

**Seleção de espécies indicadoras de resíduos de dicamba no solo***Selection of indicative species of dicamba residues in soil*

Adalin Cezar Moraes de Aguiar¹, Maria Carolina Gomes Paiva¹, Lucas Heringer Barcellos Júnior¹,
Elisa Maria Gomes da Silva¹, Paulo Sérgio Ribeiro de Souza¹, Antonio Alberto da Silva¹.

¹Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil. E-mail: adalin-cezar@hotmail.com

Recebido em: 20/06/2019

Aceito em: 31/10/2019

Resumo: A introdução de cultivares de soja resistentes ao dicamba possivelmente aumentará o uso desse herbicida no manejo de plantas daninhas no Brasil. Parte de todo herbicida aplicado atinge o solo, provocando intoxicação de culturas cultivadas em sucessão e contaminação do solo e da água. Nesse sentido, a seleção de espécies indicadoras para realização de bioensaios se torna uma importante ferramenta para avaliar o comportamento desse herbicida no ambiente. O objetivo do estudo foi identificar plantas sensíveis ao herbicida dicamba, para fim de indicação de resíduo desse herbicida no solo. O estudo foi conduzido em casa de vegetação, utilizando delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6x10, com quatro repetições. Sendo, o primeiro fator composto pelas espécies de plantas (*Phaseolus vulgaris*, *Citrullus lanatus*, *Cucumis sativus*, *Beta vulgaris*, *Glycine max* e *Solanum lycopersicum*), e o segundo fator pelas doses do herbicida dicamba (0; 4,5; 9,0; 18,0; 36,0; 54,0; 72,0; 108,0; 144,0; 216,0 g de e.a ha⁻¹), utilizando como substrato inerte areia lavada. Aos 14 e 21 dias após a emergência foram atribuídas notas de intoxicação as plantas e coletado a parte aérea. Os mais altos valores de intoxicação visual foram observados nas culturas do feijão e soja, já melancia, pepino, beterraba e tomate também se comportaram de forma sensível, no entanto, com valores de C₅₀ mais altos. Os sintomas visuais de intoxicação e a produção de massa seca destacam o feijão como a espécie mais indicada para a avaliação da presença de resíduos do herbicida dicamba.

Palavras-chave: Bioensaio; planta sensível; herbicida residual; ácido 3,6-dicloro-2-metoxibenzóico

Abstract: The introduction of dicamba resistant soybean cultivars will increase the use of this herbicide in weed management in Brazil. Part of all applied herbicide reaches the soil, causing intoxication of crops grown in succession and contamination of soil and water. In this sense, the selection of indicator species for bioassaying becomes an important tool to evaluate the behavior of this herbicide in the environment. The objective of the study was to identify plants susceptible to the dicamba herbicide, in order to indicate the herbicide residue in the soil. The study was conducted in a greenhouse, using a completely randomized design, in a 6x10 factorial scheme, with four replications. The first factor was composed of plant species (*Phaseolus vulgaris*, *Citrullus lanatus*, *Cucumis sativus*, *Beta vulgaris*, *Glycine max* and *Solanum lycopersicum*), and the second factor was the dicamba doses (0; 4.5; 9.0; 18.0; 36.0; 54.0; 72.0; 108.0; 144.0; 216.0 g de e.a ha⁻¹), using like inert substrate washed sand. At 14 and 21 days after emergence the plants were assigned to intoxication evaluation and collected the aerial part. The highest values of visual intoxication were observed in bean and soybean crops. Watermelons, cucumbers, beets and tomatoes also behaved sensitively, however, with higher C₅₀ values. The visual symptoms of intoxication and dry matter production highlight the bean as the most suitable species for the evaluation of the presence of residues of the dicamba herbicide.

Keywords: Bioassay; sensitive plant; residual herbicide; 3,6-dichloro-2-methoxybenzoic acid

Introdução

O uso de herbicidas tem sido a principal forma de controle de plantas daninhas na maioria das culturas. Dentre os defensivos agrícolas, os herbicidas são os mais utilizados na agricultura

brasileira, correspondendo a mais de 60% do volume total de produtos comercializados (Sindiveg, 2017). Todavia, a utilização desses compostos de modo indiscriminado pode reduzir a eficiência e aumentar o risco de contaminação ambiental (Andrade & Stigter, 2009).





