

FITORREMEDIAÇÃO DE SOLO DE VÁRZEA CONTAMINADO COM OS HERBICIDAS IMAZETAPIR E IMAZAPIQUE

Kelen Müller Souto¹; Luis Antonio de Avila²; Guilherme Vestena Cassol³; João Paulo Refatti⁴; Mariah Marques⁵; Sérgio Luiz de Oliveira Machado⁶; Enio Marchesan⁷.

Palavras-chave: Agricultura sustentável, biorremediação, meio ambiente.

INTRODUÇÃO

Herbicidas que apresentam longa persistência no solo podem afetar culturas em rotação, técnica essencial quando se visa o cultivo sustentável (RENNER et al, 1998). Entre esses agroquímicos encontram-se os herbicidas imazetapir e imazapique, os quais vêm sendo amplamente utilizados na cultura do arroz irrigado. Na busca de alternativas que minimizem o residual desses herbicidas, pode-se usar plantas que possuam a capacidade de remoção, contenção e/ou degradação desses contaminantes do solo, processo esse denominado Fitorremediação (CUNNINGHAM et al, 1996). Em vista do exposto, objetivou-se neste trabalho avaliar o potencial de espécies vegetais cultivadas em fitorremediar o solo contaminado com o herbicida composto pela mistura formulada de imazetapir + imazapique (75 + 25 g e.a. L⁻¹), utilizando arroz não tolerante como planta indicadora.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia junto à Universidade Federal de Santa Maria, RS, no ano agrícola de 2009/2010; tendo sido utilizado como substrato o solo coletado do horizonte A classificado como Planossolo Hidromórfico eutrófico arenício, sem o cultivo de arroz irrigado por pelo menos 15 anos. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial com quatro repetições, sendo o Fator A as espécies vegetais *Avena strigosa*, *Lolium multiflorum*, *Brassica napus* L., *Secale cereale*, *Lotus corniculatus*, *Crotalaria juncea*, *Vicia sativa*, *Canavalia ensiformis*, *Stizolobium aterrimum*, *Raphanus sativus*, *Glycine max*, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, *Trifolium vesiculosum*, *Triticum aestivum*, sementeas anteriormente à cultura do arroz (*Oryza sativa* L.); mais um tratamento controle – sem cultivo, e o Fator B sete doses do herbicida composto pela mistura formulada de imazetapir + imazapique (75 + 25 g e.a. L⁻¹): zero, 50, 100, 300, 400, 500 e 1000 mL ha⁻¹, para as plantas mais sensíveis (*Brassica napus* L., *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* e *Trifolium vesiculosum*) e zero, 200, 300, 400, 500, 1000 e 4000 mL ha⁻¹, para as plantas mais tolerantes (demais espécies), totalizando 476 parcelas. A escolha das espécies e das doses da mistura formulada baseou-se em ensaios preliminares de tolerância a este herbicida.

As unidades experimentais foram constituídas de vasos de polietileno e a aplicação dos herbicidas nas doses descritas anteriormente foi realizada 48 horas antes da sementeira das culturas, utilizando-se pipetador de precisão. Após 60 dias da sementeira, as espécies vegetais foram cortadas na altura do solo. Após sete dias da colheita foi realizada a sementeira da cultivar de arroz não tolerante ao princípio ativo do herbicida utilizado, IRGA 417, como planta teste, com o intuito de avaliar a capacidade

¹ Eng. Agrônomo, doutoranda do Programa de Pós graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Rua Pedro Santini, 79, ap.401, Bairro Nossa Senhora de Lourdes, Santa Maria, RS, kelen_ms@yahoo.com.br

² Professor Adjunto, Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), laavilabr@gmail.com

³ Eng. Agrônomo, mestrando em Herbologia, UFPEL, guilhermevcassol@hotmail.com

⁴ Eng. Agrônomo, mestrando em Herbologia, UFPEL, joaopaulorefatti@hotmail.com

⁵ Acadêmico do curso de Agronomia, UFSM, mariahmarques@mail.com

⁶ Eng. Agrônomo, Dr., Departamento de Defesa Fitossanitária, UFSM, slomachado@yahoo.com.br mail

⁷ Eng. Agrônomo, Dr., Departamento de Fitossanidade, UFSM, emarchezan@terra.com.br

fitorremediadora das espécies anteriormente cultivadas em solo contaminado. As características avaliadas para determinação do potencial fitorremediador das plantas anteriormente testadas ao herbicida foram sintomas de fitointoxicação e estatura das plantas de arroz aos 14, 21 e 28 dias após emergência (DAE), e massa da matéria seca da parte aérea das plantas de arroz não tolerante aos 60 DAE.

