

Seletividade de herbicidas pós-emergentes em sistemas cultivados com crotalarias

Selectivity of post-emergent herbicides in systems grown with crotalaria

Selectividad de herbicidas post-emergentes en sistemas cultivados con crotalarias

Recebido: 21/05/2020 | Revisado: 24/05/2020 | Aceito: 26/05/2020 | Publicado: 06/06/2020

Sherithon Martins de Paula

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9314-864X>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: sherithon@gmail.com

Rita de Cassia Félix Alvarez

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1655-9939>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: rita.alvarez@ufms.br

Sebastião Ferreira de Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5693-912X>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: sebastiao.lima@ufms.br

Germison Vital Tomquelski

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2305-4752>

Fundação Chapadão, Brasil

E-mail: germison@fundacaochapadao.com.br

Resumo

As crotalárias são espécies que tem sido de grande utilização nos sistemas de produção agrícola, em função do seu potencial na fixação de nitrogênio, redução de nematoides e boa cobertura do solo. Porém há dificuldades no manejo de plantas daninhas ao longo do ciclo destas culturas, uma vez que não há herbicidas registrados. Objetivou-se avaliar o efeito de seletividade de herbicidas pós-emergentes em *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria ochroleuca*. Foram conduzidos dois experimentos, um com *C. spectabilis* e outro com *C. ochroleuca*, e no ano agrícola 2014/15. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com

quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela aplicação de dez herbicidas em pós-emergência (piritiobaque-sódico doses 22,4 e 42 g i.a. ha⁻¹, mesotriona 72 g i.a. ha⁻¹, etoxissulfurom 12 e 24 g i.a. ha⁻¹, bentazona 600 g i.a. ha⁻¹, 2,4-D 564 g i.a. ha⁻¹, atrazina 1.250 g i.a. ha⁻¹, flumicloraque-pentílico 30 g i.a. ha⁻¹ e imazetapir 30 g i.a. ha⁻¹), e uma testemunha. Foram avaliados a fitotoxicidade, altura, estande de plantas, número de folhas por planta, florescimento e massa seca da parte aérea. Concluiu-se que imazetapir (T4), bentazona (T7), flumicloraque-pentílico (T9) e em ambas as espécies crotalárias e piritiobaque-sódico nas duas doses (T2 e T3) em *Crotalaria spectabilis*, foram os herbicidas que promoveram os menores níveis de fitotoxicidade, assim como baixa ou nenhuma interferência em altura, estande de plantas, número de folhas e massa seca da parte aérea, indicando possível seletividade.

Palavras-chave: *Crotalaria spectabilis*; *Crotalaria ochroleuca*; Fitotoxicidade.

Abstract

Crotalaria are species that have been of great use in agricultural production systems, due to their potential for nitrogen fixation, reduction of nematodes and good soil coverage. However, there are difficulties in the management of weeds throughout the cycle of these crops, since there are no registered herbicides. The objective was to evaluate the selectivity effect of post-emergent herbicides in *Crotalaria spectabilis* and *Crotalaria ochroleuca*. Two experiments were conducted, one with *C. spectabilis* and the other with *C. ochroleuca*, and in the agricultural year 2014/15, the experimental design used was in randomized blocks, with four replications. The treatments consisted of the application of ten post-emergence herbicides (piritiobaque-sodium doses 22,4 and 42 g a.i. ha⁻¹, mesotrione 72 g g a.i. ha⁻¹, ethoxysulfuron 12 and 24 g a.i. ha⁻¹, bentazone 600 g a.i. ha⁻¹, 2,4-D 564 g a.i. ha⁻¹, atrazine 1,250 g a.i. ha⁻¹, flumiclorac-pentyl 30 g a.i. ha⁻¹ and imazetapir 30 g a.i. ha⁻¹), and a control treatment. Phytotoxicity, height, plant stand, number of leaves per plant, flowering and dry mass of the aerial part were evaluated. It was concluded that imazetapir (T4), bentazone (T7), flumiclorac-pentyl (T9) and in both *crotalaria* and *piritiobaque-sodium* species in the two doses (T2 and T3) in *Crotalaria spectabilis*, were the herbicides that promoted the lowest levels phytotoxicity, as well as low or no interference with height, plant stand, number of leaves and dry mass of the aerial part, indicating possible selectivity.

Keywords: *Crotalaria spectabilis*; *Crotalaria ochroleuca*; Phytotoxicity.

