

DEGRADAÇÃO DE IMIDAZOLINONAS EM SOLO RIZOSFÉRICO DE PLANTAS FITORREMEIADORAS

CORADINI, C. (UFSM, Santa Maria/RS – cezarcoradini@yahoo.com.br), SOUTO, K. M. (UFSM, Santa Maria/RS – kelenmuller85@gmail.com), AVILA, L. A. (FAEM – UFPel, Pelotas/RS – laavilabr@gmail.com), MACHADO, S. L. O. (UFSM, Santa Maria/RS – slomachado@yahoo.com.br), BALBINOT, A. (UFSM, Santa Maria/RS – andribalbinot@hotmail.com).

RESUMO: A fitorremediação é uma das alternativas mais promissoras quanto à descontaminação de áreas que receberam intensas aplicações de herbicidas. Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência das rizodeposições de plantas fitorremediadoras na degradação dos herbicidas imazetapir, imazapique e imazapir. A biodegradação desses herbicidas nas doses de 0, 150, 300 e 750 g i.a. ha⁻¹, no solo rizosférico das espécies de feijão-de-porco, soja, arroz cultivar Puitá INTA CL, azevém e trevo branco + cornichão em consórcio, ervilhaca e em solo sem cultivo, foi estimada através da quantificação da produção de C-CO₂ (respirometria) e da degradação dos herbicidas no solo por cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massa (LC-MS-MS). Soja, feijão-de-porco, ervilhaca e consórcio de trevo branco + cornichão são culturas consideradas fitoestimuladoras da microbiota do solo na degradação dos herbicidas pertencentes ao grupo químico das imidazolinonas.

Palavras-chave: Fitoestimulação, persistência no solo, microrganismos.

INTRODUÇÃO

Em solos cultivados com determinadas espécies de plantas tem sido observada uma redução mais rápida dos contaminantes, em comparação aos solos sem cultivo (SANTOS et al., 2009). Este efeito geralmente é atribuído ao maior número de microrganismos na rizosfera de algumas plantas, consequência das rizodeposições de nutrientes feito pelas mesmas. A ação desses organismos rizosféricos no aumento da taxa de degradação dos contaminantes orgânicos no solo é conhecida como fitoestimulação e constitui-se em um das principais técnicas de fitorremediação de herbicidas no solo (SANTOS et al., 2010).

Os herbicidas imazetapir, imazapique e imazapir são compostos que possuem elevada persistência e atividade no solo, o que somado com a extrema sensibilidade de algumas culturas a esses herbicidas, impõem restrições ao uso de determinadas culturas em rotação/sucessão ao arroz irrigado manejado com esses compostos. Como o principal mecanismo de dissipação destes herbicidas no ambiente é a degradação microbiana

(WITT; FLINT, 1997), torna-se fundamental a identificação de espécies de plantas que estimulem o crescimento de microrganismos degradadores na rizosfera, o que pode resultar no aumento das taxas de biodegradação do herbicida no solo.

Em vista do exposto, esse trabalho tem por objetivo avaliar a influência da rizodeposição de espécies vegetais potencialmente fitorremediadoras na degradação dos herbicidas imazetapir, imazapique e imazapir.

MATERIAL E MÉTODOS

Em casa-de-vegetação, no período hibernar (junho a agosto de 2012) foram cultivadas, em vasos contendo 3,6 dm³ de solo livre de herbicida, as plantas de azevém (*Lolium multiflorum*), ervilhaca (*Vicia sativa*), trevo branco (*Trifolium repens*) e cornichão (*Lotus corniculatus*) em consórcio e um tratamento sem planta de cobertura (testemunha). Da mesma forma, plantas soja (*Glycine max*), arroz Clearfield® (*Oryza sativa* cultivar Puitá INTA CL), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e um tratamento sem plantas de cobertura (testemunha), foram cultivadas no período estival (outubro a dezembro de 2012); totalizando 40 vasos por estação de cultivo, dispostos no delineamento inteiramente casualizado. O solo utilizado, coletado em área de pousio livre da presença de herbicidas, pertence à unidade de mapeamento Vacacaí, coletado no horizonte A e classificado como Planossolo Háptico Eutrófico arênico (EMBRAPA, 2006), com classe textural franco siltosa.

