

Inovações na Prevenção e Manejo de Populações de Plantas Daninhas Resistentes a Herbicidas no Brasil

Pedro J. Christoffoleti¹, Marcelo Nicolai², Marcel Sereguin Cabral de Melo³, Flávio Botelhos Obara⁴ e Caio Augusto de Castro Grossi Brunharo⁵.

¹ Professor Associado Departamento de Produção Vegetal - ESALQ/USP, pjchrist@usp.br; ² Pós-doutorando - ESALQ-USP, mnicolai2009@gmail.com; ³ Doutorando - ESALQ/USP, melomsc@yahoo.com.br e ⁴ Mestrando ESALQ/USP, flavioobara@hotmail.com do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia; ⁵ Graduando em Engenharia Agrônômica - ESALQ/USP, caio.brunharo@yahoo.com.br.

1. Introdução

A seleção de plantas daninhas resistentes a herbicidas em uma determinada cultura exige mudanças nas táticas de manejo e condução da cultura, resultando em aumento dos custos de manejo, reduzindo as opções de herbicidas viáveis e podendo afetar negativamente o potencial produtivo das culturas. Portanto, é fundamental que os produtores estejam envolvidos com o assunto, principalmente aqueles que trabalham com culturas transgênicas resistentes ao glyphosate, como soja, milho e algodão.

Poucos herbicidas com novos mecanismos de ação estão sendo desenvolvidos pelas empresas de agroquímicos, de forma que a agricultura atual dependerá cada vez mais dos herbicidas atuais. Como a situação de resistência de plantas daninhas ao glyphosate ainda não está disseminada em todo o Brasil, é momento de reflexão sobre o assunto e de atuar de forma preventiva, utilizando gerenciamento pró-ativo de recomendações de herbicidas com o objetivo de evitar ou retardar a seleção de plantas daninhas resistentes ao glyphosate. Assim, o objetivo deste artigo é explorar alguns aspectos relevantes para o manejo de prevenção da resistência de plantas daninhas aos herbicidas, com especial enfoque ao glyphosate.

Dada a importância do controle das plantas daninhas, para que sejam garantidos elevados níveis de produtividade, a falha deste pode comprometer drasticamente a produção dos cultivos agrícolas, além de proporcionar aumento nos custos de produção. Inoue & Oliveira Jr. (2011) comentam que o inadequado planejamento das atividades agrícolas, em situações onde a resistência de plantas daninhas é constatada, traz como consequência o aumento de riscos quanto à possibilidade de insucesso no processo produtivo. A adoção de ferramentas adequadas para a tomada de decisões é o primeiro passo para se obter melhores resultados, evitando a seleção dos biótipos resistentes (Duke & Powles, 2008).

Dessa forma, a resistência de plantas daninhas aos herbicidas assume grande importância, principalmente em razão do limitado, ou inexistente, número de herbicidas alternativos para serem usados no controle dos biótipos resistentes. O número de ingredientes ativos disponíveis para controle de algumas espécies daninhas é bastante restrito, e o desenvolvimento de novas moléculas é difícil e oneroso (Christoffoleti et al., 2009; Powles, 2008; Duke & Powles, 2008). Portanto, diagnosticar a resistência em uma população de plantas daninhas de forma rápida, eficaz e precisa ajuda a prevenir a disseminação de sementes resistentes na área, evitando problemas futuros (Powles & YU, 2010; Christoffoleti et al., 2008).

O manejo racional de herbicidas é uma prática bastante importante, e o uso de herbicidas sem nenhuma, ou com pouca atividade residual no solo e a otimização de doses e número de aplicações reduzem a pressão de seleção, diminuindo os riscos de seleção de resistência de plantas aos herbicidas (Nicolai et al., 2012; Powles & Yu, 2010). Da mesma forma, a rotação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação diminui consideravelmente a pressão de seleção para biótipos resistentes (Nicolai et al., 2011; Christoffoleti et al., 2008).

