

LIXIVIAÇÃO DE SULFENTRAZONE E AMICARBAZONE EM COLUNAS DE SOLO COM ADIÇÃO DE ÓLEO MINERAL¹

Leaching of Sulfentrazone and Amicarbazone in Soil Columns with Mineral Oil

BACHEGA, T.F.², PAVANI, M.CM.D.³, ALVES, P.L.C.A.³, SAES, L.P.⁴ e BOSCHIERO, M.⁵

RESUMO - O presente trabalho teve por objetivo avaliar a lixiviação dos herbicidas sulfentrazone e amicarbazone, com e sem óleo mineral, em área de plantio de cana-de-açúcar sobre um Latossolo Vermelho-Escuro, por meio de colunas de solo. Para avaliação da lixiviação, após acumuladas as precipitações de 35, 67 e 106 mm, tubos de PVC de 10 cm de diâmetro, seccionados longitudinalmente, foram enterrados até a profundidade de 35 cm, procurando-se manter a estrutura original do solo. Os tubos foram retirados, separados em suas metades e acondicionados em casa de vegetação, onde se semearam as plantas-teste sorgo (*Sorghum bicolor*) e corda-de-viola (*Ipomoea nil*) longitudinalmente ao longo do perfil de cada metade dos tubos. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas consistiram da aplicação dos dois herbicidas, adicionados ou não de adjuvante, e uma testemunha sem herbicida. Nas subparcelas estudaram-se as profundidades de percolação (0,0-2,5; 2,5-5,0; 5,0-10; 10-15; 15-20; 20-25; 25-30; e 30-35 cm). Aos 20 dias após a semeadura, determinou-se a matéria seca das plântulas. Observou-se que o sulfentrazone lixiviou até 10 cm de profundidade, mesmo com 106 mm de precipitação, sem efeito diferenciado do óleo. Os efeitos foram mais pronunciados para o sorgo. O amicarbazone não interferiu na matéria seca das plântulas de sorgo. Quanto à corda-de-viola, o herbicida sob precipitação de 35 mm reduziu o desenvolvimento das plântulas, independentemente da profundidade e sem efeito diferenciado do óleo; com 67 mm de precipitação, o herbicida lixiviou pelo solo, e o óleo mineral o manteve na camada mais superficial. Com 106 mm, o herbicida foi totalmente lixiviado e não se constatou efeito do óleo.

Palavras-chave: percolação, herbicidas, sorção, profundidades.

ABSTRACT - This study aimed to evaluate leaching of the herbicides sulfentrazone and amicarbazone, with and without mineral oil in a sugar cane plantation area on a Red Latosol, using soil columns. For leaching assessment, after the accumulated rainfall of 35, 67 and 106 mm, PVC tubes of 10 cm in diameter, sliced lengthwise, were buried at the depth of 35 cm, managing to maintain the original structure of the soil. The tubes were removed, split into halves and placed in a greenhouse, where seeds of the test plant sorghum (*Sorghum bicolor*) and morning-glory (*Ipomoea nil*) were sown along the profile of each half of the tubes. The experimental design was randomized blocks with the treatments in split-plots with four replications. The plots consisted of two herbicides, with or without adjuvant, and a control without herbicide. The subplots were the depths (0.0-2.5; 2.5-5.0; 5.0-10, 10-15, 15-20, 20-25; 25-30; 30-35 cm). At 20 days after sowing, dry weight of the seedlings was determined. Sulfentrazone leached up to 10 cm deep, even with 106 mm of rainfall, without any differential effect of the oil. The effects were more pronounced for sorghum. Amicarbazone did not interfere in the dry weight of sorghum. For morning-glory, under a rainfall of 35 mm, the herbicide reduced seedling development, regardless of depth and without any oil effect; with 67 mm of rainfall, the herbicide leached through soil with the mineral oil, maintaining it in the most superficial layer. With 106 mm, the herbicide was totally leached and no oil effect was confirmed.

Keywords: percolation, herbicides, sorption, depths.

¹ Recebido para publicação em 23.5.2008 e na forma revisada em 5.6.2008.