Cinquenta e cinco dias após a emergência, as plantas foram retiradas dos vasos e o solo aderido às raízes foi coletado e considerado como sendo solo rizosférico (SANTOS et al., 2009). Esse solo recebeu imediatamente a aplicação de diferentes concentrações dos herbicidas, conforme descrito abaixo. Simultaneamente, as amostras de solo mantidas sob as mesmas condições, mas sem cultivo (solo não rizosférico) foram utilizadas como controle. A biodegradação dos herbicidas foi quantificada em dois experimentos, de acordo com a época de cultivo das espécies utilizadas.

Experimento de verão – 100 g de amostras de solo foram acondicionadas em frascos respirométricos de vidro com capacidade de 1L. Logo após, diferentes doses do produto técnico (imazetapir, imazapique e imazapir) foram adicionadas utilizando-se pipetador de precisão.

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x3x4, contendo três repetições. Os tratamentos foram compostos pela combinação entre fatores, sendo o Fator A: amostras de solo rizosférico das culturas de soja, feijão-de-porco, arroz CL® e solo não rizosférico (testemunha). Fator B: os herbicidas imazetapir, imazapique e imazapir (produtos técnicos - 98 % de pureza, Sigma Chemical), e Fator C: 0, 150, 300 e 750 g i.a. ha⁻¹ para cada herbicida utilizado.

Os frascos respirométricos foram equipados com aparato de captura de CO₂, fechados hermeticamente e incubados em triplicata à temperatura ambiente no laboratório (20 a 25°C). Durante um período de 63 dias, semanalmente os frascos eram abertos e procedia-se a titulação com HCl 1M, utilizando fenolftaleína como indicador. A produção de C-CO₂ foi quantificada através da fórmula de Stotzky (1965).

Ao final do período de respirometria (63 dias), as amostras de solo foram acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas ao Laboratório de Análise de Resíduos de Pesticidas (LARP-UFSM), onde foi realizada a detecção e a quantificação dos herbicidas imazetapir, imazapique e imazapir ainda existentes nas amostras de solo rizosférico. Para isto utilizou-se a técnica de cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massa (LC-MS-MS) descrita por ZANELLA et al. (2003).

Experimento de inverno – conduzido e avaliado da mesma forma que o experimento de verão, porém no período compreendido entre os meses de agosto a outubro e com o solo rizosférico das culturas hibernais azevém, ervilhaca, trevo branco e cornichão (em consórcio), mais amostra de solo não cultivado.

Os dados obtidos foram analisados previamente quanto ao atendimento das pressuposições da análise de variância (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 e as diferentes espécies avaliadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na avaliação da taxa de liberação do C-CO₂ do solo, foi observado o efeito do solo rizosférico de acordo com a concentração herbicida utilizada para as espécies hibernais e estivais. Houve tendência de maior produção de C-CO₂ quanto maior a concentração do herbicida aplicada no solo rizosférico das espécies hibernais e estivais. Porém, houve decréscimo na taxa evolução acumulada de C-CO₂ na maior dose testada (750 g i.a. ha⁻¹), para a maioria das espécies independente da molécula herbicida testada (dados não mostrados). Esta menor porcentagem de mineralização na maior dose aplicada pode ser devido ao efeito tóxico do herbicida sobre os microrganismos do solo rizosférico, comprometendo a atividade dos mesmos (ZHANG et al., 2010). O solo que não recebeu herbicida também apresentou as menores taxa evolução acumulada de C-CO₂, demonstrando que as moléculas herbicidas servem como fonte de energia (C e N) para os microrganismos presentes no solo rizosférico das espécies testadas (dados não mostrados).

