

# SELEÇÃO DE PLANTAS INDICADORAS PARA O MONITORAMENTO DO MESOTRIONE E METRIBUZIN EM SOLO ARGILOSO

KASSIO FERREIRA MENDES<sup>1\*</sup>, TACYANE NOGUEIRA RAMOS DE SOUZA<sup>2</sup>,  
ANA CÁSSIA SILVA POSSAMAI<sup>3</sup>, MIRIAM HIROKO INOUE<sup>4</sup>,  
ANA KARINE DE AQUINO NUNES<sup>2</sup>, TATIANE BEATRIZ MERTENS<sup>2</sup>

Recebido em 12.01.2014 e aceito em 23.04.2015.

\* Autor para correspondência

<sup>1</sup>Doutorando em Ciências (Química na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) - Universidade de São Paulo (USP), Av. Centenário, nº 303, Laboratório de Ecotoxicologia, Bairro São Dimas, CEP 13.400-970, Caixa Postal 96, Piracicaba – SP, kassio\_mendes\_06@hotmail.com; <sup>2</sup>Discentes em Agronomia na Universidade do Estado de Mato Grosso Tangará da Serra-MT, tacy-ramos@hotmail.com, karininha\_an@hotmail.com, tati\_mertens@hotmail.com; <sup>3</sup>Doutoranda em Agronomia na Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR, anacassiapossamai@hotmail.com; <sup>4</sup>Doutora em Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra - MT, miriamhinoue@hotmail.com

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar a sensibilidade de espécies com potencial bioindicador na presença de mesotrione e metribuzin no solo. Foi realizado um experimento para cada herbicida, em delineamento em blocos casualizados com três repetições, em esquema fatorial 5 x 5 + 1, cujos fatores foram as espécies bioindicadoras (*Capsicum annuum*, *Cucumis sativus*, *Crotalaria juncea*, *Pennisetum glaucum* e *Sorghum bicolor*) e diferentes doses do herbicida (12,5; 25; 50; 75 e 100% da dose recomendada de mesotrione - 144 g ha<sup>-1</sup> e metribuzin - 480 g ha<sup>-1</sup>), além da testemunha. Todas as espécies podem ser utilizadas no monitoramento do mesotrione com dose próxima da recomendada, porém o *C. sativus*, apresentou alta sensibilidade em todas as doses aplicadas. As espécies *P. glaucum* e *S. bicolor* foram as mais adequadas no monitoramento do metribuzin. Em geral houve incremento no controle de *C. annuum* e *C. juncea*, conforme o aumento das doses de ambos os herbicidas.

**Palavras-chave:** bioensaio, planta teste, tolerância, resposta à dose.

PLANT INDICATOR SELECTION FOR THE MONITORING OF MESOTRIONE AND METRIBUZIN IN CLAYEY SOIL

**ABSTRACT:** The objective was to evaluate the sensitivity of species with bioindicator potential in presence of mesotrione and metribuzin in soil. One experiment was realized for each herbicide, in a randomized block design with three replications, in a factorial scheme 5 x 5 + 1, whose factors were the bioindicator species (*Capsicum annuum*, *Cucumis sativus*, *Crotalaria juncea*, *Pennisetum glaucum* and *Sorghum bicolor*) and different rates of herbicide (12.5, 25, 50, 75 and 100% of the recommended rate of mesotrione - 144 g ha<sup>-1</sup> and metribuzin - 480 g ha<sup>-1</sup>, respectively), and a control. All species can be used in monitoring of mesotrione around the recommended rate, but *C. sativus*, showed high sensitivity in all rates applied. The species *P. glaucum* and *S. bicolor* were most suitable in monitoring of the metribuzin. In general there was an increase in the control of *C. annuum* and *C. juncea*, with increasing rates of both herbicides.

**Key words:** bioassay, test plant, tolerance, rate response.

## INTRODUÇÃO

É crescente a utilização de herbicidas pré-emergentes com longo efeito residual no solo (Celis et al., 2006). Conforme as características físico-químicas do herbicida e do solo, além das condições edafoclimáticas, os herbicidas podem ou não ser degradados durante o ciclo da cultura principal (Silva et al., 1999). Vale destacar que, o período de permanência desses compostos no solo varia com o potencial de lixiviação, adsorção,

transformação química e degradação biológica (Celis et al., 2006).