Os herbicidas auxínicos ou mimetizadores de auxina são uma das classes de herbicidas mais importantes em todo o mundo, sendo extensivamente utilizados em culturas como arroz, milho, trigo, cana-de-açúcar e pastagens (Silva et al., 2007). Dentre os herbicidas deste grupo, destaca-se o dicamba (ácido 3,6-dicloro-2-metoxibenzóico) utilizado no controle pós-emergente de plantas daninhas de folhas largas e plantas lenhosas (Bunch & Gervais, 2012). O dicamba é usualmente utilizado nas culturas de cana-de-açúcar, milho, trigo e pastagens, além do uso em áreas não cultivadas, como linhas de vedação e estradas (Silva et al., 2007; Hoy et al., 2015; Underwood et al., 2016). Nos últimos anos houve redução no uso desse herbicida em importantes sistemas produtivos no Brasil, devido ao aumento no uso de culturas resistente ao herbicida glyphosate, e a introdução do sistema Clearfield®, permitindo a utilização de cultivares de arroz resistente aos herbicidas do grupo das imidazolinonas. No entanto, diante do aumento acentuado no número de plantas daninhas resistentes ao glyphosate e os recentes avanços na liberação do cultivo da soja resistente ao dicamba (Website, 2017), há perspectiva de aumento no uso desse herbicida no país.

Quando um herbicida é aplicado uma proporção atinge o solo, seja por contato direto ou por escorrimento nas folhas, ou ainda a morte da planta tratada com posterior incorporação ao solo. O herbicida em contato com o solo pode ser absorvido pelas raízes das plantas, sorvido aos colóides do solo, dissolvido na solução do solo, sofrer fotólise, hidrólise ou degradação microbiana (Kraemer et al., 2009). Além disso, o herbicida pode ser transportado para fora da região de absorção das raízes, por escoamento superficial ou lixiviação, podendo contaminar fontes de água superficiais ou subsuperficiais (Guimarães et al., 2019; Holvoet et al., 2007; Kraemer et al., 2009; Mottes et al., 2014; Pinheiro et al., 2017).

Além do problema da contaminação das águas, a retenção do herbicida no solo pode se tornar indesejável pela contaminação de culturas subsequentes quando apresenta residual longo (Belo et al., 2007). Diante disso, torna-se importante o uso de ferramentas que permitam identificar e quantificar a presença dessas moléculas. Dentre as técnicas mais comuns para identificar e quantificar a presença de um herbicida no solo ou na água é por meio de bioensaios. A

técnica utiliza plantas indicadoras que apresentam fácil cultivo, rápido desenvolvimento e alta sensibilidade aos herbicidas avaliados (Silva et al., 2007; Nunes & Vidal, 2009; Souza, 1999).

A beterraba e o tomate foram as espécies que apresentaram maior sensibilidade aos herbicidas 2,4-D e picloram, sendo que os sintomas visuais de intoxicação se mostraram as variáveis mais indicadas para a avaliação da presença do resíduo dos herbicidas (Santos et al., 2015). No entanto, dentro do grupo dos herbicidas auxínicos, não há relatos na literatura de espécies indicadas para estudo do dicamba no ambiente.

Diante do exposto, o estudo teve por objetivo identificar plantas sensíveis ao herbicida dicamba, para fim de indicação de resíduo desse herbicida no solo.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal de Viçosa (UFV), durante os meses de maio a junho de 2018, em condições controladas de temperatura e umidade. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 10, com quatro repetições. O primeiro fator foi composto pelas espécies de plantas com suposta sensibilidade ao herbicida (Feijão (*Phaseolus vulgaris*), Melancia (*Citrullus lanatus*), Pepino (*Cucumis sativus*), Beterraba (*Beta vulgaris*), Soja (*Glycine max*) e Tomate (*Solanum lycopersicum*)), e o segundo fator composto pelas doses do herbicida dicamba (0; 4,5; 9,0; 18,0; 36,0; 54,0; 72,0; 108,0; 144,0; 216,0 g de e.a ha⁻¹).

