

ATIVIDADE RESIDUAL DE HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA NA CULTURA DA SOJA SOBRE O MILHETO CULTIVADO EM SUCESSÃO¹

Effect of the Residual Activity of Herbicides applied in Post-Emergence Soybean on Pearl Millet grown in Succession

DAN, H.A.², BARROSO, A.L.L.³, DAN, L.G.M.⁴, PROCÓPIO, S.O.⁵, OLIVEIRA JR., R.S.⁶, SIMON, G.A.³ e MUNHOZ, D.M.⁷

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar a atividade residual de herbicidas utilizados em pós-emergência da cultura da soja sobre o milheto cultivado em sucessão. O experimento foi realizado em Latossolo Vermelho distroférrico de textura argilosa em região de cerrado. Os herbicidas *chlorimuron-ethyl* (0,015 kg ha⁻¹), imazethapyr (0,060 kg ha⁻¹), imazethapyr (0,100 kg ha⁻¹) e fomesafen (0,250 kg ha⁻¹) foram utilizados em pós-emergência do cultivar de soja Msoy-6101. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas (5 x 4). Nas subparcelas, realizou-se a semeadura do milheto (híbrido ADR-7010) em quatro períodos, correspondendo a 0, 40, 80 e 120 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA). Durante a condução do ensaio, avaliou-se a intoxicação da cultura aos 7 e 28 dias após a emergência, o estande, a altura e a matéria seca da parte aérea das plantas de milheto. Ao final do ciclo da cultura, determinou-se o rendimento de grãos. O imazethapyr (0,060 kg ha⁻¹) e *chlorimuron-ethyl* (0,015 kg ha⁻¹) não alteraram significativamente o rendimento da cultura do milheto em semeaduras posteriores a 80 DAA. Para fomesafen, o intervalo mínimo de segurança entre a aplicação e a semeadura do milheto foi de 100 dias. Por outro lado, maior persistência foi observada para imazethapyr na dose 0,100 kg ha⁻¹, chegando a 120 dias de bioatividade sobre o milheto, que teve seu rendimento de grãos alterando mesmo quando semeado durante esse período.

Palavras-chave: *Carryover, chlorimuron-ethyl, imazethapyr, fomesafen, Pennisetum glaucum.*

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the residual activity of herbicides used in post-emergence soybean on Pearl Millet grown in succession. The experiment was conducted in clay soil in cerrado region. The herbicides *chlorimuron-ethyl* (0.015 kg ha⁻¹), imazethapyr (0.060 kg ha⁻¹), imazethapyr (0.100 kg ha⁻¹) and fomesafen (0.250 kg ha⁻¹) were used in post-emergence soybean cultivar Msoy-6101, in plots of 80 m² that were subdivided into sub-plots of 20 m² (5 x 4 m). A randomized block design with four replications was used in a split plot scheme 5 x 4. Pearl millet hybrid ADR-7010 was sown in the sub-plots in four periods after herbicide application, corresponding to 0, 40, 80 and 120 days after herbicide application (DAA). Pearl Millet injuries were evaluated at 7 and 28 days after emergence, together with stand, height and dry biomass of plant, as well as crop grain yield. Imazethapyr (0.060 kg ha⁻¹) and *chlorimuron-ethyl* (0.015 kg ha⁻¹) did not significantly affect crop yield in sowing after 80 DAA. As for the herbicide fomesafen, the minimum period between application and sowing of the crop was 100 days. Greater persistence was observed for imazethapyr (0.100 kg ha⁻¹), reaching 120 days of bioactivity on Pearl Millet, which had its performance affected even when sown during this period.

Key words: *Carryover, Pennisetum glaucum, chlorimuron-ethyl, imazethapyr, fomesafen, Pennisetum glaucum.*

¹ Recebido para publicação em 22.5.2010 e aprovado em 3.11.2010.

² Discente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá – UEM/NAPD, Av. Colombo 5790, 87020-900 Maringá-PR, <halmeidadan@gmail.com>; ³ Professores da Faculdade de Agronomia, FESURV, Caixa Postal 104, 75901-970 Rio Verde-GO; ⁴ Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UEM; ⁵ Pesquisador, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 49025-040 Aracaju-SE; ⁶ Professor do Dep. de Agronomia, UEM/NAPD; ⁷ Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Mato-Grosso – UFMT, 78060-900 Cuiabá-MT.



INTRODUÇÃO

Apesar de considerados uma ferramenta indispensável no controle de plantas daninhas, diversos herbicidas apresentam longa atividade residual no solo, sendo seu entendimento de grande complexidade no sistema solo-planta. Esses compostos, dependendo de sua estrutura química e das condições edafoclimáticas, podem não ser completamente dissipados durante o ciclo da cultura, deixando resíduos com atividade biológica que podem afetar culturas subsequentes, além de comprometerem o ambiente (Inoue et al., 2008).

