

Herbicidas alternativos para o controle de *Conyza sumatrensis* resistentes aos inibidores da ALS e EPSPs¹

Fernando Machado dos Santos^{2*}, Leandro Vargas³, Pedro Jacob Christoffoleti⁴, Thomas Newton Martin⁵, Franciele Mariani⁶, Diekson Ruy Orsolin da Silva⁷

RESUMO

A buva (*Conyza sumatrensis*), uma das principais plantas daninhas já identificadas no sul do Brasil, vem apresentando controle insatisfatório, em resposta à aplicação dos herbicidas chlorimuron-ethyl e glyphosate. Por esta razão, o objetivo deste estudo foi avaliar herbicidas alternativos, visando ao controle de biótipos de *C. sumatrensis*, com resistência de nível baixo ao herbicida chlorimuron-ethyl e resistentes ao herbicida glyphosate. O experimento foi realizado em casa de vegetação, entre abril e agosto de 2012, no município de Passo Fundo, RS. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo avaliados 15 tratamentos com herbicidas, além de uma testemunha sem aplicação. As variáveis consideradas foram controle percentual, aos 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) e a matéria seca da parte aérea, aos 28 DAT. Como resultados, observou-se que os biótipos foram 100% controlados, aos 28 DAT, pelos tratamentos alternativos de paraquat + diuron; ammonium glufosinate; glyphosate + 2,4-D; glyphosate + ammonium glufosinate; 2,4-D; tembotrione e tembotrione + atrazine. O biótipo 17 evidenciou menor sensibilidade aos herbicidas inibidores da ALS e os biótipos 05, 17 e 20 não foram controlados pelo herbicida glyphosate.

Palavras-chave: *Conyza sumatrensis*, Chlorimuron-ethyl, Glyphosate.

ABSTRACT

Alternative herbicides to control *Conyza sumatrensis* resistant to ALS inhibitors and EPSPs

Horseweed (*Conyza sumatrensis*), the major weed already identified in southern Brazil come presenting unsatisfactory control in response to application of herbicide chlorimuron-ethyl and glyphosate. In this context, the aim of this study was evaluating alternative herbicides for control of biotypes of *C. sumatrensis* with low-level resistance to the herbicide chlorimuron-ethyl and glyphosate-resistant. The experiment was carried out in a greenhouse, in a period during the interval April to August 2012, in Passo Fundo / RS. The experimental design was the completely randomized with four replications, with 15 herbicide treatments, plus an untreated control. The variables evaluated were percent control at 14, 21 and 28 days after treatment (DAT) and dry weight of shoot at 28 DAT. The results showed that the biotypes were 100% controlled at 28 DAT for alternative treatments of paraquat + diuron, ammonium glufosinate, glyphosate + 2,4-D, glyphosate and ammonium glufosinate; 2,4-D; tembotrione and

Submetido em 13/11/2013 e aprovado em 24/08/2015.

¹ Este trabalho é parte da tese de doutorado do primeiro autor.

² Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Núcleo de Ciências Agrícolas, Sertão, Rio Grande do Sul, Brasil. fernando.machado@sertao.ifrs.edu.br

³ Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil. leandro.vargas@embrapa.br

⁴ Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento Produção Vegetal, Piracicaba, São Paulo, Brasil. pjchrist@usp.br

⁵ Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Fitotecnia, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. martin.ufsm@gmail.com

⁶ Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Fitossanidade, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil. marianifranciele@gmail.com

⁷ Instituto Federal Farroupilha, Setor de Agricultura, São Vicente do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. dieksonros@hotmail.com

*Autor para correspondência: fernando.machado@sertao.ifrs.edu.br

tembotrione + atrazine. The biotype 17 showed less sensitivity to ALS-inhibiting herbicides, and biotypes 05, 17 and 20 were not controlled by glyphosate.

Key words: *Conyza sumatrensis*, Chlorimuron-ethyl, Glyphosate.

INTRODUÇÃO

O uso de novas tecnologias na agricultura aumentou, notavelmente, a produção de alimentos em todo o mundo. Segundo Powles & Yu (2010), o aumento da produção de alimentos está associado ao maior uso de agroquímicos na agricultura, em especial os herbicidas. Contudo, a aplicação sucessiva do mesmo herbicida ou de herbicidas diferentes, mas com o mesmo mecanismo de ação, pode selecionar plantas daninhas resistentes. Conforme Uizurrún & Leaden (2012), o uso de tecnologias recentes, como a soja resistente ao glyphosate, não melhorou o manejo de plantas daninhas e, ainda, contribuiu para o surgimento de resistência aos herbicidas mais utilizados.

As diferenças de sensibilidade das plantas daninhas aos herbicidas podem caracterizar resistência de nível baixo. Isso ocorre quando existe diferença no controle entre biótipos resistente e susceptível, em doses abaixo da dose registrada. Entretanto, na dose de registro do herbicida os biótipos são controlados. O que ocorre na prática é redução da sensibilidade dos biótipos aos herbicidas, mas eles continuam sendo controlados com a dose registrada (indicada na bula), não sendo, assim, classificados como resistentes. Nestes casos, pode-se considerar a possibilidade de que os biótipos estão evoluindo para resistência (Santos *et al.*, 2014).