As unidades experimentais foram constituídas por vasos plásticos preenchidos com 0,3 dm³ de areia lavada (substrato inerte). Posteriormente, aplicou-se o herbicida dicamba na superfície do substrato, com pulverizador pressurizado a CO₂, equipado com duas pontas TT 11002, espaçados em 0,50 m, com volume de calda de 180 L ha⁻¹. Após aplicação, o substrato foi homogeneizado de modo que o herbicida interagisse com todo o volume. Em seguida, foi efetuada a semeadura das espécies indicadoras, utilizaram-se cinco sementes introduzidas ao solo a 1,5 cm da superfície do solo. Após a emergência, padronizou-se a população em três plântulas por vaso.

Aos 14 e 21 dias após a emergência (DAE), avaliou-se a intoxicação visual das plantas,



atribuindo notas que variaram de 0 para ausência de intoxicação e 100 morte da planta. Além disso, aos 21 DAE foi realizada a coleta da parte aérea das plantas, o material foi acondicionado em sacos de papel devidamente identificado e depositado em estufa com temperatura de 70 °C, até que fosse atingida a massa seca constante.

Para interpretação dos resultados, as variáveis foram submetidas à análise estatística, utilizando o modelo log-logístico não-linear proposto por Seefeldt et al. (1995):

$$Y = C + \frac{D - C}{1 + \left(\frac{X}{C_{50}}\right)^b}$$

Em que, D e C correspondem ao nível máximo e mínimo da curva de dose resposta, respectivamente. O b, ao declive da curva em torno do C_{50} e o C_{50} , à dose-resposta referente à intoxicação visual de 50% da planta indicadora.

Resultados e Discussão

Os mais altos valores de intoxicação visual podem ser observados na cultura do feijão e também na soja (Figuras 1 e 2), com valores de C_{50} de 17,75 e 23,07 g de e.a ha⁻¹, respectivamente, aos 14 DAE. Já a cultura do pepino, melancia, beterraba e tomate também se comportaram de forma sensível a aplicação do dicamba, no entanto, com valores de C_{50} mais altos de 32,12; 47,58; 40,04 e 60,78 g de e.a ha⁻¹, respectivamente aos 14 DAE (Tabela 1).

Os valores de intoxicação aos 21 DAE seguiram a mesma tendência da avaliação anterior, as plantas de soja se destacaram em relação as outras plantas indicadoras pela maior sensibilidade, apresentando valor de C_{50} de 13,82 g de e.a ha⁻¹. As plantas de beterraba, pepino e melancia apresentaram sensibilidade com valores de 20,22; 25,25 e 28,41 g de e.a ha⁻¹, respectivamente. Já para o tomate as plantas apresentaram capacidade de recuperação, passando de 60,78 aos 14 DAE para 99,47 g de e.a ha⁻¹ aos 21 DAE.

Vale ressaltar que para cultura do feijão o ensaio foi finalizado aos 14 DAE devido o aparecimento de injúrias nas plantas que não se assemelhavam aos sintomas do suposto herbicida aplicado, a hipótese que as injúrias poderiam ser de alguma doença então, para melhor segurança dos resultados e visualização dos sintomas do herbicida dicamba o feijão teve sua massa seca coletada de forma antecipada em relação as outras culturas.

Para massa seca da parte aérea (MSPA), só houve ajuste do modelo log-logístico não-linear proposto por Seefeldt et al. (1995) para as plantas de feijão (Figura 3). Para beterraba, pepino, melancia, tomate e soja não houve ajuste do modelo (Figura 3 e 4). Herbicidas a base de auxinas são conhecidos como produtos químicos que aumentam o crescimento em baixas concentrações (não tóxicas), imitando a auxina, hormônio de crescimento (Allender, 1997). Nesse sentido, as respostas horméticas em algumas características das plantas podem ser esperadas através do aumento da produção e atividade de auxinas (Cedergreen et al., 2007).