É necessária a modificação de algumas práticas agrícolas de modo a prevenir ou retardar o estabelecimento da resistência em alguns biótipos de plantas daninhas (Christoffoleti et al., 2009; Hurley et al., 2009). A rotação de culturas reduz o efeito das plantas daninhas fisiologicamente próximas da cultura e permite o uso de herbicidas alternativos, com diferentes mecanismos de ação, o que pode representar uma estratégia eficaz no manejo da resistência (Nicolai et al., 2011; Christoffoleti et al., 2008). Técnicas que reduzem o banco de sementes de plantas daninhas podem ser incorporadas na prática de rotação de culturas, como pastagem ou produção forrageira, períodos de pousio utilizando herbicidas não seletivos ou cultivadores, utilização de adubos verdes e queima de resíduos de plantas daninhas após a colheita (Inoue & Oliveira Jr., 2011; Culpepper, 2009; Powles & Holtum, 1994).

2. Princípios e estratégias de manejo da resistência de plantas daninhas a herbicidas

As melhores estratégias para manejo da resistência estão fundamentadas no conceito de diversidade, ou seja uma combinação de táticas reduz a pressão de seleção imposta por um única prática. A aplicação de herbicidas de diferentes mecanismos de ação e com o mesmo espectro de controle (sobreposição de espectro de ação na planta daninha alvo) é com certeza uma estratégia que deve ser utilizada na agricultura.

O manejo pró-ativo (preventivo) consiste na implementação das táticas antes do aparecimento da resistência. No entanto, se as táticas de manejo da resistência forem implementadas depois do aparecimento da resistência este é o manejo reativo. Assim, o produtor deve estar ciente que o manejo pró-ativo é crítico para a sustentabilidade do manejo de plantas daninhas a longo prazo na agricultura. Manejo pró-ativo significa preservar o potencial produtivo da cultura, reduzindo os custos futuros do manejo antes que a resistência seja selecionada, e finalmente protegendo as opções de herbicidas disponíveis.

Diversidade de manejo pode ser obtida usando herbicidas em associação, sequência ou rotação com ou sem a utilização de outros métodos de controle, em especial métodos culturais. O manejo pró-ativo pode ser de menor custo e proporcionar maior proteção à produtividade e lucratividade versus esperar para implementar estratégias reativas depois da detecção das populações resistentes (tabela 1).

Tabela 1 - Medidas que devem fazer parte de um manejo pró-ativo (preventivo) de seleção de plantas daninhas resistentes.

Uso de herbicidas residuais.

Rotação de diferentes mecanismos de ação.

Controle de plantas daninhas em áreas vizinhas que servem de fonte de sementes.

Rotação de cultivos alterando o mecanismo de ação do herbicida nas culturas.

Controle de plantas daninhas de infestações tardias, evitando a produção de sementes.

3. Medidas preventivas de manejo da resistência

O manejo pró-ativo deve iniciar-se durante as operações de pré semeadura da cultura, utilizando a estratégia de implantar a cultura “no limpo”, ou seja as práticas de dessecação devem ser efetivas no manejo de plantas daninhas, de tal forma que a cultura seja estabelecida em áreas absolutamente isentas de plantas daninhas emergidas (Dewar, 2009; Sammons et al., 2007). Na semeadura da cultura é recomendado o uso de herbicidas residuais com diferentes mecanismos de ação, seguido de opções de pós-emergência também com diferentes mecanismos de ação, seguido da eliminação de possíveis “escapes” através de aplicações em jato dirigido ou barra protegida (Nicolai, 2012; Dewar, 2009). A filosofia básica no manejo é não permitir que uma eventual planta daninha resistente estabeleça um banco de sementes no solo na área.

Pré-plantio - Além do herbicida de manejo (normalmente o glyphosate) é recomendável que um herbicida residual seja associado. Dessecação antecipada, seguida pela dessecação do novo fluxo de emergência com a associação de herbicida de contato com um residual é também uma prática recomendada. Associação de pós emergentes de ação sobre folhas largas são também utilizados para o controle de buva e outras plantas daninhas folhas largas de difícil controle pelo glyphosate.