No sul do Brasil, a produção de soja é destaque na agricultura e tem como uma das principais plantas daninhas a buva (*Conyza* spp.). A seleção dessa planta daninha, na cultura, ocorreu pela introdução da soja Roundup Ready (RR), que aumentou a pressão de seleção pelo uso do glyphosate. Esse herbicida age inibindo a 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), que é a enzima responsável pela reação da biossíntese de aminoácidos aromáticos, como triptofano, tirosina e fenilalanina (Moreira *et al.*, 2007). Já foram identificados no sul do Brasil biótipos de *C. bonariensis* (Moreira *et al.*, 2007; Vargas *et al.*, 2007), *C. canadenses* (Moreira *et al.*, 2007; Lamego & Vidal, 2008) e *C. sumatrensis* (Retz.) E. Walker (Heap, 2013) resistentes ao herbicida glyphosate.

Com a comprovação da resistência ao herbicida glyphosate em biótipos *Conyza* spp., na região Sul, outros herbicidas passaram a ser utilizados para controlar a buva, entre eles o chlorimuron-ethyl. Esse herbicida

atua na inibição da acetolactato sintase (ALS), interrompe a síntese de proteína, que por sua vez interfere na síntese de DNA e no crescimento celular (Rodrigues & Almeida, 2011). Contudo, foram identificados biótipos de *C. sumatrensis* (Retz.) E. Walker com resistência múltipla aos herbicidas chlorimuron-ethyl e glyphosate (Heap, 2013).

Para Boerboom (1999), o aspecto mais importante da prevenção e manejo da resistência é a recomendação de práticas e sistemas de produção em que a pressão de seleção de biótipos resistentes à determinado herbicida seja reduzida. Além disso, podem evitar a seleção de novos biótipos resistentes, sendo também ferramenta fundamental no controle de espécies já resistentes (Oliveira Neto *et al.*, 2010).

O uso de misturas formuladas ou aplicações sequenciais de herbicidas para manejo e prevenção de biótipos resistentes está fundamentado no fato de que os ingredientes ativos controlam, eficientemente, os dois biótipos da mesma espécie, ou seja, o biótipo resistente a um dos herbicidas é controlado pelo outro ingrediente ativo da mistura (Powles & Holtum, 1994). Assim, o estudo de alternativas de controle é fundamental para o adequado manejo dos biótipos resistentes (López-Ovejero *et al.*, 2006).

Objetivou-se com este estudo avaliar herbicidas alternativos para o controle de biótipos de *C. sumatrensis*, com resistência de nível baixo ao herbicida chlorimuron-ethyl e resistentes ao herbicida glyphosate.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em condições de casa de vegetação da Embrapa Trigo, em Passo Fundo, RS (28°15'46" S e 52°24'24" W, a 684 m de altitude). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Foram selecionados quatro biótipos de *C. sumatrensis* (2, 5, 17 e 20), identificados na Tabela 1. Os biótipos selecionados foram identificados no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Santa Maria, como *Conyza sumatrensis* (Retz.) E. Walker (Teles *et al.*, 2013) e depositados no herbário, sob os números SMDM 13950, SMDM 13951, SMDM 13952 e SMDM 13953.

As unidades experimentais foram compostas de copos plásticos com capacidade para 500 mL, preenchi-

dos com substrato, composto de turfa de produção da Florestal S.A. (Gardem Plus Turfa Fértil) e calcário calcítico ativado com minerais (N = 0,02%; P₂O₅ = 0,08% e K₂O=0,04%). Após a emergência, foi realizado desbaste, deixando-se três plantas por copo.

Foram avaliados 15 herbicidas para o controle dos quatro biótipos de buva, além de uma testemunha, sem aplicação de herbicida (Tabela 2). A aplicação dos herbicidas foi realizada quando os biótipos atingiram o estágio fenológico de sete a oito folhas e, ou, 5 a 7 cm de altura, com pulverizador costal pressurizado por CO₂ equipado com pontas do tipo leque Teejet XR 115.02, espaçadas em 0,5 m, e volume de calda de 150 L ha⁻¹, utilizando-se pressão de trabalho de 1,62 kgf cm⁻².

As variáveis avaliadas foram controle (%) e matéria seca (g ha⁻¹) da parte aérea da planta, em relação à das plantas não tratadas. As avaliações de controle foram realizadas visualmente, por dois avaliadores, aos 14, 21 e 28 DAT (dias após a aplicação dos tratamentos), utilizando-se escala percentual, em que zero representou ausência de sintomas e cem a morte das plantas (Frans *et al.*, 1986). Após a última avaliação, realizou-se a colheita das plantas

para determinar a produção de matéria seca da parte aérea. Para isso, submeteu-se o material vegetal à secagem em estufa de circulação forçada de ar, à 60 °C, até se obter a massa constante, quando foi pesado o material. Transformaram-se os valores de peso para valores percentuais, comparando-se a matéria seca obtida nos tratamentos que receberam herbicida com a matéria seca média obtida na testemunha, considerada 100%.

