

NÍVEL DE RESISTÊNCIA DOS HÍBRIDOS LD132PV E XP739MA A HERBICIDAS INIBIDORES DA ACCASE

Othon D. dos Santos¹; Guilherme M. Turra²; Gabriel M. Dias¹; Lucas M. Piazza¹; Aldo Merotto Jr.³

Palavras-chave: *Oryza sativa*, Provisia®, MaxAce®, quizalofope, propaquizafope

Introdução

As tecnologias Provisia® (BASF, 2022) e MaxAce® (RiceTec, 2022) foram desenvolvidas como alternativas para o controle de arroz-daninho e outras gramíneas resistentes a herbicidas inibidores da ALS no cultivo de arroz. Ambas conferem resistência a herbicidas inibidores da ACCase do grupo químico dos ariloxifenoxipropionatos (FOPs) e são recomendadas com os herbicidas gramínicos Provisia 50® EC (quizalofope-P-etílico) e Acert® (propaquizafope), respectivamente. Apesar do potencial desses sistemas no manejo de gramíneas daninhas e das boas perspectivas de sua adoção no cultivo de arroz (Chiapinotto *et al.*, 2024), há relatos, em algumas situações, da ocorrência de fitotoxicidade em condições de campo, sendo que os motivos não são totalmente conhecidos. A ocorrência de erros de preparo de calda ou sobreposição de faixas de aplicação pode resultar na ocorrência de fitotoxicidade de herbicidas de forma isolada ou em conjunto com o efeito de condições ambientais adversas. O objetivo desse trabalho foi avaliar o nível de resistência de híbridos de arroz associados com as tecnologias Provisia® e MaxAce® a diferentes inibidores da ACCase.

Material e Métodos

O material vegetal consistiu em dois híbridos de arroz resistentes a inibidores da ACCase, LD132PV e XP739MA, associados às tecnologias Provisia® e MaxAce®, respectivamente, bem como a cultivar suscetível a inibidores da ACCase IRGA 424RI. Os herbicidas inibidores da ACCase quizalofope-P-etílico (ariloxifenoxipropionato - FOP), propaquizafope (FOP), haloxifope-R-metílico (FOP) e cletodim (ciclohexanodiona - DIM) foram utilizados em curva dose-resposta. O experimento foi conduzido em casa de vegetação climatizada, com temperatura média de 25 ± 5 °C e suplementação luminosa entre 400 e 600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Os herbicidas foram aplicados em câmara de aplicação automatizada com volume de calda de 200 L/ha⁻¹. As doses crescentes variaram de 0,03 a 2 vezes a dose de referência para cada ingrediente ativo. As doses de referência utilizadas foram 144 g ha⁻¹ de cletodim (Poquer®, 240 g L⁻¹) + 0,5% v/v Veget'oil, 108 g ha⁻¹ de haloxifope-R-metílico (Verdict®MAX, 540 g L⁻¹) + 0,5% v/v Assist®, 125 g ha⁻¹ de propaquizafope (Acert®, 100 g L⁻¹) + 0,5% v/v Rumba® e 120 g ha⁻¹ para quizalofope-P-etílico (Provisia® 50EC, 50 g L⁻¹) + 0,5% v/v Dash®. As aplicações foram realizadas no estágio de três a quatro folhas e a avaliação da massa fresca da parte aérea ocorreu 14 dias após a aplicação. Cada tratamento contou com quatro repetições e o experimento foi repetido duas vezes. Os dados foram ajustados ao modelo de regressão não linear log-logístico de três parâmetros, utilizando o pacote *drc* no software R. A visualização dos resultados foi realizada por meio de gráficos gerados com o pacote *ggplot2*, também no R.

