

RESISTÊNCIA A HERBICIDAS INIBIDORES DE ALS EM *Cyperus ferax* E *Cyperus macrostachyos* E ALTERNATIVAS PARA CONTROLE

Fernando L. Cappellari¹; Paula S. Angonese ²; Inácio J. Barbosa²; Eduarda F. de Jesus¹, Aldo Merotto Jr.³

Palavras-chave: Arroz, *Cyperus odoratus*, gene ALS, imazetapir, penoxsulam

Introdução

A ocorrência de plantas daninhas é um dos fatores limitantes da produtividade de arroz. Dentre essas, espécies da família das ciperáceas, como *Cyperus ferax* (sin. *Cyperus odoratus*) e *Cyperus macrostachyos* (sin. *Pycrus macrostachyos*, ou *C. erythrorhizos*), que antes eram consideradas de pouca importância, vem se tornando cada vez mais frequentes em áreas de cultivo de arroz. Uma das causas da maior frequência dessas espécies nos últimos anos pode estar relacionada com a resistência a herbicidas (Chiapinotto et al. 2023; Riar et al. 2015). Herbicidas inibidores de ALS constituem um dos principais grupos químicos utilizados para o controle de ciperáceas (Ulguim et al., 2023). O uso contínuo e inadequado desses produtos tem contribuído para a seleção de biótipos resistentes, tornando o controle químico menos eficaz. O objetivo deste estudo foi investigar os mecanismos de resistência de *Cyperus ferax* e *Cyperus macrostachyos* a herbicidas inibidores de ALS e a eficácia de herbicidas de outros mecanismos de ação como opção de controle dessas espécies.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação climatizada no Departamento de Plantas de Lavoura na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) entre 2024 e 2025. Para *Cyperus ferax*, foram utilizadas 3 populações, denominadas Ferax1, Ferax2 e Ferax3, coletadas em áreas de lavoura Rio Grande do Sul. As sementes foram semeadas em sementeiras, e, posteriormente, foram transplantadas para vasos de 200 ml, contendo uma mistura de solo e substrato comercial. Os tratamentos herbicidas e respectivas doses de referência foram dois herbicidas inibidores de ALS, Kifix (imazapir 525 g/kg + imazapique 125 g/kg) - 0,14 Kg/ha e Ricer (penoxsulam, 240 g/L) - 0,25 L/ha, dois herbicidas inibidores do fotossistema 2, sendo eles Stam 800 WG (propanil, 800 g/kg) a - 4, 5 kg/ha e Basagran 600 (bentazona, 600 g/L) - 1,6 L/ha, e um herbicida mimetizador de auxina, Loyant (florpyrauxifen-benzyl 25 g/L) -1,2 L/ha. Os tratamentos herbicidas foram aplicados nas doses de 0,6 e 1X a dose de referência. Para *C. macrostachyos* foram utilizadas as populações denominadas Macro9 e Macro10 com suspeita de resistência e a população S de *Cyperus* iria, a qual foi selecionada devido a ausência de população suscetível de *C. macrostachyos*. Os herbicidas avaliados foram Imazetapir Plus Nortox (imazetapir 200 g/L) na dose de 0,5 L/ha, Gladium (etoxissulfuron, 600 g/kg) na dose de 0,133 L/ha, Ricer (penoxsulam 240 g/L) na dose de 0,25 L/ha, Nominee 400 SC (bispiribac-sodium, 400 g/L) na dose de 0,125 L/ha, e Basagran (bentazon, 600 g/L) na dose de 1,6 L/ha. Foram adicionados os adjuvantes recomendados para cada herbicida. Os experimentos foram realizados em delineamento completamente casualizado, com cinco repetições.

A aplicação dos herbicidas foi realizada no estágio de 3 a 4 folhas, a partir de pulverização em câmara de aplicação automatizada calibrada para 200L/ha. A avaliação dos resultados foi realizada 21 dias após a aplicação através de atribuição de nota de eficiência de controle (%).

