



DIAGNÓSTICO DO MECANISMO DE RESISTÊNCIA DE CAPIM-ARROZ (*Echinochloa crus-galli*) A IMAZETHAPYR E QUINCLORAC

MATZENBACHER, F.O. (UFRGS – IRGA, Porto Alegre/RS – felipematzenbacher@gmail.com), MEROTTO JR, A. (UFRGS, Porto Alegre/RS – merotto@ufrgs.br), BARCELOS, J.A.N. (UFRGS, Porto Alegre/RS – joseari.nene@gmail.com); MENEGUZZI, C. (UFRGS, Porto Alegre/RS – catiameneguzzi@gmail.com); KALSING, A. (IRGA, Cachoeirinha/RS – augustokalsing@gmail.com), MENEZES, V.G. (IRGA, Cachoeirinha/RS – vmgaedke@yahoo.com.br).

RESUMO: O mecanismo de resistência de biótipos de *Echinochloa crus-galli* aos herbicidas imidazolinonas e a quinclorac foi avaliado mediante o uso de inibidores do citocromo P450 monooxigenase (cyt P450s). A eficácia de imazethapyr e quinclorac foi determinada com e sem a aplicação prévia de 1-aminobenzotriazole (ABT), piperolina butóxido (PBO) ou malathion em seis biótipos conduzidos em ambiente hidropônico. O fator de resistência dos biótipos a imazethapyr e quinclorac variou de 7 a 46 e de 2 a 278 vezes, respectivamente. A aplicação prévia dos inibidores reduziu o fator de resistência a imazethapyr de 17 a 40 % em três biótipos e a resistência inicial a quinclorac de 62 a 120 % de dois biótipos. Os resultados demonstram a participação do processo de metabolização na resistência a imazethapyr de três biótipos e relaciona este processo a resistência inicial a quinclorac.

Palavras-chave: imidazolinonas, ALS, resistência múltipla, metabolização.

INTRODUÇÃO

Capim-arroz é uma das principais espécies daninhas presente em lavouras de arroz irrigado. A rápida evolução da resistência de capim-arroz a quinclorac e imazethapyr no Sul do Brasil têm causado problemas de manejo dessa planta daninha. No entanto, o mecanismo que torna esses biótipos resistentes não foi identificado, o que dificulta o manejo e as estratégias de controle.

Metabolização de herbicidas é o mecanismo que confere resistência em capim-arroz a outros herbicidas como propanil, bispyribac-sodium, bensulfuron-methyl, fenoxaprop-P-ethyl, thiobencarb, penoxsualm e clomazone (Leah *et al.*, 1997; Osuna *et al.*, 2002; Yun *et al.*, 2005, Yasuor, *et al.*, 2009, Yasuor, *et al.*, 2010). Parte desses trabalhos diagnosticou o a participação de enzimas de detoxificação com uso a aplicação de inibidores de metabolização. Desta forma, o objetivo deste trabalho é quantificar os níveis de resistência

de capim-arroz a imazethapyr e quinclorac e avaliar o efeito da aplicação de inibidores de metabolização na eficiência de imazethapyr e quinclorac, a fim de diagnosticar o envolvimento de enzimas cyt P450s na resistência de biótipos de capim-arroz a herbicidas no Sul do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em ambiente hidropônico na Faculdade de Agronomia da UFRGS, em delineamento completamente casualizado em um esquema fatorial, com 4 repetições. O fator A foi composto por seis biótipos de capim-arroz, sendo 2 biótipos com resistência múltipla aos herbicidas imidazolinonas e a quinclorac, 3 resistentes às imidazolinonas e 1 suscetível a herbicidas. O fator B foi composto pelas concentrações de imazethapyr: zero, 0,000001, 0,00001, 0,0001, 0,001, 0,01, 0,1, 1, e 10 mM; ou, de quinclorac: zero, 0,0001, 0,001, 0,01, 0,1, 1, 10 e 100 mM. O fator C foi composto pelos inibidores de metabolização 1-aminobenzotriazole (ABT), piperolina butóxido (PBO) e malathion nas concentrações de 10, 20 e 10 mg L⁻¹, e de um controle sem aplicação. Ambos os produtos químicos foram aplicados em solução hidropônica, sendo que a aplicação dos inibidores foi realizada 2 horas antes do tratamento com os herbicidas.

