

EFEITO DE INIBIDORES DE METABOLIZAÇÃO EM CAPIM-ARROZ (*Echinochloa crusgalli*) RESISTENTE A IMIDAZOLINONAS

Felipe de Oliveira Matzenbacher¹, Aldo Merotto Jr.², André Motta Leguisamo³, Juliano Fuhrmann Wagner⁴, Valmir Gaedke Menezes⁵.

Palavras-chave: imazethapyr, clomazone, quinclorac, malathion, arroz irrigado.

INTRODUÇÃO

A ocorrência de resistência de plantas daninhas aos herbicidas vem aumentando de forma significativa nos últimos anos, decorrente do aumento da pressão de seleção por herbicidas com os mesmos mecanismos de ação e de consequências relacionadas a práticas de estabelecimento e manejo da cultura. Diversas populações de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) apresentaram resistência aos herbicidas do grupo das imidazolinonas nas principais regiões produtoras de arroz irrigado do Sul do Brasil (MEROTTO JR. *et al.*, 2009; MARIOT *et al.*, 2010). Contudo, o mecanismo fisiológico que torna essas populações resistentes não foi identificado, o que dificulta a tomada de decisão para a prevenção e controle deste problema. Resistência de capim-arroz ao herbicida quinclorac também foi identificada no RS e em SC, porém o mecanismo não é conhecido. O conhecimento do mecanismo de resistência aos herbicidas é de fundamental importância para determinar as estratégias de manejo e evitar o desenvolvimento e a disseminação de biótipos dessas espécies daninhas. Resistência de plantas daninhas por metabolização de herbicidas é um mecanismo problemático, pois uma planta pode se tornar resistente aos herbicidas de diferentes mecanismos de ação e mesmo a produtos anteriormente não usados em uma dada área (POWLES & YU, 2010). Estudos de metabolização de herbicidas podem ser realizados através de inibidores específicos das enzimas citocromo P450 monooxigenase (cyt P450s), como o inseticida organofosforado malathion. Assim, o objetivo deste estudo é avaliar a eficiência de inibidores de cyt 450s como forma de identificar a ocorrência de metabolização como mecanismo de resistência de capim-arroz a herbicidas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram desenvolvidos dois experimentos no ano agrícola de 2010/2011. O primeiro foi conduzido em casa de vegetação da UFRGS. O segundo foi conduzido em lavoura de arroz irrigado no município de Palmares do Sul-RS com histórico de resistência de capim-arroz a herbicidas inibidores de ALS (MEROTTO Jr. *et al.*, 2009). Para o experimento em casa de vegetação, o material vegetal constituiu-se de populações de capim-arroz resistentes e suscetíveis aos herbicidas inibidores da enzima ALS identificados em trabalhos anteriores (MEROTTO Jr. *et al.*, 2009; MARIOT, *et al.*, 2010). As populações analisadas foram duas suscetíveis dos municípios de São Paulo e Mostardas, cinco resistentes a imidazolinonas sendo duas do município de Palmares do Sul e as demais dos municípios de Camaquã, Rio Grande, Bagé e uma com resistência múltipla a imidazolinonas e a quinclorac do município de Arroio Grande. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados em um esquema fatorial, com 5 repetições. O fator A foi composto por 8 populações de capim-arroz descritas anteriormente. O fator B representa os herbicidas: imazethapyr nas doses de 0, 33, 66, 100, 200, 400 e 800 g/ha + 0,5% v/v Dash; clomazone nas doses de 0, 100, 200, 300, 400, 500, 750 e 1000 g/ha; e quinclorac nas doses de 0, 75, 150, 225, 300, 375, 562,5 e 750 g/ha + 1 L/ha Assist. Estas doses correspondem a 0, 0,33, 0,66, 1, 2, 3 e 8 vezes a dose utilizada a campo na cultura do arroz

¹ - Eng. Agrônomo, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFRGS, AV. Bento Gonçalves, 7712, 91740-000. Porto Alegre-RS. E-mail: felipematzenbacher@gmail.com.

² - Prof. Dr. Faculdade de Agronomia, Depto. Plantas de Lavoura/UFRGS. E-mail: merotto@ufrgs.br.

³ - Aluno de graduação da UFRGS. E-mail: andreleguisamo@yahoo.com.br.

