



Dionisio Luiz Pisa Gazziero – Embrapa Soja (dionisio.gazziero@embrapa.br),  
Fernando Storniolo Adegas – Embrapa Soja; Dana Katia Meschede – UEL  
Leandro Vargas – Embrapa Trigo; Decio Karam – Embrapa Milho e Sorgo  
Cleber Daniel de Goes Maciel – Unicentro; Donizete Fornarolli – Unifil  
Marli de Moraes Gomes – UEL

## INTRODUÇÃO

Em um evento científico realizado no Brasil, o Professor Stephen B. Powles, da *University of Western Australia*, afirmou que, “a cada 100 anos, temos uma possibilidade de descobrir um produto com as características do glyphosate”. O Prof. Powles fazia referência à dificuldade de se conseguir encontrar e desenvolver um novo produto de alta eficiência e com o mínimo de impacto possível ao homem e ao ambiente. Para Lars Rodefeld, pesquisador da Bayer CropScience, “encontrar um novo mecanismo de ação é um presente de Deus”. Cada vez mais diminui a probabilidade de se encontrar novas moléculas e, com o surgimento dos OGMs (organismos geneticamente modificados), as pesquisas em relação a novos herbicidas foram desestimuladas. Há quase trinta anos não se encontra um herbicida com um novo mecanismo de ação para a cultura da soja. A molécula do glyphosate foi inicialmente testada pela indústria farmacêutica nos anos 50 e somente em maio de 1970 foi utilizada como um produto de áreas não agrícolas nos Estados Unidos. Em 1976 recebeu seu primeiro rótulo agrícola para uso em quatro culturas e em 10 espécies daninhas (HALTER, 2009). Segundo este autor, a importância da descoberta do glyphosate permitiu a inclusão do nome do químico responsável, John Z. Flourez, no “*Hall of Fame*” nos Estados Unidos, além da premiação com a medalha tecnológica, ocorrida anos antes. Hoje, o glyphosate está registrado em mais de 130 países e indicado para o controle de mais de 300 espécies de plantas daninhas, em mais de 100 culturas. No Brasil, foi registrado

pelo Ministério da Agricultura em fevereiro de 1978, que aprovou seu uso como herbicida não seletivo, de ação sistêmica, para o controle em pós-emergência de plantas daninhas nas culturas de café e citros. O conhecimento sobre a introdução de genes selecionados em células vegetais data dos anos 80 e, em 1996, foi lançada a tecnologia da soja *Roundup Ready* (RR) nos Estados Unidos (HALTER, 2009). Segundo Hartzler *et al.* (2006), a soja RR tornou-se popular por ser consistente e permitir o controle de um largo espectro de plantas daninhas, com risco mínimo de injúria. Posteriormente, essa tecnologia foi adaptada para as condições Argentinas e, em 2005, para o Brasil. Atualmente, cerca de 95% da soja plantada em nosso País utiliza essa tecnologia, em função, principalmente, dos graves problemas com a pressão de infestação causada pela presença das plantas daninhas e a resistência de importantes biótipos aos herbicidas utilizados na soja convencional, particularmente aos pertencentes aos grupos ACCase (acetil CoA carboxilase) e ALS (acetolactato sintase). Desde o seu lançamento, o mercado desse produto cresceu continuamente, tornando-se um importante componente dos sistemas de produção (VELINI *et al.*, 2009) e ajudando na implantação e viabilização do sistema de semeadura direta, não só no Brasil como em outros países do mundo. Este trabalho tem por objetivos rever informações, fazer uma reflexão e um alerta sobre a importância do uso sustentável do glyphosate, assim como questionar a razão de tantos problemas com a resistência de plantas daninhas, tendo em vista a existência de informações suficientes para retardar, prevenir e controlar essas infestantes.

## A MOLÉCULA DO GLYPHOSATE

Em trabalho elaborado por Gazziero e Galli (2014), os autores relataram que o glyphosate é uma das moléculas mais estudadas e mais eficientes entre os herbicidas já introduzidos no mercado para controle de plantas daninhas, e que, por isso, seu uso continua em expansão em todas as principais áreas agrícolas do mundo. Trata-se de um inibidor da atividade da enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), a qual é catalisadora das reações de síntese dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano. Influencia também outros

