

Interações entre herbicidas e protetores para o controle de capim-annoni em pastagem natural

Interactions among herbicides and safeners for the south african lovegrass control in natural grassland

Ives Clayton Gomes dos Reis Goulart^I Anderson Luis Nunes^I Valmir Kupas^{II}
Aldo Merotto Junior^{*}

RESUMO

A similaridade botânica do capim-annoni com as espécies forrageiras nativas ou cultivadas dificultam o seu controle em pastagens naturais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de associações entre herbicidas e protetores sobre o controle de capim-annoni e a seletividade em pastagem natural. Foram realizados dois experimentos a campo em área de pastagem natural típica do Bioma Pampa avaliando-se herbicidas aplicados em pré e pós-emergência. Outro experimento foi conduzido em casa de vegetação com as espécies capim-annoni e grama forquilha onde foram avaliados os herbicidas glufosinate-ammonium e imazethapyr. Em ambos os experimentos os herbicidas foram avaliados isolados ou em associação com os protetores anidrido naftálico, dietholate e fluxofenim. Os experimentos a campo demonstraram que os herbicidas aplicados em pré ou pós-emergência em interação com os protetores não proporcionaram controle satisfatório do capim-annoni e nem aumento da seletividade à pastagem natural. Por outro lado, o experimento em condições controladas indicou a ocorrência de sinergismo do herbicida glufosinate-ammonium em interação com os protetores anidrido naftálico, dietholate e fluxofenim sobre o capim-annoni. As diferenças relacionadas a estágio de desenvolvimento e densidade de infestação estão relacionadas as variações das respostas nos estudos a campo e em condições controladas. A utilização de herbicidas em associações com protetores apresenta potencialidade de controle seletivo de capim-annoni quando aplicado em plantas em estádios iniciais de desenvolvimento.

Palavras-chave: *Eragrostis plana*, glufosinate-ammonium, imazethapyr, *Paspalum notatum*, sinergismo.

ABSTRACT

The botanical similarity of the invasive weed *Eragrostis plana* Nees (South African lovegrass) difficult its

selective control in natural pastures. The aim of this study was to evaluate the effect of the association between herbicides and safeners on the control of *E. plana* and on the selectivity to the natural pastures. Two experiments were conducted at field conditions in area of natural grassland of the Biome Pampa where several herbicides were evaluated in pre and post-emergence. A third experiment was carried out in greenhouse evaluating the herbicides glufosinate-ammonium and imazethapyr and the species *E. plana* and *Paspalum notatum*. In both experiments, the herbicides were evaluated isolated and in association with the safeners anhydride naphthalic, dietholate and fluxofenim. The field experiments indicated that the evaluated safeners did not increase *E. plana* control and native grassland selectively. The greenhouse experiment indicated the occurrence of synergism on *E. plana* for the herbicide glufosinate-ammonium in mixture with the safeners anhydride naphthalic, dietholate and fluxofenim. The different results in the field and greenhouse experiments are related to the plant stage and density. The use of herbicides in association with safeners indicated a potentiality for selective control of *E. plana* when applied to plants in the early stages of development.

Key words: glufosinate-ammonium, *Eragrostis plana*, imazethapyr, *Paspalum notatum*, synergism.

INTRODUÇÃO

O capim-annoni (*Eragrostis plana* Nees) é considerado a planta daninha mais agressiva de pastagens naturais da Região Sul do Brasil. Esta

^IPrograma de Pós-graduação em Fitotecnia, Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do sul (UFRGS), 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: merotto@ufrgs.br. Autor para correspondência.

^{II}Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

espécie é originada no sudoeste da África e foi introduzida acidentalmente no Brasil na década de 1950 como contaminante de sementes de capim-de-rhodes (*Chloris gayana* Kunth) e capim-chorão (*Eragrostis curvula* Schrader) (MEDEIROS & FOCHT, 2007). Mesmo em seu local de origem o capim-annoni é considerado uma planta indesejável devido a características que o tornam pouco palatável aos animais e favorecem sua dispersão e perpetuação em biomas campestres ou savanas (KIRKMAN & MORRIS, 2003). A planta de capim-annoni alcança de 0,5 a 1m de altura, forma densas touceiras devido ao intenso perfilhamento, e possui alto teor de fibra, o que resulta em difícil pastejo. O capim-annoni é altamente prolífico, sendo capaz de produzir até 300000 sementes por planta, que apresentam fácil dispersão devido ao seu pequeno tamanho (REIS, 1993).

O estabelecimento de capim-annoni no Sul do Brasil ocorre principalmente pelo excesso de carga animal sobre a pastagem nativa, o que provoca redução na frequência das espécies de maior valor nutritivo. Ainda, a manutenção e aumento das infestações também ocorrem devido a grande dormência das sementes, ação alelopática e por processos que favorecem sua disseminação como contaminante de sementes, presença em margens de rodovias e em áreas de comercialização de animais (FERREIRA et al., 2008; GOULART et al., 2009; REIS, 1993). A adaptação do capim-annoni em solos degradados permitiu grande avanço da invasão desta espécie que atinge cerca de 2 milhões de hectares do Bioma Pampa no RS (MEDEIROS & FOCHT, 2007). Os danos causados pelo capim-annoni estão relacionados a redução da biodiversidade florística e a redução da qualidade nutricional das pastagens cultivadas ou nativas, que resulta em menor ganho de peso do gado criado em pastagens infestadas com esta planta daninha.

