

# ANTAGONISMO É O EFEITO PREDOMINANTE EM MISTURAS DE HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA PARA O CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM ARROZ

Felipe de O. Matzenbacher<sup>1</sup>; Augusto Kalsing<sup>1</sup>; Giliardi Dalazen<sup>2</sup>; Catarine Markus<sup>2</sup>; Aldo Merotto Jr<sup>3</sup>

Palavras-chave: antagonismo, arroz irrigado, interação, sinergismo

## INTRODUÇÃO

A resistência de biótipos de capim-arroz a herbicidas já foi relatada em vários locais do mundo (Heap, 2015). Nas lavouras de arroz irrigado do Sul do Brasil, o uso frequente de herbicidas inibidores da enzima ALS proporcionou a evolução de biótipos de capim-arroz resistentes a herbicidas desse mecanismo de ação, tornando-os ineficientes ao controle dessas plantas daninhas (Matzenbacher et al., 2014). No entanto, esses herbicidas são ferramentas de grande importância para controle de outras espécies associadas ao cultivo do arroz, principalmente no controle de arroz-vermelho, o que justifica as associações de herbicidas inibidores de ALS com herbicidas de outros mecanismos de ação para controlar plantas daninhas nessa cultura.

A mudança no mecanismo de ação entre anos agrícolas ou a associação de diferentes herbicidas na mesma estação de crescimento estão entre as principais alternativas para prevenir a ocorrência da resistência e eliminar os biótipos resistentes de plantas daninhas (Merotto Jr., 2009). Essa última alternativa aumenta o espectro de controle e previne o surgimento de plantas daninhas resistentes. Porém, a mistura de diferentes herbicidas pode apresentar efeitos aditivos, sinérgicos ou antagônicos (Hatzios e Penner, 1985; Kruse et al., 2001).

A utilização de misturas é comumente realizada pelos orizicultores para controle de plantas daninhas, muitas vezes sem a recomendação adequada em relação aos herbicidas e doses a serem utilizados. No entanto, o conhecimento do efeito da associação dos herbicidas é fundamental, uma vez que misturas de herbicidas que interagem antagonicamente podem ocasionar controle ineficiente, necessidade de reaplicação, aumento do custo de produção e redução do potencial produtivo da cultura. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da associação de diferentes herbicidas utilizados na cultura do arroz irrigado no Brasil de forma a estabelecer opções de combinações de herbicidas que possam ser utilizadas na prevenção e manejo da resistência de capim-arroz na cultura do arroz irrigado.

## MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação da associação de herbicidas utilizados na cultura do arroz irrigado foi realizada através da realização de três experimentos em condições de campo. O primeiro experimento foi realizado no município de Palmares do Sul, RS em área infestada com biótipo capim-arroz resistente a imidazolinonas (Matzenbacher et al. 2013). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos utilizados foram os herbicidas quinclorac, profoxydim, imazapyr + imazapic, fenoxaprop-P-ethyl, clomazone e bispyribac-sodium, isolados e em misturas, em doses correspondentes às recomendadas pelos fabricantes para o controle de capim arroz. A semeadura do arroz

---

<sup>1</sup> Pesquisador do Instituto Riograndense de Arroz Irrigado, Cachoeirinha, RS, (felipematzenbacher@gmail.com)

<sup>2</sup> Aluno de doutorado, PPG Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brasil.

<sup>3</sup> Professor, Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia. UFRGS. Porto Alegre, RS.

(cultivar Puitá Inta CL) foi realizada no dia cinco de novembro de 2010, na densidade de 100 kg de sementes ha<sup>-1</sup>. O segundo experimento foi realizado com capim-arroz suscetível a imidazolinonas, com fracionamento de doses, na Estação Experimental do Arroz, no Instituto Riograndense do Arroz (EEA-IRGA), em Cachoeirinha, RS. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos utilizados foram clomazone, propanil + thiobencarb, imazethapyr + imazapic, imazapyr + imazapic e profoxydim. As doses testadas corresponderam a 50 ou 75% da dose máxima registrada pelo fabricante. A semeadura do arroz foi realizada no dia oito de outubro de 2013, com densidade de 80 kg ha<sup>-1</sup> de sementes da cultivar IRGA 428, que é resistente aos herbicidas do grupo das imidazolinonas. O terceiro experimento foi realizado com capim-arroz suscetível a imidazolinonas, na EEA-IRGA, em Cachoeirinha, RS. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos utilizados foram profoxydim, cyhalofop-butyl, imazapyr + imazapic, penoxsulam, bispyribac-sodium, quinclorac, propanil + thiobencarb e clomazone isolados e em misturas. As doses testadas corresponderam a 50% da dose máxima registrada pelo fabricante, com o objetivo de potencializar a visualização dos efeitos de interação entre os herbicidas. A semeadura do arroz foi realizada no dia cinco de novembro de 2013, com densidade de 100 kg ha<sup>-1</sup> de sementes da cultivar IRGA 428. As unidades experimentais corresponderam a parcelas com 6,5 x 2,0 m, alocadas na mesma área descrita no item anterior.

