

Resistência de *Cyperus difformis* L. ao herbicida pyrazosulfuron-ethyl e alternativas de controle

Cyperus difformis L. resistance to pyrazosulfuron-ethyl herbicide and option control

Dirceu Agostinetto¹; Taísa Dal Magro^{2*}; Leandro Vargas³; José Alberto Noldin⁴

Resumo

Cyperus difformis L. é planta daninha ocorrente em lavouras de arroz irrigado, que tem apresentado dificuldade de controle devido à resistência a herbicidas inibidores de ALS. O objetivo da pesquisa foi estimar a dose necessária para controlar 50% da população (C_{50}) e reduzir 50% da produção de massa da parte aérea seca (GR_{50}) em biótipo resistente e suscetível de *C. difformis* e avaliar o controle destes biótipos com herbicidas alternativos recomendados para a espécie. Para isso, foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação, em delineamento experimental completamente casualizado, com quatro repetições. O experimento I constou de biótipo resistente (CYPDI 9) e suscetível (CYPDI 8) de *C. difformis* e doses do herbicida pyrazosulfuron-ethyl, correspondendo a 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 6; 8; 16; 32 e 64 vezes a dose registrada (20 g ha⁻¹). As variáveis avaliadas foram controle visual e massa da parte aérea seca (MPAS) aos 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). No experimento II os tratamentos constaram dos biótipos (CYPDI 9 e CYPDI 8), nove herbicidas: azimsulfuron (6g ha⁻¹); bentazon (900g ha⁻¹); bispyribac-sodium (48g ha⁻¹); carfentrazone-ethyl (40g ha⁻¹); ethoxysulfuron (72g ha⁻¹); glyphosate (900g ha⁻¹); penoxsulam (36g ha⁻¹); propanil (3600g ha⁻¹) e pyrazosulfuron-ethyl (20g ha⁻¹) e testemunha que não recebeu herbicida. As variáveis avaliadas foram: controle visual aos 14, 21 e 28 DAT, área foliar (AF) e MPAS aos 28 DAT. A resistência do biótipo de *C. difformis* ao pyrazosulfuron-ethyl é elevada e inviabiliza seu controle pelo herbicida e, os herbicidas carfentrazone-ethyl, bentazon e propanil, detentores de mecanismos de ação alternativos ao pyrazosulfuron-ethyl, controlam o biótipo resistente de *C. difformis*.

Palavras-chave: Acetolactato sintase, ALS, C_{50} , junquinho

Abstract

Cyperus difformis L. is a weed occurrence in flooded rice, that it has been presenting control difficulty due to ALS inhibiting herbicides resistance. The objectives of this work was to determine necessary rate 50% control of the population (C_{50}) and reduce 50% of the production the aerial dry mass (GR_{50}) in resistant and susceptible biotypes of *C. difformis* and evaluate the control of these biotypes with alternative herbicides recommended for that species. For that, two experiments were performed at green house of FAEM/UFPel arranged in a completely randomized design, with four replicates. The experiment I were consisted of resistant (CYPDI 9) and susceptible of *C. difformis* biotype and rate

¹ Eng^o Agr^o, D.Sc. Prof. do Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, FAEM da Universidade Federal de Pelotas, UFPel. Bolsista em produtividade do CNPq. E-mail: agostinetto@ig.com.br

² Eng^a Agr^a, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, FAEM/UFPel e Professora do Curso de Agronomia da Universidade de Caxias do Sul, UCS. E-mail: taisadm@yahoo.com.br

³ Eng^o Agr^o, D.Sc. Pesquisador da Embrapa CNPT e Professor do Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, FAEM/UFPel. E-mail: vargas@cnpt.embrapa.br

⁴ Eng^o Agr^o, D.Sc. Pesquisador da EPAGRI Estação Experimental de Itajaí e Professor do Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, FAEM/UFPel. E-mail: noldin@epagri.sc.gov.br