⁴ - Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia/UFRGS. E-mail: juliano.wagner@yahoo.com.br.

⁵ - Pesquisador do Instituto Riograndense do Arroz/IRGA, Cachoeirinha-RS. E-mail: vmgaedke@yahoo.com.br

no RS para o imazethapyr e 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0, 1,5 e 2,0 vezes a dose de campo recomendada para clomazone e quinclorac. O fator C consistiu na presença ou ausência do inibidor de cyt P450s malathion na dose de 1000 g/ha. As sementes passaram por um processo de interrupção de dormência em câmara úmida por 5 dias, seguida pela permanência em estufa com temperatura de aproximadamente 30°C por quatro dias. A semeadura foi realizada no dia 27 de dezembro de 2010. As unidades experimentais constaram de vasos plásticos com capacidade para 250 ml contendo solo Gleissolo Háplico Ta distrófico. A irrigação foi realizada por capilaridade. A adubação e os demais tratos culturais seguiram as recomendações técnicas da pesquisa para a cultura do arroz na região Sul do Brasil (SOSBAI, 2010). A aspersão dos herbicidas e do malathion ocorreram isoladamente quando as plantas estavam no estágio de 4 folhas, com utilização de pulverizador costal pressurizado com CO₂ munido de bicos DG 110.02, com pressão de 50 psi e calibrado para vazão de 200 L/ha. O malathion foi aspergido duas horas antes dos herbicidas. Durante a aplicação, a umidade relativa média foi de 70% e a temperatura média foi de 24°C. As avaliações foram realizadas através de controle visual aos 2, 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA), e massa seca da parte aérea foi avaliada aos 28 DAA.

O segundo experimento, realizado em condições de lavoura, foi semeado no dia 5 de novembro de 2010. Foi utilizado a cultivar PUITÁ INTA CL na densidade de 100 kg/ha de sementes. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com 4 repetições. O fator A foram os herbicidas imazethapyr, quinclorac e clomazone nas doses de 100, 375 e 500 g/ha, respectivamente. O fator B consistiu na presença ou ausência de inibidores de cyt P450s malathion na dose de 1000 g/ha e piperolina butóxido (PBO) na dose de 1200 g/ha. A aplicação dos inibidores e dos herbicidas e os demais tratos culturais foram os mesmos citados anteriormente. As avaliações foram através de controle visual aos 11, 28, 45, 64 e 100 DAA, e massa seca de capim-arroz aos 38 DAA. Em ambos experimentos, os dados foram submetidos à anova pelo F-teste ($p \leq 0,05$). O efeito de doses no primeiro experimento foi avaliado através de análise de regressão, e os efeitos simples das médias no segundo experimento foram comparados pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O controle de capim-arroz com clomazone foi reduzido com a aplicação prévia de 1000 g/ha de malathion no experimento em casa de vegetação (Figura 1a). Não houve diferença significativa entre os tratamentos com quinclorac com e sem malathion em casa de vegetação (dados não apresentados). A população de Arroio Grande-RS apresentou resistência ao herbicida quinclorac em relação a todas as populações suscetíveis (Figura 1b). Resultados semelhantes com esta população também foram encontrados por MARIOT *et al.* (2010). A resistência ao imazethapyr foi comprovada nas seis populações analisadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade (dados não mostrados). A diferença no controle de capim-arroz com o aumento das doses de imazethapyr na média das seis populações resistentes e das duas populações suscetíveis pode ser visualizada na Figura 1c. O efeito de malathion como indicação do mecanismo de resistência foi constatado em uma das populações avaliadas. A população originária do município de Camaquã apresentou um aumento de controle com a presença deste composto (Figura 1d). O aumento do controle com a adição de malathion sugere a ocorrência do processo de metabolização na resistência de capim-arroz a inibidores de ALS nesta população.

No experimento em condições de lavoura, os inibidores malathion e PBO não reduziram de forma significativa o controle de capim-arroz por clomazone (Tabela 1). Porém, a adição dos inibidores reduziu a fitointoxicação da cultura do arroz pelo clomazone aos 28 DAA, indicando que houve uma ação na redução da metabolização do clomazone pela cultura. Malathion e PBO também não apresentaram diferença significativa no controle de capim-arroz aos 11, 28 e 45 DAA e na produção de massa seca de capim-arroz através do herbicida quinclorac, confirmando o encontrado em casa de vegetação (Tabela 1).

