REVISTA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Amazonian Journal
of Agricultural and Environmental Sciences
www.ajaes.ufra.edu.br

CC BY

http://dx.doi.org/10.22491/rca.2018.2613

ARTIGO ORIGINAL

Seleção de espécies bioindicadoras do herbicida ethoxysulfuron

Selection of bioindicator species for the herbicide ethoxysulfuron

Thiago Lucas de Oliveira[1]*
Marcelo de Paula Senoski[1]
Ana Caroline de Lourdes Pereira Assis[1]
Valesca Pinheiro de Miranda[1]
Christiane Augusta Diniz Melo[1]
Marcelo Rodrigues dos Reis[1]

[1] Universidade Federal de Viçosa – UFV, Rodovia MG 230, Km 7, Zona Rural, 38810-000, Rio Paranaíba, MG, Brasil
***Autor correspondente:**
E-mail: thiago.agroufv@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE
Bioensaio
Sulfonilureia
Plantas teste

KEYWORDS
Bioassay
Sulphonylurea
Test plants

RESUMO: A seleção de espécies bioindicadoras do ethoxysulfuron pode viabilizar o estudo do comportamento deste herbicida no solo pela técnica de bioensaio, constituindo assim o objetivo deste trabalho. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em que quatro espécies vegetais (sorgo, pepino, beterraba e tomate) foram cultivadas em solo submetido à aplicação de seis doses de ethoxysulfuron (0; 18,75; 37,5; 75; 112,5 e 150 g ha^{-1}). Avaliou-se a fitointoxicação, altura de plantas (ALT) e matéria seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR) e total (MST). Foram observados diferentes níveis de tolerância das espécies ao herbicida: o aumento das doses de ethoxysulfuron reduziu as variáveis ALT, MSPA, MSR e MST e aumentou a fitointoxicação para pepino, beterraba e tomate. O sorgo apresentou baixa sensibilidade ao herbicida. As maiores doses avaliadas inibiram o crescimento em altura e o acúmulo de matéria seca do pepino. A beterraba se comportou como espécie extremamente sensível, com redução de 100% em ALT e matéria seca a partir da segunda menor dose (37,5 g ha^{-1}). Entre as espécies avaliadas, o pepino apresenta maior potencial para uso como bioindicadora em estudos com ethoxysulfuron.

ABSTRACT: *The selection of bioindicator species for ethoxysulfuron can enable the study of the behavior of this herbicide in the soil through the bioassay technique. Thus, this study aimed to select species with potential for use as bioindicators of the presence of this herbicide in the soil. A completely randomized design with four replications was used in which four plant species (sorghum, cucumber, beet and tomato) were cultivated in soil submitted to the application of six doses of ethoxysulfuron (0, 18.75, 37.5, 75, 112.5 and 150 g ha^{-1}). Phytotoxicity, plant height (PH), shoot dry matter (SDM), root dry matter (RDM) and total dry matter (TDM) were evaluated. Different levels of tolerance of the species to ethoxysulfuron were observed: the increased doses of ethoxysulfuron reduced PH, SDM, RDM and TDM, as well as increased phytotoxicity for cucumber, beet and tomato. Sorghum showed low sensitivity to the herbicide. The highest doses inhibited the growth in height and the accumulation of dry matter of cucumber. Beet behaved as an extremely sensitive species, with a reduction of 100% in PH and dry matter in the second lowest dose (37.5 g ha^{-1}). Among the evaluated species, the cucumber has greater potential for use as bioindicator in studies with ethoxysulfuron.*

Recebido: 4 mar. 2017
Aceito: 21 jul. 2018

1 Introdução

Um dos fatores que limitam o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade de culturas agrícolas é a interferência provocada por plantas daninhas, pois além de competir por fatores essenciais como luz, água e nutrientes (Ferreira et al., 2015; Medeiros et al., 2016), depreciam a qualidade da produção e podem ser hospedeiras de pragas, patógenos e nematoides (Sales Junior et al., 2012; Bellé et al., 2017; Dalazen et al., 2017).

Dentre as alternativas de manejo de plantas daninhas em cultivos, destaca-se o controle químico por meio do uso de herbicidas devido a rapidez e praticidade na aplicação, elevada eficiência sobre espécies de difícil controle e baixo emprego de mão de obra (Marchesan et al., 2011). Ao entrarem em contato com o solo, os herbicidas estão sujeitos a processos físico-químicos que regulam seu destino no ambiente, podendo ser absorvidos pelas plantas, lixiviados, degradados ou sorvidos pelas partículas de solo (Silva & Silva, 2007), neste caso permanecendo por mais tempo.

Herbicidas com maior período de atividade no solo proporcionam maior intervalo de tempo sem interferência, suprimindo novos fluxos de plantas daninhas e reduzindo o número de aplicações para seu controle. No entanto, a depender da dose utilizada, de condições ambientais e de suas propriedades físico-químicas, esta atividade residual pode se estender e causar problemas em culturas subsequentes, fenômeno este denominado *carryover* (Mancuso et al., 2011).

Para avaliação da permanência de moléculas de herbicidas no solo podem ser aplicadas técnicas como espectrometria de massa, cromatografia líquida e gasosa, bem como o uso de bioensaio. Esta última técnica consiste em utilizar espécies vegetais sensíveis ao herbicida estudado, de fácil cultivo e rápido desenvolvimento. Em razão de sua simplicidade e baixo custo, é uma das técnicas mais comuns na detecção de resíduos de herbicidas no solo (Nunes & Vidal, 2009).

