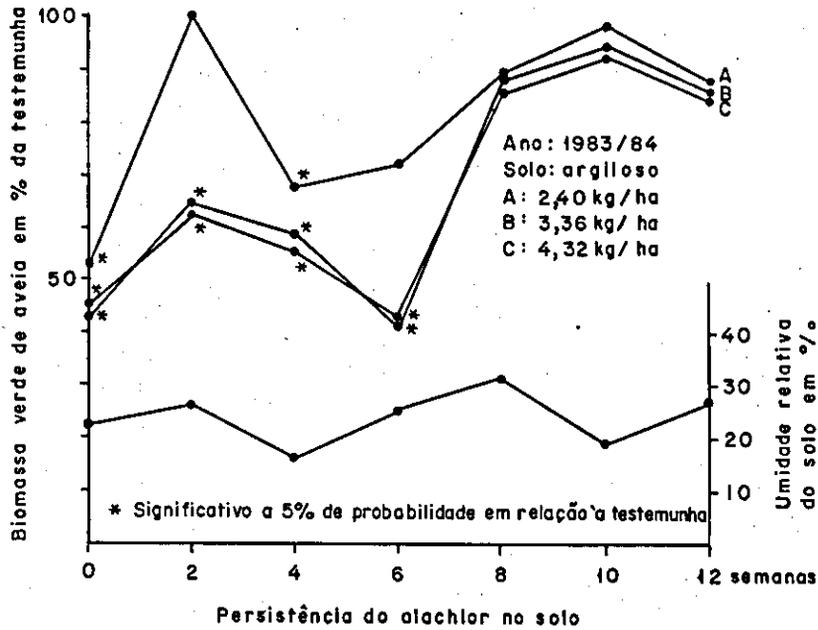


FIG. 3. Curva de persistência do herbicida Alachlor no ano de 1983/84.

100% da testemunha, quando são usadas doses normais de aplicação do produto.

As análises da variância dos dados demonstram que o desaparecimento da bioatividade do produto no solo foi diferenciado para cada ano ensaiado (Tabela 1). Para o experimento conduzido a partir de dezembro de 1981, o tempo de quatro semanas após a aplicação do herbicida foi suficiente para o herbicida não apresentar mais atividade sobre plantas de aveia; no ano agrícola seguinte, esse período diminuiu para duas semanas; e no último ano (1983/84), foram necessárias oito semanas para os testes biológicos não mais acusarem Alachlor no solo.

Sabe-se que os fatores climáticos são agentes

importantes na atividade dos herbicidas e sua persistência no solo (Eagle 1983, Gerber et al. 1983).

Como os experimentos foram conduzidos sempre na mesma propriedade, não variando as condições do solo, é de se presumir que a persistência diferenciada do Alachlor tenha sido em decorrência das diferentes condições climáticas, principalmente no que diz respeito a dados de chuva e temperatura, em cada ano de observação.

A Tabela 2 apresenta os dados de chuva acumulados para cada período de amostragem de solo, bem como, as médias das máximas e mínimas de temperatura do ar, nestes mesmos intervalos de tempo. Os gráficos das Fig. 4, 5 e 6 apresentam a distribuição diária da chuva.

TABELA 2. Dados cumulativos de chuva, e temperaturas médias, para períodos de duas semanas, ocorridos no local dos experimentos, Paulínia, SP.

Períodos de duas semanas	1981/82				1982/83				1983/84			
	Chuva		Temperatura		Chuva		Temperatura		Chuva		Temperatura	
	Total (mm)	Dias número	Médias máximas (°C)	Médias mínimas (°C)	Total (mm)	Dias número	Médias máximas (°C)	Médias mínimas (°C)	Total (mm)	Dias número	Médias máximas (°C)	Médias mínimas (°C)
Aplicação a primeira amostragem	41,8	5	28,8	19,2	28,2	3	31,7	17,8	55,2	5	28,8	16,7
Primeira amostragem a segunda amostragem	108,7	6	28,0	17,5	93,0	7	27,7	18,2	48,6	3	29,9	16,8
Segunda amostragem a terceira amostragem	79,8	5	28,7	17,0	213,2	8	27,0	17,2	18,6	4	28,4	16,6
Terceira amostragem a quarta amostragem	97,4	8	27,6	18,2	221,2	14	33,8	18,5	142,6	11	28,1	17,5
Quarta amostragem a quinta amostragem	27,6	1	32,6	18,4	35,8	7	28,4	17,4	43,2	6	29,5	16,8
Quinta amostragem a sexta amostragem	116,8	5	29,0	18,8	143,2	12	27,8	19,0	58,6	4	32,7	19,3