Os dados foram analisados quanto a homogeneidade da variância e normalidade, sendo submetidos aos procedimentos de análise da variância e regressão polinomial, através do programa computacional SAS, para a análise estatística, e SigmaPlot® para confecção das curvas de dose resposta. As curvas de dose-resposta foram determinadas pelo modelo log-logístico conforme metodologia descrita por SEEFELDT et al., (1995). Exemplos de curvas de dose resposta obtido são mostrados na Figura 1. A partir dos parâmetros das curvas, foi obtido o GR₅₀ (dose de herbicida que causa 50% de efeito biológico) e, de acordo com seu valor foi calculado o fator de remediação (FRem), usando os tratamentos sem cultivo como testemunha.

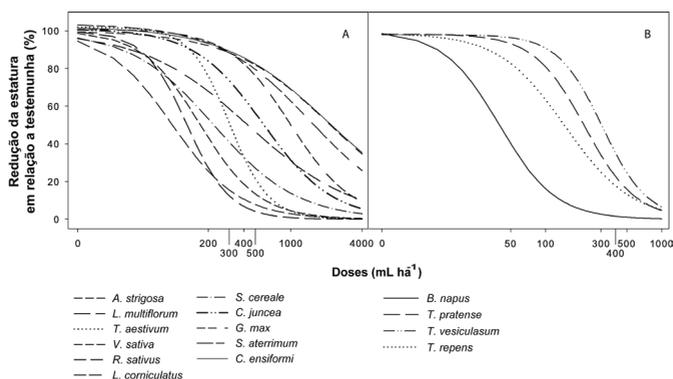


Figura 1- Curvas de dose resposta de espécies resistentes (A) e suscetíveis (B) a mistura formulada de imazetapir+imazapique (75 e 25 g e.a. L⁻¹) avaliadas através da redução da estatura de plantas de arroz não tolerantes (IRGA 417) aos 21 dias após a emergência (DAE), em relação à testemunha sem herbicida. Santa Maria, RS, 2010.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise das curvas de dose resposta das espécies estudadas constatou-se efeito significativo ($P \leq 0,05$) sobre o residual da mistura formulada de imazetapir+imazapique (75 e 25 g e.a. L⁻¹) na estatura de plantas, fitointoxicação e massa da matéria seca da parte aérea das plantas de arroz não tolerante, IRGA 417, semeadas em sucessão às espécies testadas e, também, quando não houve cultivo anterior (testemunha). Para esses tratamentos, o aumento das doses resultou em plantas de menor estatura e massa da matéria seca, e plantas com maior fitointoxicação, sendo que a intensidade desses efeitos variou com a espécie testada.

A partir dos parâmetros das curvas de dose resposta, foi possível calcular a dose da mistura herbicida que causou 50% na redução da estatura (EST₅₀) e massa da matéria seca (MS₅₀) da parte aérea e 50% de fitointoxicação (FT₅₀) nas plantas de arroz não tolerante quando comparadas com a testemunha (sem cultivo prévio) (Tabela 1). A partir destes cálculos, é possível inferir que quanto maior é o valor de GR₅₀, maior é o potencial remediador (FRem) da espécie estudada.

Tabela 4 - Efeito do cultivo de espécies vegetais no período de entressafra na dose de herbicida que causa 50% de fitointoxicação (FT₅₀), 50% de redução de estatura de plantas (EST₅₀) aos 21 DAE e 50% de redução de massa da matéria seca da parte aérea (MS₅₀) aos 60 DAE de plantas de arroz irrigado não tolerante, IRGA 417. E respectivos fatores de remedição (FRem). Santa Maria, RS. 2010.

	FT ₅₀	FRem ¹	EST ₅₀	FRem	MS ₅₀	FRem
Espécies hibernais	Após o cultivo de espécies hibernais					
Sem planta inverno	300		467*		231*	
<i>Raphanus sativus</i>	440*	1,1	489 ^{ns}	1,0	317*	1,4
<i>Triticum aestivum</i>	447*	1,1	624*	1,3	313*	1,4
<i>Lolium multiflorum</i>	457*	1,2	700*	1,5	307*	1,3
<i>Avena strigosa</i>	460*	1,5	594*	1,3	246 ^{ns}	1,1
<i>Trifolium vesiculosum</i>	486*	1,2	625*	1,3	401*	1,7
<i>Lotus corniculatus</i>	468*	1,5	553 ^{ns}	1,2	38 ^{ns}	0,2
<i>Brassica napus</i>	621*	1,6	738*	1,6	275*	1,2
<i>Secale cereale</i>	699*	1,8	714*	1,5	161 ^{ns}	0,7
<i>Trifolium pratense</i>	702*	1,8	961*	2,1	327*	1,4
<i>Vicia sativa</i>	542*	1,8	667 ^{ns}	1,4	311*	1,3
Espécies estivais	Após o cultivo de espécies estivais					
Sem planta verão	302		254		218	
<i>Crotalaria juncea</i>	361*	1,2	427*	1,7	494*	2,3
<i>Stizolobium aterrimum</i>	722*	2,4	1125*	4,4	1289*	5,9
<i>Canavalia ensiformis</i>	732*	2,4	1220*	4,8	1358*	6,2
<i>Glycine max</i>	803*	2,7	1142*	4,5	598*	2,7