Testando sub-doses de 2,4-D em duas espécies de plantas *Gossypium hirsutum* e *Zea mays*, Allender et al. (1997), verificaram que as plantas de algodão tratadas com 2 ug L⁻¹ de 2,4-D, exibiram estímulo de crescimento em comparação com o tratamento controle, exibindo aumento da área foliar e peso seco da parte aérea das plantas tratadas. Nesse sentido, a aplicação do dicamba principalmente nas sub-doses de 36; 54 e 72 g de e.a ha⁻¹ provocou aumento na produção de massa seca da maioria das culturas como beterraba, melancia, soja, tomate e pepino (Figuras 3; 4 e 5). Em contrapartida, o feijão não foi estimulado em nenhuma sub dose do produto aplicado (Figuras 3 e 5), isso pode estar relacionado à alta sensibilidade da cultura pois, mesmo em sub-doses muito baixas o herbicida dicamba causa danos ao feijão.

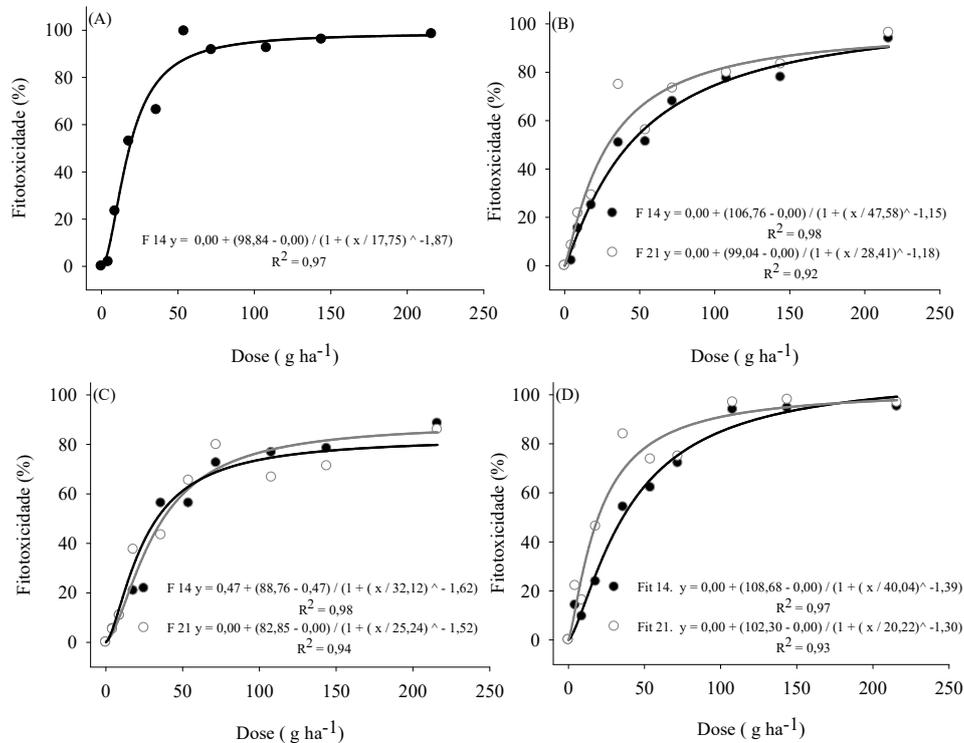


Figura 1. Índice de intoxicação (%) em plantas de feijão (A), melancia (B), pepino (C) e Beterraba (D) aos 14 e 21 DAE, submetidos a doses do herbicida dicamba aplicado na areia em pré-semeadura.

