

# RESISTÊNCIA CRUZADA NEGATIVA AO HERBICIDA CLOMAZONE DE CAPIM-ARROZ RESISTENTE A IMIDAZOLINONAS

Luan Cutti<sup>1</sup>; Mateus Gallon<sup>2</sup>; Tiago Edu Kaspar<sup>2</sup>; Alexandre Pisoni<sup>2</sup>; Andrew Rerison Silva de Queiroz<sup>2</sup>; Paula Gusberti<sup>3</sup>; Aldo Merotto Junior<sup>4</sup>.

Palavras-chave: *Echinochloa crus-galli*; metabolização; ALS

## INTRODUÇÃO

A resistência de capim-arroz a herbicidas inibidores da enzima ALS ocorre por mecanismos relacionados ao local de ação dos herbicidas, como mutações nas sequências gênicas codificadoras, e não relacionados ao local de ação, devido a um incremento na taxa de metabolização do herbicida por ação de enzimas como citocromo P450 mono-oxigenase e glutiona-S-transferase (MATZENBACHER et al., 2014; DALAZEN, 2016). Estes mecanismos, porém, podem estar associados a efeitos pleiotrópicos que conferem desvantagens na ausência de pressão seletiva, como o aumento na sensibilidade a outros herbicidas (PAVLICEV; WAGNER, 2012; PURRINGTON, 2000; DÉLYE et al, 2013). A resistência cruzada negativa (RCN) trata-se de uma resistência onde o mecanismo que confere a resistência a herbicidas de um mecanismo de ação concomitantemente provoca maior suscetibilidade a outros herbicidas de diferente mecanismo de ação (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2008; GRESSEL; SEGUEL, 1990a). Biótipos de *Chenopodium album* resistentes à atrazina e metamitron foram controlados com menores doses em comparação com o biótipo sensível quando utilizados os herbicidas clomazone, aclonifen e S-metolachlor, utilizando como parâmetro o peso foliar fresco (MECHANT; BULCKE, 2006).

A identificação de biótipos com RCN pode ser usada como uma estratégia de manejo da resistência de plantas daninhas para diminuir a evolução destas populações (GRESSEL; SEGEL, 1990b). A característica do herbicida clomazone ser ativado para keto-clomazone envolve um processo de metabolização que pode ser alterado principalmente em plantas de capim arroz que apresentem incremento de metabolização associado a resistência a herbicidas. O objetivo deste trabalho é investigar a ocorrência de resistência cruzada negativa a clomazone em biótipos de *Echinochloa crus-galli* resistentes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação climatizada da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no período de março/abril de 2017. O experimento foi arranjado em esquema bi-fatorial 10X8. Fator A: dez populações de *Echinochloa crus-galli*, sendo quatro resistentes ao grupo químico imidazolinonas, com mecanismo de resistência caracterizado como incremento da taxa de metabolização (ARRGR-01, RIOGR-01, PALMS-02 e BAGÉ-01), e outras seis populações suscetíveis aos herbicidas inibidores da enzima ALS (CACH-01, CACH-02, CACH-03, MOSTS-01, SUSSP-01 e CAPL-01). Fator B: oito doses do herbicida clomazone (0; 100; 200; 300; 400; 500; 750 e 1000 g ha<sup>-1</sup>). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 repetições.

As sementes foram germinadas em KNO<sub>3</sub>, 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

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

<sup>2</sup>Doutorando em Fitotecnia; Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

<sup>3</sup>Granduando em Agronomia; Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

