

**MANEJO DE *Amaranthus hybridus* EM ÁREA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NA REGIÃO SUL DO RIO GRANDE DO SUL***Amaranthus hybridus* MANAGEMENT IN CROP-LIVESTOCK SYSTEMS IN SOUTHERN RIO GRANDE DO SULMatheus Bastos Martins^{a*}, Taline Fonseca Munhos^b, Viviane Aguilar Vighi^b, Ricardo Ferreira da Rosa^c, Carlos Timm^d, Giovani Theisen^c, André Andres^e.^aPrograma de Pós-graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. ^bUniversidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. ^cEmbrapa Clima Temperado, Rio Grande do Sul, Brasil. ^dHorizonte Consultoria Agronômica, Rio Grande do Sul, Brasil.*Autor correspondente: matheusbastosmartins@gmail.com.**INFORMAÇÕES DO ARTIGO****Histórico do artigo:**

Recebido: 01 Outubro 2020.

Aceito: 03 Fevereiro 2021.

Publicado: 31 Março 2021.

Palavras-chave/Keywords:

Caruru/ Pigweed.

Controle/ Control.

Dessecação/ Burndown.

Pré-emergentes/ Pre-emergence.

Resistência/ Resistance.

Financiamento:

Bolsistas: Capes, CNPq, Embrapa e

Fapergs Execução: Projeto Embrapa/

Bayer - 30.18.00.018.00.00

Direito Autoral: Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons, que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor e a fonte originais sejam creditados.**Citação deste artigo:**MARTINS, M. B.; MUNHOS, T. F.; VIGHI, V. A.; ROSA, R. F.; TIMM, C.; THEISEN, G.; ANDRES, A. Manejo de *amaranthus hybridus* em área de integração lavoura-pecuária na região sul do rio grande do sul. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 4. 2020.**RESUMO**

A área cultivada com soja aumentou no Brasil nos últimos anos, assim como sua produção total. No Rio Grande do Sul (RS) o cultivo da leguminosa também mostra crescimento, sendo utilizado na sucessão à pecuária de corte no período frio, modelo de produção que contribui para melhor utilização das áreas durante os 12 meses do ano, contribuindo assim para o incremento da renda do produtor, bem como, quando bem manejado, colaborar no manejo integrado de plantas daninhas. Apesar disso, a presença de plantas daninhas dicotiledôneas de difícil controle como *Amaranthus hybridus* em lavouras de soja do RS vêm aumentando. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência de herbicidas pré- e pós-emergentes, e de diferentes programas de manejo para controle de populações de *Amaranthus hybridus*. O estudo foi composto por quatro experimentos, dois sob condições controladas em casa de vegetação e dois a campo, em uma propriedade rural no município de Cerrito, RS, que integra a produção de soja com pecuária de corte. Os experimentos evidenciaram que alguns biótipos são tolerantes ao glyphosate e aos herbicidas inibidores de ALS (imazethapyr e chlorimuron-ethyl), e que a utilização dos herbicidas pré-emergentes imazethapyr + flumioxazin, metribuzin, s-metolachlor e sulfentrazone + diuron contribui para o manejo destes biótipos. Verificou-se também que a dessecação do azevém e sua complementação com herbicidas de contato e o uso de pré-emergentes são fatores determinantes para o controle de *A. hybridus*. Ainda, os resultados apontam que em condições de déficit hídrico, a presença de palha prejudica a eficiência de alguns herbicidas pré-emergentes.

ABSTRACT

Recently, soybean cultivated area has risen in Brazil and so had total production. In the Rio Grande do Sul state (RS), soybean production is also increasing and its grown after beef production during the cold season, a production model that contributes to improve land usage during the twelve months of the year, increasing farmers' income and, when well handled, it can also contribute to integrated weed management. Despite that, the presence of hard-to-control broadleaved weeds like *Amaranthus hybridus* in RS soybean fields its on the rise. Therefore, this study objective was to evaluate the efficiency of pre- and post-emergence herbicides, and different management programs on *Amaranthus hybridus* populations. The study was composed by four experiments, two under controlled conditions in a greenhouse and two on a farm in Cerrito, RS, that integrates soybean production with cattle livestock. The experiments show that some biotypes are tolerant to glyphosate and ALS inhibitors (imazethapyr and chlorimuron-ethyl), and that the use of the pre-emergence herbicides imazethapyr + flumioxazin, metribuzin, s-metolachlor e sulfentrazone + diuron contributes to the biotypes management. It was also verified that the ryegrass burndown and its complementation with contact and pre-emergence herbicides are determinant factors to control *A. hybridus*. Yet, the results point that under water deficit situations, straw presence can reduce the efficiency of some pre-emergence herbicides.

1. Introdução

Na safra 2019/20 o Brasil se tornou o maior produtor mundial de soja (*Glycine max* L.). A produção total do país alcançou 124 milhões de toneladas em 36,8 milhões de hectares. O Rio Grande do Sul (RS) contribuiu para o incremento destes índices, apresentando aumento de 1,7% na área plantada, chegando ao patamar de 5,9 milhões de hectares cultivados com a leguminosa (CONAB, 2020; USDA, 2020).

No RS muitos produtores adotam um modelo de integração com a pecuária, utilizando as áreas durante o inverno (período frio e úmido) para produção de forragem que é consumida pelo gado de corte ou de leite, visando otimizar e diversificar economicamente as propriedades (ANGHINONI; CARVALHO; COSTA, 2013; MORAES et al., 2014). Na região Sul do estado, a espécie mais utilizada nestes sistemas é o azevém, gramínea de alta rusticidade, grande potencial de produção de forragem e a característica de ressemeadura natural, dependendo do manejo de pastejo adotado (BARTH NETO et al., 2014). Este sistema agrega vantagens ao cultivo da soja, como a ciclagem de nutrientes e a redução do estabelecimento de plântulas de espécies daninhas na entressafra, devido à ocupação do espaço proporcionado pela forrageira de inverno (ASSMANN et al., 2014; SCHUSTER et al., 2016). Contudo, quando em excesso estes restos vegetais, pré-semeadura da soja, podem comprometer a ação de herbicidas com ação no solo, já que o acesso ao alvo fica dificultado (BANKS, ROBINSON, 1982; BANKS; ROBINSON, 1986), e dependente de chuvas para auxiliar atingir o solo.

As plantas daninhas representam importante fator que interfere na produtividade da cultura da soja (FLECK; CANDEMIL, 1995; NEPOMUCENO et al., 2007; SILVA et al., 2009). Muitas espécies daninhas podem infestar as lavouras anuais de grãos, sendo encontradas gramíneas, ciperáceas e diversas dicotiledôneas (SANTI et al., 2014; DIAS et al., 2018). Estas espécies competem com a cultura da soja pelos mais variados recursos, como água, luz e nutrientes, sendo que a semelhança morfológica entre cultura e planta daninha pode elevar o grau de competição (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

Dentre as plantas daninhas dicotiledôneas, as espécies do gênero *Amaranthus* se destacam, pela dificuldade de controle, rápido crescimento e interferência na operação de colheita. No RS, oito espécies são recorrentes, dentre elas *A. hybridus*, que além da interferência direta à cultura da soja, pode hospedar

nematoides do gênero *Meloydogine* e também é tóxica quando ingerida por bovinos (KISSMANN; GROTH, 1999). Esta espécie apresenta metabolismo fotossintético C4, crescimento indeterminado e alta prolificidade, podendo produzir mais de 60 mil sementes por planta (COSTEA; WHEAVER; TARDIFF, 2004). Devido a essas características, as perdas de produtividade causadas por esta planta daninha variam entre 20 e 30% (DIELEMAN et al., 1995; TOLER; GUICE; MURDOCK, 1996).

Com o advento de cultivares de soja resistentes ao glyphosate, adotou-se no controle químico de plantas daninhas na cultura quase que exclusivamente este herbicida, devido a sua alta eficiência e custo acessível (DILL, 2005; AGOSTINETTO et al., 2009). Contudo, com o grande número de espécies que adquiriram resistência a herbicidas, principalmente ao glyphosate, torna-se necessário a adoção de programas mais amplos de manejo, como o uso de dessecantes em conjunto com práticas culturais, além de herbicidas pré- e pós-emergentes com rotação de mecanismos de ação (RIAR et al., 2013; BECKIE; HARKER, 2017; HEAP, 2020). Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência de distintos programas de manejo para o controle de populações de *Amaranthus hybridus* em um sistema de produção conduzido em integração-lavoura-pecuária no sul do Brasil.