* Autor para correspondência

of the pyrazosulfuron-ethyl herbicide, corresponding to 0, 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 4, 6, 8, 16, 32 and 64 times de registered rate (20g ha⁻¹). The evaluated variables were visual control and aerial dry mass (MPAS) to the 28 days after the application of the treatments (DAT). In the experiment II the treatments were consisted of the same biotype (CYPDI 9 and CYPDI 8), nine herbicides azimsulfuron (6g ha⁻¹); bentazon (900g ha⁻¹); bispyribac-sodium (48g ha⁻¹); carfentrazone-ethyl (40g ha⁻¹); ethoxysulfuron (72g ha⁻¹); glyphosate (900g ha⁻¹); penoxsulam (36g ha⁻¹); propanil (3600g ha⁻¹) and pyrazosulfuron-ethyl (20g ha⁻¹) and checks that didn't applied herbicide. The evaluated variables were: visual control for the herbicides to the 14, 21 and 28 DAT, foliate area and MPAS to 28 DAT. Before the results, it can be concluded that the resistance of the *C. difformis* biotype to pyrazosulfuron-ethyl is elevated and it makes unfeasible her control for the herbicide and the herbicides carfentrazone-ethyl, bentazon e propanil holders of alternative action mechanisms to the pyrazosulfuron-ethyl, control the resistant biotype of *C. difformis*.

Key words: Acetolactato sintase, ALS, C₅₀, smallflower umbrella sedge

Introdução

A ocorrência de plantas daninhas se destaca dentre os principais fatores limitantes do potencial produtivo da cultura do arroz irrigado, sendo as perdas variáveis em função de características da espécie daninha e das práticas de manejo adotadas na lavoura. As espécies pertencentes ao gênero *Cyperus* incluem-se entre as plantas daninhas que infestam as lavouras de arroz irrigado. Sua presença ocasiona perdas de produtividade pela competição por recursos limitantes (luz e nutrientes), aumento do custo de produção, acamamento de plantas, dificuldade de colheita, depreciação da qualidade do produto, hospedagem de pragas e diminuição do valor comercial das áreas cultivadas (KISSMANN, 2007).

A grande expansão da área agrícola nas últimas décadas aumentou a utilização de herbicidas para o controle de plantas daninhas, os quais possuem como principais vantagens o controle eficaz e uniforme das espécies presentes na área e a possibilidade de realização de controle em grandes extensões de área, em curto período de tempo. Entre os herbicidas utilizados em lavouras orizícolas, os inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) representam a maior parte dos ingredientes ativos disponíveis (SOSBAI, 2007). Isso decorre, principalmente, da eficiência do produto em baixas doses, elevada seletividade à cultura e baixa toxicidade a animais (ROMAN et al., 2007).

O uso continuado de herbicidas com esse

mecanismo de ação levou ao surgimento de resistência de *Cyperus difformis* L. (junquinho). O primeiro registro brasileiro de resistência dessa espécie foi realizado no ano 2000, sete anos após o primeiro registro mundial (HEAP, 2009), identificado em lavouras de arroz irrigado do Estado de Santa Catarina (NOLDIN; EBERHARDT; RAMPELOTTI, 2002).

A resistência de plantas daninhas a herbicidas provoca, na maioria dos casos, alterações nos biótipos resistentes comparativamente ao biótipo suscetível. Entre elas, encontra-se a dose necessária para controlar 50% da população (C₅₀) e reduzir 50% da produção de massa da parte aérea seca (GR₅₀). Os valores da C₅₀ para herbicidas inibidores de ALS foram de 466,6 e 11,4g ha⁻¹ para *Bidens pilosa* (CHRISTOFFOLETI, 2002) e, 136,3 e 5,5g ha⁻¹ para *Bidens subalternans* resistente e suscetível a chlorimuron-ethyl, respectivamente (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2006). Já, para o herbicida imazethapyr, os valores da C₅₀ observados para biótipos resistentes e suscetíveis foram, respectivamente, de 4402 e 77g ha⁻¹ para *B. pilosa* (CHRISTOFFOLETI, 2002); 146,7 e 13,7g ha⁻¹ para *B. subalternans* (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2006); >7000 e 3,5g ha⁻¹ para *Amaranthus tuberculatus* (PATZOLDT; TRANEL, 2007); e, 1890 e 1,4g ha⁻¹ para *Amaranthus hybridus* (POSTON; WILSON; HINES, 2000). Os resultados demonstram que os biótipos resistentes necessitam doses maiores que as utilizadas para controlar os biótipos suscetíveis, decorrentes da resistência.