processos, como a inibição da síntese de clorofila, estimula a produção de etileno, reduz a síntese de proteínas e o aumento da concentração do ácido indol-acético (IAA), prejudiciais ao crescimento e sobrevivência da planta (COLE, 1985; RODRIGUES, 1994; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Sua degradação ocorre por microrganismos de solo e água através de processos aeróbicos e anaeróbicos, que o decompõem a compostos naturais. Uma característica importante do glyphosate é sua capacidade de ser adsorvido fortemente pelas partículas de solo e permanecer inativo até sua completa degradação, sendo sua meia-vida (tempo médio necessário para que metade da quantidade aplicada do produto seja degradada) de aproximadamente 32 dias. Possui amplo espectro, ação sistêmica, e é utilizado em pós-emergência das plantas daninhas. Comercializado no Brasil há quase quatro décadas, é disponibilizado no mercado com diferentes formulações. A eficiência de controle deste produto, a facilidade de seu uso e a flexibilidade na aplicação são características que lhe conferem grande diferencial quando comparado aos herbicidas convencionais (GAZZIERO, 2003). Como qualquer produto químico, o nível de controle obtido depende de diversos fatores, como qualidade da água, volume da calda, tipos de bicos, condições do ambiente, temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e tecnologia de aplicação. Produtos à base de glyphosate diferem primariamente em relação ao uso de surfactantes e à concentração de equivalente ácido (dose). A sensibilidade ao glyphosate das diferentes espécies de plantas daninhas depende do tamanho da planta e da dose de aplicação, a qual tem estreita relação com o resultado obtido.

Uma vez aplicado, atua nas plantas por via foliar, sendo fortemente adsorvido às partículas de solo (CERDEIRA *et al.*, 2009). Moraes *et al.* (2011) estudaram a concentração de glyphosate e seu metabólito, o ácido aminometilfosfônico (AMPA), na água subterrânea e verificaram níveis aceitáveis de potabilidade. Na água de superfície, sua dissipação é mais rápida do que a maioria dos outros herbicidas (WAUCHOPE *et al.*, 2002; PETERSON; HULTING, 2004). O comportamento ambiental e ecotoxicológico do glyphosate segue um perfil tal que não permite esperar riscos preocupantes, segundo Centeno (2009). Este autor comenta ainda que as análises sobre os estudos de exposição em humanos e em animais de laboratório demonstraram que o glyphosate não causa riscos à saúde humana, quando em condições normais de uso. Estudos sobre a ação em microrganismos

indicam pouco ou nenhum efeito na microflora (ARAUJO *et al.* 2003; HANEY *et al.*, 2002a; 2007b). Cerdeira *et al.* (2007; 2011) relataram que o impacto potencial do cultivo da soja RR no Brasil e em outros países da América do Sul está mais associado ao intenso uso de glyphosate e às mudanças na comunidade de plantas daninhas, o que possibilitou a manifestação de biótipos resistentes a este produto.

## MANEJO DE PLANTAS DANINHAS

O controle de plantas daninhas na soja RR deve ser iniciado com a operação de dessecação das espécies que estão presentes antes da semeadura. Caso contrário, poderá trazer prejuízos à produtividade, devido à matocompetição exercida pelas plantas inadequadamente controladas na pré-semeadura. Resultados obtidos por pesquisadores de diferentes instituições indicam a necessidade de separar a dessecação de pré-semeadura da aplicação em pós-emergência da cultura, mesmo tratando-se do glyphosate. Culturas de safrinha que não recebem um adequado manejo das plantas infestantes, assim como os períodos entre a colheita de uma cultura e a semeadura de outra, permitem a multiplicação dessas espécies e o aumento do banco de sementes no solo. A entressafra é o período mais propício para a multiplicação de algumas espécies, como *Conyza spp.* (buva) e *Digitaria insularis* (capim-amargoso), que possuem crescimento rápido. A eficiência do herbicida glyphosate e outros produtos é naturalmente reduzida na buva e no capim-amargoso desenvolvidos, um problema que pode transcender para a cultura de verão. Porém, nas áreas com manejo de entressafra, essas espécies são mantidas sob controle. Uma importante alternativa para manejar plantas infestantes na entressafra, e que indiretamente ajuda o manejo da soja no verão, é o uso de espécies de inverno que produzem uma quantidade razoável de palha, como a aveia (GAZZIERO, 2003) e o trigo, para a região Sul, e as braquiárias, para as demais regiões. A qualidade e a quantidade de palha deixada pelas culturas no período de entressafra são fundamentais para a eficácia do controle das plantas daninhas em semeadura direta. Baumann (1997) observou resultados elevados de controle de espécies de folha larga, propiciado pela matéria seca e pela exsudação