Contudo, tem-se observado em algumas situações a ocorrência de toxicidade em culturas sensíveis, semeadas após a utilização de herbicidas, cujo efeitos residuais podem variar de alguns meses a mais de três anos, podendo comprometer o desenvolvimento da cultura, além de impactos no meio ambiente (Pires et al., 2003).

Dessa maneira, uma das formas de avaliar solos contaminados por herbicidas

seria a utilização de espécies bioindicadoras, através de plantas que demonstrem alta sensibilidade ao produto empregado, por se tratar de um método simples, rápido e de baixo custo. Além do que, dispensam o uso de outros métodos que envolvem técnicas e equipamentos sofisticados, como espectrometria de massa e cromatografia (Silva et al., 2007; Li et al., 2008; Melo et al., 2010). Complementarmente, plantas bioindicadoras são importantes na investigação e compreensão do impacto ambiental de um herbicida no solo (Han et al., 2009).

Em Ontário, Canadá, a beterraba sacarina (*Beta vulgaris* L.), alface (*Lactuca sativa* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), feijão verde (*Phaseolus vulgaris* L.), ervilha (*Pisum sativum* L.) e soja (*Glycine max* L.) foram espécies bioindicadoras efetivas para detectar resíduos de mesotrione em solo com 5% de argila, no campo e em casa de vegetação (Riddle et al., 2013). Estudos realizados em Buenos Aires, Argentina, com persistência do metribuzin, em solos com 27,2 e 29,7% de argila, relataram a espécie de aveia (*Avena sativa* cv. Millauquén), adequada para bioensaio (Fuscaldo et al., 1999).

O mesotrione possui ação sistêmica, pertence ao grupo químico das tricetonas e é recomendado na substituição de atrazine em países europeus. Esse herbicida atua inibindo a biossíntese de carotenóides, através da interferência na atividade da enzima HPPD (4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenase) nos cloroplastos. Os sintomas nas plantas sensíveis envolvem branqueamento, despigmentação das folhas que é ocasionada pela fotodegradação da clorofila, com posterior necrose e morte do tecido vegetais (Mitchell et al., 2001). O mesotrione apresenta fraca a moderada persistência no solo, com meia-vida ( $t_{1/2}$ ) variando de 6 a 34 dias (Dyson et al., 2002; Chaabane et al., 2008).

O metribuzin possui ação sistêmica, pertence ao grupo químico das triazinas assimétricas, que age por meio da inibição da fotossíntese, ocasionando assim a morte das plantas, e, é amplamente utilizado em todo o mundo, sendo um dos contaminantes mais importantes nas águas subterrâneas e superficiais (Pot et al., 2011; López-Piñeiro et al., 2013). O metribuzin também é considerado de curta a moderada persistência em solos, com  $t_{1/2}$  entre 5 e 50 dias (Quesada-Molina et al., 2007).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a sensibilidade das espécies *Capsicum annuum*, *Cucumis sativus*, *Crotalaria juncea*, *Pennisetum*

*glaucum* e *Sorghum bicolor*, como potencial bioindicador, após a aplicação de diferentes doses de mesotrione e metribuzin, utilizando um Latossolo Vermelho de textura argilosa.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em casa de vegetação, nas dependências da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), campus de Tangará da Serra - MT, localizada na rodovia MT 358, Km 07. O Latossolo Vermelho de textura argilosa foi coletado em Tangará da Serra - MT, em uma profundidade de 5-10 cm da superfície do mesmo, retirando a camada superficial com restos vegetais (Tabela 1).

Para a retirada de impurezas presentes na superfície do solo, as amostras foram peneiradas, posteriormente secas a temperatura ambiente. Após secas, as amostras foram acondicionadas em vasos de plástico com capacidade de 5 dm<sup>3</sup>.

Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, nos dois experimentos. Em cada experimento foi utilizado um herbicida (mesotrione ou metribuzin). Ambos experimentos foram realizados em esquema fatorial 5 x 5 + 1, com três repetições, onde os fatores estudados foram referentes as espécies bioindicadoras (*Capsicum annuum*, *Cucumis sativus*, *Crotalaria juncea*, *Pennisetum glaucum* e *Sorghum bicolor*) e diferentes proporções de doses aplicadas de cada herbicida (12,5; 25; 50; 75 e 100% da dose recomendada de mesotrione com 144 g ha<sup>-1</sup>, e metribuzin com 480 g ha<sup>-1</sup>), além da testemunha, sem aplicação de herbicidas.

Em cada vaso plástico foram semeadas seis sementes de cada espécie à profundidade de 1 cm, não sendo utilizados nenhuma adubação mineral e orgânica, apenas a irrigação diária de 8,0 mm.

Para aplicação dos herbicidas foi utilizado um pulverizador costal pressurizado por CO<sub>2</sub>, munido de pontas tipo leque XR110.2, mantido à pressão de trabalho de 2,0 kgf cm<sup>-2</sup>, com volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. Os herbicidas foram aplicados de modo que a borda superior dos vasos estava posicionada a 0,50 m abaixo da barra de aplicação. Todas as aplicações foram realizadas com temperaturas variando de 34 a 36°C e umidade relativa do ar de 60%.

**Tabela 1.** Características físico-químicas da amostra (5-10 cm de profundidade) de Latossolo Vermelho, textura argilosa, utilizada no experimento. Tangará da Serra – MT, 2012.

pH		Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>
(CaCl <sub>2</sub> )	(H <sub>2</sub> O)	(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				
4,90	4,20	0,70	4,40	6,00	4,31	0,36
C	P	CTC	V	Areia	Silte	Argila
(g dm <sup>-3</sup> )	(mg dm <sup>-3</sup> )	(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	(%)	(g kg <sup>-1</sup> )		
18,70	1,20	5,10	14,70	329,00	117,00	554,00

Fonte: Laboratório Agro Análise, Cuiabá, MT.

Decorridos 21 dias após a semeadura e a aplicação dos herbicidas, foram realizadas avaliações visuais pelo critério de controle e atribuídas às plantas bioindicadoras notas em uma escala de 0 a 100%, em que zero corresponde a nenhuma injúria e cem à morte das plantas (SBCPD, 1995).

Os dados foram transformados para porcentagem de controle em relação à testemunha (dose de 0 kg ha<sup>-1</sup> dos herbicidas) e submetidos à análise de variância pelo teste de F; posteriormente, foram ajustadas equações de regressão ( $p < 0,01$  e  $0,05$ ) pelo modelo sigmoidal de três parâmetros:  $\hat{y} = a/(1 + \exp(-(x-x_0)/b))$ , onde  $\hat{y}$  é o controle (%) da espécie em relação à testemunha;  $x$  é a dose (%) do herbicida;  $a$  e  $b$  são parâmetros de regressão não linear do modelo; e  $x_0$  é a dose inicial do herbicida. Os parâmetros de regressão e as curvas foram plotadas utilizando o programa Sigma Plot (Versão 10.0 for Windows, Systat Software Inc., Point Richmond, CA).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