¹FRem = O fator de remedição foi calculado dividindo-se os valores de GR₅₀ (FT₅₀, EST₅₀ e MS₅₀) do arroz irrigado, cultivado em solo com resíduo de herbicida que recebeu a espécie vegetal com aquele obtido em área que não recebeu espécie vegetal durante a rotação e que também tinha resíduo de herbicida. ^{ns} Valor de GR₅₀ não difere da testemunha suscetível (canola) pela sobreposição dos intervalos de confiança dos valores em 95% de probabilidade;

* Valor de GR₅₀ difere da testemunha suscetível (canola) pela não sobreposição dos intervalos de confiança dos valores em 95% de probabilidade.

Os valores de GR₅₀ demonstram que, as espécies hibernais *Brassica napus*, *Lolium multiflorum*, *Vicia sativa*, *Trifolium pratense*, *Trifolium vesiculosum* e *Triticum aestivum* apresentam potencial fitorremediador do solo, pois os valores observados de GR₅₀ foram maiores do que os obtidos no tratamento sem cultivo prévio no inverno (testemunha), demonstrando o efeito dessas espécies na diminuição do residual da mistura herbicida utilizada. Da mesma forma, as espécies estivais *Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformis*, *Stizolobium aterrimum* e *Glycine max*, demonstraram potencial fitorremediador da mistura herbicida utilizada. Já as espécies *Avena strigosa*, *Lotus corniculatus* e *Secale cereale* não diferiram significativamente do tratamento utilizado como testemunha (solo sem cultivo prévio no inverno).

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, foi possível observar que a presença de espécies vegetais causa impacto positivo na dissipação de moléculas herbicidas no solo, em comparação com solos sem vegetação. Segundo Spilborghs e Casarini (1998), áreas contendo plantas apresentam uma biodegradabilidade mais acelerada e completa quando comparadas com áreas não vegetadas, devido à expansão da

população ativa dos microrganismos no solo (rizosfera) que se alimentam dos compostos oriundos da rizodeposição.

Os resultados obtidos no presente trabalho são explicados pela capacidade que as plantas estudadas possuem em metabolizar (fitodegradação) o herbicida em questão até compostos não-tóxicos (ou menos tóxicos) à planta e ao ambiente, ou simplesmente possuem a habilidade de compartimentalizar as moléculas do herbicida. Outra possibilidade é a fitoestimulação, na qual há o estímulo à atividade microbiana, promovido pela liberação de rizodepósitos, que atuam degradando o composto no solo, o que caracteriza, em algumas plantas, a aptidão rizosférica para a biorremediação de compostos tóxicos (ACCIOLY; SIQUEIRA, 2000).

CONCLUSÃO

As espécies hibernais *Brassica napus*, *Lolium multiflorum*, *Vicia sativa*, *Raphanus sativus*, *Trifolium pratense*, *Trifolium vesiculosum*, *Triticum aestivum* e das espécies estivais *Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformis*, *Glycine max* e *Stizolobium aterrimum*, cultivadas em vasos, são capazes de reduzir o efeito da mistura formulada de imazetapir + imazapique (75 + 25 g e.a. L⁻¹) sobre as plantas de arroz não tolerantes à esses herbicidas, em comparação com o solo não cultivado. Preconiza-se o uso preferencial das espécies vegetais *Glycine max* e *Lolium multiflorum* por serem estas mais adaptadas a solos de várzea. Além disso, faz-se necessário estudar o efeito dessas espécies em descontaminar solos em nível de campo e verificar se elas são suficientemente eficientes na redução do residual do herbicida a ponto de evitar a redução de produtividade do arroz irrigado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem CAPES, pela concessão de bolsa de pós-graduação. À Universidade Federal de Santa Maria, pela viabilização das pesquisas realizadas e ao Professor Sylvio Henrique Bidel Dornelles pela disponibilização da estufa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, p. 299-352, 2000.

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

RENNER, K.A.; SCHABENBERGER, O.; KELLS, J.J. Effect of tillage application method on corn (*Zea mays*) response to imidazolinone residues in soil. **Weed Technology**, v.12, n.2, p.281-285, 1998.

SEEFELDT, S. S; JENSEN, J. E; FUERST, P. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. **Weed Technology**, Champaign, v. 9, n. 2, p. 218-225, 1995.