

## Seletividade de associações e doses de herbicidas em pós emergência do trigo

### *Selectivity of associations and rates of the herbicides in wheat post emergence*

Cristiano Piasecki<sup>1\*</sup>, Marcos Ivan Bilibio<sup>2</sup>, Henrique Fries<sup>3</sup>, Joanei Cechin<sup>4</sup>,  
Maicon Fernando Schmitz<sup>4</sup>, Jonas Rodrigo Henckes<sup>4</sup>, Juliano Gazola<sup>4</sup>

**Resumo** - As principais plantas daninhas encontradas na cultura do trigo são o nabo e o azevém, e seu controle em pós-emergência é baseado em herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) e acetil coenzima A carboxilase (ACCase) que, em função da resistência, limita as opções de controle. Associações de herbicidas têm sido utilizadas em pós-emergência do trigo, porém, seus efeitos na cultura são pouco conhecidos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade de associações de herbicidas e doses aplicados em pós-emergência do trigo. Foram realizados três experimentos a campo em sistema de semeadura direta, no delineamento de blocos ao acaso com três repetições. Os experimentos foram conduzidos nos municípios de Santa Bárbara do Sul-RS, Cruz Alta-RS e Tupanciretã-RS. Foram estudadas doses e associações entre os herbicidas 2,4-D, metsulfuron-methyl, iodosulfuron, piroxsulam e saflufenacil aplicados no perfilhamento do trigo. As variáveis avaliadas foram fitotoxicidade aos sete, 14, 21 e 35 dias após a aplicação (DAA), rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) e peso hectolitro dos grãos de trigo (PH), sendo os dados dos três experimentos analisados de forma conjunta. Aos 35 DAA as maiores fitotoxicidades foram observadas para metsulfuron-methyl na dose de 9 g i.a. ha<sup>-1</sup> e para saflufenacil associado ao metsulfuron-methyl. Os resultados de rendimento de grãos demonstraram que a associação entre 2,4-D e metsulfuron-methyl, saflufenacil isolado ou associado à metsulfuron-methyl e o iodosulfuron-methyl foram seletivos para o trigo. O aumento da dose de metsulfuron-methyl (6 e 9 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e a dose de registro de piroxsulam causaram redução significativa na rendimento de grãos de grãos de trigo na média dos três experimentos. O PH dos grãos de trigo não foi influenciado pelos herbicidas estudados.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum*, mistura de herbicidas, mistura em tanque, resistência

**Abstract** - The main weeds in wheat are wild radish and ryegrass, and its post-emergence control is based on herbicides inhibiting the enzyme acetolactate synthase (ALS) and acetyl coenzyme A carboxase (ACCase), which as a function of resistance limits the control options. Herbicide combinations have been used for post-emergence of wheat; however, the effects of herbicidal combinations are poorly understood. The objective of this work was to evaluate the selectivity of

Recebido: Agosto 17, 2017. Aceito: Fevereiro 06, 2018.

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Fitossanidade, Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas – UFPel, Campus Universitário, Capão do Leão, CEP 96010-900, Pelotas, RS, Brasil. E-mail: [c\\_piasecki@hotmail.com](mailto:c_piasecki@hotmail.com)

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade de Passo Fundo – UPF, Passo Fundo, RS, Brasil. E-mail: [marcosbilibio@yahoo.com.br](mailto:marcosbilibio@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: [henrique\\_fries@hotmail.com](mailto:henrique_fries@hotmail.com)

<sup>4</sup> Programa de Pós-graduação em Fitossanidade/Herbologia, Universidade Federal de Pelotas – UFPel, Pelotas, RS, Brasil. E-mail: [joaneicechin@yahoo.com.br](mailto:joaneicechin@yahoo.com.br); [maicon\\_schmitz@hotmail.com](mailto:maicon_schmitz@hotmail.com); [jhenckes@hotmail.com](mailto:jhenckes@hotmail.com); [julianogazola@hotmail.com](mailto:julianogazola@hotmail.com)

wheat to herbicide associations and rates applied in post-emergence. Three field experiments were carried out in a no-tillage system, in a randomized complete block design with three replicates. The experiments were conducted in Santa Bárbara do Sul-RS, Cruz Alta-RS and Tupanciretã-RS. Rates and associations between the 2,4-D herbicides, metsulfuron-methyl, iodosulfuron, pyroxsulam and saflufenacil applied in wheat tillering were studied. The evaluated variables were phytotoxicity at seven, 14, 21 and 35 days after application (DAA), yield ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) and hectoliter weigh (HW). The data were analyzed together. At 35 DAA, the highest phytotoxicities were observed for metsulfuron-methyl at the dose of  $9 \text{ g a.i. ha}^{-1}$  and for saflufenacil associated with metsulfuron-methyl. The results of yield demonstrate that the association between 2,4-D and metsulfuron-methyl, saflufenacil isolated or associated with metsulfuron-methyl, and iodosulfuron are selective for wheat. Metsulfuron-methyl at rates of 6 and  $9 \text{ g a.i. ha}^{-1}$  and pyroxsulam caused a significant reduction in wheat yield and were not considered selective. However, the hectoliter weight of the grains was not influenced by herbicides used of this study.