² Eng^o-Agr^o, M.Sc., Ourofino Agronegócios, <t_bachega@yahoo.com.br>; ³ Prof., Assistente, Dr., do Dep. de Biologia Aplicada à Agropecuária – FCAV/UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, 14884-900 Jaboticabal-SP, <mcarmo@fcav.unesp.br> e <plalves@fcav.unesp.br>; ⁴ Eng^o-Agr^o, ⁵ Eng^o-Agr^o, Unionagro.



INTRODUÇÃO

A persistência de um produto fitossanitário no solo depende dos processos de dissipação, ou seja, dos processos de transferência, como evaporação, lixiviação, escoamento superficial e absorção por plantas, e também da taxa de degradação do produto (Graham-Bryce, 1981). Os processos de degradação podem ser químicos, físicos ou biológicos e podem resultar na mineralização total do produto ou na sua conversão em metabólitos. Entre esses processos, maior importância tem sido atribuída à degradação biológica, que está principalmente relacionada com a comunidade microbiana do solo (Graham-Bryce, 1981).

Os herbicidas sulfentrazone (2',4'-dichloro-5-(4-difluoromethyl-4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1H-1,2,4-triazol-1-yl)methanesulfonilide) e amicarbazone (1H-1,2,4-triazole-1-carboxamide, 4-amino-N-(1,1-dimethyl-ethyl)-4,5-dihydro-3-(1-methylethyl)-5-oxo) são utilizados em pré-emergência na cultura de cana-de-açúcar, para controle de plantas daninhas dicotiledôneas e monocotiledôneas. De acordo com Rodrigues e Almeida (2005), o mecanismo de ação principal do amicarbazone é a inibição da fotossíntese das plantas daninhas, atuando na reação de Hill (fotossistema II), inibindo o transporte de elétrons e paralisando a fixação de CO₂ e a produção de ATP e NADPH, os quais são elementos essenciais ao crescimento das plantas. A morte das plantas, entretanto, pode ocorrer devido a outros processos, como a peroxidação de lipídeos e proteínas, promovendo a destruição das membranas e perda de clorofila.

O sulfentrazone, do grupo químico das triazolonas, é um herbicida para aplicação preferencialmente em pré-emergência, que controla várias espécies de plantas daninhas, monocotiledôneas e dicotiledôneas, das culturas de cana-de-açúcar, soja, café e eucalipto, além do seu uso em pátios industriais. Ele apresenta solubilidade em água de 490 mg L⁻¹ e pressão de vapor de 1x10⁻⁹ mm Hg a 25 °C. No solo, a mobilidade é moderada, de baixa adsorção, com K_{oc} a 43, pK_a a 6,56 e K_{ow} a 1,48, sendo a decomposição microbiana a via mais importante de degradação do produto no solo; sua meia-vida em solos brasileiros é, em média, de 180 dias (Rodrigues & Almeida, 2005).

O amicarbazone é um herbicida sistêmico pertencente ao grupo químico das triazolonas e, segundo seu fabricante, possui enorme resistência à seca e longo período residual. Sua solubilidade é alta, da ordem de 4.600 ppm, considerado não volátil, pois sua pressão de vapor é de 0,975 x 10⁻⁸ mm Hg a 20 °C e sua capacidade de adsorção varia entre 32,4 e 42,6 mg g⁻¹ de solo (Gimenes, 2004).

A tecnologia de aplicação é um fator importante para se obter um efetivo controle de plantas daninhas. Pulverizadores corretamente calibrados, pontas de pulverização sem defeito, temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade dos ventos, presença de orvalho, entre outros fatores, somam para que a possibilidade de interferência das plantas daninhas seja diminuída pelo uso de herbicidas. Uma forma de otimizar a aplicação dos herbicidas é o uso de adjuvantes, como surfactantes e óleos minerais e vegetais. Contudo, em aplicações de pré-emergência, o uso de adjuvantes é mínimo. Quando em aplicações em pré-emergência, tem como característica diminuir a emissão de gotas-satélites, melhorando a distribuição da calda nas pontas de pulverização e, conseqüentemente, a deposição do herbicida no alvo.