Os sistemas de manejo do capim-annoni têm sido estudados sob diversos aspectos, como rotação de áreas de pastagem com culturas anuais, fenação com a adição de uréia, e principalmente com variações da época e intensidade de pastejo (REIS, 1993; MEDEIROS & FOCHT, 2007; FERREIRA et al., 2008). Estas práticas têm limitada eficiência em áreas com média a alta densidade de infestação de capim-annoni. A utilização de herbicidas aplicados em pós (GONZAGA & SOUZA, 1999) e em pré-emergência (GOULART et al., 2009) também foram avaliadas para o controle de capim-annoni em pastagem natural. Contudo, a similaridade genética do capim-annoni com as espécies forrageiras nativas ou mesmo as cultivadas limitam o controle químico com herbicidas aplicados em área total. O gênero *Eragrostis* pertence à família *Poaceae*, que é a mesma família de forrageiras

importantes dos gêneros *Paspalum*, *Panicum* e *Andropogon*, por exemplo. Sendo assim, herbicidas que afetam poáceas têm potencial para controlar o capim-annoni, mas igualmente causam fitointoxicação em espécies forrageiras desta família. Ainda, alguns equipamentos para aplicação localizada de herbicidas vêm sendo desenvolvidos para o controle de capim-annoni (PEREZ, 2008). No entanto, sua eficiência também é limitada em áreas com elevada infestação e com plantas entouceiradas. Dessa forma, existe a necessidade de uma ferramenta de controle de capim-annoni que seja seletiva a pastagem, aplicada em área total e que apresente viabilidade econômica para utilização em áreas extensas.

O controle químico de plantas daninhas poáceas em culturas pertencentes à mesma família como trigo, aveia e milho pode ser realizado com herbicidas associados a compostos chamados de protetores, antídotos ou *safeners* (HATZIOS & BURGOS, 2004). De forma geral, os herbicidas são metabolizados nas plantas por reações de oxiredução, hidrólise, hidroxilação, desmetilação, conjugação com aminoácidos, glutatona ou glicose, e por compartimentalização no vacúolo ou na parede celular (VAN EERD et al., 2003). Os protetores induzem uma ou mais destas etapas da metabolização através de estímulo ou inibição de enzimas importantes nas rotas metabólicas envolvidas no modo de ação dos herbicidas. Os protetores são comumente comercializados como parte da formulação de herbicidas. Alternativamente, estes produtos são comercializados separadamente, e desta forma requerem aplicação nas sementes da planta cultivada ou mistura com o herbicida no momento da aplicação. Entretanto, ainda não é conhecido em totalidade o mecanismo de ação dos protetores e as formas de interação destes com as principais plantas cultivadas e daninhas (BRAZIER-HICKS et al., 2008), requerendo assim avaliações empíricas do efeito de misturas de herbicidas e protetores nas espécies desejadas. A hipótese deste trabalho é que semelhantemente ao que ocorre em culturas de lavoura poáceas, as espécies forrageiras desta família também podem ser protegidas da ação de herbicidas aplicados para controlar o capim-annoni. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de associações entre herbicidas e protetores sobre o controle de capim-annoni e a seletividade em pastagem natural da região Sul do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos a campo e um em casa de vegetação. Os experimentos a campo

constaram da avaliação de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência em interação com diferentes protetores. O solo da área experimental é classificado como franco argilo-arenoso do tipo Argissolo Vermelho Distrófico típico. O clima da região é subtropical úmido, do tipo Cfa de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura e precipitação médias anuais de 19,4°C e 1440mm, respectivamente. A área experimental corresponde à vegetação de campo nativo típica do Bioma Pampa utilizada continuamente como pastagem natural. A cobertura vegetal avaliada visualmente ocorrente na área foi de aproximadamente 50% de capim-annoni, e o restante em igual proporção por grama forquilha (*Paspalum notatum*), capim-caninha (*Andropogon lateralis*) e cabelo de porco (*Piptochaetium montevidensis*).

Os dois experimentos realizados a campo foram conduzidos em delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições. No primeiro experimento, foram avaliados os herbicidas pré-emergentes nas doses em g ha⁻¹: atrazine (1800), clomazone (700), imazaquin (150), mesotrione (192) e s-metolachlor (1680). Os protetores avaliados em associações com os herbicidas descritos acima, e as respectivas doses em g ha⁻¹ foram: anidrido naftálico (125 e 250), dietholate (400 e 800), fluxofenim (15,4 e 30,8), e ausência de protetor como tratamento controle. No segundo experimento avaliou-se os herbicidas aplicados em pós-emergência nas respectivas doses em g ha⁻¹: chlorimuron-ethyl (20) com adição de óleo mineral a 0,5% v/v, fenoxaprop-p-ethyl (187,5) com adição do adjuvante energic a 0,2% v/v, glufosinate-ammonium (300), imazethapyr (100) e sethoxydim (230) com óleo mineral a 1,25L ha⁻¹. Em ambos experimentos foi utilizado também um tratamento sem aplicação de herbicida. Os tratamentos relacionados aos protetores foram os mesmos descritos para o experimento com herbicidas aplicados em pré-emergência. A aplicação dos tratamentos foi realizada no dia 28 de dezembro de 2008, com temperatura média de 24°C, URA de 75% e céu encoberto. Os tratamentos foram aplicados com pulverizador costal de precisão equipado com ponta de pulverização da série XR 80.02, trabalhando na pressão de serviço de 200kPa, velocidade de deslocamento de 1,3m s⁻¹ o que gerou a aspersão de 150L ha⁻¹ de calda herbicida. As dimensões de cada unidade experimental foram 3x6m.