A atividade residual de herbicidas utilizados na cultura da soja sobre culturas em sucessão e até mesmo em rotação tem sido relatado nas culturas de algodão (Grichar et al., 2004), milho (Ulbrich et al., 2005; Artuzi & Contieiro, 2006), girassol (Brighenti et al., 2002), milheto (Dan et al., 2011), sorgo (Dan et al., 2010) e olerícolas (Robinson, 2008; Szmigielski et al., 2009).

Dentre os herbicidas utilizados em pós-emergência na cultura da soja, destacam-se *chlorimuron-ethyl*, imazethapyr e fomesafen. O primeiro pertence à família das sulfonilureias e atua na inibição da enzima acetolactato sintetase (ALS), sendo recomendado para o controle de plantas daninhas em pós-emergência na cultura da soja (Rodrigues & Almeida, 2005). Apresenta solubilidade em água de 450 mg L⁻¹ a pH 6,5; pKa: 4,2; Kow de 320 a pH 5,0 e 2,3 a pH 7,0; e Koc médio de 110 mg g⁻¹ de solo (Rodrigues & Almeida, 2005). Possui adsorção e lixiviação moderadas e sua meia-vida gira em torno de 7,5 semanas em condições tropicais (Rodrigues & Almeida, 2005). Segundo Soltani et al. (2005), aplicações prévias de *chlorimuron-ethyl* não alteram o desenvolvimento das culturas de batata, tomate e milho cultivadas em sistema de rotação de culturas.

O imazethapyr pertence à família das imidazolinonas, tendo como mecanismo de ação a inibição da enzima acetolactato sintetase (ALS), rota principal da síntese de valina, leucina e isoleucina, que são aminoácidos considerados essenciais às plantas (Tam et al., 2006). Apresenta solubilidade em água de 1.400 mg L⁻¹; pKa: 3,9; e Kow: 11 a pH 5,0 e 31 a pH 7,0 (Rodrigues & Almeida, 2005).

É um herbicida recomendado para aplicação em pré e pós-emergência da cultura da soja. Estima-se que sua meia-vida varie de 2,6 a 10,2 meses em regiões de clima temperado (Aichele & Penner, 2005). Sua persistência é dependente das propriedades do solo: índice de pH, umidade, teor de matéria orgânica, textura e temperatura. Maior nível de sorção desse herbicida ocorre em solos ácidos e está sendo relacionado diretamente com o teor de matéria orgânica presente no solo (Börjesson et al., 2004). Possui atividade residual por períodos de até 540 dias em solos de várzea (Kraemer et al., 2009). Trabalhos têm evidenciado que resíduos de imazethapyr podem causar efeitos fitotóxicos em culturas semeadas em sucessão à soja. O efeito residual de imazethapyr sobre a cultura do milho em sucessão à soja foi mais evidente quando o milho foi semeado durante o intervalo de 0 a 87 dias após a aplicação de 80 g ha⁻¹ do herbicida (Ulbrich et al., 1998).

O fomesafen, pertencente ao grupo químico dos difeniléteres, é um herbicida inibidor da Protox (protoporfirinogênio oxidase) registrado no Brasil para as culturas de soja e feijão (Rodrigues & Almeida, 2005). Apresenta solubilidade em água de 50 mg L⁻¹, sendo considerado um herbicida ácido (pKa: 2,83), fortemente adsorvido pela matéria orgânica do solo. No entanto, sua sorção encontra-se estritamente relacionada com o pH do solo (Guo et al., 2003). Apesar de o fomesafen apresentar meia-vida de 66 dias, chegando a 100 dias em solos da região dos cerrados (Cobucci et al., 1998; Rauch et al., 2007), Artuzi & Contieiro (2006) não constataram efeitos negativos dele sobre o milho cultivado em sucessão à soja, após 90 dias após da aplicação deste herbicida.

Embora a sucessão de culturas seja uma realidade no Brasil, pouco tem sido feito a fim de avaliar o efeito residual de herbicidas utilizados na cultura da soja sobre culturas de sucessão, como o milheto. Devido à sua grande adaptação e difusão no bioma dos cerrados, essa cultura vem ganhando destaque nos últimos anos, especialmente após o lançamento de híbridos de alto potencial produtivo; além de ser importante fonte para a produção de palha para o sistema de plantio direto, pode ser utilizada como forragem para o pastejo no inverno.

Em vista do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a atividade residual com bioatividade dos herbicidas *chlorimuron-ethyl*, *imazethapyr* e *fomesafen* utilizados em pós-emergência na cultura da soja sobre a cultura sucedânea milho.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em campo e casa de vegetação no campus da Faculdade de Agronomia da FESURV - Universidade de Rio Verde, em Rio Verde-GO, (17°47'03" S, 50°57'32" W, a 743 de altitude), durante o período de novembro de 2008 a julho de 2009.