Resumen

Las crotalaria son especies que han sido de gran utilidad en los sistemas de producción agrícola, debido a su potencial para la fijación de nitrógeno, la reducción de nematodos y la buena cobertura del suelo. Sin embargo, existen dificultades en el manejo de las malezas a lo largo del ciclo de estos cultivos, ya que no hay herbicidas registrados. El objetivo fue evaluar el efecto de selectividad de los herbicidas post-emergentes en *Crotalaria spectabilis* y *Crotalaria ochroleuca*. Se realizaron dos experimentos, uno con *C. spectabilis* y el otro con *C. ochroleuca*, y en el año agrícola 2014/15, el diseño experimental utilizado fue en bloques al azar, con cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en la aplicación de diez herbicidas post-emergencia (dosis de sodio piritiobaque 22.4 y 42 g ia ha⁻¹, mesotriona 72 g ia ha⁻¹, etoxisulfuron 12 y 24 g ia ha⁻¹, bentazone 600 g ia ha⁻¹, 2,4-D 564 g ia ha⁻¹, atrazina 1,250 g ia ha⁻¹, flumiclorac-pentyl 30 g ia ha⁻¹ e imazetapir 30 g ia ha⁻¹), y un testigo. Se evaluó la fitotoxicidad, altura, soporte de la planta, número de hojas por planta, floración y masa seca de la parte aérea. Se concluyó que el imazetapir (T4), la bentazona (T7), el flumiclorac-pentilo (T9) y en las especies de crotalaria y piritiobaque-sodio en las dos dosis (T2 y T3) en *Crotalaria spectabilis*, fueron los herbicidas que promovieron los niveles más bajos fitotoxicidad, así como baja a nula interferencia con la altura, la posición de la planta, el número de hojas y la masa seca de la parte aérea, lo que indica una posible selectividad.

Palabra clave: *Crotalaria spectabilis*; *Crotalaria ochroleuca*; Fitotoxicidad.

1. Introdução

A agricultura praticada nas áreas agrícolas das regiões do Cerrado é intensa e a aplicação de Boas Práticas Agrícolas (BPA) é uma estratégia necessária para a superação dos desafios da moderna agricultura. Nesse sentido, a utilização do sistema plantio direto, controle biológico de pragas, doenças e nematoides, entre outros são fundamentais para a sustentabilidade das atividades agrícolas.

O cultivo de espécies de plantas de cobertura e adubos verdes, feito de forma planejada, proporciona ao produtor melhoria da fertilidade do solo (física, química e biológica), o que permite muitas vezes, reduzir a quantidade de fertilizantes químicos aplicados ao solo, contribuindo para a redução do custo de produção e conseqüentemente, ao maior rendimento das culturas (Silva et al., 2006; Torres et al., 2008).

Entre as culturas destinadas como plantas de coberturas, destacam-se a *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria ochroleuca*, que além de constituírem boa opção nesse manejo,

também estão sendo empregadas por agricultores na rotação de culturas em áreas de cultivo de soja, milho, algodão e cana-de-açúcar, além de possuírem potencial no manejo de plantas daninhas e nematoides (Vincensi et al., 2011; Inomoto e Asmus, 2014). Estas espécies também apresentam capacidade de associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio o que contribui com a nutrição das culturas subsequentes (Perin et al., 2003; Silva et al., 2009). Por fim, o produtor pode ainda empregar a *Crotalaria* visando à obtenção de lucro por meio da comercialização de sementes (Dourado et al., 2001).

A *C. spectabilis* e a *C. ochroleuca*, assim como as demais espécies utilizadas na cobertura do solo, também podem sofrer perdas significativas na produção, quando em competição com plantas daninhas. Devido ao crescimento inicial lento e porte pequeno das crotalárias, o surgimento e o desenvolvimento de plantas daninhas ao longo do ciclo são favorecidos (Carvalho et al., 2003; Braz et al., 2015).

Apesar das utilidades e benefícios das crotalárias, não existem herbicidas registrados para a cultura no mercado brasileiro de defensivos agrícolas (Oliveira Neto et al., 2011; Inoue et al., 2012). No entanto, se houver necessidade de controle de *C. spectabilis*, para restrição da produção de sementes ou para o estabelecimento de outras culturas, o uso de atrazine, diuron, prometryn, fomesafen, lactofen, saflufenacil, amonio glufosinate e glyphosate são eficientes no seu controle (Braz et al., 2015).

Na busca pela seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência na *C. spectabilis*, foi verificado que imazethapyr (79,5 g ha⁻¹), flumiclorac (em aplicação sequencial), bentazon (576 g ha⁻¹), além da associação entre clethodim + quizalofop podem ser utilizados para o manejo de plantas daninhas na cultura da crotalária (Braz et al., 2016).

Também foi observado em outro estudo que os herbicidas bentazon, clomazone, diclosulam e ethoxysulfuron foram seletivos para aplicação em pós-emergência da *Crotalaria spectabilis* (Dias et al., 2017). O herbicida bentazon foi considerado o mais seletivo dos pós-emergentes testados, sendo a suscetibilidade das crotalárias associada a espécie (Malardo et al., 2017).

Informações de seletividade de herbicidas para *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria ochroleuca* (Crotalárias) são escassas, mas é possível que muitos herbicidas disponíveis no mercado sejam seletivos para essas espécies, o que poderia ajudar no manejo dessas culturas.

Assim, objetivou-se avaliar o efeito de seletividade de herbicidas pós-emergentes em *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria ochroleuca*.

2. Metodologia

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa experimental desenvolvida em condições de campo e de natureza quantitativa, seguindo os preceitos fundamentais deste tipo de pesquisa, conforme recomendam Pereira et al. (2018).

