

RESISTÊNCIA AO GLYPHOSATE EM BIÓTIPOS DE *Conyza bonariensis* E *Conyza canadensis* NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL¹

Resistance to Glyphosate in Conyza bonariensis and Conyza canadensis Biotypes in Rio Grande do Sul, Brazil

LAMEGO, F.P.² e VIDAL, R.A.³

RESUMO - Experimentos de curva de dose-resposta foram conduzidos para avaliar a ocorrência de resistência ao glyphosate em biótipos de *Conyza canadensis* e *Conyza bonariensis* oriundos de municípios do Rio Grande do Sul. Para cada espécie foi realizado um experimento com dois biótipos – um suscetível e outro com suspeita de resistência. Glyphosate nas doses de 0, 100, 200, 300, 400, 800 e 1.200 g ha⁻¹ foi aplicado em plantas no estágio de 8-10 folhas. Curvas sigmoidais foram ajustadas para todos os biótipos testados. Confirmou-se a resistência ao glyphosate em biótipos de ambas as espécies, com fator de resistência em torno de 2,3.

Palavras-chave: buva, EPSPS, herbicida, voadeira.

ABSTRACT - Dose-response experiments were conducted to evaluate the occurrence of resistance to glyphosate in *Conyza canadensis* and *Conyza bonariensis* biotypes originated from Rio Grande do Sul counties. For each species, one experiment was conducted with two biotypes, one susceptible and one suspected of resistance. Glyphosate rates of 0, 100, 200, 300, 400, 800 and 1200 g ha⁻¹ were sprayed on the plants after reaching the 8-10 leaf growth stage. Sigmoidal curves were adjusted to each biotype tested. Resistance to glyphosate was confirmed for biotypes of both species with resistance factor of 2.3.

Keywords: marestalk, EPSPS, herbicide, horseweed.

INTRODUÇÃO

O glyphosate é um herbicida que inibe a enzima enol-piruvil-shiquimato-fosfato sintase (EPSPS). É o herbicida mais utilizado no mundo; no ano de 2001 foram comercializados cerca de 50 milhões de quilos de equivalente ácido desse produto somente nos Estados Unidos. A utilização deste herbicida quase triplicou entre os anos de 1997 e 2001, com a adoção de culturas a ele resistentes (Kiely et al., 2006).

Conyza bonariensis e *Conyza canadensis* são espécies da família Asteraceae, originadas das Américas do Sul e do Norte, respectivamente. No Brasil, as duas espécies são denominadas popularmente buva ou voadeira e têm distri-

buição comum entre as regiões Centro-Oeste e Sul (Kissmann & Groth, 1999). Essas espécies formam infestações densas devido à elevada produção de sementes, a qual varia entre 110.000 para *C. bonariensis* até 200.000 para *C. canadensis* (Wu & Walker, 2006). *C. canadensis*, em uma população de 150 plantas m⁻², reduziu em 83% o rendimento de grãos de soja cultivada no sistema de semeadura direta (Bruce & Kells, 1990).

A resistência das plantas daninhas aos herbicidas é definida pela FAO como a ocorrência de biótipo com habilidade de sobreviver à aplicação de composto químico para o qual a população original era suscetível (LeBaron & Gressel, 1982). Em *C. bonariensis*, a resistência aos herbicidas foi documentada pela

¹ Recebido para publicação em 3.1.2007 e na forma revisada em 8.1.2008.

² Eng^a-Agr^a, M.S., aluna do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFRGS, <fabilamego@yahoo.com.br>; ³ Eng^a-Agr^a, Ph.D., Professor do Dep. de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia, UFRGS, Caixa Postal 15100, 91501-970 Porto Alegre-RS, <ribas.vidal@ufrgs.br>.



primeira vez em 1987, com um biótipo da Espanha resistente aos herbicidas inibidores do fluxo de elétrons no fotossistema II. Atualmente há seis países com biótipos de *C. bonariensis* resistentes aos herbicidas (Heap, 2006). Em *C. canadensis*, resistência aos herbicidas foi documentada pela primeira vez em 1980, com um biótipo do Japão resistente aos herbicidas inibidores do fotossistema I. Existem hoje 13 países com biótipos de *C. canadensis* resistentes aos herbicidas (Heap, 2006).