¹ Aluno de Graduação. Faculdade de Agronomia. UFRGS. Email: fernandocappellari7@gmail.com; eduardafragadejesus@gmail.com

² Aluno de Pós-graduação. Faculdade de Agronomia. UFRGS. Email: paulasangonese@gmail.com; inacio.barbosa@ufrgs.br

³ Professor. Faculdade de Agronomia. UFRGS. Email: merotto@ufrgs.br

Tecido vegetal de plantas sobreviventes a aplicação dos herbicidas foi coletado e o DNA extraído através do método CTAB. O gene *ALS* foi parcialmente amplificado por meio de PCR, utilizando primers desenvolvidos com base em *Cyperus iria*, e enviado para sequenciamento. Marcadores moleculares, desenvolvidos para a mutação *ALS* Trp574Leu em *C. iria*, também foram testados nessas populações avaliadas.

Resultados e Discussão

Em relação a *Cyperus ferax*, a população Ferax1 teve controle superior a 98% em relação a aplicação de todos herbicidas e doses testadas, sendo considerada suscetível (Figura 1). Nas populações Ferax2 e Ferax3, o herbicida inibidor de ALS Kifix resultou em baixa eficiência controle indicando a ocorrência de resistência. No entanto, o herbicida Ricer, também inibidor da ALS, resultou em controle das populações Ferax2 e Ferax3, indicando ausência de resistência cruzada entre imazetapir e penoxsulam. Os tratamentos com Loyant e Stam resultaram em controle superior a 90% (Figura 1).

A análise do sequenciamento do gene *ALS* indicou que a população Ferax1, que apresentou controle superior a 98% com todos os tratamentos, não apresentou mutação associada com a resistência a inibidores de ALS, confirmada assim como suscetível (Figura 2). Já a população Ferax2, que mostrou resistência ao herbicida Kifix, apresentou a mutação Ser653Thr. A população Ferax3, de forma particular, apresentou duas mutações simultâneas, sendo elas Trp574Leu e Ser653Asn. A presença de picos duplos nos cromatogramas indica a presença do gene em heterozigose ou existência de mais de uma cópia do gene *ALS* em *C. ferax* (Figuras 2D, E e F), e isto pode estar associado a variação de resistência cruzada entre os herbicidas Kifix e Ricer.