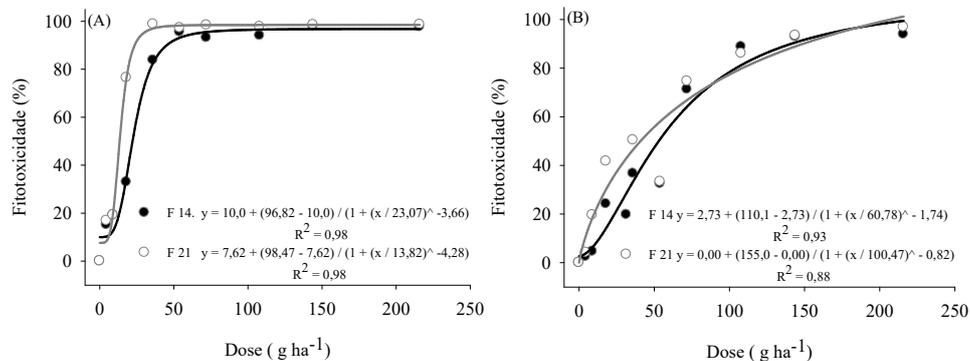


Figura 2. Índice de intoxicação (%) em plantas de soja (A) e tomate (B) aos 14 e 21 DAE, submetidos a doses do herbicida dicamba aplicado na areia em pré-semeadura.

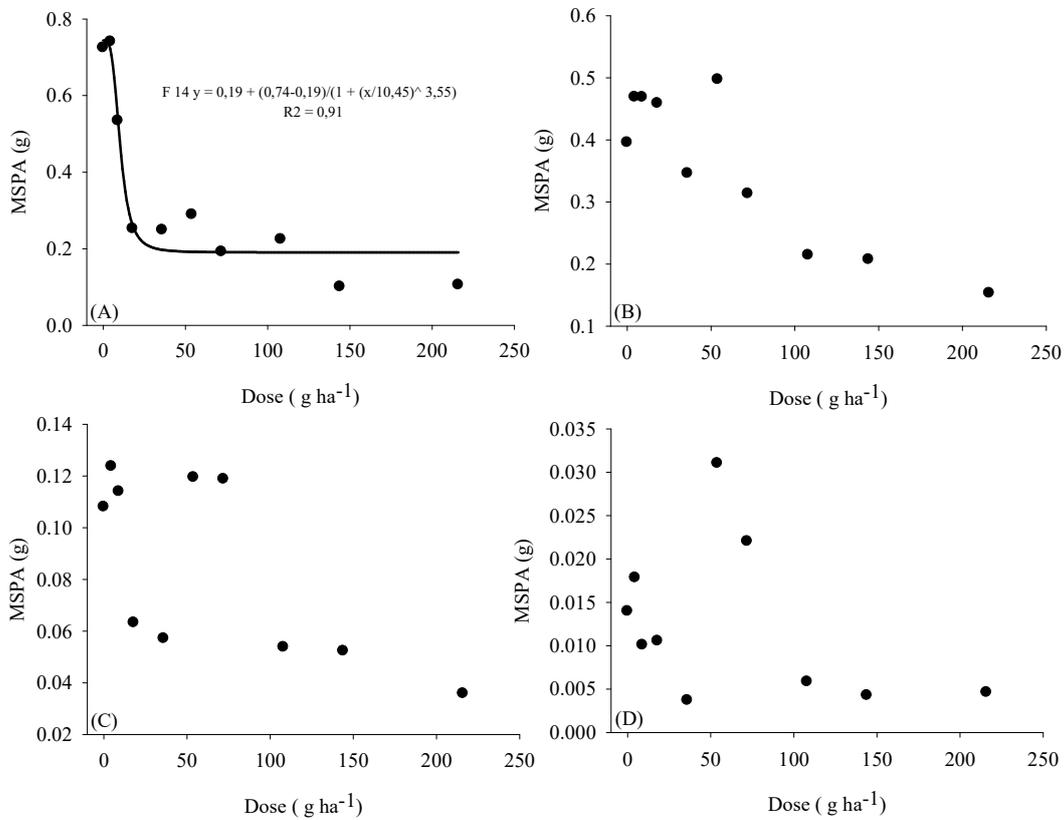


Figura 3. Matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de feijão (A), melancia (B), pepino (C) e Beterraba (D), submetidos a doses do herbicida dicamba aplicado na areia em pré-semeadura.

