

## PLANTAS ESTIVAS NA REDUÇÃO DO EFEITO RESIDUAL DOS HERBICIDAS IMAZETAPIR, IMAZAPIQUE E IMAZAPIR

CASSOL, L. L., PIVETTA, A. P., CORREA, G. H. N. F. (FAEM – UFPel, Pelotas/RS), SOUTO, K. M., MACHADO, S. L. O. (UFSM, Santa Maria/RS), AVILA, L. A. (FAEM – UFPel, Pelotas/RS – laavilabr@gmail.com)

**RESUMO:** A fitorremediação de herbicidas representa uma importante área a ser investigada, uma vez que esses compostos são amplamente utilizados na agricultura e apresentam potencialidade de contaminação do solo e água. O objetivo desse trabalho foi avaliar a fitorremediação do solo contaminado com os herbicidas do grupo químico das imidazolinonas através da utilização das espécies vegetais soja (*Glycine max*) e arroz irrigado (*Oryza sativa* L. cv. Puitá INTA CL), sendo utilizada posteriormente, a cultura do azevém como planta bioindicadora da presença desses compostos. Os tratamentos foram compostos pelas misturas formuladas de imazetapir + imazapique e imazapir + imazapique, nas doses recomendadas para a cultura do arroz irrigado, mais um tratamento controle (sem aplicação de herbicidas); e pelas plantas potencialmente fitorremediadoras. As variáveis avaliadas para determinação do potencial fitorremediador dessas culturas foram sintomas de fitointoxicação, estatura e massa da matéria seca da parte aérea das plantas bioindicadoras. Soja é fitorremediadora de solo contaminado com as misturas formuladas de imazetapir + imazapique e imazapir + imazapique. A mistura formulada de imazapir + imazapique causa maior efeito residual que imazetapir + imazapique.

**Palavras-chave:** contaminação ambiental, fitorremediação, imidazolinonas.

### INTRODUÇÃO

O controle químico é uma ferramenta fundamental no manejo integrado de plantas daninhas e, independente do seu local de aplicação, o destino final dos herbicidas no ambiente é o solo. Dependendo das características físico-químicas da molécula e condições do meio, o herbicida pode permanecer no solo, dando origem ao denominado efeito residual (DAN et al., 2011), o que implica em problemas quando se trata da sucessão de espécies sensíveis a esses compostos.

Herbicidas pertencentes ao grupo químico das imidazolinonas são exemplos de compostos que possuem alta persistência no solo, variando de alguns meses até três anos (SENSEMAN, 2007). Esses compostos são utilizados em áreas de cultivo de

arroz irrigado onde se utiliza o Sistema Clearfield® para o controle do arroz-vermelho, principal planta daninha dessa cultura.

Nesse contexto, várias alternativas biológicas de remediação estão sendo pesquisadas em todo o mundo, entre essas, a fitorremediação, técnica que utiliza plantas selecionadas para a remoção de poluentes orgânicos em solo ou água (CUNNINGHAM et al., 1996). Em vista do exposto, esse trabalho tem como objetivo avaliar a fitorremediação de solo contaminado com os herbicidas compostos pelas misturas formuladas de imazetapir + imazapique e imazapir + imazapique, utilizando as culturas da soja e arroz irrigado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo, em área sistematizada, no Centro Agropecuário da Palma (CAP) pertencente à Universidade Federal de Pelotas (UFPel), durante os anos agrícolas 2011/12 e 2012/13.

O experimento foi dividido em duas etapas. Na estação de cultivo 2011/2012, a área foi cultivada sob Sistema Clearfield® utilizando a cultivar Puitá INTA CL, com a aplicação das misturas formuladas imazetapir + imazapique (75 + 25 g e.a. L<sup>-1</sup>) e imazapir + imazapique (525 + 175 g e.a. L<sup>-1</sup>), em faixas, nas doses recomendadas, 1500 mL ha<sup>-1</sup> e 140 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e uma faixa sem a aplicação de herbicida, sendo utilizada como testemunha. Durante a entressafra (inverno de 2012), a área foi cultivada com azevém, a fim de manter a cobertura vegetal durante o inverno.