O objetivo do presente trabalho foi estimar a lixiviação dos herbicidas sulfentrazone e amicarbazone em condição de campo, aplicados sobre solo cultivado com cana-de-açúcar, com e sem adição de óleo mineral.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área comercial de plantio de cana-de-açúcar pertencente à Usina Bonfim, no município de Santa Ernestina-SP, onde o solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, cujo histórico de aplicação de herbicidas indica que os últimos produtos aplicados na área foram ametrina e diuron, 17 meses antes da aplicação. As análises química e granulométrica do solo foram determinadas em amostras deformadas, nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm.

Os tratamentos constaram da aplicação de uma dose dos herbicidas sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹) e amicarbazone (1.050 g i.a. ha⁻¹), com ou sem adição do óleo mineral a 0,5% (v/v), e uma testemunha sem herbicida. As

parcelas apresentaram 5 m de comprimento por 5,6 m de largura e foram dispostas em blocos casualizados em quatro repetições.

A aplicação foi realizada após o plantio da cultura, com pulverizador costal de precisão à pressão constante (25 Lb pol⁻²) mantida por CO₂, munido de barra com quatro bicos tipo leque XR 11002, espaçados de 50 cm, e regulado para um gasto de volume de calda de 200 L ha⁻¹. No momento da aplicação, iniciada às 10h e finalizada às 11h, a temperatura do ar era de 29,3 °C; a umidade relativa do ar, de 39%; a velocidade do vento, de 3 km h⁻¹; e não havia nebulosidade.

Após a aplicação, foram realizadas amostragens do solo quando as precipitações naturais acumuladas atingiram os valores próximos de 35, 67 e 106 mm. O acúmulo de chuva foi medido em uma estação agrometeorológica, a 1,5 km da área de aplicação. Nessas amostragens foram utilizados tubos de PVC de 10 cm de diâmetro, seccionados longitudinalmente, que foram enterrados no solo, na parte central da parcela, até a profundidade de 35 cm. Após o enterrio, o tubo foi retirado com auxílio de cavadeira, procurando-se manter a integridade da estrutura original do solo. Os tubos contendo o solo foram acondicionados sobre as bancadas da casa de vegetação, para realização do bioensaio.

Para avaliação da profundidade de lixiviação dos herbicidas no perfil do solo, semearam-se as plantas-teste sorgo (*Sorghum bicolor*) e corda-de-violão (*Ipomoea nil*), longitudinalmente ao longo do perfil de cada metade dos tubos, desde a sua superfície até 35 cm, em intervalos aproximados de 1,0 cm. Após 20 dias, fez-se a contagem do número de plantas emergidas, cortando-as na superfície, para determinação da matéria seca após secagem em

estufa a 70 °C por 96 horas, obtendo-se a matéria seca por plântula.

Para o bioensaio, para cada precipitação e planta-teste, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. As parcelas consistiram da aplicação de dois herbicidas (sulfentrazone e amicarbazone), com e sem adição de óleo mineral, e uma testemunha sem herbicida; nas subparcelas, estudaram-se as profundidades da lixiviação estratificada em faixas de 0-2,5; 2,5-5,0; 5,0-10; 10-15; 15-20; 20-25; 25-30; e 30-35 cm.

Os dados obtidos foram transformados em arc sen $\sqrt{(x + 0,30)}$ e submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando significativas ($p < 0,01$ ou $p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Até os 30 cm de profundidade, o solo da área experimental sempre manteve praticamente os mesmos valores de pH, matéria orgânica e cálcio; quanto às demais características, os valores diminuíram com a profundidade de amostragem do solo, sendo esse efeito mais acentuado para todas as características na camada de 30-40 cm (Tabela 1). A granulometria do solo não se alterou com a profundidade (Tabela 2).

Analisando a matéria seca das plântulas desenvolvidas no perfil do solo, não houve interação entre profundidade e herbicidas na precipitação de 67 mm para *Sorghum bicolor* e de 35 mm para *Ipomoea nil* (Tabela 3); nas demais precipitações, a interação foi significativa para as espécies, ou seja, 35 e 106 mm para *S. bicolor* e 67 e 106 mm para *I. nil* (Tabelas 4, 5 e 6).