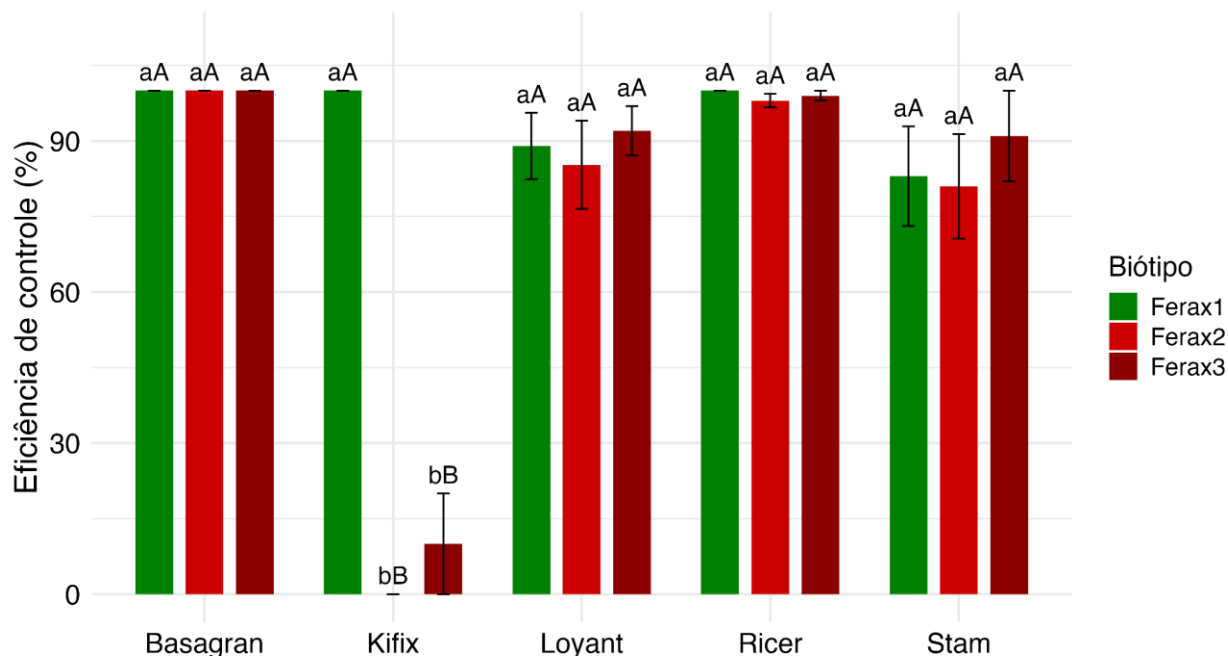


Figura 1. Eficiência de controle (%) aos 21 dias após a aplicação dos herbicidas Basagran (bentazon), Kifix (imazapir + imazapic), Loyant (florpirauxifen-benzílico), Ricer (penoxsulam) e Stam 800 WG (propanil) na média das doses 0,6X e 1X nas populações Ferax1, Ferax2 e Ferax3 de *Cyperus ferax*.