Os dados foram verificados quanto à homogeneidade da variância e, posteriormente, submetidos à ANOVA (p d² 0,05), utilizando-se o software "ASSISTAT 7.6 BETA" (Silva & Azevedo, 2009) e, verificando-se efeito significativo para alguma variável-resposta, suas médias foram comparadas pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott (p < 0,05).

Na segunda etapa do trabalho, foi avaliada a capacidade dos biótipos 2, 5, 17 e 20 de metabolizarem o herbicida chlorimuron-ethyl, na presença de dois inibidores do citocromo P450 monooxigenase, butóxido de piperonila (Singh *et al.*, 1998) e malation (Yu *et al.*, 2004). O delineamento e as unidades experimentais foram iguais aos descritos anteriormente.

Tabela 1: Identificação do município, das coordenadas do local de coleta dos biótipos de *C. sumatrensis* e a resposta desses biótipos à aplicação dos herbicidas chlorimuron-ethyl e glyphosate, avaliados no primeiro experimento realizado em 2011

Código	Município	Coordenadas	Chlorimuron-ethyl	Glyphosate
Biótipo 2	Pontão	Lat: 28°00'20.40" N Lon: 52°45'12.40" E	S	S
Biótipo 5	Carazinho	Lat: 28°18'06.51" N Lon: 52°53'41.31" E	S	R
Biótipo 17	Coqueiros do Sul	Lat: 28°07'28.00" N Lon: 52°42'47.90" E	MS	MS
Biótipo 20	Tio Hugo	Lat: 28°18'06.51" N Lon: 52°53'41.31" E	MS	MS

S=Susceptível; R=Resistente e MS=Menor Sensibilidade.

Tabela 2: Tratamentos aplicados no estágio fenológico de 7 a 8 folhas e, ou, 5 a 7 cm de altura dos biótipos de *C. sumatrensis* 2, 5, 17 e 20. Embrapa Trigo, 2012

Herbicida		Dose	
Nome comum	Nome comercial	(^μ g i.a. ha ⁻¹)	(² g ou L p.c. ha ⁻¹)
Testemunha sem herbicida	Testemunha sem herbicida	S/herbicida	S/herbicida
2,4-D	Dma 806 BR [®]	1.042	2,0
Glyphosate	Roundup Original [®]	900	2,5
Ammonium glufosinate ^{3L}	Finale [®]	400	2,0
Chlorimuron-ethyl ^{4L}	Classic [®]	20	80
Glyphosate+2,4-D	Round.Orig. [®] +Dma 806BR [®]	900 + 1.042	2,5 + 2,0
Glyphosate+ ammonium glufos.	Round. Original [®] +Finale [®]	900 + 400	2,5 + 2,0
Glyphosate+Chlorimuron-ethyl	Round. Original [®] +Classic [®]	900 + 20	2,5 + 80
Paraquat+Diuron	Gramocil [®]	600 + 300	1,5 + 1,5
Nicosulfuron	Sanson 40 SC [®]	28	0,7
Atrazine	Proof [®]	1000	2,0
Tembotrione	Soberan [®]	84	0,2
Nicosulfuron + Atrazine	Sanson 40SC [®] +Proof [®]	28 + 1000	0,7 + 2,0
Tembotrione + Atrazine	Soberan [®] +Proof [®]	84 + 1000	0,2 + 2,0
Iodosulfuron-methyl sodium ^{3L}	Hussar [®]	5	100
Metsulfuron-methyl	Ally [®]	3,6	6

^{1L}Ingrediente ativo; ^{2L}produto comercial; ^{3L}Adição de adjuvante Lauril éter sulfato de sódio 279 g L⁻¹ (Hoefix[®]) a 0,25% v v⁻¹; ^{4L}Adição de adjuvante a base de hidrocarbonetos alifáticos 756 g L⁻¹ (Assist[®]) a 0,05% v v⁻¹.

Os tratamentos avaliados foram: butóxido de piperonila (2100 g ha⁻¹) e malation (1000 g ha⁻¹), aplicados 60 e 30 min., respectivamente, antes do herbicida chlorimuron-ethyl, além de uma testemunha, sem aplicação dos inibidores. Foram avaliadas quatro doses do herbicida chlorimuron-ethyl (0, 10, 20 e 40 g ha⁻¹), na presença dos inibidores. A aplicação dos tratamentos foi realizada em 11/07/2013, quando as plantas de buva atingiram estágio de oito a dez folhas, com uso de pulverizador costal pressurizado por CO₂, equipado com pontas do tipo leque Teejet XR 115.02, espaçadas em 0,5 m, e volume de calda de 150 L ha⁻¹, pressão de trabalho de 1,62 kgf cm⁻². Foram realizadas avaliações de percentagem de controle aos 7, 14, 21 e 42 DAT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise da variância indicou interação significativa, entre tratamentos e biótipos de *C. sumatrensis*, em todas as variáveis analisadas, quando se aplicaram os herbicidas alternativos. Na primeira avaliação, realizada aos 14 DAT, observa-se maior nível de controle do tratamento com paraquat + diuron (98%) sobre os biótipos 2, 5, 17 e 20 (Tabela 3). Observou-se controle de 95% para todos os biótipos, quando se utilizaram os tratamentos ammonium glufosinate e glyphosate + ammonium glufosinate (Tabela 3). Os biótipos 2 e 20 foram mais sensíveis ao tratamento