Várias são as espécies de plantas empregadas em bioensaios para verificação da presença de determinados herbicidas em solos. Marchesan et al. (2011) testaram aveia branca, trigo, quiabo, tomate, ervilha e rabanete como bioindicadores da presença do herbicida atrazine, destacando tomate e rabanete como as espécies mais sensíveis. Para ensaios de persistência e lixiviação de sulfentrazone *é* comum o emprego de beterraba (Blanco et al., 2010) e sorgo (Melo et al., 2010). O pepino *é* largamente utilizado como espécie bioindicadora da presença de herbicidas como trifloxysulfuron-sodium e pyrithiobac-sodium (Guerra et al., 2011b), atrazine, cloransulam-methyl, imazaquin, metribuzin e s-metolachlor (Nunes & Vidal, 2009). Na literatura são escassos os trabalhos sobre a seleção de espécies para uso em bioensaios com o herbicida ethoxysulfuron.

O ethoxysulfuron é uma molécula ainda pouco estudada pela comunidade científica quanto ao comportamento herbicida em solos tropicais. Ela pertence ao grupo das sulfonilureias e é recomendada para aplicação em pré e pós-emergência das plantas daninhas nas culturas do arroz e da cana-de-açúcar (Brasil, 2018). Seu mecanismo de ação consiste na inibição da enzima acetolactato sintetase (ALS), que participa da síntese dos aminoácidos ramificados valina, leucina e isoleucina (Zhou et al., 2007).

Herbicidas deste grupo químico apresentam maior persistência em solos com pH mais básico (Matocha & Senseman, 2007), fato que pode aumentar o risco de *carryover* para culturas sensíveis. Estudos preliminares indicam que após um ano de aplicação, resíduos de ethoxysulfuron no solo reduziram a produção de alho na região do Alto Paranaíba (MG) (Melo et al., 2016). Mesmo após 150 dias da aplicação de trifloxysulfuron-sodium, herbicida de mesmo mecanismo de ação, ainda foi possível detectar sua atividade no solo (Guerra et al., 2011a) por meio da técnica de bioensaio. Trabalhando com imazosulfuron, também inibidor da ALS, Felix et al. (2012) observaram que resíduos no solo podem afetar culturas agrícolas por até dois anos após sua aplicação.

A seleção de espécies sensíveis ao ethoxysulfuron pode viabilizar o estudo do comportamento do herbicida no solo pela técnica de bioensaio. Assim sendo, objetivou-se selecionar espécies com potencial para uso como bioindicadoras da presença deste herbicida no solo.

2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Viçosa (UFV), campus Rio Paranaíba (19°12'21" S e 46°10'05" W), nos meses de abril a maio de 2016. O solo utilizado é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2013) e suas características químicas estão apresentadas na Tabela 1.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de seis doses de ethoxysulfuron (0; 18,75; 37,5; 75; 112,5 e 150 g ha^{-1}), equivalentes a 0; 12,5; 25; 50; 75; 100% da dose recomendada pelo fabricante. Testaram-se as espécies vegetais sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), pepino (*Cucumis sativus* L.), beterraba (*Beta vulgaris* L.) e tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Cada unidade experimental consistiu de um vaso plástico com volume de 500 cm^3.

A aplicação do herbicida foi realizada sobre o solo úmido com um pulverizador costal pressurizado com CO_2, operando *à* pressão constante de 3,0 kgf cm^{-2}, equipado com barra de duas pontas TT 110.02 espaçadas de 50 cm, a uma altura de 50 cm dos vasos e volume de calda de 200 L ha^{-1}. Para cada espécie foram colocadas cinco sementes por vaso à profundidade de 1 a 2 cm. Após a emergência foi feito desbaste, deixando-se duas plantas por vaso. Os vasos foram irrigados diariamente, mantendo-se a umidade próxima à da capacidade de campo.

Tabela 1. Atributos químicos do solo utilizado no experimento. Rio Paranaíba, 2018.

Table 1. Chemical attributes of the soil used in the experiment. Rio Paranaíba, 2018.

pH	Al^{3+}	$H^+ + Al^{3+}$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SB	CTC (T)	P-rem	P	K	SO_4^{2-}	V
(H_2O)	----------cmol$_c$ dm^{-3}----------					mg L^{-1}	----------mg dm^{-3}----------				%
6,3	0,0	2,6	4,7	1,0	5,85	8,45	15,6	8,2	58	11	69

Aos 7, 14, 21 e 28 dias após a emergência (DAE) foi avaliada a fitointoxicação por meio da escala de notas, na qual 0% representa nenhuma injúria e 100% representa a morte das plantas, conforme a metodologia proposta pela SBCPD (Velini et al., 1995). Aos 28 DAE também foi realizada a medição da altura de plantas (ALT) com auxílio de régua milimetrada, e posteriormente a parte aérea e a raiz das plantas foram coletadas e secadas em estufa (por 72 h a 65°C), para determinar as matérias secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR) e a total (MST).

Os dados obtidos foram então submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) com auxílio do software Sisvar® (Ferreira, 2011). Posteriormente, foram ajustadas equações de regressão por meio do pacote estatístico Sigmaplot® versão 10.0. Os modelos de regressão foram escolhidos considerando-se a significância dos coeficientes de regressão e a explicação do fenômeno biológico.

