

Herbicidas de uso potencial no controle de buva e sua seletividade sobre aveia e azevém¹

Herbicides with potential use in the control of hairy fleabane and their selectivity in oats and ryegrass

Giliardi Dalazen^{2*}, Nelson Diehl Kruse³ e Sérgio Luiz de Oliveira Machado³

RESUMO - A rotação de herbicidas é o principal método de prevenção e manejo da resistência de plantas daninhas a herbicidas. Porém, além de eficientes, os herbicidas devem ser seletivos às culturas. Objetivou-se com este trabalho avaliar a seletividade de herbicidas de uso potencial para o controle de buva sobre aveia branca, aveia comum, azevém comum e azevém tetraploide. Os experimentos foram organizados em blocos ao acaso, em esquema bifatorial, onde o fator A foi formado por herbicidas e o fator B pelas doses X e 2X dos herbicidas, em que a dose X corresponde à dose indicada de ingrediente ativo (i.a.). Os tratamentos avaliados foram: 2,4-D amina (806 e 1612 g i.a. ha⁻¹); metsulfuron-methyl (2,4 e 4,8 g i.a. ha⁻¹); chlorimuron-ethyl (20 e 40 g i.a. ha⁻¹); imazethapyr (350 e 700 g i.a. ha⁻¹); diclosulam (16,8 e 33,6 g i.a. ha⁻¹); saflufenacil (35 e 70 g i.a. ha⁻¹) e flumioxazin (50 e 100 g i.a. ha⁻¹), além da testemunha (sem herbicida). Com exceção do herbicida imazethapyr, os demais foram seletivos à aveia branca, independentemente das doses avaliadas. Os herbicidas 2,4-D, diclosulam, saflufenacil e flumioxazin foram seletivos à cultura da aveia comum, quando aplicados na menor dose avaliada, sendo alternativas para o manejo de buva durante o inverno. O herbicida metsulfuron-methyl apresentou efeito tóxico sobre o azevém comum, diminuindo a massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA). Para o azevém tetraploide, excetuando o imazethapyr e a maior dose de flumioxazin, os demais tratamentos mostraram-se seletivos. Embora alguns tratamentos tenham proporcionado sintomas de fitointoxicação, isso não refletiu negativamente na produção de MMSPA, evidenciando a capacidade de recuperação das plantas.

Palavras-chave: *Conyza bonariensis*. Resistência de plantas daninhas. Pastagem de inverno. *Lolium multiflorum*. *Avena* spp.

ABSTRACT - The rotation of herbicides is the main method used in the prevention and management of herbicide-resistant weeds. However, in addition to being efficient, herbicides should also be crop selective. The objective of this study was to evaluate the selectivity of herbicides with potential use in the control of hairy fleabane, to white oats, common oats, common ryegrass and tetraploid ryegrass. The experiments were arranged in a randomised-block design, in a bi-factorial scheme, with factor A comprising the herbicides, and factor B the herbicide doses X and 2X, where X is the recommended dose of the active ingredient (a.i.). The treatments to be evaluated were: 2,4-D amine (806 and 1,612 g a.i. ha⁻¹); metsulfuron-methyl (2.4 and 4.8 g a.i. ha⁻¹); chlorimuron-ethyl (20 and 40 g a.i. ha⁻¹); imazethapyr (350 and 700 g a.i. ha⁻¹); diclosulam (16.8 and 33.6 g a.i. ha⁻¹); saflufenacil (35 and 70 g a.i. ha⁻¹) and flumioxazin (50 and 100 g a.i. ha⁻¹), as well as the control (no herbicide). Except for the herbicide imazethapyr, the other herbicides were selective to white oats, regardless of the dose. The herbicides 2,4-D, diclosulam, saflufenacil and flumioxazin were selective to common oats when applied at the lowest dose tested, being alternatives in the management of hairy fleabane during the winter. The herbicide metsulfuron-methyl had a toxic effect on common ryegrass, reducing shoot dry matter weight (SDW). Except for imazethapyr and the highest dose of flumioxazin, the remaining treatments were selective to tetraploid ryegrass. Although some treatments produced symptoms of phytotoxicity, this did not reflect negatively on the production of SDW, demonstrating the resilience of the plants.

Key words: *Conyza bonariensis*. Resistance of weeds. Winter pasture. *Lolium multiflorum*. *Avena* spp.

