

RESISTÊNCIA DE *Echinochloa crus-galli* A FENOXAPROP-P-ETHYL NO RIO GRANDE DO SUL

Luan Cutti¹; André da Rosa Ulguim²; Tiago Edu Kaspar³; Mateus Gallon³; Alexandre Pisoni³; Andrew Rerison Silva de Queiroz³; Rafael Schwalm Rafael⁴; Aldo Merotto Junior⁵.

Palavras-chave: inibidores da ACCase; capim-arroz; evolução da resistência

INTRODUÇÃO

A competição com plantas daninhas é uma das causas de perdas de produtividade na cultura do arroz, que tem a espécie capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*) como uma das principais espécies competidoras, com potencial de reduzir de 4 a 90% a produção (GALON, et al., 2007; AGOSTINETTO, et al., 2007). No Rio Grande do Sul, esta espécie apresenta diversas populações resistentes a herbicidas inibidores da ALS e quinclorac (MATZENBACHER et al., 2014). Devido a isto, o controle de capim-arroz tem sido realizado principalmente através de herbicidas com mecanismos de ação alternativos como, por exemplo, inibidores da ACCase. No entanto, estes herbicidas estão sendo utilizados de forma contínua, isolada e com frequente aumento nas doses para o controle do capim-arroz resistente ao grupo químico das imidazolinonas. Este cenário de utilização de herbicidas inibidores da enzima ACCase sugere a evolução da resistência de capim-arroz a estes herbicidas, de forma similar ao que já ocorre em diversos países (HUAN et al., 2011; WRIGHT et al., 2016).

A resistência de plantas daninhas gramíneas a herbicidas inibidores da enzima ACCase pode ser resultado de um incremento na taxa de metabolização (BAKKALI et al., 2007), superprodução da enzima alvo (BRADLEY et al., 2001) ou, mais frequentemente, por insensibilidade da enzima, devido à alteração do local de ação (HUAN et al., 2014). A resistência aos inibidores da ACCase por insensibilidade da enzima é consequência de uma alteração estrutural no seu domínio carboxil transferase (CT). Até o momento foram detectadas 14 alterações nos aminoácidos incorporados ao polipeptídeo nascente, distribuídos em 7 posições no CT da enzima: I1781L; I1781V; I1781T; W1999S; W1999C; W1999L; W2027C; I2041N; I2041V I2041T; D2078G; C2088R; G2096A; G2096S (Numeração com base na sequência do gene ACCase de *Alopecurus myosuroides*) (KAUNDUN et al., 2013a; KAUNDUN et al., 2013b; GUO et al., 2017).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a evolução da resistência ao herbicida inibidor da enzima ACCase fenoxaprop-p-ethyl em população de capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*) coletada em lavoura na qual as plantas não foram controladas com herbicidas deste mecanismo de ação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação climatizada da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no período de novembro-dezembro de 2016. O arranjo experimental foi em esquema bi-fatorial 3X9x2. Fator A: três populações de *Echinochloa crus-galli*, sendo duas suscetíveis (5.2 e 6.19) e uma com suspeita de resistência a

¹Mestrando em Fitotecnia; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Avenida Jerônimo de Ornelas, 135, apto 33, bairro Santana, Porto Alegre - RS.

²Doutor em Fitossanidade; Instituto Rio Grandense do Arroz.

³Doutorando em Fitotecnia; Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

⁴Graduando em Agronomia; Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

⁵Doutor em Ecologia; Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

herbicidas inibidores da enzima acetil-coA carboxilase (7.9). Fator B: nove doses do herbicida fenoxaprop-p-ethyl (0; 17,25; 34,5; 51,75; 69,0; 138,0; 207,0; 276,0 e 552,0 g ha⁻¹). Fator C: com e sem malathion, que é um inibidor de metabolização através de enzimas citocromo P450 monooxigenases. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 14 repetições para a população 7.9 e 12 repetições para as populações 5.2 e 6.19.

As sementes utilizadas consistiram de coletas realizadas em bulk. Após armazenamento por 8 meses em temperatura ambiente, as sementes foram germinadas em KNO₃, e transplantadas em vasos plásticos de 200 mL, perfurados e preenchidos com uma mistura de solo + substrato comercial, e mantidas em alagamento constante até o nível do solo. A aspersão do herbicida foi realizada em câmara de aplicação de precisão quando as plantas atingiram estágio 3-4 folhas completamente expandidas, com volume de calda de 200 L ha⁻¹. Junto ao herbicida fenoxaprop-p-ethyl foi adicionado óleo vegetal Aureo (0,5% v/v).

