weedcontrol journal

RESEARCH ARTICLE

Manejo de capim-rabo-de-burro em função de herbicidas pré-emergentes e cobertura vegetal do solo

Beardgrass management as a function of pre-emergent herbicides and straw cover

Dirceu Agostinetto[a], Geovana F. Barbieri[b], Fernanda Trentin[b], Nathalia D. C. Bernardi[b]*, Leandro Vargas[c]

[a]Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil. [b]Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil. [c]EMBRAPA Trigo, Passo Fundo, RS, Brasil.

Resumo: **Introdução**: O capim-rabo-de-burro (*Schizachyrium microstachyum*), é uma planta daninha perene de alta rusticidade e prolificidade. As falhas no controle e aumento expressivo da sua migração de campos nativos para áreas cultivadas, indicam a necessidade de novas estratégias de manejo.
Objetivo: Avaliar a eficácia de controle e emergência de *S. microstachyum* em resposta a aplicação de herbicidas pré-emergentes, considerando a interação com e sem cobertura de palha.
Métodos: O experimento foi conduzido em casa de vegetação, sendo repetido em duas épocas. Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 13. O fator A consistiu na ausência ou presença de palha de aveia preta, e o fator B, em doze herbicidas pré-emergentes, além da testemunha sem aplicação. Foram avaliados controle, emergência total de plântulas e massa da matéria seca da parte aérea de *S. microstachyum*.
Resultados: Observou-se controle eficiente pelos herbicidas s-metolacloro, piroxasulfona, piroxasulfona+flumioxazina, atrazina e clomazone, na condição com ou sem cobertura. Pendimentalina e trifluralina foram mais eficientes nas últimas épocas avaliadas. Sulfentrazone e imazetapir+flumioxazina, sem a cobertura, reduziram as porcentagens de emergência. Diclosulam resultou em reduzida eficiência de controle e maior emergência de *S. microstachyum*.
Conclusões: Os herbicidas s-metolachlor, piroxasulfona, piroxasulfona+flumioxazina, atrazina e clomazone foram eficientes no controle de *S. microstachyum* nas duas conduções do experimento, independentemente da presença de palha de aveia. Na ausência de cobertura vegetal, em relação a presença, houve menor emergência de *S. microstachyum* quando aplicados os herbicidas diclosulam, sulfentrazone, sulfentrazone+diuron, imazetapir, imazetapir+flumioxazina e trifluralina.

Palavras-chave: *Schizachyrium microstachyum*, efeito residual, palhada, dinâmica de herbicidas.

Abstract: **Background**: Beardgrass (*Schizachyrium microstachyum*) is a perennial weed with high rusticity and prolificacy. Control failures and the significant increase in its migration from native fields to cultivated areas indicate the need for new management strategies.
Objective: The goal was to evaluate the control efficacy and emergence of *S. microstachyum* in response to the application of pre-emergent herbicides, considering the interaction with and without straw cover.
Methods: The experiment was conducted in a greenhouse and repeated over two seasons. The treatments were laid out in a completely randomized design, in a 2 x 13 factorial scheme. Factor A consisted of the absence or presence of black oat straw, and factor B consisted of twelve pre-emergent herbicides, in addition to the no-application control. Control, total seedling emergence and the dry matter mass of the aerial part of *S. microstachyum* were evaluated.
Results: Efficient control was observed with the herbicides s-metolachlor, pyroxasulfone, pyroxasulfone+flumioxazin, atrazine and clomazone, in the condition with or without cover. Pendimentalin and trifluralin were more efficient in the last seasons evaluated. Sulfentrazone and imazethapyr+flumioxazin, without the cover, reduced the percentages of emergence. Diclosulam resulted in reduced control efficiency and higher emergence of *S. microstachyum*.
Conclusions: The herbicides s-metolachlor, pyroxasulfone, pyroxasulfone+flumioxazin, atrazine and clomazone were effective in controlling *S. microstachyum* in both trials, regardless of the presence of oat straw. In the absence of mulch, compared to the presence of mulch, there was less emergence of *S. microstachyum* when the herbicides diclosulam, sulfentrazone, sulfentrazone+diuron, imazethapyr, imazethapyr+flumioxazin and trifluralin were applied.

Keywords: *Schizachyrium microstachyum*, residual effect, straw, herbicide dynamics.

Journal Information:
ISSN: 2763-8332
Website: https://www.weedcontroljournal.org/
Jornal da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas

Como citar: Agostinetto D, Barbieri GF, Trentin F, Bernardi NDC, Vargas L. Manejo de capim-rabo-de-burro em função de herbicidas pré-emergentes e cobertura vegetal do solo. Weed Control J. 2024;23:e202400863. https://doi.org/10.7824/wcj.2024;23:00863

Aprovado por:
Editor-Chefe: Cristiano Piasecki

Conflitos de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesses em relação à publicação deste manuscrito.

Recebido: Outubro 8, 2024
Aprovado: Novembro 26, 2024

*** Corresponding author:**
<nathaliadcbernardi@gmail.com>

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Copyright: 2024

1. Introdução

O capim-rabo-de-burro (*Schizachyrium microstachyum*), pertencente à família Poaceae, é uma planta daninha perene de ocorrência predominante na América do Sul (Peichoto, 2010). A elevada rusticidade, formação de touceiras, sistema radicular bem desenvolvido, a alta prolificidade e a facilidade de dispersão de sementes são as principais características que dificultam o manejo dessa planta (Neves e Zanin, 2011). Simultaneamente, nos últimos anos, ocorreu aumento expressivo na sua migração de campos nativos, onde é prevalente, para áreas cultivadas com grandes culturas, como soja e milho, enfatizando a importância da espécie (Amarante et al., 2020).