As avaliações de controle foram realizadas através da escala de controle visual e a através da massa seca de parte aérea, expressa em porcentagem da testemunha não tratada. Inicialmente, os dados foram submetidos a análise de variância para detecção de efeitos significativos de herbicidas, biótipos, inibidores e suas interações. Quando os fatores analisados foram significativos ($p < 0,05$), a análise complementar foi realizada com ajuste da equação logística de três parâmetros com uso do pacote estatístico “drc” do software R (Khezevic *et al.*, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da eficácia de controle de imazethapyr e quinclorac confirmou a resistência dos biótipos PALMS01, CAMAQ01, ARROGR01, CACHS50 e MOSTS51 a imidazolinonas e dos biótipos ARROGR01 e MOSTS51 a quinclorac, em relação ao controle suscetível SUSSP01, na análise de controle visual (Figura 1a,b; Tabela 1) e na avaliação da massa seca da parte aérea (dados não apresentados). Os fatores de resistência (FR) a imazethapyr dos cinco biótipos variaram entre 7 e 46. A resistência a quinclorac dos biótipos ARRGR01 e MOSTS51 foi confirmada com FR de 266 e 279, respectivamente. Os biótipos CAMAQ01 e CACHS50, inicialmente classificados como resistentes a imazethapyr e suscetíveis a quinclorac, apresentaram baixo nível de resistência a quinclorac, com FR de 2,27 e 3,71, respectivamente.

A aplicação prévia dos inibidores de metabolização ABT, PBO e malathion reduziu o nível da resistência a imazethapyr de três dos seis biótipos de capim-arroz analisados. Essa redução foi, em média, 40, 30 e 17 % para os biótipos PALMS01, ARRGR01 (dados não apresentados) e CACHS50 (Figura 1c; Tabela 1), respectivamente, em comparação com o biótipo suscetível SUSSP01. A eficácia de imazethapyr no controle dos demais biótipos resistentes e do biótipo suscetível SUSSP01 não foi influenciada pela aplicação prévia dos inibidores de metabolização (dados não apresentados).

A aplicação prévia dos inibidores de metabolização proporcionou a redução do baixo fator de resistência (FR) a quinclorac dos biótipos CAMAQ01 (dados não apresentados) e CACHS50 (Figura 1d; Tabela 1) em 120 e 62 %, respectivamente, em comparação com o biótipo suscetível SUSSP01. A eficácia de quinclorac no controle dos biótipos resistentes ARRGR01 e MOSTS51 e dos suscetíveis não foi influenciada pela aplicação prévia dos inibidores de metabolização (dados não mostrados).