Entre as formas de controle químico de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas, pode-se utilizar herbicidas com mecanismos de ação diferenciados e a associação de herbicidas com mecanismos de ação distintos (POWLES; HOWAT, 1994).

As hipóteses dessa pesquisa foram de que o biótipo de *C. difformis* resistente necessita de maior dose herbicida que o biótipo suscetível para controlar 50% da população e reduzir 50% da produção de massa da parte aérea seca e, os biótipos de *C. difformis* resistentes são suscetíveis a herbicidas recomendados para o controle da espécie que apresentam outro mecanismo de ação.

Deste modo, o objetivo da pesquisa foi determinar a C_{50} e a GR_{50} em biótipo resistente e suscetível de *C. difformis* e avaliar o controle com herbicidas alternativos recomendados para essa espécie.

Material e Métodos

Foram realizados dois experimentos em casa de vegetação, pertencente à Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), no Município de Capão do Leão – RS, no período de novembro de 2006 a janeiro de 2007. Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental completamente casualizado, com quatro repetições. Cada unidade experimental foi composta por vaso plástico com capacidade para 550 gramas contendo solo classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico solódico, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 1999). Os vasos foram perfurados ao fundo e colocados em bandejas plásticas contendo água, para que a irrigação ocorresse por capilaridade.

As plantas, duas por vaso, foram oriundas de sementes de *C. difformis* resistente e suscetível aos herbicidas inibidores de ALS, provenientes do Município de Meleiro (49°33' LW e 28°53' LS) e Itajaí (48°45' LW e 26°56' LS), respectivamente,

ambos no Estado de Santa Catarina (SC) (NOLDIN; EBERHARDT; RAMPELOTTI, 2002).

O primeiro experimento teve como objetivo determinar a dose de pyrazosulfuron-ethyl necessária para controlar 50% da população (C_{50}) e reduzir 50% da produção de massa da parte aérea seca (GR_{50}) de *C. difformis*.

Os tratamentos constaram de biótipo resistente (CYPDI 9) e suscetível (CYPDI 8) de *C. difformis* e de 13 doses do herbicida pyrazosulfuron-ethyl (Sirius®) (0; 10; 20; 30; 40; 50; 60; 80; 120; 160; 320; 640 e 1.280g ha⁻¹), correspondendo a 0, 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 4, 6, 8, 16, 32 e 64 vezes a dose comercial. A aplicação dos tratamentos foi realizada em pós-emergência, quando as plantas de junquinho se encontravam com três a quatro folhas, com pulverizador costal, pressurizado a CO₂, equipado com um bico do tipo leque com ponta de pulverização XR110.015, posicionado a aproximadamente 0,50m da planta daninha e calibrado para aplicar 150L ha⁻¹ de calda herbicida.

As variáveis avaliadas foram controle visual e massa da parte aérea seca (MPAS) aos 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). Para a avaliação de controle adotou-se a escala percentual, onde zero (0) e cem (100) corresponderam à ausência de dano e à morte de plantas, respectivamente (SBCPD, 1995). A MPAS foi determinada pela secagem do material vegetal em estufa a temperatura de 60°C até atingir massa constante.

Os dados obtidos foram analisados quanto à sua homocedasticidade, e posteriormente submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Quando os testes foram significativos, os valores da C_{50} e GR_{50} foram calculados pelo modelo de regressão log-logístico não linear (SEEFELDT; JENSEN; FUERST, 1995), conforme segue:

$$y = y_0 + \frac{a}{(1 + (x / x_{a50})^b)}$$

onde: y = controle (%) ou massa da parte aérea seca (g); y_0 = mínimo controle ou massa da parte aérea seca; a = máximo controle ou massa da parte aérea seca; x = dose do herbicida pyrazosulfuron-ethyl (g ha⁻¹); $x_{a_{50}}$ = dose herbicida (g ha⁻¹) correspondente a 50% do controle ou responsável por reduzir em 50% o acúmulo de massa da parte aérea seca e b = parâmetro do modelo que descreve a declividade da curva.