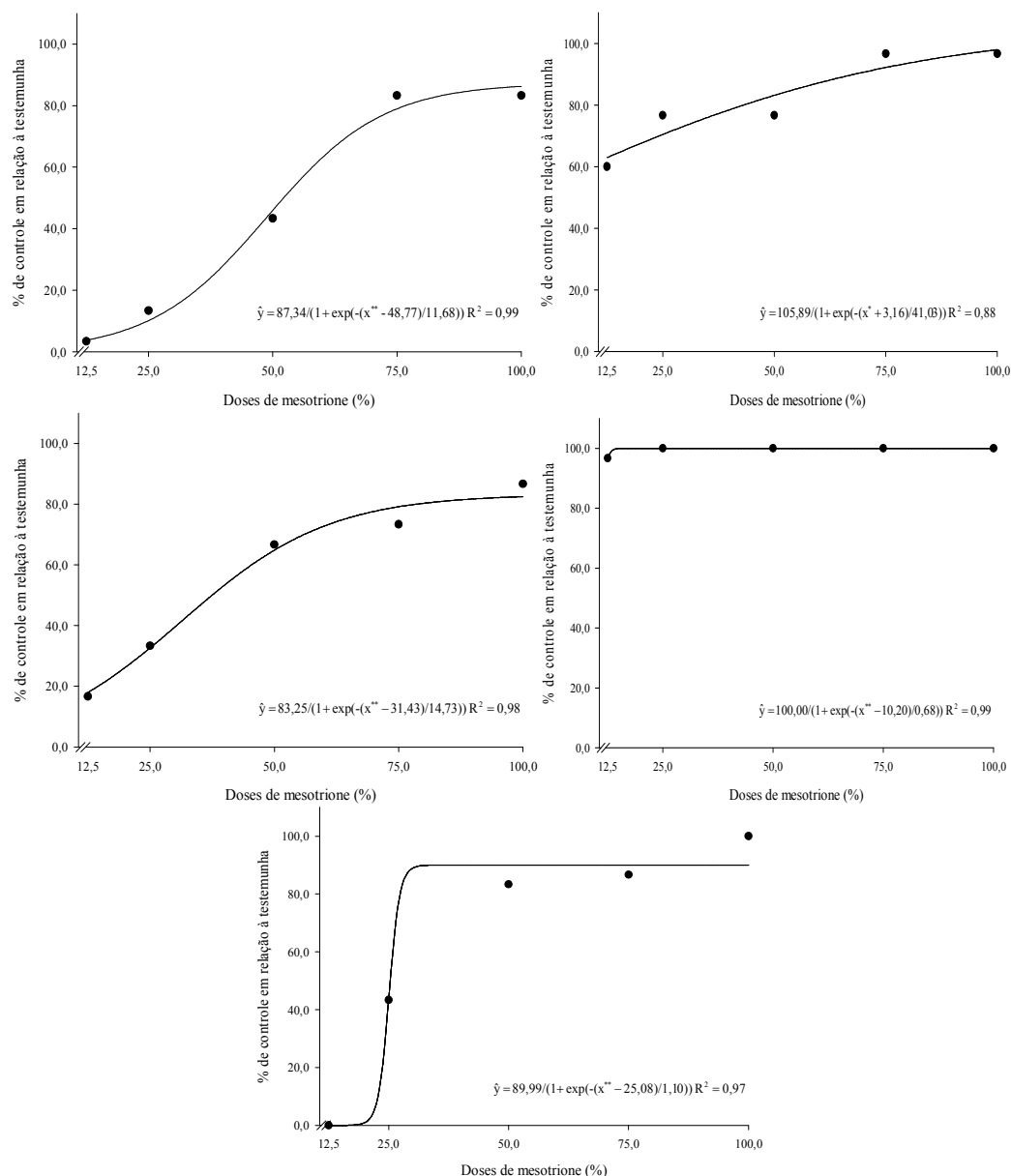
As espécies *C. annuum* e *C. juncea*, apresentaram aumento no controle conforme a elevação da dose de mesotrione, atingindo 80% de controle das espécies, com 90% da dose recomendada (Figuras 1A e C, respectivamente). O *P. glaucum* apresentou controle acima de 80%, com a utilização de 50% da dose recomendada, contudo o controle de 100% da espécie bioindicadora foi observada com a maior dose do herbicida (100%) (Figura 1E). Todas as espécies apresentaram controle  $\geq 70\%$ , com 80% da dose recomendada (Figuras 1A, B, C, D e E), podendo ser utilizadas para o monitoramento do mesotrione no solo, porém a espécie *C. sativus* foi considerada de alta sensibilidade a este herbicida.