**Keywords:** *Triticum aestivum*, herbicide mix, tank mix, resistance

## Introdução

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos principais cereais cultivados no mundo com produção superior a 700 milhões de toneladas anualmente e, considerada a base alimentar para humanos. No Brasil, o trigo é cultivado em cerca de dois milhões de hectares com predominância na região Sul, onde a produção é de em torno de 50% da demanda nacional (CONAB, 2017). Vários fatores bióticos e abióticos afetam a rendimento de grãos da cultura, dentre os bióticos as plantas daninhas, são as principais responsáveis pela redução da qualidade e quantidade do produto colhido (Vargas e Roman, 2005).

A aplicação de herbicidas tem sido o principal método de controle de plantas daninhas na cultura do trigo, no entanto, a intensiva e a inadequada aplicação de herbicidas selecionaram plantas daninhas resistentes (Mariani et al., 2016). As principais plantas daninhas em lavouras de trigo no Sul do Brasil são nabo (*Raphanus* spp.) resistente a herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS), e azevém (*Lolium multiflorum*) resistente aos inibidores das enzimas 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), acetil coenzima A carboxilase (ACCase) e ALS (Heap, 2017). No entanto, os inibidores da ALS têm sido os principais herbicidas

empregados no controle de azevém e nabo (Geier et al., 2011), que, na maioria das vezes, ocorrem simultaneamente nas áreas de cultivo.

A maior dificuldade no controle de plantas daninhas em trigo é verificada em pós emergência, pois poucos herbicidas possuem registro para esta modalidade de aplicação e, além disso, para a maior parte dos herbicidas registrados, as principais plantas daninhas apresentam resistência (Mariani et al., 2016; Heap, 2017; Brasil, 2017). No Brasil os herbicidas registrados para aplicação em pós-emergência do trigo são bentazona, clodinafope+propargil, diclofop-mehtyl, iodosulfuron-methyl, metribuzin, metsulfuron-methyl e 2,4-D (Brasil, 2017). Embora saflufenacil cause injúrias, muitos agricultores norte americanos preferem aplica-lo em pós-emergência do trigo de primavera junto a aplicação de nitrogênio (Frihauf et al., 2010a). Apesar das injúrias causadas, o saflufenacil pode ser alternativa para o controle de eudicotiledôneas em pós-emergência do trigo, especialmente para o controle de nabo resistente a ALS (Frihauf et al., 2010b).

A dificuldade no controle em função da resistência e a falta de novos herbicidas com mecanismos de ação diferenciados e com registro para aplicação em pós-emergência, têm obrigado triticultores a buscarem alternativas. Dessa forma, a aplicação

de misturas de herbicidas em tanque tem sido a forma encontrada para se obter adequado controle das plantas daninhas. Entretanto, a seletividade dos principais herbicidas na cultura deve ser considerada, uma vez que, a mistura em tanque pode resultar em efeitos sinérgicos ou antagônicos, que podem comprometer o controle e a rendimento de grãos da cultura (Singh et al., 2011). Por outro lado, poucos estudos demonstram os efeitos de fitotoxicidade de associações entre herbicidas e doses em pós-emergência do trigo. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade ao trigo de associações e doses de herbicidas aplicados em pós-emergência.

## Material e métodos

Foram realizados três experimentos no ano de 2015 em três municípios no Rio Grande do Sul: Santa Bárbara do Sul, Cruz Alta e Tupanciretã (Tabelas 1 e 2). Os experimentos foram instalados no sistema de semeadura direta, em áreas com restos culturais de aveia-preta e azevém controlados 30 dias antes da semeadura (DAS) com clethodim 76,2 g i.a ha<sup>-1</sup> e glyphosate 1080 g de e.a. ha<sup>-1</sup>. Logo após a semeadura foi realizada aplicação de 400 g i.a ha<sup>-1</sup> de paraquat com objetivo de eliminar plantas remanescentes ou emergidas

após a aplicação anterior de herbicidas. As três áreas apresentavam histórico de baixa infestação por plantas daninhas.

Nos três experimentos, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições, em unidades experimentais de 10 m<sup>2</sup> (2 × 5 m). O trigo cultivar Iguazu foi semeado em espaçamento entrelinhas de 0,17 m. Nos três locais, a adubação utilizada foi de 350 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante NPK 10-20-20, e 220 kg ha<sup>-1</sup> de uréia em cobertura aplicada 10 dias após a aplicação dos herbicidas, seguindo a interpretação das análises de solo (Tabela 2). Os demais tratos culturais foram realizados conforme as recomendações técnicas para a cultura do trigo (EMBRAPA, 2014).

Na Tabela 3 estão descritos os tratamentos utilizados nos três experimentos. As aplicações dos tratamentos foram realizadas no perfilhamento pleno do trigo (Tabela 1), sendo realizadas com pulverizador costal pressurizado à CO<sub>2</sub>, utilizando pontas do tipo leque 110.02, espaçadas em 50 cm, sendo o equipamento calibrado para pulverizar um volume de calda de 150 L ha<sup>-1</sup>. No momento da aplicação, as áreas de trigo não apresentavam infestação de plantas daninhas. As condições ambientais durante a condução dos experimentos nos três locais estão apresentadas na Figura 1.

