



Ciência Rural

ISSN: 0103-8478

cienciarural@mail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria

Brasil

de Almeida Dan, Hugo; Gomes de Moraes Dan, Lilian; de Lemos Barroso, Alberto Leão; de Oliveira Procópio, Sergio; de Oliveira Júnior, Rubem Silvério; Braga Pereira Braz, Guilherme; Gonçalves Alonso, Diego

Atividade residual de herbicidas usados na soja sobre o girassol cultivado em sucessão

Ciência Rural, vol. 42, núm. 11, noviembre, 2012, pp. 1929-1935

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33124571016>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## Atividade residual de herbicidas usados na soja sobre o girassol cultivado em sucessão

### Bioactivity of herbicides used to soybean on sunflower crop in succession

Hugo de Almeida Dan<sup>I</sup> Lilian Gomes de Moraes Dan<sup>II</sup> Alberto Leão de Lemos Barroso<sup>III</sup>  
Sergio de Oliveira Procópio<sup>IV</sup> Rubem Silvério de Oliveira Júnior<sup>II</sup> Guilherme Braga Pereira Braz<sup>II</sup>  
Diego Gonçalves Alonso<sup>II</sup>

#### RESUMO

O girassol é uma oleaginosa de destaque entre as culturas utilizadas em sucessão à soja na região dos cerrados. No entanto, poucas informações referentes aos efeitos da atividade residual de herbicidas aplicados na soja sobre o desenvolvimento e rendimento do girassol são conhecidas. Visando avaliar a atividade residual de herbicidas, aplicados em pré e pós-emergência na cultura da soja sobre o girassol cultivado em sucessão, foram conduzidos ensaios em campo e em casa de vegetação. No ensaio de campo, foram empregados nove tratamentos (doses em kg de i.a. ha<sup>-1</sup>): imazaquin (0,161), diclosulan (0,035), sulfentrazone (0,600) e flumioxazin (0,050), em aplicações de pré-emergência, e chlorimuron-ethyl (0,015), imazethapyr (0,060), imazethapyr (0,100) e fomesafen (0,250), aplicados em pós-emergência da soja, mais uma testemunha (sem herbicida). Um bioensaio foi conduzido em casa de vegetação com as amostras de solo dos tratamentos coletadas em seis épocas distintas (0, 35, 70, 105, 140 e 200 dias após a aplicação). Os resultados permitem concluir que o imazethapyr (0,100kg ha<sup>-1</sup>) e o diclosulan (0,035kg ha<sup>-1</sup>) causam redução no rendimento do girassol. A sensibilidade ao diclosulan perdura durante todo o cultivo do girassol.

**Palavras-chave:** carryover, *Helianthus annuus*, *Glycine max*, persistência.

#### ABSTRACT

The sunflower is a oilseed crop kind of prominence before the cultures used in succession in the Brazil. However, little information concerning the effects of residual activity of herbicides on the crop in this region are known. The aim of this study was to evaluate the residual activity of herbicides in weed

management in pre and post-emergence soybean and evaluate its effects on sunflower crop in succession. In field experiments we adopted the randomized block design with four replications, being appointed nine treatments (kg of i.a. ha<sup>-1</sup>): imazaquin (0,161), diclosulan (0,035), sulfentrazone (0,600) and flumioxazin (0,050) in pre emergence applications, and chlorimuron-ethyl (0,015), imazethapyr (0,060), imazethapyr (0,100) and fomesafen (0,250) applied post emergence soybean and a control without herbicide. One bioassay was differentiated by the treatments contained in each treatment and soil samples collected at six different times (0, 35, 70, 105, 140 and 200 days after application); evaluated the dry matter accumulation of sunflower plants as a function of time of sample collection. The results showed that: imazethapyr (0,1kg ha<sup>-1</sup>) and diclosulan (0,035kg ha<sup>-1</sup>) caused a reduction in sunflower yield. Sensitivity to diclosulan continued throughout the interval evaluation of the range of bioassay.

**Key words:** carryover, *Helianthus annuus*, *Glycine max*, bioactivity.

#### INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus*) é uma oleaginosa cultivada na Argentina, nos Estados Unidos e em alguns países da África, devido ao alto valor nutritivo, sendo de grande utilidade para alimentação humana (grãos, óleo) e animal (forragem, grãos). A planta constitui-se em importante opção para a produção de biocombustíveis (SILVA & FREITAS, 2008) e isso possibilitou que a cultura apresentasse

<sup>I</sup>Departamento de Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), 76993-000, Colorado do Oeste, RO, Brasil. E-mail: halmeidan@gmail.com. Autor para correspondência.