Nos três experimentos, a semeadura ocorreu em linha com espaçamento de 0,17 m. No primeiro experimento, a adubação de base foi realizada na semeadura da cultura, por meio da distribuição em linha de 250 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 00-20-30 de N-P-K, o que proporcionou 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 75 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. A irrigação por inundação foi realizada de 3 a 5 dias após a aspersão dos herbicidas. O controle de doenças e pragas foi realizado de forma preventiva com uso de inseticidas e fungicidas registrados para a cultura do arroz. A aplicação dos herbicidas em ambos os experimentos foi realizada com pulverizador costal pressurizado à CO<sub>2</sub>, com pontas do tipo leque 80.01, calibrado para volume de calda de 100 L ha<sup>-1</sup>. A aplicação ocorreu quando as plantas de capim-arroz estavam com três a quatro folhas. Nos momentos das aplicações, a temperatura e umidade relativa do ar variaram de 20 a 26°C e 65 a 75 %, respectivamente.

As avaliações de controle de plantas de capim-arroz foram realizadas em escala visual, de acordo com o método de EWRC (1964), onde 0% corresponde a nenhum efeito e 100% corresponde à morte das plantas. No primeiro experimento, com capim-arroz resistente a imidazolinonas, as avaliações foram realizadas aos 11, 28 e 45 DAT (dias após o tratamento). No segundo experimento, com fracionamento de doses, as avaliações foram aos 5, 10 e 20 DAT. No terceiro, utilizando 50% da dose comercial, as avaliações foram aos 7, 14, 21 e 28 DAT. Em ambos os experimentos, todas as notas de controle foram a média de dois avaliadores. O rendimento de grãos do foi quantificado após colheita manual, em uma área útil de 1,7 m<sup>2</sup>. Os valores foram corrigidos para 13% de umidade e extrapolados para kg ha<sup>-1</sup>.

A análise do efeito das interações entre os herbicidas foi realizada pelo método de Colby (1967) e comparadas pelo teste *t*. Nesse método, o efeito das misturas é avaliado pela equação:  $E = Y_1 + Y_2(100 - Y_1)/100$ , onde E representa o valor esperado com a associação dos herbicidas e Y<sub>1</sub> e Y<sub>2</sub> os efeitos isolados observados dos herbicidas. Os dados de rendimento de grãos foram submetidos à ANOVA e, havendo significância no teste F, foram submetidos à comparação de médias pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ocorrência de efeito aditivo, sinérgico e antagonico foi identificada em 18, 18 e 64 %, respectivamente, dentre um total de 50 diferentes associações de herbicidas e doses avaliadas. Em geral, a aplicação de inibidores de ALS com inibidores de ACCase reduziu o controle de capim-arroz comparada com aplicações isoladas dos herbicidas (tabela 1). Na

maioria das avaliações, as misturas de fenoxaprop-P-ethyl com imazethapyr + imazapic, imazapyr + imazapic e bispyribac-sodium resultaram em antagonismo, com redução significativa no controle de capim-arroz resistente aos herbicidas inibidores da ALS (tabela 1). Em biótipos suscetíveis, imazapyr + imazapic associados com profoxydim resultou em efeito antagonônico, independentemente da dose avaliada (dados não apresentados). Nas avaliações com 50% da dose dos herbicidas, as misturas de imazapyr + imazapic com profoxydim ou cyhalofop-butyl resultaram na redução do controle de capim-arroz suscetível aos inibidores da ALS (dados não apresentados). No mesmo experimento, bispyribac-sodium, outro herbicida inibidor da ALS, quando combinado com profoxydim, teve controle reduzido quando comparado ao efeito isolado de cada herbicida. Porém, as misturas de penoxsulam com profoxydim ou cyhalofop-butyl, e bispyribac-sodium com cyhalofop, resultaram em controle similar ao observado nos tratamentos em que os herbicidas foram aspergidos isoladamente, resultando em efeito aditivo.

Tabela 1- Avaliação da eficiência de controle de capim arroz (*Echinochloa crus-galli*) resistente aos herbicidas inibidores da enzima ALS e rendimento de grãos de arroz irrigado em resposta à aplicação de misturas de herbicidas aos 11, 28 e 45 DAT e efeito observado (Obs) e resposta esperada (Esp) pelo método de Colby. Palmares do Sul/RS, 2010/11.