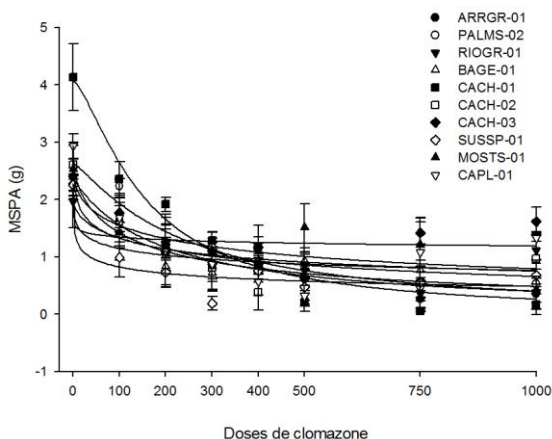
<sup>4</sup>Doutor em Ecologia; Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

câmara de aplicação de precisão, quando as plantas atingiram estágio 3-4 folhas completamente expandidas, com volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. Após a aplicação as plantas foram acondicionadas sob luz artificial LED por 36 horas. Em seguida, as plantas foram transferidas para casa de vegetação climatizada. 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 foram ajustados pelo modelo logístico de 3 parâmetros [(y=a/1+(x/x0)<sup>b</sup>)]. Para cálculo do fator de resistência (FR) utilizou-se a equação: FR=(GR50 da população resistente/GR50 da população suscetível).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A curva de dose-resposta das populações de capim-arroz ilustra o controle diferencial das populações com doses de clomazone (Tabela 1 e Figura 1). A partir da curva de dose-resposta foram calculados os fatores de resistência com todas as combinações possíveis, entre populações resistentes e suscetíveis a imidazolinonas quando submetidas a tratamentos com clomazone (Tabela 2). Quando comparadas com a população CACH-03 todas as populações resistentes a imidazolinonas apresentaram RCN a clomazone, pois apresentaram fatores de resistência abaixo de 1. A população ARRGR-01 apresentou RCN também quando comparada com MOSTS-01, enquanto a BAGÉ-01 quando comparada, ainda, com MOSTS-01, CACH-01 e CACH-02.



**Figura 1** – Massa seca da parte aérea (MSPA - g) de dez populações de capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*), quatro resistentes aos herbicidas inibidores da enzima ALS por metabolização (ARRGR-01; PALMS-02; RIOGR-01; BAGÉ-01) e seis populações suscetíveis (CACH-01; CACH-02; CACH-03; SUSSP-01; MOSTS-01; CAPL-01), em resposta a doses do herbicida clomazone, coletada aos 21 dias após o tratamento.

A ocorrência de RCN nas populações avaliadas pode estar associada ao fato do mecanismo de resistência aos herbicidas inibidores da enzima ALS ser por incremento de metabolização. Plantas que apresentarem resistência devido a este mecanismo, consequentemente podem aumentar a atividade de herbicidas como o clomazone, um pré-herbicida que necessita ser degradado em 5-cetoclomazone para ser ativo (FERHATOGLU; BARRET, 2006).

**Tabela 1** – Parâmetros da equação logística  $[(y=a/1+(x/x_0)^b)]$  e ajuste do modelo ( $R^2$ ) para a variável massa seca da parte aérea (MSPA), em resposta a aplicação do herbicida clomazone em dez populações de capim-arroz.

Populações	Parâmetros da equação			$R^2$
	a	b	X0	
ARRGR-01	2,369*	0,982*	194,492*	0,94
PALMS-02	2,637*	1,189*	233,927*	0,93
RIOGR-01	1,981*	0,614	319,855	0,76
BAGÉ-01	2,278*	0,305	103,747	0,90
CACH-01	4,070*	1,431*	153,776*	0,95
CACH-02	2,628*	0,721	125,87	0,87
CACH-03	2,276*	0,118	2088,047	0,52
SUSSP-01	2,254*	0,324	18,224	0,88
MOSTS-01	2,531*	0,543	232,289	0,76
CAPL-01	2,942*	0,381	59,489	0,77

\*parâmetros com significância ( $p < 0,05$ ).