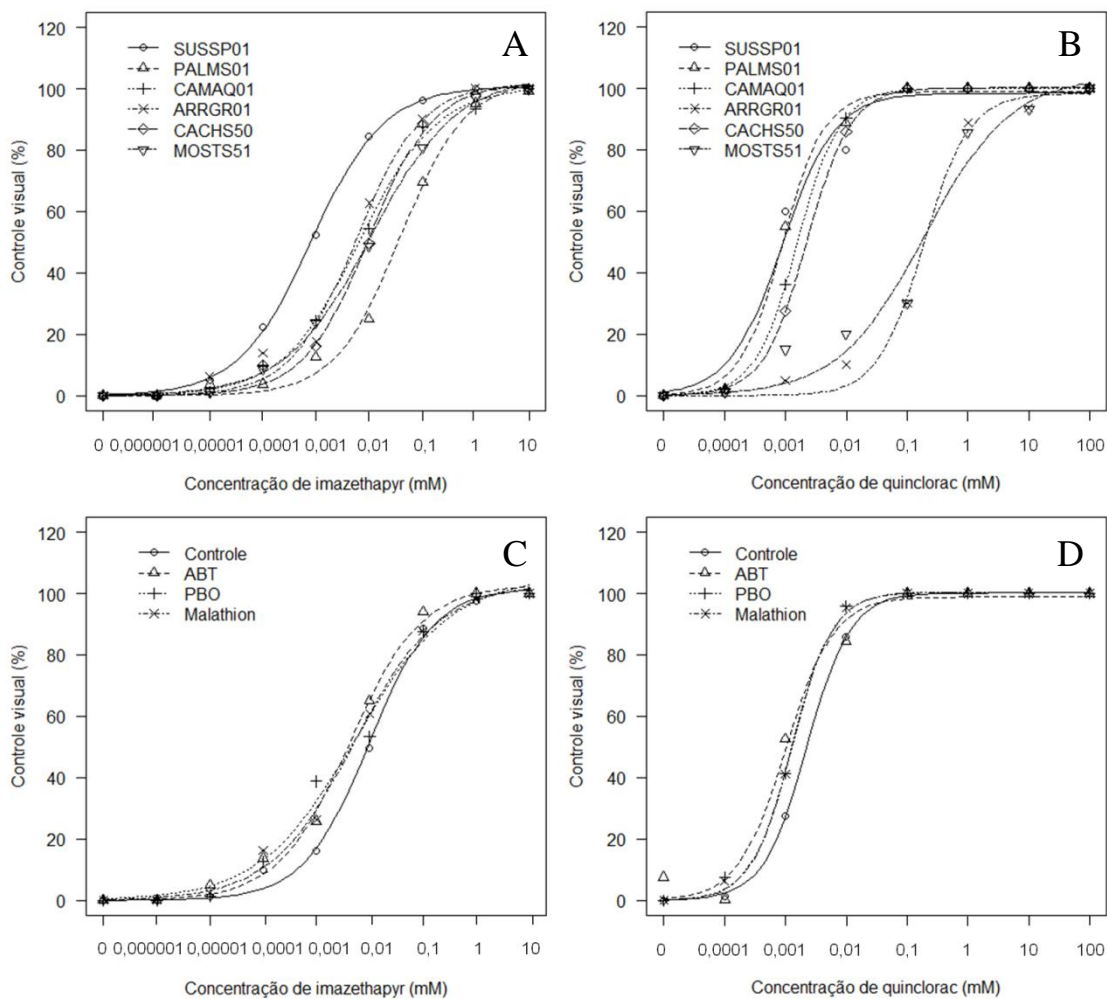


Figura 1. Controle visual (%) em função de diferentes concentrações de imazethapyr aos 14 DAT (A e C) e de quinclorac aos 5 DAT (B e D), entre seis biótipos (A e B) e em

relação ao efeito da aplicação prévia de inibidores de metabolização no biótipo CACHS50 (C e D).

Tabela 1. Parâmetros da equação logística e fator de resistência (FR) para a variável controle visual aos 14 dias após o tratamento (DAT) para o herbicida imazethapyr, e 5 DAT para o herbicida quinclorac, em ambiente hidropônico.

Tratamentos	Imazethapyr		Quinclorac	
	$C_{50}^{1/}$	Fator de resistência	$C_{50}^{1/}$	Fator de resistência
	Conc. ^{2/} ± IC ^{3/} 95%	FR ^{4/} ± IC ^{3/} 95%	Conc. ^{2/} ± IC ^{3/} 95%	FR ^{4/} ± IC ^{3/} 95%
----- Comparativo entre biótipos -----				
SUSSP01	0,00082** (±0,00022)		0,0007** (±0,0001)	
PALMS01	0,038** (±0,012)	46,34** (±15,90)	0,00098** (±0,00016)	1,40 ^{NS} (±0,86)
CAMAQ01	0,0066** (±0,0024)	8,05* (±4,90)	0,0016** (±0,00016)	2,27* (±0,78)
ARRGR01	0,0057** (±0,0015)	6,95* (±3,35)	0,1864** (±0,06042)	266,29** (±84,65)
CACHS50	0,0097** (±0,0029)	11,83* (±6,75)	0,0026** (±0,00034)	3,71* (±1,285)
MOSTS51	0,011** (±0,00315)	13,42** (±7,5)	0,1945** (±0,0922)	277,86** (±81,66)
----- Efeito de inibidores de metabolização -----				
CACHS50 (R)	0,0097** (±0,0029)		0,0026** (±0,00034)	
R + ABT	0,0042** (±0,0013)	2,28* (±0,97)	0,0010** (±0,00016)	2,6** (±0,48)
R + PBO	0,0055** (±0,0005)	1,76* (±0,48)	0,0013** (±0,00016)	2,00** (±0,29)
R + Malathion	0,0052** (±0,0005)	1,87* (±0,56)	0,0013** (±0,00016)	2,00** (±0,29)

$C_{50}^{1/}$ Concentração do herbicida que causa 50 % de controle; ^{2/} Concentração em mM; IC ^{3/} 95% Intervalo de confiança a 95% de probabilidade; FR^{4/} fator de resistência = C_{50} do biótipo analisado/ C_{50} do biótipo SUSSP01 ou C_{50} do tratamento controle/ C_{50} do tratamento com inibidor.

** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; ^{NS} Não significativo.

A identificação do mecanismo de resistência com a aplicação de inibidores de metabolização foi realizada em vários trabalhos. Em *Echinochloa phyllopogon*, por exemplo, a associação de bispyribac-Na (Fischer *et al.*, 2000) e de bensulfuron-methyl (Osuna *et al.*, 2002) com malathion ou PBO reverteu parcialmente a resistência a esses herbicidas. Isso demonstrou que a atividade de enzimas do cyt P450s esta relacionada com a resistência a esses herbicidas inibidores de ALS. Trabalhos similares com *E. phyllopogon* previamente tratadas com malathion aumentaram a toxicidade de penoxsulam e reduziu o fator a resistência (Yasuor *et al.*, 2009).

A resistência a herbicidas pelo processo de metabolização pode favorecer a evolução da resistência a herbicidas de diferentes mecanismos de ação (Powles & Yu, 2010). Os resultados encontrados no presente trabalho demonstram que biótipos resistentes a herbicidas inibidores de ALS demonstraram um baixo FR também a quinclorac e esse FR foi reduzido com a aplicação de inibidores do cyt P450s. Trabalhos com *Lolium rigidum*

demonstraram que a resistência a diclofop decorrente da maior atividade metabólica favoreceu a detoxificação também de imazethapyr, chlorsulfuron, haloxyfop e fluazifop-P (Manalil *et al.*, 2011). Esse resultado indicou que o aumento da expressão de enzimas detoxificantes favoreceu a evolução da resistência também a outros herbicidas.

CONCLUSÕES

A resistência de capim-arroz a imazethapyr e a quinclorac variou de 7 a 46 e de 2,1 a 278, respectivamente. O processo de metabolização foi evidenciado na resistência a imazethapyr em três biótipos e na resistência inicial a quinclorac em dois biótipos. Os resultados demonstram que o envolvimento do cyt P450s na resistência a imazethapyr pode estar favorecendo a evolução da resistência também a quinclorac.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FISCHER, A. J. et al. Mechanisms of resistance to bispyribac-sodium in an *Echinochloa phyllopogon* accession. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.68, n.3, p.156-165, 2000.
- LEAH, J. M. et al. Effect of mono-oxygenase inhibitors on uptake, metabolism and phytotoxicity of propanil in resistant biotypes of jungle-rice, *Echinochloa colona*. **Pesticide Science**, v.49, n.2, p.141-147, 1997.
- MANALIL, S. et al. Rapid evolution of herbicide resistance by low herbicide dosages. **Weed Science**, v.59, n.2, p.210-217, 2011.
- OSUNA, M. D. et al. Cross-resistance to bispyribac-sodium and bensulfuron-methyl in *Echinochloa phyllopogon* and *Cyperus difformis*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.73, n.1, p.9-17, 2002.
- POWLES, S. B.; YU, Q. Evolution in action: plants resistant to herbicides. **Annual Review Plant Biology**, v.61, n., p.317-47, 2010.
- KHEZEVIC et al. Utilizing R software package for dose-response studies: the concept and data analysis. **Weed Technology**, v.21, n.3, p.840-848, 2007.
- YASUOR, H. et al. Mechanism of resistance to penoxsulam in late watergrass [*Echinochloa phyllopogon* (Stapf) Koss.]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.57, n.9, p.3653-3660, 2009.
- YASUOR, H. et al. Differential oxidative metabolism and 5-ketoclozoxone accumulation are involved in *Echinochloa phyllopogon* resistance to clomazone. **Plant Physiology**, v.153, n.1, p.319-326, 2010.
- YUN, M. S. et al. Cytochrome P-450 monooxygenase activity in herbicide-resistant and -susceptible late watergrass (*Echinochloa phyllopogon*). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.83, n.2-3, p.107-114, 2005.