¹ Aluno de graduação, UFRGS, othondiasdossantos@outlook.com, m.diasga@gmail.com, lucaspiazza010@gmail.com

² Aluno de doutorado, UFRGS, turragm@gmail.com

³ Professor, UFRGS, merotto@ufrgs.br

Resultados e Discussão

Os híbridos LD132PV e XP739MA foram no mínimo seis vezes mais resistentes que IRGA 424RI para os herbicidas propaquizafope e quizalofope-P-etílico (Tabela 1). Os herbicidas quizalofope-P-etílico e propaquizafope resultaram em 100% de controle de ambos os híbridos resistentes a ACCase em uma vez a dose de referência (Figura 1). A cultivar suscetível a inibidores da ACCase, IRGA 424RI, foi totalmente controlada com 12% da dose de referência para ambos os herbicidas (Figura 1). Experimentos em casa de vegetação, com condições controladas e otimizadas, geralmente potencializam os efeitos dos herbicidas. Em condições de campo, a resposta desses genótipos à aplicação de herbicidas pode ser diferente, principalmente para inibidores da ACCase, que são fortemente afetados por variações ambientais (Takano *et al.*, 2020). Por esse motivo, os resultados com as doses abaixo das doses de referência utilizadas nesse estudo não se traduzem diretamente em performances similares em condições de campo.

O herbicida haloxifope-R-metílico, outro representante do grupo químico dos FOPs, não resultou em controle total dos híbridos LD132PV e XP739MA em até duas vezes a dose de referência, mas o controle satisfatório de IRGA 424RI ocorreu a partir de 50% da dose de referência para esse herbicida. Os híbridos de arroz foram de 5,4 a 8,4 vezes mais resistentes a haloxifope-R-metílico do que IRGA 424RI (Tabela 1). Para o herbicida cletodim, representante do grupo químico dos DIMs, o controle total de LD132PV e XP739MA ocorreu a partir de 50% da dose de referência, enquanto para IRGA 424RI a dose de 25% resultou em morte das plantas (Figura 1). Os híbridos avaliados foram no mínimo três vezes mais resistentes que IRGA 424RI após a aplicação de cletodim (Tabela 1). Apesar de não serem considerados resistentes a DIMs, o mecanismo de resistência das tecnológicas Provisia® e MaxAce® aumentou o grau de tolerância a cletodim em comparação com a cultivar suscetível.

Tabela 1. Parâmetros da equação log-logística de três parâmetros para a massa fresca da parte aérea dos híbridos resistentes a inibidores da ACCase LD132PV e XP739MA e a cultivar de arroz suscetível a inibidores da ACCase IRGA 424RI após a aplicação dos herbicidas cletodim, haloxifope-R-metílico, propaquizafope e quizalofope-P-etílico.

	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>e</i> (ED_{50})	FR	PR	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>e</i> (ED_{50})	FR	PR
	Cletodim					Propaquizafope				
IRGA424RI	1,8	3,0	5,7 *			4,7	4,3	4,7 *		
LD132PV	3,0	6,2	17,0 *	3,0 *		2,0	5,9	45,1 *	9,4 *	
XP739MA	1,9	7,8	20,2 *	3,5 *	1,1	1,9	7,3	29,7 *	6,3 *	0,6 *
	Haloxifope-R-metílico					Quizalofope-P-etílico				
IRGA424RI	1,4	4,0	7,9 *			1,8	3,8	3,5 *		
LD132PV	1,2	6,3	42,7 *	5,4 *		1,4	5,7	27,3 *	7,9 *	
XP739MA	1,5	6,6	66,8 *	8,4 *	1,5	1,2	7,2	26,1 *	7,6 *	0,9

b: inclinação da curva, *d*: limite superior, *e*: ponto de inflexão, que representa a dose ($g\ ha^{-1}$) que resulta em 50% da redução da massa fresca da parte aérea (ED_{50}), FR: fator de resistência = ED_{50} do resistente / ED_{50} IRGA424RI. PR: potência relativa = ED_{50} XP739MA / ED_{50} LD132PV. * parâmetro considerado estatisticamente significativo a 5% com base no intervalo de confiança calculado pelo método delta.