O experimento de campo foi implantado em um LATOSSOLO VERMELHO distroférrico, de textura argilosa, com as seguintes características químicas e físicas na profundidade de 0-20 cm: pH em CaCl₂: 4,8; Ca: 1,83 cmol_c dm⁻³; Mg: 1,07 cmol_c dm⁻³; Al: 0,27 cmol_c dm⁻³; H+Al: 5,6 cmol_c dm⁻³; K: 213 mg dm⁻³; P: 10,56 mg dm⁻³; CTC: 10,16 cmol_c dm⁻³; MO: 28,84 g kg⁻¹; argila: 510 g kg⁻¹; silte: 50 g kg⁻¹ e areia: 440 g kg⁻¹.

Quinze dias antes da semeadura da soja, foi realizado o manejo químico das plantas daninhas presentes na área, com a utilização de 1,8 kg ha⁻¹ de glyphosate + 0,5 kg ha⁻¹ de 2,4 D, complementada com uma aplicação de 0,2 kg ha⁻¹ de paraquat 48 horas antes da semeadura.

O cultivar de soja M-SOY 6101, de ciclo precoce, foi semeado no dia 21 de novembro de 2008, em espaçamento de 0,5 m, de forma mecanizada, obtendo-se uma população final de 230 mil plantas ha⁻¹. No momento da semeadura, realizou-se uma adubação de base com 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples)

e 20 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio). Também, realizou-se adubação de cobertura com 30 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio) aos 30 dias após a emergência.

As parcelas foram dimensionadas numa área de 80 m², que foi subdividida em unidades de 20 m² (5 x 4 m). Foi utilizado delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas 5 x 4, em que na parcela principal foram alocados os herbicidas aplicados em pós-emergência (Tabela 1) e, nas subparcelas, foi semeada a cultura do milho em quatro períodos, correspondendo a 0, 40, 80 e 120 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA).

A aplicação dos tratamentos herbicidas foi feita utilizando-se um pulverizador costal com pressurização por CO₂, munido de barra de 2 m, contendo quatro pontas de pulverização do tipo AI 110-02 (0,5 m entre pontas), com pressão de serviço de 2,5 kgf cm⁻², proporcionando volume de calda equivalente a 150 L ha⁻¹. A aplicação foi iniciada às 7h35, com término às 8h02. As condições ambientais no momento da aplicação foram: temperatura média de 24,2 °C, UR média de 81% e velocidade do vento média de 5,1 km h⁻¹.

O milho (híbrido ADR-7010) foi semeado manualmente, de forma que a resultasse numa população de 140 mil plantas ha⁻¹, em espaçamento de 0,5 m. A semeadura do milho ocorreu após a retirada dos restos culturais da cultura da soja. Após a semeadura do milho, foi realizada uma aplicação de 0,25 kg ha⁻¹ de paraquat, visando à eliminação das plantas daninhas remanescentes. No momento da semeadura do milho, realizou-se uma adubação composta de 100 kg ha⁻¹ da fórmula de N-P-K 04-14-08. Foram feitas ainda duas adubações de cobertura de 15 kg ha⁻¹ de

Tabela 1 - Herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da soja. Rio Verde-GO-2008/2009

Tratamento	Nome comercial	Formulação e Concentração	Dose (i.a. kg ha ⁻¹)	Dose (p.c. L ou kg ha ⁻¹)
testemunha	-	-	-	-
chlorimuron-ethyl	Classic [®]	WG 250	0,015	0,060
imazethapyr	Pivot [®]	SL 100	0,060	0,600
imazethapyr	Pivot [®]	SL 100	0,100	1,000
fomesafen	Flex [®]	SL 250	0,250	1,000



nitrogênio (sulfato de amônio), aos 15 e 35 dias após a emergência da cultura (DAE). O controle de plantas daninhas na cultura do milho foi realizado por meio de capinas manuais. Os dados meteorológicos durante a condução dos experimentos estão apresentados na Tabela 2.

Após a emergência do milho, foram realizadas avaliações visuais da intoxicação aos 7 e 28 DAE, utilizando-se escala percentual de 0 a 100%, em que 0 representa ausência de sintomas e 100% a morte de todas as plantas. Aos 30 DAE, foi realizada avaliação do estande de plantas, por meio da contagem do número de plantas emergidas em 2 m lineares, localizados nas linhas centrais da subparcela. Aos 60 DAE, no estágio fenológico denominado “ponto de rolagem”, determinou-se o acúmulo de matéria seca da parte aérea. Para isso, foram coletadas 10 plantas de cada subparcela, as quais foram posteriormente secas em estufa com circulação de ar a 65 °C durante 72 horas e, imediatamente após, pesadas em balança analítica.