As avaliações foram realizadas através da determinação do controle do capim-annoni e da fitointoxicação a pastagem natural, avaliadas através da escala visual (%) aos 14 e 35 dias após aplicação (DAA) dos tratamentos. Aos 35 DAA, realizou-se a coleta das plantas presentes em 0,25m² da área tratada

por parcela para quantificação da massa seca de capim-annoni e da pastagem natural. Os dados referentes à cobertura vegetal, controle de capim-annoni e crescimento da pastagem foram transformados pela equação $Y=(x+1)^{0.5}$. Os resultados foram submetidos à análise de variância, e em sendo significativos aplicou-se o teste de Duncan a 5% de significância.

O experimento em casa de vegetação foi realizado em vasos plásticos contendo aproximadamente 1,5kg de solo, em delineamento completamente casualizado, em esquema fatorial, com cinco repetições. Os tratamentos utilizados foram as espécies capim-annoni e grama forquilha, os herbicidas glufosinate-ammonium (300g ha⁻¹) e imazethapyr (100g ha⁻¹), e os protetores anidrido naftálico (250 e 1500g ha⁻¹), dietholate (100 e 600g ha⁻¹) e fluxofenim (28,8 e 480g ha⁻¹), e os controles sem herbicida e protetor. Cada unidade experimental correspondeu a uma planta por vaso. A aplicação dos tratamentos foi realizada conforme descrito para o experimento de campo. As condições ambientais no momento da aplicação foram de temperatura de 25°C, URA de 60%, e velocidade de vento de 3km h⁻¹. A avaliação dos tratamentos foi realizada através de escala visual de controle (%) aos 21 e 45DAA. Os resultados foram analisados com relação a ocorrência de sinergismo ou antagonismo entre os herbicidas e os protetores através do método de LIMPEL et al. (1962) conforme descrito em COLBY (1976) e KRUSE et al. (2006). Este método consiste no cálculo de um valor teórico esperado como resultado da mistura de dois compostos. A comparação entre o valor obtido e o esperado foi avaliada pelo teste t a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos experimentos realizados a campo, os protetores anidrido naftálico, dietholate e fluxofenim em interação com os herbicidas aplicados em pré (Tabela 1) ou em pós-emergência (Tabela 2) não proporcionaram controle eficiente do capim-annoni e nem aumento da seletividade ao campo nativo. Isoladamente, os herbicidas atrazine, clomazone, imazaquin, mesotrione e s-metolachlor aplicados em pré-emergência apresentaram baixo controle de capim-annoni (Tabela 1). A associação do herbicida mesotrione com os protetores fluxofenim ou anidrido naftálico diminuiu o acúmulo de massa seca do capim-annoni em relação ao mesotrione em aplicação isolada (Tabela 1). O mesmo efeito ocorreu com o clomazone quando aplicado associado ao fluxofenim. No entanto, estes resultados foram limitados e não atingiram intensidade suficiente para resultar em efetivo controle do capim-annoni.

Tabela 1 - Efeito de herbicidas aplicados em pré-emergência isolados ou em associação com protetores sobre a fitointoxicação da pastagem natural e controle de capim-annoni.