2. Material e Métodos

O estudo foi composto por quatro experimentos, dois realizados em casa de vegetação, na Estação Experimental Terras Baixas, pertencente a Embrapa Clima Temperado, situada no município do Capão do Leão, RS, coordenadas, (31°45'40.4"S 52°50'47.9"W) e dois realizados a campo, em uma propriedade localizada no município de Cerrito, RS (31°47'3.40"S, 52°50'33.56"W). Neste segundo local, a soja é cultivada no verão e no inverno é realizada criação de gado de corte em pastagem de azevém. Após a retirada dos animais (diferimento), a pastagem foi conduzida para produção de sementes, ocasionando um atraso nas operações de dessecação e semeadura da soja. O solo da propriedade é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2018) e o clima dos locais onde os experimentos foram conduzidos é classificado como Subtropical úmido com verão quente (Cfa), segundo a escala de Köppen (ALVARES et al., 2013). As condições climáticas das duas safras de realização do estudo estão apresentadas na Figura 1.

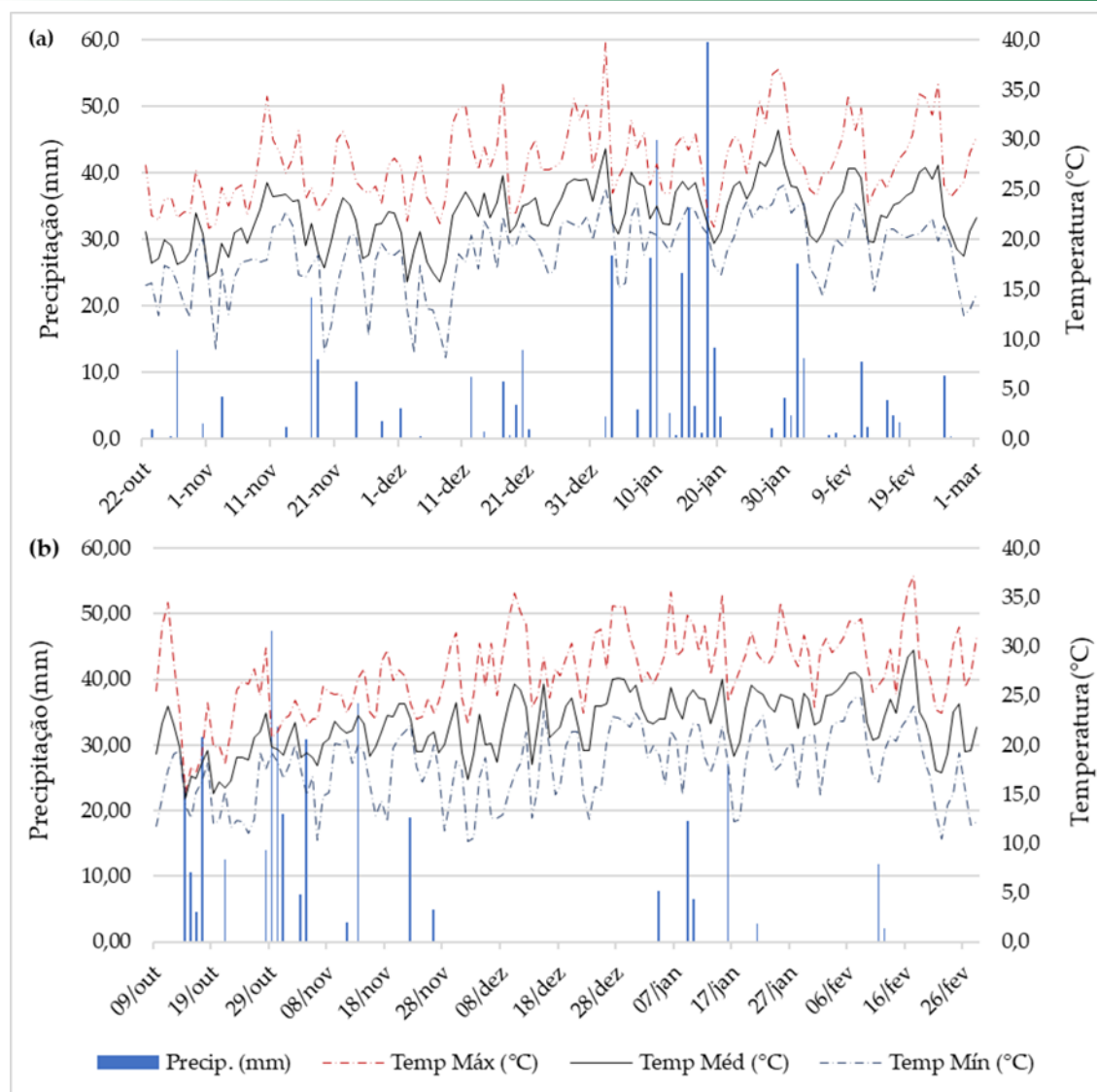


Figura 1. Condições climáticas das safras 2018/19 (a) e 2019/20 (b), em que os Experimentos I e IV foram conduzidos, Cerrito, RS, 2020.

Experimento I - Eficiência de herbicidas pós-emergentes no controle de *Amaranthus hybridus* a campo

O Experimento I foi realizado durante a safra 2018/19, nos meses de janeiro e fevereiro, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. As parcelas mediram 2,5 x 15 m (37,5 m²), visando cobrir uma área significativa e abrangente da população de *A. hybridus* presente. A soja foi semeada com semeadora de plantio direto, com linhas espaçadas em 0,45 m no dia 21 de dezembro de 2018, utilizando a cultivar TMG 7061, na população de 355 mil plantas por hectare. Utilizou-se 350 kg ha⁻¹ de adubo NPK (02-25-25). A infestação de *A. hybridus* na área era 155 plantas m⁻² em média.

Os herbicidas glyphosate, nas doses de 740, 1480 e 2220 g ha⁻¹ (RoundUp Original DL, 370 g e.a. L⁻¹, SL, Monsanto); cloransulam-ethyl 33,6 g ha⁻¹ (Pacto, 840 g.i.a. L⁻¹, WG, Corteva); flumetsulam 30 g ha⁻¹ (Scorpion, 120 g.i.a. L⁻¹, SC, Corteva); chlorimuron-ethyl 15 g ha⁻¹ (Classic, 250 g.i.a. L⁻¹, WG, DuPont); bentazone 960 g ha⁻¹ (Basagran 600, 600 g.i.a. L⁻¹, SL, BASF); fomesafen

250 g ha⁻¹ (Flex, 250 g.i.a. L⁻¹, SL, Syngenta) e lactofen 180 g ha⁻¹ (Cobra, 240 g.i.a. L⁻¹, EC, Bayer), quando a cultura se encontrava no estágio V4 e as plantas daninhas apresentavam quatro a seis folhas verdadeiras. Utilizou-se um pulverizador pressurizado por CO₂, com barra de 2 m e bicos tipo leque 110.015, aspergindo 120 L ha⁻¹ de volume de calda. No momento da aplicação a temperatura era 20,2°C, a umidade relativa do ar 82,5 % e a velocidade do vento 2,5 km h⁻¹.

Foram avaliados o controle de *A. hybridus* e a fitotoxicidade à cultura, aos seis e 17 dias após a aplicação (DAA), utilizando-se a escala percentual onde a nota zero (0) representou a ausência de injúrias e a nota cem (100) a morte da cultura/plantas (FRANS; CROWLEY, 1986). Os dados obtidos foram transformados para $\sqrt{x + 0,5}$ e posteriormente submetidos à análise de variância. Quando verificada diferença significativa entre os tratamentos pelo teste F, estes foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Os resultados deste experimento foram base para definição dos programas de manejo do Experimento IV.