A técnica de cromatografia acoplada a espectrometria de massas (LC-MS-MS) mostrou elevada degradação dos herbicidas, maior que 80%, independente da cultura e do herbicida testado (Figura 1). Corroborando com os resultados obtidos com a taxa de liberação de CO₂ (respirometria), a maior mineralização das moléculas dos contaminantes

foi obtida em solo vegetado, diferindo significativamente da testemunha (solo sem cultivo), independente da estação de cultivo (Figura 1). Resultados semelhantes foram obtidos por Souto et al. (2013), quando testaram a fitoestimulação de espécies hibernais e estivais na degradação da mistura formulada de imazetapir + imazapique.

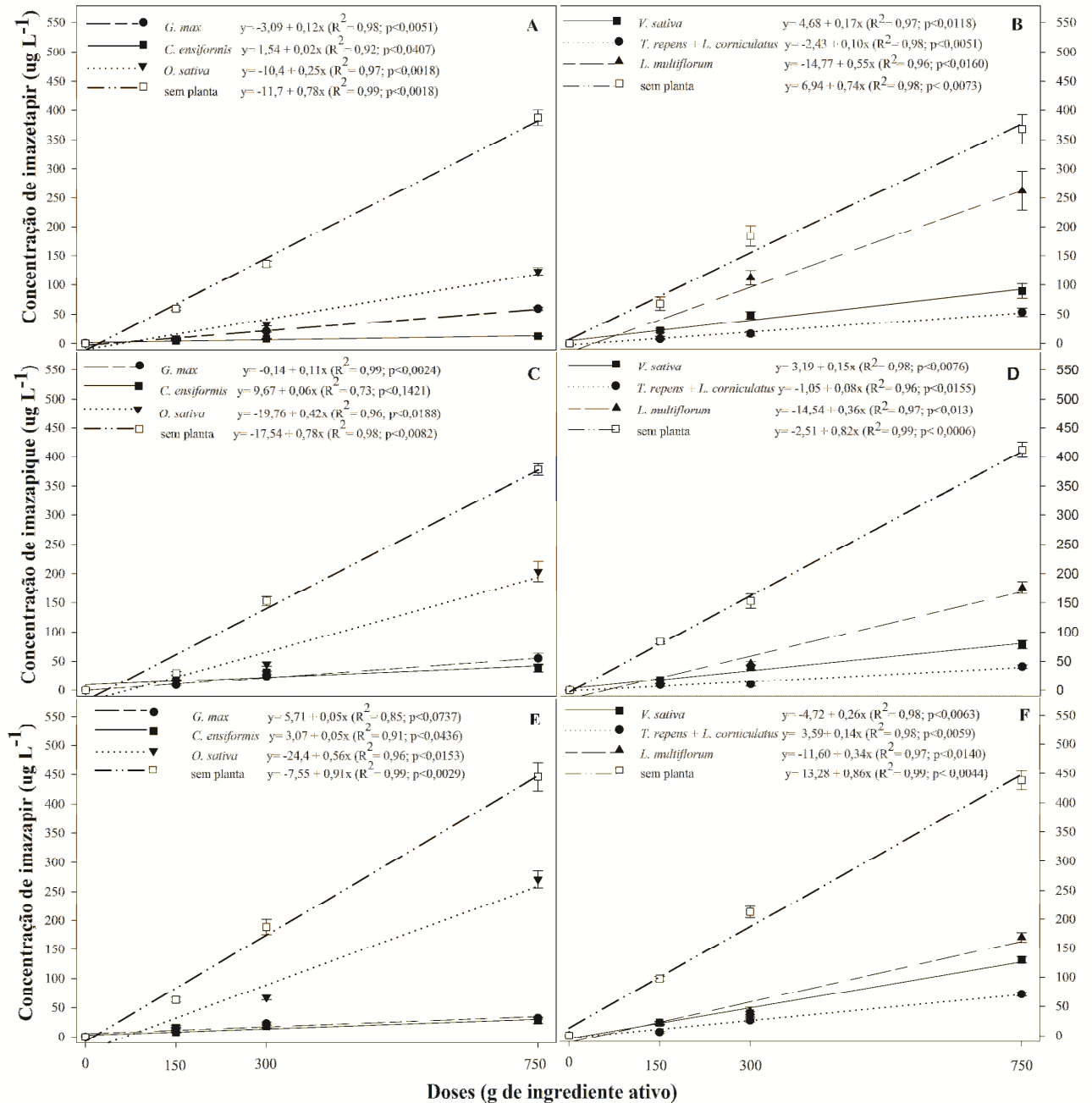


Figura 1 - Concentração dos herbicidas imazetapir (A e B), imazapique (C e D) e imazapir (E e F) nos solos rizosféricos das culturas estivais (A, C e E) e hibernais (B, D e F), após 63 dias de incubação. Santa Maria, RS, 2013.

Para as culturas estivais, soja e feijão-de-porco foram as plantas que apresentaram a maior indução a mineralização dos herbicidas imazetapir, imazapique e imazapir, pelos microrganismos, apenas diferindo entre si quando analisado o herbicida imazetapir, na

maior dose testada (750 g i.a. ha⁻¹) (Figura 1 A, C e E). Embora a presença do arroz CL tenha contribuído para a degradação dos herbicidas no solo, esse obteve menor resposta que as leguminosas estivais testadas. Para as culturas hibernais, ervilhaca e o consórcio de trevo branco + cornichão foram as culturas que apresentaram as maiores taxas de mineralização, havendo considerável diminuição das concentrações dos três herbicidas estudados no solo rizosférico dessas plantas (Figura 1 B, D e F).

Independente da planta cultivada (estival ou hiberna), as maiores concentrações dos herbicidas recuperados (menor mineralização), foram observadas na maior dose testada (Figura 1), comprovando o efeito negativo de altas concentrações desses herbicidas sob a microfauna do solo (ZHANG et al., 2010). Os