Durante a segunda etapa (estação de cultivo 2012/2013), o experimento foi conduzido em delineamento blocos ao acaso, arranjado em esquema fatorial 3x3 com parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas faixas (parcelas principais) o fator A foi composto pelas misturas herbicidas e doses anteriormente citadas, além de um tratamento testemunha. Nas subparcelas, o fator B foi composto pelas plantas estivais soja (*Glycine max*), arroz CL (*Oryza sativa* L. cv. Puitá INTA CL) e um tratamento sem presença de plantas de cobertura (pousio), totalizando 36 parcelas.

Para determinar a capacidade fitorremediadora das culturas estivais, após o cultivo das mesmas (inverno 2013), foi semeada, nas subparcelas, a cultura do azevém, utilizada como planta bioindicadora da presença de resíduos das misturas formuladas dos herbicidas no solo. As variáveis avaliadas nas plantas de azevém foram estatura (dados não mostrados) e sintomas de fitointoxicação aos 14, 28 e 42 dias após a emergência (DAE) e massa da matéria seca da parte aérea das plantas aos 55 DAE.

Os dados obtidos foram analisados previamente quanto ao atendimento das pressuposições do modelo matemático (normalidade e homocedasticidade da

variância), e submetidos à análise da variância ( $p \leq 0,05$ ). O teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) foi utilizado para comparação entre os tratamentos herbicidas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando-se o potencial fitorremediador das espécies estivais cultivadas em rotação com arroz Clearfield®, observou-se interação significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre essas plantas e os herbicidas na análise da variável fitointoxicação apresentadas pelas plantas de azevém (bioindicadora) (Tabela 1). O efeito fitotóxico apresentado pela cultura do azevém foi menor quando semeado em sucessão com a cultura da soja, diferindo significativamente dos tratamentos que foram cultivados com arroz CL ou permaneceram em pousio durante a condução do experimento, independente dos herbicidas e do período avaliado (14, 28 e 42 DAE). Não foi observada diferença significativa entre o arroz CL e as parcelas deixadas em pousio aos 28 DAE. Para as avaliações feitas aos 14 e 42 DAE a parcela sem cobertura de plantas apresentou os maiores sintomas de toxidez, diferindo significativamente das demais (Tabela 1), demonstrando a relação positiva entre a degradação de herbicidas e a presença de plantas, comparada a solos não vegetados (SANTOS et al., 2007).

Tabela 1. Fitointoxicação de azevém, semeado em sucessão às plantas estivais potencialmente fitorremediadoras, em solo contaminado com os herbicidas imazetapir + imazapique (H1) e imazapir + imazapique (H2), mais testemunha. Capão do Leão, RS, 2013.

Cultura antecessora	Fitointoxicação do azevém (%)								
	14 DAE*			28 DAE			42 DAE		
	Test.**	H1	H2	Test.	H1	H2	Test.	H1	H2
<b>Soja</b>	-	3,5 aB <sup>1</sup>	9,5 aA	-	19,5 aA	19,5 aA	-	13,7 aB	24,5 aA
<b>Arroz</b>	-	27,5 bB	46,2 bA	-	56,2 bB	62,5 bA	-	45,0 bB	62,5 bA
<b>Pousio</b>	-	30,0 bB	53,7 cA	-	53,2 bB	68,0 bA	-	61,2 cB	71,2 cA
<b>C.V.(%)</b>	-----	14,46	-----	-----	8,62	-----	-----	9,19	-----

\*Dias após emergência. \*\* Testemunha (sem aplicação de herbicida). <sup>1</sup>Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na coluna (cultura) e maiúsculas iguais, na linha (herbicidas) não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 %.

Analisando os herbicidas testados, pode-se observar maiores sintomas de toxidez, independente da cultura avaliada, quando cultivadas em solo com residual da mistura formulada de imazapir + imazapique, não havendo diferença significativa apenas para a cultura da soja na avaliação realizada 28 DAE (Tabela 1).