Herbicida/Protetor	Dose g ha ⁻¹	-----Pastagem natural-----			-----Capim-annoni-----		
		-----Fitointox. (%)-----		Massa seca (g)	-----Controle (%)-----		Massa seca (g)
		14DAT	35DAT		14DAT	35DAT	
Atrazine	1800	1,3 ab*	0,0 ^{ns}	23,1 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,0 ^{ns}	16,2 b
Atrazine+dietholate	1800+400	5,0 a	2,5	19,2	0,0	0,0	21,9 b
Atrazine+dietholate	1800+800	5,0 a	2,5	15,1	0,0	0,0	18,1 b
Atrazine+fluxofenim	1800+15	5,0 a	3,8	23,6	0,0	0,0	37,0 a
Atrazine+fluxofenim	1800+30	3,8 ab	2,5	14,9	0,0	0,0	15,8 b
Atrazine+ AN†	1800+125	2,5 ab	2,5	22,6	0,0	0,0	29,2 b
Atrazine+ AN	1800+250	0 b	1,3	15,1	0,0	0,0	26,2 ab
Clomazone	700	8,8 ^{ns}	5,0 ^{ns}	21,7 ^{ns}	2,5 ^{ns}	0 ^{ns}	44,3 a
Clomazone+dietholate	700+400	8,8	11,3	33,0	5,0	1,3	29,5 ab
Clomazone+dietholate	700+800	3,8	6,3	18,3	2,5	0,0	20,5 ab
Clomazone+fluxofenim	700+15	10,0	13,8	39,6	5,0	2,5	22,3 ab
Clomazone+fluxofenim	700+30	10,0	13,8	34,4	3,8	1,3	11,9 b
Clomazone+ AN	700+125	7,5	7,5	26,9	3,8	1,3	26,9 ab
Clomazone+ AN	700+250	6,3	7,5	21,8	1,3	0,0	21,9 ab
Imazaquin	150	1,3 ^{ns}	1,3 ^{ns}	20,5 ^{ns}	1,3 ^{ns}	0 ^{ns}	27,4 ^{ns}
Imazaquin+dietholate	150+400	3,8	5,0	21,0	1,3	0,0	38,0
Imazaquin+dietholate	150+800	2,5	2,5	19,1	0,0	0,0	18,9
Imazaquin+fluxofenim	150+15	3,8	3,8	26,3	1,3	0,0	33,7
Imazaquin+fluxofenim	150+30	2,5	0,0	20,1	1,3	0,0	32,7
Imazaquin+ AN	150+125	3,8	3,8	42,4	1,3	0,0	35,4
Imazaquin+ AN	150+250	0,0	0,0	31,4	1,3	0,0	18,4
Mesotrione	192	3,8 ^{ns}	0,0 ^{ns}	19,0 b	7,5 ^{ns}	6,3 b	58,1 a
Mesotrione+dietholate	192+400	2,5	1,3	19,6 ab	7,5	5,0 b	40,0 ab
Mesotrione+dietholate	192+800	0,0	0,0	16,5 b	5,0	3,8 b	23,1 ab
Mesotrione+fluxofenim	192+15	2,5	0,0	20,6 ab	22,5	17,5 a	28,2 ab
Mesotrione+fluxofenim	192+30	1,3	0,0	20,0 ab	12,5	7,5 b	20,8 b
Mesotrione+ AN	192+125	1,3	3,8	35,0 a	6,3	2,5 b	24,4 ab
Mesotrione+ AN	192+250	1,3	0,0	24,6 ab	6,3	2,5 b	20,6 b
S-metolachlor	1680	3,8 ^{ns}	0,0 ^{ns}	15,0 ab	2,5 ^{ns}	0,0 ^{ns}	31,4 ^{ns}
S-metolachlor+dietholate	1680+400	3,8	2,5	24,4 ab	1,3	2,5	41,0
S-metolachlor+dietholate	1680+800	2,5	0,0	10,1 b	0,0	0,0	22,2
S-metolachlor+fluxofenim	1680+15	3,8	2,5	28,3 a	1,3	1,3	24,4
S-metolachlor+fluxofenim	1680+30	1,3	0,0	24,6 ab	0,0	0,0	15,1
S-metolachlor+ AN	1680+125	2,5	2,5	28,8 a	2,5	1,3	31,4
S-metolachlor+ AN	1680+250	1,3	1,3	27,0 ab	0,0	1,3	19,3

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de significância. ^{ns}, Não significativo. †NA: Anidrido naftálico

Tabela 2 - Efeito de herbicidas aplicados em pós-emergência isolados e em associação com protetores sobre a fitointoxicação da pastagem natural e controle de capim-annoni.