DOI: 10.5935/1806-6690.20150067

* Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 24/09/2014; aprovado em 27/07/2015

Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM

²Departamento de Plantas de Lavoura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Av. Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre-RS, Brasil, 91.540-000, giliardidalazen@gmail.com

³Departamento de Defesa Fitossanitária, Universidade Federal de Santa Maria/UFSM, Santa Maria-RS, Brasil, nelsondkruse@gmail.com, slomachado@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A buva (*Conyza bonariensis*) tornou-se uma das plantas daninhas mais importantes do Brasil. Além da grande capacidade de dispersão e grande produção de sementes (DAUER; MORTENSEN; VANGESSEL, 2007), essa planta apresenta populações resistentes ao herbicida glifosato (LAMEGO; VIDAL, 2008; VARGAS *et al.*, 2007). Uma das alternativas mais eficientes de manejo de buva é realizar o seu controle durante o inverno, enquanto as plantas ainda estão pequenas e são mais sensíveis aos herbicidas (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2010). Porém, nesse período, grande parte das lavouras da Região Sul está ocupada com as pastagens de inverno, o que demanda herbicidas que, além de serem eficientes no controle de buva, sejam seletivos às espécies que compõem a forragem. Os principais mecanismos de seletividade de herbicidas sobre espécies gramíneas (poáceas) são a metabolização e a conjugação, processos realizados pelas enzimas da família citocromo-P450-monooxigenase (P450) e glutatona-S-transferase (GST), respectivamente. Essas enzimas são capazes de inativarem os herbicidas antes que eles cheguem ao local de ação na célula e causem danos às plantas (POWLES; YU, 2010).

Na região sul do Brasil, as pastagens de inverno são predominantemente formadas por azevém comum (*Lolium multiflorum*), aveia comum (*Avena strigosa*) e aveia branca (*Avena sativa*) (SKONIESKI *et al.*, 2011). A aveia tem sido amplamente utilizada como forrageira entre os cereais de inverno, provavelmente por apresentar variedades adaptadas ao pastoreio. O azevém comum também é muito utilizado, pois, além de apresentar alto valor nutritivo, possui a característica de ressemeadura natural, dispensando a semeadura todos os anos, uma vez formado o banco de sementes (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

Quando realizado, o controle de plantas daninhas em pastagens de inverno tem ficado restrito quase que exclusivamente ao uso de apenas um herbicida, metsulfuron-methyl, o que é favorável à seleção de biótipos resistentes. O herbicida metsulfuron-methyl é uma sulfonilureia, inibidora da enzima acetolactato sintase (ALS), responsável pela síntese dos aminoácidos de cadeia ramificada valina, leucina e isoleucina (TREZZI; VIDAL, 2001). Esse mecanismo de ação apresenta o maior número de registros de resistência (HEAP, 2014), sendo necessários menos de cinco anos para que sejam selecionados biótipos resistentes a esses herbicidas (PRESTON; ROUSH; POWLES, 1999).

Existem registros de biótipos resistentes de *Conyza canadensis* aos herbicidas inibidores da enzima ALS na Polônia (2000) e Estados Unidos da América (2001 e 2003) e de *Conyza bonariensis* em Israel (1993) (HEAP, 2014).

No estado do Paraná foi identificada uma população de *Conyza sumatrensis* resistente ao herbicida chlorimuron-etil (SANTOS *et al.*, 2014). Essas ocorrências servem de alerta para que medidas sejam tomadas, a fim de se evitar ocorrência e dispersão de buva resistente aos herbicidas inibidores da enzima ALS, assim como para herbicidas pertencentes a outros mecanismos de ação.

São poucos os trabalhos que tratam as espécies de aveia e azevém como culturas em relação ao uso de herbicidas. Na maioria das vezes, essas espécies são consideradas plantas daninhas de cereais de inverno, tais como o trigo, o centeio e a cevada. Dessa forma, informações sobre a seletividade de herbicidas para essas espécies são raras, embora sejam muito usadas como pastagens para a alimentação de bovinos e outros animais. Baseado nisso, objetivou-se com este trabalho avaliar a seletividade de herbicidas de uso potencial para o controle de buva sobre aveia branca, aveia comum, azevém comum e azevém tetraploide.

MATERIAL E MÉTODOS

A seletividade dos herbicidas foi testada sobre aveia comum (*Avena strigosa*), aveia branca (*Avena sativa*) FUNDACEP FAPA 43, azevém comum (*Lolium multiflorum*) e azevém tetraploide (*Lolium multiflorum* var. *avance*). Foram conduzidos quatro experimentos em casa de vegetação, sendo um para cada cultura.

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os experimentos foram organizados em esquema bifatorial, em que o fator A foi composto por sete herbicidas e o fator B correspondeu às doses dos herbicidas (X e 2X, onde X corresponde à dose indicada do produto), totalizando 15 tratamentos, incluindo um tratamento testemunha (sem herbicida) (Tabela 1).