Ao final do ciclo da cultura foi avaliada a altura das plantas e a distância do colo da planta à extremidade final da espiga. A produtividade de grãos foi determinada por meio da colheita manual das espigas presentes em 3 m² da área útil das subparcelas. Logo após a colheita, o material foi trilhado manualmente, pesado e a umidade dos grãos corrigida para

13%. Para eliminar a influência do ambiente nas épocas de condução, os dados de matéria seca da parte aérea, estande, altura de planta e rendimento de grãos foram transformados em valores percentuais em relação ao tratamento testemunha, adotando-se para cada época valor referencial de 100% (testemunha), para em seguida serem submetidos à análise de variância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes à intoxicação apresentada pelos herbicidas *chlorimuron-ethyl*, *imazethapyr* e *fomesafen* à cultura do milho estão apresentados na Figura 1. Durante as avaliações visuais realizadas sete dias após a emergência das plantas de milho (DAE) (Figura 1A), observaram-se maiores níveis de intoxicação para sementeiras realizadas no tempo zero, com destaque para *fomesafen*, com 74,1%. Para *chlorimuron-ethyl* e *imazethapyr*, os efeitos foram menos evidentes durante a primeira avaliação, aos 7 DAE (Figura 1A). Foi possível observar que o herbicida inibidor da *Protox* (*fomesafen*) necessitou de menor intervalo de tempo para visualização dos sintomas, quando comparado aos inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS).

Para *fomesafen*, constatou-se forte clorose, seguida de arroxamento e necrose nas primeiras folhas completamente expandidas – fato observado logo após a emergência das plântulas. Os sintomas evoluíram, chegando a causar mortalidade das plantas de milho aos 28 DAE (Figura 1B), na sementeira realizada no tempo zero. Resultados semelhantes foram observados por Dan et al. (2011) ao semear milho em sucessão à soja, em solo onde foi aplicado sulfentrazone. Os efeitos visuais apresentaram-se de forma inversamente proporcional ao período de tempo utilizado entre a aplicação e a sementeira do milho, ou seja, com o aumento do tempo de dissipação do herbicida no solo, menor foi sua bioatividade.

O milho apresentou sintomas leves de intoxicação por *fomesafen* quando semeado aos 80 DAE (Figura 1B), não sendo mais perceptível a presença de sintomas em sementeira realizada aos 120 DAA. Apesar de a

Tabela 2 - Dados meteorológicos durante a condução do ensaio no município de Rio Verde-GO, 2008/2009

Mês	Temperatura (°C)			Pluviometria (mm)
	Máx.	Méd.	Mín.	
Outubro	32,0	23,3	19,2	109,5
Novembro	30,5	23,8	19,5	244,5
Dezembro	30,2	23,9	19,8	143,5
Janeiro	30,1	24,1	19,6	183,5
Fevereiro	29,8	23,1	19,8	254,0
Março	30,5	24,2	20,1	302,8
Abril	29,1	22,4	18,2	39,3
Mai	29,2	21,8	16,6	15,6
Junho	27,2	20,1	14,3	34,9
Julho	29,7	22,1	15,9	5,7
Acumulado	-	-	-	1.356,32

Dados da estação meteorológica da FESURV - Universidade de Rio Verde.

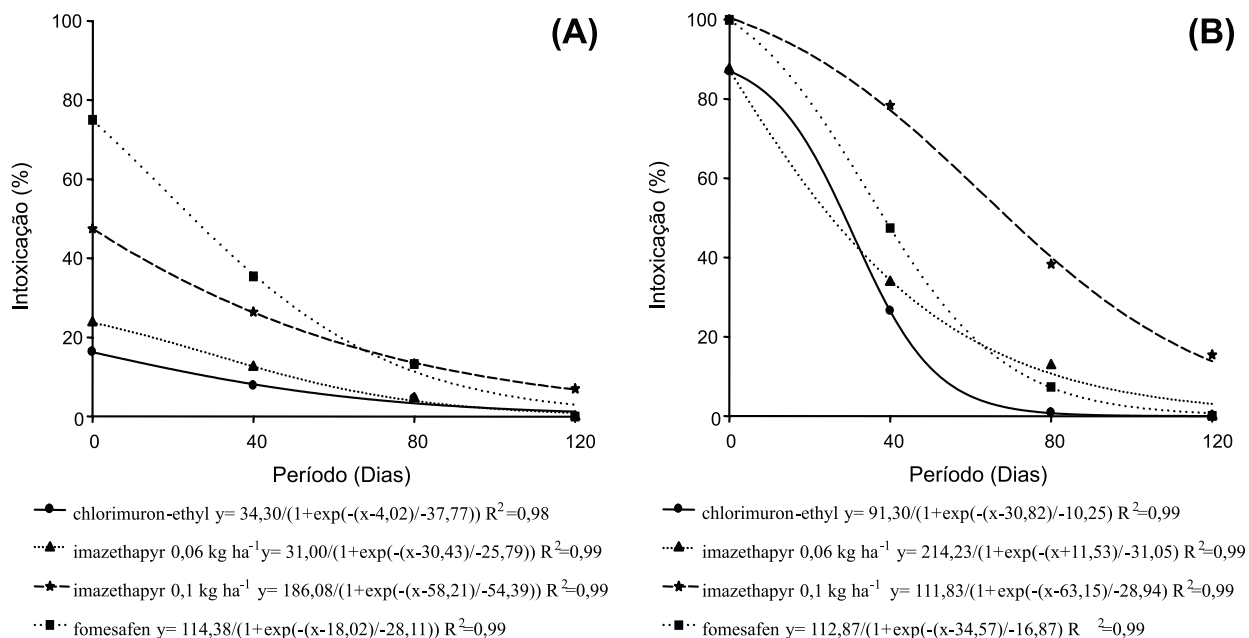


Figura 1 - Intoxicação apresentada pela cultura do milho aos 7 (A) e 28 (B) dias após a emergência, em função da época de semeadura realizada após a aplicação em pós-emergência de quatro tratamentos herbicidas na cultura da soja.