Herbicida/Protetor	Dose g ha ⁻¹	-----Pastagem natural-----			-----Capim-annoni-----		
		-----Fitointox.(%)-----		Massa seca (g)	-----Controle (%)-----		Massa seca (g)
		14DAT	35DAT		14DAT	35DAT	
Chlorimuron-ethyl	20	0,0 b*	2,5 ^{ns}	26,7 ^{ns}	0 ^{ns}	0 ^{ns}	25,7 ^{ns}
Chlorimuron+dietholate	20+400	2,5 ab	2,5	30,8	1,3	0,0	52,6
Chlorimuron+dietholate	20+800	1,3 ab	1,3	17,7	1,3	0,0	43,3
Chlorimuron+fluxofenim	20+15	5,0 a	1,3	16,4	3,8	2,5	60,1
Chlorimuron+fluxofenim	20+30	3,8 ab	0,0	14,6	0,0	0,0	29,1
Chlorimuron+ AN†	20+125	2,5 ab	3,8	29,0	1,3	0,0	57,7
Chlorimuron+ AN	20+250	2,5 ab	1,3	21,0	0,0	0,0	53,5
Fenoxaprop-p-ethyl	187	12,5 a	6,3 b	21,7 ^{ns}	2,5 ^{ns}	1,3 ^{ns}	36,3 ^{ns}
Fenoxaprop+dietholate	187+400	15,0 a	18,8 a	25,4	6,3	7,5	28,5
Fenoxaprop+dietholate	187+800	11,3 ab	10,0 ab	19,1	6,3	5,0	18,2
Fenoxaprop+fluxofenim	187+15	12,5 a	8,8 ab	17,0	5,0	2,5	38,1
Fenoxaprop+fluxofenim	187+30	7,5 ab	5,0 b	13,9	3,8	1,3	17,4
Fenoxaprop+ AN	187+125	7,5 ab	6,3 b	25,2	2,5	0,0	26,9
Fenoxaprop+ AN	187+250	3,8 b	3,8 b	21,7	2,5	0,0	24,8
Glufosinate-ammonium	300	8,8 ^{ns}	7,5 ^{ns}	30,3 a	3,8 ab	2,5 ^{ns}	44,2 a
Glufosinate+dietholate	300+400	10,0	2,5	30,8 a	8,8 ab	2,5	28,9 ab
Glufosinate+dietholate	300+800	8,8	1,3	26,2 ab	6,3 ab	2,5	13,4 b
Glufosinate+fluxofenim	300+15	12,5	6,3	30,5 a	7,5 ab	5,0	42,5 a
Glufosinate+fluxofenim	300+30	10,0	5,0	22,3 b	11,3 a	1,3	25,2 ab
Glufosinate+ AN	300+125	11,7	8,3	30,3a	2,5 b	3,3	17,4 b
Glufosinate+ AN	300+250	5,0	3,8	25,1 ab	8,8 ab	2,5	10,0 b
Imazethapyr	100	2,5 ^{ns}	0,0 b	15,7 b	0 b	1,3 ^{ns}	38,3 ^{ns}
Imazethapyr+dietholate	100+400	0,0	0,0 b	28,6 ab	2,5 b	1,3	29,6
Imazethapyr+dietholate	100+800	2,5	0,0 b	21,6 b	12,5 a	0,0	39,6
Imazethapyr+fluxofenim	100+15	2,5	0,0 b	24,1 b	2,5 b	1,3	37,2
Imazethapyr+fluxofenim	100+30	2,5	0,0 b	43,8 a	1,3 b	0,0	21,7
Imazethapyr+ AN	100+125	2,5	7,5 a	19,1 b	1,3 b	2,5	32,1
Imazethapyr+ AN	100+250	0,0	2,5 ab	17,0 b	1,3 b	2,5	27,9
Sethoxydim	230	13,8 a	7,5 bc	13,3 ^{ns}	7,5 a	2,5 ^{ns}	17,5 ^{ns}
Sethoxydim+dietholate	230+400	13,0 a	10 abc	16,7	5,0 ab	0,0	37,3
Sethoxydim+dietholate	230+800	11,3 ab	6,3 bc	13,4	3,8 ab	0,0	22,2
Sethoxydim+fluxofenim	230+15	6,3 ab	2,5 bc	19,8	7,5 a	2,5	35,1
Sethoxydim+fluxofenim	230+30	3,8 b	2,5 bc	10,9	3,8 ab	0,0	34,9
Sethoxydim+ AN	230+125	13,8 a	11,3 ba	18,8	2,5 ab	1,3	29,6
Sethoxydim+ AN	230+250	7,5 ab	6,3 bc	15,3	1,3 b	0,0	26,1

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de significância. ^{ns}, Não significativo. †NA: Anidrido naftálico

Os herbicidas aplicados em pós-emergência chlorimuron-ethyl, fenoxaprop-p-ethyl, glufosinate-ammonium, imazethapyr e sethoxydim em aplicações isoladas não controlaram capim-annoni (Tabela 2). A adição dos protetores dietholate, fluxofenim e anidrido naftálico aos herbicidas chlorimuron-ethyl, fenoxaprop-p-ethyl e sethoxydim também não proporcionou controle satisfatório do capim-annoni (Tabela 2). A adição dos protetores dietholate, fluxofenim e anidrido naftálico ao herbicida glufosinate-ammonium de amônio aumentou o controle de capim-annoni. A associação do herbicida imazethapyr com o protetor dietholate aumentou o controle de capim-annoni aos 14DAT. No entanto, estes efeitos também não se refletiram em efetivo controle do capim-annoni (Tabela 2).

O efeito desejável de protetores em interação com herbicidas está relacionado à obtenção de sinergismo em relação à planta daninha a ser controlada e de antagonismo em relação à cultura (HATZIOS & BURGOS, 2004). No entanto, a relação protetor, herbicida, planta daninha e planta cultivada não é totalmente conhecida. Na maioria das situações a definição desta relação é realizada empiricamente. Ainda, destaca-se que a maioria dos protetores utilizados atualmente são formulados em conjunto com o herbicida e não são disponibilizados comercialmente de forma isolada. Neste sentido, a avaliação de múltiplos protetores é limitada devido à indisponibilidade de vários compostos que possam ocasionar resultados promissores em determinadas espécies. Por exemplo, o protetor benoxacor induz enzimas GST (glutathione S transferase) em *Festuca arundinacea*, favorecendo a metabolização do composto 1-chloro-2,4-dinitrobenzene (DEL BUONO et al., 2007). Este mesmo protetor proporciona seletividade ao herbicida terbutylazine em milho (SCARPONI & DEL BUONO, 2005). Neste sentido, o protetor benoxacor representa potencialmente uma possibilidade de obtenção de seletividade a espécies da pastagem nativa que em certa forma são botanicamente semelhantes à *Festuca arundinacea* onde foram encontradas resultados positivos referentes ao efeito de protetores conforme os estudos descritos acima. No entanto, este protetor não é disponível comercialmente de forma isolada, o que limita sua avaliação para o controle de capim-annoni.