Biótipos de ambas as espécies já tiveram relatos de resistência ao glyphosate no Brasil (Christoffoleti et al., 2006; Montezuma et al., 2006; Moreira et al., 2006; Vargas et al., 2006). O objetivo deste trabalho foi confirmar a ocorrência de resistência ao glyphosate em biótipos de *C. canadensis* e *C. bonariensis* com suspeita de resistência, oriundos de municípios do Estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de *C. bonariensis* e *C. canadensis* oriundas de plantas sob suspeita de resistência ao glyphosate foram coletadas entre maio e junho de 2006, em propriedades rurais localizadas nos municípios de Santa Rosa e Victor Graeff, RS, respectivamente. As áreas onde foram encontrados os indivíduos suspeitos estavam sob monocultura de soja por quase uma década e sob plantio direto por duas décadas. O herbicida glyphosate foi utilizado, pelo menos, de 35 a 40 vezes nesse período. Sementes de plantas suscetíveis ao herbicida foram coletadas em área sem uso de herbicidas do Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da UFRGS, localizada no município de Porto Alegre, RS. Em todos os casos, a diferenciação entre espécies foi realizada através da morfologia foliar. Após a coleta, as sementes de ambos os biótipos foram secas ao ar e, posteriormente, acondicionadas em saco plástico e armazenadas em geladeira com temperatura de 4 °C, até um dia antes da semeadura.

Sementes de plantas suscetíveis e suspeitas de resistência foram colocadas para germinar em bandejas plásticas de 2.000 mL, sob substrato constituído de solo:areia na proporção de 2:1. Após emergência das plantas, quando estas estavam com quatro folhas, foi realizado

o seu transplante para vasos com capacidade de 300 mL com o mesmo substrato já descrito. Colocou-se uma planta por vaso, mantidos em bandejas plásticas contendo água, para manter as plantas irrigadas. As temperaturas da casa de vegetação foram de 20 ± 6 °C.

Para cada espécie, realizou-se um experimento com as seguintes características: os tratamentos foram organizados em esquema fatorial e o delineamento foi inteiramente casualizado, com três repetições. Os biótipos resistente e suscetível constituíram o primeiro fator; o segundo foi composto por doses de glyphosate (0, 100, 200, 300, 400, 800, 1.200 g ha⁻¹). No momento da aspersão dos herbicidas, as plantas apresentavam entre oito e dez folhas verdadeiras, a temperatura era de 26 °C e a umidade relativa do ar de 63%. O herbicida foi aspergido com equipamento pressurizado por gás carbônico, com pontas de pulverização do tipo leque XR 8002, pressão de 200 kPa e volume de calda de 200 L ha⁻¹. Foi avaliada a fitotoxicidade causada pelo herbicida (controle de *C. bonariensis* ou *C. canadensis*). O controle destas plantas foi avaliado aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), adotando-se escala visual, em que a ausência de injúria correspondeu ao valor 0, enquanto a morte da planta correspondeu ao valor 100.

Os resultados dos experimentos de resposta à dose foram submetidos à análise de variância e, quando observada interação biótipo x dose, realizou-se ajuste à equação sigmoidal de Boltzmann:

$$y = A + (B - A) / (1 + \exp((x - C_{50}) / D)),$$

em que o parâmetro A representa a maior dose onde não houve fitotoxicidade; B, a menor dose causadora de danos absolutos; D, a declividade; e C₅₀, a dose do herbicida necessária para causar 50% de injúria nas plantas (adaptado de Seefeldt et al., 1995). O fator de resistência (FR) foi calculado pelo quociente entre o C₅₀ do biótipo resistente e o C₅₀ do biótipo suscetível. A resistência é confirmada quando FR > 1,0 (Saari et al., 1994).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para cada espécie foi encontrada, através do teste F, interação significativa (P < 0,01) entre biótipo x dose do herbicida. Os dados de

controle de todos os biótipos de *Conyza* spp. foram ajustados às curvas sigmoidais de Boltzmann com qui-quadrados significativos ($P < 0,01$) (Figuras 1 e 2).