3 Resultados e Discussão

Foram observados diferentes níveis de tolerância das espécies ao ethoxysulfuron. Houve variação significativa de fitointoxicação quanto às doses do herbicida, exceto para o sorgo na primeira avaliação, efetuada aos 7 DAE. O sorgo (Figura 1A) e o tomate (Figura 1D) apresentaram os menores valores para fitointoxicação, não ultrapassando 20%, enquanto o pepino (Figura 1B) e a beterraba (Figura 1C) mostraram-se mais sensíveis aos efeitos fitotóxicos do herbicida. Em plantas de beterraba, com 12,5% (18,75 g ha^{-1}) da dose recomendada do ingrediente ativo já foi observada fitointoxicação de 90% aos 14 DAE (Figura 1C).

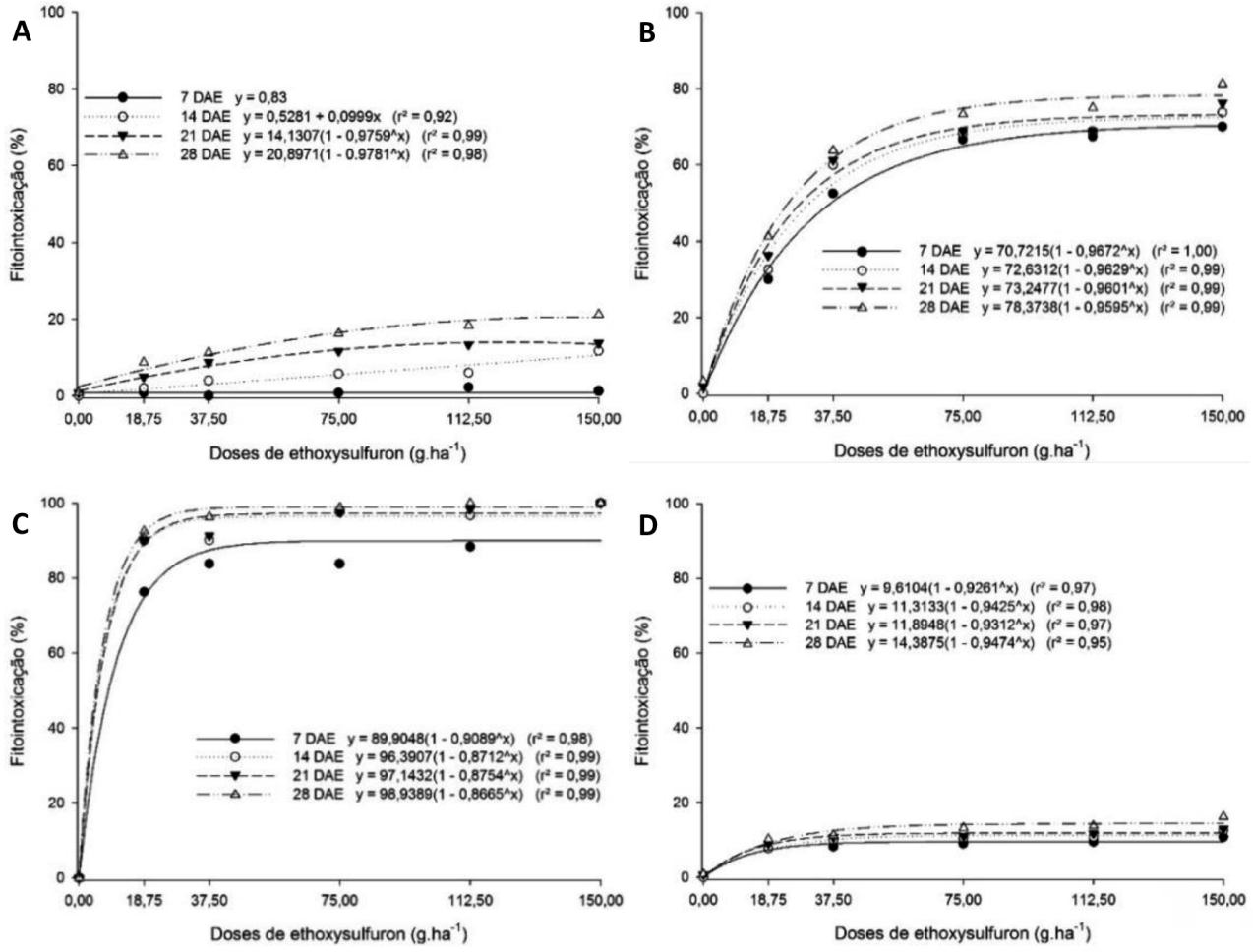

Figura 1. Porcentagem de fitointoxicação em plantas de sorgo (A), pepino (B), beterraba (C) e tomate (D), com a aplicação de 12,5; 25; 50; 75 e 100% da dose recomendada de ethoxysulfuron (150 g ha^{-1}).

Figure 1. Percentage of phytotoxicity in sorghum (A), cucumber (B), beet (C) and tomato plants (D), with application of 12.5; 25; 50; 75 and 100% of the recommended ethoxysulfuron dose (150 g ha^{-1}).

No pepino verificou-se encarquilhamento e coloração verde escura das folhas, com posterior clorose e necrose, além da presença de lesões no caule das plantas, que posteriormente evoluíram para necrose. Em solos com o herbicida, independentemente da dose, as plantas de beterraba apresentaram necrose dos tecidos já na menor dose. A morte

das plantas foi evidenciada a partir da dose de 37,50 g ha^{-1} aos 14 DAE. No sorgo e tomate os sintomas foram brandos, com presença de um pequeno amarelamento na parte aérea das plantas. Em todas as espécies foi observado aumento exponencial da fitotoxidez com o incremento das doses do herbicida. A deficiência dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina, causada pelos herbicidas inibidores de ALS, causa decréscimo contínuo na síntese proteica e na taxa de divisão celular, culminando na morte das células (Zhou et al., 2007). Esse efeito reflete em sintomas de clorose e necrose dos tecidos, observados principalmente em tecidos novos, além de redução do crescimento das plantas (Dan et al., 2009).