<sup>II</sup>Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, PR, Brasil.

<sup>III</sup>Faculdade de Agronomia da Universidade de Rio Verde (FESURV), Rio Verde, GO, Brasil.

<sup>IV</sup>Embrapa Soja, Londrina, PR, Brasil.

valor econômico expressivo, ganhando significativa apreciação no cerrado brasileiro.

Baseado na rusticidade e adaptabilidade ao inverno das Regiões Centro-Oeste, Sudeste e parte do Sul do Brasil, o girassol apresenta maior expressão de cultivo na segunda safra, também conhecida como “safrinha”, principalmente em sucessão à cultura da soja. Apesar desta sucessão de culturas ser uma realidade no Brasil, pouco tem sido feito a fim de avaliar os efeitos da atividade residual de herbicidas utilizados na cultura da soja sobre o girassol cultivado em sucessão. Estudos realizados por BRIGHENTI et al. (2002) mostraram que o girassol pode apresentar sensibilidade ao efeito carryover de certos herbicidas, como diclosulam e imazethapyr. Porém, a necessidade de novos estudos é constante e necessária.

A persistência de um herbicida no ambiente representa a capacidade do composto em apresentar atividade residual, prevenindo o desenvolvimento das plantas daninhas de uma determinada área por certo período de tempo. Por outro lado, herbicidas com bioatividade muito prolongada podem causar injúrias a espécies sensíveis cultivadas em sucessão (DAN et al., 2012).

Herbicidas de longa persistência no solo apresentam também maiores riscos de contaminação do ambiente, seja por lixiviação, volatilização ou escorrimento superficial. Eventos semelhantes à atividade residual de herbicidas aplicados à soja sobre culturas em sucessão têm sido relatados em algodão (GRICHAR et al., 2004), canola (OLIVEIRA JR., 2001), milho (ULBRICH et al., 2005; ARTUZI & CONTIEIRO, 2006), milheto e sorgo (DAN et al., 2011), e olerícolas (SZMIGIELSKI et al., 2009).

Atualmente, é cada vez mais comum a utilização de variedades de soja de ciclo precoce e superprecoce, aliada a técnicas de dessecação das plantas para realizar a colheita, visando à antecipação da semeadura da segunda safra. Tais ações reduzem o intervalo de tempo entre a aplicação de herbicidas na soja e a semeadura de espécies em sucessão. Dessa forma, os riscos de eventuais efeitos negativos relacionados à atividade residual de alguns herbicidas sobre culturas em sucessão têm aumentado. O levantamento de informações sobre os intervalos de segurança exigidos para que esses produtos sejam dissipados no ambiente, sem afetar as culturas em sucessão, é fundamental para a manutenção da sustentabilidade econômica e ambiental dos cultivos de segunda safra no Brasil. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da atividade residual de herbicidas utilizados na cultura da soja sobre o girassol cultivado em sucessão, em condições de cerrado.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos de campo e casa de vegetação foram conduzidos no município de Rio Verde, GO, localizado nas coordenadas 17°48'S 55°55'W e altitude de 760m, durante o período de novembro de 2008 a julho de 2009. O solo da área experimental é classificado como LATOSOLO VERMELHO distroférico, de textura argilosa, com as seguintes características químicas e físicas na profundidade de 0-20cm: pH em  $\text{CaCl}_2$ : 4,8; Ca: 1,83 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; Mg: 1,07 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; Al: 0,27 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; H+Al: 5,6 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; K: 213 $\text{mg dm}^{-3}$ ; P: 10,56 $\text{mg dm}^{-3}$ ; CTC: 10,16 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; MO: 28,84 $\text{g kg}^{-1}$ , Argila: 510 $\text{g kg}^{-1}$ , Silte: 50 $\text{g kg}^{-1}$  e Areia: 440 $\text{g kg}^{-1}$ .

A área utilizada no experimento se encontrava em pousio na entressafra, sendo a vegetação espontânea manejada com 1,8 e.a.  $\text{kg ha}^{-1}$  de glyphosate + 0,5kg e.a.  $\text{ha}^{-1}$  de 2,4-D, 15 dias antes da semeadura da soja. No momento da semeadura, o solo apresentava 68% de cobertura vegetal e matéria seca equivalente a 3,6t  $\text{ha}^{-1}$ .