resultados do presente trabalho remetem a possibilidade de que após sucessivas aplicações de herbicidas do grupo das imidazolinonas, pode ocorrer redução da degradação microbiana no ambiente, o que conduziria a maior persistência dos herbicidas no solo e o maior efeito fitotóxico na cultura em sucessão.

CONCLUSÕES

A produção de C-CO₂ do solo de cultivo de arroz irrigado, após a contaminação com os herbicidas imazetapir, imazapique e imazapir, é maior em solo vegetado do que em solo sem vegetação.

Soja, feijão-de-porco, ervilhaca e consórcio de trevo branco + cornichão são culturas consideradas fitoestimuladoras da microbiota do solo na degradação dos herbicidas pertencentes ao grupo químico das imidazolinonas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SANTOS, E. A. Atividade rizosférica de solo tratado com herbicida durante processo de remediação por *Stizolobium aterrimum*. **Pesquisa Agropecuária tropical**, v. 40, n. 1, p. 1-7, 2010.
- SANTOS, J. B. et al. Biodegradation of glyphosate in rhizospheric soil cultivated with *Glycine max*, *Canavalia ensiformis* e *Stizolobium aterrimum*. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 781-787, 2009.
- SOUTO, K.M. et al. Biodegradação dos herbicidas imazetapir e imazapique em solo rizosférico de seis espécies vegetais. **Ciência Rural**, v. 43, n. 10, p. 1790-1796, 2013.
- STOTZKY, G. Microbial Respiration. In: BLACK, C. A. (ed.). *Methods in Soil Analysis*. Madison: ASSA, p. 1550-1572, 1965.
- WITT, W.W.; FLINT, J. F. Microbial degradation of imazaquin and imazethapyr. **Weed Science**, v. 45, p. 586-591, 1997.
- ZANELLA, R. et al. Development and validation of a high performance liquid chromatographic procedure for the determination of herbicide residues in surface and agriculture waters. **Journal of Separation Science**, v.26, p.935-938, 2003.
- ZHANG, C. et al. The effect of imazethapyr on soil microbes in soybean fields in northeast China. **Chemistry and Ecology**, v. 26, n. 3, p. 173-182, 2010.