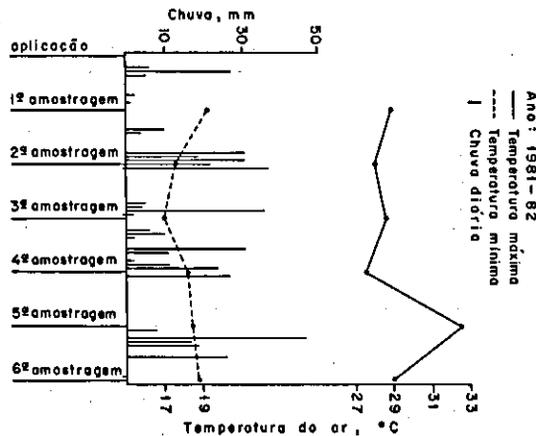


FIG. 4. Dados diários de chuvas, e temperaturas máximas e mínimas do ar, médias ocorridas em cada intervalo de amostragem do solo (duas semanas). Ano 1981/82.

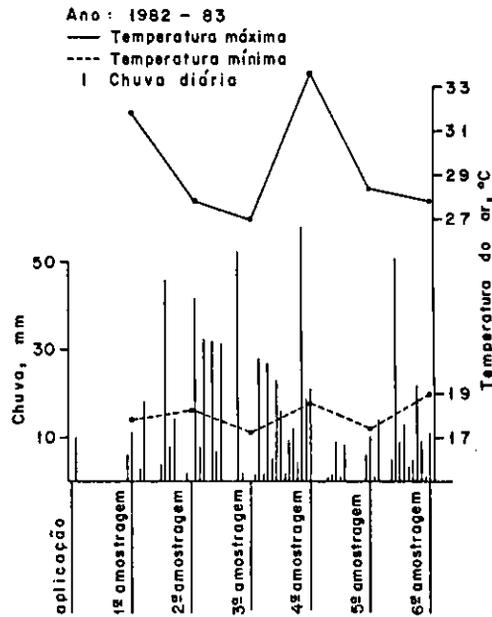


FIG. 5. Dados diários de chuvas, e temperaturas máximas e mínimas do ar, médias ocorridas em cada intervalo de amostragem do solo (duas semanas). Ano 1982/83.

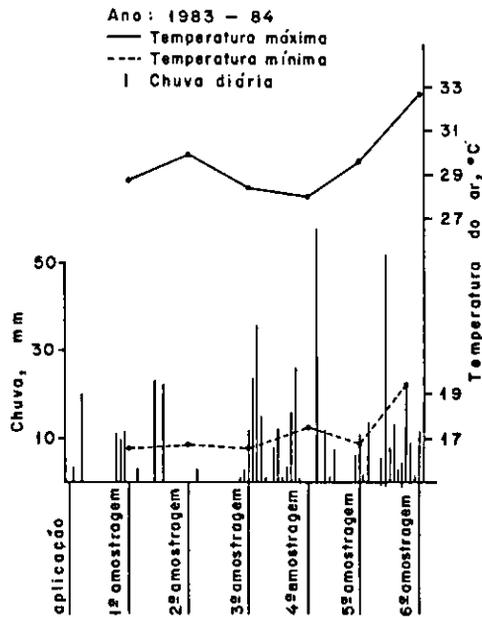


FIG. 6. Dados diários de chuvas, e temperaturas máximas e mínimas do ar, médias ocorridas em cada intervalo de amostragem do solo (duas semanas). Ano 1983/84.

Se compararmos o menor tempo de duração da bioatividade do Alachlor, que ocorreu em 1982/83 (Fig. 2), com os totais de chuva nas duas semanas anteriores a cada coleta de solo, verifica-se que não obstante 1982/83 ter sido o ano com os maiores totais pluviométricos, foi também aquele que apresentou o menor índice nas duas semanas seguintes à aplicação do produto (Tabela 2). Neste período houve ocorrência de 10,4 mm no dia seguinte à aplicação do Alachlor seguido de onze dias consecutivos sem chuvas (Fig. 4). Essa má distribuição da chuva e a pequena quantidade explicaria o desaparecimento do herbicida na amostra de solo correspondente a duas semanas.