A cultivar de soja ‘M-Soy 6101®’ foi semeada em espaçamento de 0,5m, de forma mecanizada, resultando em população final de 280 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$  e os demais tratos culturais, realizados conforme a recomendação para a cultura. A cultura foi manejada conforme as recomendações da EMBRAPA (2008), porém o manejo de plantas daninhas foi realizado de forma manual através de capinas.

O experimento em campo foi disposto no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Empregaram-se nove tratamentos herbicidas: imazaquin (0,161kg i.a.  $\text{ha}^{-1}$ ), diclosulam (0,035kg i.a.  $\text{ha}^{-1}$ ), sulfentrazone (0,600kg i.a.  $\text{ha}^{-1}$ ) e flumioxazin (0,050kg i.a.  $\text{ha}^{-1}$ ) em aplicações realizadas em pré-emergência, um dia após a semeadura e chlorimuron-ethyl (0,015i.a.  $\text{kg ha}^{-1}$ ), imazethapyr (0,060 e 0,100kg i.a.  $\text{ha}^{-1}$ ) e fomesafen (0,250kg i.a.  $\text{ha}^{-1}$ ), aplicados em pós-emergência da cultura da soja [Estádio fenológico V3, 18 dias após a emergência (DAE)], além de uma testemunha sem aplicação de herbicidas.

Foram utilizadas parcelas de 20 $\text{m}^2$  (5x4m) e a aplicação dos tratamentos herbicidas foi realizada por meio de um pulverizador costal com pressurização por  $\text{CO}_2$ , munido de barra de 2,5m, contendo seis pontas de pulverização do tipo AI-110.02 (0,5m entre pontas), com pressão de 2,5kgf  $\text{cm}^{-2}$ , proporcionando volume de calda equivalente a 150L  $\text{ha}^{-1}$ . As condições ambientais no momento das aplicações foram as seguintes: aplicação em pré-emergência: temperatura média de 27,5°C, UR média de 79% e velocidade média do vento de 6,1km  $\text{h}^{-1}$ ; aplicação em pós-emergência:

temperatura média de 26,2°C, UR média de 82% e velocidade média do vento de 2,4km h<sup>-1</sup>.

O girassol (cv. 'Agrobel 960') foi semeado em espaçamento de 0,5m, de forma manual, resultando em população final de 45 mil plantas ha<sup>-1</sup>. A semeadura foi realizada após a colheita da soja no dia 05 de março de 2009, 115 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas em pré-emergência e 97DAA dos herbicidas em pós-emergência. A adubação de semeadura do girassol foi composta de 200kg ha<sup>-1</sup> da formulação 04-14-08, com posterior adubação de cobertura com 40kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de sulfato de amônia, aos 30 dias após a emergência, conforme as recomendações para cultura, segundo LEITE et al. (2005). O controle de plantas daninhas na cultura do girassol foi realizado manualmente, por meio de capinas. As condições meteorológicas durante a condução do ensaio estão representadas na tabela 1.

Após a emergência do girassol, foram realizadas avaliações de fitointoxicação aos 7, 15 e 28 dias após a emergência (DAE), utilizando-se escala percentual de 0 (zero) a 100%, em que 0 (zero) representa ausência de sintomas e 100% representa morte de todas as plantas. Avaliou-se também o acúmulo de massa da matéria seca na parte aérea das plantas aos 40DAE, altura das plantas aos 90DAE, e rendimento de aquênios em área útil de 8m<sup>2</sup>.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias dos resultados significativos das variáveis comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

#### Bioensaio em casa de vegetação

A atividade residual dos herbicidas foi avaliada mediante a utilização de espécie bioindicadoras como sorgo, pepino entre outras (D'ANTONINO et al., 2009; ASSIS et al., 2011; INOUE et al., 2011). Amostras compostas de solo foram retiradas aos 0, 35, 70, 105, 140 e 200 dias após a aplicação (DAA), na profundidade de 0-15cm em cada parcela de campo. Para compor cada amostra, foram feitas 20 subamostras por tratamento (4

por repetição), as quais foram misturadas e homogeneizadas. Essas amostras compostas foram colocadas em vasos plásticos com 1dm<sup>3</sup> de capacidade e acondicionadas em casa de vegetação para realização do bioensaio. Empregaram-se dois bioensaios referentes à aplicação em pré e pós-emergência, com uso de delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas no tempo (5x6) com quatro repetições, considerando-se a parcela principal os herbicidas, acrescido da testemunha, e as subparcelas o tempo de semeadura.

