

Aspectos técnicos sobre resistência de plantas daninhas a herbicidas

Alvadi Antonio Balbinot Junior¹ e Michelangelo Muzell Trezzi²

Em nível mundial, a extensão de áreas agrícolas infestadas com plantas daninhas resistentes está aumentando em ritmo elevado (Heap, 2008). No Brasil, o primeiro relato de resistência a herbicida ocorreu em 1992 e, desde então, foram registrados 23 biótipos resistentes (Tabela 1) (Heap, 2008).

É frequente a confusão entre os termos “resistência” e “tolerância”. Resistência é a capacidade inerente e herdável de alguns biótipos, dentro de uma determinada população, de sobreviver e se reproduzir após a exposição à dose de um herbicida que normalmente seria letal a essa população. Já a tolerância é uma característica inata da espécie ou

biótipo em sobreviver a aplicações de herbicidas na dose recomendada, que seria letal a outras espécies, sem alterações marcantes em seu crescimento e desenvolvimento (Christoffoleti & Ovejero, 2008).

O objetivo deste trabalho é discutir alguns aspectos relacionados à resistência de plantas daninhas a herbicidas, bem como expor as

Tabela 1. Espécies com populações de plantas daninhas resistentes a herbicidas detectadas no Brasil até agosto de 2008

Nome científico	Nome comum	Ano	Mecanismo de ação do herbicida
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Leiteira	1992	Inibidor da ALS
<i>Bidens pilosa</i>	Picão-preto	1993	Inibidor da ALS
<i>Bidens subalternans</i>	Picão-preto	1996	Inibidor da ALS
<i>Brachiaria plantaginea</i>	Papuã	1997	Inibidor da ACCase
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Capim-arroz	1999	Auxinas sintéticas
<i>Echinochloa crus-pavonis</i>	Capim-arroz	1999	Auxinas sintéticas
<i>Sagittaria montevidensis</i>	Sagitária	1999	Inibidor da ALS
<i>Cyperus difformis</i>	Junquinho	2000	Inibidor da ALS
<i>Fimbristylis miliacea</i>	Cuminho	2001	Inibidor da ALS
<i>Raphanus sativus</i>	Nabo	2001	Inibidor da ALS
<i>Digitaria ciliaris</i>	Milhã	2002	Inibidor da ACCase
<i>Eleusine indica</i>	Capim-pé-de-galinha	2003	Inibidor da ACCase
<i>Lolium multiflorum</i>	Azevém	2003	Glicinas
<i>Euphorbia heterophylla</i> (resistência múltipla)	Leiteira	2004	Inibidor da ALS / Inibidor da Prottox
<i>Parthenium hysterophorus</i>	Losna-branca	2004	Inibidor da ALS
<i>Conyza bonariensis</i> (soja)	Buva	2005	Glicinas
<i>Conyza bonariensis</i> (citrus)	Buva	2005	Glicinas
<i>Conyza canadensis</i>	Buva	2005	Glicinas
<i>Euphorbia heterophylla</i> (resistência múltipla)	Leiteira	2006	Glicinas / Inibidor da ALS
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Leiteira	2006	Inibidor da ALS
<i>Digitaria insularis</i>	Milhã	2008	Glicinas

Fonte: Heap, 2008.

Aceito para publicação em 31/7/09.

¹Eng.-agr., Dr., Epagri/Estação Experimental de Canoinhas, C.P. 216, Canoinhas, SC, 89460-000, fone: (47) 3624-1144, e-mail: balbinot@epagri.sc.gov.br.

²Eng.-agr., Dr., Universidade Tecnológica Federal do Paraná/Campus Pato Branco, Via do Conhecimento, km 1, 85503-390 Pato Branco, PR, fone: (46) 3220-2511, fax: (46) 3220-2500, e-mail: trezzi@utfpr.edu.br.

principais práticas para prevenção e controle dessas plantas.

Origem da resistência

Resistência é considerada uma estratégia de sobrevivência das populações de organismos vivos. A resistência implica a existência de dois pressupostos: variabilidade genética e agentes selecionadores. As populações de plantas daninhas apresentam diferentes graus de variabilidade genética, fruto do processo evolutivo, que abrange fenômenos importantes como mutações, fluxo gênico e recombinação gênica. Características genéticas que determinam a resistência de plantas daninhas a herbicidas podem ter origem em mutações e em genes preexistentes na população, cujos alelos de resistência se encontram em baixa frequência na população original, não submetida à ação dos herbicidas (Maxwell & Mortimer, 1994). Segundo a teoria da seleção natural de Darwin, somente os indivíduos mais aptos a um determinado ambiente sobrevivem. Aplicações de um determinado herbicida por várias gerações em uma determinada população de plantas daninhas selecionam os indivíduos aptos a sobreviver a esse herbicida (indivíduos resistentes), enquanto os não adaptados morrem, ou seja, o herbicida atua como agente de seleção (Christoffoleti & Ovejero, 2008).