Experimento II - Eficiência de herbicidas pós-emergentes no controle de *Amaranthus hybridus* em ambiente controlado

O Experimento II foi realizado em casa de vegetação, em condições controladas de temperatura constante ($25\pm 5^{\circ}\text{C}$) e irrigação diária, utilizando sementes coletadas de plantas individuais (biótipos) ao final do Experimento I. Estas sementes foram limpas, identificadas e armazenadas em saco de papel pardo até a instalação deste estudo. Vasos com volume de 200 mL foram preenchidos com 200 g de solo previamente peneirado, classificado como Planossolo háplico (pH 5,3; 21% de argila e 1,3% de M.O.). Em cada vaso foram semeadas dez sementes de cada um dos 11 biótipos sobreviventes do experimento anterior; após a emergência, foi realizado desbaste para padronização de cinco plantas por vaso. Quando as plantas de caruru apresentavam duas folhas verdadeiras foi realizada aplicação dos herbicidas (relacionados na Tabela 2), utilizando-se o mesmo equipamento descrito no Experimento I. No momento da aplicação, realizada fora da casa de vegetação, a temperatura era $10,7^{\circ}\text{C}$, a umidade relativa do ar era 71,0 % e a velocidade do vento era $5,6 \text{ km h}^{-1}$.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, arranjado em esquema bifatorial, onde o Fator A correspondeu aos biótipos de *A. hybridus* (códigos 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13 e 16b) e o Fator B foi constituído pelos herbicidas pós-emergentes glyphosate 1110 g ha^{-1} (RoundUp Original, $370 \text{ g e.a. L}^{-1}$, SL, Monsanto); imazethapyr 100 g ha^{-1} (Vezir, $100 \text{ g.i.a. L}^{-1}$, SL, ADAMA); chlorimuron-ethyl 15 g ha^{-1} (Classic, $250 \text{ g.i.a. L}^{-1}$, WG, DuPont) e bentazon 960 g ha^{-1} (Basagran 600, $600 \text{ g.i.a. L}^{-1}$, SL, BASF), sendo que cada unidade experimental foi composta por uma planta de *A. hybridus*. A variável avaliada foi o controle dos biótipos da planta daninha aos 28 dias após a aplicação (DAA), dado em escala percentual. Os dados obtidos foram transformados para $\sqrt{x + 0,5}$ e posteriormente submetidos à análise de variância, sendo os tratamentos comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Os resultados deste experimento foram base para definição dos programas de manejo do Experimento IV.

Experimento III - Eficiência de herbicidas pré-emergentes no controle de *Amaranthus hybridus* em ambiente controlado

O Experimento III avaliou os mesmos biótipos do segundo experimento, porém neste estudo foram utilizados herbicidas pré-emergentes. Bandejas preenchidas com 2 kg de solo previamente peneirado constituíram as unidades experimentais. Em cada bandeja foram semeadas duas linhas com vinte sementes de cada biótipo de *A. hybridus*. Imediatamente após a semeadura, o solo foi umedecido com lâmina de 15 mm e as parcelas receberam a aplicação dos herbicidas (relacionados na Tabela 3), utilizando o mesmo equipamento descrito no Experimento I. No momento da aplicação a temperatura foi $16,8^{\circ}\text{C}$, a umidade relativa do ar 92,0 % e a velocidade do vento $3,3 \text{ km h}^{-1}$. As parcelas foram irrigadas diariamente, três vezes ao dia, com lâmina

de 5 mm, visando manter o solo úmido e assim proporcionar máxima disponibilidade dos herbicidas aplicados ao solo para absorção na germinação de sementes e emergência das plântulas.

Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, arranjado em esquema bifatorial, sendo o Fator A constituído por quatro biótipos de *A. hybridus* (códigos 5, 10, 11 e 13), os quais apresentaram maior taxa de germinação no Experimento 2, e o Fator B pelos herbicidas pré-emergentes *s*-metolachlor 1344 g ha^{-1} (Dual Gold, $960 \text{ g.i.a. L}^{-1}$, EC, Syngenta); sulfentrazone + diuron $420 + 210 \text{ g ha}^{-1}$ (Stone, $350 + 175 \text{ g.i.a. L}^{-1}$, SC, FMC); imazethapyr + flumioxazin $100 + 50 \text{ g ha}^{-1}$ (Zethamaxx, $200 + 100 \text{ g.i.a. L}^{-1}$, SC, Nufarm); metribuzin 480 g ha^{-1} (Sencor 480, $480 \text{ g.i.a. L}^{-1}$, SC, Bayer) e diclosulam $29,4 \text{ g ha}^{-1}$ (Spider, $840 \text{ g.i.a. L}^{-1}$, WG, Corteva) e uma testemunha sem aplicação. A variável avaliada foi o controle de *A. hybridus* aos 21 e 35 dias após a aplicação (DAA), dado em escala percentual. À semelhança dos experimentos anteriores, os dados foram transformados, submetidos à análise de variância e os tratamentos comparados pelo teste de Tukey. Os resultados deste experimento foram base para definição dos programas de manejo do Experimento IV.

Experimento IV - Programas de manejo de *Amaranthus hybridus* a campo

O Experimento IV foi conduzido na safra 2019/20, durante os meses de novembro a abril, na mesma propriedade em que foi realizado o Experimento I. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições, sendo que cada parcela mediu 10 m^2 ($5 \times 2 \text{ m}$). Os herbicidas utilizados foram glyphosate (RoundUp Transorb, $480 \text{ g.e.a. L}^{-1}$, SL, Monsanto); 2,4-D (DMA 806 BR, $670 \text{ g.e.a. L}^{-1}$, SL, Corteva); saflufenacil (Heat, $700 \text{ g.i.a. L}^{-1}$, WG, BASF); diquat (Reglone, $200 \text{ g.i.a. L}^{-1}$, SL, Syngenta); glufosinate-ammonium (Finale, $200 \text{ g.i.a. L}^{-1}$, SL, BASF); *s*-metolachlor 1344 g ha^{-1} (Dual Gold, $960 \text{ g.i.a. L}^{-1}$, EC, Syngenta); sulfentrazone + diuron $420 + 210 \text{ g ha}^{-1}$ (Stone, $350 + 175 \text{ g.i.a. L}^{-1}$, SC, FMC); imazethapyr + flumioxazin $100 + 50 \text{ g ha}^{-1}$ (Zethamaxx, $200 + 100 \text{ g.i.a. L}^{-1}$, SC, Nufarm); metribuzin 480 g ha^{-1} (Sencor 480, $480 \text{ g.i.a. L}^{-1}$, SC, Bayer) e flumioxazin (Flumyzin, $500 \text{ g.i.a. L}^{-1}$, SC, Ihara). Os tratamentos foram arranjos em esquema bifatorial, sendo o Fator A constituído por cinco alternativas de manejo em pré-semeadura da soja: a) preparo do solo com grade niveladora; b) glyphosate 1440 g ha^{-1} ; c) glyphosate $1440 \text{ g ha}^{-1} + 2,4\text{-D } 1005 \text{ g ha}^{-1}$; d) glyphosate $1440 \text{ g ha}^{-1} + 2,4\text{-D } 1005 \text{ g ha}^{-1}/\text{saflufenacil } 70 \text{ g ha}^{-1}$; e) glyphosate $1440 \text{ g ha}^{-1} + 2,4\text{-D } 1005 \text{ g ha}^{-1}/\text{diquat } 800 \text{ g ha}^{-1}$; f) glyphosate $1440 \text{ g ha}^{-1} + 2,4\text{-D } 1005 \text{ g ha}^{-1}/\text{glufosinate-ammonium } 600 \text{ g ha}^{-1}$, e o Fator B por seis herbicidas pré-emergentes (*s*-metolachlor 1344 g ha^{-1} ; sulfentrazone + diuron $420 + 120 \text{ g ha}^{-1}$; imazethapyr + flumioxazin $100 + 50 \text{ g ha}^{-1}$; metribuzin 480 g ha^{-1} ; flumioxazin 50 g ha^{-1}). A aplicação dos herbicidas foi realizada em área de $8,3 \times 15 \text{ m}$, totalizando $124,5 \text{ m}^2$, visando cobrir uma área significativa e abrangente da população de *A. hybridus*.