glyphosate + chlorimuron-ethyl, com 80% de controle, enquanto os biótipos 5 e 17 evidenciaram controles de 75 e 76,2%, respectivamente (Tabela 3). A aplicação isolada do glyphosate proporcionou controle de 75% para o biótipo 2, porém, para os biótipos 5, 17 e 20 os controles foram de 15, 30 e 25%, respectivamente (Tabela 3). Os demais tratamentos evidenciaram controles inferiores a 60%, para os biótipos (Tabela 3).

Aos 21 DAT, o maior nível de controle dos biótipos foi, novamente, observado no tratamento com paraquat + diuron (acima de 98,5%) (Tabela 4). Contudo, os tratamentos com ammonium glufosinate, glyphosate + 2,4-D e glyphosate + ammonium glufosinate não apresentaram diferença significativa do tratamento paraquat + diuron, com controles entre 95,3 e 99% (Tabela 4). As aplicações de glyphosate + chlorimuron-ethyl, tembotrione + atrazine e 2,4-D apresentaram controles entre 81,2 e 93,7%, porém, o biótipo 17 foi menos sensível ao tratamento com glyphosate + chlorimuron-ethyl, com controle de 86,2%, comparado com os demais biótipos (Tabela 4). No tratamento com metsulfuron-methyl, o biótipo 2 evidenciou a maior sensibilidade (85%), não diferindo dos controles com glyphosate + chlorimuron-ethyl, tembotrione + atrazine e 2,4-D (Tabela 4). Os demais tratamentos apresentaram níveis de controle abaixo de 80% (Tabela 4).

Na última avaliação de controle, realizada aos 28 DAT, o maior nível de controle dos biótipos (100%),

Tabela 3: Controle percentual de biótipos de *C. sumatrensis* 2, 5, 17 e 20, no estágio fenológico de 7 a 8 folhas e, ou, 5 a 7 cm de altura, 14 dias após o tratamento (DAT) com 15 herbicidas e uma testemunha, sem aplicação de herbicida. Embrapa Trigo, 2013

Tratamentos	(L/g i.a. ha ⁻¹)	Controle Percentual nos Biótipos			
		2	5	17	20
Testemunha sem herbicida	S/herbicida	0,0 mA ⁴	0,0 IA	0,0 mA	0,0 IA
2,4-D	1.042	60 eA	50 eB	50 eB	50 eB
Glyphosate	900	75 dA	15 iD	30 gB	25 hC
Ammonium glufosinate ³	400	95 bA	95 bA	95 bA	95 bA
Chlorimuron-ethyl ⁴	20	40 gA	40 fA	32,5 gB	40 gA
Glyphosate+2,4-D	900 + 1.042	70 dA	65 dB	65 dB	65 dB
Glyphosate+ammonium glufos.	900 + 400	95 bA	95 bA	95 bA	95 bA
Glyphosate+Chlorimuron-ethyl	900 + 20	80 cA	75 cB	76,2 cB	80 cA
Paraquat+Diuron	600 + 300	98 aA	98 aA	98 aA	98 aA
Nicosulfuron	28	15 jA	10 iB	10 jB	10 jB
Atrazine	1000	8 IA	3 jC	3 IC	5 IB
Tembotrione	84	20 iA	20 hA	20 iA	20 iA
Nicosulfuron + Atrazine	28 + 1000	20 iA	15 iB	15 jB	15 iB
Tembotrione + Atrazine	84 + 1000	30 hA	28,7 gA	25 hB	25 hB
Iodosulfuron-methyl sodium ²	5	40 gB	45 eA	45 fA	45 fA
Metsulfuron-methyl	3,6	50 fA	40 fB	40 fB	40 gB
Média			49		
CV (%)			2,81		

¹Ingrediente ativo; ²Adição de adjuvante Lauril éter sulfato de sódio 279 g L⁻¹ (Hoefix®) a 0,25% v v⁻¹; ³Adição de adjuvante hidrocarbonetos alifáticos 756 g L⁻¹ (Assist®) a 0,05% v v⁻¹; ⁴Médias seguidas de mesma letra minúscula, nas colunas, e maiúsculas, nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (p < 0,05).

novamente, foi observado nos tratamentos paraquat + diuron; ammonium glufosinate; glyphosate + 2,4-D e glyphosate + ammonium glufosinate, além dos tratamentos com 2,4-D, tembotrione e tembotrione + atrazine (Tabela 5). Trabalhos realizados com a aplicação de paraquat + diuron (Vargas *et al.*, 2007) e de glyphosate +