Como substrato utilizou-se o composto orgânico Plantmax® e para a sua fertilização utilizou-se 400 kg ha⁻¹ de adubo da fórmula 05-20-20, correspondendo a 20; 80 e 80 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Além do fertilizante, utilizou-se o equivalente a 1000 kg ha⁻¹ de calcário ultrafino (PRNT 90%). A mistura do fertilizante e do calcário junto ao substrato foi procedida com o auxílio de um misturador manual, com capacidade de 100 L. Após o preparo, o substrato foi colocado em vasos com capacidade para 1000 mL. Em cada vaso foram semeadas seis sementes e, após o desbaste, foram mantidas três plantas por vaso. A irrigação foi realizada diariamente por aspersão, mantendo o substrato úmido durante o decorrer do experimento. No período posterior à aplicação dos tratamentos, a irrigação foi realizada

Tabela 1 - Nome comercial, nome comum, concentração e dose dos herbicidas utilizados

Nome comercial	Nome comum	Concentração	Dose (g i.a. ha ⁻¹) ^I	
Testemunha	-	-	-	-
DMA 806 BR ^{II}	2,4-D	806 g L ⁻¹	806	X ^{III}
DMA 806 BR	2,4-D	806 g L ⁻¹	1612	2X ^{IV}
Ally	Metsulfuron-methyl	600 g kg ⁻¹	2,4	X
Ally	Metsulfuron-methyl	600 g kg ⁻¹	4,8	2X
Classic	Chlorimuron-ethyl	250 g kg ⁻¹	20	X
Classic	Chlorimuron-ethyl	250 g kg ⁻¹	40	2X
Pivot DG	Imazethapyr	700 g kg ⁻¹	350	X
Pivot DG	Imazethapyr	700 g kg ⁻¹	700	2X
Spider 840 WG	Diclosulam	840 g kg ⁻¹	16,8	X
Spider 840 WG	Diclosulam	840 g kg ⁻¹	33,6	2X
Heat WG	Saflufenacil	700 g kg ⁻¹	35	X
Heat WG	Saflufenacil	700 g kg ⁻¹	70	2X
Flumyzin 500	Flumioxazin	500 g kg ⁻¹	50	X
Flumyzin 500	Flumioxazin	500 g kg ⁻¹	100	2X

^IIngrediente ativo (i.a.) ha⁻¹; ^{II}Sal dimetilamina, 670 g e.a. L⁻¹; ^{III}Dose indicada; ^{IV}Dois vezes a dose indicada

diretamente no substrato para evitar que a parte aérea das plantas fosse molhada, o que poderia interferir na absorção dos herbicidas. No início do perfilhamento, foi realizada adubação nitrogenada de cobertura, tendo como fonte a ureia, correspondendo a 46 kg ha⁻¹ de N. A aplicação dos tratamentos foi realizada quando as plantas encontravam-se com três a quatro perfilhos, utilizando-se pulverizador costal propelido a CO₂, dotado de barra com quatro pontas do tipo leque jato plano XR TeeJet 11002, espaçadas a 50 cm entre si. A velocidade de deslocamento foi de 1 m s⁻¹, com volume de calda de 100 L ha⁻¹ e pressão de aplicação de 200 kPa.

As variáveis avaliadas foram a intoxicação das plantas e massa de matéria seca de parte aérea (MMSPA). Aos 10 e 21 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), foi avaliada, visualmente, a intoxicação das plantas, utilizando-se a metodologia de Frans e Crowley (1986), em que zero significa ausência de injúria e 100 corresponde à destruição completa da planta. Para a determinação de MMSPA, as plantas foram colhidas aos 21 DAT e colocadas em estufa sob temperatura de 60 °C, até atingirem massa constante.

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o programa Sisvar e as médias foram comparadas pelo teste SNK (Student-Newman-Keuls), com nível de significância p=0,05. Os dados da variável intoxicação de plantas aos 10 e 21 DAT foram transformados em $\sqrt{(x + 0,5)}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre herbicida e dose para a cultura da aveia branca mostrou-se não significativa para a variável MMSPA (Tabela 2), demonstrando que essa espécie tolera doses mais altas dos herbicidas avaliados. No entanto, o fator A (herbicida) apresentou efeito significativo. Embora tenha ocorrido diminuição da produção de MMSPA (Tabela 2) em praticamente todos os tratamentos em relação ao tratamento testemunha, apenas os tratamentos com o herbicida imazethapyr apresentaram efeito significativo sobre o crescimento das plantas de aveia branca. Esse herbicida proporcionou redução de MMSPA relativa superior a 60%, demonstrando não ser seletivo à cultura. A sensibilidade de aveia branca a imazethapyr já foi relatada em outros trabalhos (HARTWIG *et al.*, 2008). Em relação aos demais tratamentos, todos demonstraram ser seletivos. De forma semelhante, Vargas e Roman (2005), ao testarem a seletividade de herbicidas sobre cereais de inverno, observaram que tanto metsulfuron-methyl, quanto o 2,4-D amina demonstraram ser seletivos à aveia branca. Ainda, Cargnin *et al.* (2006), ao avaliarem a seletividade de metsulfuron-methyl sobre aveia branca, observaram que, de maneira geral, este herbicida pode ser considerado seletivo à cultura.