O manejo químico com herbicidas em pós-emergência, em especial, na modalidade de contato, pode ser desafiadora para o capim-rabo-de-burro, uma vez que a senescência da parte aérea, após aplicação, pode proteger os afilhos da planta, facilitando o rebrote (Amarante et al., 2020). Em contrapartida, herbicidas sistêmicos, como glifosato (EPSPs) e inibidores da enzima acetolactato sintate (ALS), apresentam maior efeito, por se translocarem até os órgãos de reserva e raízes da planta (Melo et al., 2012). Embora não haja registros de resistência dessa espécie a herbicidas (HEAP, 2024), as falhas no controle constatadas recentemente, dificuldades de manejo da planta em estágios avançados, e o aumento da sua incidência em lavouras agrícolas, a tornam ameaça significativa para a produção.

Em função da dificuldade de manejo, há necessidade de integrar diferentes estratégias, como aplicação de herbicidas na modalidade pré-emergência. A aplicação destes herbicidas é interessante para obtenção de ambiente livre de interferência de plantas daninhas, por meio da ação sobre o banco de sementes do

solo e plântulas em processo de emergência. Todavia, a eficiência destes herbicidas é influenciada pelas suas propriedades físico-químicas, condições ambientais no momento e após aplicação, além de aspectos de manejo cultural, como a presença ou ausência de cobertura vegetal (Mancuso et al., 2011).

A cobertura vegetal é requisito básico em sistema de plantio direto, e pode apresentar inúmeras vantagens com relação a qualidade do solo, por exemplo, elevando os níveis de matéria orgânica (Wulanningtyas et al., 2021). Além disso, é comprovado que sua presença influencia diretamente no manejo de plantas daninhas, em especial, de espécies fotoblásticas positivas, uma vez que age como barreira física para infiltração de luz e, consequentemente, pode inibir o processo germinativo (Roso et al., 2021; Merotto et al., 2002). Por outro lado, a cobertura vegetal interfere na ação de herbicidas residuais, o que também pode prejudicar seu efeito sobre as plantas daninhas.

Herbicidas que apresentam elevada solubilidade em água tendem a transpor a camada de cobertura vegetal mais facilmente, entretanto, podem apresentar maior ou menor retenção aos coloides do solo em comparação com a palha, o que também resulta em variações no índice de controle (Patel et al., 2023). Enquanto herbicidas que se caracterizam pela alta lipofilicidade ou maior log Kow (partição octanol-água) tendem a se aderir mais fortemente a resíduos culturais, a depender da presença e densidade na área aplicada, o que pode resultar em menor quantidade de produto atingindo o banco de sementes do solo, elevando a possibilidade de degradação e prejudicando o controle da planta daninha (Ferrell et al., 2005; Da Silva et al., 2020).

Considerando que ainda não existem herbicidas registrados para o controle de capim-rabo-de-burro (AGROFIT, 2024), estudos abordando o uso e posicionamento de herbicidas pré-emergentes são importantes, visando assertividade no manejo, além de prevenir a ocorrência de resistência. A hipótese deste estudo é que a presença de palhada potencializa o efeito de controle de *S. microstachyum* pela aplicação de herbicidas pré-emergentes. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia de controle e emergência de *S. microstachyum*, em resposta a aplicação de herbicidas residuais, considerando a interação com e sem cobertura de palha.

2. Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação pertencente ao Centro de Herbologia (CEHERB) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), localizado no município de Capão do Leão/RS. As sementes de *S. microstachyum* utilizadas no experimento foram coletadas no ano de 2021 de plantas em estádio de senescência em lavoura de soja no município de Tupanciretã/RS (28°59'06.8"S; 53° 40'36.6"W). O solo utilizado para a condução do estudo evidenciou as seguintes características físico-químicas: pH em água de 5,0; M.O. = 1,9%; P = 25,6 mg dm^{-3}; K = 96,4 mg dm^{-3}; Al^{3+} = 0,6 cmolc dm^{-3}; Ca^{2+} = 3,5 cmolc dm^{-3}; Mg^{2+} = 2,0 cmolc dm^{-3}; Saturação de bases = 50,4%; Argila = 21,3%; Areia = 54,5%; e, Silte = 24,3%.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo arranjado em esquema fatorial 2 x 13, em que o fator A constou de ausência (0 t ha^{-1}) ou presença (3 t ha^{-1}) de palha de aveia preta distribuída sobre a superfície do solo e, o fator B doze herbicidas pré-emergentes, além da testemunha sem aplicação (Tabela 1). O experimento foi conduzido no período de outubro a novembro de 2021 e repetido no período de novembro a dezembro de 2021. As unidades experimentais constaram de vasos plásticos com 19,8 cm de diâmetro e 15 cm de altura, preenchidos com 3 kg de solo previamente peneirado.

Tabela 1. Ingredientes ativos com respectivas doses dos herbicidas pré-emergentes utilizados nas duas conduções do experimento.