meia-vida do fomesafen ser de 100 dias, Cobucci et al. (1998) não observaram sintomas de grande intensidade em plantas de milho cultivado aos 65 DAA em sucessão à cultura do feijão, onde foi realizada a aplicação de $0,25 \text{ kg ha}^{-1}$ de fomesafen. Avaliando o comportamento de 15 genótipos de milho, Rauch et al. (2007) observaram diferentes níveis de intoxicação, mostrando que existem diferentes níveis de comportamento entre genótipos de uma mesma espécie.

Os sintomas ocasionados pela atividade residual de imazethapyr foram determinados pela dose utilizada. Inicialmente, aos 7 DAE (Figura 1A), as plantas de milho apresentaram clorose internerval e grande atraso no crescimento, chegando a 47,2% de intoxicação para a dose de $0,10 \text{ kg ha}^{-1}$, quando a cultura foi semeada no tempo zero. Semelhantes sintomas foram observados por Ulbrich et al. (2005). Maior severidade do herbicida foi encontrada aos 28 DAE (Figura 1B). Para a dose de $0,6 \text{ kg ha}^{-1}$, a intoxicação chegou a 87% na primeira semana, reduzindo de forma acentuada durante as demais avaliações, não sendo perceptível quando a semeadura do milho foi realizada aos 120 DAA.

Sintomas de intoxicação de até 13,1% foram observados para a cultura semeada aos 120 DAA, fato esse evidenciado somente para imazethapyr na dose de $0,10 \text{ kg ha}^{-1}$. Sua maior atividade residual pode estar relacionada com os menores valores de pH encontrados no solo (5,3) onde foi realizado o presente ensaio. Segundo Börjesson et al. (2004), a maior adsorção do imazethapyr ocorre em solos ácidos com menores valores de pH, pois esse é um herbicida de baixo pKa (3,9). Nessa situação, o herbicida passa a ser sorvido aos colóides do solo e, principalmente, pela matéria orgânica, podendo ser desorvido lentamente, aumentando o tempo de sua bioatividade. Para Aichele & Penner (2005), todos esses fatores contribuem para que sua meia-vida seja prolongada; esses autores mostraram em seu estudo que esse parâmetro pode chegar a 10 meses em algumas condições edafoclimáticas.

Diferentemente dos demais tratamentos, o *chlorimuron-ethyl* apresentou baixa bioatividade sobre a cultura do milho, não sendo observados sintomas visuais de intoxicação para semeaduras realizadas em intervalo de tempo superior a 80 DAA.



Uma das consequências dos elevados níveis de toxicidade apresentados pelos herbicidas foi a redução da população de plantas de milho avaliada aos 30 dias após a emergência. É possível observar que reduções mais acentuadas ocorreram em sementeiras realizadas no tempo zero (Tabela 3). Para essa sementeira, imazethapyr (0,10 kg ha⁻¹) e fomesafen proporcionaram 100% de redução no estande, diferindo significativamente dos demais tratamentos. Os herbicidas *chlorimuron-ethyl* e imazethapyr (0,60 kg ha⁻¹) também foram bastante fitotóxicos para a cultura, ocasionando redução superior a 50% na população de plantas de milho semeado logo após a aplicação.

A bioatividade dos herbicidas imazethapyr (0,10 kg ha⁻¹) e fomesafen persistiu a ponto de reduzir a população de plantas somente até 40 DAA (Tabela 3). Durante esse período, é possível observar reduções de 31 e 22% para ambos os herbicidas, respectivamente. O efeito residual de *chlorimuron-ethyl* não foi suficiente para causar redução no estande durante esse período. Sementeiras realizadas posteriormente não provocaram interferência negativa sobre essa variável. Esse fato é de extrema relevância, já que o estande é um elemento fundamental para obtenção de elevados rendimentos da cultura.

O acúmulo de matéria seca da parte aérea seguiu a mesma tendência observada para os níveis de intoxicação (Figura 2A); as maiores reduções foram obtidas em sementeiras

realizadas no tempo zero (0 DAA), sendo essa inversamente proporcional ao intervalo de tempo deixado após a aplicação dos herbicidas. Para sementeiras realizadas nessa data todos os herbicidas apresentaram efeitos negativos sobre o acúmulo de matéria seca, sendo a redução superior a 85,2%.