**Tabela 1.** Localização dos experimentos, datas de semeadura, emergência e aplicações dos tratamentos herbicidas.

Município	Latitude	Longitude	Semeadura	Emergência	Aplicação	DAE <sup>1</sup>
Santa Bárbara do Sul	28°23'14" S	53°15'04" O	17/06/2015	26/06/2015	06/08/2015	41,0
Cruz Alta	28°38'13" S	53°32'12" O	19/06/2015	25/06/2015	05/08/2015	41,0
Tupanciretã	29°00'22" S	53°38'38" O	19/06/2015	25/06/2015	08/08/2015	44,0

<sup>1</sup>Dias após a emergência.

**Tabela 2.** Informações da análise de solo referentes as três áreas onde os experimentos foram conduzidos.

Área	Município/UF	Argila (%)	pH <sub>água</sub>	M.O. (%) <sup>1</sup>	CTC <sub>efetiva</sub> <sup>2</sup>	V (%) <sup>3</sup>
1	Santa Bárbara do Sul	38	5,9	2,1	5,2	59
2	Cruz Alta	34	5,8	3,5	11,8	70,5
3	Tupanciretã	15	6,2	2,3	5,3	78

<sup>1</sup>Teor (%) de matéria orgânica do solo; <sup>2</sup>Capacidade de troca de cátions (cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) determinada no pH do solo;

<sup>3</sup>Saturação por bases.

**Tabela 3.** Tratamentos utilizados nos três experimentos.

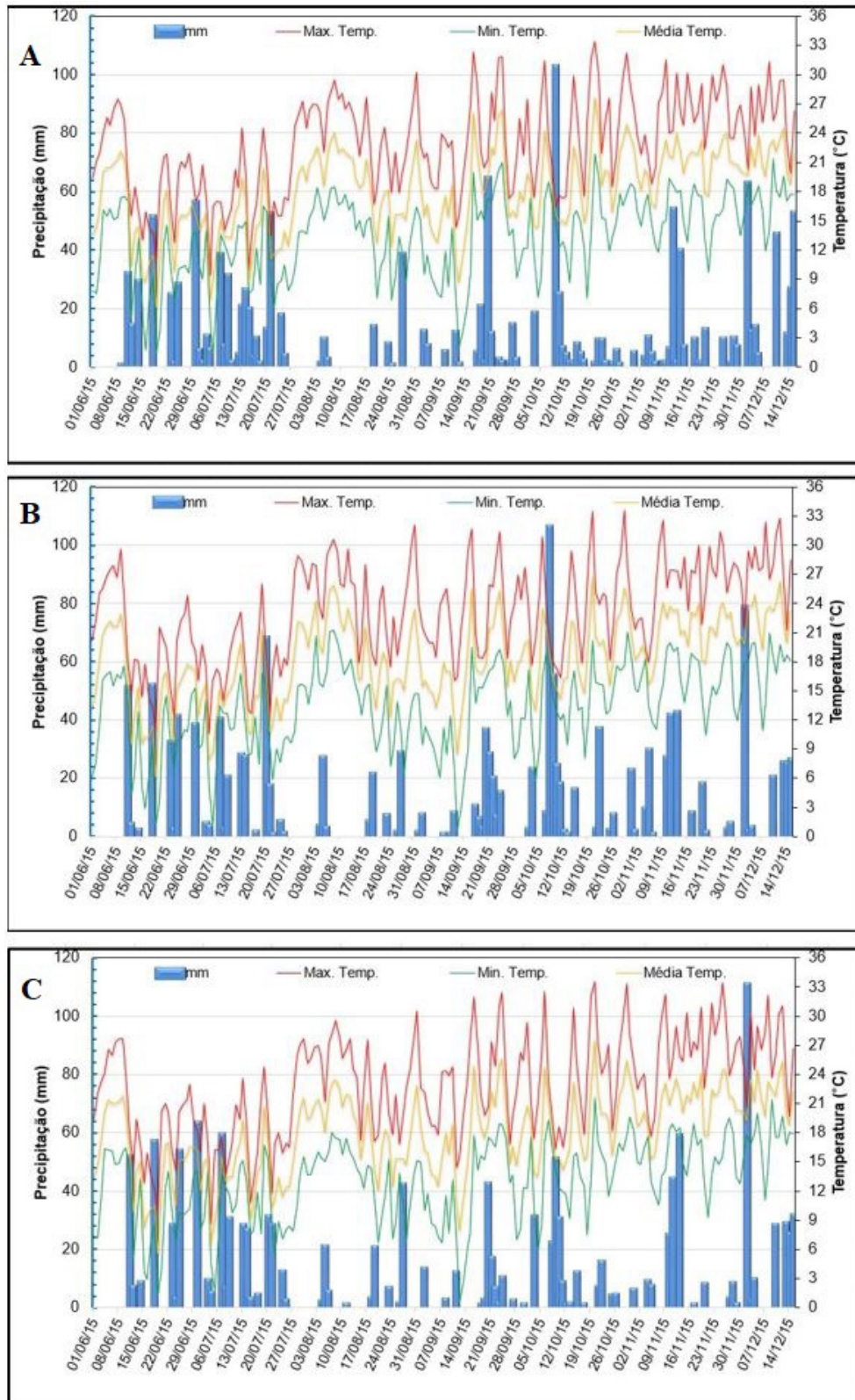
Tratamento número	Ingrediente ativo herbicida	Dose (g ha <sup>-1</sup> ) <sup>5</sup> (i.a. ou e.a.)	Nome comercial do herbicida	Formulação herbicida <sup>6</sup>	Dose (p.c. ha <sup>-1</sup> ) <sup>7</sup>
1	2,4-D	670	DMA 806 BR	670 SL <sup>1</sup>	1 L
	Metsulfuron-methyl	4,2	Ally	600 WG <sup>3</sup>	7 g
	Óleo Mineral	320	Nimbus	428 EC <sup>2</sup>	0,5% v/v
2	2,4-D	1.005	DMA 806 BR	806 BR SL	1,5 L
	Metsulfuron-methyl	4,2	Ally	600 WG	7 g
	Óleo Mineral	320	Nimbus	428 EC	0,5% v/v
3	2,4-D	670	DMA 806 BR	806 BR SL	1 L
	Óleo Mineral	320	Nimbus	428 EC	0,5% v/v
4	2,4-D	1.005	DMA 806 BR	806 BR SL	1,5 L
	Óleo Mineral	320	Nimbus	428 EC	0,5% v/v
5	Metsulfuron-methyl	4,2	Ally	600 WG	7 g
	Óleo Mineral	320	Nimbus	428 EC	0,5% v/v
6	Metsulfuron-methyl	6,0	Ally	600 WG	10 g
	Óleo Mineral	320	Nimbus	428 EC	0,5% v/v
7	Metsulfuron-methyl	9,0	Ally	600 WG	15 g
	Óleo Mineral	320	Nimbus	428 EC	0,5% v/v
8	Iodosulfuron-methyl	5,0	Hussar	50 WG	100 g
	Ester Metílico de óleo de Soja	320	Aureo	720 EC	0,3% v/v
9	Piroxulam	18	Tricea	45 OD <sup>4</sup>	0,4 L
	Óleo Mineral	570	Joint Oil	761 EC	0,5% v/v
10	Saflufenacil	42	Heat	700 WG	60 g
	Óleo Mineral	370	Assist	756 EC	0,5 L
11	Saflufenacil	42	Heat	700 WG	60 g
	Metsulfuron-methyl	4,2	Ally	600 WG	7 g
12	Óleo Mineral	64	Assist	756 EC	0,5 L
	Testemunha sem herbicida	-	-	-	-