Foi determinado também, o fator de resistência (FR), calculado pela divisão do C_{50} ou GR_{50} do biótipo resistente pelos correspondentes ao do biótipo suscetível. O FR expressa o número de vezes em que a dose necessária para controlar 50% do biótipo resistente é superior à dose que controla 50% do biótipo suscetível (HALL et al., 1998).

O segundo experimento teve por objetivo avaliar o efeito de herbicidas alternativos recomendados para o controle de *C. difformis* resistente e suscetível a pyrazosulfuron-ethyl, identificados no Experimento I. Os tratamentos constaram de biótipo resistente (CYPDI 9) e suscetível (CYPDI 8), nove herbicidas azimsulfuron (Gulliver®) (6g ha⁻¹); bentazon (Basagran®) (900g ha⁻¹); bispyribac-sodium (Nominee®) (48g ha⁻¹); carfentrazone-ethyl (Aurora®) (40g ha⁻¹); ethoxysulfuron (Gladium®) (72g ha⁻¹); glyphosate (Gliz®) (900g ha⁻¹); penoxsulam (Ricer®) (36g ha⁻¹); propanil (Stam®) (3600g ha⁻¹) e pyrazosulfuron-ethyl (Sirius®) (20g ha⁻¹) e testemunha que não recebeu tratamento herbicida. Adicionou-se adjuvante aos herbicidas azimsulfuron (Iharol® a 0,1% v/v), bentazon (Assist® a 1Lha⁻¹), bispyribac-sodium (Iharol® a 0,25% v/v), carfentrazone-ethyl (Assist® a 1% v/v) e penoxsulam (Veget Oil® a 1Lha⁻¹).

O estabelecimento das populações, a aplicação dos tratamentos, o estágio de aplicação e a metodologia de avaliação das variáveis,

seguiram a metodologia descrita no experimento I. As variáveis avaliadas foram: controle visual dos biótipos pelos herbicidas aos 14, 21 e 28 DAT, área foliar (AF) e MPAS aos 28 DAT. A AF foi determinada com medidor de área foliar, Modelo 3100C.

Os dados obtidos foram analisados quanto à sua homocedasticidade e posteriormente submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e, em havendo diferença significativa, realizou-se a comparação entre biótipos pelo teste t ($p \leq 0,05$) e entre os tratamentos herbicidas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Para a variável controle visual aos 28 DAT, por não ter apresentado distribuição normal, realizou-se transformação dos dados para logaritmo neperiano de x .

Resultados e Discussão

Os resultados do primeiro experimento demonstram que até 64x a dose comercial do herbicida pyrazosulfuron-ethyl (20g ha⁻¹) não foi possível determinar o controle de 50% (C_{50}) e a redução de 50% da produção de MPAS (GR_{50}) para o biótipo resistente, sendo necessárias doses superiores às testadas (Tabela 1). Sendo assim, a C_{50} de pyrazosulfuron-ethyl necessária para controlar 50% da população para os biótipos resistente e suscetível foram de >1.280 e 12,4g ha⁻¹, respectivamente. Para controlar o biótipo resistente foi necessária dose maior que 103,2x a dose necessária que controla o biótipo suscetível. Resultados semelhantes foram observados para o biótipo CYPDI 10 de *C. difformis* (GALON et al., 2008).

Em relação à GR_{50} , os valores foram na ordem de >1.280 e 19,8g ha⁻¹ para o biótipo resistente e suscetível, respectivamente, com fator de resistência superior a 64,6 (Tabela 1).

Tabela 1. Doses (g ha⁻¹) de pyrazosulfuron-ethyl necessárias para controlar 50% da população de plantas (C₅₀) e reduzir 50% da produção de massa da parte aérea seca (GR₅₀) de *Cyperus difformis* em biótipos resistente (R) e suscetível (S) e os respectivos fatores de resistência (FR). UFPel, Capão do Leão – RS, 2006/07.

| | Biótipo | | FR ² |
|---|---------|------|-----------------|
| | R | S | |
| C ₅₀ (g ha ⁻¹) ¹ | >1.280 | 12,4 | >103,2 |
| GR ₅₀ (g ha ⁻¹) ¹ | >1.280 | 19,8 | >64,6 |

¹ Dados obtidos pela equação sigmoidal $y = y_0 + [a/(1 + (x/x_{a_{50}})^b)]$, ($p \leq 0,05$); ²Fator de resistência = $C_{50}R / C_{50}S$ e $GR_{50}R / GR_{50}S$, respectivamente.