Em relação à produção de MMSPA de aveia comum, os resultados indicam que a interação foi

significativa (Tabela 2). As doses 2X dos herbicidas 2,4-D (1612 g i.a. ha⁻¹) e imazethapyr (700 g i.a. ha⁻¹) causaram maior intoxicação em relação às doses X (Tabela 3), reduzindo a produção de MMSPA (Tabela 2). Em relação ao fator principal (herbicida), para a dose X (dose indicada), exceto os herbicidas metsulfuron-methyl (2,4 g i.a. ha⁻¹), chlorimuron-ethyl (20 g i.a. ha⁻¹) e imazethapyr (350 g i.a. ha⁻¹), todos os demais não diferiram da testemunha para a variável MMSPA (Tabela 2), demonstrando ser seletivos à aveia comum. Em relação à dose 2X, os herbicidas metsulfuron-methyl (4,8 g i.a. ha⁻¹), clorimuron-ethyl (20 g i.a. ha⁻¹), imazethapyr (700 g i.a. ha⁻¹) e 2,4-D (1612 g i.a. ha⁻¹) causaram redução significativa na MSSPA em aveia comum, diferindo da testemunha e dos demais herbicidas avaliados. É importante mencionar que o herbicida metsulfuron-methyl, amplamente utilizado para controlar plantas daninhas tais como a buva em pastagens de inverno, proporcionou redução na produção de MMSPA de aveia comum em ambas as doses testadas, embora alguns trabalhos relatem a seletividade deste herbicida à cultura (HARTWIG *et al.*, 2008; VARGAS; ROMAN, 2005).

Para a produção de MMSPA de azevém comum (Tabela 2), a interação entre os fatores foi significativa. No entanto, o efeito do aumento de dose foi observado apenas nos tratamentos com o herbicida imazethapyr, em que a maior dose do herbicida (700 g i.a. ha⁻¹) proporcionou grande redução na produção de MMSPA. Na dose X (350 g i.a. ha⁻¹), a produção de MMSPA foi de

5,13 g vaso⁻¹, ao passo que na dose 2X (700 g i.a. ha⁻¹), foi de apenas 0,44 g vaso⁻¹. Em relação ao fator principal (herbicida), apenas o herbicida imazethapyr diferiu dos demais tratamentos e da testemunha.

A interação entre os fatores herbicida e dose foi significativa para a variável MMSPA do azevém tetraploide (Tabela 2). Foi observada diferença entre as doses testadas apenas para os herbicidas imazetapyr e flumioxazin, sendo a maior dose destes herbicidas a mais fitotóxica (Tabelas 3 e 4). Com exceção do imazethapyr, os demais tratamentos foram iguais à testemunha para a variável MMSPA nas doses indicadas dos herbicidas (doses X). Para a dose 2X, além do herbicida imazethapyr (700 g i.a. ha⁻¹), o herbicida flumioxazin (100 g i.a. ha⁻¹) também proporcionou redução significativa na variável MMSPA em plantas de azevém tetraploide.

Na avaliação visual de intoxicação das plantas de aveia branca aos 10 DAT (Tabela 3), a interação foi significativa entre os fatores dose e herbicida. Os herbicidas imazethapyr (700 g i.a. ha⁻¹) e flumioxazin (100 g i.a. ha⁻¹) causaram maior intoxicação nas plantas de aveia branca quando foi aplicado o dobro das doses indicadas desses herbicidas. Corroborando com os dados da produção de MMSPA relativa, os tratamentos compostos por imazethapyr apresentaram as maiores porcentagens de intoxicação, com 15% e 20% para as doses X (350 g i.a. ha⁻¹) e 2X (700 g i.a. ha⁻¹), respectivamente. Os demais herbicidas (metsulfuron-methyl, clorimuron-

Tabela 2 - Massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA) de plantas de aveia branca, aveia comum, azevém comum e azevém tetraploide em resposta à aplicação de herbicidas em duas doses

Dose	Testemunha	2,4-D	Metsulfuron	Chlorimuron	Imazethapyr	Diclosulam	Saflufenacil	Flumioxazin
Aveia branca (g vaso ⁻¹)								
X ^I	7,49 A	6,52 A	7,17 A	6,96 A	3,76 B	7,01 A	6,77 A	7,65 A
2X ^{II}	7,49 A	6,84 A	7,15 A	6,93 A	1,80 B	6,64 A	6,64 A	7,04 A
Aveia comum (g vaso ⁻¹)								
X	9,35 aA	9,09 aAB	8,21 aB	8,48 aB	3,16 aC	9,54 aAB	10,38 aA	9,76 aAB
2X	9,35 aA	7,53 bD	8,18 aBCD	8,11 aBCD	2,37 bE	9,74 aAB	10,02 aA	9,15 aABC
Azevém comum (g vaso ⁻¹)								
X	9,51 aA	7,34 aA	7,83 aA	8,44 aA	5,13 aB	9,19 aA	8,41 aA	9,16 aA
2X	9,51 aA	7,16 aA	8,04 aA	6,97 aA	0,44 bB	8,14 aA	7,88 aA	7,00 aA
Azevém tetraploide (g vaso ⁻¹)								
X	8,21 aA	9,07 aA	7,98 aA	8,70 aA	2,01 aB	7,75 aA	7,83 aA	8,61 aA
2X	8,21 aA	9,05 aA	8,85 aA	8,25 aA	1,71 aC	8,19 aA	7,81 aA	6,32 bB