A experimento foi instalado na área experimental na Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Chapadão (18°41'33" S e 52°40'45") no município de Chapadão do Sul- MS (18°46'17,7" S e 52°37'27,7") - Brasil. O clima da região é classificado como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com precipitação anual média de 1.850 mm e temperatura anual média de $20,5 \pm 7,5$ °C (Cunha et al., 2013).

O solo da área experimental foi identificado como Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2013), onde previamente a instalação do experimento foi realizada a análise química do solo nas camadas de 0,00 – 0,20 m (Raij et al., 2001), que apresentou as seguintes características: pH (CaCl₂): 5,4; P (resina): 55,3 mg dm⁻³; M.O.: 29,1 g dm⁻³; K: 147,0 mg dm⁻³; Ca: 4,4 cmol_c dm⁻³; Mg: 1,7 cmol_c dm⁻³; S: 10,3 mg dm⁻³; H+Al: 3,1 cmol_c dm⁻³; Al: 0,02 cmol_c dm⁻³; B: 0,12 mg dm⁻³; Cu: 2,0 mg dm⁻³; Fe: 59,0 mg dm⁻³; Mn: 32,30 mg dm⁻³ e Zn: 16,3 mg dm⁻³.

A área foi anteriormente ocupada com soja em cultivo de verão, e em seguida pelas crotalárias, que constituíram os dois experimentos, um com *C. spectabilis* e o outro com *C. ochroleuca*, que foram semeadas em 13/04/2015, com o espaçamento entre linhas de 0,22 m, utilizando 18 kg de sementes por ha, com profundidade de semeadura de 3 cm.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 11, com quatro repetições. Foram utilizadas duas espécies de crotalárias (*Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria ochroleuca*) combinado com dez aplicações de herbicidas em pós-emergência, e uma testemunha sem aplicação, conforme descrito na Tabela 1.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por dez aplicações de herbicidas em pós-emergência e uma testemunha (Tabela 1).

Tabela 1 - Herbicidas e respectivas doses aplicadas em pós-emergência nas espécies de *C. spectabilis* e *C. ochroleuca*.

	Tratamentos	Dose (g i.a ha ⁻¹)	Mecanismo de ação
1	Testemunha	-	-
2	Piritiobaque-sódico	22,4	
3	Piritiobaque-sódico	42	
4	Imazetapir	30	Inibidores de ALS
5	Etoxissulfurom	12	
6	Etoxissulfurom	24	
7	Bentazona	600	Inibidores do fotossistema II
8	Atrazina	564	
9	Flumicloraque pentílico	30	Inibidor da PROTOX
10	Mesotriona	72	Inibidor da síntese de carotenóides
11	2,4-D	1.250	Mimetizador de auxina

Em todos os herbicidas testados foi adicionado o adjuvante LI-700 na dose de 0,1% v v⁻¹ na aplicação. Fonte: próprios autores.

Cada parcela experimental possuía a dimensão de 7 m de comprimento por 3 m de largura, totalizando uma área de 21 m², constituída por 13 linhas com plantas de crotalárias.

A aplicação dos tratamentos foi realizada em pós-emergência das culturas, 30 dias após a semeadura (DAS), quando as plantas de crotalárias apresentavam estágio 1 da escala BBCH (estádio de desenvolvimento de folhas) (Bleholder et al., 1991), tendo a maioria três folhas totalmente desenvolvidas e altura média de 9 cm. Para a aplicação foi utilizado um pulverizador costal de pressão constante, pressurizado a CO₂, pressão de 2 kgf cm⁻² equipado com uma barra de 3,0 m, com seis pontas pulverizadoras jato leque tipo XR 11002, espaçadas de 50 cm, e conduzida a uma altura de 50 cm do alvo. O volume de calda empregado foi de 150 L ha⁻¹, com horário de aplicação das 17:00 às 18:00 horas, com temperatura a 25 °C, umidade relativa de 60% e ventos de 4 km h⁻¹.

As avaliações de fitotoxicidade foram realizadas aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação (DAA). Utilizou-se a escala de notas proposta pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas – SBCPD (1995), sendo que 0% representa nenhuma injúria às plantas e 100% a morte total.

A altura de plantas foi obtida aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAA, medindo-se em centímetros, desde a superfície do solo e a última estrutura emitida das plantas, em cinco plantas aleatoriamente por parcela.

Aos 35 DAA foi realizada a avaliação da massa seca da parte aérea, utilizando-se o método do quadrado, que consistiu em arremessar um quadro de 0,25 m² em cada parcela, colhendo as plantas de crotalárias rente ao solo dentro do quadrado. Após a coleta, as amostras foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C, até obter massa constante, com posterior pesagem e extrapolação para kg ha⁻¹.

O estande final de plantas foi contabilizado aos 35 DAA, onde foi realizada a contagem do número de plantas de crotalária em 2 linhas de 2 m, totalizando 4 m dentre as linhas centrais de cada parcela.