O controle visual foi realizado aos 7, 14 e 21 dias após o tratamento (DAT), atribuindo-se notas em escala percentual, sendo 0% ausência de fitointoxicação, e 100% morte da planta. A massa seca da parte aérea (MSPA) foi determinada aos 21 DAT, por meio da coleta e secagem em estufa de circulação de ar forçada, 60°C, até atingir peso constante.

Os dados de massa seca da parte aérea (MSPA) foram ajustados pelo modelo logístico de três parâmetros [(y=a/1+(x/x0)^b)]. Para cálculo do fator de resistência (FR) utilizou-se a equação: FR=(GR50 da população resistente/GR50 da população suscetível).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O inibidor de metabolização malathion não alterou o efeito do herbicida nas populações avaliadas (dados não apresentados). Para as populações suscetíveis (5.2 e 6.19) nenhuma planta sobreviveu em doses acima de 17,25 g i.a. ha⁻¹, que representa 25% da dose recomendada. No entanto para a população com suspeita de resistência (7.9) todas as doses do herbicida fenoxaprop-p-ethyl apresentaram plantas sobreviventes (Tabela 1). A variação no número de plantas sobreviventes entre as doses do herbicida, para a população 7.9, indica que a população está em processo de segregação. Esta variabilidade está relacionada a forma de amostragem onde certamente foram coletas sementes de plantas suscetíveis e com diferentes estágios de seleção da resistência a herbicidas. Aos 21 DAT as plantas sobreviventes do biótipo resistente apresentaram fitointoxicação inferior a 50%, enquanto que as suscetíveis 100% (dados não apresentados).

Tabela 1 – Sobrevivência de plantas de capim arroz (*Echinochloa crus-galli*) (% de plantas sobreviventes) 21 dias após o tratamento com fenoxaprop-p-ethyl.

População	Dose fenoxaprop-p-ethyl (g i.a. ha ⁻¹)								
	0	17,25	34,5	51,75	69,0	138,0	207,0	276,0	552,0
5.2	100*	25	0	0	0	0	0	0	0
6.19	100*	8,33	0	0	0	0	0	0	0
7.9	100**	42,8	50	35,7	28,6	7,1	35,7	21,4	14,3

*12 plantas tratadas. **14 plantas tratadas

O ajuste da equação logística demonstra que as populações suscetíveis apresentaram crescimento inibido em doses inferiores a 25% da recomendada em bula. A população com suspeita de resistência ao herbicida fenoxaprop-p-ethyl necessitou de doses superiores

para ter seu crescimento reduzido (Figura 1). A dose necessária para redução de 50% do crescimento para a população 7.9 foi de 263,235 g i.a. ha⁻¹, enquanto que para as populações 5.2 e 6.19 foi de 15,897 e 14,648, respectivamente (Tabela 2). Desta forma o fator de resistência foi de 16,57 e 17,97 em relação às populações suscetíveis 5.2 e 6.19, respectivamente.

No Brasil já foram confirmados casos de capim-arroz resistente a imidazolinonas e quinclorac (MATZENBACHER et al., 2014) e de resistência múltipla a herbicidas auxínicos, inibidores da enzima ALS e ACCase (EBERHARDT et al., 2016). A resistência a ACCase já confirmada no Brasil ocorreu em relação ao herbicida cialofop-butílico, em que o biótipo apresentou um fator de resistência de 61,9. No entanto outros estudos, avaliando 103 populações de capim-arroz afirmam que o herbicida cialofop-butílico é uma ferramenta ainda eficiente para controle da planta daninha, principalmente quando aplicado em estádio iniciais (KALSING et al., 2017).

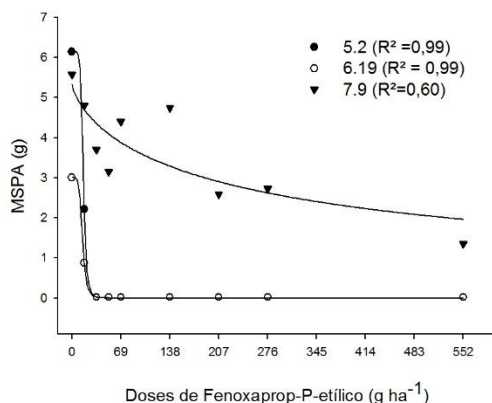


Figura 1 – Massa seca da parte aérea (g) de três populações de capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*), duas suscetíveis (5.2 e 6.19) e uma resistente (7.9), em resposta a doses do herbicida fenoxaprop-p-ethyl, coletada aos 21 dias após o tratamento.