Aos 20 dias após a semeadura, a parte aérea das plantas foi coletada, procedendo-se à secagem do material em estufa de ventilação forçada, a 65°C por 72 horas, para determinação da massa da matéria seca, e os dados transformados em valores percentuais em relação ao tratamento testemunha.

Os resultados dos dois bioensaios foram submetidos à análise de variância e, para os resultados significativos, utilizaram-se modelos não lineares de regressão ajustados, utilizando-se o programa Sigma Plot versão 10.0 para a confecção das curvas de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos sete dias após a emergência do girassol, os maiores níveis de injúria foram observados nas plantas cultivadas nas áreas que receberam a aplicação de imazaquin, diclosulam, sulfentrazone e imazethapyr (0,100kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 2). Nessa situação, observaram-se manchas cloróticas nas folhas localizadas próximo ao meristema apical.

Nas avaliações seguintes, houve evolução dos sintomas, com destaque para o herbicida diclosulam. Nesse tratamento, as plantas apresentaram encarquilhamento das folhas jovens, necrose nas folhas mais velhas, seguido de supressão no crescimento das plantas, sintomas típicos de herbicidas inibidores da enzima ALS, similares aos descritos por BRIGHENTI et al. (2002). No entanto, tais autores observaram que a

Tabela 1 - Dados meteorológicos durante a condução do ensaio no município de Rio Verde-GO, 08/2009.

Mês	Nº de dias até a sem. girassol	Lâmina chuva (mm)		Temperatura	
		Pré-sem. <sup>1</sup>	Total <sup>2</sup>	Máx.	Mín.
Aplic. em pré	115	828,31	1223,98	30,15	19,32
Aplic. em pós	97	581,23	979,43	30,31	19,48

<sup>1</sup>Intervalo entre a aplicação e a semeadura do girassol. <sup>2</sup> Total acumulado durante a aplicação e a colheita do girassol. Dados da estação meteorológica da Universidade de Rio Verde-FESURV.

Tabela 2 - Fitointoxicação em plantas de girassol cultivado em sucessão à soja que recebeu a aplicação de herbicidas.

Tratamentos	Dose (kg de i.a. ha <sup>-1</sup> )	Fitointoxicação (%)		
		7DAE*		
		7DAE*	15DAE	28DAE
testemunha	-	0,0 c	0,0 c	0,0 c
imazaquin	0,161	8,5 a	3,1 c	8,0 b
diclosulam	0,035	9,7 a	48,2 a	75,0 a
sulfentrazone	0,600	9,2 a	2,7 c	1,5 c
flumioxazin	0,025	1,3 c	0,0 c	0,0 c
chlorimuron-ethyl	0,015	0,8 c	3,0 c	2,7 c
imazethapyr	0,060	4,0 b	7,7 b	3,2 c
imazethapyr	0,100	6,0 a	5,0 b	12,2 b
fomesafen	0,250	4,0 b	2,2 c	0,0 c
CV(%)	-	20,96	16,10	18,76

Médias de tratamentos seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott. (P<sub>≥</sub> 0,05). \*DAE: Dias após a emergência.

atividade residual de 33,6g ha<sup>-1</sup> de diclosulam foi suficiente para reduzir o estande da cultura do girassol semeado 90 dias após a sua aplicação na cultura da soja, fato não observado no presente ensaio.

Por outro lado, as atividades residuais dos herbicidas imazaquin, imazethapyr (0,100kg ha<sup>-1</sup>) e diclosulam foram suficientes para causar reduções na altura das plantas (Tabela 3). A maior delas (40% em relação à testemunha) foi observada para o diclosulam. Além dos efeitos negativos, óbvios em relação ao desenvolvimento e capacidade competitiva do girassol, a redução no porte da cultura tem outra implicação negativa importante, relacionada ao fato de que a altura das plantas é um fator preponderante no processo de colheita dos grãos, já que, na região dos cerrados, essa espécie é colhida mecanicamente.