A primeira dessecação da pastagem de azevém foi realizada em 13 de novembro de 2019. Utilizou-se pulverizador elétrico, calibrado para aspergir um volume de calda de 90 L ha⁻¹, com uma barra de oito pontas tipo leque 110.01 espaçadas em 0,5 m entre si. No momento da aplicação a temperatura era de 23°C, a umidade relativa do ar era de 89,3 % e a velocidade do vento era de 2,2 km h⁻¹.

A soja foi semeada utilizando-se uma semeadora de 11 linhas espaçadas em 0,45 m em 03 de dezembro de 2019. Utilizou-se a cultivar TMG 7061 na população de 355 mil plantas por hectare, com 350 kg ha⁻¹ de adubo formulado 02-25-25. A infestação de *A. hybridus* na área foi 243 plantas m⁻² em média. No mesmo dia da semeadura foi realizada a aplicação dos herbicidas pré-emergentes e a dessecação complementar nos respectivos tratamentos, adicionando óleo mineral na proporção de 0,5% (v/v) da calda, utilizando-se o mesmo equipamento descrito anteriormente. No momento da aplicação a temperatura era 19,1°C, a umidade relativa do ar era 63,8 % e a velocidade do vento era 3,8 km h⁻¹. Imediatamente antes da semeadura e da aplicação dos herbicidas pré-emergentes, foi realizado o preparo do solo com grade niveladora nas unidades experimentais deste tratamento.

A variável avaliada foi o controle de *A. hybridus* aos

57 dias após a emergência da cultura (DAE), quantificado em escala percentual. Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

3. Resultados e Discussão

Experimento I - Eficiência de herbicidas pós-emergentes no controle de *Amaranthus hybridus* a campo

Constatou-se diferenças entre os tratamentos para as duas épocas de avaliação, tanto para o controle da planta daninha, quanto para a fitotoxicidade dos tratamentos à cultura. Aos seis dias após a aplicação (Tabela 1), o tratamento que apresentou melhor performance nas plantas de *A. hybridus* foi flumetsulam. Todos os demais herbicidas apresentaram baixo controle, com valores médios abaixo de 40%. As três doses testadas de glyphosate não demonstraram o efeito fitotóxico esperado nas plantas de *A. hybridus*, independente da dose. Na segunda avaliação, realizada aos 17 DAA (Tabela 1), os resultados foram semelhantes, contudo com redução dos níveis de controle em relação a avaliação anterior.

Tabela 1. Controle de *A. hybridus* e fitotoxicidade à cultura da soja aos seis e 17 dias após a aplicação de herbicidas pós-emergentes, em condição de campo, Cerrito, RS, 2020.

Herbicidas	Dose (g ha ⁻¹)	Controle de <i>A. hybridus</i> (%)		Fitotoxicidade (%)	
		6 DAA ¹	17 DAA	6 DAA	17 DAA
glyphosate	740	2,5 f ²	2,5 c	0,0 e	0,0 c
glyphosate	1480	2,5 f	2,5 c	0,0 e	0,0 c
glyphosate	2220	2,5 f	2,5 c	0,0 e	0,0 c
cloransulam-ethyl	33,6	16,0 d	11,2 b	19,0 c	0,0 c
flumetsulam	30	47,5 a	31,2 a	26,7 b	12,5 b
chlorimuron-ethyl	15	37,0 b	12,5 b	23,2 bc	0,0 c
bentazone	960	11,2 e	0,0 c	12,5 d	0,0 c
fomesafen	250	26,2 c	5,7 bc	35,7 a	12,5 b
lactofen	180	38,7 ab	6,2 bc	40,5 a	27,5 a
C.V. (%) ³		36,1	56,9	37,4	96,1

1: dias após a aplicação. 2: numa mesma coluna, médias seguidas por letras distintas diferem entre si segundo o teste Tukey (p≤0,05). 3: coeficiente de variação.

Em relação a fitotoxicidade à cultura da soja, aos seis dias após a aplicação os herbicidas lactofen e fomesafen ocasionaram a maior fitotoxicidade. Flumetsulam, que apresentou melhor performance de controle na primeira avaliação, provocou fitotoxicidade superior a 26%, sendo que chlorimuron-ethyl também causou nível de injúria semelhante. Os demais herbicidas apresentaram fitotoxicidade inferior a 20% nesta avaliação (Tabela 1). Os tratamentos em que foram utilizadas doses crescentes de glyphosate não causaram fitotoxicidade à cultura, já que a cultivar de soja utilizada era tolerante a este herbicida. Na segunda época de avaliação a fitotoxicidade foi superada, sendo que apenas lactofen, fomesafen e flumetsulam ainda apresentaram valores distintos da testemunha sem aplicação de herbicidas. A fitotoxicidade observada para o herbicida

lactofen foi superior a 25% e a dos outros dois tratamentos inferior a 15%.

O reduzido controle de *A. hybridus* observado em ambas as épocas de avaliação pode ser atribuído ao estágio de desenvolvimento da planta daninha no momento da aplicação. Estudos mostram que em *Amaranthus*, nos estádios de desenvolvimento a partir de quatro folhas ocorre menor susceptibilidade a herbicidas aplicados em pós-emergência (GOSSETT; TOLER, 1999; FALK et al., 2006). Os herbicidas utilizados no experimento são inibidores da enzima acetolactato sintase, do fluxo de elétrons no fotossistema II e da enzima protoporfirinogênio oxidase, mecanismos de ação que dependem do tamanho da planta daninha para obterem níveis satisfatórios de controle. Por se tratar de herbicidas predominantemente de contato,

bentazone, fomesafen e lactofen, tendem a apresentar melhor performance em plantas pequenas e no início do período vegetativo, com poucas folhas desenvolvidas (BELLINDER et al., 2003). Os herbicidas inibidores da acetolactato sintase testados, chloransulam-ethyl, flumetsulam e chlorimuron-ethyl também tendem a apresentar controle satisfatório de plantas menores, com translocação em todos os tecidos e órgãos em crescimento com mais facilidade (BARRENTINE, 1989; ADCOCK; BANKS, 1991).

Apesar de ser observada fitotoxicidade na primeira avaliação, a soja foi capaz de superar estes efeitos, o que é um resultado já esperado, uma vez que estes herbicidas são registrados para esta cultura e eram utilizados em pós-emergência antes mesmo da disponibilização de cultivares tolerantes ao herbicida glyphosate (SHAW; BENNETT; GRANT, 1999).

Experimento II - Eficiência de herbicidas pós-emergentes no controle de *Amaranthus hybridus* em ambiente controlado

Houve interação entre os fatores estudados no Experimento II, sendo observadas diferenças entre a sensibilidade dos diferentes biótipos aos herbicidas testados (Tabela 2). Contudo, para os inibidores de ALS e para o

glyphosate os níveis de controle foram insatisfatórios; nenhum destes herbicidas alcançou sequer 40% de controle da planta daninha. Para chlorimuron-ethyl, em particular, observou-se que este herbicida proporcionou controle superior dos biótipos 2, 3, 6, 7 e 16b em relação a imazethapyr, mas ainda inferior a 40%. Assim como para imazethapyr, o biótipo 6 foi o mais sensível a chlorimuron-ethyl, e o biótipo 11 o mais tolerante. O herbicida bentazon apresentou um nível de controle superior ao dos demais tratamentos para todos os biótipos testados. O biótipo 13 foi o mais tolerante, apresentando apenas 77,5% de controle, enquanto os demais biótipos foram satisfatoriamente controlados por este herbicida.

A eficiência de bentazon é geralmente dependente do estágio de desenvolvimento das plantas daninhas. Como neste experimento as plantas de *A. hybridus* se encontravam com duas folhas verdadeiras, a performance deste herbicida foi superior à observada no experimento em condição de campo, em que as plantas apresentavam quatro a seis folhas verdadeiras, corroborando com resultados semelhantes obtidos por Bellinder et al (2003). Assim, verifica-se que para obter máxima eficiência em pós-emergência para controle de *A. hybridus* com bentazon, a aplicação deve ser realizada de preferência antes da emissão da terceira folha verdadeira da planta daninha.

Tabela 2. Controle de biótipos de *A. hybridus* (%) com herbicidas pós-emergentes (experimento em casa de vegetação), Capão do Leão, RS, 2021.