Dados semelhantes foram observados por Guerra et al. (2011), que utilizaram espécies bioindicadoras, ao trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium, sendo o *C. sativus* a espécie que apresentou sensibilidade aos herbicidas em doses 37 vezes menor que a dose recomendada em relação as demais espécies (*Glycine max*, *Zea mays* e *Phaseolus vulgaris*), em solo de textura franco-argilo-arenosa, com 32% de argila.

Da mesma forma, Mendes et al. (2012), verificaram o mesmo para *C. sativus*, que apresentou controle na espécie com 50% da dose recomendada de ametryne (2.400 g ha<sup>-1</sup>), em relação às demais espécies (*Brachiaria decumbense* e *S. bicolor*) em Latossolo Vermelho.

O controle do *S. bicolor* foi de apenas 60%, utilizando a menor proporção de dose (12,5%) de mesotrione, entretanto, conforme foi aumentando gradativamente a dose do herbicida, houve maior porcentagem de controle para a espécie, com cerca de 94% de controle da espécie bioindicadora, para a maior dose de mesotrione (100%). Deste modo, a espécie *S. bicolor* apresentou sensibilidade ao mesotrione no solo, somente próximo da dose recomendada (Figura 1B).

Com a aplicação de mesotrione, foi possível observar que a espécie *C. sativus* apresentou maior controle (100%) em todas as doses aplicadas, demonstrando assim ser a espécie mais sensível ao mesotrione (Figura 1D). O mesmo foi observado por Nunes (2012), na aplicação de tebutiurion (1.200 g ha<sup>-1</sup>), em solo de textura argilosa, contendo as espécies *C. sativus*, e *C. juncea*, sendo a espécie *C. sativus* considerada a mais sensível ao herbicida. Mendes et al. (2012) também evidenciaram que o *C. sativus* foi a espécie bioindicadora com maior sensibilidade às concentrações utilizadas de amicarbazone e ametryne no solo de textura argilosa.