Tratamentos	Dose (g ha <sup>-1</sup> )	11 DAT		28 DAT		45 DAT		Rendimento (kg ha <sup>-1</sup> )
		Obs.	Esp.	Obs.	Esp.	Obs.	Esp.	
Quinclorac + profoxydim	375 + 120	94	99*	85	99	85	99	4,055 ABC
Imazapyr + imazapic e profoxydim	105+35 + 150	91	95	75	93	90	92	5,404 AB
Imazapyr + imazapic + quinclorac	105+35 + 375	90	87*	96	96	96*	93	5,898 A
Fenoxaprop-P-ethyl + clomazone	89.7 + 400	88	94	91	88	88	84	3,474 BC
Fenoxaprop-P-ethyl + imazapyr+ imazapic	89.7 + 73.5 + 24.5	63	84*	55	84*	48	79*	3,498 BC
Fenoxaprop-P-ethyl +bispyribac-sodium	89.7 + 50	68	87	64	85*	51	76*	2,884 CD
Fenoxaprop-P-ethyl + imazethapyr + imazapic	89.7 + 75 + 25	45	82*	40	81*	39	76*	3,452 BC
Fenoxaprop-P-ethyl +penoxsulam	89.7 + 48	80	93	88	95	89	97*	4,020 ABC
Testemunha	-	-	-	-	-	-	-	2,094 D

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

O rendimento de grãos variou conforme a eficiência de controle de plantas daninhas resultante da ação dos tratamentos (tabela 1). Os maiores rendimentos de grãos foram observados no tratamento de imazapyr + imazapic em associação com quinclorac. Nesse, o sinergismo evidenciado promoveu maior controle de capim-arroz e, por consequência, menor interferência da planta daninha sobre a cultura. O menor rendimento de grãos entre os tratamentos que receberam a aspersão de herbicidas foi observado no tratamento composto por fenoxaprop-P-ethyl associado com bispyribac-sodium, no qual foi observada uma resposta antagonônica, não diferindo do tratamento testemunha. Os demais tratamentos proporcionaram rendimentos de grãos intermediários.

Portanto, os resultados indicam a existência de interações que, se não conhecidas, podem acarretar variações do controle esperado de plantas de capim-arroz e outras espécies presentes na lavoura. As consequências mais problemáticas são as interações que resultam em antagonismo.

A associação entre herbicidas inibidores da enzima ALS pertencentes a diferentes grupos químicos é uma alternativa para controle de capim-arroz resistente a imidazolinonas, ou para a prevenção da evolução da resistência. No entanto, uma hipótese do presente trabalho é que misturas de herbicidas podem proporcionar variações nas respostas de controle de capim-arroz em comparação com o efeito dos produtos isolados. Ainda, diferenças de estágio de plantas daninhas no momento da aspersão ou de dose podem resultar em variações de controle. Nesse caso, foi quantificada uma frequência maior de antagonismo do que sinergismo ou até mesmo efeito neutro no controle de capim-arroz, o que aumenta a problemática de controle. A avaliação de 479 interações envolvendo 76 diferentes espécies de plantas daninhas encontrou predomínio de antagonismo em monocotiledôneas e de sinergismo em dicotiledôneas (Zhang et al., 1995) indicando a complexidade do efeito da associação entre herbicidas em relação aos efeitos desejados de sinergismo ou aditividade.

## CONCLUSÃO

Em geral, a associação de inibidores da ACCase com inibidores de ALS, quinclorac, clomazone + propanil ou thiobencarb resultaram em antagonismo. Efeito sinérgico foi observado em clomazone com propanil + thiobencarb, profoxydim com cyhalofop-butyl ou clomazone, e quinclorac com imazapyr + imazapic, bispiribac-sodium ou cyhalofop-butyl. As misturas de quinclorac com profoxydim foram antagônicas.

O rendimento de grãos variou conforme a eficiência de controle de plantas daninhas resultante da ação dos tratamentos. Ou seja, na associação sinérgica a produtividade de grãos foi superior. As associações de herbicidas identificadas como aditivas ou sinérgicas podem contribuir para o manejo de plantas daninhas na cultura do arroz irrigado como forma de prevenção da evolução e do controle de capim-arroz resistente a herbicidas imidazolinonas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COLBY, S. R. Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicide combinations. **Weeds**, Columbus, v. 15, n. 1, p. 20-22, January 1967.
- COUNCE, P. et al. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v. 40, n.2, p. 436-443, march-april 2000.
- HEAP, I. **International survey of herbicide resistant weeds 2015**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>>. Acesso em: 02 jan. 2015.
- HATZIOS, K. K.; PENNER, D. Interaction of herbicides with other agricultural chemicals in higher plants. **Review Weed Science**, Champaign v. 1, n. 1, p. 1-64, 1985.
- KRUSE, N. D. et al. Sinergismo potencial entre herbicidas inibidores do fotossistema II e da síntese de carotenóides. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 569-575, julho-agosto 2001.
- MATZENBACHER, F. O. et al. Distribution and analysis of the mechanism of resistance of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) to imidazolinone and quinclorac herbicides. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, *in press.*, august 2014. Available in: <<http://dx.doi.org/10.1017/S0021859614000768>>.
- MEROTTO JR, A. et al. Estimating the outcrossing rate of *Cyperus difformis* using resistance to ALS-inhibiting herbicides and molecular markers. **Weed Research**, Malden, v. 49, n. 1, p. 29-36, February 2009.
- STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2ª Ed. Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222p.
- ZHANG, J. H. et al. Antagonism and synergism between herbicides- trends from previous studies. **Weed Technology**, Fayetteville, v. 9, n. 1, p. 86-90, January-march 1995.