Os herbicidas atrazine, clomazone, imazaquin, mesotrione e s-metolachlor aplicados isoladamente em pré-emergência não causaram alta fitointoxicação na pastagem natural (Tabela 1). Dentre os herbicidas aplicados isoladamente em pós-emergência, chlorimuron-ethyl e imazethapyr resultaram de modo similar em baixa fitointoxicação (Tabela 2). No entanto, o herbicida imazethapyr em

associação com fluxofenim na maior dose ocasionou melhor seletividade a pastagem natural (Tabela 2). Além disso, a expressão de genes relacionados à atividade da enzima GST induzidas por protetores é específica em determinados órgãos da planta, resultando assim em potencialidade da obtenção diferencial de seletividade de herbicidas na parte aérea e raízes (DERIDDER & GOLDSBROUGH, 2006.). Assim sendo, o efeito dos protetores pode ser diferenciado quando aplicado em pré ou em pós-emergência como avaliado neste estudo, ou até mesmo quando utilizado em mistura com a semente da planta cultivada a ser protegida. A especificidade da associação protetor, herbicida, planta daninha, planta cultivada, e a determinadas partes da planta está relacionada ao mecanismo de ação de cada protetor que é atribuído genericamente a participação de enzimas do grupo das citocromo P450 monooxigenases (P450), GST e ATP binding-cassete (ABC) (DEL BUONO et al., 2007). O aumento da atividade de GST em *Festuca arundinacea* foi obtido em resposta aos protetores benoxacor, cloquintocet-mexyl, fenclorim, fluxofenim e oxabetrinil em mistura com os compostos 1-chloro-2,4-dinitrobenzene (CDNB), terbutylazine e butachlor (SCARPONI & DEL BUONO, 2009). No entanto, nesta mesma espécie o protetor cloquintocet-methyl não resultou em incremento da atividade de GST em resposta ao herbicida butachlor. Estes resultados em conjunto com os resultados encontrados no presente estudo indicam a especificidade existente entre protetor e herbicida e na necessidade de trabalhos detalhados para encontrar a melhor combinação de compostos e doses que maximizem o controle do capim-annoni e resultem em maior seletividade para as espécies da pastagem cultivada.

As condições experimentais de avaliação a campo proporcionam o estabelecimento do efeito de herbicidas e protetores em situações normais de crescimento de plantas. Estas situações de campo são importantes para avaliações de produtos que interagem com processos nas reações de metabolização das plantas. No entanto, as condições de alta infestação de plantas adultas de capim-annoni já existente na área experimental limitaram a manifestação uniforme dos tratamentos realizados. Desta forma, foi estabelecido em casa-de-vegetação um experimento para avaliar o efeito dos protetores em plantas de capim-annoni em estágios de desenvolvimento compatíveis com a potencialidade do efeito de herbicidas em situações que se deseja obter seletividade diferencial entre plantas.

O experimento em condições controladas indicou a ocorrência de sinergismo da mistura entre o herbicida glufosinate-ammonium e os protetores

anidrido naftálico, dietholate e fluxofenim sobre a espécie capim-annoni aos 45DAT (Tabela 3). Ainda, o protetor anidrido naftálico na dose de 1500g ha⁻¹ demonstrou efeito antagônico aos 45DAT com o glufosinate-ammonium em grama forquilha. Este protetor na dose de 250g ha⁻¹ foi sinérgico a grama forquilha aos 21 e 45DAT. O herbicida imazethapyr não apresentou interação com os protetores avaliados (Tabela 3). O método de análise do efeito de misturas desenvolvidos por LIMPEL et al. (1962) e adaptado por COLBY (1976) e KRUSE et al., (2006) mostrou-se prático em relação à execução experimental e de rápida análise dos resultados em relação aos efeitos potenciais das misturas de herbicidas e protetores.

O anidrido naftálico é um dos protetores mais antigos e consequentemente um dos quais existe maior disponibilidade de informações sendo utilizado

com herbicidas aplicados em pré ou pós-emergência ou adicionado à semente da cultura resultando em aumento de seletividade de vários herbicidas (KRAUSZ & KAPUSTA, 1992). O efeito deste protetor está relacionado à atividade de enzimas P450 que resulta no aumento da hidroxilação do herbicida (DAVIES et al., 1998). No Brasil, o anidrido naftálico aplicado nas sementes de aveia branca para o controle de azevém não diminuiu a fitointoxicação da cultura em reposta aos herbicidas diclofop-methyl, sulfentrazone, isoxaflutole e clomazone (RIZZARDI & SERAFINI, 2001). O protetor anidrido naftálico apresenta fácil disponibilidade comercial e seus efeitos diferenciais entre capim-annoni e a espécie desejável *P. notatum* indicam o potencial de sua avaliação em associações com herbicidas para utilização no controle de plantas daninhas em pastagens naturais.