Os resultados obtidos evidenciam a maior atividade do herbicida pyrazosulfuron-ethyl sobre o biótipo suscetível e demonstram elevado FR. O FR foi superior àqueles apresentados na literatura para herbicidas inibidores de ALS, onde os valores encontrados foram de 40,9 para *B. pilosa* (CHRISTOFFOLETI, 2002) e 24,8 para *B. subalternans* (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2006) resistente a chlorimuron-ethyl. Porém, sobrepujados pelos observados para *Amaranthus tuberculatus* (PATZOLDT; TRANEL, 2007) e *A. hybridus* (POSTON; WILSON; HINES, 2000) resistentes a imazethapyr, os quais atingiram valores superiores a 2.000 e 1.350, respectivamente.

Os níveis de resistência observados podem ser consequência da pressão de seleção imposta por um herbicida principal, responsável por selecionar mutações especialmente relacionadas com seu grupo químico (TRANEL; WRIGHT, 2002). Ainda, a diversidade de resultados encontrados na literatura pode ser decorrente de diferentes mecanismos de resistência das plantas daninhas. Deste modo, é possível inferir que o elevado fator de resistência observado para o biótipo relaciona-se ao material utilizado, o qual é oriundo de área onde o cultivo do arroz é intenso e, o herbicida pyrazosulfuron-ethyl é utilizado há muito anos no controle de *C. difformis*. Assim, o herbicida tornou-se o agente de seleção de biótipos resistentes (mutações).

No segundo experimento, para todas as variáveis estudadas, houve efeitos da interação dos fatores testados (Tabelas 2 a 4). Para o controle de *C. difformis* aos 14 DAT, todos os herbicidas inibidores de ALS, à exceção de azimsulfuron e bispyribac-sodium apresentaram diferença entre os biótipos resistente e suscetível. Na comparação entre diferentes tratamentos herbicidas para o biótipo resistente, os herbicidas bispyribac-sodium, carfentrazone-ethyl, bentazon e propanil foram os que apresentaram maior eficiência de controle do biótipo (Tabela 2). Entretanto, para o biótipo suscetível apenas os herbicidas pyrazosulfuron-ethyl e azimsulfuron diferiram dos demais tratamentos herbicidas, apresentando reduzido controle da planta daninha.

Na avaliação de eficácia de controle realizada aos 21 DAT, de modo similar ao verificado na primeira avaliação, os herbicidas pyrazosulfuron-ethyl, penoxsulam e ethoxysulfuron apresentaram diferença entre os biótipos resistente e suscetível (Tabela 2). Quando comparado os tratamentos herbicidas para o biótipo resistente os herbicidas azimsulfuron, bispyribac-sodium, carfentrazone-ethyl, bentazon, propanil e glyphosate apresentaram valores médios de controle de 94,8%, enquanto para pyrazosulfuron-ethyl, penoxsulam e ethoxysulfuron o controle médio foi de 7,7%. Para o biótipo suscetível, todos os herbicidas testados, à exceção de pyrazosulfuron-ethyl, apresentaram controle eficiente.

Tabela 2. Controle (%) de biótipos resistente e suscetível de *Cyperus difformis* ao herbicida pyrazosulfuron-ethyl em função de diferentes tratamentos herbicidas, avaliado aos 14 e 21 dias após aplicação. UFPel, Capão do Leão-RS, 2006/07.

