

ESTUDO DO MECANISMO DE SELETIVIDADE DE IODOSULFURON-METHYL PARA CULTIVARES DE AVEIA BRANCA

QUEIROZ, A.R.S.(DEPLAV – UFRGS, Porto Alegre/RS – andrew_rerison@hotmail.com), VIDAL, R.A. (DEPLAV – UFRGS, Porto Alegre/RS – ribas.vidal@ufrgs.br), NAVA, I.C. (DEPLAV – UFRGS, Porto Alegre/RS – itamar.nava@ufrgs.br), FIPKE, M.V. (DEPLAV – UFRGS, Porto Alegre/RS – marfipke@gmail.com)

RESUMO: O controle químico é o principal método de manejo das plantas daninhas na cultura da aveia, mas há poucos ingredientes ativos registrados para o controle de infestantes na mesma. Alguns cultivares de aveia branca demonstram tolerância ao herbicida iodosulfuron-methyl. Hipotetiza-se que a detoxificação deste herbicida pelas plantas de aveia é o mecanismo envolvido nessa seletividade. Uma forma indireta de avaliar essa hipótese é o uso de inibidores de detoxificação (inseticidas organofosforados) dos herbicidas. O objetivo específico desta pesquisa é avaliar se inseticidas organofosforados (malathion e chlorpyrifos) reduzem a seletividade de iodosulfuron-methyl para plantas de aveia branca. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial dos tratamentos e quatro repetições. O fator A consistiu de dois cultivares de aveia branca ('URS Guará' e 'URS Guria'); o fator B envolveu sete doses do herbicida iodosulfuron-methyl (0; 0,5; 1; 2,5; 5; 10 e 20 g ha⁻¹); e o fator C incluiu duas condições de inibidor de detoxificação (sem e com malathion+chlorpyrifos). Quando comparado aos tratamentos sem inseticidas, a dose do herbicida necessária para reduzir a tolerância em 50% (X₅₀) foi 94% e 65% menor na presença dos mesmos, para os cultivares 'URS Guará' e 'URS Guria', respectivamente. Esses dados suportam a hipótese de que a inativação do herbicida por detoxificação está envolvida, ao menos em parte, no mecanismo de tolerância destes cultivares de aveia branca ao iodosulfuron-methyl.

Palavras-chave: inibidores de detoxificação, tolerância, inibidores da P450.

INTRODUÇÃO

A aveia branca (*Avena sativa* L.) é um dos principais cereais de inverno na região Sul do Brasil. Dentre as múltiplas possibilidades de uso desta cultura, incluem-se a cobertura do solo, a produção de grãos para uso na alimentação humana e o uso direto e indireto na alimentação animal (TAFERNABERRI JR. et al., 2012). As plantas daninhas causam danos através da redução do potencial produtivo da cultura e pela capacidade de intoxicação dos animais, entre outros prejuízos.

O controle químico é o principal método de manejo das plantas daninhas nesta cultura.