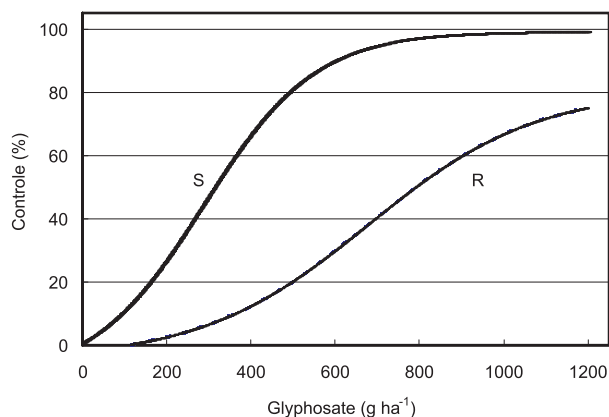


Figura 1 - Controle (%) de *Conyza bonariensis* suscetível (S) e resistente (R) ao glyphosate, avaliado 14 dias após aplicação dos tratamentos.

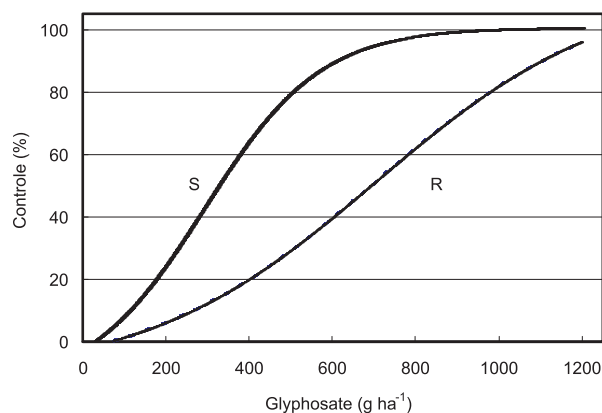


Figura 2 - Controle (%) de *Conyza canadensis* suscetível (S) e resistente (R) ao glyphosate, avaliado 14 dias após aplicação dos tratamentos.

Quanto à espécie *C. bonariensis*, as curvas de resposta às doses indicam que, tanto para o biótipo suscetível (S) como para o resistente (R), o nível de controle aumentou com comportamento sigmoidal em função do incremento da dose do herbicida (Figura 1). Para o biótipo S, o incremento no nível de controle se verificou em menor dose e com maior intensidade do que no biótipo R. A dose necessária para promover 50% de controle de *C. bonariensis* (C_{50}) foi de 677 e 284 g ha⁻¹, para os biótipos R e S, respectivamente (Tabela 1). O fator de resistência indica que o biótipo R é 2,3 vezes

Tabela 1 - Estimativas dos parâmetros das equações¹ que descrevem o controle de dois biótipos de *Conyza bonariensis* com diversas doses de glyphosate, avaliado 14 dias após aplicação

Parâmetro da equação	Biótipos	
	Resistente	Suscetível
A ^{1/}	- 4,74 ± 4,68 ^{2/}	- 10,89 ± 11,42
B	80,58 ± 6,73	98,96 ± 3,36
D	199,07 ± 48,07	132,09 ± 31,41
FR ^{3/}	2,3	-

^{1/} Equação $y = A + (B - A) / (1 + \exp((x - C_{50})/D))$.

^{2/} Números indicam parâmetros ± erro-padrão da estimativa.

^{3/} FR = fator de resistência = C_{50} do biótipo resistente/ C_{50} do suscetível.

menos sensível ao glyphosate do que o S. Esse nível de resistência é considerado baixo, mas tem implicações práticas, porque o agricultor encontrará indivíduos não controlados na dose normalmente utilizada para controle da espécie no campo. O termo 'resistência prática' foi cunhado para designar este tipo de resistência (OEPP/EPPO, 2006).

Outros autores também evidenciaram a resistência de um biótipo de *C. bonariensis*, oriundo de Cruz Alta, RS. Em seus trabalhos, os biótipos R e S foram aspergidos quando apresentavam entre 30 e 40 cm de estatura. O herbicida na dose de 720 g ha⁻¹ controlou o biótipo S, mas na dose de 2.880 g ha⁻¹ promoveu apenas 60% de injúria no biótipo R (Vargas et al., 2006).

Para a espécie *C. canadensis*, nos dois biótipos avaliados, também foi observado incremento sigmoidal no nível de controle com o aumento da dose do glyphosate (Figura 2). Novamente, para o biótipo S, o incremento no nível de controle se verificou em menor dose e com maior intensidade do que para o biótipo R. A dose necessária para promover 50% de controle de *C. canadensis* (C_{50}) foi de 705 e 289 g ha⁻¹, para os biótipos R e S, respectivamente (Tabela 2). O fator de resistência indica que, no estágio de desenvolvimento entre oito e dez folhas verdadeiras, o biótipo R é 2,4 vezes menos sensível ao glyphosate do que o S.