O herbicida imazethapyr apresentou um aumento de controle com a adição dos inibidores de metabolização PBO e malathion em condições de lavoura aos 11 e 28 DAA

(Tabela 1). O aumento do controle aos 45 DAA e a produção de massa seca pela adição do malathion e do PBO não foi identificado, indicando uma recuperação do capim-arroz.

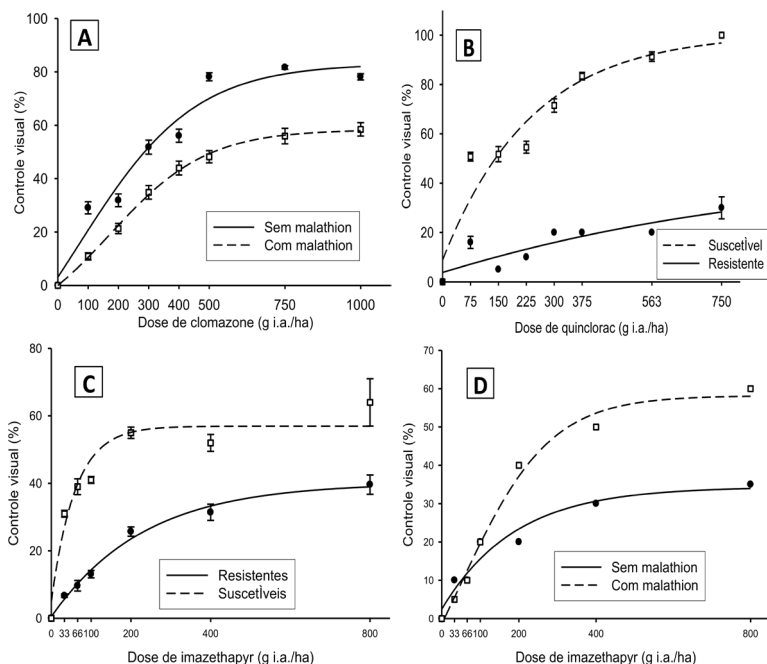


Figura 1. Curva dose-resposta do controle visual de capim-arroz aos 7 dias, (a) em função do herbicida clomazone com e sem 1000 g/ha de malathion na média das 8 populações analisadas; (b) do herbicida quinclorac da população resistente de Arroio Grande em comparação com a média de 7 populações suscetíveis a este herbicida; (c) do herbicida imazethapyr na média de 6 populações resistentes e 2 populações suscetíveis; e (d) controle aos 14 DAA por imazethapyr da população de capim-arroz de Camaquã resistente a ALS, com e sem 1000 g/ha de malathion.

O menor controle de capim-arroz em casa de vegetação por clomazone com a adição de malathion e a redução da fitointoxicação das plantas de arroz pela adição de PBO e de malathion é decorrente da redução da metabolização do herbicida pelas plantas de capim-arroz e arroz, respectivamente, não degradando o clomazone em seu composto de ação herbicida 5-keto clomazone. Resultados similares foram encontrados em algodão com a utilização de disulfoton e phorate (CULPEPPER *et al.*, 2001). Nesse estudo, plantas de algodão tratadas com os organofosforados tiveram uma maior massa seca que plantas tratadas apenas com clomazone.

O aumento de controle de capim-arroz por imazethapyr foi identificado no experimento em casa de vegetação para pelo menos uma população analisada e no experimento a campo, indicando um possível efeito da metabolização como mecanismo de resistência a imazethapyr. Resultados similares são encontrados na literatura, onde plantas de capim-arroz (*E. phyllopoгон*) tratadas com malathion previamente à aplicação de penoxsulan apresentaram um aumento da toxicidade desse herbicida e menor massa fresca em relação a plantas tratadas apenas com penoxsulan, sugerindo um possível envolvimento de cyt P450s na metabolização de herbicidas (YASUOR *et al.*, 2009). Ao avaliar plantas de azevém (*Lolium rigidum*) resistentes aos herbicidas usando inibidores do cyt P450s, Yu *et al.* (2009) demonstrou que malathion apresentou um sinergismo com chloressulfuron, revertendo a resistência e indicando, assim, que a resistência dessas populações aos