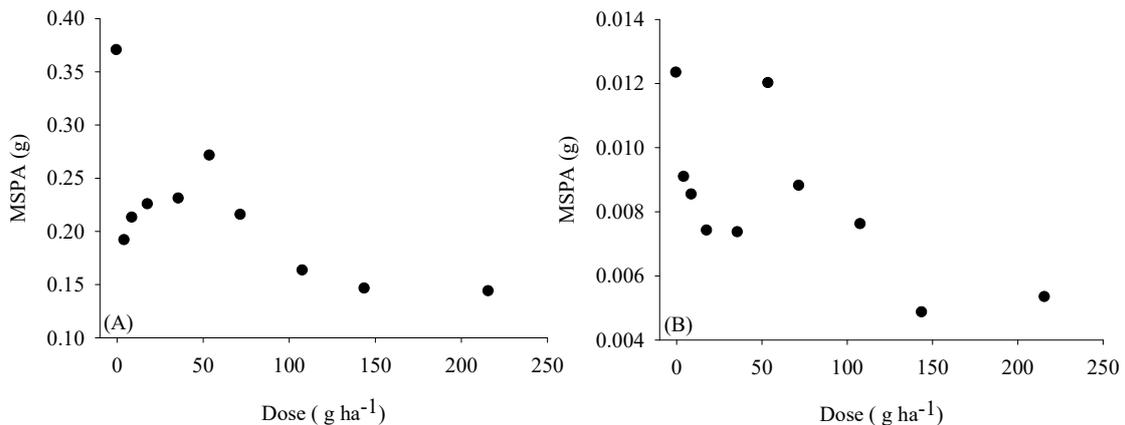


Figura 4. Matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de soja (A) e tomate (B), submetidos a doses do herbicida dicamba aplicado na areia em pré-semeadura.

Tabela 1. Doses do dicamba que causaram 50% de sintomas de intoxicação nas plantas indicadoras (C_{50}) aos 14 e 21 DAE e da Matéria seca da parte aérea (MSPA)

| Espécie indicadora | 14 DAE | 21 DAE | MSPA |
|--------------------|----------------------|--------|-----------------|
| | ----- C_{50} ----- | | |
| Feijão | 17,75 | - | 10,45 |
| Soja | 23,07 | 13,82 | FA ¹ |
| Pepino | 32,12 | 25,25 | FA |
| Beterraba | 40,04 | 20,22 | FA |
| Melancia | 47,58 | 28,41 | FA |
| Tomate | 60,78 | 99,47 | FA |

¹ Falta de ajuste do modelo log-logístico não-linear proposto por Seefeldt et al. (1995).