Outros autores também já evidenciaram a resistência ao glyphosate em biótipos de *C. canadensis* coletados em Matão, SP (Christoffoleti et al., 2006; Montezuma et al.,



Tabela 2 - Estimativas dos parâmetros das equações¹ que descrevem o controle de dois biótipos de *Conyza canadensis* com diversas doses de glyphosate, avaliado 14 dias após aplicação

Parâmetro da equação	Biótipos	
	Resistente	Suscetível
A ^{1/}	- 11,70 ± 7,84 ^{2/}	- 15,27 ± 11,64
B	114,02 ± 12,83	100,37 ± 3,32
D	278,56 ± 66,59	139,24 ± 31,65
C ₅₀	705,47 ± 58,44	289,96 ± 33,27
FR ^{3/}	2,4	-

^{1/} Equação $y = A + (B - A)/(1 + \exp((x - C_{50})/D))$.

^{2/} Números indicam parâmetros ± erro-padrão da estimativa.

^{3/} FR = fator de resistência = C₅₀ do biótipo resistente/C₅₀ do suscetível.

2006; Moreira et al., 2006). Seus estudos indicam que, quando aspergidas no estágio de cinco folhas verdadeiras, as plantas do biótipo R eram entre quatro e oito vezes menos sensíveis ao glyphosate do que as do biótipo S (Moreira et al., 2006).

A resistência ao glyphosate em biótipos de *C. bonariensis* também já foi documentada na África do Sul e Espanha, enquanto para biótipos de *C. canadensis* existem relatos na China e nos Estados Unidos (Heap, 2006). Na maioria dos casos, a resistência é caracterizada pelo baixo FR, e, nos casos onde já houve investigação, constatou-se que a presença de um gene simples, nuclear e parcialmente dominante era responsável pela insensibilidade das plantas (Zelaya et al., 2004). Mundialmente, os mecanismos de resistência ao glyphosate encontrados em plantas daninhas se devem à reduzida translocação do herbicida nas plantas (Ferreira et al., 2006; Powles & Preston, 2006) ou à mutação na posição 106 da enzima EPSPS de prolina para serina ou treonina (Powles & Preston, 2006).

Novos casos de resistência aos herbicidas têm sido relatados mundialmente com bastante frequência (Heap, 2006). Esses resultados são esperados, uma vez que a resistência é afetada por forças evolutivas, como frequência de mutação, tamanho da população de ervas infestando a área, fluxo gênico, sistema reprodutivo da espécie em questão e seleção. Todas elas irão variar entre as espécies daninhas, porém a seleção é a principal força evolutiva

que dirige mudanças nas frequências de alelos mutantes em uma população (Zelaya et al., 2004).

A aplicação repetida de herbicida de um único mecanismo de ação promove seleção direcional, e um ou poucos genes de grande efeito tornam-se amplamente distribuídos na população. Uma vez que estas plantas sobrem após a aplicação, haverá aumento da sua frequência no banco de sementes do solo. O uso continuado do herbicida, ano a ano, resulta em intensidade de seleção; contudo, uma interrupção desta ocorre quando a rotação de cultura, por exemplo, é adotada, permitindo que outro mecanismo de ação herbicida seja utilizado, ou, ainda, com adoção de práticas alternativas de controle, como manejo mecânico (quando possível) ou cultural (cultivares com elevada habilidade competitiva). A adoção de práticas alternativas de controle é a forma ideal, porque caracteriza um novo tipo de seleção atuando, a estabilizadora, em que a intensidade de seleção (herbicida) é removida e as mutações deixam de ser selecionadas (Zelaya et al., 2004).

Para aqueles casos de resistência em que o efeito ocorre devido a um conjunto de genes menores, altamente influenciados pelo ambiente, torna-se mais difícil perceber a resistência, visto que pode haver grandes variações de ano para ano como resultado das interações que ocorrem com o ambiente (menor absorção e/ou translocação do produto na planta; ação de enzimas metabolizadoras). Contudo, o aparecimento de resistência também está ocorrendo neste tipo de biótipo, porém de forma mais lenta. Portanto, de forma mais rápida ou mais lenta, a evolução da resistência ocorre e, por ser a seleção a força evolutiva mais facilmente manipulada pelo homem, é ela que oferece maior possibilidade de intervenção no processo evolutivo da resistência aos herbicidas, por meio da adoção de práticas de manejo integrado de plantas daninhas (Palumbi, 2001).