Tabela 4: Controle percentual dos biótipos de *C. sumatrensis* 2, 5, 17 e 20, no estágio fenológico de 7 a 8 folhas e, ou, 5 a 7 cm de altura, 21 dias após a o tratamento (DAT) com 15 herbicidas e uma testemunha, sem aplicação de herbicida

Tratamentos	($\mu\text{g i.a. ha}^{-1}$)	Controle Percentual nos Biótipos			
		2	5	17	20
Testemunha sem herbicida	S/herbicida	0,0 hA ^d	0,0 hA	0,0 gA	0,0 hA
2,4-D	1.042	88,7 bA	87,5 bA	87,5 bA	81,2 bA
Glyphosate	900	72,5 cA	15 gC	37,5 eB	35 fB
Ammonium glufosinate ²	400	98 aA	98 aA	98,5 aA	98 aA
Chlorimuron-ethyl ³	20	70 cB	80 cA	57,5 cC	66,2 dB
Glyphosate+2,4-D	900 + 1.042	96,7 aA	95,3 aA	96 aA	97 aA
Glyphosate+ammonium glufos.	900 + 400	98 aA	96,7 aA	96,7 aA	99 aA
Glyphosate+Chlorimuron-ethyl	900 + 20	91 bA	93,7 bA	86,2 bB	90,5 bA
Paraquat+Diuron	600 + 300	100 aA	99,5 aA	98,5 aA	99,5 aA
Nicosulfuron	28	30 fA	25 fA	25 fA	25 gA
Atrazine	1000	15 gB	5 hC	5 gC	25 gA
Tembotrione	84	40 eA	40 eA	40 eA	40 fA
Nicosulfuron + Atrazine	28 + 1000	70 cA	56,2 dB	36,2 eC	36,2 fC
Tembotrione + Atrazine	84 + 1000	90 bA	90 bA	88,7 bA	87,5 bA
Iodosulfuron-methyl sodium ³	5	65 dA	60 dB	57,5 cB	60 eB
Metsulfuron-methyl	3,6	85 bA	76,2 cB	51,2 dD	70 cC
Média			50		
CV (%)			6,22		

¹Ingrediente ativo; ²Adição de adjuvante Lauril éter sulfato de sódio 279 g L⁻¹ (Hoefix[®]) a 0,25% vv⁻¹; ³Adição de adjuvante hidrocarbonetos alifáticos 756 g L⁻¹ (Assist[®]) a 0,05% v v⁻¹; ^dMédias seguidas de mesma letra minúscula, nas colunas, e maiúsculas, nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (p < 0,05).

Tabela 5: Controle percentual dos biótipos de *C. sumatrensis* 2, 5, 17 e 20, no estágio fenológico de 7 a 8 folhas e, ou, 5 a 7 cm de altura, 28 dias após a o tratamento (DAT) com 15 herbicidas e uma testemunha, sem aplicação de herbicida. Embrapa Trigo, 2013

Tratamentos	($\mu\text{g i.a. ha}^{-1}$)	Controle Percentual Biótipos de <i>C. sumatrensis</i>			
		2	5	17	20
Testemunha sem herbicida	S/herbicida	0,0 fA ^d	0,0 fA	0,0 gA	0,0 gA
2,4-D	1.042	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA
Glyphosate	900	80 cA	0,0 fB	0,0 gB	0,0 gB
Ammonium glufosinate ²	400	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA
Chlorimuron-ethyl ³	20	85 bB	100 aA	45 dD	80 bC
Glyphosate+2,4-D	900 + 1.042	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA
Glyphosate+ammonium glufos.	900 + 400	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA
Glyphosate+Chlorimuron-ethyl	900 + 20	100 aA	100 aA	73,7 cB	100 aA
Paraquat+Diuron	600 + 300	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA
Nicosulfuron	28	60 dA	40 dC	20 fD	45 eB
Atrazine	1000	35 eA	30 eB	30 eB	30 fB
Tembotrione	84	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA
Nicosulfuron + Atrazine	28 + 1000	100 aA	100 aA	90 bB	82,5 bC
Tembotrione + Atrazine	84 + 1000	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA
Iodosulfuron-methyl sodium ³	5	75 cA	53,7 cC	45 dD	60 dB
Metsulfuron-methyl	3,6	85 bA	65 bC	45 dD	73,7 cB
Média			73,8		
CV (%)			1,91		

¹Ingrediente ativo; ²Adição de adjuvante Lauril éter sulfato de sódio 279 g L⁻¹ (Hoefix[®]) a 0,25% vv⁻¹; ³Adição de adjuvante hidrocarbonetos alifáticos 756 g L⁻¹ (Assist[®]) a 0,05% vv⁻¹; ^dMédias seguidas de mesma letra minúscula, nas colunas, e maiúsculas, nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (p < 0,05).

2,4-D (Oliveira Neto *et al.*, 2010), também evidenciaram 100% de controle em buvas resistentes ao glyphosate. Todavia, Moreira *et al.* (2010), testando a aplicação de ammonium glufosinate e glyphosate + ammonium glufosinate encontraram controles intermediários em biótipos de *Conyza spp.* resistentes ao glyphosate no estágio fenológico de dez folhas.