Ingrediente ativo	Dose comercial (g ha^{-1} ou L ha^{-1})	Dose do ingrediente ativo/ equivalente ácido (g ha^{-1})
Diclosulam	32,75	28
Sulfentrazone	0,50	250
Sulfentrazone + diuron	1,00	175 + 350
S-metolacloro	1,63	1565
Imazetapir	1,00	100
Imazetapir + flumioxazina	0,45	90 + 45
Trifluralina	1,20	540
Piroxasulfona	0,20	100
Piroxasulfona + flumioxazina	0,35	105 + 70
Atrazina	3,00	1500
Clomazone	1,50	750
Pendimetalina	2,00	910

Procedeu-se a semeadura de 50 sementes de *S. microstachyum* por unidade experimental na profundidade de 0,5 cm. A palha de aveia foi coletada em área agrícola após o encerramento do ciclo da mesma, sendo, posteriormente, alocada em estufa de circulação de ar forçada à 60 ºC, e após 72 horas, foi cortada com auxílio de tesoura e procedida a pesagem das amostras para corresponder ao volume de 3 t ha^{-1}. No mesmo dia da semeadura e após a deposição de

palha nos tratamentos correspondentes, realizou-se a aplicação dos herbicidas pré-emergentes sob solo úmido. Para aplicação dos tratamentos foi utilizado pulverizador costal pressurizado à CO_2, com pontas do tipo leque 110.015 espaçadas em 50 cm com uma pressão de trabalho de 30 psi, calibrado para volume de calda de 150 L ha^{-1}. Procedeu-se irrigação 12 horas após a aplicação dos tratamentos, realizando-se em média duas irrigações por dia com volume aproximado de 5 mm, visando manter a umidade adequada para germinação e emergência da espécie.

As variáveis analisadas foram controle visual aos 5, 12, 19 e 26 dias após a obtenção de 50% da emergência da testemunha (DAE), emergência total de plântulas de *S. microstachyum* nestas mesmas datas, e massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA), aos 26 DAE. Foi considerada como plântula emergida aquela que se apresentou com a parte aérea visível sobre o solo ou palha. As notas de controle visuais foram baseadas em escala percentual de zero (0) a cem (100), correspondendo à ausência de injúria e morte das plantas, respectivamente (Frans et al.,1986). Estabeleceu-se um tratamento testemunha para cada nível do fator A (com e sem palha) e procedeu-se a determinação das notas de controle de cada nível do fator B (herbicidas) comparativamente a respectiva testemunha. A determinação da porcentagem de emergência foi calculada com base no total número de sementes semeadas (50 sementes). Já, para a determinação da MMSPA, foi realizada a coleta da parte área de todas as plântulas emergidas, e procedida secagem e pesagem conforme descrito anteriormente.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade (teste de Hartley) e, posteriormente, submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Sendo constatada significância estatística, procedeu-se a comparação entre médias utilizando-se o teste t ($p \leq 0,05$) para o fator A e o teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) para o fator B com auxílio do Software R (R Development Core Team , 2021).

3. Resultados e Discussão

A análise da normalidade e homocedasticidade dos dados para todas as variáveis indicou não ser necessária a transformação dos mesmos, exceto para a variável MMSPA, em ambas as conduções. Já, a análise de variância indicou interação significativa entre os fatores para todas as variáveis analisadas. Os tratamentos com os herbicidas s-metolacloro, piroxasulfona, piroxasulfona+flumioxazina, atrazina, clomazone e pendimetalina, na maioria das avaliações, e trifluralina, aos 19 e 26 DAE, não apresentaram diferença em ambas as condições de cobertura e entre si, observando-se controles superiores a 90%, aos 26 DAE, na primeira condução do experimento (Tabela 2). O mesmo comportamento foi observado na segunda condução, exceto para pendimetalina em que até 12 DAE apresentou controle superior quando aplicado sobre cobertura de aveia, todavia, a partir dessa data não diferiu entre presença ou ausência de cobertura e, trifluralina, a qual verificou-se diferença apenas aos 5 DAE (Tabela 3).

Corroborando com estes resultados, para piroxasulfona (102 g i. a. ha^{-1}) não foi verificada redução na eficácia pela presença de cobertura vegetal, promovendo controle total de *Lolium multiflorum* desde o nível 0 até 4 t ha^{-1} (Khalil et al., 2018a). Da mesma forma, s-metolacloro aplicado nas doses de 1344 e 2304 g i. a. ha^{-1} não teve sua eficiência reduzida no controle de plantas daninhas, como *Urochloa decumbens* e *Panicum* maximum, com presença de palha de cana-de-açúcar sobre o solo (até 15 t ha^{-1}) (Correia et al., 2012).

Para os herbicidas sulfentrazone e sulfentrazone+diuron, em todas as avaliações, e imazetapir e imazetapir+flumioxazina, aos 19 e 26 DAE, aplicados sem a presença de cobertura de aveia preta contatou-se controles superiores a 90%, não diferindo entre si e em relação aos herbicidas mencionados anteriormente, na primeira condução do experimento, a partir de 19 DAE (Tabela 2). Todavia, o mesmo controle não é observado quando estes herbicidas são aplicados sobre palha, havendo redução na eficiência de controle S. *microstachyum*. Na segunda condução, também se observou os mesmos comportamentos, exceto para sulfentrazone+diuron, o qual embora apresente diferença entre as condições com e sem cobertura em todas as avaliações, não apresentou controle eficiente como visto para os demais herbicidas citados, diferindo-se destes (Tabela 3).