Zimdahl & Clark (1982), investigando as relações entre a atividade residual do Alachlor e as propriedades do solo, determinaram que a matéria orgânica e as argilas apresentam a maior correlação, e o pH, a menor. Mostraram, também, que a atividade é grande quando o teor de umidade do solo está no nível de capacidade de campo, ou em ponto de saturação, porém, é insignificante em solo seco. Portanto, as quantidades de chuva ocorridas nas primeiras duas semanas do experimento de 1982 (Fig. 4) foram insuficientes para tornar biologicamente ativo o Alachlor. A média das temperaturas máximas desse período (Fig. 4), por ter sido a mais alta, 31,7°C, deve ter concorrido para maior evaporação da umidade do solo.

Dentro de um limite razoável de umidade, a persistência do herbicida transcorre normalmente. Ketchersid et al. (1981) mostraram que a dissipação do Alachlor é igual tanto para um solo inundado quanto para um com teor normal de umidade, o que parece explicar as curvas de persistência para os outros anos do estudo.

Por outro lado, sabe-se que a inativação das acetanilidas está correlacionada com a adsorção da matéria orgânica e da argila dos solos (Weber & Peter 1982) e que os herbicidas, em geral, são mais fortemente adsorvidos em solos secos que em solos úmidos (Anderson 1977). Quando há umidade suficiente no solo, as moléculas de água competem com o herbicida pelos pontos de adsorção nas argilas, ficando o herbicida ativo na solução do solo, principalmente aqueles que apresentam alta solubilidade, como é o caso do Alachlor.

Pelas curvas de persistência, observa-se, também, que a fitotoxicidade inicial do Alachlor pode ser considerada média, pois no tempo zero, em amostras retiradas no mesmo dia após a aplicação, o desenvolvimento das plantas em solo tratado representam cerca de 50% do desenvolvimento das plantas do solo testemunha (Fig. 1, 2, 3).

Os resultados mostraram também que a persistência é função da dose empregada; doses maiores tendem a persistir mais tempo no solo.

CONCLUSÕES

1. A bioatividade ou persistência do Alachlor na camada de 0 cm - 10 cm de profundidade de um solo argiloso pesado, quando utilizado nas condições normais de uso para uma lavoura de soja, se situa entre duas a oito semanas após a sua aplicação.
2. A persistência será menor em condições de baixa pluviometria logo após a aplicação.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, W.P. Weed science; principles. s.l., West Publishing, 1977, p.173.
- EAGLE, D.J. An agronomic view of environmental effects on the performance of soil-applied herbicides. In: ASPECTS OF APPLIED BIOLOGY, 4., 1983, Oxford. Influence of environmental factors on herbicide performance and crop and weed biology. Warwick, Eng., Association of Applied Biologists, 1983. p.389-94.
- GERBER, H.R.; NYFFELER, A.; GREEN, D.H. The influence of rainfall, temperature, humidity and light on soil and foliage-applied herbicides. In: ASPECTS OF APPLIED BIOLOGY, 4., 1983, Oxford. Influence of environmental factors on herbicide performance and crop and weed biology. Warwick, Eng., Association of Applied Biologists, 1983. p.545-8.
- HILTBOLD, A.E. Persistence of pesticides in soil. In: SOIL SCIENCE OF AMERICA, Madison, EUA. Pesticides in soil & water. Madison, 1974. p.203-22.
- KETCHERSID, M.L.; NORTON, K.; MERKLE, M.G. Influence of soil moisture on the safening effect of CGA-43089 in grain sorghum (*Sorghum bicolor*). Weed Sci., 29:281-7, 1981.
- SANTELMANN, P.W. Herbicides bioassay. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY. Research methods in weed science. 2.ed. s.l., 1977. p.79-87.
- 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, Champaign, EUA. *Herbicide handbook of the Weed Science Society of America*. 5.ed. Champaign, Ill., 1983. p.12-5.

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