Os resultados mostram que o herbicida ammonium glufosinate, sozinho e em associação com o glyphosate, foi eficiente no controle dos biótipos avaliados, porém, o estágio fenológico dos biótipos foi de oito a dez folhas e, ou, 5 a 7 cm de altura. Contudo, existem relatos na literatura sobre a influência do estágio de desenvolvimento na eficiência do ammonium glufosinate, no controle de buva resistente ao glyphosate (Talbert *et al.*, 2004; Moreira *et al.*, 2010).

A aplicação do herbicida glyphosate aos 28 DAT evidenciou diferenças no controle entre os biótipos avaliados; o biótipo 2 apresentou o maior nível de controle com a aplicação do glyphosate (80%), enquanto os demais biótipos não foram controlados, evidenciando-se menor sensibilidade e, ou, resistência ao herbicida (Tabela 5). Já, para o tratamento chlorimuron-ethyl aos 28 DAT, também se constatou diferença no controle entre os biótipos avaliados, sendo que a maior e a menor sensibilidade ao chlorimuron foram observadas para os biótipos 5 (100%) e 17 (45%), respectivamente, e os biótipo 2 e 20 tiveram taxas de controle semelhantes (Tabela 5). Contudo, fazendo-se a associação do glyphosate com o chlorimuron-ethyl, o biótipo 17 permaneceu com a menor sensibilidade, 73,7%; já os demais biótipos foram eficientemente controlados (100%) (Tabela 5). Os resultados acima evidenciam a dificuldade de controle do biótipo 17 com uso de chlorimuron-ethyl, e dos biótipos 5, 17 e 20, com uso de glyphosate, inclusive com controle insatisfatório (73,7%) dos herbicidas em associação sobre o biótipo 17 (Tabela 5).

A aplicação de nicosulfurom + atrazine controlou em 100% os biótipos 2 e 5, não havendo diferença entre os tratamentos com maior nível de controle aos 28 DAT. No entanto, os biótipos 17 e 20 mostram menor sensibilidade à associação de nicosulfurom + atrazine, com níveis de controle de 90 e 82,5%, respectivamente (Tabela 5). No tratamento com metsulfuron-methyl, o biótipo 2 evidenciou a maior sensibilidade (85%), entre os biótipos avaliados e não apresentou diferença do controle com o chlorimuron-ethyl (Tabela 5). O biótipo 17 apresentou a menor sensibilidade ao metsulfuron-methyl, entre os biótipos avaliados, com controle de 45% e, também, não diferiu dos controles com iodossulfuron-methyl sodium e chlorimuron-ethyl. Os demais tratamentos nos biótipos ficaram com controles abaixo de 75% (Tabela 5).

De forma geral, os resultados indicam que o biótipo 17 apresenta menor sensibilidade aos herbicidas inibidores da enzima ALS (chlorimuron-ethyl, nicosulfurom,

iodossulfuron-methyl sodium e metsulfuron-methyl). Porém, Vargas *et al.* (2007) identificaram os herbicidas chlorimuron-ethyl e metsulfuron-methyl como eficientes no controle de buva resistente ao glyphosate. Portanto, a buva apresentou-se sensível aos herbicidas inibidores da ALS. Contudo, podem ter ocorrido modificações morfofisiológicas na planta de buva que resultaram em resistência de nível baixo a esses herbicidas. O mecanismo mais comum de sobrevivência das espécies aos herbicidas inibidores da ALS é a capacidade da planta de metabolizar a molécula herbicida (Sweester *et al.*, 1982). Entre as reações metabólicas mais comuns, envolvidas na seletividade das espécies aos inibidores da ALS, estão a hidroxilação do anel aromático, a hidroxilação alifática, a desalquilação, a desesterificação e a conjugação. A enzima citocromo P-450 monooxigenase está, muitas vezes, associada com reações de hidroxilação das moléculas de herbicida (Vidal, 2002). No entanto, na segunda etapa do trabalho, a aplicação dos inibidores do citocromo P450 monooxigenase, butóxido de piperonila e malation, não aumentou a fitotoxicidade do herbicida chlorimuron-ethyl sobre os biótipos de buva no estágio fenológico de oito a dez folhas (Tabela 6). Esse resultado indica que os biótipos de buva não metabolizam o chlorimuron-ethyl e que a sobrevivência dos biótipos nesse estágio está relacionada com outro mecanismo.

No controle com o herbicida glyphosate, somente o biótipo 2 demonstrou sensibilidade, já os demais biótipos não foram controlados pelo herbicida, evidenciando a menor sensibilidade e, ou, a resistência dos biótipos ao glyphosate. A resistência de biótipos de *Conyza spp.* ao herbicida glyphosate já foi identificada no Rio Grande do Sul (Vargas *et al.*, 2007; Lamego & Vidal, 2008). A partir dessa identificação, a incidência de biótipos de buva com resistência e, ou, com menor sensibilidade ao glyphosate tem aumentado no Estado. No entanto, mesmo fazendo a associação do herbicida chlorimuron-ethyl ao glyphosate, o biótipo 17 evidenciou menor sensibilidade. Essa menor sensibilidade à associação de produtos pode evoluir para um biótipo com resistência múltipla aos herbicidas, dificultando o seu controle. Os demais biótipos (2, 17 e 20) foram eficientemente controlados pela associação de chlorimuron-ethyl + glyphosate.