À luz do conhecimento atual, os herbicidas não são considerados agentes mutagênicos, ou seja, por si só não induzem ao aparecimento de plantas daninhas resistentes, mas selecionam as que apresentam alguma característica que lhes confere a habilidade de sobreviver, mesmo sob exposição a herbicidas que matam outros indivíduos da sua espécie (Christoffoleti & López-Ovejero, 2003).

Em uma análise ampla, existem alguns fatores que intensificam a resistência: frequência elevada de alelos de resistência na população de

plantas daninhas; densidade elevada de plantas daninhas; número elevado de aplicações de um herbicida em uma mesma área e inexistência de rotação de princípios ativos com diferentes mecanismos de ação (Christoffoleti & Ovejero, 2008).

Tipos de resistência

A resistência pode ser simples, cruzada e múltipla. Quando um biótipo apresenta resistência a uma determinada molécula herbicida de forma isolada, trata-se de resistência simples.

A resistência cruzada ocorre quando um biótipo é resistente a dois ou mais herbicidas com o mesmo mecanismo de ação. Por exemplo, foram identificados biótipos de papuã (*Brachiaria plantaginea*) resistentes a vários herbicidas cujo mecanismo de ação é a inibição da enzima Acetil-CoA carboxylase (ACCCase) (Gazzieiro et al., 1997). A resistência múltipla, por sua vez, ocorre quando um biótipo apresenta resistência a herbicidas com diferentes mecanismos de ação ao mesmo tempo. Por exemplo, no Brasil, foi identificado um biótipo de leiteira (*Euphorbia heterophylla*) que possui

resistência a herbicidas inibidores da Acetolactato sintase (ALS) e da Protoporfirinogênio oxidase (Protox), de forma concomitante (Trezzi et al., 2006) (Figura 1).

Mecanismos de resistência

Existem três mecanismos bioquímicos básicos que podem ser responsáveis pelo desenvolvimento da resistência: perda de afinidade do herbicida pelo local de ação na enzima, metabolismo e detoxificação do herbicida e redução da concentração do herbicida no local de ação.

Perda de afinidade do herbicida pelo local de ação na enzima: muitos herbicidas agem sobre determinadas enzimas de plantas daninhas. Para que isso ocorra, há necessidade de ligação da molécula herbicida à enzima em sítios específicos. Se ocorrerem mudanças de composição de aminoácidos no sítio de ligação, pode haver perda de afinidade entre herbicida e enzima, o que ocasiona ausência de ação fitotóxica. Há muitos exemplos de resistência obtida por esse mecanismo, ▶



Figura 1. Leiteira (*Euphorbia heterophylla*) com resistência múltipla a herbicidas inibidores da ALS e Protox (vaso da esquerda)



Figura 2. Lavoura de soja infestada com leiteira (*Euphorbia heterophylla*) com resistência múltipla aos herbicidas inibidores da ALS e *Prottox*

especialmente no caso de herbicidas inibidores das enzimas ACCase e ALS, inibidores do Fotossistema II e inibidores da formação de tubulina. Exemplos deste mecanismo de resistência observados no Brasil: picão-preto (*Bidens pilosa*) (Christoffoleti, 1997) e leiteira (Vargas et al., 1999), resistentes aos herbicidas inibidores da ALS; papuã (Cortez, 2000) e capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) (Vidal et al., 2006), resistentes aos inibidores da ACCase. Esse mecanismo de resistência é pouco influenciado pelo ambiente.

Metabolismo e detoxificação do herbicida: Neste mecanismo, a planta transforma o herbicida em um composto não fitotóxico. Dois grupos de enzimas de plantas estão envolvidos diretamente neste mecanismo: monoxigenases (citocromo P450) e glutatona transferase. Existem exemplos deste mecanismo de resistência em vários grupos de herbicidas, e ele é muito influenciado pelas condições do ambiente e pelo estágio de

desenvolvimento das plantas daninhas (Christoffoleti & Ovejero, 2008).

Redução da concentração do herbicida no local de ação: Esta redução pode ser decorrente da menor absorção e translocação do herbicida na planta ou do sequestro do herbicida em organelas celulares, como os vacúolos. Este mecanismo de resistência é menos comum em relação aos demais. No Brasil, foi confirmado que a resistência de um biótipo de azevém (*Lolium multiflorum*) ao herbicida glyphosate ocorre devido à menor translocação desse herbicida no biótipo resistente (Ferreira et al., 2006).

Casos de resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil

No Brasil, as espécies resistentes nominadas pela literatura técnica até agosto de 2008 são apresentadas na Tabela 1. A cultura da soja é a que apresenta maior número de espécies

de plantas daninhas com resistência (Christoffoleti & Ovejero, 2008) (Figura 2). É comum a confusão de diagnóstico entre aparecimento de plantas daninhas resistentes a herbicidas e falha de controle. A seleção de indivíduo resistente ocorre mesmo em situação de controle satisfatório de plantas daninhas, restando apenas um ou alguns indivíduos vivos. Quando há controle deficiente de várias espécies de plantas daninhas na área toda, ou em parte da área, em geral, trata-se de um problema de “escape”, ou seja, de falha de controle. Isso pode decorrer de vários fatores, como dose inadequada do herbicida e ocorrência de chuva logo após a aplicação.