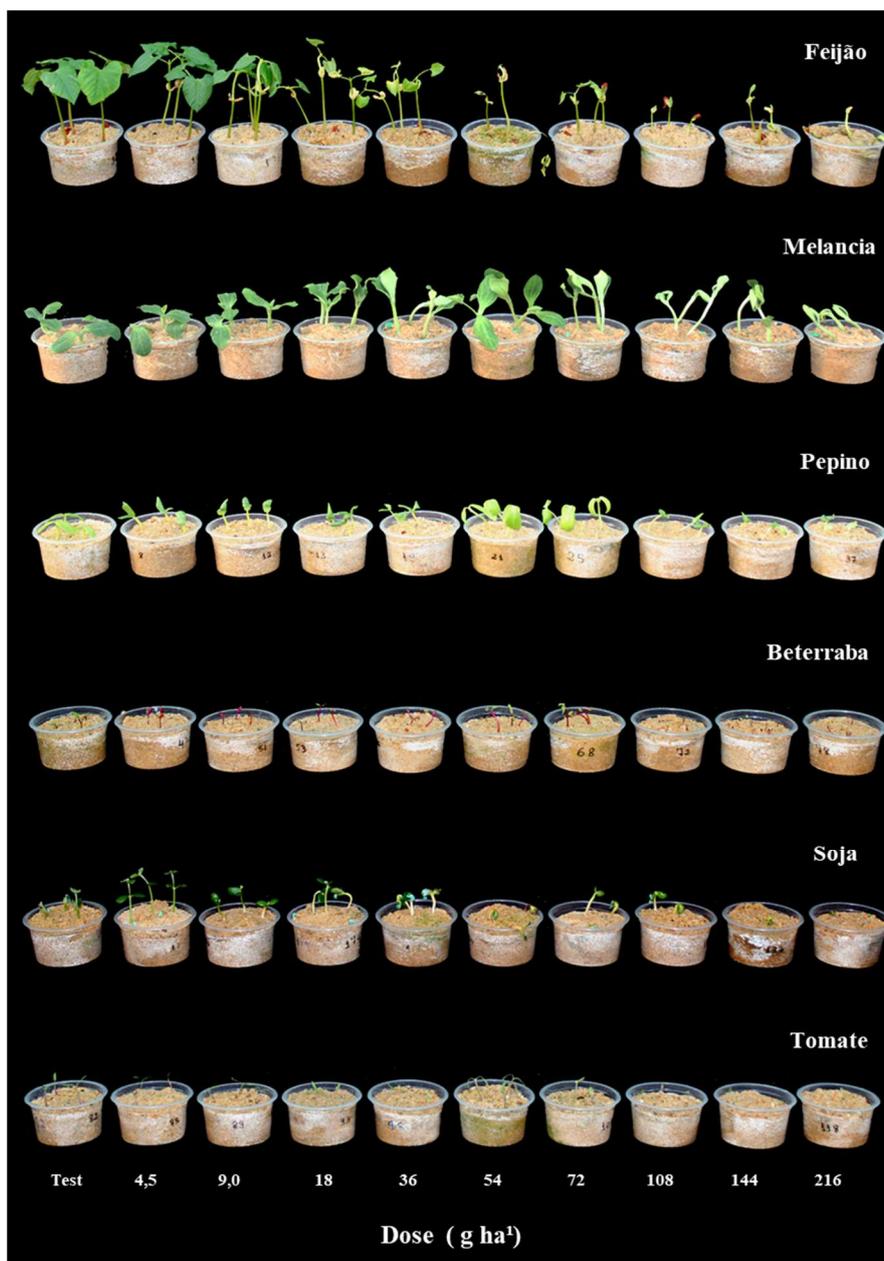


Figura 5. Efeito da aplicação de doses do herbicida dicamba em areia, para determinação da espécie indicadora, aos 14 DAE.



Conclusão

O feijão e a soja foram as espécies que apresentaram maior sensibilidade ao dicamba. No entanto, os sintomas visuais de intoxicação e a produção de massa seca destacam o feijão como a espécie mais indicada para a avaliação da presença de resíduos do herbicida dicamba.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

Referências

ALLENDER, W. J. Effect of trifluoperazine and verapamil on herbicide stimulated growth of cotton. **Journal of Plant Nutrition**, v. 20, n.1, p. 69-80, 1997.

ANDRADE, A. I. A. S. S.; STIGTER, T. Y. Multi-method assessment of nitrate and pesticide contamination in shallow alluvial groundwater as a function of hydrogeological setting and land use. **Agricultural Water Management**, v.96, n.12, p.1751-1765, 2009.

BELO, A. F.; SANTOS, E. A.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; CECON, P. R.; SILVA, L. L. Fitorremediação de solo adubado com composto orgânico e contaminado com trifloxysulfuron-sodium. **Planta Daninha**, v. 25, n.2, p. 251-258, 2007.

BELO, A. F.; COELHO, A. T. C. P.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B. Potential of plant species in the remediation of soil contaminated with sulfentrazone. **Planta Daninha**, v.29, n.4, p.821-828, 2011.

CEDERGREEN, N.; STREIBIG, J. C.; KUDSK, P.; MATHIASSEN, S. K.; DUKE, S. O. The occurrence of hormesis in plants and algae. **Dose-response**, v. 5, n.2, p. 150-162, 2007.

GUIMARAES, A. C. D.; MENDES, K. F.; CAMPION, T. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; TORNISIELO, V. L. Leaching of Herbicides Commonly Applied to Sugarcane in Five

Agricultural Soils. **Planta Daninha**, v. 37, p. e019181505, 2019.

HOLVOET, K. M.; SEUNTJENS, P.; VANROLLEGHEM, P. A. Monitoring and modeling pesticide fate in surface waters at the catchment scale. **Ecological modelling**, v.209, n.1, p.53-64, 2007.