As variáveis ALT, MSPA, MSR e MST das plantas de sorgo não foram afetadas pela presença do ethoxysulfuron, independente da dose do herbicida (Figura 2). Estes resultados, somados às baixas notas de fitointoxicação (Figura 1A) encontradas, indicam tolerância das plantas ao herbicida. Assim, esta espécie não apresenta potencial para uso como bioindicadora em estudos de presença de ethoxysulfuron no solo. O sorgo tradicionalmente apresenta maior suscetibilidade a herbicidas quando comparado a outras gramíneas, tanto que é comumente utilizado como planta indicadora de herbicidas (Dan et al., 2010; Melo et al., 2010). Uma possível explicação para os resultados obtidos seria a seletividade do herbicida a esta gramínea, visto que o produto comercial é recomendado apenas para o controle de eudicotiledôneas e ciperáceas (Brasil, 2018). Essa seletividade pode estar relacionada com a capacidade das plantas de sorgo em substituir um ou mais aminoácidos constituintes da enzima ALS, reduzindo sua sensibilidade aos herbicidas (Tuinstra & Al-Khatib, 2007). São escassos trabalhos científicos com ethoxysulfuron no país.

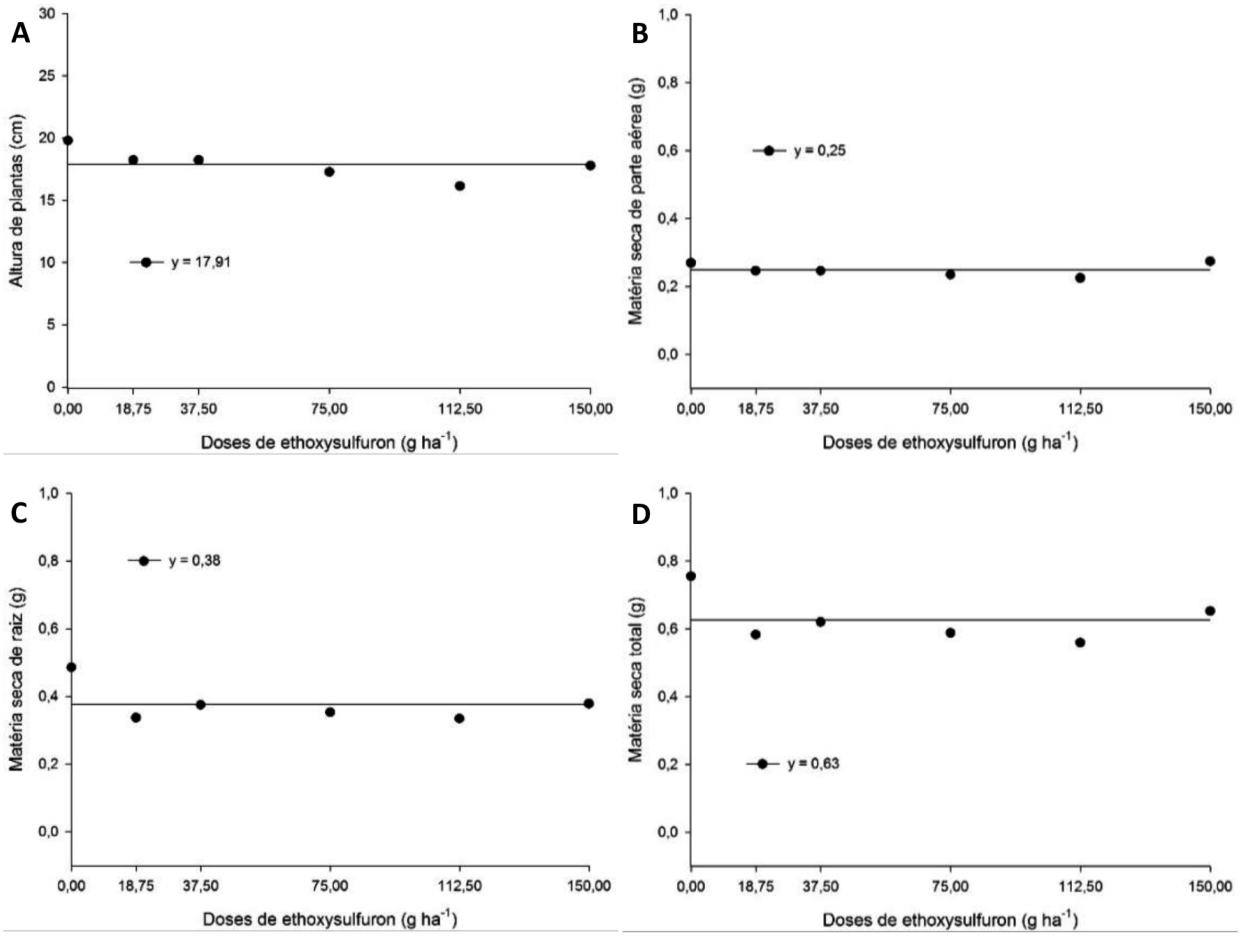

Figura 2. Altura de plantas (A), matéria seca de parte aérea (B), matéria seca de raiz (C) e matéria seca total (D) de plantas de sorgo, com a aplicação de 12,5; 25; 50; 75 e 100% da dose recomendada de ethoxysulfuron (150 g ha^{-1}).