Embora a cobertura vegetal sobre o solo possa suprimir a germinação e emergência de plantas daninhas pela redução de luz e/ou por promover menores temperaturas do solo, ou ainda pela liberação de compostos alelopáticos, a palha influencia na dinâmica dos herbicidas, principalmente os aplicados em pré-emergência, podendo reduzir a quantidade do mesmo que atinge o solo e, por sua vez, alterar negativamente a eficiência de controle de plantas daninhas (Khalil et al., 2018b; Wesson e Wareing, 1967). Nesse contexto, as características físico-químicas dos herbicidas, como solubilidade em água e coeficiente de partição octanol-água (kow), estão relacionadas com a adsorção à matéria orgânica e disponibilidade dos herbicidas na solução do solo, e interferem na diferença de resposta entre os herbicidas pré-emergentes aplicados na presença de palha (Matte et al., 2021).

Vale ressaltar que a ocorrência de precipitação, capaz de incorporar o herbicida no solo através da palha após aplicação, além da manutenção adequada da umidade do solo também são fatores interferentes na resposta de controle dos herbicidas pré-emergentes, sendo importantes para a boa eficiência em sistemas conservacionistas (Khalil et al., 2018a).

Estas condições foram garantidas para todos os tratamentos em ambas as conduções do experimento por meio de irrigações diárias anterior e posteriormente a aplicação, sendo mantida boa umidade nas unidades experimentais. Nesse contexto, as irrigações diárias podem ter contribuído para os bons resultados de controle na presença de palha encontrados inclusive para herbicidas como pendimetalina e trifluralina. Estes herbicidas são altamente lipofílicos, com valores de log kow entorno de 5, apresentando alta capacidade de retenção em matéria orgânica e argila, comparativamente a s-metolacloro e clomazone, herbicidas mais hidrofílicos (Matte et al., 2021).

Tabela 2. Controle visual (%) de *Schizachyrium microstachyum*, aos 5, 12, 19 e 26 dias após a emergência, na primeira condução do experimento.

Tratamentos	5 DAE[1]		12 DAE	
	Com cobertura	Sem cobertura	Com cobertura	Sem cobertura
Testemunha	0 e[2]	0 d	0 d	0 d
Diclosulam	3 e	4 d	13 c*	30 c
Sulfentrazone	77 b*	94 a	79 b*	99 a
Sulfentrazone+diuron	87 b	96 a	84 b*	100 a
S-metolacloro	85 b*	100 a	97 a	100 a
Imazetapir	25 d	27 c	72 b	81 b
Imazetapir+flumioxazina	80 b*	54 b	80 b	72 b
Trifluralina	79 b*	96 a	81 b*	97 a
Piroxasulfona	100 a	100 a	100 a	100 a
Piroxasulfona+flumioxazina	95 a	100 a	100 a	100 a
Atrazina	78 b*	91 a	99 a	100 a
Clomazone	98 a	99 a	100 a	100 a
Pendimetalina	38 c	35 c	91 a	90 a
CV (%)[3]	11,25		9,12	
Tratamentos	19 DAE		26 DAE	
	Com cobertura	Sem cobertura	Com cobertura	Sem cobertura
Testemunha	0 d	0c	0 d	0 c
Diclosulam	36 c*	65b	31 c*	72 b
Sulfentrazone	79 b*	99a	80 b*	99 a
Sulfentrazone+diuron	84 b*	100a	84 b*	100 a
S-metolacloro	98 a	100a	99 a	100 a
Imazetapir	80 b*	92a	95 a	99 a
Imazetapir+flumioxazina	84 b	92a	89 b*	98 a
Trifluralina	93 a	98a	94 a	99 a
Piroxasulfona	100 a	100a	100 a	100 a
Piroxasulfona+flumioxazina	99 a	100a	100 a	100 a
Atrazina	100 a	100a	100 a	100 a
Clomazone	100 a	100a	100 a	100 a
Pendimetalina	94 a	94a	98 a	99 a
CV (%)	7,24		6,38	

[1]Dias após a testemunha sem aplicação de herbicida atingir 50% de emergência. [2]Médias seguidas por letras diferentes na coluna ou * na linha diferem pelo teste de Scott-Knott (p≤0,05) e teste t (p≤0,05), respectivamente. [3]Coeficiente de Variação.

Tabela 3. Controle visual (%) de *Schizachyrium microstachyum*, aos 5, 12, 19 e 26 dias após a emergência, na segunda condução do experimento.