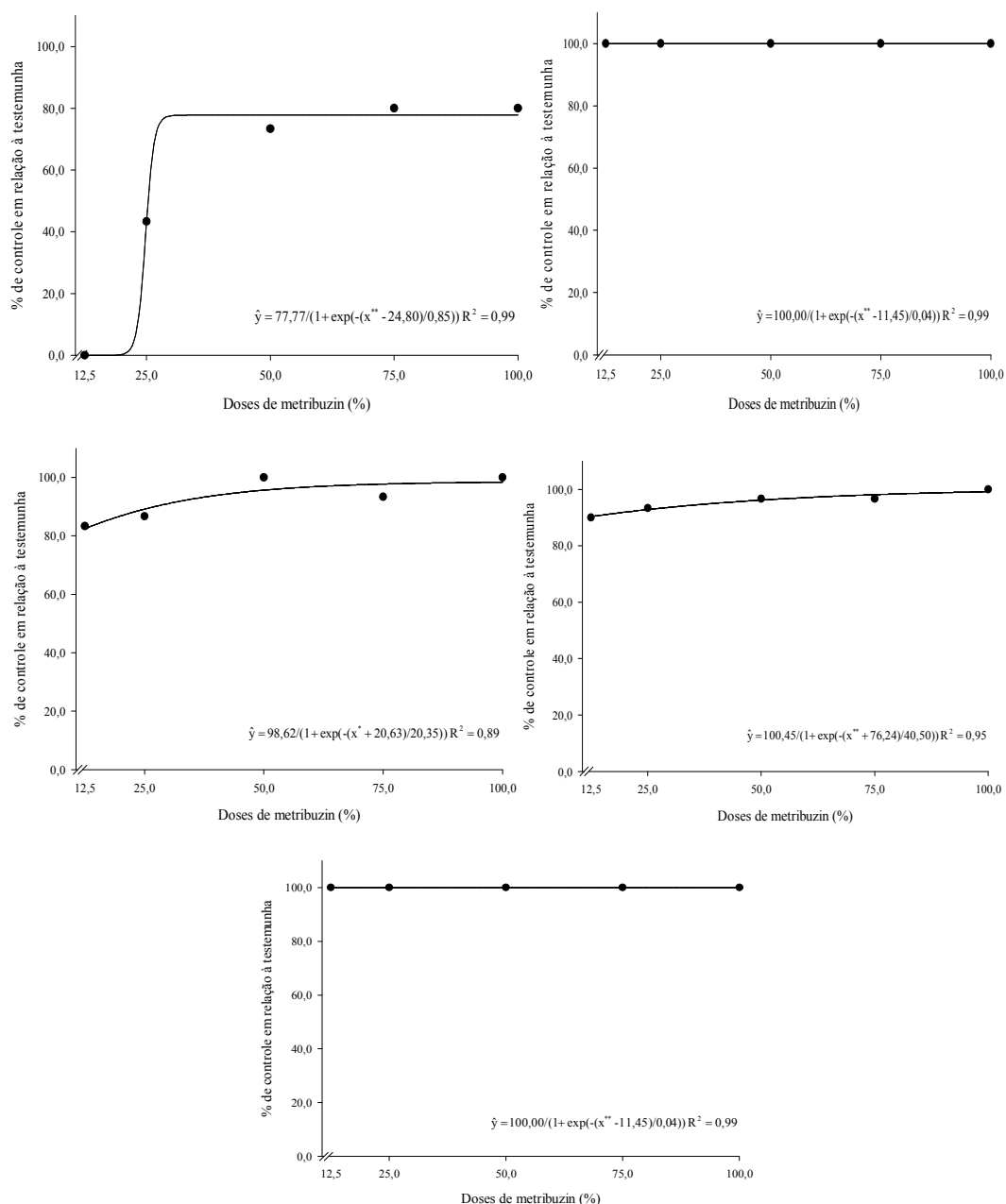


**Figura 1.** Porcentagem de controle de *Capsicum annuum* (A), *Sorghum bicolor* (B), *Crotalaria juncea* (C), *Cucumis sativus* (D) e *Pennisetum glaucum* (E), em relação à testemunha (dose de 0 kg ha<sup>-1</sup>), com a aplicação de 12,5; 25; 50; 75 e 100% da dose recomendada de mesotrione (144 g ha<sup>-1</sup>). \*\* e \* p<0,01 e 0,05 pelo teste de F.

Observou-se que a espécie *C. annuum* apresentou aumento no controle conforme a elevação da dose de metribuzin, porém com a dose máxima do herbicida (100%) o controle foi inferior a 80% (Figura 2A).

As espécies *S. bicolor* e *P. glaucum* apresentaram 100% de controle, independente das doses de metribuzin aplicadas (Figuras 2B e E, respectivamente). Assim, as espécies *P. glaucum* e *S. bicolor* podem ser consideradas

espécies de alta sensibilidade ao metribuzin, capazes de serem utilizadas para monitorar resíduos deste no solo. Dan et al. (2011), observaram que *P. glaucum* apresentou alta sensibilidade ao sulfetrazone (600 g ha<sup>-1</sup>), diclosulam (35 g ha<sup>-1</sup>) e imazaquim (160 g ha<sup>-1</sup>), quando cultivado logo após a aplicação destes em Latossolo Vermelho distroférrico, de textura argilosa (28,84 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica e 510 g kg<sup>-1</sup> de argila).



**Figura 2.** Porcentagem de controle de *Capsicum annuum* (A), *Sorghum bicolor* (B), *Crotalaria juncea* (C), *Cucumis sativus* (D) e *Pennisetum glaucum* (E), em relação à testemunha (dose de 0 kg ha<sup>-1</sup>), com a aplicação de 12,5; 25; 50; 75 e 100% da dose recomendada de metribuzin (480 g ha<sup>-1</sup>). \*\* e \* p<0,01 e 0,05 pelo teste de F.

Estudos realizados por Pinto et al. (2009), em solo de textura arenosa, com 15,4% de argila, confirmaram que, *S. bicolor* é uma espécie sensível ao herbicida imazethapyr + imazapir (75 + 25 g ha<sup>-1</sup>) podendo ser utilizada para monitorar a atividade da mistura destes herbicidas no solo.