Figure 2. Height of plants (A), shoot dry matter (B), root dry matter (C) and total dry matter of sorghum plants (D), with application of 12.5; 25; 50; 75 and 100% of the recommended ethoxysulfuron dose (150 g ha^{-1}).

As doses crescentes do herbicida no solo provocaram redução exponencial na ALT, MSPA, MSR e MST do pepino (Figura 3). As maiores doses avaliadas causaram inibição do crescimento em altura e acúmulo de matéria seca do pepino. Estas variações são decorrentes da redução da síntese proteica e da taxa de divisão celular causadas pela ação do herbicida (Zhou et al., 2007). São vários os trabalhos que fazem uso desta espécie como bioindicadora de resíduos de

herbicidas inibidores da ALS no solo (Chiang & Chiang, 2001; Monquero et al., 2010; Guerra et al., 2011a). Os resultados deste trabalho são concordantes com os resultados obtidos por Guerra et al. (2011b) quanto *à* sensibilidade da espécie a herbicidas do grupo químico das sulfonilureias, pois dentre as espécies avaliadas pelos autores, o pepino mostrou-se o mais sensível ao efeito do herbicida trifloxysulfuron-sodium, apresentando reduções tanto de altura de plantas como de matéria seca e área foliar.

A presença de ethoxysulfuron no solo ocasionou elevada redução em ALT e na matéria seca da beterraba, mesmo na menor dose utilizada (18,75 g ha^{-1}) (Figura 4). As plantas de beterraba não emitiram folhas verdadeiras nos vasos com a presença do herbicida, apresentando apenas as folhas cotiledonares, o que explica a grande declividade das curvas para as variáveis citadas. Nesta espécie, houve redução de 100% em todas as variáveis estudadas a partir da dose de 37,5 g ha^{1}. Este comportamento classifica a beterraba como espécie extremamente sensível ao herbicida e dificulta sua seleção como planta bioindicadora por impossibilitar a visualização dos sintomas típicos do produto. O uso de herbicidas inibidores da ALS na cultura da beterraba tem sido limitado até o momento, uma vez que estas plantas apresentam grande sensibilidade a eles. Mesmo em baixas concentrações, às vezes presentes no solo por aplicações em culturas antecessoras, estes herbicidas podem causar danos econômicos (Azimi et al., 2014). Além do ethoxysulfuron, a beterraba se apresenta como sensível a outros herbicidas de variados mecanismos de ação, como sulfentrazone (Blanco et al., 2010), saflufenacil (Diesel et al., 2012), aminocyclopyrachlor e indaziflam (Guerra et al., 2014).

Em tomate, a redução de altura das plantas foi de 30% com a maior dose do herbicida (Figura 5A). Também foram constatadas reduções na matéria seca de parte aérea e de sistema radicular, com valores próximos de 66 e 80%, respectivamente (Figura 5B, 5C). Embora tenha apresentado sensibilidade ao herbicida, a espécie não apresentou notas de sintomas visuais de fitointoxicação elevadas (Figura 1D). Ressalta-se que nem todo efeito *carryover* leva à manifestação de sintomas visuais, sendo importante uma análise conjunta desta variável com outras como matéria seca e produtividade das culturas.