Atualmente são registrados apenas dois ingredientes ativos para o controle de infestantes na aveia. O iodosulfuron-methyl é um herbicida inibidor da enzima acetolactato sintase (ALS), que é seletivo para diversas espécies de cereais de inverno, tais como trigo, triticale, centeio e cevada (TRABOLD et al., 2000). Alguns cultivares de aveia branca são tolerantes a este produto, mas os mecanismos envolvidos na seletividade deste herbicida para essa cultura ainda não foram elucidados. Alguns estudos (BECKIE et al., 2012; TAYLOR et al., 2013) sugerem que a detoxificação (degradação do herbicida) é um dos mecanismos de tolerância em biótipos de aveia silvestres resistentes aos inibidores da ALS. Em geral, duas famílias enzimáticas estão envolvidas neste processo: citocromo P450 monooxigenases (BECKIE et al., 2012) e glutationa-S-transferases (GST) (TAYLOR et al., 2013). Uma forma indireta de avaliar a presença desse mecanismo em plantas é a inibição de enzimas da família citocromo P450 monooxigenase com determinados inseticidas organofosforados (KOEPE et al., 2000; KASPAR et al., 2011). O objetivo específico deste trabalho foi avaliar se inseticidas organofosforados (malathion + chlorpyrifos) reduzem a seletividade de iodosulfuron-methyl na cultura da aveia branca.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório da Flora Ruderal (LAFLOR) pertencente à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre-RS. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em arranjo tri-fatorial, com quatro repetições. O fator A foi constituído de cultivares de aveia branca com tolerância média ao iodosulfuron-methyl ('URS Guará' e 'URS Guria'); o fator B incluiu sete doses de iodosulfuron-methyl (Hussar, 50 g kg⁻¹) (0; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 g ha⁻¹); e o fator C envolveu duas condições de inibidor de detoxificação (sem e com inibidores de enzimas de detoxificação). Os inibidores utilizados foram os inseticidas organofosforados malathion (Malathion 500 EC, 500 g L⁻¹), na dose equivalente a 1.000 g ha⁻¹ mais chlorpyrifos (Lorsban, 480 g L⁻¹), na dose equivalente a 1.125 g ha⁻¹ (FISCHER et al., 2000; BECKIE et al., 2012). Foram utilizados vasos plásticos furados com capacidade para 500 mL, preenchidos com substrato. Esse consistiu da mistura solo (Argissolo vermelho): areia:composto (composto orgânico Beifort A-100, Classe A), na proporção de 3:1,5:1; com adição do adubo NPK 12-20-10, na dose de 0,125 g por vaso. Em cada vaso foram colocadas cinco sementes de aveia. Após a emergência, realizou-se desbaste, deixando-se duas plantas por vaso. Durante todo o estudo, as plantas foram mantidas em casa de vegetação e foram irrigadas por aspersão para manter o substrato em capacidade de campo. As aplicações dos produtos foram realizadas quando as plantas estavam no estágio de três folhas. Utilizou-se câmara de aspersão pressurizada com ar comprimido e regulada para volume de calda equivalente a 170 L ha⁻¹. Os inibidores de detoxificação (malathion

+chlorpyrifos) foram associados ao adjuvante ASSIST (0,5% v/v). O herbicida iodosulfuron-methyl foi associado com o adjuvante Dash (0,5% v/v).

Aos 21 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos avaliou-se a tolerância das plantas de aveia branca ao herbicida. Utilizou-se escala visual, atribuindo-se notas conforme o sintoma apresentado pelas plantas. As notas de tolerância estavam compreendidas entre 0 (Controle total) e 100 (sem sintomas aparentes de injúria). Entre esses valores extremos, os demais valores corresponderam à magnitude dos sintomas, em ordem cronológica de ocorrência: redução das dimensões dos entrenós e folhas das plantas, descoloração, clorose e necrose dos tecidos foliares e meristemas. Após a análise de variância e verificação da interação entre os fatores testados, os dados foram submetidos à análise de regressão entre a variável dependente e a dose, utilizando-se o modelo não linear logístico de três parâmetros (Equação 1).

$$Y = a / (1 + (x/X_{50})^b)$$

Equação 1,

onde: **Y**= variável dependente (tolerância); **x**= variável independente (dose do herbicida); **a**= assíntota máxima; **b**= declividade no ponto de inflexão da curva; e **X₅₀**= dose do herbicida para reduzir a variável dependente em 50% do valor da assíntota de máxima (a). Foram considerados os níveis de significância de todos os parâmetros da equação e da própria função. O fator de tolerância (FT) foi calculado através da razão entre o **X₅₀** da planta sem inibidores (H) e o **X₅₀** da planta com inibidores (H+I).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância indicou interação tríplice entre os fatores estudados. Em ambos os cultivares de aveia branca e em ambas as condições de inibidores de detoxificação, o grau de tolerância das plantas foi inversamente proporcional ao incremento das doses de iodosulfuron-methyl utilizadas e da presença dos inseticidas inibidores de detoxificação. Essa resposta à dose foi adequadamente ajustada ao modelo não linear logístico testado (Figura 1A e 1B).