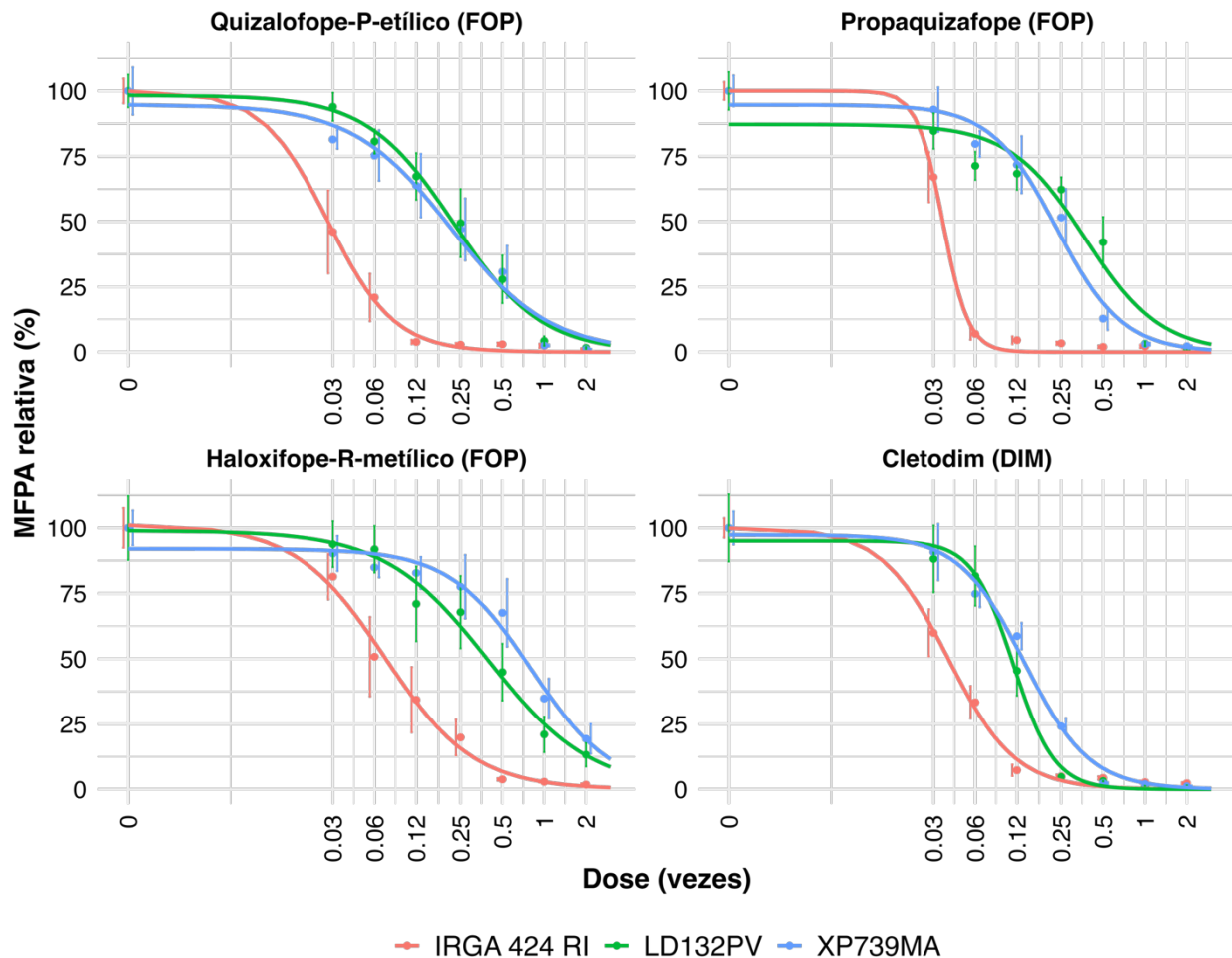


Figura 1. Curva dose-resposta para os híbridos de arroz resistentes a inibidores da ACCase LD132PV e XP739MA e a cultivar de arroz suscetível a inibidores da ACCase IRGA 424RI com os herbicidas quizalofope-P-etílico, propaquizafope, haloxifope-R-metílico e cletodim.