Os herbicidas diclosulam e imazethapyr (0,100kg ha<sup>-1</sup>) foram os únicos que promoveram reduções significativas (42,16 e 16,05%, respectivamente) no acúmulo de massa da matéria seca da parte aérea das plantas de girassol (Tabela 3). Tais efeitos negativos são causados pela inibição da atividade da enzima acetolactato sintase (ALS). Segundo TAN et al. (2006), plantas altamente sensíveis podem apresentar paralisação do crescimento apical em função da redução da biossíntese de valina, leucina e isoleucina, aminoácidos essenciais ao desenvolvimento da planta. A atividade residual apresentada pelos demais herbicidas não foi suficiente para causar redução significativa no acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea em plantas de girassol.

Tabela 3 - Valores médios da altura, rendimento de aquênios e redução no acúmulo de matéria seca na parte aérea de plantas de girassol cultivado em sucessão à soja que recebeu aplicação de herbicidas.

Tratamentos	Dose (kg de i.a. ha <sup>-1</sup> )	Altura (m)	Massa da matéria seca (%)	Rendimento (kg ha <sup>-1</sup> )
testemunha	-	1,75 a	0,00 a	1.411 a
imazaquin	0,161	1,52 b	4,85 a	1.364 a
diclosulam	0,035	1,05 c	42,16 c	414 c
sulfentrazone	0,600	1,71 a	3,79 a	1.407 a
flumioxazin	0,025	1,76 a	0,02 a	1.335 a
chlorimuron-ethyl	0,015	1,76 a	0,00 a	1.464 a
imazethapyr	0,060	1,74 a	0,98 a	1.363 a
imazethapyr	0,100	1,42 b	16,05 b	1.199 b
fomesafen	0,250	1,71 a	1,79 a	1.353 a
CV(%)	-	6,85	19,38	24,42

Médias de tratamentos seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott (P<sub>≥</sub> 0,05). \*DAE: Dias após a emergência

Ao avaliar o efeito da atividade residual dos herbicidas sobre o rendimento de aquênios (Tabela 3), observou-se que a atividade residual de imazethapyr ( $0,100\text{kg ha}^{-1}$ ) afetou moderadamente (15%) esta variável. Em contrapartida, maiores efeitos sobre rendimento de aquênios foi obtido por diclosulan (71%), indicando que a persistência deste herbicida pode ser prejudicial à cultura do girassol. Os demais herbicidas não promoveram redução no rendimento de aquênios do girassol. Os resultados obtidos corroboram, em parte, as informações decorrentes do ensaio realizado por BRIGHENTI et al. (2002), que verificaram redução de 100% no rendimento de aquênios do girassol em função da persistência do diclosulan ( $0,033\text{kg ha}^{-1}$ ) aplicado em pré-emergência na cultura da soja. Ainda foi observado no trabalho que a atividade residual de imazethapyr ( $0,070\text{kg ha}^{-1}$ ) não foi suficiente para causar redução no rendimento do girassol, resultado que se assemelha ao encontrado para o tratamento imazethapyr ( $0,06\text{kg ha}^{-1}$ ).

Aparentemente, o efeito negativo dos herbicidas no rendimento de aquênios do girassol se relaciona à fitointoxicação e ao menor desenvolvimento das plantas, o que resulta em menor aparato fotossintético, prejudicando o acúmulo de fotoassimilados nos aquênios.

#### Bioensaio em casa de vegetação

A redução no acúmulo de massa da matéria seca da parte aérea do girassol em função dos diferentes herbicidas aplicados em pré-emergência é representada na figura 1A. Nota-se que houve interação significativa entre o cultivo de girassol como espécie bioindicadora e a atividade residual dos herbicidas, que reduziu significativamente em função do tempo. Adotando-se um nível aleatório, hipotético e aceitável de 10% de redução de massa da matéria seca do girassol, o tempo de dissipação foi de mínimo 70 dias para o flumioxazin, sendo considerado o herbicida de menor atividade residual em estudo. Este, por sua vez, não representa problema para a cultura do girassol, uma vez que a semeadura só ocorre, no mínimo, de 100 a 140 dias após a semeadura da soja. A baixa atividade residual do flumioxazin ocorre em função da elevada taxa de degradação microbiana e da rápida adsorção do herbicida no complexo orgânico do solo, onde aproximadamente 80% das moléculas do herbicida são sorvidas em apenas 72 horas (FERRELL et al., 2005).