Estudos apresentaram ocorrência de resistência cruzada negativa a 11 dos 18 herbicidas testados em biótipos de *Echinochloa crus-galli* e *Conyza canadensis* resistentes a triazinas (GADAMSKI et al., 2000). Os herbicidas fluazifop-butil, setoxidim, metolachlor, glufosinato e chloresulfuron foram os que apresentaram maior resistência cruzada negativa para biótipos de *E. crus-galli*, enquanto que para *C. canadensis* destacaram-se MCPA, piridato, glifosato, fluroxipir, bentazone e diquat. Este fenômeno foi observado, ainda, em biótipo de *Kochia scoparia* resistente a herbicidas inibidores da ALS por alteração no aminoácido especificado na posição 574, que foi mais facilmente controlado por herbicidas inibidores da protoporfirinogênio oxidase (PPO) e 4-hidroxifenilpiruvato dioxigenase (HPPD) (BECKIE et al. 2012).

**Tabela 2** – Fatores de resistência ao herbicida clomazone calculados nos diferentes cenários de combinações de populações resistentes e suscetíveis a herbicidas ALS.

RESISTENTES	SUSCETÍVEIS					
	CACH-01	CACH-02	CACH-03	SUSSP-01	MOSTS-01	CAPL-01
ARRGR-01	1,265	1,545	0,093	10,672	0,837	3,269
PALMS-02	1,521	1,858	0,112	12,836	1,007	3,932
RIOGR-01	2,080	2,541	0,153	17,551	1,377	5,377
BAGÉ-01	0,675	0,824	0,050	5,693	0,447	1,744

## CONCLUSÃO

Existe variação da magnitude da ocorrência da RCN em função da população suscetível utilizada para comparação. Todas as populações resistentes a imidazolinonas demonstraram resistência cruzada negativa quando comparadas com a população CACH-03. A população ARRGR-01 apresentou resistência cruzada negativa quando comparada também com a população MOSTS-01. A população BAGÉ-01 apresentou a resistência quando comparada ainda com CACH-01, CACH-02 e MOSTS-01.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BECKIE, H.J. et al. Negative Cross-Resistance of Acetolactate Synthase Inhibitor-Resistant Kochia (*Kochia scoparia*) to Protoporphyrinogen Oxidase- and Hydroxyphenylpyruvate Dioxygenase-Inhibiting Herbicides. **Weed Technology**, v.26, n.3, p.570-574, 2012.
- DALAZEN, G. **Avaliação de genes relacionados ao incremento de metabolização e efeito da temperatura e da concentração de CO2 em capim-arroz resistente a imazethapyr**. 2016. 130f. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- DÉLYE, C. et al. Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. **Trends in Genetics**, v. 29, n.11, p.649-658, 2013.
- FERHATOGLU, Y.; BARRETT, M. Studies of clomazone mode of action. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 85, n. 1, p. 7-14, 2006.
- GADAMSKI, G. et al. Negative Cross-Resistance in Triazine-Resistant Biotypes of *Echinochloa crus-galli* and *Conyza canadensis*. **Weed Science**, v.48, n.2, p.176-180, 2000.
- GRESSEL, J.; SEGEL, L.A. Herbicide rotations and mixtures: effective strategies to delay resistance. In: GREEN, M.B.; LeBARON, H.L.; MOBERG, W.K. **Managing resistance to agrochemicals: from fundamental research to practical strategies**. Washington: American Chemical Society, p.430- 458, 1990a.
- GRESSEL, J.; SEGEL, L.A. Negative cross resistance; a possible key to atrazine resistance management: a call for whole plant data. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 45, p.470-473, 1990b.
- LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Recomendações gerais para o manejo integrado de plantas daninhas resistentes aos herbicidas. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. HRAC-BR, 3 ed., 120 p., Piracicaba, 2008.
- 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.
- MECHANT, E.; BULCKE, R. Cross-resistance profile of metamiltrone-resistant *Chenopodium album* L. biotypes from sugar beet. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v.20, p.147-153, 2006.
- PAVLICEV, M.; WAGNER, G.P. A model of developmental evolution: selection, pleiotropy and compensation. **Trends Ecology Evolution**, v. 27, n.6, p.316-322, 2012.
- PURRINGTON, C.B. Costs of resistance. **Current Opinion in Plant Biology**, v.3, n.4, p.305-308, 2000.