Pré-emergência - Diversas opções de herbicidas e mecanismos de ação estão disponíveis no mercado. A escolha irá depender das condições edáficas, climáticas e culturais, além do custo, sendo que deve-se ressaltar que a seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência é devida, dentre outros, a três fatores: metabolismo da molécula pela cultivar, dose e posicionamento no solo.

Pós-emergência - Existem vários herbicidas recomendados para aplicação em pós-emergência nas culturas, no entanto, enquanto alguns podem ser aplicados em área total (POS), outros têm recomendação para aplicação em jato dirigido (POSd), dependendo de sua seletividade. O importante nesta estratégia é que o herbicida deve ser associado com mecanismos de ação diferenciados.

O uso de misturas de herbicidas para manejo e prevenção da resistência está baseado no fato de que os ingredientes ativos controlam eficientemente os dois biótipos da mesma espécie, ou seja, o biótipo resistente a um dos herbicidas é controlado pelo outro ingrediente ativo da mistura (Gustafson, 2008; Powles & Holtum, 1994). Melo (2011) mostra a eficiência da associação de herbicidas inibidores da ACCase para o controle de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate. É importante ressaltar que a mistura de herbicidas de diferentes mecanismos de ação como forma de manejo e prevenção de resistência é mais eficiente quando o sistema de reprodução da planta daninha é a autogamia, uma vez que a recombinação gênica de diferentes alelos que conferem resistência tem menor probabilidade de ocorrer em relação a plantas alógamas (Gaines et al., 2010; Gould, 1995). Ainda, é viável o uso de associações entre herbicidas, seja no tanque de pulverização ou no tempo considerando-se o sistema de produção, onde são explorados diversos mecanismos de ação. Constantin et al. (2012), Nicolai et al. (2010) e Moreira et al. (2010) apontam o uso de diversos mecanismos de ação para o manejo de buva dentro do sistema de produção de soja e citrus, com destaque para o glyphosate e os inibidores da ALS, mas também para herbicidas inibidores da PROTOX, da GS e da divisão celular por exemplo.

Atenção especial deve ser observada quando do uso de misturas entre herbicidas que visam o controle de biótipos resistentes a um deles, como é o caso das associações ao herbicida glyphosate. Ocorre que o aumento de dose e o uso de um mesmo mecanismo de ação pressionam a planta daninha até que a mesma se mostre resistente a ambos os mecanismos (resistência múltipla). Tal fato é tão atual que Santos et al. (2012) acabam de relatar a resistência múltipla de buva (*Conyza sumatrensis*) a glyphosate e inibidores da ALS (chlorimuron). Ainda, Vargas et al. (2006) mostraram a grande efetividade do herbicida clethodim sobre a planta daninha azevém (*Lolium multiflorum*). Contudo, em 2010, estes mesmos pesquisadores relataram o caos de resistência múltipla de *Lolium multiflorum* a glyphosate e a inibidores de ACCase (clethodim) (Heap, 2012).

Outras alternativas para prevenção e manejo da resistência podem ser: cultivo de culturas mais competitivas, espaçamento mais adensado, controle biológico e uso de cobertura morta (Inoue & Oliveira Jr., 2011; Silva et al., 2007) . É interessante manter um histórico de cada área da propriedade para se identificar a evolução da população de determinadas espécies, pois, normalmente, a ocorrência dos biótipos resistentes

não pode ser detectada durante os primeiros anos de aplicação do agente selecionador, isto é, quando é percebida a falta de controle de uma espécie que tradicionalmente era controlada por certo herbicida, já passou diversos anos do início da seleção do biótipo resistente (Culpepper, 2009). Assim, as principais formas de manejo e prevenção da resistência estão todas relacionadas ao manejo integrado de plantas daninhas.