O diclosulan ( $0,035\text{kg ha}^{-1}$ ) foi o herbicida que apresentou maior período de atividade residual, chegando a 200 dias, ou seja, durante todo o cultivo do girassol (Figura 1A). Esse fato demonstra o potencial do herbicida em afetar culturas sensíveis semeadas em

sucessão. Segundo LAVORENTI et al. (2003), o diclosulan é um herbicida de atividade residual, que apresenta meia-vida ( $t_{1/2}$ ) de 67 dias em áreas cultivadas em sistema de plantio direto e 87 dias para solos cultivados no sistema convencional. De acordo com YODER et al. (2000), em solos brasileiros, argentinos e americanos, a meia-vida desse herbicida varia de 16 a 54 dias. Considerando que a meia vida é o tempo necessário para que o herbicida atinja metade da concentração inicial no solo, conclui-se que o diclosulan, mesmo em baixas concentrações residuais, causou efeitos negativos no girassol.

A atividade residual do imazaquin e do sulfentrazone causou redução inferior a 5% aos 140DAA (Figura 1A). Para o primeiro herbicida, a atividade residual se estendeu por período de tempo superior ao observado por BRIGHENTI et al. (2002), que verificaram que a partir de 90 dias após a aplicação, o imazaquin não provocava efeitos fitotóxicos ao girassol. Por outro lado, o girassol mostrou-se uma cultura de menor sensibilidade ao sulfentrazone. Segundo BLANCO & VELINI (2005) e SZMIGIELSKI et al. (2009), a atividade residual desse herbicida pode chegar a um período superior a 300 dias e sua meia vida ( $t_{1/2}$ ) é estimada entre 110 e 220 dias.

Todos os herbicidas utilizados em pós-emergência na soja (chlorimuron-ethyl, imazethapyr e fomesafen) causaram reduções no acúmulo de biomassa superior a 70%, quando a semeadura do girassol (espécie bioindicadora) foi realizada no mesmo dia da aplicação (Figura 1B). Ressalta-se que o efeito residual destes herbicidas reduziu gradativamente, à medida que se aumentou o intervalo entre a aplicação e a coleta das amostras para a realização do bioensaio.

O herbicida imazethapyr ( $0,100\text{kg ha}^{-1}$ ) foi o que provocou a maior redução de massa da matéria seca nas plantas de girassol, com bioatividade até aos 170 dias (Figura 1B). Por outro lado, a redução foi inferior a 10% a partir de 140 dias. Em menor dose, a atividade residual desse herbicida nas plantas de girassol foi legitimamente menor (145 dias), em razão da redução da quantidade de ingrediente ativo aplicado. Estima-se que a meia-vida ( $t_{1/2}$ ) deste herbicida varie de 2,6 a 10,2 meses em regiões de clima temperado (AICHELE & PENNER, 2005). Segundo OLIVEIRA JR. et al. (1999), sua persistência varia em função de propriedades do solo e do baixo teor de matéria orgânica, textura, sendo que a maior adsorção do herbicida ocorre em solos ácidos com menores valores de pH, estando diretamente relacionada com o teor de matéria orgânica no solo, características observadas no solo em estudo e que podem auxiliar no entendimento dos resultados apresentados.