Observa-se que imazethapyr (0,10 kg ha⁻¹) foi o tratamento cuja persistência proporcionou maior redução no acúmulo de matéria seca da parte aérea, sendo seus efeitos observados até 120 DAA, evidenciando a grande sensibilidade da espécie à dose utilizada. Para imazethapyr na dose de 0,06 kg ha⁻¹, os efeitos negativos causaram injúrias significativas somente em cultivos até 80 DAA. Ulbrich et al. (1998) não constataram efeitos negativos sobre o acúmulo de matéria seca em plantas de milho sementeiras 120 DAA de 80 g ha⁻¹ de imazethapyr, em solo com 74% de argila.

Com relação ao fomesafen, sua atividade residual promoveu redução de 5% da matéria seca da parte aérea aos 80 DAA. Analisando a equação ajustada, é possível observar que os efeitos negativos desse herbicida sobre a cultura perduraram por um período aproximado de até 90 DAA. Resultados semelhantes foram observados por Cobucci et al. (1998) na cultura do milho.

A intoxicação causada pela utilização dos herbicidas *chlorimuron-ethyl*, imazethapyr e fomesafen proporcionou reduções significativas na altura das plantas de milho (Figura 2B). Essa redução foi mais intensa em

Tabela 3 - Redução do estande de plantas de milho aos 30 dias após a emergência, em função da época de sementeira realizada após a aplicação em pós-emergência de quatro tratamentos herbicidas na cultura da soja

Tratamento	Dose (i.a. kg ha ⁻¹)	Período entre a aplicação e a sementeira do milho			
		0 DAA	40 DAA	80 DAA	120 DAA
Redução do estande (%)					
testemunha	-	0,0 cA	0,0 dA	0,0 aA	0,0 aA
chlorimuron-ethyl	0,015	52,1 bA	0,0 dB	0,0 aB	0,0 aB
imazethapyr	0,060	59,3 bA	6,3 cB	0,0 aC	0,0 aC
imazethapyr	0,100	100,0 aA	22,4 bB	0,0 aC	0,0 aC
fomesafen	0,250	100,0 aA	31,1 aB	0,0 aC	0,0 aC
CV%		CV% linha: 25,32 e CV% coluna: 20,32			
DMS		DMS linha: 8,58 e DMS coluna: 7,11			

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAA: dias após a aplicação.

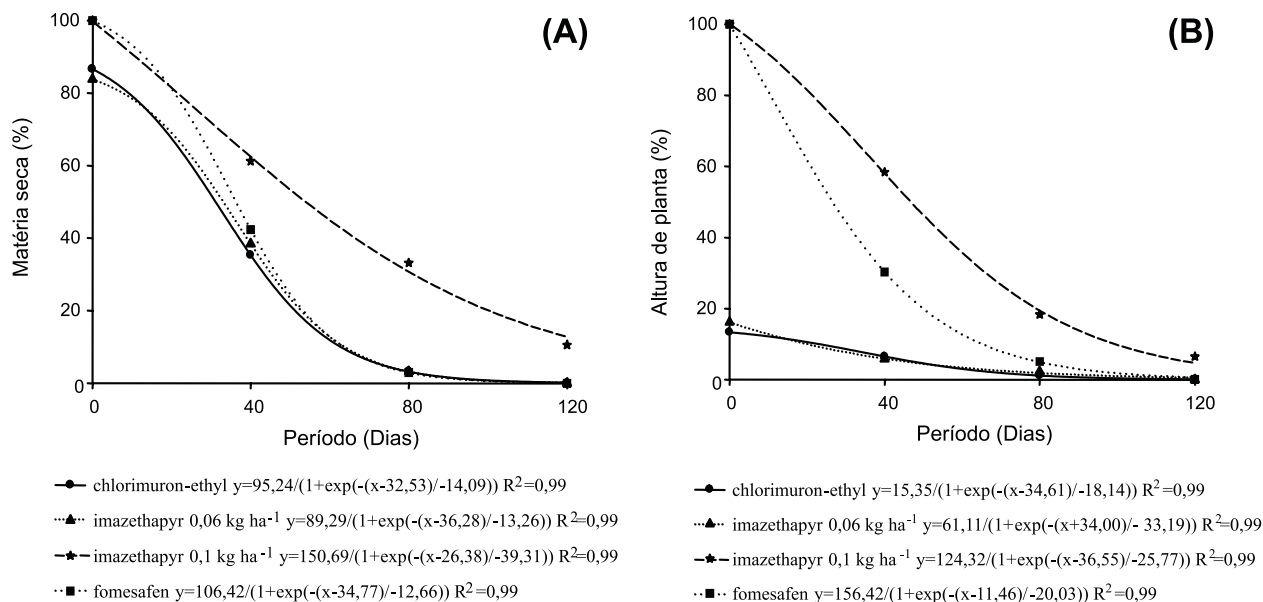


Figura 2 - Redução da matéria seca da parte aérea (A) aos 60 dias após a emergência e altura de plantas de milho (B) na colheita, em função da época de semeadura realizada após a aplicação em pós-emergência de quatro tratamentos herbicidas na cultura da soja.

semeaduras realizadas imediatamente após a aplicação, com destaque para fomesafen e imazethapyr (0,10 kg ha⁻¹), que acarretaram 100% de redução durante esse período.