^I2,4-D: 806 g i.a. ha⁻¹; Metsulfuron: 2,4 g i.a. ha⁻¹; Chlorimuron: 20 g i.a. ha⁻¹; Imazethapyr: 350 g i.a. ha⁻¹; Diclosulam: 16,8 g i.a. ha⁻¹; Saflufenacil: 35 g i.a. ha⁻¹; Flumioxazin: 50 g i.a. ha⁻¹; ^{II} 2,4-D: 1612 g i.a. ha⁻¹; Metsulfuron: 4,8 g i.a. ha⁻¹; Chlorimuron: 40 g i.a. ha⁻¹; Imazethapyr: 700 g i.a. ha⁻¹; Diclosulam: 133,6 g i.a. ha⁻¹; Saflufenacil: 70 g i.a. ha⁻¹; Flumioxazin: 100 g i.a. ha⁻¹; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, e maiúscula na linha, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste SNK

ethyl, diclosulam e saflufenacil) não apresentaram qualquer efeito fitotóxico sobre as plantas de aveia branca, independentemente da dose. Os herbicidas 2,4-D e flumioxazin apresentaram baixo efeito fitotóxico, inferior a 10%, mesmo nas maiores doses.

Aos 21 DAT, a interação entre os fatores herbicida e dose foi significativa para a variável intoxicação de plantas de aveia branca (Tabela 4). O comportamento dessa cultura em relação à intoxicação foi semelhante ao observado aos 10 DAT. As doses 2X de chlorimuron (40 g i.a. ha⁻¹) e imazethapyr (700 g i.a. ha⁻¹) foram mais nocivas, quando comparadas às doses X desses mesmos herbicidas. Nessa data, ocorreu a intensificação dos sintomas de intoxicação nas plantas de aveia branca nos tratamentos compostos por imazethapyr, apresentando 22,5% e 47,5% nas doses X (350 g i.a. ha⁻¹) e 2X (700 g i.a. ha⁻¹), respectivamente.

O herbicida chlorimuron-ethyl também causou intoxicação na aveia branca, sendo de 10% na dose X (20 g i.a. ha⁻¹) e 15% na dose 2X (40 g i.a. ha⁻¹). Já o herbicida saflufenacil não causou intoxicação sobre as plantas de aveia branca. No entanto, em estudo semelhante, utilizando as mesmas doses utilizadas nesta pesquisa, em aplicação em pós-emergência, observou-se efeitos fitotóxicos de saflufenacil sobre a cultura da aveia branca, os quais diminuíram com o passar do tempo. Contudo, mesmo com a presença inicial de fitointoxicação, não houve redução na

produtividade da cultura (SIKKEMA; SHROPSHIRE; SOLTANI, 2008). Dessa forma, esse herbicida pode ser uma alternativa para o controle de plantas daninhas latifoliadas durante o inverno, uma vez que herbicidas pertencentes a esse mecanismo de ação (inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase- PROTOX) apresentam raros registros de casos de resistência (HEAP, 2014).

Tanto para a avaliação de intoxicação de plantas de aveia comum aos 10 DAT, quanto aos 21 DAT, a interação entre os fatores herbicida e dose foi significativa (Tabelas 3 e 4). Em ambas as avaliações, as doses 2X dos herbicidas 2,4-D (1612 g i.a. ha⁻¹) e imazethapyr (700 g i.a. ha⁻¹) causaram maior fitointoxicação em relação às doses X. Aos 10 DAT, o herbicida 2,4-D causou injúrias de 10% e 20% em plantas de aveia comum, ao passo que imazethapyr causou injúrias de 10% e 15%, nas doses X e 2X, respectivamente (Tabela 3). Aos 21 DAT (Tabela 4), a intoxicação causada pelo herbicida imazethapyr sobre plantas de aveia comum foi mais aparente, com injúrias na ordem de 20% e 57,5% para as doses X (350 g i.a. ha⁻¹) e 2X (700 g i.a. ha⁻¹), respectivamente. Do mesmo modo que para a aveia branca, os dados observados para a aveia comum corroboram com os resultados apresentados por Hartwig *et al.* (2008), destacando a sensibilidade da cultura ao herbicida imazethapyr.