A indicação da resistência de *Echinochloa crus-galli* a fenoxaprop-p-ethyl torna o manejo da espécie mais complexo pois limita as ferramentas disponíveis. A evolução da resistência a herbicidas inibidores da enzima ACCase é resultado do uso intensivo como alternativa aos inibidores da enzima ALS, sem rotação de mecanismos de ação.

Tabela 2 – Parâmetros da equação logística $[(y=a/1+(x/x_0)^b)]$ e fator de resistência (FR) para a variável massa seca da parte aérea (MSPA), em resposta a aplicação do herbicida fenoxaprop-p-ethyl.

População	Parâmetros da equação					
	a	b	X0	GR50 ¹	FR (5.2)	FR (6.19)
5.2	6,145*	6,970*	15,897*	15,897	-	
6.19	3,010*	5,360*	14,648*	14,648		-
7.9	5,340*	0,733*	263,235	263,235	16,56	17,97

*parâmetros com significância ($p < 0,05$); ¹GR50: dose que causa redução de 50% no crescimento das plantas.

CONCLUSÃO

A população 7.9, ainda segregante, apresentou resistência ao herbicida fenoxaprop-p-ethyl, apresentando um fator de resistência superior a 16,5. O inibidor de enzimas P450 não reverteu a resistência na população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINETTO, D. et al. Interferência de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa*) em função da época de irrigação. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 689-696, 2007.
- BAKKALI, Y. et al. Late Watergrass (*Echinochloa phyllopogon*): Mechanisms Involved in the Resistance to Fenoxaprop-p-ethyl. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, p.4052-4058, 2007.
- BRADLEY, K.W. et al. The mechanism of resistance to aryloxyphenoxypropionate and cyclohexanedione herbicides in a johnsongrass biotype. **Weed Science**, v.49, p.477-484, 2001.
- EBERHARDT, D.S. et al. Barnyardgrass with Multiple Resistance to Synthetic Auxin, ALS and ACCase Inhibitors. **Planta Daninha**, Viçosa, v.34, n.4, 2016.
- GALON L. et al. Estimativa das perdas de produtividade de grãos em cultivares de arroz (*Oryza sativa*) pela interferência do capim-arroz (*Echinochloa* spp.). **Planta Daninha**, Viçosa, v.25, n.3, p. 697-707, 2007.
- GUO, W. et al. A Rare Ile-2041-Thr Mutation in the ACCase Gene Confers Resistance to ACCase-inhibiting Herbicides in Shortawn Foxtail (*Alopecurus aequalis*). **Weed Science**, v.65, n.2, p.239-246, 2017.
- HUAN, Z. et al. Resistance Level and Metabolism of Barnyard-Grass (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.) Populations to Quizalofop-p-ethyl in Heilongjiang Province, China. **Agricultural Sciences in China**, v.10, n.12, p.1914-1922, 2011.
- HUAN, Z. et al. Determination of ACCase Sensitivity and Gene Expression in Quizalofop-Ethyl-Resistant and -Susceptible Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) Biotypes. **Weed Science**, v.61, p.537-542, 2013.
- KALSING, A. et al. Susceptibility of *Echinochloa* populations to cyhalofop-butyl in Southern region of Brazil and impact of the weed phenology on its efficacy of control. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.47, n.4, 2017.
- KAUNDUN, S.S. et al. A Novel W1999S Mutation and Non-Target Site Resistance Impact on Acetyl-CoA Carboxylase Inhibiting Herbicides to Varying Degrees in a UK *Lolium multiflorum* Population. **Plos One**, v.8, n.22, e58012, 2013a.
- KAUNDUN, S.S. et al. Role of a Novel I1781T Mutation and Other Mechanisms in Conferring Resistance to Acetyl-CoA Carboxylase Inhibiting Herbicides in a Black-Grass Population. **Plos One**, v.8, n.7, e69568, 2013b.
- MATZENBACHER, F.O. et al. Distribution and analysis of the mechanisms of resistance of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) to imidazolinone and quinclorac herbicides. **Journal of Agricultural Science**, v.153, n.6, p.1044-1058, 2014.
- WRIGHT, A.A. et al. Characterization of Fenoxaprop-P-Ethyl-Resistant Junglerice (*Echinochloa colona*) from Mississippi. **Weed Science**, v.64, n.4, p.588-595, 2016.