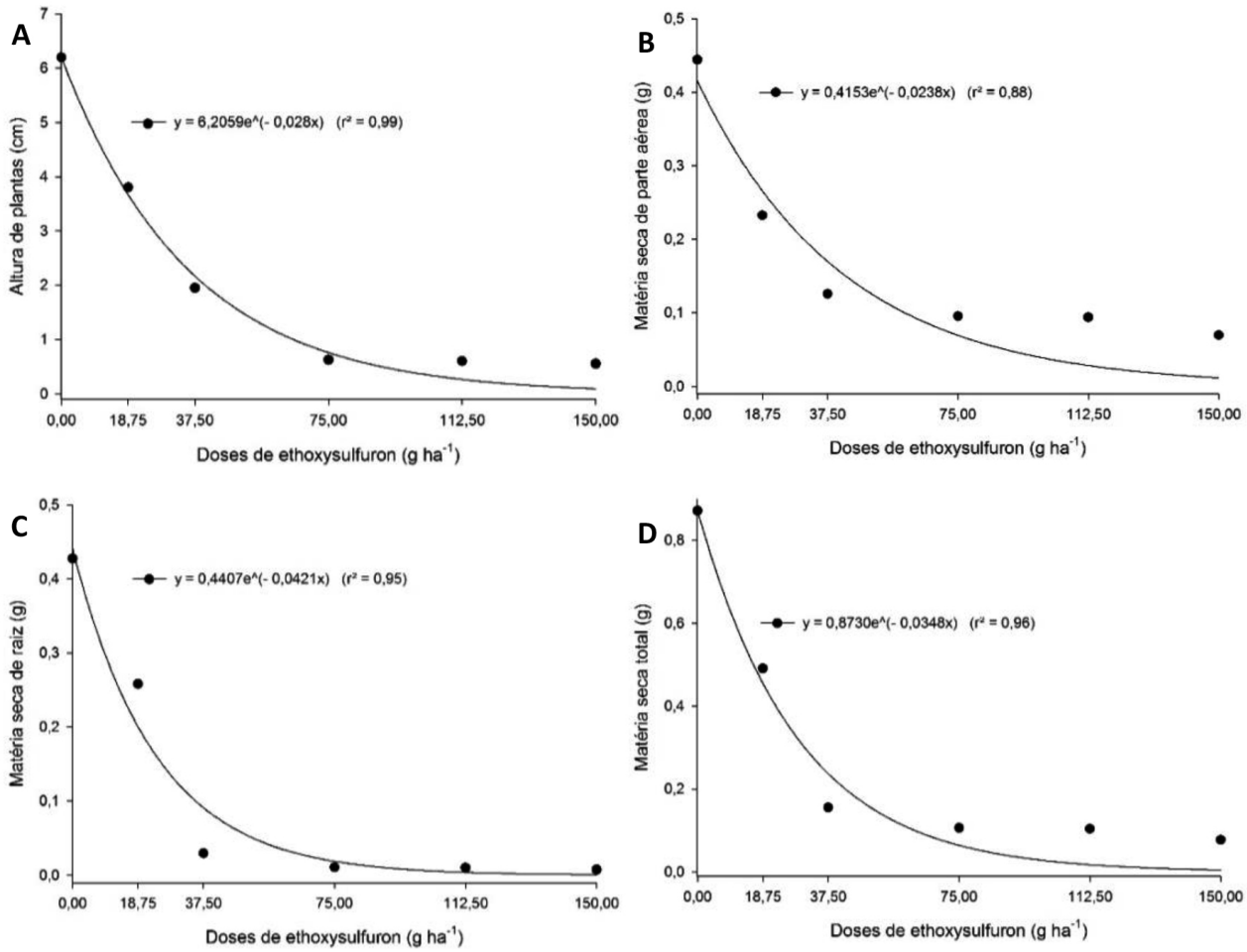

Figura 3. Altura de plantas (A), matéria seca de parte aérea (B), matéria seca de raiz (C) e matéria seca total (D) de plantas de pepino, com a aplicação de 12,5; 25; 50; 75 e 100% da dose recomendada de ethoxysulfuron (150 g ha^{-1}).

Figure 3. Height of plants (A), shoot dry matter (B), root dry matter (C) and total dry matter of cucumber plants (D), with application of 12.5; 25; 50; 75 and 100% of the recommended ethoxysulfuron dose (150 g ha^{-1}).

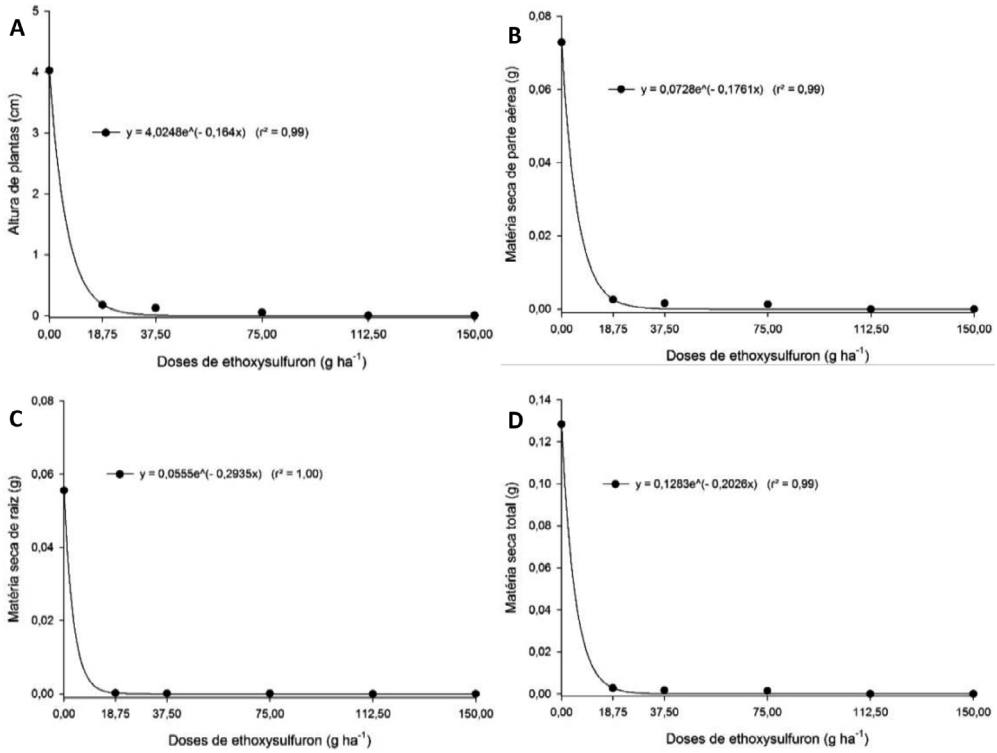

Figura 4. Altura de plantas (A), matéria seca de parte aérea (B), matéria seca de raiz (C) e matéria seca total (D) de plantas de beterraba, com a aplicação de 12,5; 25; 50; 75 e 100% da dose recomendada de ethoxysulfuron (150 g ha^{-1}).

Figure 4. Height of plants (A), shoot dry matter (B), root dry matter (C) and total dry matter of beet plants (D), with application of 12.5; 25; 50; 75 and 100% of the recommended ethoxysulfuron dose (150 g ha^{-1}).