Na Tabela 7, são apresentadas as percentagens de redução da matéria seca por meio da aplicação dos tratamentos herbicidas, aos 28 DAT, confirmando os resultados de controle dos biótipos com o uso dos herbicidas paraquat + diuron, ammonium glufosinate, glyphosate + 2,4-D e glyphosate + ammonium glufosinate. Os demais resultados também seguem a mesma tendência dos resultados de controle aos 28 DAT.

Tabela 6: Controle percentual dos biótipos de *C. sumatrensis* 2, 5, 17 e 20, no estágio fenológico de 8 a 10 folhas e, ou 6 a 8 cm de altura, 42 dias após o tratamento com doses crescentes de chlorimuron-ethyl, na presença de dois inibidores do citocromo P450 monooxigenase. Embrapa Trigo, 2013

Doses $\mu\text{g i.a. ha}^{-1}$	Inibidores				Média	CV% ³
	C/malation	S/malation	C/PPO ²	S/PPO		
Biótipo 2						
0	0 0 dA ⁴	00 dA	00 dA	00 dA	0	3,43
10	35 cA	35 cA	35 cA	35 cA	35	
20	50 bA	50 bA	50 bA	50 bA	50	
40	85 aA	85 aA	85 aA	85 aA	85	
Biótipo 5						
0	000 dA	00 dA	000 dA	000 dA	00	4,12
10	035 cA	035 cA	035 cA	035 cA	035	
20	055 bA	055 bA	055 bA	055 bA	055	
40	100 aA	100 aA	100 aA	100 aA	100	
Biótipo 17						
0	00 dA	00 dA	00 dA	00 dA	0	3,09
10	15 cA	15 cA	15 cA	15 cA	15	
20	30 bA	30 bA	30 bA	30 bA	30	
40	60 aA	60 aA	60 aA	60 aA	60	
Biótipo 20						
0	00 dA	00 dA	00 dA	00 dA	0	4,03
10	35 cA	35 cA	35 cA	35 cA	35	
20	50 bA	50 bA	50 bA	50 bA	50	
40	70 aA	70 aA	70 aA	70 aA	70	

¹Ingrediente ativo; ²Butóxido de piperonila; ³Coeficiente de Variação; ⁴Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, por biótipos, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Tabela 7: Percentual da matéria seca da parte aérea dos biótipos de *C. sumatrensis* 2, 5, 17 e 20, no estágio fenológico de 7 a 8 folhas e, ou, 5 a 7 cm de altura, 28 dias após a o tratamento (DAT) com 15 herbicidas e uma testemunha, sem aplicação

Tratamentos	$(\mu\text{g i.a. ha}^{-1})$	Controle Percentual			
		Biótipos de <i>C. sumatrensis</i>			
		2	5	17	20
Testemunha sem herbicida	S/herbicida	100 aA ⁴	100 aA	100 aA	100 aA
2,4-D	1.042	18,9 eA	18,4 dA	19,8 gA	18,2 dA
Glyphosate	900	21,3 dC	36,6 bA	24,9 eB	27,6 bB
Ammonium glufosinate ²	400	16,5 fA	16,1 eA	16,0 hA	15,9 eA
Chlorimuron-ethyl ³	20	21,2 dB	21,8 cB	28,6 dA	23,6 cB
Glyphosate+2,4-D	900 + 1.042	19,8 dA	19,8 dA	17,3 hA	18,2 dA
Glyphosate+ammonium glufos.	900 + 400	16,0 fA	17,1 eA	16,2 hA	16,3 eA
Glyphosate+Chlorimuron-ethyl	900 + 20	19,8 dB	18,0 dB	31,1 dA	18,7 dB
Paraquat+Diuron	600 + 300	15,7 fA	16,3 eA	14,8 hA	15,1 eA
Nicosulfuron	28	27,2 cC	37,4 bB	40,3 bA	29,8 bC
Atrazine	1000	30,0 bB	34,9 bA	34,5 cA	29,0 bB
Tembotrione	84	22,9 dA	24,8 cA	23,4 fA	21,5 cA
Nicosulfuron + Atrazine	28 + 1000	22,2 dA	24,0 cA	24,5 eA	22,3 cA
Tembotrione + Atrazine	84 + 1000	18,6 eA	20,1 dA	19,4 gA	17,9 dA
Iodosulfuron-methyl sodium ³	5	18,4 eC	25,6 cA	26,0 eA	22,7 cB
Metsulfuron-methyl	3,6	18,2 eC	24,4 cB	27,5 dA	24,1 cB
Média				56,1	
CV (%)				7,01	

¹Ingrediente ativo; ²Adição de adjuvante Lauril éter sulfato de sódio 279 g L⁻¹ (Hoefix[®]) a 0,25% vv⁻¹; ³Adição de adjuvante hidrocarbonetos alifáticos 756 g L⁻¹ (Assist[®]) a 0,05% vv⁻¹; ⁴Médias seguidas de mesma letra minúscula, nas colunas, e maiúsculas, nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

CONCLUSÕES

O biótipo 17 evidenciou menor sensibilidade aos herbicidas inibidores da ALS e os biótipos 05, 17 e 20 não foram controlados pelo herbicida glyphosate. Os tratamentos alternativos avaliados controlam todos os biótipos de *C. sumatrensis*.