Tabela 3 - Controle visual (%) e interação esperada pelo método de Colby (%) apresentada pelos herbicidas glufosinate-ammonium e imazethapyr em interação com protetores em capim-annoni e *Paspalum notatum*.

Tratamento	Dose g ha ⁻¹	-----Capim-annoni-----Gramma forquilha-----							
		-----21DAT-----				-----45DAT-----			
		Colby†		Contr‡		Colby		Contr	
Glufosinate-ammonium	300	-	47,5	-	42,5	25	75,0*	30	97,5*
Imazethapyr	100	-	2,5	-	7,5	12,5	20,0 ^{ns}	18,7	18,75
Anidrido naftálico	250	-	0	-	0	0	0	0	0
Anidrido naftálico	1500	-	0	-	0	0	0	0	0
Dietholate	100	-	0	-	0	0	0	0	0
Dietholate	600	-	0	-	0	0	0	0	0
Fluxofenim	28,8	-	0	-	0	0	0	0	0
Fluxofenim	480	-	0	-	0	0	0	0	0
Glufosinate + AN§	300+250	47,5	82,5*	42,5	83,7*	25	75,0*	30	97,5*
Glufosinate + AN	300+1500	47,5	83,7*	42,5	87,5*	25	20,0 ^{ns}	30	22,5*
Glufosinate + dietholate	300+100	47,5	57,5 ^{ns}	42,5	62,5*	25	60,0*	30	42,5*
Glufosinate + dietholate	300+600	47,5	62,5 ^{ns}	42,5	52,5*	25	55,0*	30	47,5*
Glufosinate + fluxofenim	300+28,8	47,5	85 ^{ns}	42,5	77,5*	25	87,5*	30	90,0*
Glufosinate + fluxofenim	300+480	47,5	85*	42,5	87,5*	25	85,0*	30	92,5*
Imazethapyr + AN	100+250	2,5	0	7,5	0	12,5	0	18,7	0
Imazethapyr + AN	100+1500	2,5	0	7,5	30,0*	12,5	0	18,7	0
Imazethapyr + dietholate	100+100	2,5	0	7,5	28,7 ^{ns}	12,5	0	18,7	0
Imazethapyr + dietholate	100+600	2,5	0	7,5	26,2 ^{ns}	12,5	0	18,7	0
Imazethapyr + fluxofenim	100+28,8	2,5	0	7,5	18,7*	12,5	0	18,7	0
Imazethapyr + fluxofenim	100+480	2,5	0	7,5	11,2 ^{ns}	12,5	0	18,7	0

† Corresponde ao valor calculado esperado pelo método de Colby através da equação $E = H + P(100 - H)/100$, onde "E" significa o valor esperado como resultado da mistura do herbicida "H" e do protetor "P" isoladamente ‡ Valor obtido de controle (%). *Comparação entre o controle obtido e o valor "E" significativa pelo teste t a 5% de significância. ^{ns} Não significativo (t, 5%). § Anidrido Naftálico

CONCLUSÃO

O aumento do controle de capim-anonni e da seletividade da pastagem foi verificado apenas em situações onde se cultivou as plantas em situações controladas. Em situações de campo o controle de capim-anonni e o aumento da seletividade de herbicidas a pastagem natural em função da ação de protetores não foram encontrados. O protetor anidrido naftálico apresenta potencialidade para utilização no controle de plantas daninhas em pastagem natural. No entanto, o controle de capim-anonni através de herbicidas ainda requer a avaliação em plantas com diferentes estágios de desenvolvimento e de diferentes combinações de herbicidas e protetores.