Biótipos	Controle Final 28 DAA ¹ (%)			
	Glyphosate 1110 g ha ⁻¹	Imazethapyr 100 g ha ⁻¹	Chlorimuron-ethyl 15 g ha ⁻¹	Bentazone 960 g ha ⁻¹
2	d ² 5,7 B	c 15,0 BC	b 30,0 B	a 86,2 B
3	d 5,5 B	c 17,2 AB	b 23,7 BC	a 87,5 AB
5	c 10,0 A	b 20,7 AB	b 22,5 C	a 91,2 AB
6	d 5,7 B	c 22,5 A	b 37,5 A	a 91,2 AB
7	c 7,5 A	c 12,5 BC	b 20,0 CD	a 90,0 AB
8	c 7,7 A	b 17,5 AB	b 21,5 C	a 92,5 AB
9	c 12,5 A	b 20,0 AB	bc 17,5 CDE	a 91,7 AB
10	c 7,0 B	b 11,2 BC	b 12,5 E	a 92,5 AB
11	c 7,5 A	b 12,5 BC	b 11,2 E	a 87,5 AB
13	c 6,25 B	bc 9,2 C	b 12,7 DE	a 77,5 C
16b	d 6,5 B	c 15,0 BC	b 27,5 BC	a 93,7 A
C.V. (%) ³		50,4		

1: Dias após a aplicação. 2: médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas colunas diferem entre os biótipos para cada herbicida e, médias seguidas por letras minúsculas nas linhas, diferem entre os herbicidas para cada biótipo, segundo o teste Tukey (p≤0,05). 3: coeficiente de variação da interação.

No caso dos inibidores da acetolactato sintase e do glyphosate, a baixa eficiência descrita nos dois experimentos pode ser indicio da evolução da tolerância nestes biótipos aos mecanismos de ação destes herbicidas, fenômeno descrito recentemente (PENCKOWSKI et al., 2020; HEAP, 2020). No Brasil, outras espécies do gênero já desenvolveram resistência a estes mecanismos de ação (FRANCISCHINI et al., 2014a; FRANCISCHINI et al., 2014b; CARVALHO et al., 2015; GONÇALVES NETTO et

al., 2016) e, visto que a hibridização entre espécies de *Amaranthus* é comum (COSTEA; WEAVER; TARDIFF, 2004), também há a possibilidade de que estes biótipos tenham adquirido tolerância por este fenômeno. Outra hipótese é a disseminação de biótipos resistentes oriundos da Argentina, país vizinho que faz fronteira com o Rio Grande do Sul, onde já foram descritos casos de resistência desta espécie a estes herbicidas (TUESCA; NISENSOHN, 2001; CAPORALE et al., 2018; PEROTTI et al., 2018).

Experimento III - Eficiência de herbicidas pré-emergentes no controle de *Amaranthus hybridus* em ambiente controlado

Para o Experimento III, não foi identificada interação entre os biótipos de *A. hybridus* e os herbicidas, nem diferenças significativas entre os biótipos quanto aos pré-emergentes testados. No entanto, houve diferenças entre os herbicidas pré-emergentes nas duas épocas de avaliação do experimento (Tabela 3).

Na primeira avaliação, realizada aos 21 dias após a aplicação, três herbicidas se destacaram apresentando controle superior a 85% de todos os biótipos de *A. hybridus*:

a mistura formulada sulfentrazone + diuron, *s*-metolachlor e metribuzin (Tabela 3). Imazethapyr + flumioxazin apresentou controle intermediário em relação aos outros tratamentos. Diclosulam apresentou uma performance inferior aos demais herbicidas, com controle próximo de 50%. Aos 35 dias após a aplicação, o comportamento de diclosulam foi semelhante ao da primeira avaliação, sendo este tratamento inferior aos demais. Exceto o inibidor de ALS, todos os demais tratamentos proporcionaram controle satisfatório e superior a 90% de todas as populações de *A. hybridus* estudadas, não sendo observadas diferenças entre si.

Tabela 3. Controle de biótipos de *A. hybridus* (%), em condição controlada, aos 21 e 35 dias após a aplicação de herbicidas pré-emergentes, Capão do Leão, RS, 2021.

Herbicidas	Dose (g ha ⁻¹)	Controle de <i>A. hybridus</i> (%)	
		21 DAA ¹	35 DAA
<i>s</i> -metolachlor	1344	90,0 ab	97,0 a
Sulfentrazone + diuron	175 + 350	90,3 a	96,7 a
Imazethapyr + flumioxazin	100 + 50	84,7 b	94,3 a
Metribuzin	480	87,8 ab	94,8 a
Diclosulam	29,4	50,9 c	53,1 b
C.V. (%) ³		10,7	11,0

1: dias após a aplicação. 2: para cada época de avaliação, médias seguidas por letras distintas diferem entre si segundo o teste Tukey ($p \leq 0,05$). 3: coeficiente de variação.

Os resultados obtidos neste experimento representam indicativo da possível tolerância cruzada dos biótipos estudados aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase, dos grupos químicos das imidazolinonas, sulfoniluréias e triazolpirimidinas, assim como relatado para biótipos desta espécie nos Estados Unidos (WHALEY; WILSON; WESTWOOD, 2006). Posteriormente, estudos serão realizados para verificar a presença de resistência nestes biótipos. Por atuarem em outros locais de ação, os herbicidas *s*-metolachlor, metribuzin, e sulfentrazone + diuron são opções interessantes para controle desta espécie em pré-emergência, assim como a mistura de imazethapyr + flumioxazin, que apresenta em sua formulação herbicidas com dois mecanismos de ação.

Os herbicidas metribuzin e diuron, pertencentes aos grupos químicos das triazinonas e uréias, respectivamente, são inibidoras do fluxo de elétrons no fotossistema II. Estes produtos são eficientes para o controle de gramíneas e folhas largas como *A. hybridus* em pré-emergência, tendo sua eficiência relacionada às características químicas e umidade do solo, bem como a dose utilizada (SMITH; SHEETS, 1967; MCWHORTER; ANDERSON, 1976; ZAHNOW, 1987).

No caso de sulfentrazone e flumioxazin, classificados quimicamente como triazolinona e *n*-fenil-fitalamida, o modo de ação está relacionado a inibição da enzima protoporfirinogênese-IX oxidase, envolvida na síntese de clorofila. Desta forma, estes herbicidas contribuíram para a eficiência das misturas formuladas sulfentrazone + diuron e principalmente de imazethapyr + flumioxazin no controle de todos os biótipos de *A. hybridus*. A eficiência destes

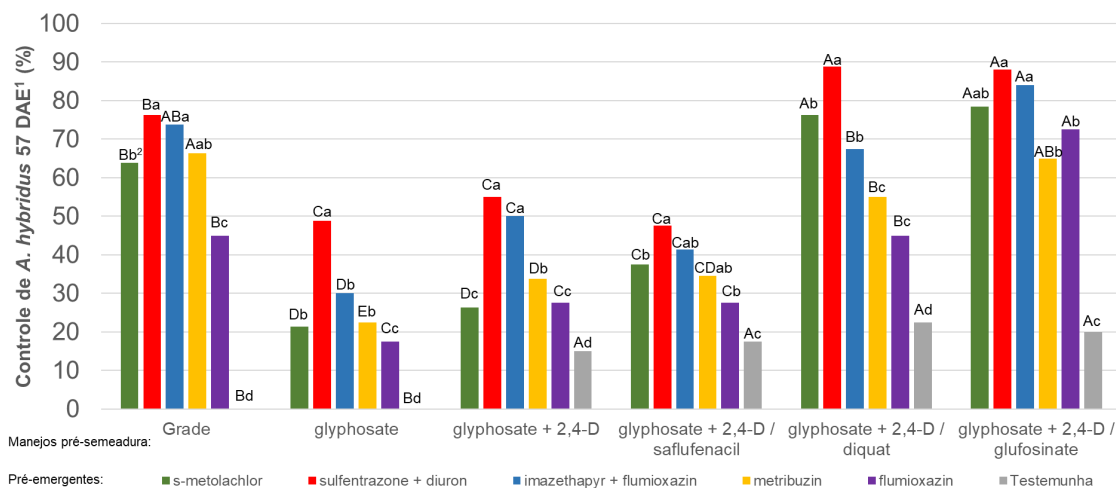
herbicidas para controle de espécies de *Amaranthus* e outras folhas largas também é descrita em outros trabalhos, quando as condições climáticas e de umidade do solo são favoráveis, já que para exercer sua ação fitotóxica as plântulas devem absorver os herbicidas pelas suas estruturas de emergência como o epicótilo, coleótilo, hipocótilo e raízes (KRAUSZ; KAPUSTA; MATTHEWS, 1998; NIEKAMP; JOHNSON; SMEDA, 1999).