| Tratamentos | Dose (g ha ⁻¹) | Controle aos 14 DAT ¹ | | | | Controle aos 21 DAT | | | |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------|------------|---|---------------------|---|------------|---|
| | | Resistente | | Suscetível | | Resistente | | Suscetível | |
| Testemunha | - | 0 ^{ns} | c ² | 0 | c | 0 ^{ns} | b | 0 | c |
| Azimsulfuron | 6 | 64 ^{ns} | b | 52 | c | 94 ^{ns} | a | 92 | a |
| Bentazon | 900 | 99 ^{ns} | a | 90 | a | 100 ^{ns} | a | 98 | a |
| Bispyribac-sodium | 48 | 100 ^{ns} | a | 100 | a | 100 ^{ns} | a | 84 | a |
| Carfentrazone-ethyl | 40 | 99 ^{ns} | a | 92 | a | 100 ^{ns} | a | 96 | a |
| Ethoxysulfuron | 72 | 0* | c | 88 | a | 0* | b | 93 | a |
| Glyphosate | 900 | 77 ^{ns} | ab | 90 | a | 75 ^{ns} | a | 89 | a |
| Penoxsulam | 36 | 4* | c | 88 | a | 16* | b | 99 | a |
| Propanil | 3600 | 98 ^{ns} | a | 83 | a | 100 ^{ns} | a | 100 | a |
| Pyrazosulfuron-ethyl | 20 | 5* | c | 42 | b | 7* | b | 34 | b |
| C.V. (%) ³ | | 17,1 | | | | 15,4 | | | |

¹ Dias após a aplicação dos tratamentos; ^{ns} e * Não significativo e significativo pelo teste t ($p \leq 0,05$), para biótipos comparados nas linhas, em cada variável; ² Médias seguidas por letras idênticas, comparadas nas colunas, não diferiram entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ³ C.V.=coeficiente de variação.

Para a avaliação realizada aos 28 DAT, semelhantemente às avaliações anteriores, os herbicidas inibidores da enzima ALS pyrazosulfuron-ethyl, penoxsulam e ethoxysulfuron e glyphosate diferiram entre biótipos (Tabela 3). Para o biótipo resistente, os herbicidas azimsulfuron, bispyribac-sodium, carfentrazone-ethyl, bentazon e propanil

controlaram *C. difformis*, com média de 97,6%, enquanto pyrazosulfuron-ethyl, penoxsulam e ethoxysulfuron apresentaram reduzido controle do biótipo, com média de 5%. Por outro lado, para o biótipo suscetível, todos os tratamentos herbicidas, à exceção de pyrazosulfuron-ethyl, apresentaram eficiência de controle.

Tabela 3. Controle (%) de biótipos resistente e suscetível de *Cyperus difformis* ao herbicida pyrazosulfuron-ethyl em função de diferentes tratamentos herbicidas, avaliado aos 28 dias após aplicação. UFPel, Capão do Leão – RS, 2006/07.

| Tratamentos | Dose (g ha ⁻¹) | Controle aos 28 DAT ¹ | | | |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------|------------|---|
| | | Resistente | | Suscetível | |
| Testemunha | - | 0 ^{ns} | d ² | 0 | c |
| Azimsulfuron | 6 | 88 ^{ns} | a | 80 | a |
| Bentazon | 900 | 100 ^{ns} | a | 99 | a |
| Bispyribac-sodium | 48 | 100 ^{ns} | a | 100 | a |
| Carfentrazone-ethyl | 40 | 100 ^{ns} | a | 88 | a |
| Ethoxysulfuron | 72 | 0* | d | 100 | a |
| Glyphosate | 900 | 45* | b | 87 | a |
| Penoxsulam | 36 | 0* | d | 100 | a |
| Propanil | 3600 | 100 ^{ns} | a | 100 | a |
| Pyrazosulfuron-ethyl | 20 | 15* | c | 37 | b |
| C.V. (%) ³ | | 5,4 | | | |

¹ Dias após a aplicação dos tratamentos; ^{ns} e * Não significativo e significativo pelo teste t ($p \leq 0,05$), para biótipos comparados nas linhas; ² Médias seguidas por letras idênticas, comparadas nas colunas, não diferiram entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ³ C.V.=coeficiente de variação.

Para as variáveis AF e MPAS, os dados se assemelham aos observados para o controle de *C. difformis*, porém com acréscimo do herbicida azimsulfuron aos herbicidas inibidores de ALS, que apresentaram diferença entre biótipos (Tabela 4).

Para o biótipo resistente, os herbicidas bispyribac-sodium, carfentrazone-ethyl, bentazon, propanil e glyphosate apresentaram AF e MPAS semelhantes entre os biótipos.