REFERÊNCIAS

- BRAZIER-HICKS, M. et al. Catabolism of glutathione conjugates in *Arabidopsis thaliana* - Role in metabolic reactivation of the herbicide safener fenclorim. **Journal of Biological Chemistry**, v.283, n.30, p.21102-21112, 2008 Disponível em: <<http://www.jbc.org/content/283/30/21102.full.pdf+html>>. Acesso em: 22 jan. 2011. doi: 10.1074/jbc.M801998200.
- COLBY, S.R. Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicides combinations. **Weeds**, v.15, p.20-22, 1967. Disponível em: <http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&qid=8&SID=1Ef76hcofjJje@dOjmM&page=1&doc=2>. Acesso em: 22 jan. 2011. doi: 10.2307/4041058.
- DAVIES, J. et al. Mode of action of naphthalic anhydride as a safener for the herbicide AC 263222 in maize. **Pesticide Science**, v.52, n.1, p.29-38, 1998. Disponível em: <http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&qid=13&SID=1Ef76hcofjJje@dOjmM&page=1&doc=1>. Acesso em: 22 jan. 2011. doi: 10.1002/(SICI)1096-9063(199801)52:1<29::AID-PS659>3.0.CO;2-J.
- DEL BUONO, D. et al. Glutathione S-transferases in *Festuca arundinacea*: Identification, characterization and inducibility by safener benoxacor. **Phytochemistry**, v.68, n.21, p.2614-2624, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031942207003718>>. Acesso em: 12 jul. 2010. doi: 10.1016/j.phytochem.2007.05.041.
- DERIDDER, B.P.; GOLDSBROUGH, P.B. Organ-specific expression of glutathione S-transferases and the efficacy of herbicide safeners in arabidopsis. **Plant physiology**, v.140, n.1, p.167-175, 2006. Disponível em: <<http://www.plantphysiol.org/content/140/1/167>>. Acesso em: 22 jan. 2011. doi: 10.1104/pp.105.067199.
- FERREIRA, N.R. et al. Potencial alelopático do capim-anonni (*Eragrostis plana* Nees) na germinação de sementes de gramíneas perenes estivais. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, p.43-50, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222008000200006&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 22 jan. 2011. doi: 10.1590/S0101-31222008000200006.
- GONZAGA, S.S.; SOUZA, R.O. **Estratégias para o controle de Capim Anonni 2 na região da campanha do Rio Grande do Sul**. Bagé: EMBRAPA-CPPSUL, 1999. (Comunicado Técnico, 23). <<http://www.cppsul.embrapa.br/unidade/publicacoes:arqdownload#PUBLICACOES>>.
- GOULART, I.C.G.R. et al. Controle de capim-anonni (*Eragrostis plana*) com herbicidas pré-emergentes em associação com diferentes métodos de manejo do campo nativo. **Planta Daninha**, v.27, p.181-190, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582009000100023>. Acesso em: 20 mar. 2010. doi: 10.1590/S0100-83582009000100023.
- HATZIOS, K.K.; BURGOS, N. Metabolism-based herbicide resistance: regulation by safeners. **Weed Science**, v.52, n.3, p.454-467, 2004. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/abs/10.1614/P2002-168C>>. Acesso em: 22 jan. 2011. doi: 10.1614/P2002-168C.
- KIRKMAN, K.P.; MORRIS, C.D. Ecology and dynamics of *Eragrostis curvula* and *Eragrostis plana* with a view of controlling their spread in natural grasslands. In: Proceedings of the VII International Rangelands Congress. 26 July-1 August 2003, Durban, South Africa. **Proceedings...** Durban, South Africa: International Grassland Society, 2003. 138p.
- KRAUSZ, R.F.; KAPUSTA, G. Safening of corn (*Zea mays*) from clomazone injury with naphthalic anhydride. **Weed Technology**, v.6, n.3, p.543-547, 1992. <<http://www.jstor.org/discover/10.2307/3987207?uid=37618&uid=3737664&uid=2134&uid=5909624&uid=2&uid=70&uid=37617&uid=3&uid=67&uid=62&sid=21100792547411>>.
- KRUSE, N.D. et al. Estresse oxidativo em girassol (*Helianthus annuus*) indica sinergismo para a mistura dos herbicidas metribuzin e clomazone. **Planta Daninha**, v.24, p.379-390, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582006000200023&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 22 jan. 2011. Doi: 10.1590/S0100-83582006000200023.
- LIMPEL, L.E. et al. Weed control by dimethyl tetrachloroterephthalate alone and in certain combinations. **Proceedings of Northcentral Weed Control Conference**, v.16, p.48-53, 1962.
- MEDEIROS, R.B.; FOCHT, T. Invasão, prevenção, controle e utilização do capim-anonni (*Eragrostis plana* Nees) no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.13, n.1-2, p.105-114, 2007. Disponível em: <http://www.fepagro.rs.gov.br/upload/20120223174618vol_13__n_1_e_2__art_13.pdf>. Acesso em 24 jan. 2011.
- PEREZ, N.B. **Aplicador manual de herbicida por contato: enxada química**. Bagé: EMBRAPA-CPPSUL, 2008. (Comunicado Técnico, 67). Disponível em: <<http://www.cppsul.embrapa.br/unidade/publicacoes:list/197>>. Acesso em: 17 mar. 2011.
- REIS, J.C.L. Capim Anonni 2: origem, morfologia, características, disseminação. In: REUNIÃO REGIONAL DE AVALIAÇÃO DE PESQUISA COM ANNONI, 2., 1993, Bagé, RS. **Anais...** Bagé: EMBRAPA-CPPSUL, 1993. p.5-23.
- RIZZARDI, M.A.; SERAFINI, M.C. Ação do anidrido naftálico na seletividade de herbicidas aplicados para controle de azevém

em aveia-branca. **Planta Daninha**, v.19, p.367-374, 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582001000300009>>. Acesso em: 22 jan. 2011. doi: 10.1590/S0100-83582001000300009.

SCARPONI, L.; DEL BUONO, D. *Festuca arundinacea*, glutathione S-transferase and herbicide safeners: A preliminary case study to reduce herbicidal pollution. **Journal of Environmental Science and Health Part B Pesticide, Food Contamination**

and Agricultural Wastes, v.44, n.8, p.805-809, 2009. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20183093>> doi: 10.1080/03601230903238400.

VAN EERD, L.L. et al. Pesticide metabolism in plants and microorganisms. **Weed Science**, v.51, n.4, p.472-495, 2003. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/0043-1745%282003%29051%5B0472%3APMIPAM%5D2.0.CO%3B2>>. Acesso em: 22 jan. 2011. doi: 10.1614/0043-1745(2003)051[0472:PMIPAM]2.0.CO;2.