O número de folhas por planta foi obtido aos 35 DAA, sendo realizada a contagem de folhas completamente desenvolvidas por planta, em cinco plantas avaliadas.

As plantas em florescimento foram avaliadas aos 35 DAA, considerando a exibição de pelo menos uma flor aberta, sendo avaliadas 50 plantas por parcela.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

3. Resultados e Discussão

Os resultados da Tabela 2 indicam que a aplicação de herbicidas pós-emergentes resultou em diferentes percentuais de fitotoxicidade em crotalárias aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAA.

Para *Crotalaria spectabilis*, foi observado menor fitotoxicidade (Tabela 2), quando utilizado os herbicidas imazetapir (T4) desde 14 até 35 DAA, bentazona (T7) desde 7 até 35 DAA e o flumicloraque-pentílico (T9) desde 21 até 35 DAA, obtendo valores inferiores a 4% aos 35 DAA. No trabalho de Braz et al. (2016), os autores verificaram baixos níveis de intoxicação para a aplicação de bentazon (576 e 720 g ha⁻¹) em pós-emergência da cultura de *C. spectabilis*.

Com relação a *C. ochroleuca* (Tabela 2), foi observado menor nível de fitotoxicidade dos 7 aos 35 DAA com a aplicação de bentazona (T7) e dos 14 até 35 DAA com Imazetapir e flumicloraque-pentílico (T9), alcançando níveis de fitotoxicidade inferiores a 7% aos 35 DAA.

A aplicação de imazetapir (T4) e bentazona (T7) provocaram inicialmente leve sintoma de clorose foliar, constatados aos 7 DAA. Já com a aplicação de flumicloraque pentílico (T9), observou-se pequenas injúrias, como pontuações cloróticas e necróticas nas folhas das plantas das crotalárias, com posterior recuperação de ambas espécies durante o ciclo. Estas características de pequenas injúrias e recuperação, possivelmente estão relacionadas a seletividade destes herbicidas em relação as crotalárias, que promoveram a rápida metabolização das moléculas até formas não tóxicas, o que evitou a morte das plantas e prossegiu para a recuperação (Roman et al., 2007).

Tabela 2 - Fitotoxicidade (%) em plantas de *C. spectabilis* e *C. ochroleuca* em dias após à aplicação dos tratamentos.

Tratamentos*	<i>Crotalaria spectabilis</i>				
	Dias após a aplicação				
	7	14	21	28	35
1	0,0 f	0,0 f	0,0 f	0,0 f	0,0 g
2	20,0 d	25,0 d	13,0 e	9,0 e	9,0 f
3	28,0 c	30,0 c	15,0 e	13,0 e	10,0 e
4	23,0 d	9,0 e	3,0 f	4,0 f	3,0 g
5	20,0 d	25,0 d	15,0 e	15,0 d	15,0 e
6	28,0 c	30,0 c	25,0 d	25,0 d	24,0 d
7	6,0 e	5,0 e	5,0 f	5,0 f	1,0 g
8	60,0 a	98,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
9	19,0 d	5,0 e	3,0 f	3,0 f	3,0 g
10	28,0 c	50,0 b	70,0 b	80,0 b	80,0 b
11	48,0 b	50,0 b	50,0 c	65,0 c	70,0 c
CV(%)	12,73	11,51	13,50	8,86	13,27
Tratamentos*	<i>Crotalaria ochroleuca</i>				
	Dias após a aplicação				
	7	14	21	28	35
1	0,0 e	0,0 f	0,0 e	0,0 d	0,0 f
2	30,0 c	38,0 d	48,0 d	80,0 c	89,0 c
3	30,0 c	48,0 c	70,0 b	88,0 b	90,0 c
4	15,0 d	8,0 e	8,0 e	6,0 d	6,0 e
5	28,0 c	45,0 c	60,0 c	80,0 c	88,0 c
6	33,0 c	50,0 c	70,0 b	90,0 b	90,0 c
7	5,0 e	5,0 e	3,0 e	3,0 d	3,0 f
8	53,0 b	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
9	18,0 d	6,0 e	5,0 e	5,0 d	5,0 e
10	20,0 d	68,0 b	70,0 b	95,0 a	95,0 b
11	60,0 a	55,0 c	45,0 d	75,0 c	75,0 d
CV(%)	14,57	9,68	6,08	7,31	5,70

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. *T1 = testemunha, T2 = piritiobaque-sódico (22,4 g i.a ha⁻¹), T3 = piritiobaque-sódico 42,0 g i.a ha⁻¹, T4 = imazetapir (30 g i.a ha⁻¹), T5 = etoxissulfurom (12 g i.a ha⁻¹), T6 = etoxissulfurom (24 g i.a ha⁻¹), T7 = bentazona (600 g i.a ha⁻¹), T8 = atrazina (564 g i.a ha⁻¹), T9 = flumicloraque pentílico (30 g i.a ha⁻¹), T10 = mestrina (72 g i.a ha⁻¹), T11 = 2,4-D (1.250 g i.a ha⁻¹). Fonte: próprios autores.