Não houve diferença no nível de resistência dos híbridos LD132PV e XP739MA para os herbicidas cletodim, haloxifope-R-metílico e quizalofope-P-etílico (Tabela 1). Já para propaquizafope, o híbrido LD132PV foi quase duas vezes mais resistente do que XP739MA (Tabela 1). A resistência a FOPs na tecnologia Provisia® é devido a mutação Ile1781Leu (Famoso *et al.*, 2019) e na tecnologia MaxAce® é associada a mutação Gly2096SSer (Hinga *et al.*, 2016). Diferentes mutações no gene alvo de um herbicida podem resultar em diferentes padrões de resistência cruzada e diferentes níveis de resistência para uma mesma espécie vegetal (Takano *et al.*, 2020). A presença da mutação Ile1781Leu em arroz-daninho também conferiu suscetibilidade ao herbicida cletodim (González-Torralva; Norsworthy, 2023), porém resultou em resistência, com ED₅₀ de 159,4 g ha⁻¹, em *Beckmannia syzigachne* (Du *et al.*, 2016). Outro trabalho em arroz não encontrou variação no nível de resistência entre as mutações Ile1781Leu e Gly2096SSer para haloxifope-R-metílico e fenoxaprop-P-etílico, mas Ile1781Leu foi duas vezes mais resistente que Gly2096Ser para quizalofope-P-etílico (Zhou *et al.*, 2024). Além disso, similar ao que foi observado em nosso estudo, observou-se pouca variação no nível de resistência entre os diferentes FOPs avaliados.

Conclusões

As tecnológicas Provisia® e MaxAce® conferem resistência a inibidores da ACCase do grupo químico dos FOPs propaquizafope e quizalofope-P-etílico, sem diferença entre as tecnologias para as doses de referência. Para o herbicida FOP não recomendado com essas tecnologias, haloxifope-R-metilico, o nível de resistência, em comparação com a cultivar suscetível, foi similar ao encontrado para propaquizafope e quizalofope-P-etílico, sem variação entre tecnologias. As tecnologias apresentam maior sensibilidade a cletodim (DIM) do que aos FOPs avaliados. Os resultados obtidos em condições controladas em casa de vegetação e doses abaixo das doses de referência podem diferir daqueles encontrados em condições de campo, com variações em função de condições ambientais e de tecnologia de aplicação.

Agradecimentos

À CAPES pela bolsa de doutorado a GMT e ao CNPq pela bolsa Pq a AMJ

Referências

- BASF. **BASF lança Sistema de Arroz Provisia[®] no Brasil**. Disponível em: <<https://www.basf.com/basf/www/br/pt/media/news-releases/2022/02/basf-lanca-sistema-de-arroz-provisia--no-brasil->>. Acesso em: 16 maio. 2025.
- CHIAPINOTTO, Diego M. *et al.* From the Clearfield® to the Provisia™ system for rice production: Challenges and management opportunities. **Advances in Weed Science**, v. 42, 25 nov. 2024.
- DU, Long *et al.* Cross-resistance patterns to ACCase-inhibitors in American sloughgrass (*Beckmannia syzigachne* Steud.) homozygous for specific ACCase mutations. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 126, p. 42–48, jan. 2016.
- FAMOSO, Adam N. *et al.* Registration of 'PVL01' Rice. **Journal of Plant Registrations**, v. 13, n. 3, p. 330–333, 2019.
- GONZÁLEZ-TORRALVA, Fidel; NORSWORTHY, Jason K. Quizalofop resistance in weedy rice (*Oryza sativa* L.) is mainly conferred by an Ile1781Leu mutation. **Plant Science**, v. 336, p. 111838, 1 nov. 2023.
- HINGA, Melissa *et al.* **Rice resistant to HPPD and accase inhibiting herbicides**. , 5 abr. 2016. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US9303270B2/en>>. Acesso em: 27 maio. 2025
- RICETEC. **Seeds and Solutions | RiceTec Global**. Disponível em: <<https://ricetec.com/seeds-and-solutions/>>. Acesso em: 16 maio. 2025.
- TAKANO, Hudson Kagueyama *et al.* ACCase-inhibiting herbicides: mechanism of action, resistance evolution and stewardship. **Scientia Agricola**, v. 78, p. e20190102, 13 mar. 2020.
- ZHOU, Zhenzhen *et al.* Differential Resistance to Acetyl-CoA Carboxylase Inhibitors in Rice: Insights from Two Distinct Target-Site Mutations. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 72, n. 21, p. 12029–12044, 29 maio 2024.