Para as espécies *C. juncea* e *C. sativus*, observou-se controle acima de 80% com a menor dose aplicada do metribuzin (12,5% da dose recomendada) (Figuras 2C e D, respectivamente). No entanto, com a aplicação da dose de 50% o controle das espécies foi de

95%, atingindo 100% conforme o aumento da dose do herbicida. Esses resultados demonstram que é possível utilizar as espécies *C. sativus* e *C. juncea* para monitorar resíduos do herbicida metribuzin no solo.

Tal fato pode ser confirmado por Mendes et al. (2012), onde constataram que *C. sativus* foi a planta mais sensível entre as espécies (*B. decumbes* e *S. bicolor*), ao amicarbazone (1.400 g ha<sup>-1</sup>), independentemente da dose utilizada em Latossolo Vermelho, de textura argilosa.

Nunes e Vidal (2009), em estudo com plantas quantificadoras em Argissolo Vermelho Distrófico típico, evidenciaram que o metribuzin provoca elevada fitotoxicidade e redução da estatura foliar nas espécies *Avena sativa* e *Hordeum vulgare*, sendo estas capazes de monitorar o herbicida no solo.

### CONCLUSÕES

Dentre as espécies testadas nas condições deste trabalho, conclui-se que todas as espécies podem ser utilizadas no monitoramento do mesotrione no solo com dose próxima da recomendada, porém o *C. sativus*, apresentou alta sensibilidade em todas as doses aplicadas.

Com a aplicação do metribuzin as espécies *P. glaucum*, *S. bicolor*, *C. sativus* e *C. juncea* apresentaram elevado controle, porém destacam-se as espécies *P. glaucum* e *S. bicolor*, sendo estas consideradas de alta sensibilidade ao herbicida, em todas as doses, podendo ser recomendadas para o monitoramento de resíduos do metribuzin no solo.

De modo geral, as diferentes porcentagens das doses recomendadas do mesotrione e metribuzin em solo argiloso, influenciaram o controle das cinco espécies avaliadas.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CELIS, R.G.; REAL, M.O.; HERMOSÍN, M.C.G.; CORNEJO, J. Desorption, persistence, and leaching of dibenzofuran in European soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.70, n.4, p.1310-1317, 2006.
- CHAABANE, H.; VULLIET, E.; CALVAYRAC, C.; COSTE, C.M.; COOPER, J.F. Behaviour of sulcotrione and mesotrione in two soils. **Pest Management Science**, Sussex, v.64, n.1, p.86-93, 2008.
- DAN, H.A.; DAN, L.G.M.; BARROSO, A.L.L.; PROCÓPIO, S.O.; OLIVEIRA JR., R.S.; ASSIS, R.L.; SILVA, A.G.; FELDKIRCHER, C. Atividade residual de herbicidas pré-emergentes aplicados na cultura da soja sobre o milho cultivado em sucessão. **Planta Daninha**, Viçosa, v.29, n.2, p.437-445, 2011.
- DYSON, J.S.; BEULKE, S.; BROWN, C.D.; LANE, M.C. Adsorption and degradation of the weak acid mesotrione in soil and environmental fate implications. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.31, n.2, p.613-618, 2002.
- FUSCALDO, F.; BEDMAR, F.; MONTERUBBIANES, G. Persistence of atrazine, metribuzin and simazine herbicides in two soils. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.11, p.2037-2044, 1999.
- GUERRA, N.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA NETO, A.M.; DAN, H.A.; ALONSO, D.G.; JUMES, T.M.C. Seleção de espécies bioindicadoras para os herbicidas trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v.10, n.1, p.37-48, 2011.
- HAN, A.; YUE, L.; LI, Z.; WANG, H.; WANG Y.; YE, G.; LU, L.; GAN, J. Plant availability and phytotoxicity of soil bound residues of herbicide ZJ0273, a novel acetolactate synthase potential inhibitor. **Chemosphere**, Oxford, v.77, n.7, p.955-961, 2009.
- LI, X.Q.; NG, A.; KING, R.; DURNFORD, D.G. A rapid and simple bioassay method for herbicide detection. **Biomarker Insights**, Irvine, v.3, p.287-291, 2008.
- LÓPEZ-PIÑEIRO, A.; PEÑA, D.; ALBARRÁN, A.; BECERRA, D.; SÁNCHEZ-LLERENA, J. Sorption, leaching and persistence of metribuzin in Mediterranean soils amended with olive mill waste of different degrees of organic matter maturity. **Journal of Environmental Management**, London, v.122, p.76-84, 2013.
- MELO, C.A.D.; MEDEIROS, W.N.; TUFFI SANTOS, L.D.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, G.L.; PAES, F.A.S.V.; REIS, M.R. Efeito residual de sulfentrazone, isoxaflutole e oxyfluorfen em três solos. **Planta Daninha**, Viçosa, v.28, n.4, p.835-842, 2010.