Os trabalhos de Mosjidis e Wehtje (2011) estudando controle de plantas daninhas em *Crotalaria juncea* e Braz et al. (2015) estudando potencial de seletividade de herbicidas à *Crotalaria spectabilis*, identificaram baixos níveis de injúrias às plantas cultivadas, sendo inferiores a 10% ao utilizar os herbicidas Imazetapir e Flumicloraque pentílico, considerando os herbicidas seletivos e eficazes para muitas culturas leguminosas.

Todavia, os tratamentos com piritiobaque-sódico (T2 e T3) e etoxissulfurom (T5 e T6) nas duas doses testadas para ambos, responderam com baixos níveis de fitotoxicidade nas plantas de *C. spectabilis* durante seu ciclo, havendo também a redução até o final das avaliações, obtendo valores inferiores a 25% (Tabela 2). Notou-se nas avaliações, que os níveis de fitotoxicidade foram maiores com a utilização das doses mais elevadas dos herbicidas, compreendendo assim, que quanto maior a quantidade de herbicida depositado no tecido da folha, maiores os sintomas de intoxicação pelas crotalárias.

Para a *C. ochroleuca*, os herbicidas piritiobaque-sódico (T2 e T3) e etoxissulfurom (T5 e T6) nas duas doses avaliadas provocaram alto nível de fitotoxicidade às plantas. Já aos 7 DAA as plantas apresentavam em torno de 30% fitotoxicidade, com posterior elevação ao longo das avaliações, chegando aos 35 DAA com valores próximos ou iguais a 90%, indicando que as plantas em sua maioria se encontravam mortas. Os sintomas visualizados provocados por piritiobaque-sódico (T2 e T3) e etoxissulfurom (T5 e T6) foram de clorose e necrose nas folhas dos ponteiros das plantas para as duas espécies, com morte do meristema apical e posterior morte das plantas por completo na *C. ochroleuca*. Estes herbicidas são classificados como sistêmicos pelo mecanismo de agir como inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS), sendo essa enzima responsável por catalisar a síntese de três aminoácidos essenciais: valina, leucina e isoleucina, ao qual a inibição interrompe a síntese proteica que, por sua vez, interfere na síntese do DNA e no crescimento celular, levando plantas sensíveis a morte (Vidal, 1997; Corrêa e Alves, 2010). As plantas tolerantes a estes herbicidas, possuem uma seletividade natural que os degrada rapidamente, tornando insensível à ação destes, possivelmente como apresentou as crotalárias ao imazetapir que também é classificado como inibidor da ALS.

O herbicida 2,4-D (T11) provocou alta fitotoxicidade para as duas espécies de crotalária, aos 7 DAA, as plantas apresentavam fitotoxicidade em torno de 50% e ao final das avaliações próximo a 70%, no entanto, não houve morte. As plantas tratadas com 2,4-D apresentaram sintomas de murchamento e encarquilhamento das folhas, principalmente das folhas terminais, devido ao seu mecanismo de ação em plantas dicotiledôneas, onde atua mimetizando a auxina, provocando distúrbios diversos (paralisação ou crescimento anormal

de tecidos, obstrução do floema, morte do sistema radicular e epinastia das folhas, etc), podendo levar as plantas sensíveis à morte (Rodrigues e Almeida, 1998; Shaw e Arnold, 2002).

As plantas de *Crotalaria spectabilis* tratadas com mesotriona (T10), obtiveram alta fitotoxicidade, chegando a 30% aos 7 DAA e progredindo ao longo do ciclo, atingindo 80% aos 35 DAA. Por outro lado, o tratamento com mesotriona na espécie de *C. ochroleuca*, provocou nas plantas, fitotoxicidade inicial de 20% com posterior elevação, chegando aos 28 DAA com 95%, onde a maioria das plantas se encontravam mortas. As injúrias provenientes da aplicação de mesotriona (T10) foram o branqueamento de folhas com posterior necrose, principalmente nas mais jovens, com morte do ponteiro e em sequência morte total das plantas. Estes sintomas se devem a ação deste herbicida às plantas de folhas largas, que inibe a biossíntese de carotenoide através da interferência na atividade da enzima HPPD (4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenase) nos cloroplastos, provocando despigmentação das folhas que é ocasionada pela fotodegradação da clorofila, com posterior necrose e morte dos tecidos vegetais, impedindo o desenvolvimento das mesmas (Mendes et al., 2015).

Para as duas espécies estudadas, *C. spectabilis* e *C. ochroleuca*, quando da aplicação da atrazina (T8), constatou-se fitotoxicidade já aos 7 DAA, sendo os sintomas iniciais de clorose com posterior necrose nas folhas e morte das plantas já aos 14 DAA (Tabela 2). De acordo com Menezes et al. (2012) o herbicida atrazina, atua na inibição do fotossistema II, levando a planta a morte, principalmente em plantas dicotiledôneas. As crotalárias apresentaram intolerância a aplicação de atrazina, indicando não apresentarem seletividade a este herbicida, mas sim potencial para controle da mesma.