<sup>1</sup>Concentração solúvel; <sup>2</sup>Concentrado emulsionável; <sup>3</sup>Grânulos dispersíveis em água; <sup>4</sup>Dispersão oleosa; <sup>5</sup>Ingrediente ativo ou equivalente ácido ha<sup>-1</sup>; <sup>6</sup>g kg<sup>-1</sup> ou g L<sup>-1</sup>; <sup>7</sup>Produto comercial ha<sup>-1</sup>.

As variáveis avaliadas foram fitotoxicidade no trigo aos sete, 14, 21 e 35 dias após a aplicação (DAA), rendimento de grãos do trigo e peso do hectolitro dos grãos do trigo (PH). Para a avaliação de fitotoxicidade foi utilizada a escala percentual visual onde, zero refere-se a ausência de fitotoxicidade e 100 refere-se a morte das plantas (SBCPD, 1995). Para determinar o rendimento de grãos do trigo foram colhidas seis linhas centrais de cada unidade experimental por três metros de comprimento (3,06 m<sup>2</sup>). Após a colheita, o material foi trilhado, pesado e determinada a umidade dos grãos. Após realizada a correção da umidade para

13% foi determinado o rendimento de grãos por hectare e o PH.

Os dados das variáveis estudadas foram analisados quanto a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e à homocedasticidade pelo teste de Hartley. Primeiramente os dados de cada experimento foram submetidos a análise de variância (ANOVA) individual pelo F teste a 5% de probabilidade. Após, foi realizada ANOVA conjunta dos três experimentos conforme descrito por Banzatto e Kronka (2006) a 5% de probabilidade no teste F. A partir dos resultados da ANOVA conjunta, se verificada interação entre os fatores (tratamentos × locais), procedeu-se a comparação entre as médias

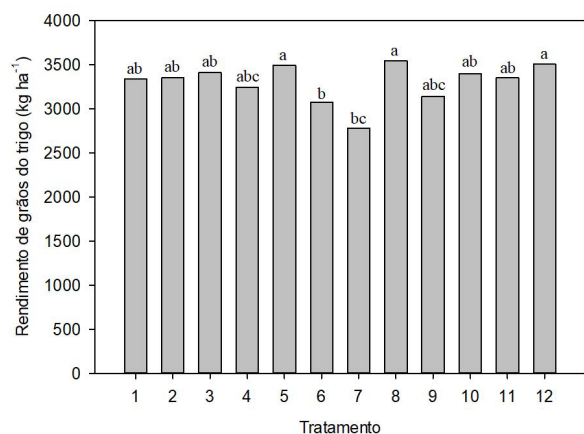


**Figura 1.** Dados meteorológicos para os locais de condução dos experimentos. (A) Santa Bárbara do Sul - RS; (B) Tupanciretã - RS; (C) Cruz Alta - RS. Fonte: SOMAR Meteorologia.

dos tratamentos dentro de cada experimento (local) pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). No caso de interação não significativa, as médias gerais dos experimentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Os resultados da rendimento de grãos foram considerados para determinar se o tratamento foi seletivo ou não para o trigo.