A tolerância das plantas ao herbicida, em ambos os cultivares, foi menor nos tratamentos com presença dos inseticidas (Figura 1A e 1B). Este fato é corroborado pela dose do herbicida para reduzir tolerância das plantas em 50% (**X₅₀**), a qual foi menor nos tratamentos com os inseticidas organofosforados (Tabela 1). Nas plantas do cultivar 'URS Guará', o FT foi 17,2 vezes maior quando se utilizou apenas o herbicida, em relação à condição com o inibidor de detoxificação (inseticida). Para as plantas do cultivar 'URS Guria', o FT foi 2,8 vezes maior quando se utilizou apenas iodosulfuron-methyl, em relação à presença do inibidor de inseticida (Tabela 1).

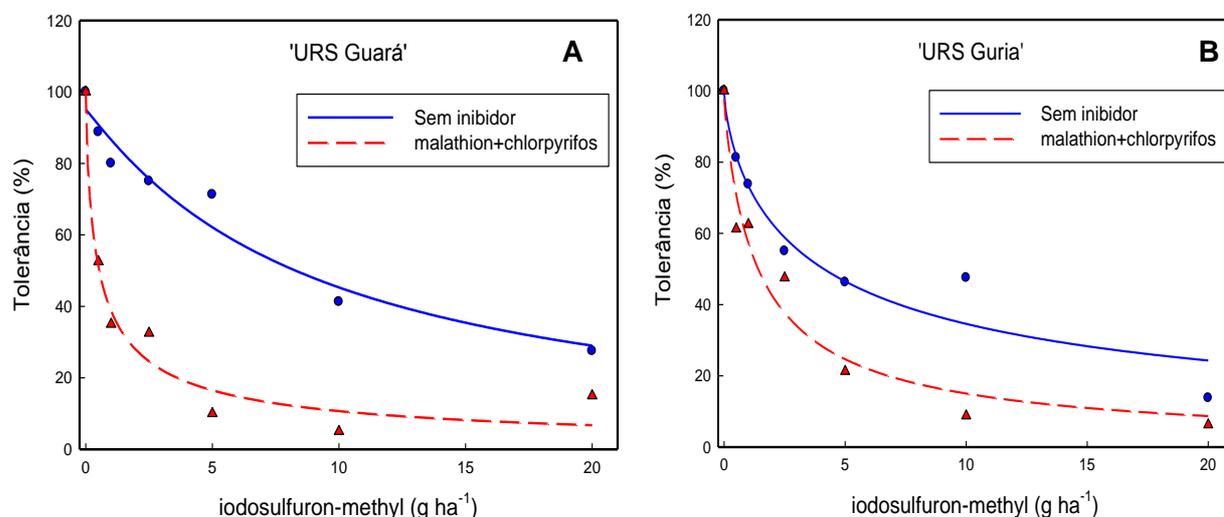


Figura 1. Níveis de tolerância dos cultivares de aveia branca (A) 'URS Guará' e (B) 'URS Guria' ao herbicida iodosulfuron-methyl, com e sem inibidores da detoxificação (malathion+chlorpyrifos), determinados aos 21 dias após a aspersão do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar condições de inibidor de detoxificação = 23%. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Tabela 1. Parâmetros da equação logística¹ utilizada para determinar a dose de iodosulfuron-methyl que reduz a tolerância em 50% (X_{50}) nos dois cultivares de *Avena sativa* L. e o fator de tolerância (FT) de cada cultivar em relação ao inibidor de detoxificação, avaliados aos 21 dias após a aspersão do herbicida. Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Cultivares	Tratamentos	Parâmetros de regressão ¹				
		a	b	X_{50}	FT ⁵	R ²
'URS Guará'	Herbicida ⁴	95,05 (3,42) ^{2**3}	1,05 (0,16)**	9,15 (1,16)**	17,2	0,89**
'URS Guará'	Herbicida + inseticidas ⁴	100,06 (6,58)**	0,73 (0,16)**	0,53 (0,18)*	-	0,84**
'URS Guria'	Herbicida	99,43 (5,27)**	0,72 (0,11)**	4,18 (0,95)**	2,8	0,85**
'URS Guria'	Herbicida + inseticidas	97,74 (4,88)**	0,90 (0,12)**	1,48 (0,27)**	-	0,91**