Tratamentos	5 DAE[1]		12 DAE	
	Com cobertura	Sem cobertura	Com cobertura	Sem cobertura
Testemunha	0f[2]	0 f	0 g	0 d
Diclosulam	25e*	43 e	24 f*	49 c
Sulfentrazone	55c*	94 a	50 d*	96 a
Sulfentrazone+diuron	49d*	66 d	33 e*	85 b
S-metolacloro	99a	99 a	100 a	100 a
Imazetapir	58c	63 d	65 c*	82 b
Imazetapir+flumioxazina	79b*	98 a	74 b*	99 a
Trifluralina	97a*	89 b	98 a	97 a
Piroxasulfona	95a	99 a	100 a	95 a
Piroxasulfona+flumioxazina	99a	99 a	100 a	100 a
Atrazina	75b*	90 b	97 a	99 a
Clomazone	97a	97 a	100 a	100 a
Pendimetalina	93a*	74 c	96 a*	86 b
CV (%)[3]	5,01		4,46	
Tratamentos	19 DAE		26 DAE	
	Com cobertura	Sem cobertura	Com cobertura	Sem cobertura
Testemunha	0 f	0 d	0 e	0 d
Diclosulam	28 e*	66 c	52 c*	65 c
Sulfentrazone	50 d*	97 a	51 c*	97 a
Sulfentrazone+diuron	31 e*	87 b	42 d*	90 b
S-metolacloro	100 a	100 a	100 a	100 a
Imazetapir	86 b*	97 a	92 a*	99 a
Imazetapir+flumioxazina	76 c*	100 a	76 b*	100 a
Trifluralina	98 a	100 a	99 a	99 a
Piroxasulfona	97 a	100 a	98 a	100 a
Piroxasulfona+flumioxazina	100 a	100 a	100 a	100 a
Atrazina	99 a	100 a	100 a	100 a
Clomazone	100 a	100 a	100 a	100 a
Pendimetalina	99 a	95 a	99 a	95 a
CV (%)	5,66		5,54	

[1]Dias após a testemunha sem aplicação de herbicida atingir 50% de emergência. [2]Médias seguidas por letras diferentes na coluna ou * na linha diferem pelo teste de Scott-Knott (p≤0,05) e teste t (p≤0,05), respectivamente. [3]Coeficiente de Variação.

Em todas as datas de avaliação, tanto na condição com, quanto sem cobertura de aveia, em ambas as conduções do experimento, o herbicida diclosulam caracterizou-se pela menor eficiência de controle de *S. microstachyum* (Tabela 2; Tabela 3). Este teve sua eficiência afetada pela presença da cobertura, com redução do controle nessa condição, apresentando diferença em relação a ausência de palha, a partir de 12 DAE. A baixa eficiência de diclosulam pode ser explicada pelo espectro de controle deste herbicida, com eficiência mais acentuada em espécies eudicotiledôneas (Meena et al., 2021). Avaliando a eficiência de diclosulam (25 g i.a. ha^{-1}) em pré-emergência, observou-se controles inferiores a 75% para monocotiledôneas como *Brachiaria plantaginea* e *Eleusine indica* (Lopes Ovejero et al., 2013). Da mesma forma, foi observada baixa sensibilidade de *Echinochloa crusgalli* e *Panicum miliaceum* ao diclosulam (18,75 g i.a. ha^{-1}) aplicado em pré-emergência (Golubev, 2021).

Os resultados de porcentagem de emergência corroboraram com os de controle para ambas as conduções, na maioria dos tratamentos e avaliações (Tabela 4; Tabela 5). As menores porcentagens de emergência de *S. microstachyum* foram verificadas para os herbicidas s-metolacloro, piroxasulfona, piroxasulfona+flumioxazina, atrazina, clomazone e pendimetalina, além da trifluralina na segunda condução para ambas as condições de cobertura, não havendo diferença entre estes herbicidas (Tabela 4; Tabela 5). Não diferindo destes tratamentos, sulfentrazone, sulfentrazone+diuron, imazetapir, imazetapir+flumioxazina e trifluralina, na primeira condução, e sulfentrazone e imazetapir+flumioxazina na segunda condução, todos em aplicação sem cobertura, também se destacaram por apresentar porcentagens de emergência inferiores a 10%, aos 26 DAE. Por sua vez, em ambas as conduções do experimento, maiores porcentagens de emergência foram constatadas para o tratamento com diclosulam na presença de cobertura vegetal, o qual não diferiu da testemunha sem aplicação na maioria das avaliações, atingindo 70 e 80% de emergência, aos 26 DAE, na primeira e segunda condução do experimento, respectivamente.

Em relação a MMSPA, todos os tratamentos diferiram da testemunha sem aplicação, em ambas as conduções do experimento (Tabela 6). Na primeira condução, em condição de sem cobertura, observou-se maior MMSPA no tratamento com diclosulam (24,85 mg), enquanto para os demais tratamentos verificou-se menor produção de MMSPA, diferindo apenas da testemunha e diclosulam (Tabela 6). Em condição com cobertura, novamente a maior MMSPA foi obtida com diclosulam (94,8 mg) diferindo-se dos demais tratamentos, enquanto s-metolacloro, imazetapir, piroxasulfona, piroxasulfona+flumioxazina, atrazina, clomazone e pendimetalina foram os herbicidas com menor valor de MMSPA entre os tratamentos, não diferindo entre si (Tabela 6).

Tabela 4. Emergência (%) de *Schizachyrium microstachyum*, aos 5, 12, 19 e 26 dias após a emergência, na primeira condução do experimento.