Quanto as avaliações de altura de plantas (Tabela 3), para *C. spectabilis*, observou-se que os herbicidas piritiobaque-sódico (T2), imazetapir (T4), etoxissulfuron (T5), bentazona (T7) e flumicloraque pentílico (T9), promoveram maiores alturas das plantas aos 35 DAA. É notório que quando se utiliza doses mais altas dos herbicidas piritiobaque-sódico (T3) e etoxissulfuron (T6), ocorre maior interferência também na altura de plantas, levando a plantas com menor porte, assim como o nível de fitotoxicidade mais elevado.

Tabela 3: Altura de plantas (cm) de *C. spectabilis* e *C. ochroleuca* em dias após à aplicação dos tratamentos.

Tratamentos*	<i>Crotalaria spectabilis</i>				
	Dias após a aplicação				
	7	14	21	28	35
1	12,2 a	17,2 a	20,1 a	27,0 a	66,8 a
2	9,8 b	12,8 a	13,8 b	19,0 b	34,5 c
3	9,5 b	10,8 b	10,8 b	15,8 b	24,5 d
4	11,8 a	13,3 a	18,8 a	21,0 b	35,5 c
5	10,0 a	14,8 a	16,3 a	24,0 b	29,3 c
6	7,5 b	13,0 a	15,0 b	16,1 b	19,8 d
7	11,8 a	16,5 a	19,0 b	25,0 a	36,0 c
8	8,8 b	6,8 b	0,0 d	0,0 d	0,0 f
9	12,0 a	14,5 a	15,0 b	23,3 a	46,0 b
10	8,5 b	8,8 b	9,5 b	10,5 c	13,0 e
11	7,5 b	9,0 b	10 c	11,0 c	11,8 e
CV(%)	16,16	11,72	19,45	10,40	15,22

Tratamentos*	<i>Crotalaria ochroleuca</i>				
	Dias após a aplicação				
	7	14	21	28	35
1	27,5 a	33,5 a	48,5 a	67,8 a	87,3 a
2	13,8 c	11,8 b	9,3 c	9,0 c	1,8 c
3	11,4 c	8,8 b	8,0 c	7,5 c	0,0 c
4	21,0 b	29,3 a	38,3 b	48,5 b	70,3 b
5	14,2 c	11,3 b	10,8 c	9,8 c	2,3 c
6	12,0 c	9,8 b	9,0 c	8,3 c	0,0 c
7	21,8 b	29,0 a	42,5 a	63,5 a	68,0 b
8	14,0 c	7,0 b	0,0 c	0,0 c	0,0 c
9	20,0 b	32,3 a	35,5 b	61,5 a	69,5 b
10	16,5 c	15,5 b	9,3 c	8,0 c	0,0 c
11	11,0 c	10,8 b	10,6 c	10,5 c	10,5 c
CV(%)	22,76	24,32	18,26	23,92	16,95

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. *T1 = testemunha, T2 = piritiobaque-sódico (22,4 g i.a ha⁻¹), T3 = piritiobaque-sódico 42,0 g i.a ha⁻¹), T4 = imazetapir (30 g i.a ha⁻¹), T5 = etoxissulfurom (12 g i.a ha⁻¹), T6 = etoxissulfurom (24 g i.a ha⁻¹), T7 = bentazona (600 g i.a ha⁻¹), T8 = atrazina (564 g i.a ha⁻¹), T9 = flumicloraque pentílico (30 g i.a ha⁻¹), T10 = mestrina (72 g i.a ha⁻¹), T11 = 2,4-D (1.250 g i.a ha⁻¹).
 Fonte: próprios autores.

Para a *C. ochroleuca*, imazetapir (T4), bentazona (T7) e flumicloraque-pentílico (T9), proporcionaram menor interferência na altura das plantas (Tabela 3).

O herbicida 2,4-D (T11), em ambas as espécies de crotalárias interferiu negativamente no crescimento e desenvolvimento das plantas, levando ao baixo ou nenhum crescimento durante as avaliações, como ocorreu para *C. ochroleuca*, estabelecendo alturas próximas em todas as datas de avaliações, conferindo os sintomas de seu mecanismo de ação em dicotiledôneas (Tabela 3).

Com relação a massa seca da parte aérea (Tabela 4), a aplicação dos herbicidas imazetapir (T4) bentazona (T7) e flumicloraque pentílico (T9), para as duas espécies de crotalária, proporcionaram a maior massa seca aos 35 DAA em relação aos demais herbicidas. Estes resultados estão respaldados a efeitos resultantes da fitotoxicidade (Tabela 2) e altura das plantas (Tabela 3) promovidas pela ação dos herbicidas, podendo ser analisado que onde ocorreram baixos níveis de fitotoxicidade, maiores foram as alturas e massa seca de parte aérea, e assim o inverso, onde ocorreram maiores níveis de fitotoxicidade, menores foram o desenvolvimento e porte das plantas, reduzindo a matéria seca das plantas de crotalárias.