## Resultados e discussão

A análise dos resultados obtidos nos experimentos evidenciou não haver necessidade de transformação dos dados, com base nos testes de Shapiro-Wilk e de Hartley. A análise de variância conjunta indicou efeito significativo entre os tratamentos e locais, e também para a interação entre tratamentos e locais para fitotoxicidade aos sete, 14, 21, 35 dias após a aplicação (DAA). Não houve efeito significativo para o peso do hectolitro (PH) dos grãos de trigo em função dos tratamentos nos locais avaliados (Tabela 4). Para o rendimento de grãos do trigo a análise de variância conjunta não demonstrou interação entre tratamentos e locais. Dessa forma, foi calculada a média para cada tratamento dos três experimentos e as médias gerais dos tratamentos aplicados ao teste de comparação (Figura 2).



**Figura 2.** Rendimento médio de grãos de trigo em função da aplicação de herbicidas. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Resultado médio dos três experimentos.

Aos sete DAA, a aplicação de saflufenacil isolado na dose de 42 g i.a. ha<sup>-1</sup> e associado ao metsulfuron-methyl na dose de 4,2 g i.a. ha<sup>-1</sup> proporcionaram os maiores valores de fitotoxicidade que variaram de 13% a 22% nos diferentes locais avaliados e, foi similar a aplicação isolada de saflufenacil (Tabela 4). Para os demais herbicidas, os valores de fitotoxicidade foram todos abaixo de 13%. Resultados semelhantes de seletividade na cultura do trigo foram observados para os herbicidas metsulfuron-methyl na dose de 2,4 e 3,6 g i.a. ha<sup>-1</sup> e 2,4-D na dose de 480 e 960 g e.a. ha<sup>-1</sup>, iodosulfurom-metil e saflufenacil na dose de 5 e 49 g i.a. ha<sup>-1</sup> e, piroxsulam na dose de 18 g i.a. ha<sup>-1</sup> com fitotoxicidade abaixo de 10% aos sete DAA (Vargas e Roman, 2005; Geier et al., 2011).

No decorrer das avaliações realizadas aos 14, 21 e 35 DAA, a maior parte dos tratamentos apresentou redução da fitotoxicidade, exceto para o metsulfuron-methyl na dose 9 g i.a. ha<sup>-1</sup> a fitotoxicidade foi maior. Todavia, a aplicação de doses maiores de metsulfuron-methyl ocasionou aumento da fitotoxicidade no trigo e redução na capacidade de metabolização do herbicida (Tabela 4). Ao avaliar a seletividade de diferentes herbicidas em cereais de inverno, a fitotoxicidade em cevada foi de 15% para o herbicida metsulfuron-methyl na dose de 3,6 g i.a. ha<sup>-1</sup> e ausente na dose de 2,4 g i.a. ha<sup>-1</sup> aos 14 DAA (Vargas e Roman, 2005). Em trigo e cevada, o metabolismo do metsulfuron-methyl ocorre por hidroxilação seguido de conjugação com glicose ou, por hidroxilação do anel aromático (Anderson et al., 1989). Esse processo enzimático é mediado através de monooxigenação da citocromo P450 e por conjugação com glicosiltransferase, sendo o efeito estreitamente ligado a dose do herbicida, onde o excesso de produto pode inibir a enzima ALS e causar injúrias a cultura (Carvalho et al., 2009).

Para 2,4-D foi evidenciado baixa fitotoxicidade para aplicação isolada do herbicida independente da dose utilizada para os três locais de experimento com níveis inferiores a 5% aos 14, 21 e 35 DAA,

**Tabela 4.** Fitotoxicidade no trigo aos 7, 14, 21 e 35 dias após a aplicação (DAA) e peso do hectolitro dos grãos de trigo em função da aplicação dos herbicidas.