HOY, J.; SWANSON, N.; SENEFF, S. The high cost of pesticides: human and animal diseases. **Poultry, Fisheries & Wildlife Sciences**, v.3, n.1, p.1-18, 2015.

KRAEMER, A. F.; MARCHESAN, E.; AVILA, L. A.; MACHADO, S. L. O.; GROHS, M. Destino ambiental dos herbicidas do grupo das imidazolinonas. **Planta Daninha**, v.27, n.3, p.629-639, 2009.

MOTTES, C.; LESUEUR-JANNOYER, M.; LE BAIL, M.; MALÉZIEUX, E. Pesticide transfer models in crop and watershed systems: a review. **Agronomy for sustainable development**, v.34, n.1, p.229-250, 2014.

NUNES, A.L.; VIDAL, R.A. Seleção de plantas quantificadoras de herbicidas residuais. **Revista de Ecotoxicologia e meio ambiente**, v.19, n.1, p.19-28, 2009.

NISHIMURA, J.; GAZZO, K.; BUDD, R. (2012). Environmental Fate and Toxicology of Dicamba. Disponível em: <<https://www.cdpr.ca.gov/docs/emon/pubs/fateme/mo/dicamba.pdf>>. Acesso em: 21/04/2019.

PINHEIRO, A. I.; MILHOME, M. A. L.; FERREIRA, F. E. F. R.; DA COSTA, R. S.; SANTOS, J. L. G.; DE OLIVEIRA, L. K. B.; AMORIM, A. V. Potencial de contaminação em águas superficiais pelo uso de agrotóxicos em Iguatu, Ceará. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v.1, n.1, p.1-5, 2017.

PINTO, J. J. O.; NOLDIN, J. A.; PINHO, C. F.; ROSSI, F.; GALON, L.; ALMEIDA, G. F. Field persistence of (imazethapyr+ imazapic) to grain sorghum (*Sorghum bicolor*) planted in rotation after irrigated rice. **Planta Daninha**, v.27(SPE), p.1015-1024, 2009.



SANTOS, D. P.; BRAGA, R. R.; GUIMARÃES, F. A. R.; DE JESUS PASSOS, A. B. R.; SILVA, D. V.; SANTOS, J. B.; NERY, M. C. Determinação de espécies bioindicadoras de resíduos de herbicidas auxínicos. **Ceres**, v.60, n.3, p. 354-362, 2015.

SCHREIBER, F.; DE AVILA, L. A.; SCHERNER, A.; DA SILVA MOURA, D.; BALBÉ HELGUEIRA, D. Plantas indicadoras de clomazone na fase vapor. **Ciência Rural**, v.43, n.10, p.1817-1823, 2013.

SEEFELDT, S. S.; JENSEN, S. E.; FUERST, E. P. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationship. **Weed Technology**, v.9, n.2, p.218-227, 1995.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. Herbicidas: Classificação e mecanismos de ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa: UFV, 2007, p. 58-117.

SINDIVEG. Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para a Defesa Vegetal. (2017). Disponível em: <http://sindiveg.org.br/wp-content/uploads/2018/08/oquevoceprecisasaberso bredefensivosagricolas.pdf>. Acesso em: 15/04/2019.

SOUZA, A. D.; PRATES, H. T.; FERREIRA, F. A.; REIS, E. L.; JORDÃO, C. P. Lixiviação do glyphosate e do imazapyr em solos com diferentes texturas e composição química: II. Método analítico. **Planta Daninha**, v.17, n.2, p.245-262, 1999.

UNDERWOOD, M. G.; SOLTANI, N.; HOOKER, D. C.; ROBINSON, D. E.; VINK, J. P.; SWANTON, C. J.; SIKKEMA, P. H. The addition of dicamba to POST applications of quizalofop-p-ethyl or clethodim antagonizes volunteer glyphosate-resistant corn control in dicamba-resistant soybean. **Weed technology**, v.30, n.3, p.639-647, 2016.

WEBSITE. CTNBio aprova 2ª soja com tecnologia Xtend da Monsanto. *Agrolink*. Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/noticias/ctnbio->

aprova-2--soja-com-tecnologia-xtend-da
monsanto_370253.html>. Acesso em 10/03/2019.