Os herbicidas atrazina (T8) e mesotrina (T10) causaram altos níveis de fitotoxicidade, cerca de 100% e 80% para espécie de *C. spectabilis* e de 100% e 95% para *C. ochroleuca*, respectivamente, aos 35 DAA (Tabela 2), o que refletiu em estande de plantas reduzidos, número de folhas por planta e porcentagem de plantas em florescimento, quando comparado aos demais tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4: Massa seca da parte aérea (MSPA), estande de plantas, número de folhas por planta (NF) e porcentagem de plantas de *C. spectabilis* e *C. ochroleuca* em florescimento (% flores), aos 35 dias após aplicação dos tratamentos.

Tratamentos	<i>Crotalaria spectabilis</i>			
	MSPA (kg ha ⁻¹)	Estande (m)	NF	% flores
1	1.407,0 a	9,2 a	12,3 a	47,0 a
2	1.023,0 b	8,3 a	11,0 a	6,0 b
3	908,0 b	8,0 a	10,8 a	7,0 b
4	1.103,0 a	8,4 a	11,3 a	13,0 b
5	714,0 b	7,5 a	10,0 a	13,0 b
6	677,0 b	7,1 a	9,5 a	9,0 b
7	1.221,0 a	8,6 a	11,5 a	33,0 a
8	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 b
9	1.313,0 a	8,7 a	11,8 a	21,0 b
10	104,0 c	3,6 b	5,5 b	0,0 b
11	368,0 c	6,1 a	6,8 b	0,0 b
CV (%)	12,04	12,32	17,93	24,25

Tratamentos	<i>Crotalaria ochroleuca</i>			
	MSPA (kg ha ⁻¹)	Estande m ⁻¹	NF	% flores
1	1.641,0 a	25,2 a	13,9 a	50,0 a
2	65,0 b	1,6 d	2,8 b	4,0 c
3	0,0 b	0,0 d	0,0 c	0,0 c
4	1.319,0 a	21,2 b	13,2 a	42,0 b
5	40,0 b	0,9 d	2,3 b	5,0 c
6	0,0 b	0,0 d	0,0 c	0,0 c
7	1.396,0 a	21,8 b	13,5 a	50,0 a
8	0,0 b	0,0 d	0,0 c	0,0 c
9	1.204,0 a	20,8 b	12,8 a	40,0 b
10	0,0 b	0,0 d	0,0 c	0,0 c
11	344,0 b	7,8 c	4,5 b	0,0 c
CV (%)	12,59	18,30	11,29	17,48

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. *T1 = testemunha, T2 = piritiobaque-sódico (22,4 g i.a ha⁻¹), T3 = piritiobaque-sódico 42,0 g i.a ha⁻¹), T4 = imazetapir (30 g i.a ha⁻¹), T5 = etoxissulfurom (12 g i.a ha⁻¹), T6 = etoxissulfurom (24 g i.a ha⁻¹), T7 = bentazona (600 g i.a ha⁻¹), T8 = atrazina (564 g i.a ha⁻¹), T9 = flumicloraque pentílico (30 g i.a ha⁻¹), T10 = mestrina (72 g i.a ha⁻¹), T11 = 2,4-D (1.250 g i.a ha⁻¹).
 Fonte: próprios autores.

4. Considerações Finais

O imazetapir (T4), a bentazona (T7) e o flumicloraque-pentílico (T9), para as duas espécies de crotalárias e o piritiobaque-sódico nas duas doses (T2 e T3), em *crotalaria spectabilis*, foram os herbicidas que promoveram os menores níveis de fitotoxicidade, assim como baixa ou nenhuma interferência em altura, estande de plantas, número de folhas e massa seca da parte aérea, indicando possível seletividade.

Referências

- Bleiholder H., Kirfel H., Langeluddeke, P. & Stauss, R. (1991). Codificação unificada dos estádios fenológicos de culturas e ervas daninhas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 26 (9), 1423-1429. Recuperado de: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/3483/816>
- Braz, G. B. P., Oliveira Júnior, R. S., Constantin, J., Takano, K., Chase, C.A., Fornazza, F. G. F. & Raimond, T. (2015). Selection of herbicides targeting the use in crop systems cultivated with showy crotalaria. *Planta Daninha*, 33 (3), 521-534. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582015000300014>
- Braz, G., B. P., Oliveira Júnior, R. S., Constantin, J., Takano, H. K. & Godinho, F.B. (2016). Selectivity of herbicides applied in post-emergence of showy crotalaria. *Revista Caatinga*, 29 (4), 918-926. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252016v29n417rc>
- Carvalho, F. T., Pereira, F. A. R., Peruchi, M. & Palazzo, R. R. B. (2003). Manejo químico das plantas daninhas *Euphorbia heterophylla* e *Bidens pilosa* em sistema de plantio direto da cultura de soja. *Planta daninha*, 21 (1), 145-150. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582003000100018>
- Corrêa, M. J. P. & Alves, P. L. C. A. (2010). Efeitos da aplicação de herbicidas sobre a eficiência fotoquímica em plantas de soja convencional e geneticamente modificada. *Ciência e Agrotecnologia*, 34 (5), 1136-1145. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000500009>

Cunha, F. F., Magalhães, F. F. & Castro, M. A (2013). Métodos para estimativa da evapotranspiração de referência para Chapadão do Sul – MS. Engenharia na agricultura, 21(2), 159-172.