Tabela 3 - Intoxicação de plantas de aveia branca, aveia comum, azevém comum e azevém tetraploide em resposta à aplicação de herbicidas em duas doses, aos 10 dias após a aplicação dos tratamentos

Intoxicação (%)								
Dose	Testemunha	2,4-D	Metsulfuron	Chlorimuron	Imazethapyr	Diclosulam	Saflufenacil	Flumioxazin
Aveia branca								
X ^I	0 aA	5 aC	0 aA	0 aA	15 aD	0 aA	0 aA	3,75 aB
2X ^{II}	0 aA	5 aB	0 aA	0 aA	20 bD	0 aA	0 aA	7,25 bC
Aveia comum								
X	0 aA	10 aC	0 aA	0 aA	10 aC	0 aA	0 aA	5 aB
2X	0 aA	20 bE	0 aA	0 aA	15 bD	0 aA	2 aB	5 aC
Azevém comum								
X	0 aA	5 aB	0 aA	0 aA	15 aC	0 aA	5 aB	5 aB
2X	0 aA	5 aB	0 aA	0 aA	37 bE	0 aA	10 bD	8,25 bC
Azevém tetraploide								
X	0 aA	5 aB	0 aA	0 aA	15,75 aE	10 aD	10 aD	7 aC
2X	0 aA	5 aB	0 aA	0 aA	31,25 bF	10 aC	18,75 bE	15,5 bD

^I 2,4-D: 806 g i.a. ha⁻¹; Metsulfuron: 2,4 g i.a. ha⁻¹; Chlorimuron: 20 g i.a. ha⁻¹; Imazethapyr: 350 g i.a. ha⁻¹; Diclosulam: 16,8 g i.a. ha⁻¹; Saflufenacil: 35 g i.a. ha⁻¹; Flumioxazin: 50 g i.a. ha⁻¹; ^{II} 2,4-D: 1612 g i.a. ha⁻¹; Metsulfuron: 4,8 g i.a. ha⁻¹; Chlorimuron: 40 g i.a. ha⁻¹; Imazethapyr: 700 g i.a. ha⁻¹; Diclosulam: 133,6 g i.a. ha⁻¹; Saflufenacil: 70 g i.a. ha⁻¹; Flumioxazin: 100 g i.a. ha⁻¹; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, e maiúscula na linha, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste SNK

Tabela 4 - Intoxicação de plantas de aveia branca, aveia comum, azevém comum e azevém tetraploide em resposta à aplicação de herbicidas em duas doses, aos 21 dias após a aplicação dos tratamentos

Intoxicação (%)								
Dose	Testemunha	2,4-D	Metsulfuron	Chlorimuron	Imazethapyr	Diclosulam	Saflufenacil	Flumioxazin
Aveia branca								
X ^I	0 aA	10 aC	0 aA	10 aC	22,5 aD	0 aA	0 aA	5 aB
2X ^{II}	0 aA	10 aC	0 aA	15 bD	47,5 bE	0 aA	0 aA	5 aB
Aveia comum								
X	0 aA	10 aB	0 aA	0 aA	20 aC	0 aA	0 aA	0 aA
2X	0 aA	15 bB	0 aA	0 aA	57,5 bC	0 aA	0 aA	0 aA
Azevém comum								
X	0 aA	10 aB	0 aA	0 aA	20 aC	10 aB	0 aA	0 aA
2X	0 aA	10 aB	0 aA	0 aA	57,5 bD	10 aB	0 aA	21,25 bC
Azevém tetraploide								
X	0 aA	5 aB	0 aA	0 aA	71,25 aC	10 aB	0 aA	11,25 aB
2X	0 aA	5 aB	0 aA	0 aA	87,5 bF	10 aC	17,5 bD	27,5 bE

^I 2,4-D: 806 g i.a. ha⁻¹; Metsulfuron: 2,4 g i.a. ha⁻¹; Chlorimuron: 20 g i.a. ha⁻¹; Imazethapyr: 350 g i.a. ha⁻¹; Diclosulam: 16,8 g i.a. ha⁻¹; Saflufenacil: 35 g i.a. ha⁻¹; Flumioxazin: 50 g i.a. ha⁻¹; ^{II} 2,4-D: 1612 g i.a. ha⁻¹; Metsulfuron: 4,8 g i.a. ha⁻¹; Chlorimuron: 40 g i.a. ha⁻¹; Imazethapyr: 700 g i.a. ha⁻¹; Diclosulam: 133,6 g i.a. ha⁻¹; Saflufenacil: 70 g i.a. ha⁻¹; Flumioxazin: 100 g i.a. ha⁻¹; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, e maiúscula na linha, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste SNK

Para a variável intoxicação de plantas de azevém comum aos 10 DAT e 21 DAT, a interação entre o fator A (herbicida) e o fator B (dose) foi significativa. Aos 10 DAT (Tabela 3), os tratamentos compostos por 2,4-D, saflufenacil e flumioxazin apresentaram injúrias leves, iguais ou inferiores a 10%. Nessa mesma avaliação, os herbicidas metsulfuron-methyl e diclosulam mostraram-se totalmente seletivos à cultura do azevém comum, uma vez que não apresentaram qualquer fitotoxicidade. O herbicida imazethapyr mostrou-se não seletivo à essa cultura, com 15% e 37% de intoxicação para as doses X (350 g i.a. ha⁻¹) e 2X (700 g i.a. ha⁻¹), respectivamente. De modo semelhante, aos 21 DAT o herbicida imazethapyr causou as injúrias mais acentuadas em plantas de azevém comum, com 20% e 57,5%, nas doses X (350 g i.a. ha⁻¹) e 2X (700 g i.a. ha⁻¹), respectivamente. Os demais herbicidas apresentaram injúrias iguais ou inferiores a 10%, independentemente da dose.