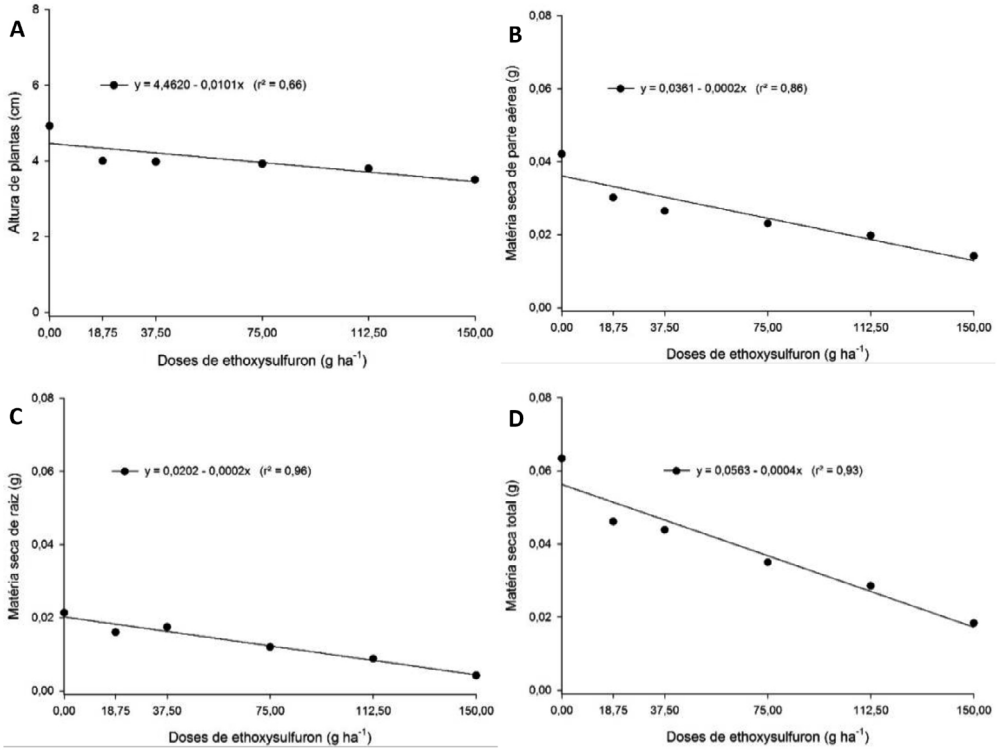

Figura 5. Altura de plantas (A), matéria seca de parte aérea (B), matéria seca de raiz (C) e matéria seca total (D) de plantas de tomate, com a aplicação de 12,5; 25; 50; 75 e 100% da dose recomendada de ethoxysulfuron (150 g ha^{-1}).

Figure 5. Height of plants (A), shoot dry matter (B), root dry matter (C) and total dry matter of tomato plants (D), with application of 12.5; 25; 50; 75 and 100% of the recommended ethoxysulfuron dose (150 g ha^{-1}).

4 Conclusões

Entre as espécies avaliadas, o pepino apresenta maior potencial para uso como bioindicadora em estudos com ethoxysulfuron.

Referências

AZIMI, M.; RAMEZANI, K.; ALIMORADI, L. Investigation of phytotoxicity and stability of residuals, nicosulfuron and rimsulfuran on wheat grown on two soil types. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, v. 2, n. 7, p. 2259-2263, 2014.

BELLÉ, C.; KULCZYNSKI, S. M.; KASPARY, T. E.; KUHN, P. R. Plantas daninhas como hospedeiras alternativas para Meloidogyne incognita. *Nematropica*, v. 47, n. 1, p. 26-33, 2017.

BLANCO, F. M. G.; VELINI, E. D.; BATISTA FILHO, A. Persistência do herbicida sulfentrazone em solo cultivado com cana-de-açúcar. *Bragantia*, v. 69, n. 1, p. 71-75, 2010. doi: 10.1590/S0006-87052010000100010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Agrofit*: sistema de agrotóxicos fitossanitários, Brasília, DF, Mapa, 2018. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/>. Acesso em: 1º jul. 2018.

CHIANG, Y. J.; CHIANG, M. Y. Bioassay for detecting the residual activities of sulfonylurea herbicides in paddy water. *Weed Science Bulletin*, v. 22, n. 2, p. 85-99, 2001.

DALAZEN, G.; BIGOLIN, M.; VALMORBIDA, I.; STACKE, R. F.; CAGLIARI, D. Faunistic analysis of pest insects and their natural enemies associated with hairy fleabane in soybean crop. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 47, n. 3, p. 336-344, 2017. doi: 10.1590/1983-40632016v4747348.

DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; DAN, L. G. M.; PROCÓPIO, S.; FERREIRA FILHO, W. C.; MENEZES, C. C. E. Tolerância do sorgo granífero ao herbicida tembotrione. *Planta Daninha*, v. 28, n. 3, p. 615-620, 2010. doi: 10.1590/S0100-83582010000300019.

DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; DAN, L. G. M., TANNÚS, V. R.; FINOTTI, T. R. Seletividade de herbicidas aplicados na pós-emergência da cultura do milheto (Pennisetum glaucum). *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 8, n. 3, p. 297-306, 2009. doi: 10.18512/1980-6477/rbms.v8n03p%25p.

DIESEL, F.; TREZZI, M. M.; PAZUCH, D.; XAVIER, E.; ROSIN, D.; PAGNONCELLI, F. Seleção de espécies da família Cucurbitaceae e Chenopodiaceae para indicação da presença de saflufenacil no solo. *Pesticidas*: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, v. 22, p. 35-42, 2012. doi: 10.5380/pes.v22i1.30794.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 345 p.

FELIX, J.; FENNIMORE, S. A.; RACHUY, J. S. Response of alfalfa, green onion, dry bulb onion, sugar beet, head lettuce, and carrot to imazosulfuron soil residues 2 years after application. *Weed Technology*, v. 26, n. 4, p. 769-776, 2012. doi: 10.1614/WT-D-12-00011.1.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. doi: 10.1590/S1413-70542011000600001.