Dias, R., C., Mendes, K. F., Gonçalves, C. G., Melo, C. A. D., Teixeira, M. F. F., Silva, D. V. & Reis, M. R. (2017). Seletividade inicial de herbicidas aplicados em pós-emergência da crotalaria. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 16 (1), 76-83. DOI: <http://dx.doi.org/10.7824/rbh.v16i1.517>

Dourado, M. C., Silva, T. R. B. & Bolonhezi, A. C. (2001). Matéria seca e produção de grãos de *Crotalaria juncea* L. submetida à poda e adubação fosfatada. *Scientia Agricola*, 58 (2), 287-293. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162001000200011>.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2013). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília-DF.

Inomoto, M. M., & Asmus, G. L. (2014). Adubos verdes das famílias *Fabaceae* e *Mimosaceae* para o controle de fitonematoides. Brasília: Embrapa.

Inoue, M. H., Duarte, J.C. B., Mendes, K. F., Sztoltz, J., Bem, R. & Pereira, R. L. (2012). Eficácia de herbicidas aplicados em plantas adultas de *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria ochroleuca*. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 11 (2), 148-58. DOI: <http://doi.org/10.7824/rbh.v11i2.154>

Malardo, M. R., Monquero, P. A., Silva, P. V. & Hirata, A. C. S. (2017). Differential tolerance of crotalaria species to herbicides. *Comunicata Scientiae*, 8 (3), 414-423. DOI: <http://doi.org/10.14295/CS.v8i3.2415>

Mendes, K. F., Souza, T. N. R., Possamai, A. C. S., Inoue, M.H., Nunes, A. K. A. & Mertens, T. B. (2015). Seleção de plantas indicadoras para o monitoramento do mesotrione e metribuzin em solo argiloso. *Revista de Ciências Agroambientais*, 13 (1), 53-59. Recuperado de: <http://www.researchgate.net/publication/282879156>

Menezes, C. W. G., Santos, J. B., Assis Júnior, S. L., Fonseca, A. J., França, A. C., Soares, M. A. & Fernandes, A. F. (2012). Seletividade de atrazine e nicosulfuron a *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). *Planta Daninha*, 30 (2), 327-334. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582012000200011>

Mosjidis, J. A. & Wehtje, G. (2011) Weed control in sunn hemp and its ability to suppress weed growth. *Crop Protection*, 30 (1), 70-73. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.08.021>

Oliveira Neto, A. M., Maciel, C. D. G., Guerra, N., Lima, G. G. R. & Sola Júnior, L. C. (2011). Manejo químico de adubos verdes para sucessão da cana-de-açúcar em sistema de cultivo mínimo. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 10 (2), 86-94. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v10i2.110>

Pereira, A.S., Shitsuka, D.M., PARRIRA, F.J. & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1. Acesso em: 20 Abril 2020.

Perin A., Guerra, J. G. M. & Teixeira, M. G. (2003). Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38 (7), 791-796. Recuperado de: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v38n7/18200.pdf>

Raij, B. van, Andrade, J.C., Cantarella, H. & Quaggio, J.A (2001). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônômico.

Rodrigues, B. N. & Almeida, F. S. (1998). Guia de herbicidas. Londrina: IAPAR.

Roman, E. S., Beckie, H., Vargas, L., Hall, L., Rizzardi, M. A. & Wolf, T.M. (2007). Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação. Passo Fundo: Berthier.

Shaw, D. R. & Arnold, J. C. (2002). Weed control from herbicide combinations with glyphosate. *Weed Technology*, 16 (1), 1-6. DOI: [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2002\)016\[0001:WCFHCW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2002)016[0001:WCFHCW]2.0.CO;2)

Silva, P. C. G., Foloni, J. S. S., Fabris, L. B. & Tiritan, C. S. (2009). Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(11), 1504-1512. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2009001100019>

Silva, P. R. F., Argenta, G., Sangoi, L., Strieder M. L. & Silva A. A. (2006). Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. *Ciência Rural*, 36 (3), 1011-1020. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0103-84782006000300049>

Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas – SBPCPD. (1995). Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina: SBPCPD.

Torres, J. L. R., Pereira, M. G. & Fabian, A. J. (2008). Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(3), 421-428. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000300018>

Vidal, R. A. (1997). Herbicidas: Mecanismo de ação e resistência de plantas. Porto Alegre: Palotti.

Vincensi, M. M., Araújo, E. O., Kikutí, H. & Camacho, M.A. (2011). Manejo do solo e adubação nitrogenada na supressão de plantas daninhas na cultura do feijão de inverno e irrigado. *Revista Ciência Agronômica*, 42 (3), 758-764. Recuperado de: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1317/601>

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Sherithon Martins de Paula – 30%

Rita de Cassia Félix Alvarez – 25%

Sebastião Ferreira de Lima – 25%

Germison Vital Tomquelski – 20%