Para as demais épocas, a tendência de recuperação dos efeitos de intoxicação se tornou mais evidente em semeaduras com maior intervalo de tempo entre a aplicação e o cultivo da espécie. O efeito residual dos herbicidas *chlorimuron-ethyl* e *imazethapyr* (menor dose) não foi suficiente a ponto de interferir na altura das plantas de milho semeado em períodos posteriores a 80 DAA. Resultados semelhantes foram obtidos em relação ao fomesafen, apesar dos elevados níveis de redução obtidos inicialmente. Para *imazethapyr* (maior dose), a tendência observada para as demais variáveis foi mantida, indicando que a bioatividade do herbicida perdurou por período superior a 120 DAA, com repercussão direta na altura das plantas (5,1% de redução).

A bioatividade dos herbicidas teve influência direta sobre o rendimento de grãos da cultura do milho (Figura 3). No entanto, conforme se aumentou o intervalo entre a aplicação e a semeadura do milho, menores foram os efeitos sobre essa variável. É importante salientar a sensibilidade da espécie aos

herbicidas utilizados no presente ensaio, principalmente em semeaduras realizadas logo após a aplicação, em que reduções de 100% foram proporcionadas por *imazethapyr* (0,10 kg ha⁻¹) e *fomesafen*, chegando a 90% para *imazethapyr* (0,06 kg ha⁻¹) e 86% para *chlorimuron-ethyl*.

Chlorimuron-ethyl proporcionou redução significativa no rendimento de grãos quando a semeadura foi realizada até 80 DAA, não sendo constatada nenhuma injúria aos 120 DAA (Figura 3). Dos herbicidas avaliados, foi o que apresentou menor I_{50} (28,8 dias). Isso mostra que o cultivo de milho nessas condições apresentou-se seguro em Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa em condições de safrinha. Artuzi & Contieiro (2006) não observaram efeitos negativos desse herbicida após o cultivo de milho em sucessão à soja.

O *imazethapyr* (0,06 kg ha⁻¹) mostrou comportamento semelhante ao do *chlorimuron-ethyl*, apesar da ligeira tendência em apresentar maior persistência no solo. Entretanto, o aumento da dose para 0,10 kg ha⁻¹ trouxe maiores reduções no rendimento da cultura, independentemente do período utilizado na semeadura do milho. Valores de I_{50} chegaram a 52,1 dias, considerado o maior entre os



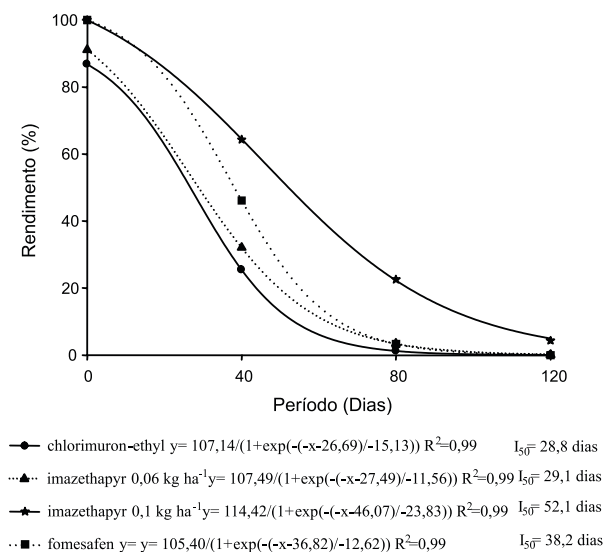


Figura 3 - Percentual de redução do rendimento de grãos da cultura do milho, em função da época de semeadura realizada após a aplicação em pós-emergência de quatro tratamentos herbicidas na cultura da soja. I_{50} : número de dias necessários para se obter redução de 50% no rendimento da cultura.

demais. A atividade residual desse herbicida perdurou por tempo superior a 120 DAA, ocasionando nesse período reduções de 10,7% no rendimento da cultura. Ulbrich et al. (1998) e Artuzi & Contieiro (2006) não constataram efeitos dos herbicidas imazaquin e imazethapyr, utilizados em dose comercial, sobre a cultura do milho cultivado em período superior a 120 DAA.

Esses resultados mostram que o uso de imazethapyr (0,10 kg ha⁻¹) em pós-emergência da cultura da soja de ciclo precoce pode prejudicar significativamente o rendimento de grãos do cultivar de milho ADR-7010, quando cultivado em LVd de textura argilosa.

Outro herbicida que apresentou considerável dissipação no solo foi o fomesafen. Por sua vez, ele causou influência somente quando a cultura do milho foi semeada no intervalo de tempo de 0 a 90 DAA (Figura 3). A partir desse período, a média do rendimento de grãos manteve-se próxima dos resultados proporcionados pela testemunha. Resultados semelhantes foram constatados por Artuzi & Contieiro (2006), ao avaliarem efeitos do fomesafen sobre a cultura do milho semeado aos 90 dias após a aplicação do herbicida.