Este trabalho evidenciou a primeira ocorrência no Estado do Rio Grande do Sul de biótipo de *Conyza canadensis* com resistência ao herbicida glyphosate. Foi constatada também a ocorrência de biótipo de *Conyza bonariensis* resistente ao glyphosate, em estágio jovem de desenvolvimento de plantas.

AGRADECIMENTOS

Aos acadêmicos Augusto Kalsing e Ives Goulart, pelo apoio na realização dos experimentos. À CAPES, CNPQ e FAPERGS, pelo apoio financeiro ao trabalho e aos pesquisadores.

LITERATURA CITADA

- BRUCE, J.; KELLS, J. Horseweed (*Conyza canadensis*) control in no-tillage soybeans (*Glycine max*) with preplant and preemergence herbicides. **Weed Technol.**, v. 4, n. 3, p. 642-647, 1990.
- CHRISTOFFOLETI, P. J. et al. Herbicidas alternativos para o controle de biótipos de buva (*C. bonariensis* e *C. canadensis*) supostamente resistentes ao herbicida glyphosate. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006, Brasília. **Resumos...** Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2006. p. 553.
- FERREIRA, E. A. et al. Translocação de glyphosate em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*). **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 365-370, 2006.
- HEAP, I. **International survey of resistant weeds**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>>. Acesso em: 12 de novembro de 2006.
- KIELY, T.; DONALDSON, D.; GRUBE, A. **Pesticides industry sales and usage: 2000 and 2001 Market estimates**. EPA. 2001. Disponível em: <http://www.epa.gov/oppbead1/pestsales/01pestsales/market_estimates2001.pdf>. Acesso em: 12 dezembro 2006.
- KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 1999. v. 2. 978 p.
- LEBARON, H. M.; GRESSEL, J. **Herbicide resistance in plants**. New York: Wiley-Interscience Publications, 1982. 401 p.
- MONTEZUMA, M. C. et al. Avaliação da suspeita de buva (*C. bonariensis* e *C. canadensis*) ao herbicida glyphosate em pomares de citros no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006, Brasília. **Resumos...** Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2006. p. 564.
- MOREIRA, M. S. et al. Resistência de buva (*Conyza canadensis*) ao herbicida glyphosate em pomares de citros no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006, Brasília. **Resumos...** Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2006. p. 554-555.
- OEPP/EPPO. EPPO Standards PP 1/213(2): **Efficacy evaluation of plant protection products: Resistance risk analysis**, OEPP/EPPO, Paris. Disponível em: <http://www.eppo.org/PPPRODUCTS/pp1_files/pp1-213-2-e.pdf>. Acesso em: 10 de novembro de 2006.
- PALUMBI, S. R. Humans as the world's greatest evolutionary force. **Science**, v. 293, n. 5536, p. 1786-1790, 2001.
- POWLES, S. B.; PRESTON, C. Evolved glyphosate resistance in plants: Biochemical and genetic basis of resistance. **Weed Technol.**, v. 20, n. 2, p. 282-289, 2006.
- SAARI, L. L.; COTTERMAN, J. C.; THILL, D. C. Resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicides. In: POWLES, S. B.; HOLTUM, J. A. M. **Herbicide resistance in plants: Biology and biochemistry**. Boca Raton: CRC Press, 1994. 353 p.
- SEEFELDT, S. S.; JENSEN, J. E.; FUERST, E. P. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. **Weed Technol.**, v. 9, n. 2, p. 218-225, 1995.
- VARGAS, L. et al. Resistência de *Conyza bonariensis* ao herbicida glyphosate. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006, Brasília. **Resumos...** Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2006. p. 540.
- WU, H.; WALKER, S. Fleabane: Fleabane biology and control. Disponível em: <<http://www.weeds.crc.org.au/documents/fleabane.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2006.
- ZELAYA, I. A.; OWEN, M. D. K.; VANGESSEL, M. J. Inheritance of evolved glyphosate resistance in *Conyza canadensis* (L.) Cronq. **Theor. Appl. Genetics**, v. 110, n. 1, p. 58-70, 2004.