MENDES, K.F.; INOUE, M.H.; MATOS, A.K.A.; POSSAMAI, A.C.S.; TSCHOPE, M.C.; GOULART, B.F.; BEN, R. Seleção de bioindicadores para monitoramento da mobilidade e persistência de herbicidas aplicados no solo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v.11, n.2, p.213-221, 2012.

MITCHELL, G.; BARTLETT, D.W.; FRASER, T.E.; HAWKES, T.R.; HOLT, D.C.; TOWNSON, J.K.; WICHERT, R.A. Mesotrione: a new selective herbicide for use in maize. **Pest Management Science**, Sussex, v.57, n.2, p.120-128, 2001.

NUNES, A.A.K. **Espécies bioindicadoras para o uso em ensaios de lixiviação e persistência de saflufenacil e tebuthiuron**. 2012. 20 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra.

NUNES, A.L.; VIDAL, R.A. Seleção de plantas quantificadoras de herbicidas residuais. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v.19, p.19-28, 2009.

PINTO, J.J.O.; NOLDIN, J.A.; PINHO, C.F.; ROSSI, F.; GALON, L.; ALMEIDA, G.F. Atividade residual de imazethapyr+imazapic para sorgo granífero (*Sorghum bicolor*) semeado em rotação com arroz irrigado. **Planta Daninha**, Viçosa, v.27, n.spe., p.1015-1024, 2009.

PIRES, F.R.; SOUZA, C.M.; SILVA, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; CECON, P.R.; SANTOS, J.B.; SANTOS, E.A. Seleção de plantas tolerantes ao tebuthiuron e com potencial para fitoremediação. **Revista Ceres**, Viçosa, v.50, n.291, p.583-594, 2003.

POT, V.; BENOIT, P.; LE MENN, M.; EKLO, O. M.; SVEISTRUP, T.; KVAERNER, J. Metribuzin transport in undisturbed soil cores under controlled water potential conditions: experiments and modelling to evaluate the risk of leaching in a sandy loam soil profile. **Pest Management Science**, Sussex, v.67, n.4, p.397-407, 2011.

QUESADA-MOLINA, C.; GARCÍA-CAMPAÑA, A. M.; DEL OLMO-IRUELA, L.; DEL OLMO, M. Large volume sample stacking in capillary zone electrophoresis for the monitoring of the degradation products of metribuzin in environmental samples. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v.1164, n.1-2, p.320-328, 2007.

RIDDLE, R.N.; O'SULLIVAN, J.; SWANTON, C.J.; VAN ACKER, R.C. Field and greenhouse bioassays to determine mesotrione residues in soil. **Weed Technology**, Champaign, v.27, n.3, p.565-572, 2013.

SILVA, A.A.; OLIVEIRA JR., R.S.; COSTA, E.R.; FERREIRA, L.R. Efeito residual no solo dos herbicidas imazamox e imazethapyr para as culturas de milho e sorgo. **Planta Daninha**, Viçosa, v.17, n.3, p.345-354, 1999.

SILVA, A.A.; VIVIAN, R.; OLIVEIRA JR., R.S. Herbicidas: comportamento no solo. In: SILVA, A.A.; SILVA, F.J. (Ed). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007. p.189-248.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.

★★★★★