Monitorando o comportamento do fomesafen no solo, Rauch et al. (2007) observaram que a semeadura do milho pode ser realizada sem risco de injúrias quando a concentração desse herbicida for menor ou igual a 0,019 mg kg⁻¹ de solo. Esses autores ainda verificaram ainda que a persistência desse herbicida pode variar em função das características físico-químicas do solo e que existem diferenças de sensibilidade entre genótipos de milho com relação ao efeito *carryover* apresentado por esse herbicida.

Os herbicidas imazethapyr (0,06 kg ha⁻¹) e *chlorimuron-ethyl* (0,015 kg ha⁻¹) não afetaram significativamente o rendimento da cultura em semeaduras realizadas a partir de 80 DAA. O intervalo de segurança para a semeadura do milho para o herbicida fomesafen foi de 120 dias. A atividade residual de imazethapyr aplicado a 0,10 kg ha⁻¹ foi observada para semeaduras realizadas até 120 dias, em que o milho apresentou rendimento ligeiramente alterado.

LITERATURA CITADA

- AICHELE, T. M.; PENNER, D. Adsorption, desorption, and degradation of imidazolinones in soil. **Weed Technol.**, v. 19, n. 1, p. 154-159, 2005.
- ARTUZI, J. P.; CONTIEIRO, R. L. Herbicidas aplicados na soja e produtividade do milho em sucessão. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 41, n. 7, p. 1119-1123, 2006.
- BÖRJESSON, E. et al. The fate of imazapyr in a Swedish railway embankment. **Pest Manag. Sci.**, v. 60, n. 6, p. 544-549, 2004.
- BRIGHENTI, A. M. et al. Persistência e fitotoxicidade do herbicida atrazine aplicado na cultura do milho sobre a cultura do girassol em sucessão. **Planta Daninha**, v. 20, n. 2, p. 291-297, 2002.
- COBUCCI, T. et al. Effect of imazamox, fomesafen and acifluorfen soil residue on rotational crops. **Weed Sci.**, v. 46, n. 1, p. 258-263, 1998.
- DAN, H.A. et al. Residual activity of herbicides used in soybean agriculture on grain sorghum crop succession. **Planta Daninha**, v. 28, n. 5, p. 1087-1095, 2010.
- DAN, H.A. et al. Atividade residual de herbicidas pré-emergentes aplicados na cultura da soja sobre o milho cultivado em sucessão. **Planta Daninha**, v. 29, n. 2, p. 437-445, 2011.

- GRICHAR, W. J. et al. Cotton response to imazapic and imazethapyr residues following peanut. **Texas J. Agric. Nat. Res.**, v. 17, n. 1, p. 1-8, 2004.
- GUO, J. et al. Adsorption, desorption and mobility of fomesafen in Chinese soils. **Air, Water Soil Pollut.**, v. 14, n. 1, p. 77-85, 2003.
- INOUE, M. H. et al. Lixiviação e degradação de diuron em dois solos de textura contrastante. **Acta Sci.**, v. 30, n. 5, p. 631-638, 2008.
- KRAEMER, A. F. et al. Lixiviação do imazethapyr em solo de várzea sob dois sistemas de manejo. **Ci. Rural**, v. 39, n. 3, p. 1660-1666, 2009.
- RAUCH, B. J. et al. Dissipation of fomesafen in New York state soils and potential to cause carryover injury to sweet corn. **Weed Technol.**, v. 21, n. 1, p. 206-212, 2007.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina: Grafmarke, 2005. 591 p.
- ROBINSON, D. E. Atrazine accentuates carryover injury from mesotrione in vegetable crops. **Weed Technol.**, v. 22, n. 3, p.641-645, 2008.
- SOLTANI, N. et al. Vegetable crop responses to chlorimuron-ethyl applied in the previous year. **Crop Protec.**, v. 24, n. 7, p. 685-688, 2005.
- SZMIGIELSKI, A. M. et al. Development of a laboratory bioassay and effect of soil properties on sulfentrazone phytotoxicity in soil. **Weed Technol.**, v. 23, n. 4, p. 486-491, 2009.
- TAM, S.; EVANS, R.; SINGH, B. Herbicidal inhibitors of amino acid biosynthesis and herbicide-tolerant crops. **Amino Acids**, v. 30, n. 1, p. 195-204, 2006.
- ULBRICH, A. V. et al. Efeito residual dos herbicidas imazaquim e imazethapyr, aplicados na soja, sobre o milho safrinha. **Planta Daninha**, v. 16, n. 1, p. 137-147, 1998.
- ULBRICH, A. V. et al. Persistence and carryover effect of imazapic and imazapyr in Brazilian cropping systems. **Weed Technol.**, v. 19, n. 4, p. 986-991, 2005.