O herbicida *s*-metolachlor proporcionou controle satisfatório de *A. hybridus*, corroborando com o observado nos Estados Unidos, sendo que sua disponibilização no solo para absorção pelos cotilédones é essencial para a sua eficiência (CLEWIS; WILCUT; PORTERFIELD, 2006; MEYERS et al., 2010).

Em condições controladas, salienta-se que o eficiente controle proporcionado pelos tratamentos pré-emergentes avaliados e apresentados na Tabela 3, foram obtidos em condições adequadas de temperatura do ar e umidade do solo, contribuindo assim de modo significativo para a adequada performance dos herbicidas. Estudos a campo, dependem de fatores ambientais e características intrínsecas aos herbicidas em questão, como seu Kow, Koc e volatilidade, por exemplo.

Experimento IV - Programas de manejo de *Amaranthus hybridus* a campo

Houve interação entre os fatores estudados, bem como diferenças entre todos seus níveis, demonstrando que existem alguns programas de manejo mais eficientes do que os demais para o manejo de *A. hybridus* (Figura 2).



1: dias após a emergência. 2: letras maiúsculas comparam cada herbicida pré-emergente entre os maneios pré-semeadura; letras minúsculas comparam os herbicidas pré-emergentes dentro de cada manejo pré-semeadura (teste de Tukey, $p \leq 0,05$).

Figura 2. Controle de *A. hybridus* aos 57 dias após a emergência da cultura da soja, em função do manejo em pré-semeadura e herbicidas pré-emergentes, Cerrito, RS, 2020.

Em geral, para as opções manejo em pré-semeadura, a combinação de glyphosate + 2,4-D e complementada com diquat ou glufosinate-ammonium imediatamente após a semeadura proporcionou melhor controle de *A. hybridus* independente do herbicida pré-emergente utilizado. Os programas de manejo apenas com a dessecação do azevém com glyphosate + 2,4-D, ou posterior dessecação complementar com saflufenacil apresentaram controle intermediário, sendo que para alguns casos, não houve diferenças entre estas combinações e a dessecação do azevém utilizando apenas glyphosate. Nestes programas de manejo, a testemunha sem a aplicação de herbicidas pré-emergentes apresentou uma sutil menor supressão do caruru; acredita-se que este efeito se deva ao efeito residual do herbicida 2,4-D, já que este herbicida pode apresentar persistência no solo (PETERSON et al., 2016).

O revolvimento do solo contribuiu para a eficiência de alguns herbicidas pré-emergentes. De modo geral, este tratamento ofereceu um controle superior ao obtido nas opções de dessecação em que foi utilizado apenas glyphosate + 2,4-D, ou com posterior dessecação complementar utilizando saflufenacil. Além disso, o controle mecânico também eliminou o primeiro fluxo de emergência de *A. hybridus*, reduzindo a infestação da planta daninha que se estabeleceu simultaneamente à cultura.

Dentre os herbicidas pré-emergentes, a mistura formulada de sulfentrazone + diuron se destacou com valores dentre todas as opções de manejo em pré-semeadura. Além desse, a mistura formulada de imazethapyr + flumioxazin aplicados em solo revolvido ou em área dessecada com glyphosate + 2,4-D e glufosinate também proporcionou controle elevado. Os herbicidas *s*-metolachlor e metribuzin apresentaram comportamento intermediário, sendo que no programa de manejo em que foi realizada dessecação do azevém com glyphosate + 2,4-D, seguido de dessecação complementar com glufosinate e aplicação pré-emergente de *s*-metolachlor foi obtida performance similar

ao das misturas formuladas citadas anteriormente. Com o revolvimento do solo, metribuzin controlou *A. hybridus* de modo similar às misturas formuladas e *s*-metolachlor. Já o herbicida pré-emergente flumioxazin exibiu um controle inferior aos demais na maioria das opções de dessecação, sendo que sua performance foi semelhante à de metribuzin e *s*-metolachlor quando foi realizada dessecação do azevém com glyphosate + 2,4-D seguida de glufosinate-ammonium. Analisando os fatores em conjunto, os programas de manejo nos quais o azevém foi dessecado com glyphosate + 2,4-D, seguido de dessecação complementar com diquat ou glufosinate-ammonium e utilização da mistura formulada sulfentrazone + diuron foram as opções que apresentaram os maiores níveis de controle de *A. hybridus*. Ademais, a performance de alguns herbicidas pré-emergentes associados ao preparo mecânico do solo foram aceitáveis. Contudo, salienta-se que este método (com preparo do solo prévio à semeadura) é uma alternativa que não é desejável em sistemas de produção conservacionistas do Brasil.

Os resultados obtidos neste estudo podem ser explicados pela interação entre as condições ambientais, as características físico-químicas dos herbicidas utilizados, além da sensibilidade e biologia dos biótipos de *A. hybridus* que infestam a área. Além disso, como a dessecação do azevém ocorreu após o pastejo animal (baixa cobertura do solo), a chegada de raios solares ao solo foi facilitada, favorecendo a germinação e crescimento da espécie alvo, mesmo após a dessecação (GUO; AL-KHATIB, 2003; STECKEL et al., 2004). Como foi verificado nos Experimentos I e II, que existem biótipos que escaparam ao controle com glyphosate, e a associação do 2,4-D na dessecação, provavelmente contribuiu para o manejo destes biótipos. Como a ação deste mimetizador de auxinas pode levar até 15 dias para controlar completamente as espécies alvo (GROSSMANN, 2010), a dessecação complementar utilizando herbicida com ação de contato também se mostrou decisiva na eficiência dos programas de manejo.

Esta prática, conhecida como “*double knock*”, é utilizada na Austrália para controle de outras espécies que desenvolveram resistência a mais de um mecanismo de ação, como *Conyza* spp. e *Lolium rigidum*, sendo essencial para seu manejo (BORGER; HASHEM, 2007; WERTH et al., 2010).

A interação entre a escassez de chuvas, especialmente nos dias após a aplicação (Figura 1) e a presença de palha de azevém, explica parcialmente a baixa eficiência de alguns herbicidas pré-emergentes com alta lipofilicidade (log Kow) ou baixa solubilidade. É o caso de flumioxazin (solubilidade: 0,786 mg L⁻¹ e log Kow: 2,55) (IUPAC, 2020) que apresentou um baixo controle de *A. hybridus* quando não foi realizada a dessecação complementar. Na ausência de chuvas significativas, herbicidas com baixa solubilidade e log Kow elevado tendem a ficar retidos na palha e não atingir o solo (CARBONARI et al., 2019; CLARK et al., 2019). Dessa forma a ação destes herbicidas pode ter sido comprometida, já que dependem do contato e absorção das moléculas pelas estruturas das plântulas em emergência (KRAUSZ; KAPUSTA; MATTHEWS, 1998; NIEKAMP; JOHNSON; SMEDA, 1999; CLEWIS; WILCUT; PORTERFIELD, 2006; MEYERS et al., 2010). A mistura formulada de imazethapyr + flumioxazin também pode ter tido sua eficiência comprometida nos programas de manejo em que não foi realizada dessecação complementar ou o revolvimento do solo e em decorrência da possível presença de biótipos com tolerância a inibidores da acetolactato sintase na área. Já no caso da mistura formulada com sulfentrazone (solubilidade: 780 mg L⁻¹ e log Kow: 0,99) + diuron (solubilidade: 35,6 mg L⁻¹ e log Kow: 2,87) (IUPAC, 2020) com características físico-químicas menos lipofílicas e mecanismo de ação diferenciados, os volumes de chuva, mesmo que baixos, foram suficientes para que houvesse controle satisfatório nos programas de manejo com sua utilização.