Para as avaliações referentes a massa da matéria seca da parte aérea das plantas de azevém, observou-se diferença significativa entre as plantas testadas, sendo que a cultura da soja apresentou os maiores valores de massa seca, seguido

das parcelas anteriormente cultivadas com arroz Clearfield® e das parcelas que permaneceram em pousio durante a condução do experimento, respectivamente (Tabela 2). Para os herbicidas testados, não houve diferença significativa entre a mistura formulada de imazetapir + imazapique e o tratamento controle (sem residual herbicida).

A diferente capacidade de fitorremediação observada entre as espécies estudadas pode ser atribuída ao maior aporte de nitrogênio ao solo, proporcionado pela leguminosa (soja) em relação à gramínea (arroz) (CARVALHO et al., 2010), influenciando positivamente a atividade microbiana do solo e conseqüentemente aumentando a taxa de degradação dos herbicidas em questão, já que esses contam com a degradação microbiana como principal mecanismo de dissipação (TAN et al., 2005).

Tabela 2 – Massa da matéria seca da parte aérea de plantas de azevém, semeadas em sucessão as plantas estivais, em solo contaminado com os herbicidas imazetapir + imazapique (H1) e imazapir + imazapique (H2), mais testemunha.

<b>Massa da matéria seca da parte aérea (55 DAE)</b>			
<b>Cultura antecessora</b>		<b>Herbicidas</b>	
<b>Soja</b>	22,30 a	Test. **	15,51 a
<b>Arroz</b>	11,80 b	H1	15,10 a
<b>Pousio</b>	8,89 c	H2	12,17 b
<b>C.V. (%) 17,25</b>			

\*Cultivar de arroz irrigado tolerante aos herbicidas testados.\*\* Testemunha (sem aplicação de herbicida). Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 %.

Nota-se que, dentre os herbicidas testados, a mistura de imazapir + imazapique causou as maiores injúrias na planta bioindicadora, fato esse explicado pela maior concentração de imazapique na sua formulação e por possuir o ingrediente ativo imazapir, em substituição a imazetapir, em comparação com a mistura de imazetapir + imazapique.

O composto imazapir é um herbicida não seletivo enquanto o imazetapir, pertencente à mesma classe do imazapir e que se diferi apenas pela presença de um grupo etil no anel piridínico (COBB, 1992) é seletivo para a cultura da soja. Também segundo autores, o imazetapir e o imazapique são semelhantes no que diz respeito ao comportamento no ambiente, porém imazapir, devido à presença do hidrogênio no anel piridina, tende a ser mais polar e por isso mais solúvel em água, tendendo a ficar na solução do solo, podendo assim sofrer lixiviação (FIRMINO et al., 2008).

## CONCLUSÕES

A cultura da soja apresenta potencial de fitorremediação de solo contaminado com as misturas formuladas de imazetapir + imazapique e imazapir + imazapique.

O herbicida imazapir + imazapique apresenta maior efeito residual que imazetapir + imazapique.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COBB, A. **Herbicides and Plant Physiology**, Chapman & Hall: London, 1992.

CARVALHO, A. M. et al. Teores de hemicelulose, celulose e lignina em plantas de cobertura com potencial para sistema de plantio direto no Cerrado. Embrapa Cerrados, 2010. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 290).

CUNNINGHAM, S. D. et al. Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. **Advances in Agronomy**, v. 56, p. 55-114, 1996.

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.

FIRMINO, L. E. et al. Movimento do herbicida imazapyr no perfil de solos tropicais. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 223-230, 2008.

SANTOS, E.A. et al. Fitoestimulação por *Stizolobium aterrimum* como processo de remediação de solo contaminado com trifloxysulfuron-sodium. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 259-265, 2007.

SENSEMAN, S. A. (Ed.). **Herbicide handbook**. 9 ed. Lawrence: Weed Science Society of America, 2007.

TAN, S. et al. Imidazolinone-tolerant crops: history, current status and future. **Pest Management Science**, v. 61, n. 3, p. 246-257, 2005.