Em relação à intoxicação de plantas de azevém tetraploide aos 10 DAT e 21 DAT (Tabelas 3 e 4), a interação dos fatores herbicida e dose foi significativa. Aos 10 DAT, da mesma forma que para o azevém comum, as doses 2X dos herbicidas imazethapyr (700 g i.a. ha⁻¹), saflufenacil (70 g i.a. ha⁻¹) e flumioxazin (100 g i.a. ha⁻¹) apresentaram maiores efeitos fitotóxicos que as doses X (350 g i.a. ha⁻¹, 35 g i.a. ha⁻¹ e 50 g i.a. ha⁻¹,

respectivamente). De maneira geral, pode-se observar que o azevém tetraploide demonstrou-se mais sensível que as demais culturas, já que as mesmas doses causaram maiores injúrias. Apenas os herbicidas metsulfuron-methyl e chlorimuron-ethyl mostraram-se totalmente seletivos para ambas as doses durante o período avaliado (Tabela 4).

A seletividade de herbicidas sobre culturas envolvendo a detoxificação por enzimas, tais como a P450 e a GST, está diretamente ligada à dose aplicada de herbicida. Herbicidas como as sulfonilureias e imidazolinonas são sensíveis à ação de monooxigenação de enzimas P450, enquanto que a ação das enzimas GST ocorre sobre sulfonilureias, imidazolinonas, ariloxifenoxipropionatos, triazinas e cloroacetanilidas, por meio da reação de conjugação (CARVALHO *et al.*, 2009).

Em culturas tradicionais, como é o caso do trigo (*Triticum aestivum*), a seletividade em relação a alguns herbicidas, tais como inibidores das enzimas acetyl-CoA carboxylase (ACCase) e ALS, é alcançada com a utilização de *safeners* (TAYLOR *et al.*, 2013). *Safeners* são produtos utilizados amplamente em cereais para protegê-los de danos causados por herbicidas seletivos, sem comprometer a eficiência do herbicida sobre as plantas daninhas (EDWARDS *et al.*, 2005). O principal mecanismo de ação desses produtos é por meio da indução

da síntese de enzimas detoxificadoras de xenobióticos, tais como as enzimas P450 e GST, acelerando a detoxificação (DERIDDER; GOLDSBROUGH, 2006; HATZIOS; BURGOS, 2004). Essas mesmas enzimas (P450 e GST) são responsáveis pela resistência de algumas espécies de plantas daninhas a herbicidas, assim como a tolerância de algumas culturas, como é o caso da resistência múltipla de azevém (*Lolium rigidum*) (BUSI; VILA-AIUB; POWLES, 2011; HAN *et al.*, 2014;) e a tolerância de arroz a bentazon (PAN *et al.*, 2006).

Nestes experimentos, para alguns herbicidas e para todas as culturas, exceto aveia branca, a seletividade foi observada apenas quando foi aplicada a dose indicada (dose X), ao passo que, na dose 2X, as plantas apresentaram sintomas de intoxicação e redução na produção de MMSPA. Dessa forma, as plantas foram capazes de detoxificar a dose X desses herbicidas, o que não ocorreu quando foi aplicado o dobro da dose. Possivelmente, com o uso de algum *safener* específico para cada cultura e de acordo com o herbicida utilizado, esses efeitos fitotóxicos causados pelo herbicida poderiam ser reduzidos ou até mesmo evitados, sem prejudicar o controle de plantas daninhas de difícil controle, tal como a buva.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

1. A seletividade dos herbicidas utilizados varia de acordo com a cultura e com a dose, exceto para a cultura da aveia branca, onde não houve interação entre os fatores herbicida e dose;
2. O herbicida imazethapyr não é seletivo às culturas da aveia branca, aveia comum, azevém comum e azevém tetraploide;
3. Embora não apresente sintomas visuais de intoxicação, o herbicida metsulfuron-methyl apresenta leve efeito fitotóxico sobre a aveia comum, diminuindo a produção de MMSPA;
4. Os herbicidas diclosulam e saflufenacil são seletivos às culturas estudadas, embora apresentem efeitos visuais de intoxicação, mas que não refletem na produção de MMSPA;
5. Desta forma, existem opções de herbicidas para o controle de plantas daninhas de difícil controle, tais como a buva, durante o cultivo de pastagens de inverno. Esses herbicidas podem ser utilizados dentro de um sistema de rotação de mecanismos de ação de herbicidas a fim de se prevenir a seleção e dispersão de biótipos resistentes, sem comprometer a produtividade das forrageiras.