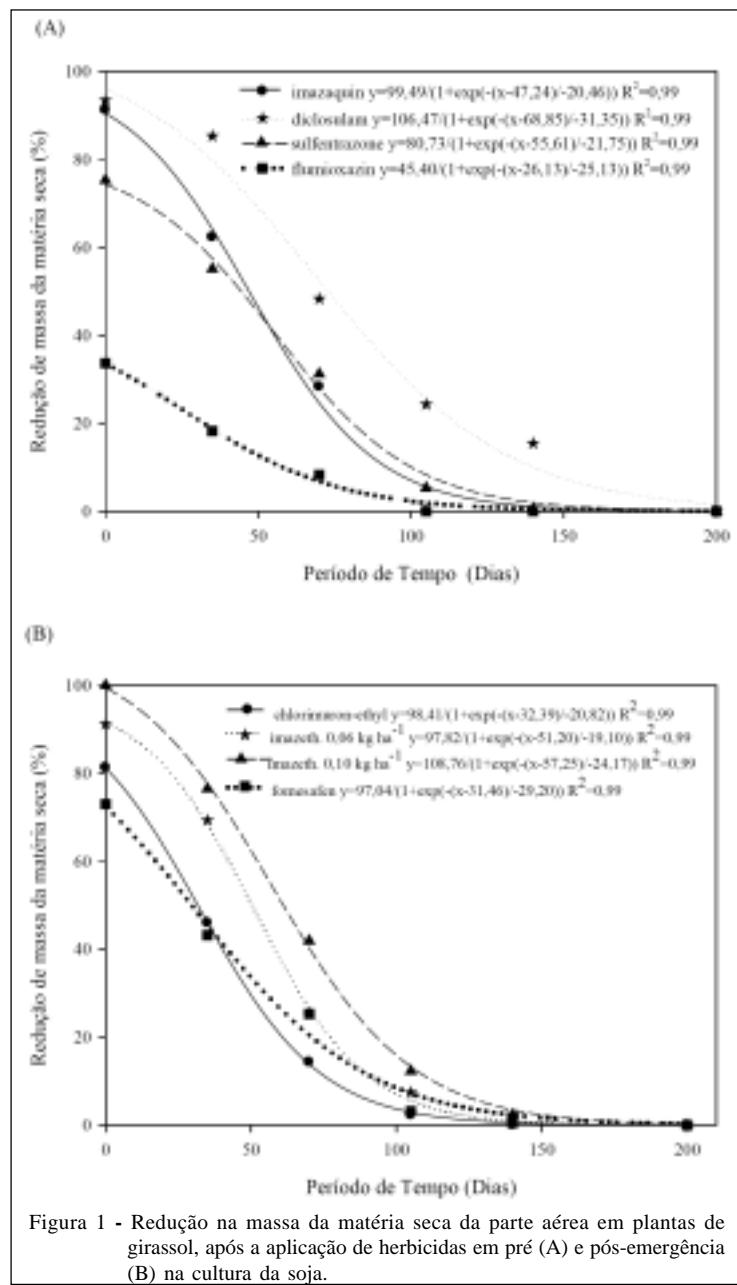


Figura 1 - Redução na massa da matéria seca da parte aérea em plantas de girassol, após a aplicação de herbicidas em pré (A) e pós-emergência (B) na cultura da soja.

A tendência de maior persistência dos herbicidas utilizados em pré-emergência em comparação aos pulverizados em pós pode ser explicada pela própria característica desses produtos, já que as moléculas foram desenvolvidas no intuito de ocasionar atividade residual no solo. Consequentemente, ter-se-ia, por determinado tempo, a inibição da emergência e estabelecimento das plantas daninhas na área tratada. Um segundo fator que pode ter contribuído para o

menor efeito de fitointoxicação das aplicações em pós-emergência é a interceptação do herbicida pelo dossel das plantas de soja, o que implica na redução da quantidade de herbicida que atinge o solo.

Em resumo, a cultura do girassol demonstrou elevada sensibilidade à atividade residual dos herbicidas diclosulam e imazethapyr ( $0,100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) quando cultivada após a soja. A atividade residual do diclosulam foi detectada durante todo o cultivo do girassol, estendendo-se por 200 dias.