herbicidas inibidores de ALS é devido ao aumento da atividade de enzimas cyt P450. Em outro trabalho foi constatado que a adição de malathion seguida da aplicação de bispyribac-sodium aumentou o controle de *E. phyllopogon* resistente em até 31% em relação à aplicação do herbicida isoladamente, sugerindo que a degradação metabólica contribui significativamente para a resistência observada (FISCHER *et al.*, 2000). A resistência de *Digitaria sanguinalis* ao herbicida imazethapyr foi parcialmente revertida pelo composto malathion, indicando a participação de enzimas cyt 450s no processo de resistência a herbicidas imidazolinona (HIDAYAT *et al.*, 2001).

Tabela 1. Efeito de herbicidas e inibidores de metabolização na fitointoxicação do arroz e controle visual e massa seca de capim-arroz. Palmares do Sul, RS, 2010/11.

Tratamentos	Fitointoxicação (%)		Controle visual (%)			Massa seca de Capim-arroz (g/m ²)
	11 DAA	28 DAA	11 DAA	28 DAA	45 DAA	
Testemunha	0 B*	0 D	0 D	0 E	0 C	94,6 A
PBO	9 B	0 D	5 D	4 E	0 C	74,0 AB
Malathion	0 B	0 D	0 D	0 E	0 C	69,9 AB
Quinclorac	0 B	0 D	83 A	91 AB	91 A	0,9 C
Quinclorac+Malathion	0 B	0 D	90 A	95 A	97 A	12,5 C
Quinclorac+PBO	0 B	0 D	89 A	94 AB	97 A	4,9 C
Clomazone	56 A	21 A	83 A	90 AB	90 A	2,8 C
Clomazone+Malathion	51 A	13 B	83 A	83 AB	84 A	27,5 BC
Clomazone+PBO	41 A	5 C	83 A	79 B	83 A	16,8 C
Imazethapyr	0 B	0 D	21 C	18 D	13 BC	34,9 BC
Imazethapyr+Malathion	0 B	0 D	38 B	36 C	21 BC	33,5 BC
Imazethapyr+PBO	0 B	0 D	50 B	43 C	25 B	40,7 BC

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

CONCLUSÃO

A eficiência de imazethapyr aumentou em resposta a adição de inibidores de metabolização em uma população de capim-arroz em condições controladas e no experimento a campo. Portanto, resistência por processo de metabolização de herbicidas pode ser o mecanismo que confere resistência ao herbicida imazethapyr em pelo menos uma

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFIA

- CULPEPPER, A.S., *et al.* Effect of insecticides on clomazone absorption, translocation, and metabolism in cotton. **Weed Science**, v.49, n.5, p.613-616, 2001.
- 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.
- HIDAYAT, I. e PRESTON, C. Cross-resistance to imazethapyr in a fluzafop-P-butyl-resistant population of *Digitaria sanguinalis*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.71, n.3, p.190-195, 2001.
- MARIOT, C.H.P., *et al.*, Resistência múltipla e cruzada de capim-arroz aos herbicidas na cultura de arroz no Rio Grande do Sul. **CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS DANINHAS**. Ribeirão Preto: SBCPD, p.1455-1459, 2010.
- MEROTTO JR., A., *et al.* Resistência de Capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) aos herbicidas inibidores da enzima ALS. **VI CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO**. Porto Alegre, RS, 2009. CD-ROM.
- POWLES, S.B. e YU, Q. Evolution in action: plants resistant to herbicides. **Annual Review of Plant Biology**, v.61, p.317-47, 2010.
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Bento Gonçalves, RS: SOSBAI, 2010. 188p.
- YASUOR, H., *et al.* Mechanism of resistance to penoxsulam in late watergrass [*Echinochloa phyllopogon* (Stapf) Koss.]. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.57, n.9, p.3653-3660, 2009.
- YU, Q., *et al.* Distinct non-target site mechanisms endow resistance to glyphosate, ACCase and ALS-inhibiting herbicides in multiple herbicide-resistant *Lolium rigidum*. **Planta**, v.230, n.4, p.713-723, 2009.