Prevenção e controle de plantas daninhas resistentes a herbicidas

Em se tratando de resistência de plantas daninhas a herbicidas, a melhor alternativa é a prevenção da sua ocorrência, pois o custo da

utilização de métodos preventivos é menor do que o custo para a correção do problema. Na atualidade, a Austrália é um dos países que apresentam maiores problemas com plantas daninhas resistentes (Heap, 2008) devidos, em especial, ao baixo uso de práticas preventivas.

Várias estratégias alternativas ao uso de herbicidas são recomendadas para evitar o aparecimento ou reduzir a propagação de biótipos resistentes a herbicidas. As mais importantes no contexto da resistência são descritas a seguir.

- Uso de práticas culturais de manejo de plantas daninhas: neste caso, sem dúvida, a prática mais eficiente é a rotação de culturas, já que, além de reduzir a infestação de plantas daninhas, obriga a rotação de princípios ativos de herbicidas, reduzindo a pressão de seleção. Outra prática fundamental em sistema de plantio direto é a manutenção do solo coberto com plantas e/ou palha, reduzindo a infestação de plantas daninhas. Além disso, todas as práticas culturais que reduzem a infestação de plantas daninhas contribuem para a prevenção do aparecimento de biótipos resistentes a herbicidas, pois quanto menor a população dessas plantas, menor a probabilidade de aparecimento de indivíduos resistentes.

- Uso de controle mecânico, reduzindo o uso de herbicidas: esta estratégia pode ser empregada, principalmente, em áreas pequenas e em culturas cujo espaçamento entre fileiras permita esta prática, como é o caso do milho cultivado em pequenas propriedades rurais.

- Utilizar herbicidas somente quando necessário, seguindo as recomendações técnicas, principalmente a dose de aplicação.

- Realizar a rotação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação.

- Aprimorar a tecnologia de aplicação, melhorando o nível de controle e evitando o uso exagerado de herbicidas.

- Não utilizar herbicidas com alto efeito residual desnecessariamente, pois quanto maior a meia-vida de um herbicida no ambiente, maior o tempo de seleção de plantas resistentes (López-Ovejero et al., 2008).

- Observar plantas remanescentes do controle químico e eliminá-las antes que produzam propágulos.

Literatura citada

1. CHRISTOFFOLETI, P.J. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. In: SIMPÓSIO SOBRE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 1., 1997, Dourados, MS. *Palestras...* Dourados: Embrapa-CPAO, 1997. p.75-94.
2. CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. *Planta Daninha*, Viçosa, v.21, p.507-515, 2003.
3. CHRISTOFFOLETI, P.J.; OVEJERO, R.F. Resistência das plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. *Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas*. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas, 2008. p.9-34.
4. CORTEZ, M.G. *Resistência de biótipos de Brachiaria plantaginea (Link) Hitchc. a herbicidas inibidores da acetil coenzima A carboxilase*, 2000. 214f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
5. FERREIRA, E.A.; SANTOS, J.B.; SILVA, A.A. et al. Translocação do glyphosate em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*). *Planta Daninha*, v.24, n.2, p.365-370, 2006.
6. GAZZIEIRO, D.L.P.; CHISTOFFOLETI, P.J.; MACIEL, C.D.M. et al. Resistência de biótipos de *Brachiaria plantaginea* aos herbicidas inibidores da ACCase aplicados em soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu, MG. *Anais...* Viçosa, MG: SBCPD, 1997. p.88.
7. HEAP, I. *The international survey of herbicide resistant weeds*. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>>. Acesso em: 05 ago 2008.
8. LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Recomendações gerais para manejo integrado de plantas daninhas resistentes a herbicidas. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. *Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas*. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas, 2008. p.109-120.
9. MAXWELL, B.D.; MORTIMER, A.M. Selection for herbicide resistance. In: POWLES, S.B.; HOLTUM, J.A.M. *Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry*. Florida: Boca Raton, 1994. p.1-25.
10. TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A.; KRUSE, N.D. et al. Bioensaio para identificação de biótipos de *Euphorbia heterophylla* com resistência múltipla a inibidores de ALS e da Protox. *Planta Daninha*, v.24, n.3, p.563-571, 2006.
11. VARGAS, L.; SILVA, A.A.; BORÉM, A. et al. *Resistência de plantas daninhas a herbicidas*. Viçosa, MG: Ed. dos autores, 1999. 131p.
12. VIDAL, R.A.; PORTES, E.S.; LAMEGO, F.P. et al. Resistência de *Eleusine indica* aos inibidores de ACCase. *Planta Daninha*, v.24, n.1, p.163-171, 2006. ■