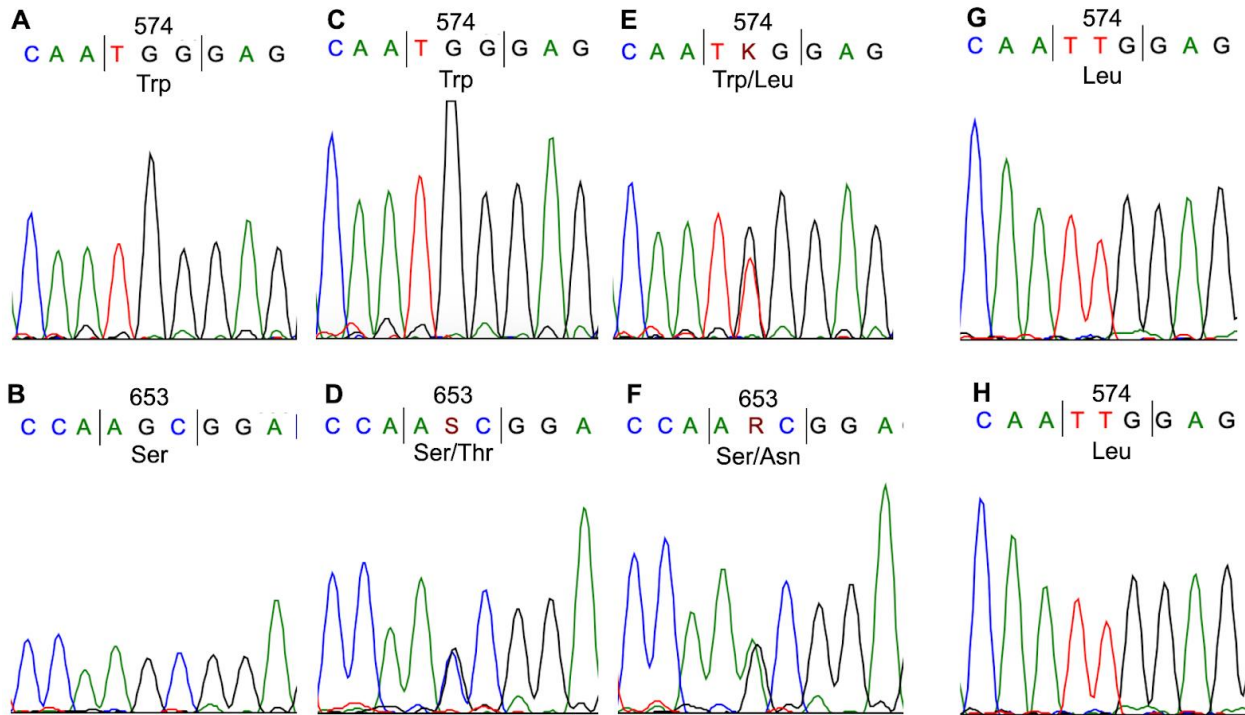


Figura 2: Cromatogramas das posições Ser653 e Trp574 do gene ALS de *Cyperus ferax*. Biótipo suscetível Ferax1 sem mutações (A e B). Biótipo resistente a inibidores da ALS Ferax2 com a mutação Ser653Thr (C e D). Biótipo resistente a inibidores da ALS Ferax3 com as mutações Trp574Leu e Ser653Asn (E e F). Biótipos resistentes a inibidores da ALS Macro9 (G) e Macro10 (H) com a mutação Trp574Leu.

Em *C. macrostachyos*, nas populações Macro9 e Macro10, os herbicidas inibidores de ALS Imazetapir, Gladium, Ricer e Nominee resultaram em baixo controle das populações 9 e 10, indicando a ocorrência de resistência a herbicidas inibidores da ALS (Figura 3). A análise do sequenciamento do gene ALS identificou a presença da mutação Trp574Leu em ambas as populações (Figura 2G e H).

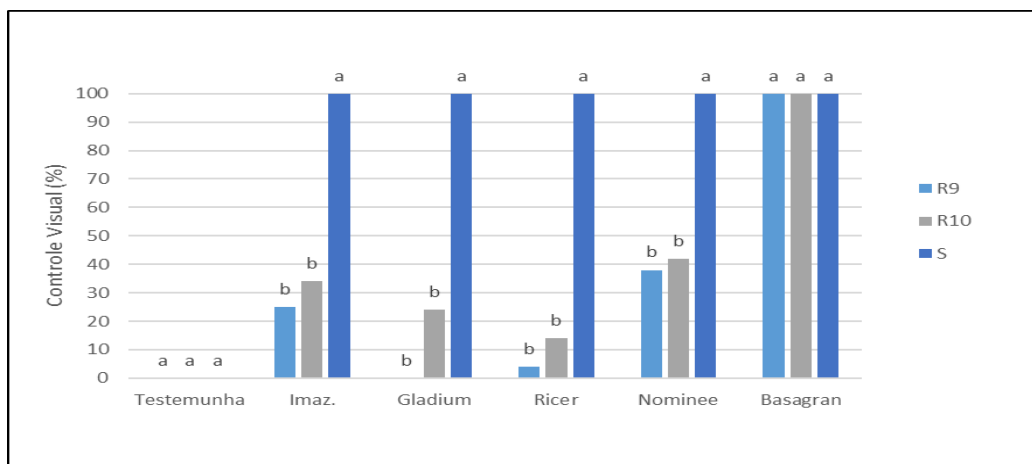


Figura 3. Eficiência de controle (%) aos 21 dias após a aplicação de diferentes herbicidas nas populações 9 (R9) e 10 (R10) de *C. macrostachyos* e na população suscetível (S) de *C. iria*

Os marcadores moleculares SNAP desenhados com base no gene ALS de *Cyperus iria* foram eficientes em indicar a presença de Leu574 de forma seletiva em ambas as espécies (Figura 4). Isto indica elevada similaridade nucleotídica do gene ALS entre *C. iria*, *C. ferax* e *c.*

macrostachyos. Este marcador molecular contribui com ferramenta de diagnóstico rápido para a identificação da resistência e pode auxiliar na tomada de decisão em relação a aplicação de herbicidas.