Tratamentos	5 DAE[1]		12 DAE	
	Com cobertura	Sem cobertura	Com cobertura	Sem cobertura
Testemunha	82 a[2]	80 a	84 a	80 a
Diclosulam	73 a	67 a	78 a*	49 b
Sulfentrazone	15 c	2 c	17 d*	2 d
Sulfentrazone+diuron	25 c*	5 c	17 d*	0 d
S-metolacloro	9 d	0 c	5 e	0 d
Imazetapir	68 a*	51 a	60 b*	21 c
Imazetapir+flumioxazina	42 b	45 b	42 c	45 b
Trifluralina	35 b*	5 c	30 d*	10 c
Piroxasulfona	0 d	0 c	0 e	0 d
Piroxasulfona+flumioxazina	6 d	0 c	2 e	0 d
Atrazina	24 c*	4 c	2 e	0 d
Clomazone	0 d	0 c	0 e	0 d
Pendimetalina	42 b	43 b	15 d	12 c
CV (%)[3]	43,99		50,19	
Tratamentos	19 DAE		26 DAE	
	Com cobertura	Sem cobertura	Com cobertura	Sem cobertura
Testemunha	84 a	80 a	84 a	80 a
Diclosulam	78 a*	39 b	69 b*	23 b
Sulfentrazone	17 c*	2 c	17 c*	2 c
Sulfentrazone+diuron	15 c*	0 c	13 c*	0 c
S-metolacloro	3 d	0 c	2 d	0 c
Imazetapir	32 b*	12 c	15 c*	2 c
Imazetapir+flumioxazina	35 b	35 b	25 c*	4 c
Trifluralina	25 b*	4 c	13 c*	1 c
Piroxasulfona	0 d	0 c	0 d	0 c
Piroxasulfona+flumioxazina	1 d	0 c	0 d	0 c
Atrazina	1 d	0 c	0 d	0 c
Clomazone	0 d	0 c	0 d	0 c
Pendimetalina	7 d	2 c	5 d	1 c
CV (%)	56,99		53,05	

[1]Dias após a testemunha sem aplicação de herbicida atingir 50% de emergência. [2]Médias seguidas por letras diferentes na coluna ou * na linha diferem pelo teste de Scott-Knott (p≤0,05) e teste t (p≤0,05), respectivamente. [3]Coeficiente de Variação.

Tabela 5. Emergência (%) de *Schizachyrium microstachyum*, aos 5, 12, 19 e 26 dias após a emergência, na segunda condução do experimento.

Tratamentos	5 DAE[1]		12 DAE	
	Com cobertura	Sem cobertura	Com cobertura	Sem cobertura
Testemunha	72 a[2]*	96 a	77 a*	96 a
Diclosulam	72 a	76 b	83 a*	66 b
Sulfentrazone	42 c*	6 e	50 c*	6 e
Sulfentrazone+diuron	55 b*	29 d	62 b*	11 d
S-metolacloro	0 f	0 e	0 d	1 e
Imazetapir	45 c*	65 c	46 c*	63 b
Imazetapir+flumioxazina	37 c*	1 e	46 c*	2 e
Trifluralina	8 e	7 e	4 d	6 e
Piroxasulfona	7 e	0 e	3 d	0 e
Piroxasulfona+flumioxazina	0 f	0 e	0 d	0 e
Atrazina	29 d*	12 e	3 d	1 e
Clomazone	13 e	5 e	0 d	0 e
Pendimetalina	21 d	29 d	6 d*	20 c
CV (%)[3]	25,68		20,91	
Tratamentos	19 DAE		26 DAE	
	Com cobertura	Sem cobertura	Com cobertura	Sem cobertura
Testemunha	81 a*	99 a	81 a*	99 a
Diclosulam	81 a*	63 b	80 a*	63 b
Sulfentrazone	51 c*	6 d	49 b*	6 d
Sulfentrazone+diuron	66 b*	9 d	69 a*	9 c
S-metolacloro	0 d	1 d	0 c	1 d
Imazetapir	47 c*	23 c	49 b*	19 c
Imazetapir+flumioxazina	49 c*	1 d	49 b*	0 d
Trifluralina	5 d	3 d	10 c*	2 d
Piroxasulfona	3 d	0 d	3 c	0 d
Piroxasulfona+flumioxazina	0 d	0 d	0 c	0 d
Atrazina	1 d	0 d	0 c	0 d
Clomazone	0 d	0 d	0 c	0 d
Pendimetalina	2 d	5 d	3 c	2 d
CV (%)	26,94		30,66	

[1]Dias após a testemunha sem aplicação de herbicida atingir 50% de emergência. [2]Médias seguidas por letras diferentes na coluna ou * na linha diferem pelo teste de Scott-Knott (p≤0,05) e teste t (p≤0,05), respectivamente. [3]Coeficiente de Variação.

Tabela 6. Massa da matéria seca da parte aérea (mg) de *Schizachyrium microstachyum*, aos 26 dias após a emergência, na primeira e segunda condução do experimento.

Tratamentos	1º ano de condução		2º ano de condução	
	Com cobertura	Sem cobertura	Com cobertura	Sem cobertura
Testemunha	147,3 a[1]	165,7 a	502,8 a[1]*	777,5 a
Diclosulam	94,8 b*	24,8 b	375,9 b	374,3 b
Sulfentrazone	15,1 d*	1,8 c	363,8 b*	19,1 d
Sulfentrazone+diuron	5,3 d*	0 c	333,2 b*	227,4 c
S-metolacloro	1,9 e	0 c	0 d	0 e
Imazetapir	3,9 e	1 c	72,3 c*	3,7 d
Imazetapir+flumioxazina	30,6 c*	4,1 c	103,4 c*	0 e
Trifluralina	10,7 d*	0,3 c	4,1 d	3,8 d
Piroxasulfona	0 e	0 c	10 d	0 e
Piroxasulfona+flumioxazina	0 e	0 c	0 d	0 e
Atrazina	0 e	0 c	0 d	0 e
Clomazone	0 e	0 c	0 d	0 e
Pendimetalina	2,3 e	1,4 c	2,5 d	6,9 d
CV (%)	32,73		28,39	

[1]Médias seguidas por letras diferentes na coluna ou * na linha diferem pelo teste de Scott-Knott (p≤0,05) e teste t (p≤0,05), respectivamente. [2]Coeficiente de Variação.