¹ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_{50})^b)$

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro;

³ Significância pelo teste 't' ao nível de: *1% e **0,1% de probabilidade do resíduo;

⁴ Herbicida (H) = iodosulfuron-methyl; e inseticida (I) = malathion+chlorpyrifos

⁵ FT = fator de tolerância = em cada cultivar, X_{50H} / X_{50HI} .

Dados da literatura (BAERG et al., 1996) reportam que, com adição do inseticida malathion, as plantas de milho tolerantes ao nicosulfuron (também um inibidor da ALS) apresentaram 83% de redução na atividade da P450, enzima responsável pela degradação do herbicida. Em plantas de algodão tolerantes a trifloxysulfuron (inibidor da ALS), a aplicação conjunta do herbicida com malathion aumentou o percentual de fitointoxicação à cultura em 20% (MINTON et al., 2005). Estudo com populações de *Avena fatua* (aveia silvestre) resistentes aos inibidores da ALS constatou aumento de até 68% da eficácia de

herbicida flucarbazone quando as plantas foram tratadas com malathion. Este fato foi associado ao aumento da detoxificação nestes biótipos (BECKIE et al., 2012).

Em espécies vegetais, além de outros organismos vivos, a detoxificação constitui um dos principais mecanismos de tolerância aos herbicidas. Os resultados obtidos apoiam indiretamente a hipótese de que este mecanismo esteja envolvido na tolerância dos cultivares de aveia branca ao herbicida iodosulfuron-methyl.

CONCLUSÕES

A atividade de iodosulfuron-methyl nas plantas de aveia branca depende da dose do herbicida e da presença de inseticidas organofosforados. Na presença dos inseticidas malathion+chlorpyrifós, houve aumento dos efeitos do iodosulfuron-methyl aos cultivares de aveia branca 'URS Guará' e 'URS Guria'.

AGRADECIMENTO

Ao Programa de Melhoramento Genético da Aveia da UFRGS. Ao CNPq e CAPES, pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAERG, R. J. et al. Insecticide and insecticide metabolite interactions with cytochrome P450 mediated activities in maize. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.55, n.1, p.10-20, 1996.
- BECKIE, H. J., et al. Basis for herbicide resistance in Canadian populations of wild oat (*Avena fatua*). **Weed Science**, v.60, n.1, p. 10-18, 2012.
- 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.
- KASPAR, M. et al. Selection of a sunflower line with multiple herbicide tolerance that is reversed by the P450 inhibitor malathion. **Weed Science**, v.59, n.2, p.232-237, 2011.
- KOEPPE, M. K., et al. Basis of selectivity of the herbicide rimsulfuron in maize. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 66, n.3, p.170-181, 2000.
- MINTON, B. W. et al. Cotton response to CGA-362622 applied alone and in combination with selected insecticides. **Weed Technology**, v.19, n.2, p.244-250, 2005.
- TAFERNABERRI Jr, V., et al. Avaliação agrônômica de linhagens de aveia-branca em duas regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n. 1, p. 41-51, 2012.
- TAYLOR, V. L., et al. Protective responses induced by herbicide safeners in wheat. **Environmental and Experimental Botany**, v.88, edição especial, p.93-99, 2013.
- TRABOLD, K., et al. Iodosulfuron- a new sulfonylurea for weed control in cereals. **Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz-Journal of Plant Diseases and Protection**, edição especial. 7, p. 701-707, 2000.