Tabela 1 - Resultados da análise química de amostras coletadas nas diferentes profundidades do solo que recebeu aplicação dos herbicidas

Camada	pH	M.O.	P res.	K	Ca	Mg	H+AL	SB	T	V
	(CaCl ₂)	(g dm ³)	(mg dm ³)	(mmolc dm ³)						(%)
0-10	4,9	13	18	1,5	14	7	22	22,5	44,5	51
10-20	4,8	13	15	1,0	13	6	25	20,0	45,0	44
20-30	4,8	12	10	1,0	12	5	25	18,0	43,0	42
30-40	4,4	10	8	0,9	8	5	31	13,9	44,9	31



Tabela 2 - Resultados da análise granulométrica de amostras coletadas nas diferentes profundidades do solo que recebeu aplicação dos herbicidas

Granulometria (g kg ⁻¹)	Profundidade (cm)			
	0-10	10-20	20-30	30-40
Argila	270	270	280	290
Limo	50	40	50	50
Areia fina	290	280	270	270
Areia grossa	390	410	400	390
Classe Textural	Média	Média	Média	Média

Tabela 3 - Matéria seca (g por planta) da parte aérea de plântulas de corda-de-violão e de sorgo em resposta à precipitação, avaliada aos 20 dias após a semeadura, em relação a herbicidas e profundidades, Jaboticabal, 2007

Tratamento	Espécie/precipitação	
	Corda-de-violão/35 mm	Sorgo/67 mm
Herbicidas	Matéria Seca (g por planta)	
Sulfentrazone	1,35 AB ^{1/}	1,26 C
Sulfentrazone + Adj	1,31 AB	1,28 BC
Amicarbazone	1,17 B	1,33 ABC
Amicarbazone + Adj	1,19 B	1,35 AB
Testemunha	1,39 A	1,38 A
CV (%)	17,36	7,02
DMS(herb)	0,18	0,07
F(herb)	6,00**	8,85**
Profundidades (cm)		
0 – 2,5	1,11 D	1,26 C
2,5 – 5,0	1,11 D	1,27 BC
5,0 – 10,0	1,19 CD	1,34 A
10,0 – 15,0	1,27 BC	1,32 ABC
15,0 – 20,0	1,40 AB	1,35 A
20,0 – 25,0	1,38 AB	1,32 ABC
25,0 – 30,0	1,41 A	1,35 A
30,0 – 35,0	1,39 AB	1,32 ABC
CV (%)	10,36	5,69
F (prof)	18,99**	4,01**
DMS (prof)	0,13	0,07
F (interação)	1,18 ^{ns}	1,57 ^{ns}

^{1/} Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey; e ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 3, verifica-se redução na matéria seca de *I. nil* com a aplicação de amicarbazone e precipitação acumulada de 35 mm, sem haver efeito do adjuvante, enquanto o sulfentrazone não afetou essa característica. Quanto ao efeito da profundidade, verificou-se redução na matéria seca das plântulas até 10 cm, que pode se estender até 15 cm quando comparada a 25,0 – 30,0 cm. Na