Tabela 4. Área foliar (cm² por planta) e massa da parte aérea seca (g por planta) de biótipos resistente e suscetível de *Cyperus difformis* ao herbicida pyrazosulfuron-ethyl em função de diferentes tratamentos herbicidas, avaliado aos 28 dias após aplicação. UFPel, Capão do Leão – RS, 2006/07.

| Tratamentos | Dose(g ha ⁻¹) | Área foliar | | Massa da parte aérea seca | |
|-----------------------|---------------------------|--------------------|------------|---------------------------|------------|
| | | Resistente | Suscetível | Resistente | Suscetível |
| Testemunha | - | 28,9 ^{ns} | 26,9 | 0,31 ^{ns} | 0,27 |
| Azimsulfuron | 6 | 25,6* | 6,2 | 0,23* | 0,02 |
| Bentazon | 900 | 4,4 ^{ns} | 13,9 | 0,00 ^{ns} | 0,10 |
| Bispyribac-sodium | 48 | 17,0 ^{ns} | 12,6 | 0,10 ^{ns} | 0,12 |
| Carfentrazone-ethyl | 40 | 3,0 ^{ns} | 2,0 | 0,00 ^{ns} | 0,05 |
| Ethoxysulfuron | 72 | 27,7* | 5,3 | 0,27* | 0,05 |
| Glyphosate | 900 | 5,1 ^{ns} | 5,0 | 0,01 ^{ns} | 0,01 |
| Penoxsulam | 36 | 30,4* | 20,3 | 0,24* | 0,11 |
| Propanil | 3600 | 4,4 ^{ns} | 4,8 | 0,02 ^{ns} | 0,03 |
| Pyrazosulfuron-ethyl | 20 | 26,1* | 12,3 | 0,25* | 0,11 |
| C.V. (%) ² | | 26,4 | | 51,2 | |

^{ns} e * Não significativo e significativo pelo teste t ($p \leq 0,05$), para biótipos comparados nas linhas, para cada variável; 1 Médias seguidas por letras idênticas, comparadas nas colunas, não diferiram entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); 2 C.V.=coeficiente de variação.

Os herbicidas com mecanismos de ação alternativos, carfentrazone-ethyl, bentazon e propanil apresentaram controle eficiente do biótipo resistente, à exceção de glyphosate, que apresentou baixo controle da espécie, na avaliação realizada aos 28 DAT, fato que pode ser decorrente da dose utilizada.

Resultados semelhantes foram observados para *Bidens subalternans* resistente a herbicidas inibidores de ALS no qual o controle satisfatório foi obtido com herbicidas de mecanismos de ação distintos, como inibidores da PROTOX, da fotossíntese e da divisão celular (GAZZIERO; PRETE; SUMIYA, 2003) e para este, acrescido de *B. pilosa* que obtiveram controle satisfatório com herbicidas com mecanismo de ação diferentes aos dos inibidores da enzima ALS (NICOLAI et al., 2006).

Os baixos níveis de controle observados para os herbicidas azimsulfuron, ethoxysulfuron e penoxsulam para o biótipo resistente, acrescido ao baixo controle observado para o biótipo suscetível pelo herbicida pyrazosulfuron-ethyl indicam possível resistência em baixos níveis dos biótipos. Estes resultados podem decorrer da seleção de biótipos resistentes pré-existentes pelos herbicidas inibidores da enzima ALS que apresentam elevada frequência inicial gênica (VIDAL; FLECK, 1997), resultando em seleção de biótipos resistentes em curto espaço de tempo de uso das moléculas herbicidas.

Segundo as recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2007), o controle de plantas daninhas é considerado eficiente quando for superior a 90%. Assim, a análise dos resultados obtidos permite inferir que os herbicidas

bispyribac-sodium, carfentrazone-ethyl, bentazon e propanil são eficientes para controle de *C. difformis* em áreas com problema de resistência aos herbicidas inibidores de ALS.

Populações de plantas daninhas adaptam-se facilmente às práticas de manejo adotadas, entre elas a seleção exercida pelos distintos herbicidas disponíveis no mercado acentuando o problema da resistência e sugerindo que medidas relacionadas ao manejo integrado das populações sejam adotadas.