Por fim, a seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas no Brasil e no mundo é um fenômeno já constatado e relatado para praticamente todos os herbicidas em uso na agricultura (Heap, 2012). No entanto, a frequência de aparecimento dos casos de resistência é variável em função do herbicida, da planta daninha e do sistema de produção. O herbicida glyphosate, por exemplo, apesar de seu uso intensivo na agricultura, tem poucos registros de casos quando comparado com outras classes de herbicidas (Christoffoleti et al., 2009; Powles, 2008). Sendo assim, o conhecimento das características das plantas daninhas, dos herbicidas e do sistema de produção, que favorecem o aparecimento de biótipos de plantas daninhas resistentes, é de fundamental importância para que técnicas de manejo sejam utilizadas para evitar ou retardar o aparecimento de biótipos resistentes em uma área e caso já esteja presente na área evitar sua disseminação e reduzir sua presença. Ressaltamos que embora a seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes seja um fato que exige cuidados e mudanças nas práticas agrícolas não é um fenômeno que inviabilize o uso de herbicidas; é, pois um fenômeno que exige do produtor racionalização de medidas de manejo de plantas daninhas.

4. Considerações finais

Para prevenção da seleção da resistência o agricultor deve adotar as boas práticas de manejo. Dentre estas práticas destacam-se levantamento da infestação antes do plantio, levantamento da infestação após o plantio, iniciar a cultura no limpo, controlar as plantas daninhas no início de seu desenvolvimento e da cultura, controle de plantas daninhas escapes, limpeza de equipamentos de colheita e tratos culturais, uso de sementes certificadas, uso de herbicidas com diferentes mecanismos de ação e uso da dose recomendada pelo fabricante. A porcentagem de produtores que utilizam todas estas boas práticas agrícolas é com certeza pequena, sendo que algumas delas são mais utilizadas que outras. Assim, como mensagem final ressaltamos que prevenir a resistência é com certeza mais fácil que remediar.