Tratamento	Santa Bárbara do Sul – RS					
	Dose	7 DAA	14 DAA	21 DAA	35 DAA	PH
2,4-D + metsulfuron-methyl	670 + 4,2	3 d <sup>1</sup>	4 b	1 c	1 d	79 <sup>ns</sup>
2,4-D + metsulfuron-methyl	1005 + 4,2	5 c	4 b	1 c	1 d	81
2,4-D	670	3 d	2 b	1 c	1 d	81
2,4-D	1005	5 c	3 b	1 c	1 d	80
Metsulfuron-methyl	4,2	1 d	3 b	4 b	1 d	79
Metsulfuron-methyl	6	4 c	3 b	3 b	1 d	80
Metsulfuron-methyl	9	7 c	10 a	8 a	13 a	79
Iodosulfuron-methyl	5,0	4 c	10 a	9 a	4 c	79
Piroxsulam	18	7 c	6 b	4 b	2 d	78
Saflufenacil	42	13 b	12 a	10 a	9 b	80
Saflufenacil + metsulfuron-methyl	42+4,2	17 a	13 a	9 a	12 a	79
Testemunha	---	0 d	0 b	0 c	0 d	79
CV (%)		32	28	27	32	2,1
Tratamento	Cruz Alta – RS					
2,4-D + metsulfuron-methyl	670 + 4,2	8 c	3 c	1 c	1 d	79 <sup>ns</sup>
2,4-D + metsulfuron-methyl	1005 + 4,2	12 b	6 c	4 b	1 d	81
2,4-D	670	6 d	5 c	1 c	1 d	81
2,4-D	1005	4 d	4 c	1 c	1 d	80
Metsulfuron-methyl	4,2	4 d	4 c	3 b	3 c	79
Metsulfuron-methyl	6	6 d	4 c	4 b	4 c	80
Metsulfuron-methyl	9	13 b	12 b	18 a	18 a	79
Iodosulfuron-methyl	5,0	9 c	6 c	4 b	4 c	79
Piroxsulam	18	9 c	4 c	4 b	4 c	78
Saflufenacil	42	22 a	22 a	18 a	15 b	80
Saflufenacil + metsulfuron-methyl	42+4,2	22 a	20 a	17 a	18 a	79
Testemunha	---	0 e	0 c	0 c	0 d	79
CV (%)		22	27	27	23	2
Tratamento	Tupanciretã – RS					
2,4-D + metsulfuron-methyl	670 + 4,2	3 d	3 d	1 c	1 d	78 <sup>ns</sup>
2,4-D + metsulfuron-methyl	1005 + 4,2	7 c	4 d	1 c	1 d	80
2,4-D	670	6 c	4 d	1 c	1 d	80
2,4-D	1005	10 b	3 d	4 c	1 d	83
Metsulfuron-methyl	4,2	1 d	4 d	1 c	1 d	80
Metsulfuron-methyl	6	11 b	8 d	1 c	1 d	81
Metsulfuron-methyl	9	12 b	17 b	17 a	18 a	80
Iodosulfuron-methyl	5,0	12 b	12 c	9 b	5 c	80
Piroxsulam	18	4 c	6 d	3 c	1 d	81
Saflufenacil	42	18 a	23 a	17 a	14 b	80
Saflufenacil + metsulfuron-methyl	42+4,2	22 a	15 b	18 a	18 a	81
Testemunha	---	0 d	0 d	0 c	0 d	82
CV (%)		30	22	26	25	3,1

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0.01$ ); <sup>ns</sup>Não significativo pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

não diferindo estatisticamente da testemunha sem aplicação (Tabela 4). Resultados semelhantes foram obtidos para aplicações de 2,4-D em doses inferiores a 960 g e.a. ha<sup>-1</sup> onde a fitotoxicidade foi menor que 5% em cevada, aveia branca e azevém para todas as épocas avaliadas do estudo (Vargas e Roman, 2005). A tolerância de plantas ao herbicida 2,4-D envolve a translocação limitada via floema mediada por receptores de auxina (T1R1/AFB) responsáveis por repostas bioquímicas e transcricionais. Em plantas, a proteína T1R1 está envolvida na percepção do herbicida e no reconhecimento do substrato, além de atuar na regulação da síntese do etileno e do ácido abscísico através da expressão da enzima 9-cis-epoxicaroteno dioxigenase (NCED) no plastídio. Além disso, plantas tolerantes apresentam rápida hidroxilação da molécula pela P450 e conjugação com aminoácidos, tornando-as insensíveis ao herbicida (Grossmann, 2010; Mithila et al., 2011).

Ao avaliar a associação do metsulfuron-methyl na dose de 4,2 g i.a ha<sup>-1</sup> com 2,4-D nas doses de 670 e 1005 g e.a. ha<sup>-1</sup>, não foi observado aumento significativo na fitotoxicidade quando comparado a aplicação dos herbicidas isolados, o que demonstra que essa associação não causa elevada fitotoxicidade no trigo considerando as doses estudadas (Tabela 4). Estes resultados corroboram com os encontrados por Maciel et al. (2011) onde a aplicação de metsulfuron-methyl com 2,4-D na dose de 2,4 e 322,4 g i.a. ha<sup>-1</sup> na cultura do trigo resultou em baixos níveis de fitotoxicidade. A mistura é considerada uma importante ferramenta quando se deseja aumentar o espectro de controle, e também, para o manejo de biótipos resistentes de nabo ao metsulfuron-methyl que ocorrem na cultura do trigo (Baghestani et al., 2008).