A hipótese de que a redução de chuvas e baixa umidade do solo interferem na eficiência dos herbicidas pré-emergentes estudados concordam com o observado no Experimento III, em que as condições controladas e de alta umidade do solo permitiram que os herbicidas estivessem prontamente disponíveis para a absorção das plântulas em emergência. Além disso, todos os herbicidas pré-emergentes aplicados em solo revolvido apresentaram controle superior ao verificado nos programas sem dessecação complementar, devido ao contato direto do herbicida ao solo e da eliminação da infestação já estabelecida da planta daninha pelo método mecânico. Apesar de interferir na dinâmica dos herbicidas pré-emergentes em anos com déficit hídrico, a utilização de grandes volumes de palha pode contribuir para o manejo de espécies de *Amaranthus* (PRICE et al., 2012), por suas sementes apresentarem fotoblastia positiva, requerendo alternância luminosa para sua germinação (COSTEA; WEAVER; TARDIFF, 2004). Assim, o sucesso do manejo de *A. hybridus* em sistemas de integração lavoura-pecuária passa pelo planejamento das práticas de controle, levando em consideração o tempo entre o último pastejo e a dessecação da pastagem, o equilíbrio entre o volume de palha que contribui para a supressão da planta

daninha e prejudica a ação dos herbicidas pré-emergentes, e ainda, da adoção da prática de complemento da dessecação com herbicidas de contato.

4. Conclusões

Este estudo mostra biótipos de *A. hybridus* tolerantes a doses de até 2220 g ha⁻¹ do herbicida glyphosate e que também não foram controlados por inibidores da acetolactato sintase, como imazethapyr, cloransulam-ethyl, flumetsulam e chlorumuron-ethyl.

Na pré-emergência, os herbicidas *s*-metolachlor, sulfentrazone + diuron e imazethapyr + flumioxazin, e na pós-emergência o herbicida bentazon, representam adequadas opções para controle de todos os biótipos estudados.

A dessecação utilizando glyphosate + 2,4-D complementada com glufosinate-ammonium, associada aos herbicidas pré-emergentes *s*-metolachlor, sulfentrazone + diuron e imazethapyr + flumioxazin são efetivas para o controle de *A. hybridus* no campo.

O revolvimento do solo com grade niveladora antes da semeadura da soja foi estratégia efetiva em contribuir na supressão da planta daninha, principalmente quando associados aos herbicidas sulfentrazone + diuron, imazethapyr + flumioxazin ou metribuzin.

Agradecimentos

Este estudo foi parcialmente financiado pelo projeto: “Fortalecimento no Manejo de Plantas Daninhas com sistemas de produção selecionados” (Embrapa/Bayer - 30.18.00.018.00.00).

Aos produtores Nilton Porciúncula do Couto e Nilo Francisco Luiz do Couto, por cederem sua propriedade, e aos estagiários e integrantes do setor de herbologia da Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Terras Baixas.

Referências

- Adcock, T. E.; Banks, P. A. Effects of chlorimuron on soybean (*Glycine max*) and sicklepod (*Cassia obtusifolia*) as influenced by application timing. **Weed Science**, v. 39, p. 139-142, 1991.
- Agostinetto, D.; Tironi, S. P.; Galon, L.; Magro, T. D. Desempenho de formulações e doses de glyphosate em soja transgênica. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 3, p. 35-41, 2009.
- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. D. M.; Sparovek, G. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

- Anghinoni, I.; Carvalho, P. C. F.; Costa, S. E. V. G. A. Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropical brasileiro. **Tópicos em Ciência do solo**, 8:325-380,2013.
- Assmann, J. M.; Anghinoni, I.; Martins, A. P.; Costa, S. E. V. G. A.; Cecagno, D.; Carlos, F. S.; Carvalho, P. C. F. Soil carbono and nitrogen stocks and fractions in a long-term integrated crop-livestock system under no-tillage in southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 190, p. 52-59, 2014.
- Banks, P. A.; Robinson, E. L. The influence of straw mulch on the soil reception and persistence of metribuzin. **Weed Science**, v. 30, p. 164-168, 1982.
- Banks, P. A.; Robinson, E. L. Soil reception and activity of acetochlor, alachlor and metolachlor as affected by wheat (*Triticum aestivum*) straw and irrigation. **Weed Science**, v. 34, p. 607-611, 1986.
- BARRENTINE, W. L. Minimum effective rate of chlorimuron and imazaquin applied to common cocklebur (*Xanthium strumarium*). **Weed Technology**, v. 3, p. 126-130, 1989.
- Barth Neto, A.; Savian, J. V.; Schons, R. M. T.; Bonnet, O. J. F.; Canto, M. W.; Moraes, A.; Lemaire, G.; Carvalho, P. C. F. Italian ryegrass establishment by self-seeding in integrated crop-livestock systems: effects of grazing management and crop rotation strategies. **European Journal of Agronomy**, v. 53, p. 67-73, 2014.
- Beckie, H. J.; Harker, K. N. Our top 10 herbicide-resistant weed management practices. **Pest Management Science**, v. 73, p. 1045-1052, 2017.
- Bellinder, R. R.; Arsenovic, M.; Shah, D. A.; Rauch, B. J. Effect of growth stage and adjuvant on the efficacy of fomesafen and bentazone. **Weed Science**, v. 51, p. 1016-1021, 2003.
- Borger, C. P.; Hashem, A. Evaluating the double knockdown technique: sequence, application, interval, and annual ryegrass growth stage. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 58, p. 265-271, 2007.
- Caporale, B. A.; Ramello, I.; Tobaldi, N.; Bracamonte, E. R. Evaluación del nivel de resistencia diferencial de *Amaranthus hybridus* L. Kunth y *Amaranthus palmeri* S. Watson a glifosato e inhibidores de ALS em Córdoba, Argentina. **Trabajo Académico Integrador**, Universidad Nacional de Córdoba - Córdoba, Argentina, 2018, 33 p.
- Carbonari, C. A.; Gomes, G. L. G. C.; Krenchinski, F. H.; Simões, P. S.; Castro, E. B.; Velini, E. D. Dynamics of efficacy of sulfentrazone, flumioxazin and isoxaflutole herbicides applied on Eucalyptus harvest residues. **New Forests**, v. 51, p. 723-737, 2019.
- Carvalho, S. J. P.; Gonçalves Netto, A.; Nicolai, M.; Cavenaghi, A. L.; López-Ovejero, R. F.; Christoffoleti, P. J. Detection of glyphosate-resistant palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in agricultural areas of Mato Grosso, Brazil. **Planta Daninha**, v. 33, p. 579-586, 2015.
- Clark, S. L.; Silva, P. V.; Dayan, F. E.; Nissen, S. J.; Sebastian, D. J. The influence of winter annual grass litter on herbicide availability. **Weed Science**, v. 67, p. 702-709, 2019.
- Clewis, S. B.; Wilcut, J. W.; Porterfield, D. Weed management with s-metolachlor and glyphosate mixtures in glyphosate-resistant-strip and conventional-tillage cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Weed Technology**, v. 20, p. 232-241, 2006.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra brasileira de grãos, safra 2019/20 – nono levantamento**. Brasília, v. 7, p. 1-69, 2020.
- Costea, M.; Wheeler, S. E.; Tardiff, F. J. The Biology of Canadian Weeds. 130. *Amaranthus retroflexus* L., *A. powellii* S. Watson and *A. hybridus* L. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 84, p. 631-668, 2004.
- Dias, M. F.; Krenchinski, F. H.; Pereira, V. G. C.; Moreno, G.; Albrecht, L. P.; Albrecht, A. J. P. Phytosociological survey of weeds in glyphosate resistant and susceptible soybean cultivation areas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, p. 1-7, 2018.
- Dieleman, A.; Hamill, A. S.; Weise, S. F.; Swanton, C. J. Empirical models of pigweed (*Amaranthus* spp.) interference in soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, v. 43, p. 612-618, 1995.
- DILL, G. M. Glyphosate-resistant crops: history, status and future. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 61, n. 3, p. 219-224, 2005.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo, 5ed., Brasília - DF, Brasil, 2018, 356 p.
- Falk, J. S.; Shoup, D. E.; Al-Khatib, K.; Peterson, D. E. Protox-resistant common waterhemp (*Amaranthus rudis*) response to herbicides applied at different growth stages. **Weed Science**, v. 54, p. 793-799, 2006.
- Fleck, N. G.; Candemil, C. R. G.; Interferência de plantas daninhas na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciência Rural**, v. 25, p. 27-32, 1995.
- Frans, R.; Crowley, H. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY. **Research methods in weed science**. 3.ed., p. 29-45, 1986.
- Francischini, A. C.; Constantin, J.; Oliveira Jr., R. S.;