## REFERÊNCIAS

- AICHELE, T.M.; PENNER, D. Adsorption, desorption, and degradation of imidazolinones in soil. *Weed Technology*, v.19, n.1, p.154-159, 2005. Disponível em: <<http://www.jstor.org/pss/3989126>>. Acesso em: 02 jul. 2009.
- ARTUZI, J.P.; CONTIERO, R.L. Herbicidas aplicados na soja e produtividade do milho em sucessão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.7, p.1119-1123, 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2006000700007](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2006000700007)>. Acesso em: 30 jul. 2009.
- ASSIS, E.C. et al. Lixiviação do picloram em Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes volumes de chuva. *Planta Daninha*, v.29, n.esp, p.1129-1136, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582011000500021>>. Acesso em: 02 abr. 2012.
- BLANCO, F.M.G.; VELINI, E.D. Persistência do herbicida sulfentrazone em solo cultivado com soja e seu efeito em culturas sucedâneas. *Planta Daninha*, v.23, n.4, p.693-700, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0100-83582005000400018&lng=pt&nrm=iso&tlang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-83582005000400018&lng=pt&nrm=iso&tlang=pt)>. Acesso em: 26 jul. 2009.
- BRIGHENTI, A.M. et al. Persistência e fitotoxicidade de herbicidas aplicados na soja sobre o girassol em sucessão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.4, p.559-565, 2002. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0100-204X2002000400019&lng=pt&nrm=iso&tlang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-204X2002000400019&lng=pt&nrm=iso&tlang=pt)>. Acesso em: 02 jul. 2009.
- DAN, H.A. et al. Atividade residual de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da soja sobre o milheto cultivado em sucessão. *Planta Daninha*, v.29, n.3, p.663-671, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582011000300021>>. Acesso em: 01 jul. 2011.
- DAN, H.A. et al. Resíduos de herbicidas utilizados na cultura da soja sobre o milho cultivado em sucessão. *Revista Caatinga*, v.25, n.1, p.86-91, 2012. Disponível em: <<http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/view/2163>>. Acesso em: 01 abr. 2012.
- D'ANTONINO, L. et al. Efeitos de culturas na persistência de herbicidas auxílicos no solo. *Planta Daninha*, v.27, n.2, p.371-378, 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0100-83582009000200021&lng=pt&nrm=iso&tlang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-83582009000200021&lng=pt&nrm=iso&tlang=pt)>. Acesso em: 02 jun. 2010.
- EMBRAPA. *Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil*. Londrina, 2008. 231p.
- FERRELL, J.A. et al. Sorption and desorption of flumioxazin to soil, clay minerals and ion-exchange resin. *Pest Management Science*, v.61, n.1, p.40-46, 2005. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15593072>>. Acesso em: 04 jul. 2009.
- GRICHAR, W.J. et al. Cotton response to imazapic and imazethapyr residues following peanut. *Texas Journal of Agriculture and Natural Resources*, v.17, n.1, p.32-39, 2004. Disponível em: <<http://www.cotton.org/journal/2000-04/3/210.cfm>>. Acesso em: 02 jul. 2009.
- INOUE, M.H. et al. Efeito residual de herbicidas aplicados em pré-emergência em diferentes solos. *Planta Daninha*, v.29, n.2, p.429-435, 2011. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582011000200021>>. Acesso em: 02 abr. 2012.
- LAVORENTI, A. et al. Comportamento do diclosulam em amostras de um latossolo vermelho distroférreo sob plantio direto e convencional. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.27, n.1, p.183-190, 2003. Disponível em: <<http://www.sbcos.solos.ufv.br/solos/revistas/v27n1a19.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2009.
- LEITE, R.M.V.B.C. et al. *Girassol no Brasil*. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 641p.
- OLIVEIRA JR., R.S. et al. Spatial variability of imazethapyr sorption in soil. *Weed Science*, v.47, n.2, p.243-248, 1999. Disponível em: <<http://www.jstor.org/pss/4046202>>. Acesso em: 13 fev. 2008.
- OLIVEIRA JR., R.S. Atividade residual de imazaquin e alichlor+atrazine para plantio sequencial de canola. *Ciência Rural*, v.31, n.2, p.219-224, 2001. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782001000200005](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782001000200005)>. Acesso em: 02 jan. 2010.
- SILVA, P.R.F; FREITAS, T.F.S. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. *Ciência Rural*, v.38, n.3, p.843-851, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782008000300044&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000300044&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 02 ago. 2010.
- SZMIGIELSKI, A.M. et al. Development of a laboratory bioassay and effect of soil properties on sulfentrazone phytotoxicity in soil. *Weed Technology*, v.23, n.5, p.486-491, 2009. Disponível em: <<http://www.wssajournals.org/doi/abs/10.1614/WT-08-122.1>>. Acesso em: 20 mar. 2009.
- TAN, S. et al. Herbicidal inhibitors of amino acid biosynthesis and herbicide-tolerant crops. *Amino Acids*, v.30, n.3, p.195-204, 2006. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/f0748891g4111670/>>. Acesso em: 02 jul. 2009.
- ULBRICH, A.V. et al. Persistence and carryover effect of imazapic and imazapyr in Brazilian cropping systems. *Weed Technology*, v.19, n.4, p.986-991, 2005. Disponível em: <<http://www.jstor.org/pss/3989281>>. Acesso em: 07 jan. 2010.
- YODER, R.N. et al. Aerobic metabolism of diclosulam on U.S. and South American soils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.48, n.3, p.4335-4340, 2000. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf9911848>>. Acesso em: 19 jul. 2009.