precipitação acumulada de 67 mm, a matéria seca das plântulas de *S. bicolor* foi menor com a aplicação de sulfentrazone isolado ou com adjuvante, quando comparada à da testemunha, ao passo que o amicarbazone não afetou esta característica, independentemente da profundidade. Em relação ao fator profundidade, verificou-se menor matéria seca nas camadas de 0-2,5 e 2,5-5,0 cm, quando comparada às camadas de 5-10, 15-20 e 25-30 cm.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados da interação na precipitação de 35 mm para *S. bicolor*. O sulfentrazone reduziu significativamente a matéria seca do *S. bicolor* até a profundidade de 10 cm, mas com a adição do adjuvante esse efeito se limitou aos 5 m superficiais (Tabela 4). Vivian et al. (2006), estudando por meio de bioensaios amostras de um Argissolo Vermelho-Amarelo coletadas em campo após a aplicação de sulfentrazone, sem a manutenção da estrutura original do solo, verificaram redução bem evidente da matéria seca da parte aérea, da altura e dos índices de fitotoxicidade de 0 a 10 cm no perfil do solo coletado, confirmando, dessa forma, a capacidade dessortiva desse herbicida no solo. Rossi et al. (2005), avaliando a lixiviação de sulfentrazone em colunas de PVC em função de diferentes índices pluviométricos (30, 60 e 90 mm), sob condições de casa de vegetação, utilizando Latossolo Vermelho e Chernossolo, relataram que neste último houve uniformidade da distribuição do produto ao longo do tubo, proporcional à precipitação, e no Latossolo Vermelho o sulfentrazone foi pouco móvel, permanecendo na camada superficial, independentemente da precipitação.

Nessa mesma precipitação, o amicarbazone, aplicado isolado ou em mistura com óleo mineral, não causou redução da matéria seca de *S. bicolor* em nenhuma das profundidades avaliadas, indicando que esta poderia não ser uma planta-teste indicada para esse herbicida; uma outra possibilidade é que o produto lixiviou por todo o perfil do solo, devido à sua elevada solubilidade, e a concentração remanescente não causou intoxicação às plantas. Ao avaliar a eficiência agrônômica do amicarbazone em diferentes posicionamentos em relação à camada de palha de cana-de-açúcar e seu comportamento sob efeito da chuva simulada antes ou após aplicação do herbicida, sobre diversas

plantas daninhas, Negrisoli et al. (2007) mencionaram que a espécie *I. grandifolia* mostrou-se mais sensível ao amicarbazone, demonstrando elevada sensibilidade aos tratamentos com o herbicida. Para *Brachiaria plantaginea* e *B. decumbens*, as porcentagens de controle foram altas nos tratamentos em que o herbicida atingiu o solo, independentemente se aplicado diretamente sobre este ou lixiviado pela simulação de chuva após a aplicação do herbicida, porém o sorgo não foi afetado. Toledo et al. (2004) relataram que o amicarbazone é absorvido pelo sistema radicular e translocado

via xilema; no entanto, quando aplicado em pós-emergência, prevalece a absorção foliar, sendo predominante a ação de contato.

Com 106 mm de precipitação acumulada na área, a avaliação de matéria seca das plantas de *S. bicolor* indicou que o herbicida sulfentrazone isolado novamente se manteve até a profundidade de 10 cm, enquanto com o adjuvante esse efeito foi observado apenas até os 2,5 cm de profundidade, mas podendo se estender até 10 cm, se comparado à testemunha (Tabela 5). Esses resultados contradizem

Tabela 4 - Desdobramento da interação entre herbicidas e profundidades para os valores de matéria seca da parte aérea de plântulas de sorgo e profundidade de lixiviação dos herbicidas, após 35 mm de precipitação. Jaboticabal, 2007

Profundidade (cm)	Herbicida				
	Sulfentrazone	Sulfentrazone + Adj	Amicarbazone	Amicarbazone + Adj	Testemunha
0,0 – 2,5	1,17 C b ^{1/}	1,17 BC b	1,29 A ab	1,26 A ab	1,37 A a
2,5 – 5,0	1,14 C c	1,16 C bc	1,29 A abc	1,30 A ab	1,42 A a
5,0 – 10,0	1,18 C b	1,24 ABC b	1,31 A ab	1,32 A ab	1,41 A a
10,0 – 15,0	1,30 B Ca	1,33 AB a	1,35 A a	1,37 A a	1,43 A a
15,0 – 20,0	1,43 A Ba	1,40 A a	1,34 A a	1,34 A a	1,39 A a
20,0 – 25,0	1,48 A a	1,37 A a	1,37 A a	1,37 A a	1,45 A a
25,0 – 30,0	1,42 AB a	1,38 A a	1,39 A a	1,38 A a	1,43 A a
30,0 – 35,0	1,40 AB a	1,33 AB a	1,39 A a	1,41 A a	1,43 A a
F (herb) – 8,58**		F (prof) – 14,20**		F (Interação) – 1,99**	
CV (%) herb – 6,55		CV (%) prof – 5,70			
DMS (prof) – 0,16					
DMS (herb) – 0,15					

^{1/} Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas, na coluna, comparam as diferentes profundidades. Letras minúsculas, na linha, comparam os tratamentos com aplicação dos herbicidas.