REFERÊNCIAS

- Boerboom CM (1999) Nonchemical options for delaying weed resistance to herbicides in Midwest cropping systems. *Weed Technology*, 13:636-642.
- Frans R, Talbert R, Marx D & Crowley H (1986) Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In: Camper ND (Ed.) *Research methods in weed science*. 3ª ed. Champaign, Southern Weed Science Society. p.29-46.
- Heap I (2013) International survey of resistant weeds. Disponível em: <<http://weedsociety.org/>>. Acessado em: 20 de fevereiro de 2013.
- Lamego FP & Vidal RA (2008) Resistência ao glyphosate em biótipos de *C. bonariensis* e *C. canadensis* no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Planta Daninha*, 26:467-471.
- López-Ovejero RF, Penckowski LH, Podolan MJ, Carvalho SJP & Christoffoleti PJ (2006) Alternativas de manejo químico da planta daninha *Digitaria ciliaris* resistente aos herbicidas inibidores da ACCase na cultura da soja. *Planta Daninha*, 24:399-406.
- Moreira MS, Nicolai M, Carvalho SJP & Christoffoleti PJ (2007) Resistência de *C. canadensis* e *C. bonariensis* ao herbicida glyphosate. *Planta Daninha*, 25:157-164.
- Moreira MS, Melo MSC, Carvalho SJP, Nicolai M & Christoffoleti PJ (2010) Herbicidas alternativos para controle de biótipos de *Conyza bonariensis* e *C. canadensis* resistentes ao glyphosate. *Planta Daninha*, 28:167-175.
- Oliveira Neto AM, Constantin J, Oliveira JR RS, Guerra N, Dan HA, Alonso DG, Blainski E & Santos G (2010) Estratégias de manejo de inverno e verão visando ao controle de *Conyza bonariensis* e *Bidens pilosa*. *Planta Daninha*, 28:1107-1116.
- Powles SB & Holtum JAM (1994) *Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry*. Boca Raton, Lewis. 353p.
- Powles SB & Yu Q (2010) Evolution in action: plants resistant to herbicides. *Annual Review of Plant Biology*, 61:317-347.
- Rodrigues BN & Almeida FS (2011) *Guia de herbicidas*. 6ª ed. Londrina, Edição dos Autores. 697p.
- Santos FM, Vargas L, Christoffoleti PJ, Agostinetto D, Mariani F & Dal Magro T (2014) Differential susceptibility of biotypes of *Conyza sumatrensis* to Chlorimuron-ethyl herbicide. *Planta Daninha*, 32:427-435.
- Silva FAS & Azevedo CAV (2009) Principal components analysis in the software assistat-statistical attendance. In: 7th World Congress on Computers in Agriculture, Reno. Proceedings, American Society of Agricultural and Biological Engineers. p.71-74.
- Singh S, Kirkwood RC & Marshall G (1998) Effect of the Monooxygenase Inhibitor Piperonyl Butoxide on the Herbicidal Activity and Metabolism of Isoproturon in Herbicide Resistant and Susceptible Biotypes of *Phalaris minor* and Wheat. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 59:143-153.
- Sweester PB, Schow GS & Hutchison JM (1982) Metabolism of chlorulfuron by plants: Biological basis for selectivity of a new herbicide for cereals. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 17:18-23.
- Talbert RE, McClelland MR, Barrentine JL, Smith KL & Kelley MB (2004) Managing glyphosate-resistant horseweed in Arkansas cotton. Fayetteville, University of Arkansas. 72p.
- Teles AM, Borges RAX & Heiden G (2013) *Conyza*. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB5288>>. Acessado em: 25 de junho de 2013.
- Uizurrun PD & Leaden MI (2012) Análisis de la sensibilidad de biotipos de *Lolium multiflorum* a herbicidas inibidores de la enzima ALS, ACCasa y glifosato. *Planta Daninha*, 30:667-673.
- Vargas L, Bianchi MA, Rizzardi MA, Agostinetto D & Dal Magro T (2007) Buva (*C. bonariensis*) Resistente ao Glyphosate na Região Sul do Brasil. *Planta Daninha*, 25:573-578.
- Vidal RA (2002) *Ação dos herbicidas*. Porto Alegre, Evangraf. 89p.
- Yu Q, Friesen LJS, Zhang Q & Powles SB (2004) Tolerance to acetolactate synthase and acetyl-coenzyme A carboxylase inhibiting herbicides in *Vulpia bromoides* is conferred by two co-existing resistance mechanisms. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 78:21-30.