Bibliografia

- CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., R. S.; NETO, A. M. O.; BLAINSKI, E. *Buva: Fundamentos e Recomendações para Manejo*. Curitiba, PR: Ompipax, 104 p, 2012.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; MOREIRA, M. S.; CARVALHO, S. J. P.; LOPEZ-OVEJERO, R. F.; NICOLAI, M.; CARDINALI, V. C. B. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da ESPSS. In: **Glyphosate** / Ed: VELINI, E. D.; MESCHÉDE, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE M. L. B. Botucatu: FEPAF, 2009. Páginas 309 a 356.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; LOPEZ-OVEJERO, R. F.; NICOLAI, M.; VARGAS, L.; CARVALHO, S. J. P.; MOREIRA, M. S.; CARVALHO, J. C.; CATANEO, A. C. **Aspectos da resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas**. 3ed. Campinas: Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas (HRAC-BR), 120 p, 2008.
- CULPEPPER, A. S., A. C. YORK, AND M. W. MARSHALL. Glyphosate-resistant Palmer amaranth in the Southeast. Pages in T. M. Webster, ed. **Proceedings of the Southern Weed Science Society**. Orlando, FL: Southern Weed Science Society, 62:371. 2009.
- DEWAR, A. M. Weed control in glyphosate-tolerant maize in Europe. **Pest Management Science**, v. 65, n. 10, p. 1047-1058, 2009.
- DUKE, S. O.; POWLES, S. B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. **Pest Manag. Sci.**, v. 64, p.319-325, 2008.
- GAINES, T.A.; ZHANG, W.; WANG, D.; BUKUN, B; CHISHOLM, S.T.; SHANER, D.L.; NISSEN, S.J.; PATZODT, W.L.; TRANEL, P.J.; CULPEPPER, A.S.; GREY, T.L.; WEBSTER, T.M.; VENCILL, W.K.; SAMMONS, R.D.; JIANG, J.; PRESTON, C.; LEACH, J.E.; WESTRA, P. Gene Amplification confers glyphosate resistance in *Amaranthus palmeri* **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. v. 107, n. 3, p. 1029 - 1034. 2010.
- GOULD, F. Comparisons between resistance management strategies for insects and weeds. **Weed Technol.**, v.9, n.4, p.830-839, 1995.
- GUSTAFSON, D. I. Sustainable use of glyphosate in North American cropping systems. **Pest. Manag. Sci.**, v. 64, n. 4, p. 409-416, 2008.
- HEAP, I. **The international survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: www.weedscience.com. Acessado em 20/06/2012.
- HURLEY, T.M.; MITCHELL, P.D.; FRISVOLD, G.B. Effects of weed resistance concerns and resistance management practices on the value of Roundup Ready® crops. **AgBioForum**, vol 12(3&4), p. 291-302. 2009.
- INOUE, M. H.; OLIVEIRA JR., R. S.. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. In: **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Ed: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. Curitiba, PR: Ompipax, p. 193 - 214, 2011.
- MELO, M. S. C. Alternativas de controle, acúmulo de chiquimato e curva de crescimento de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) suscetível e resistente ao glyphosate. Piracicaba, 2011. **Dissertação (Mestrado)**. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.
- MOREIRA, M. S.; MELO, M. S. C.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M.; CRHISTOFFOLETI, P. J.. Herbicidas alternativos para controle de biótipos de *Conyza bonariensis* e *C. canadensis* resistentes ao glyphosate. **Planta daninha**, vol.28, n.1, pp. 167-175. 2010.
- NICOLAI, M.; MELO, M. S. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; LOPEZ-OVEJERO, R. F.; FERREIRA, A. Chemical management systems for *Digitaria insularis* resistant to glyphosate in soybean in Brazil. In: **Southern Weed Science Society Conference, 2012. Abstract, 65th Annual Meeting, Charleston, SC, USA**, n. 81, 2012.
- NICOLAI, M.; CARVALHO, S. J. P.; MELO, M. S. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J.. Ocorrência e manejo de plantas daninhas resistentes a herbicidas na cultura de milho no Brasil. In: FANCELLI, A. L. (Ed). **Milho: Produção e Produtividade**. Piracicaba/SP: ESALQ/USP/LPV, 2011. p.59-90.
- NICOLAI, M.; MELO, M. S. C.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; NEVES, R; FIORINI, M; CHRISTOFFOLETI, P. J. Sistemas de manejo para a planta daninha Buva (*Conyza bonariensis*) resistente ao herbicida glyphosate envolvendo a cultura da soja RR. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS**, 27. Ribeirão Preto, SP. 2010. **Resumos**. Ribeirão Preto: SBCPD, n. 449, p. 2141 - 2145. 2010.
- POWLES, S. B. Evolved glyphosate-resistant weeds around the world: lessons to be learnt. **Pest Manag. Sci.** V. 64, p.360-365, 2008.
- POWLES, S. B; YU, Q. Evolution in Action: Plants Resistant to Herbicides. **Annual Review of Plant Biology**, Vol. 61: 317-347. 2010.
- POWLES, S.; HOLTUM, J. **Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry**. New York: CRC Press, 1994. 353p.
- SAMMONS, R. D.; HEERING, D. C.; DINICOLA, N.; GLICK, H.; ELMORE, G. A. Sustainability and Stewardship of Glyphosate and Glyphosate-resistant Crops. **Weed Technology**, v. 21, n. 2, p. 347-354. 2007.
- SANTOS, G.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; MACHADO, F. P. S. M. Buva com resistência múltipla a herbicidas é identificada como *Conyza sumatrensis* no Paraná. **Informe Técnico PGA - Universidade Estadual de Maringá**. Maringá, PR, v. 01, n. 01, p. 1 a 3. 2012.
- SILVA, A. S.; VARGAS, L.; FERREIRA, E. A. **Herbicidas: Resistência de plantas**. In: Tópicos em manejo de plantas daninhas. Ed: SILVA, A. A.; SILVA, F. S. Viçosa, MG: Ed. UFV, p 279 - 324. 2007.
- VARGAS, L.; ROMAN, E. S.; RIZZARDI, M. A.; TOLEDO, R. E. B. Manejo de azevém resistente ao glyphosate em pomares de maçã com herbicida Select (clethodim). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 5, n. 1, p. 30 - 36. 2006.