Na segunda condução, s-metolacloro, imazetapir+flumioxazina, piroxasulfona, piroxasulfona+flumioxazina, atrazina e clomazone na condição sem cobertura, além de trifluralina na condição com cobertura, caracterizaram-se pelas menores MMSPA, não apresentando diferença entre si (Tabela 6). Por outro lado, diclosulam apresentou a maior acúmulo de MMSPA (374,3 mg), diferindo dos demais tratamentos quando sem cobertura vegetal. Quando em condição de presença de cobertura, diferentemente da primeira condução, além do diclosulam, sulfentrazone e sulfentrazone+diuron foram os tratamentos com maiores MMSPA, não havendo diferença entre si.

A menor eficiência de controle e a maior MMSPA observada para o herbicida sulfentrazone, quando aplicado sob palhada de aveia, pode estar associada às suas características físico-químicas, como log kow e pka. Em

relação ao pka, sulfentrazone é classificado como ácido fraco (pKa = 6,5) e, portanto, sua absorção pela planta está diretamente ligada ao pH do solo (Gehrke et al., 2020). Assim, valores de pH inferiores a 6,5, como o do presente estudo (pH=5,0), podem reduzir sua solubilidade e absorção, pois o herbicida permanece em sua forma protonada, sendo mais adsorvido no solo e MO (Gehrke et al., 2020). Resposta parecida se destaca para o herbicida imazetapir, que também apresentou maior valor de MMSPA. Por portar-se como um ácido fraco (pka próximo a 4) e possuir Kow 31, pode ter havido maior sorção do herbicida no solo ou na camada de palha (Gonçalves et al., 2013).

Cabe salientar que o solo utilizado para condução do estudo possui elevado teor de areia (54,5%), o que indica maior propensão de determinados herbicidas pré-emergentes, como piroxasulfona, a ficarem mais disponíveis as plantas, justamente por não se adsorverem fortemente aos coloides ou matéria orgânica do solo (Walsh et al., 2011). Outros fatores, relacionados a planta daninha, também devem ser levados em consideração, em especial, por se tratar de uma planta fotoblástica positiva preferencial, ou seja, que germina principalmente em condição de luz (Carmona et al., 1998). Neste caso, além dos herbicidas, a cobertura de palha influenciou como barreira física para redução da emergência de *S. microstachyum*.

Dessa forma, a integração da manutenção da cobertura de palhada como manejo cultural com a aplicação de herbicidas na modalidade pré-emergência constitui uma ferramenta importante para o controle de plantas daninhas. Essa abordagem combina o efeito supressor da palhada com a ação residual dos herbicidas sobre o banco de sementes de plantas daninhas no solo, inibindo a germinação e emergência por um período prolongado. Como resultado, há redução na disseminação de *S. microstachyum* e competição com a cultura de interesse e, principalmente, uma menor pressão de seleção sobre herbicidas pós-emergentes, como o glifosato, amplamente utilizado no manejo do capim-rabo-de-burro.

4. Conclusões

Os herbicidas s-metolachlor, piroxasulfona, piroxasulfona+flumioxazina, atrazina e clomazone foram eficientes no controle de *S. microstachyum* nas duas conduções do experimento, independentemente da presença de palha de aveia.

Na ausência de cobertura vegetal, em relação a presença, houve menor emergência de *S. microstachyum* quando aplicados os herbicidas diclosulam, sulfentrazone, sulfentrazone+diuron, imazetapir, imazetapir+flumioxazina e trifluralina.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado a Geovana F. Barbieri e ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela bolsa de produtividade em pesquisa de Dirceu Agostinetto (processo nº. 307823/2022-9).

Financiamento

Esta pesquisa foi financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), edital 07/2021, processo 21/2551-0002249-3.

Referências

Amarante AA, Bianchi MA, Agostinetto D, Royer MJ, Schimitz MF. [Chemical control of donkey tail grass at different stages of development]. Rev. Bras. Herb. 2020;19:1-7. Português. Disponível em: https://doi.org/10.7824/rbh.v19i4.726

AGROFIT/Mapa. 2024. Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários - Consulta Aberta. Disponível em: <// www.agrofit.agricultura.gov.br/agrofit/>. Acesso em: 12/09/2024.

Carmona R, Martins CR, Fávero AP. [Factors affecting the germination of native grass seeds from the Cerrado.] 1998;20:16-22. Português. Rev. Bras. Sementes. Disponível em: http://dx.doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v20n1p16-22

Correia NM, Gomes LP, Perussi FJ. [Control of *Brachiaria decumbens* and *Panicum maximum* by s-metolachlor as a function of rainfall occurrence and amount of sugarcane straw in the soil]. Acta Sci. 2012;34:379-387. Português. Disponível em: https://doi.org/10.4025/actasciagron.v34i4.14676

Da Silva PV, Tronquini S, Barbosa G, Dias R, Veiga J, Inácio E. [Efficacy of flumioxazin on *Euphorbia heterophylla* L. applied on different types and amounts of crop residues and rainfall simulations]. Ciênc. Agrár. 2020;43:324-332. Português. Disponível em: https://doi.org/10.19084/rca.20815

Ferrell JA, Vencill WK, Xia K, Grey, TL. Sorption and desorption of flumioxazin to soil, clay minerals and ion-exchange resin. Pest Manag Sci. 2005;61:40-46. Disponível em: https://doi.org/10.1002/ps.956

Frans R, Talbert R, Marx D, Crowley H. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In: Camper, N.D., Ed., Southern Weed Science Society, Research Methods in Weed Science. 3ª edição. Champaign: Weed Science Society of America, 1986.