FERREIRA, E. A.; MATOS, C. C.; BARBOSA, E. A.; MELO, C. A. D.; SILVA, D. V.; SANTOS, J. B. Aspectos fisiológicos de soja transgênica submetida à competição com plantas daninhas. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 58, n. 2, p. 115-121, 2015. doi: 10.4322/rca.1745.

GUERRA, N.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA NETO, A. M.; SANTOS, G.; JUMES, T. M. C. Persistência de trifloxysulfuron-sodium e pyrithiobac-sodium em diferentes tipos de solo. *Planta Daninha*, v. 29, n. 3, p. 673-681, 2011a. doi: 10.1590/S0100-83582011000300022.

GUERRA, N.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA NETO, A. M.; SANTOS, G.; JUMES, T. M. C. Seleção de espécies bioindicadoras para os herbicidas trifloxysulfuron-sodium e pyrithiobac-sodium. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 10, n. 1, p. 37-48, 2011b. doi: 10.7824/rbh.v10i1.89.

GUERRA, N.; OLIVEIRA NETO, A. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; TAKANO, H. K. Sensibility of plant species to herbicides aminocyclopyrachlor and indaziflam. *Planta Daninha*, v. 32, n. 3, p. 609-617, 2014. doi: 10.1590/S0100-83582014000300017.

MANCUSO, M. A. C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L. Efeito residual de herbicidas no solo ("carryover"). *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 10, n. 2, p. 151-164, 2011. doi: 10.7824/rbh.v10i2.106.

MARCHESAN, E. D.; DEDORDI, G.; TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A.; DICK, D. P. Seleção de espécies bioindicadoras para uso em bioensaios de lixiviação e persistência de atrazina no solo. *Pesticidas*: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, v. 21, p. 47-54, 2011. doi: 10.5380/pes.v21i0.25937.

MATOCHA, M. A.; SENSEMAN, S. A. Trifloxysulfuron dissipation at selected pH levels and efficacy on Palmer amaranth (Amaranthus palmeri). *Weed Technology*, v. 21, n. 3, p. 674-677, 2007. doi: 10.1614/WT-06-165.1.

MEDEIROS, W. N.; MELO, C. A. D.; TIBURCIO, R. A. S.; SILVA, G. S.; MACHADO, A. F. L.; TUFFI SANTOS, L. D.; FERREIRA, F. A. Crescimento inicial e concentração de nutrientes em clones de Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis sob interferência de plantas daninhas. *Ciência Florestal*, v. 26, n. 1, 2016. doi: 10.5902/1980509821099.

MELO, C. A. D.; DIAS, R. C.; MENDES, K. F.; ASSIS, A. C. L. P.; REIS, M. R. Herbicides carryover in systems cultivated with vegetable crops. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 15, n. 1, p. 67-78, 2016. doi: 10.7824/rbh.v15i1.434.

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*, v. 28, n. 4, p. 835-842, 2010. doi: 10.1590/S0100-83582010000400017.

MONQUERO, P. A.; SILVA, P. V.; SILVA HIRATA, A. C.; TABLAS, D. C.; ORZARI, I. Leaching and persistence of sulfentrazone and imazapic. *Planta Daninha*, v. 28, n. 1, p. 185-195, 2010. doi: 10.1590/S0100-83582010000100022.

NUNES, A. L.; VIDAL, R. A. Seleção de plantas quantificadoras de herbicidas residuais. *Pesticidas*: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, v. 19, n. 1, p. 19-28, 2009. doi: 10.5380/pes.v19i0.16550.

SALES JUNIOR, R.; OLIVEIRA, O. F.; MEDEIROS, É. V.; GUIMARÃES, I. M.; CORREIA, K. C.; MICHEREFF, S. J. Ervas daninhas como hospedeiras alternativas de patógenos causadores

do colapso do meloeiro. *Ciência Agronômica*, v. 43, n. 1, p. 195-198, 2012.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Ed.). *Tópicos em manejo de plantas daninhas*. Viçosa: Editora UFV, 2007. 367 p.

VELINI, E. D.; OSIPE, R.; GAZZIERO, D. L. P. (Coord.). *Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas*. Londrina: SBPC, 1995. 42 p.

TUINSTRA, M. R.; AL-KHATIB, K. New herbicide tolerance traits in sorghum. In: CORN, SORGHUM, AND SOYBEAN SEED RESEARCH CONFERENCE AND SEED EXPOSITION, 2007, Chicago. *Proceedings*... Alexandria: ASTA, 2007. p. 14.

ZHOU, Q.; LIU, W.; ZHANG, Y.; LIU, K. K. Action mechanisms of acetolactate synthase-inhibiting herbicides. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 89, n. 2, p. 89-96, 2007. doi: 10.1016/j.pestbp.2007.04.004.

Contribuição dos autores: Thiago Lucas de Oliveira foi responsável pela montagem, condução e avaliação do experimento, análise estatística e redação científica; Marcelo de Paula Senoski, Ana Caroline de Lourdes Pereira Assis e Valesca Pinheiro de Miranda contribuíram na condução do experimento e na redação científica; Christiane Augusta Diniz Melo participou da supervisão de todas as etapas, revisão ortográfica e gramatical e redação científica; Marcelo Rodrigues dos Reis orientou e supervisionou todas as etapas.

Agradecimentos: Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) pelo apoio.

Fontes de financiamento: Não houve fonte de financiamento.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.