A aplicação dos herbicidas piroxulam e iodosulfurom demonstraram ser seletivos com níveis de fitotoxicidade aos 14 DAA inferiores a 6 e 12%, respectivamente (Tabela 4). Resultados semelhantes foram encontrados para o herbicida piroxulam aplicado no trigo em estágio de quatro folhas onde a fitotoxicidade foi menor que 10%

na dose de 18,2 g i.a. ha<sup>-1</sup> (Reddy et al., 2012). Em culturas tolerantes, a detoxificação dos herbicidas inibidores da acetolactato sintase (ALS) é considerado o principal mecanismo envolvido (Yu e Powles, 2014). Para o piroxulam, a seletividade no trigo ocorre por absorção e translocação diferencial, além de rápido metabolismo pela P450 através de O-dealquilação do anel aromático na posição 5 do carbono (DeBoer et al., 2011).

Ao avaliar a aplicação do saflufenacil na dose de 42 g i.a. ha<sup>-1</sup> em pós emergência do trigo, os resultados evidenciaram que a fitotoxicidade variou de 12 a 23% nos três locais de estudo aos 14 DAA, com diminuição dos valores ao longo do período avaliado (Tabela 4). Alguns trabalhos reportam que o saflufenacil aplicado sobre o trigo pode apresentar níveis de fitotoxicidade variável dependendo da dose utilizada e, com níveis superiores a 20% aos 14 DAA para doses superiores a 25 g i.a. ha<sup>-1</sup> (Sikkema et al., 2008; Frihauf et al., 2010a). Outros trabalhos reportam que há diferenças na sensibilidade ao saflufenacil entre cultivares e estádios de aplicação em pós-emergência do trigo (Klein et al., 2006). Plantas tolerantes apresentam menor absorção e translocação da molécula e aumento na capacidade em detoxificação, levando a menor acúmulo de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica (Grossmann et al., 2011). Além disso, ao avaliar a mistura em tanque do saflufenacil com metsulfuron-methyl nas doses estudadas, não houve diferença estatística comparada a aplicação isolada do saflufenacil, exceto para o estudo conduzido em Tupanciretã onde a fitotoxicidade foi 8% menor para a mistura aos 14 DAA (Tabela 4). Resultados similares foram obtidos para a mistura do saflufenacil com 2,4-D onde não houve aumento significativo da fitotoxicidade no trigo e, quando em mistura com bentazon, houve redução da fitotoxicidade em mais de 20% (Frihauf et al., 2010a). Outros estudos reportam resultados para a mistura de carfentrazone com metsulfuron-methyl na dose de 20 e 4 g i.a. ha<sup>-1</sup>, respectivamente, aplicado em pós-emergência do



trigo a fim de aumentar o espectro de controle de plantas daninhas dicotiledôneas, onde os níveis de fitotoxicidade foram inferiores a 10% aos 10 DAA, sem ocasionar efeitos negativos na rendimento de grãos (Singh et al., 2011).

A rendimento de grãos média do trigo em todos os tratamentos foi de 3450 kg ha<sup>-1</sup>, exceto para as aplicações de metsulfuron-methyl na dose de 6 e 9 g i.a. ha<sup>-1</sup> onde houve decréscimo de 10 e 18% em relação a testemunha sem aplicação, respectivamente (Figura 2). Estes resultados corroboram com o efeito fitotóxico do herbicida metsulfuron-methyl quando ocorre aumento da dose na cultura do trigo onde a perda de rendimento de grãos foi superior a 11% (Albrecht et al., 2010). Cabe ressaltar, que mesmo sendo evidenciados efeitos fitotóxicos da aplicação de saflufenacil isolado ou em mistura com o metsulfuron-methyl, não houve redução significativa da rendimento de grãos em relação a testemunha (Figura 2). Resultados semelhantes foram observados para a aplicação de saflufenacil em dose superior a 200 g i.a. ha<sup>-1</sup> e superior a 40 g i.a. ha<sup>-1</sup> em pré e pós emergência, respectivamente, onde houve redução da rendimento de grãos (Knezevic et al., 2010).

De forma geral dentre os locais e tratamentos em estudo, os resultados foram consistentes e oferecem importantes informações de aplicabilidade prática para os triticultores. Vale ressaltar a importância de ser observado o registro para cada herbicida e suas respectivas doses para aplicação em pós-emergência do trigo.

## Conclusões

Os herbicidas 2,4-D (670 ou 1.005 g e.a. ha<sup>-1</sup>), metsulfuron-methyl (4,2 g i.a. ha<sup>-1</sup>), iodosulfuron, saflufenacil, bem como, as associações entre 2,4-D ou saflufenacil com metsulfuron-methyl (4,2 g i.a. ha<sup>-1</sup>) foram seletivas ao trigo. As injúrias causadas pela aplicação de piroxsulam e metsulfuron-methyl nas doses de 6 e 9 g i.a. ha<sup>-1</sup> reduziram a rendimento de grãos da cultura. Os herbicidas, associações e doses estudados não influenciaram no PH dos grãos de trigo.