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 5 - Desdobramento da interação entre herbicidas e profundidades para os valores de matéria seca da parte aérea de plântulas de sorgo e profundidade de lixiviação dos herbicidas, após 106 mm de precipitação. Jaboticabal, 2007

Profundidade (cm)	Herbicida				
	Sulfentrazone	Sulfentrazone + Adj	Amicarbazone	Amicarbazone + Adj	Testemunha
0,0 – 2,5	1,15 C d ^{1/}	1,17 B cd	1,61 A a	1,36 A bc	1,42 A ab
2,5 – 5,0	1,19 BC c	1,20 AB bc	1,49 AB ab	1,39 A ab	1,33 A abc
5,0 – 10,0	1,21 BC b	1,21 AB b	1,38 B ab	1,35 A ab	1,41 A a
10,0 – 15,0	1,36 AB a	1,35 AB a	1,39 B a	1,41 A a	1,35 A a
15,0 – 20,0	1,33 ABC a	1,35 AB a	1,47 A ba	1,39 A a	1,39 A a
20,0 – 25,0	1,34 AB a	1,37 A a	1,36 B a	1,43 A a	1,38 A a
25,0 – 30,0	1,32 ABC a	1,34 A ba	1,39 B a	1,38 A a	1,41 A a
30,0 – 35,0	1,40 A a	1,30 A ba	1,38 B a	1,47 A a	1,41 A a
F (herb) – 5,94**		F (prof) – 2,61*		F (Interação) – 2,81**	
CV (%) herb – 11,52		CV (%) prof – 6,21			
DMS (prof) – 0,19					
DMS (herb) – 0,18					

^{1/} Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas, na coluna, comparam as diferentes profundidades. Letras minúsculas, na linha, comparam os tratamentos com aplicação dos herbicidas.

** * significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, respectivamente.



Tabela 6 - Desdobramento da interação entre herbicidas e profundidades para os valores de matéria seca da parte aérea de plântulas de corda-de-viola (*I. nil*) e profundidade de lixiviação dos herbicidas, após 67 mm de precipitação. Jaboticabal, 2007

Profundidade (cm)	Herbicida				
	Sulfentrazone	Sulfentrazone + Adj	Amicarbazone	Amicarbazone + Adj	Testemunha
0,0 – 2,5	1,18 A bc	1,22 A bc	1,23 A ab	0,99 C c	1,47 A a
2,5 – 5,0	1,21 A a	1,22 A a	1,15 A a	1,14 BC a	1,36 A a
5,0 – 10,0	1,19 A a	1,29 A a	1,21 A a	1,17 ABC a	1,34 A a
10,0 – 15,0	1,28 A a	1,27 A a	1,27 A a	1,17 ABC a	1,34 A a
15,0 – 20,0	1,30 A a	1,28 A a	1,28 A a	1,30 AB a	1,33 A a
20,0 – 25,0	1,30 A a	1,37 A a	1,27 A a	1,35 AB a	1,43 A a
25,0 – 30,0	1,31 A a	1,36 A a	1,27 A a	1,40 A a	1,29 A a
30,0 – 35,0	1,29 A a	1,22 A a	1,23 A a	1,39 A a	1,40 A a
F (herb) – 2,84 ^{ns}		F (prof) – 3,84**		F (Interação) – 1,68*	
CV (%) herb – 14,04		CV (%) prof – 8,72			
DMS (prof) – 0,24					
DMS (herb) – 0,24					

^{1/} Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas, na coluna, comparam as diferentes profundidades. Letras minúsculas, na linha, comparam os tratamentos com aplicação dos herbicidas.

** * significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, respectivamente; ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

os obtidos por Rodrigues et al. (1999), que constataram que o sulfentrazone foi lixiviado para camadas de profundidade superior a 10 cm no perfil do solo, quando submetido à irrigação de 20 mm, 24 horas após a sua pulverização. Rossi et al. (2003) avaliaram em colunas de PVC a mobilidade do sulfentrazone em condições laboratoriais e constataram pequena mobilidade do herbicida em Nitossolo Vermelho (até 7,5 cm) e em Neossolo Quartzarênico (até 12,5 cm), mesmo quando submetido a 90 mm de precipitação pluvial. Esses autores observaram ainda que um dos fatores que influenciaram a ação do herbicida foi a saturação do solo, visto que, quanto maior foi o índice pluviométrico, maior foi a intensidade de injúria nas plantas; contudo, esse efeito não foi observado no presente trabalho. Alves et al. (1999) verificaram em LV que o sulfentrazone proporcionou excelente controle da tiririca, independentemente da umidade, enquanto em um NV o herbicida somente controlou a planta daninha quando a umidade do substrato era ou foi elevada para 90% (p/p).

Aos 67 mm de precipitação (Tabela 6), observou-se que o sulfentrazone, com ou sem adjuvante, diminuiu a matéria seca das plântulas de *I. nil* na camada superficial (até 2,5 cm). No entanto, essa diferença só foi significativa na profundidade de 0,0-2,5 cm,

independentemente da adição do adjuvante. Com base nos resultados da análise química do solo (Tabela 1), observaram-se baixos valores de pH (4,9) em todas as camadas. Esse resultado, aliado à baixa mobilidade do herbicida, corrobora as observações feitas por Alves et al. (2004), os quais mencionaram que a mobilidade e a capacidade de adsorção do sulfentrazone no solo ocorrem principalmente quando o pH deste for muito abaixo do pKa do herbicida, reduzindo sua eficiência em campo.

Os resultados para o herbicida amicarbazone na precipitação de 67 mm (Tabela 6) demonstraram que houve redução acentuada da matéria seca da corda-de-viola na profundidade de 0,0-2,5 cm quando foi adicionado adjuvante ao herbicida. O mesmo não ocorreu quando o herbicida foi aplicado sem óleo mineral. Dias et al. (2006), ao avaliarem a eficiência de amicarbazone simulando precipitação acumulada de três meses consecutivos, em aplicação pré-emergente com e sem adição do adjuvante aquil éster sobre *I. grandifolia*, *Merremia cissoides*, *B. decumbens* e *Panicum maximum*, concluíram que os períodos trimestrais que propiciaram as maiores condições de umidade afetaram negativamente o desempenho do amicarbazone. O adjuvante aquil éster beneficiou o desempenho do amicarbazone no controle de gramíneas, principalmente nas

Tabela 7 - Desdobramento da interação entre herbicidas e profundidades para os valores de matéria seca da parte aérea de plântulas de corda-de-violão (*I. nil*) e profundidade de lixiviação dos herbicidas, após 106 mm de precipitação. Jaboticabal, 2007

Profundidade (cm)	Herbicida				
	Sulfentrazone	Sulfentrazone + Adj	Amicarbazone	Amicarbazone + Adj	Testemunha
0,0 – 2,5	1,16 B c	1,25 A bc	1,33 A ab	1,34 AB ab	1,41 A a
2,5 – 5,0	1,21 AB b	1,25 A b	1,26 A ab	1,33 AB ab	1,42 A a
5,0 – 10,0	1,22 AB a	1,26 A a	1,38 A a	1,32 B a	1,36 A a
10,0 – 15,0	1,30 AB a	1,34 A a	1,38 A a	1,38 AB a	1,39 A a
15,0 – 20,0	1,34 A a	1,38 A a	1,38 A a	1,35 AB a	1,30 A a
20,0 – 25,0	1,36 A a	1,39 A a	1,39 A a	1,37 AB a	1,37 A a
25,0 – 30,0	1,32 A a	1,34 A a	1,39 A a	1,29 B a	1,27 A a
30,0 – 35,0	1,34 A ab	1,31 A b	1,35 A ab	1,49 A a	1,36 A ab
F (herb) – 2,72 ^{ns}		F (prof) – 3,83**		F (Interação) – 2,17**	
CV (%) herb – 9,03		CV (%) prof – 5,48			
DMS (prof) – 0,16					
DMS (herb) – 0,15					

^{1/} Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas, na coluna, comparam as diferentes profundidades. Letras minúsculas, na linha, comparam os tratamentos com aplicação dos herbicidas.

** * significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey; ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

situações com umidade no início seguida de um período de seca.

Os dados da última amostragem, realizada após acúmulo de 106 mm de precipitação (Tabela 7), mostrara que o sulfentrazone reduziu a matéria seca de *I. nil* na faixa de 0,0–2,5 cm, estendendo até 5,0 cm quando comparado à testemunha. A adição do adjuvante não alterou esse comportamento do herbicida. O amicarbazone, sob essa precipitação, com ou sem adjuvante, não afetou a matéria seca das plântulas de *I. nil*. A adição de óleo mineral proporcionou redução significativa da matéria. Contudo, nessas profundidades não houve diferença em relação à testemunha. Isso se deve, provavelmente, ao fato de o herbicida apresentar alta solubilidade, facilitando sua lixiviação por todo o perfil do solo sob essa precipitação e, conseqüentemente, não afetando a matéria seca das plantas-teste.

Com base nos dados obtidos, pode-se concluir que o herbicida sulfentrazone lixiviou até a profundidade de 10 cm mesmo com 106 mm de precipitação, independentemente da adição do adjuvante (óleo mineral). O herbicida amicarbazone não afetou o desenvolvimento das plântulas de *S. bicolor*. Para *I. nil*, o herbicida sob uma precipitação de 35 mm reduziu o desenvolvimento das plântulas, independentemente da profundidade e sem

efeito diferenciado do óleo. Ao simular 67 mm de precipitação, o herbicida lixiviou pelo solo; o óleo mineral o manteve na camada mais superficial, enquanto a chuva simulada em 106 mm promoveu a lixiviação total do herbicida e não se constatou efeito do óleo.

AGRADECIMENTOS

À UNION AGRO Ltda., pelo apoio à realização deste trabalho; e à Usina Bonfim (Cosan), pela cessão da área.

LITERATURA CITADA

- ALVES, P. L. C. A.; MARQUES JR., J.; FERRAUDO, A. S. Soil attributes and the efficiency of sulfentrazone on control of purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.). *Sci. Agric.*, v. 61, n. 3, p. 319-325, 2004.
- DIAS, T. C. S. et al. Efeito da interação entre o herbicida Dinamic (amicarbazone) e cultivo do solo sobre o controle de plantas daninhas em pré-emergência. CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006, Brasília. *Anais...* Brasília: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2006. CD-ROM.
- GIMENES, R. Dinamic: O novo herbicida da Hokko do Brasil para cana-de-açúcar. *STAB*, v. 22, n. 4, p. 23-24, 2004.
- GRAHAM-BRYCE, I. G. The behaviour of pesticides in soil. In: GREENLAND, D. J.; HAYES, M. H. B. (Eds.). *The chemistry of soil processes*. New York: J. Wiley, 1981. p. 621-670.



NEGRISOLI, E. et al. Controle de plantas daninhas pelo amicarbazone aplicado na presença de palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 603-611, 2007.

RODRIGUES, B. N. et al. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida sulfentrazone. **Planta Daninha**, v. 17, n. 3, p. 445-458, 1999.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina: Edição dos Autores, 2005. p. 484-490.

ROSSI, C. V. S.; ALVES, P. L. C. A.; MARQUES JÚNIOR, J. Mobilidade do sulfentrazone em Latossolo Vermelho e em Chernossolo. **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 111-120, 2003.

ROSSI, C. V. S. et al. Mobilidade do sulfentrazone no perfil de classes de solos. **R. Bras. Herbic.**, v. 4, n. 1, p. 65-67, 2005.

VIVIAN, R. et al. Persistência de sulfentrazone em Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 741-750, 2006.