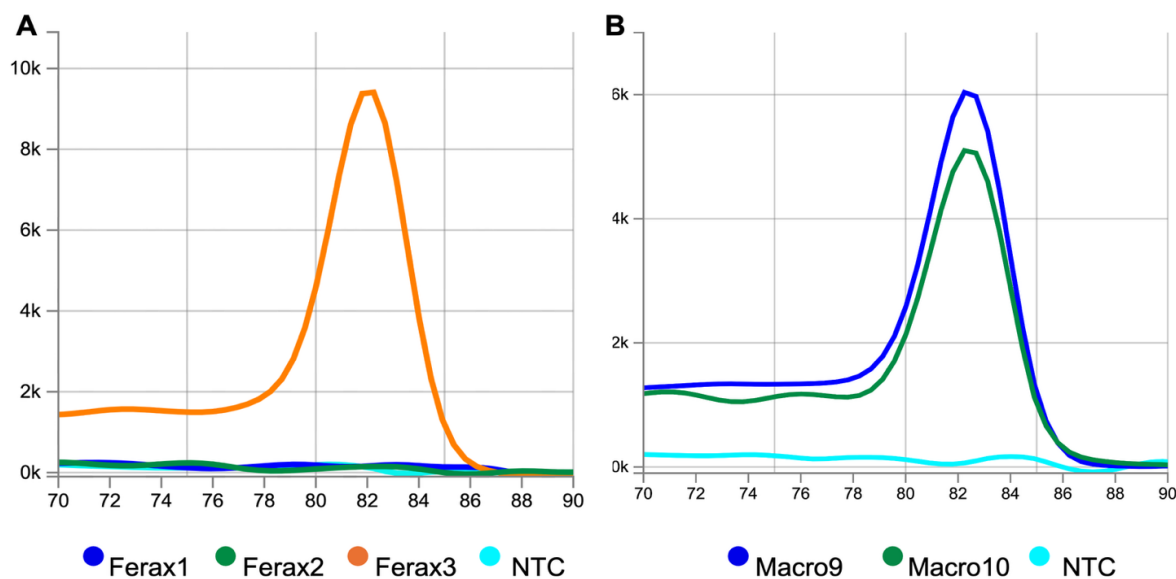


Figura 4. Curva de melting dos marcadores moleculares para a mutação Trp574Leu em *Cyperus iria* (A) e *Cyperus macrostachyos* (B). O pico representa a presença da mutação nas populações Ferax3, Macro9, Macro10. NTC: controle negativo sem presença de DNA.

Conclusões

Em *Cyperus ferax*, foram identificadas as mutações Ser653Thr e Trp574Leu + Ser653Asn em heterozigose ou em diferentes cópias do gene ALS, que pode explicar a variação de resistência cruzada entre imazetapir e penoxsulam nas populações avaliadas. Em *Cyperus macrostachyos*, a resistência a herbicidas inibidores da ALS foi confirmada pela presença da mutação Trp574Leu em ambas as populações avaliadas. Esses resultados indicam que a resistência nestas espécies é causada principalmente por alterações no gene ALS, destacando a necessidade de usar herbicidas de diferentes mecanismos de ação e diferentes métodos de controle de plantas daninhas, de forma equilibrada, nas lavouras de arroz.

Agradecimentos

Agradecemos a FAPERGS pela bolsa de iniciação científica a FLC, e ao CNPq pela bolsa de produtividade a AMJ.

Referências

- ULGUIM, André da Rosa *et al.* Resistência de *Cyperus iria* L. (CYPIR) aos inibidores de acetolactato sintase (ALS) no Rio Grande do Sul. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO**, 8., 2013, Bento Gonçalves. *Anais eletrônicos...* Bento Gonçalves: SOSBAI, 2013. p. 309–312.
- CHIAPINOTTO, D. M. *et al.* Target-site is the main mechanism of resistance to ALS-inhibitor herbicides in a rice flatsedge population from Southern Brazil. *Advances in Weed Science*, v. 41, e020220066, 2023. Disponível em: <http://awsjournal.org>. Acesso em: 20 mai. 2025.
- RIAR, D. S. *et al.* Acetolactate synthase-inhibiting, herbicide-resistant rice flatsedge (*Cyperus iria*): Cross-resistance and molecular mechanism of resistance. *Weed Science*, v. 63, n. 4, p. 748–757, 2015. Disponível em: <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WS-D-15-00014.1>. Acesso em: 23 mai. 2025.