Gehrke VR, Camargo ER, Avila LA. [Sulfentrazone: environmental dynamics and selectivity.] Planta daninha. 2020;38:e020215663. Português. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100-83582020380100032

Golubev AS. Weed control with diclosulam in soybean. EJFA. 2021;33:187-193. Disponível em: https://doi.org/10.9755/ejfa.2021.v33.i3.2644

Gonçalves FF, Matos FS, Zanella R. Determination of herbicide residues in irrigated rice field water using solid phase extraction and high performance liquid chromatography with diode array detection. Scient Chromatogr, 2013;5:89-100. Disponível em: http://dx.doi.org/10.4322/sc.2013.007

HEAP I. International Survey of Herbicide resistant Weeds. Disponível em: <http://www.weedscience.org> Acesso em: 12/09/2024.

Khalil Y, Flower K, Siddique KH, Ward P. Effect of crop residues on interception and activity of prosulfocarb, pyroxasulfone, and trifluralin. PloS One. 2018a;13:e0208274. Disponível em: https://doi.org/10.1371%2Fjournal.pone.0208274

Khalil Y, Siddique KH, Ward P, Piggin C, Bong SH, Nambiar S, Trengove R, Flower K. A bioassay for prosulfocarb, pyroxasulfone and trifluralin detection and quantification in soil and crop residues. Crop Pasture Sci. 2018b;69:606-616. Disponível em: https://doi.org/10.1071/CP18026

Lopes ovejero RF, Soares DJ, Oliveira WS, Fonseca LB, Berger GU, Soteres JK, et al. [Residual herbicides in weed management for glyphosate-resistant soybean in Brazil]. Planta Daninha. 2013;31:947-959. Português. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000400021

Mancuso MAC, Negrisoli E, Perim L. [Residual effect of herbicides in the soil: "carryover"]. Rev. Bras. Herb. 2011;10:151-164. Português. Disponível em: https://doi.org/10.7824/rbh.v10i2.106

Matte WD, Oliveira JRRS, Constantin J, Mendes RR, Martoneto JVS. Control of bittergrass after pre-emergence herbicide application in soil with increasing levels of soybean and corn straw. Weed Control J. 2021;20:e202100729. Disponível em: http://dx.doi.org/10.7824/wcj.2021;20:00729

Meena HN, Yadav RS, Jain NK, Yadav M. A novel pre-emergence herbicide (diclosulam) as an environmentally friendly weed management option in peanut and its phytotoxicity evaluation. Weed Biol Manag. 2021;21:19-27. Disponível em: https://doi.org/10.1111/wbm.12219

Melo MSC de, Rosa LE, Brunharo CADCG, Nicolai M, Christoffoleti PJ. [Alternatives for chemical control of glyphosate-resistant sourgrass (*Digitaria insularis*).] Rev. Bras. Herb. 2012;11:195-203. Português. Disponível em: http://dx.doi.org/10.7824/rbh.v11i2.145

Merotto A, Vidal RA, Fleck NG, Almeida MLD. [Weed interference on the initial development of soybean and rice plants through light quality.] Planta Daninha. 2002;20:9-16. Português. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100-83582002000100002

Neves BT, Zanin A. [Synopsis of native and subspontaneous species of *Andropogoneae Dumort.* (Poaceae) on Santa Catarina Island, Brazil.] Acta Bot Bras. 2011;25:916-928. Português. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0102-33062011000400019

Patel F, Trezzi MM, Nunes AL, Bittencourt HVH, Diesel F, Pagnoncelli Jr. FB. The straw presence preceding soybean crop increases the persistence of residual herbicides. Adv Weed Sci. 2023;41:1-11. Disponível em: https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2023;41:00004

Peichoto MC. [Taxonomic revision of the species of the genus *Schizachyrium* (Poaceae: Andropogoneae) from South America.] Candollea. 2010;65:301-345. Espanhol. Disponível em: https://doi.org/10.15553/c2010v652a9

R Development Core Team. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2021.

Roso R, Nunes UR, Müller CA, Paranhos JT, Lopes SJ, Dornelles SHB, et al. [Light quality and dormancy overcoming in seed germination of *Echium plantagineum* L. (Boraginaceae).] Braz J Biol. 2021;81:650-656. Português. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1519-6984.228777

Walsh M, Fowler T, Crowe B, Ambe T, Powles S. The potential for pyroxasulfone to selectively control resistant and susceptible rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) biotypes in Australian grain crop production systems. Weed Technol. 2011;25:30-37. Disponível em: https://doi.org/10.1614/WT-D-10-00091.1

Wesson G, Wareing PF. Light requirements of buried seeds. Nature. 1967;213:600–601. Disponível em: https://doi.org/10.1038/213600a0

Wulanningtyas FS, Gong Y, Li P, Sakagami N, Nishiwaki J, Komatsuzaki M. A cover crop and no-tillage system for enhancing soil health by increasing soil organic matter in soybean cultivation. Soil Tillage Res. 2021;205:1-14. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104749