## Referências

- Albrecht, A.J.P.; Albrecht, L.P.; Migliavacca, R.A.; Reche, D.L.; Gasparotto, A.C.; Ávila, M.R. Metsulfuron-methyl no desempenho agrônômico e na qualidade das sementes de trigo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.9, n.2, p.54-62, 2010.
- Anderson, J.J.; Priester, T.M.; Shalaby, L.M. Metabolism of metsulfuron methyl in wheat and barley. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.37, n.5, p.1429-1434, 1989.
- Baghestani, M.A.; Zand, E.; Soufizadeh, S.; Beheshtian, M.; Haghighi, A.; Barjasteh, A.; et al. Study on the efficacy of weed control in wheat (*Triticum aestivum* L.) with tank mixtures of grass herbicides with broadleaved herbicides. **Crop Protection**, v.27, n.1, p.104-111, 2008.
- Banzatto, D.A.; Kronka, S.N. **Experimentação agrícola**. 4.ed. Jaboticabal: Funep, 2006. 237p.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **AGROFIT**: sistema de agrotóxicos fitossanitários ou base de dados. Brasília: MAPA, 2017. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: ago. 2017.
- Carvalho, S.J.P.; Nicolai, M.; Ferreira, R.R.; Figueira, A.V.O.; Christoffoleti, P.J. Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for reducing crop damages. **Scientia Agrícola**, v.66, n.1, p.136-142, 2009.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Trigo**: comparativo de área, rendimento de grãos e produção: safras 2016/2017. Brasília: CONAB, 2017. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 25 jul. 2017.
- DeBoer, G.J.; Thornburgh, S.; Gilbert, J.; Gast, R.E. The impact of uptake, translocation and metabolism on the differential selectivity between blackgrass and wheat for the herbicide pyroxsulam. **Pest Management Science**, v.67, n.3, p.279-286, 2011.

- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **VIII Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**: informações técnicas para trigo e triticale: safra 2015. Brasília: EMBRAPA Trigo, 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1012773/informacoes-tecnicas-para-trigo-e-triticale---safra-2015>>. Acesso em: abr. 2015.
- Frihauf, J.C.; Stahlman, P.W.; Al-Khatib, K. Saflufenacil absorption and translocation in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.98, n.2, p.243-247, 2010b.
- Frihauf, J.C.; Stahlman, P.W.; Geier, P.W. Winter wheat and weed response to postemergence saflufenacil alone and in mixtures. **Weed Technology**, v.24, n.3, p.262-268, 2010a.
- Geier, P.W.; Stahlman, P.W.; Peterson, D.E.; Claassen, M.M. Pyroxsulam compared with competitive standards for efficacy in winter wheat. **Weed Technology**, v.25, n.3, p.316-321, 2011.
- Grossmann, K. Auxin herbicides: current status of mechanism and mode of action. **Pest Management Science**, v.66, n.2, p.113-120, 2010.
- Grossmann, K.; Hutzler, J.; Caspar, G.; Kwiatkowski, J.; Brommer, C.L. Saflufenacil (Kixor™): biokinetic properties and mechanism of selectivity of a new protoporphyrinogen ix oxidase inhibiting herbicide. **Weed Science**, v.59, n.3, p.290-298, 2011.
- Heap, I. **The international survey of herbicide resistant weeds**. 2017. Disponível em: <<http://www.weedscience.com/>>. Acesso em: 15 jul. 2017.
- Klein, R.N.; Martin, A.R.; Lyon, D.J. **Annual broadleaf weed control in winter wheat**. Nebraska: Lincoln Extension, University of Nebraska, 2006. Neb Guide G1241.
- Knezevic, S.Z.; Datta, A.; Scott, J.; Charvat, L.D. Tolerance of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) to pre-emergence and post-emergence application of saflufenacil. **Crop Protection**, v.29, n.2, p.148-152, 2010.
- Maciel, C.G.D.; Moraes, D.W.; Balan, M.G. Associação de adjuvantes com herbicidas na dessecação e no controle em pós-emergência de plantas daninhas na cultura do trigo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.10, n.3, p.243-256, 2011.
- Mariani, F.; Vargas, L.; Agostinetto, D.; Nohatto, M.A.; Langaro, A.C.; Duarte, T.V. Valor adaptativo e habilidade competitiva de azevém resistente e suscetível ao iodosulfuron em competição com o trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.6, p.710-719, 2016.
- Mithila, J.; Hall, J.C.; Johnson, W.G.; Kelley, K.B.; Riechers, D.E. Evolution of resistance to auxinic herbicides: Historical perspectives, mechanisms of resistance, and implications for broadleaf weed management in agronomic crops. **Weed Science**, v.59, n.4, p.445-457, 2011.
- Reddy, S.S.; Stahlman, P.W.; Geier, P.W. Pyroxsulam and chlorpyrifos applied the same day injures wheat. **Crop Management**, v.11, n.1, 2012. <http://dx.doi.org/10.1094/CM-2012-1211-01-RS>.
- SBCPD – Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42p.
- 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.
- Singh, S.; Punia, S.S.; Yadav, A.; Hooda, V.S. Evaluation of carfentrazone-ethyl+metsulfuron-methyl against broadleaf weeds of wheat. **Indian Journal Weed Science**, v.43, n.1, p.12-22, 2011.
- 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.
- Yu, Q.; Powles, S.B. Resistance to AHAS inhibitor herbicides: current understanding. **Pest Management Science**, v.70, n.9, p.1340-1350, 2014.