- Santos, G.; Braz, G. B. P.; Dan, H. A. First report of *Amaranthus viridis* resistance to herbicides. **Planta Daninha**, v. 32, p. 571-578, 2014a.
- Francischini, A. C.; Constantin, J.; Oliveira Jr., R. S.; Santos, G.; Franchini, L. H. M.; Biffe, D. F. Resistance of *Amaranthus retroflexus* to acetolactate synthase inhibitor herbicides in Brazil. **Planta Daninha**, v. 32, p. 437-446, 2014b.
- Gonçalves Netto, A.; Nicolai, M.; Carvalho, S. J. P.; Borgato, E.A.; Christoffoleti, P. J. Multiple resistance of *Amaranthus palmeri* to ALS and EPSPS inhibiting herbicides in the state of Mato Grosso, Brazil. **Planta Daninha**, v. 34, p. 581-587, 2016.
- Gossett, B. J.; Toler, J. E. Differential control of palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) and smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) by postemergence herbicides in soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v. 13, p. 165-168, 1999.
- Grossmann, K. Herbicidas auxiliares: estado atual do mecanismo e modo de ação. **Pest Management Science: formalmente Pesticide Science**, v. 66, n. 2, p. 113-120, 2010.
- Guo, P.; Al-Khatib, K. Temperature effects on germination and growth of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), palmer amaranth (*A. palmeri*) and common waterhemp (*A. rudis*). **Weed Science**, v. 51, p. 869-875, 2003.
- HEAP, I. **The International Herbicide-Resistant Weed Database**. Online. Disponível em: www.weedscience.org. Acesso em: Sunday, July 12, 2020.
- IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry. **Reports of chemical characteristics of herbicides**. Disponível em: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/search.htm>. Acesso em: 21 jul 2020.
- Kissmann, K. G.; Groth, D. **Plantas infestantes e nocivas**. v. 2, 2 ed. São Paulo: BASF, 1999. 978 p.
- Krausz, R. F.; Kapusta, G.; Matthews, J. L. Sulfentrazone for weed control in soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v. 12, p. 684-689, 1998.
- Mcwhorter, C. G.; Anderson, J. M. Effectiveness of metribuzin applied preemergence for economical control of common cocklebur in soybeans. **Weed Science**, v. 24, p. 385-390, 1976.
- Meyers, S. L.; Jennings, K. M.; Schultheis, J. R.; Monks, D. W. Evaluation of flumioxazin and s-metolachlor rate and timing for palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) control in sweetpotato. **Weed Technology**, v. 24, p. 495-503, 2010.
- Moraes, A.; Carvalho, P. C. F.; Anghinoni, I.; Lustosa, S. B. C.; Costa, S. E. V. G. A.; Kunrath, T. R. Integrated crop-livestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy**, v. 57, 2014.
- Nepomuceno, M.; Alves, P. L. C. A.; Dias, T. C. S.; Pavani, M. D. M. D. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, v. 25, p. 43-50, 2007.
- Niekamp, J. W.; Johnson, W. G.; Smeda, R. J. Broadleaf weed control with sulfentrazone and flumioxazin in no-tillage soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, v. 13, p. 233-238, 1999.
- Penckowski, L. H.; Maschietto, E. H. G.; Borsato, E. F.; Adegas, F. S.; Moreira, L. S. O.; Bianchi, M. A.; Rizzardi, M. A.; Oliveira Jr., R. S.; Dornelles, S. H. B. Alerta! Cresce o número de lavouras com *Amaranthus hybridus* resistente ao herbicida glyphosate no Sul do Brasil. **Revista FABC**, Abril/Maio, 2020.
- Perotti, V. E.; Larran, A. S.; Palmieri, V. E.; Martinatto, A. K.; Alvarez, C. E.; Tuesca, D.; Permingeat, H. R. A novel triple amino acid substitution in the EPSPS found in a high-level glyphosate resistant *Amaranthus hybridus* population from Argentina. **Pest Management Science**, v. 75, p. 1242-1251, 2018.
- Peterson, M. A.; McMaster, S. A.; Riechers, D. E.; Skelton, J.; Stahlman, P. W. 2,4-D past, present and future. **Weed Technology**, v. 30, p. 303-345, 2016.
- Price, O. F.; Bradstock, R. A.; Keeley, J. E.; Syphard, A. D. The impact of antecedent fire area on burned area in southern California coastal ecosystems. **Journal of environmental management**, v. 113, p. 301-307, 2012.
- Radosevich, S. R.; Holt, J. S.; Ghera, C. M. **Plant-Plant Associations**, P. 183-458. In.: Radosevich, S.R.; Holt, J.S.; Ghera, C.M. Ecology of weeds and invasive plants: Relationship to agriculture and natural resource management. 3rd.ed. New York: John Wiley e Sons, 2007, 454 p.
- Riar, D. S.; Norsworthy, J. K.; Steckel, L. E.; Stephenson Iv, D. O.; Eubank, T. W.; Bond, J.; Scott, R. C. Adoption of best management practices for herbicide-resistant weeds in Midsouthern United States cotton, rice and soybean. **Weed Technology**, v. 27, p. 788-797, 2013.
- Santi, A. L.; Bona, S. D.; Lamego, F. P.; Basso, C. J.; Eitelwein, M. T.; Cherubin, M. R.; Kaspary, T. E.; Ruchel, Q.; Gallon, M. Phytosociological variability of weeds in soybean field. **Planta Daninha**, v. 32, p. 39-49, 2014.
- Schuster, M. Z.; Pelissari, A.; Moraes, A.; Harrison, S. K.; Sulc, R. M.; Lustosa, S. B. C.; Anghinoni, I.; Carvalho, P. C. F. Grazing intensities affect weed seedling emergence and the seed bank in an integrated crop-livestock system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 232, p. 232-239, 2016.

Shaw, D. R.; Bennett, A. C.; Grant, D. L. Weed control in soybean (*Glycine max*) with flumetsulam, cloransulam and diclosulam. **Weed Technology**, v. 13, p. 791-798, 1999.

Silva, A. F.; Concenço, G.; Aspiazú, I.; Ferreira, E. A.; Galon, L.; Coelho, A. T. C. P.; Silva, A. A.; Ferreira, F. A. Interferência de plantas daninhas em diferentes densidades no crescimento da soja. **Planta Daninha**, v. 27, p. 75-84, 2009.

Smith, J. W.; Sheets, T. J. Uptake, distribution and metabolism of monuron and diuron by several plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 15, p. 577-581, 1967.

Steckel, L. E.; Sprague, C. L.; Stoller, E. W.; Wax, L. M. Temperature effects on germination of nine *Amaranthus* species. **Weed Science**, v. 52, p. 217-221, 2004.

Toler, J. E.; Guice, B.; Murdock, E. C. Interference between johnsongrass (*Sorghum halepense*), smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*), and soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, v. 44, p. 331-338, 1996.

Tuesca, D.; Nisensohn, L. Resistencia de *Amaranthus quitensis* a imazetapir y clórimuron-etil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 601-606, 2001.

USDA - United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production, Circular Series - WAP**, June 2020. Disponível em: <<https://www.fas.usda.gov/data/world-agricultural-production>>. Acesso em: 04 de jul de 2020.

Werth, J.; Walker, S.; Boucher, L.; Robinson, G. Applying the double knock technique to control *Conyza bonariensis*. **Weed Biology and Management**, v. 10, p.1-8, 2010.

Whaley, C. M.; Wilson, H. P.; Westwood, J. H. ALS resistance in several smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) biotypes. **Weed Science**, v. 54, p. 828-832, 2006.

Zahnow, E.W. Analysis of the herbicide diuron in crops. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 35, p. 403-406, 1987.