Conclusões

A resistência do biótipo de *C. difformis* ao pyrazosulfuron-ethyl é elevada e inviabiliza seu controle pelo herbicida. Os herbicidas carfentrazone-ethyl, bentazon e propanil, detentores de mecanismos de ação alternativos ao pyrazosulfuron-ethyl, controlam o biótipo resistente de *C. difformis*.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de bolsas.

Referências

CHRISTOFFOLETI, P. J. Curvas de dose-resposta de biótipos resistente e suscetível de *Bidens pilosa* L. aos herbicidas inibidores da ALS. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 513-519, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

GALON, L.; PANOZZO, L. E.; NOLDIN, J. A.; CONCENÇO, G.; TAROUÇO, C. P.; FERREIRA, E. A.; AGOSTINETTO, D.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A. Resistência de *Cyperus difformis* a herbicidas inibidores da ALS em lavoura de arroz irrigado em Santa Catarina. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 419-427, 2008.

GAZZIERO, D. L. P.; PRETE, C. E. C.; SUMIYA, M. Manejo de *Bidens subalternans* resistente aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase. *Planta Daninha*,

Viçosa, v. 21, n. 2, p. 283-291, 2003.

HALL, L. M.; STROME, K. M.; MALLORY-SMITH, C. A.; THILL, D. C. Resistance to acetolactate sintase inhibitors and quinclorac in a biotypes of false clover (*Gallium sourium*). *Weed Science*, Lawrence, v. 46, n. 4, p. 390-396, 1998.

HEAP, I. *The international survey of herbicide resistant weeds*. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>>. Acesso em: 8 jan. 2009.

KISSMANN, K. G. *Plantas infestantes e nocivas*. Tomo 1. 3. ed. São Paulo: Basf Brasileira S. A., 2007. CD-ROM.

LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M.; ABREU, A. G.; GROMBONE-GUARATINI, M. T.; TOLEDO, R. E. B.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Resistance and differential susceptibility of *Bidens pilosa* and *B. subalternans* biotypes to ALS-inhibiting herbicides. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 63, n. 2, p. 139-145, 2006.

NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; MOREIRA, M. S.; CARVALHO, S. J. P.; SCARPARI, L. Alternativas de manejo para as populações de picão-preto (*Bidens pilosa* e *Bidens subalternans*) resistentes aos herbicidas inibidores da ALS. *Revista Brasileira de Herbicidas*, Passo Fundo, v. 5, n. 3, p. 7-13, 2006.

NOLDIN, J. A.; EBERHARDT, D. S.; RAMPELOTTI, F. *Cyperus difformis* L. resistente a herbicidas inibidores da ALS em Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. *Anais...* Londrina: SBCPD, 2002. p. 198.

PATZOLDT, W. L.; TRANEL, P. J. Multiple ALS mutations confer herbicide resistance in waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*). *Weed Science*, Lawrence, v. 55, n. 5, p. 421-428, 2007.

POSTON, D. H.; WILSON, H. P.; HINES, T. E. Imidazolinone resistance in several *Amaranthus hybridus* populations. *Weed Science*, Lawrence, v. 48, n. 4, p. 508-513, 2000.

POWLES, S. B.; HOLTUM, J. A. M. *Herbicides resistance in plants: biology and biochemistry*. New York: CCR Press, 1994. 353 p.

ROMAN, E. S.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M. A.; WOLF, T. M. *Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação*. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, 2007. 160 p.

SEEFELDT, S. S.; JENSEN, J. E.; FUERST, E. P. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. *Weed Technology*, Champaign, v. 9, n. 2, p. 218-227, 1995.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD. *Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas*. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. *Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil*. Pelotas: Sosbai, 2007. 161 p.

TRANEL, P. J.; WRIGHT T. R. Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: what have we learned? *Weed Science*, Lawrence, v. 50, n. 6, p. 700-712, 2002.

VIDAL, R. A.; FLECK, N. G. Análise do risco da ocorrência de biótipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas. *Planta Daninha*, Botucatu, v. 15, n. 12, p. 152-161, 1997.