REFERÊNCIAS

- BUSI, R.; VILA-AIUB, M. M.; POWLES, S. B. Genetic control of a cytochrome P450 metabolism-based herbicide resistance mechanism in *Lolium rigidum*. **Heredity**, v. 106, n. 5, p. 817-824, 2011.
- CARGNIN, A. *et al.* Uso de herbicidas seletivos na produção de aveia branca. **Revista Ceres**, v. 53, n. 306, p. 139-143, 2006.
- CARVALHO, S. J. P. *et al.* Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for reducing crop damages. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 1, p. 136-142, 2009.
- DAUER, J. T.; MORTENSEN, D. A.; VANGESSEL, M. J. Temporal and spatial dynamics of long-distance *Conyza canadensis* seed dispersal. **Journal of Applied Ecology**, v. 44, n. 1, p. 105-114, 2007.
- DERIDDER, B. P.; GOLDSBROUGH, P. B. Organ-specific expression of glutathione S-transferases and the efficacy of herbicide safeners in Arabidopsis. **Plant Physiology**, v. 140, n. 1, p. 167-175, 2006.
- EDWARDS, R. *et al.* Chemical manipulation of antioxidant defences in plants. **Advances in Botanical Research**, v. 42, n. 1, p. 1-32, 2005.
- FRANS, R.; CROWLEY, H. Experimental design and techniques for measuring and analysing plant responses to weed control practices. In: CAMPER, N. D. **Research methods in weed science**. 3. ed. Champaign: Southern Weed Science Society, 1986. p. 37.
- HAN, H. *et al.* Genetic inheritance of cytochrome P450-mediated metabolic resistance to chlorsulfuron in a multiple herbicide resistant *Lolium rigidum* population. **Crop Protection**, v. 65, n. 1, p. 57-63, 2014.
- HARTWIG, I. *et al.* Tolerância de trigo (*Triticum aestivum*) e aveia (*Avena* sp.) a herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS). **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 361-368, 2008.
- HATZIOS, K. K.; BURGOS, N. Metabolism-based herbicide resistance: regulation by safeners. **Weed Science**, v. 52, n. 3, p. 454-467, 2004.
- HEAP, I. M. **International Survey of Herbicide Resistant Weeds- Weed Science Society of America**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/In.asp>>. Acesso em: 02 ago 2014.
- LAMEGO, F. P.; VIDAL, R. A. Resistência ao glyphosate em biótipos de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 467-471, 2008.
- OLIVEIRA NETO, A. M. de, *et al.* Manejo de *Conyza bonariensis* com glyphosate + 2,4-D e amônio-glufosinate em função do estágio de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 9, n. 3, p. 73-80, 2010.
- OLIVEIRA, J. C. P. *et al.* **Sistema de criação de bovinos de leite para a Região Sudoeste do Rio Grande do Sul**. Embrapa

- Pecuária Sul, Sistemas de Produção 3, 2008. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/BovinoLeiteRegiaoSudoesteRioGrandeSul/>>. Acesso em: 12 dez. 2014.
- PAN, G. *et al.* Map-based cloning of a novel rice cytochrome P450 gene that confers resistance to two different classes of herbicides. **Plant Molecular Biology**, v. 61, n. 6, p. 933-943, 2006.
- PRESTON, C.; ROUSH, R. T.; POWLES, S. B. Herbicide resistance in weeds of southern Australia: why are we the worst in the world? Twelfth Australian Weeds Conference, p. 454-459, 1999. Disponível em: <<http://www.caws.org.au/awc/1999/awc199914541.pdf>>. Acesso em: 12 dez.2014.
- POWLES, S. B.; YU, Q. Evolution in action: plants resistant to herbicides. **Annual Review of Plant Biology**, v. 61, n. 1, p. 317-347, 2010.
- SANTOS, G. *et al.* Multiple resistance of *Conyza sumatrensis* to Chlorimuron-ethyl and to Glyphosate. **Planta Daninha**, v. 32, n. 2, p. 409-416, 2014.
- SIKKEMA, P. H.; SHROPSHIRE, C.; SOLTANI, N. Tolerance of spring barley (*Hordeum vulgare* L.), oats (*Avena sativa* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) to saflufenacil. **Crop Protection**, v. 27, n. 12, p. 1495-1497, 2008.
- SKONIESKI, F. R. *et al.* Botanic and structural composition and nutritional value on intercropped ryegrass pastures. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 550-556, 2011.
- TAYLOR, V. L. *et al.* Protective responses induced by herbicide safeners in wheat. **Environmental and Experimental Botany**, v. 88, n. 1, p. 93-99, 2013.
- TREZZI, M. M.; VIDAL R. A. Herbicidas inibidores da ALS. In: VIDAL, R. A.; MEROTTO JR., A. **Herbicidologia**. Porto Alegre: Edição dos Autores, 2001. p. 152.
- VARGAS, L. *et al.* Buva (*Conyza bonariensis*) resistente ao glyphosate na região sul do Brasil. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 573-578, 2007.
- VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Seletividade e eficiência de herbicidas em cereais de inverno. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 4, n. 3, p. 1-10, 2005.