de aleloquímicos do azevém, enquanto Gazziero (2003) verificou maior capacidade da aveia em cobrir uniformemente o solo do que o milho, a ponto de interferir benéficamente no manejo das plantas daninhas. A rotação de culturas ou qualquer outra prática que permita o uso de herbicidas com diferentes mecanismos de ação é fundamental para se obter um bom manejo das plantas daninhas e dar sustentabilidade ao sistema de produção. O uso de glyphosate em pós-emergência da soja é apenas mais uma ferramenta de controle. Assim como na soja convencional, a aplicação na soja RR deve estar associada às informações sobre mato-interferência, estádios de desenvolvimento da cultura e da planta daninha, espécie da planta daninha, densidade de infestação, dose, época de aplicação, dentre outros fatores. O interesse pela soja Roundup Ready® ou soja RR, quando de sua liberação para uso no Brasil, em grande parte foi devido à difícil situação criada pelos biótipos de *Bidens spp.* (picão-preto) e *Euphorbia heterophylla* (amen-doim-bravo) resistentes aos inibidores da ALS (acetolactato sintase) e de *Brachiaria plantaginea* (capim-marmelada ou papuã) aos inibidores da ACCase (acetilcoenzima-A carboxilase), os quais estavam inviabilizando técnica e economicamente o cultivo da soja convencional. Para se obter o máximo proveito da tecnologia, é fundamental que seja feito um diagnóstico correto das plantas infestantes, para definição da dose e do momento de aplicação. Glyphosate aplicado em plantas menos desenvolvidas e em aplicações sequenciais tem propiciado bons resultados, especialmente nas chamadas plantas tolerantes, como, por exemplo, a trapoeraba. Mesmo havendo flexibilidade de uso com glyphosate, é preciso estar atento às informações da bula e à necessidade de se utilizar a dose adequada para cada espécie, bem como a época indicada para a aplicação. Da mesma forma, é importante respeitar o intervalo de segurança de 56 dias para que os resíduos do produto na soja transgênica se mantenham dentro dos níveis permitidos pela legislação brasileira.

## RESISTÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS

O glyphosate foi utilizado como um dessecante no período de entressafra no sistema de semeadura direta durante aproximadamente 30 anos. A possibilidade de uso também na pós-emergência da soja

aumentou a pressão de seleção, o que aumenta a possibilidade de seleção de plantas resistentes (BOERBOOM; OWEN, 2006). Após a liberação da soja RR, o glyphosate passou a ser aplicado pelo menos de 3 a 5 vezes ao ano na mesma área. Recentemente, passou também a ser aplicado no milho RR. Considera-se uma planta como resistente quando um biótipo não é controlado pelo produto na dose normal de campo registrada na bula, o que não pode ser confundido com a sobrevivência de plantas quando em subdoses (SBCPD, 2007). Resistência é a habilidade de uma planta sobreviver e se reproduzir após a exposição a uma dose normalmente letal para seu biótipo selvagem, segundo a definição da WSSA (2011). Em outras palavras, biótipos considerados resistentes são indivíduos que sobrevivem à aplicação de um produto que anteriormente eliminava indivíduos da mesma espécie. A resistência ocorre naturalmente como resultado da pressão de seleção causada pelo frequente uso de um mesmo herbicida ou de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação. Ou seja, o uso contínuo de um mesmo produto químico induz a pressão de seleção. Populações de plantas daninhas podem conter biótipos que apresentam a mesma carga genética, mas se diferenciam quanto à característica de resistência a um composto químico. No Brasil, estão oficialmente registradas como resistentes a *Conyza bonariensis* (buva), *Conyza canadensis* (buva), *Lolium multiflorum* (azevém), *Digitaria insularis* (capim-amargoso), *Chloris* ou *polydactyla* (capim-de-rhodes ou capim-branco) e *Amaranthus palmeri* (HEAP, 2016). Capim-amargoso e buva tornaram-se um problema no sul do Brasil e agora já são facilmente encontrados em diversas regiões do Brasil Central. *Amaranthus palmeri*, introduzido no Mato Grosso, representa uma séria ameaça para a agricultura, mas até agora tem sido contido nas áreas de origem dentro do estado. O capim-de-rhodes ou capim-branco ainda pode ser considerado como restrito. Já o azevém, planta característica das regiões mais frias, é um sério problema na região Sul. Alguns desses biótipos, além da resistência ao glyphosate, também apresentam resistência a outros herbicidas com diferentes mecanismos de ação, como os inibidores da ACCase e da ALS, o que torna ainda mais difícil o controle dessas espécies que, gradativamente, estão se disseminando pelas áreas de produção. Resultados de pesquisa mostram que as perdas de produtividade devido à convivência desses biótipos com a soja são significativas, podendo atingir 50% a 70% nos casos mais graves. Um

agravante do problema é que não se consegue controlar alguns biótipos com o uso de um produto apenas, mas sim com um conjunto de ações e de aplicações.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Glyphosate é um herbicida utilizado frequentemente em todo o mundo e com o reconhecimento internacional quanto à sua importância para a agricultura. A constante discussão e avaliação desse produto é conveniente, como forma de preservar o uso sustentável. O embasamento descrito anteriormente procurou abordar diferentes aspectos sobre inovação, tecnologias e informações ligadas ao glyphosate e sua relação com o ambiente, o homem e a agricultura. Existe conhecimento suficiente para o uso sustentável do glyphosate e sua integração com outras alternativas de controle, como o uso de culturas que produzem palhada de qualidade, sobre a importância da rotação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação, sobre a importância da forma como se maneja a área, sobre os problemas crescentes com as plantas resistentes e a forma como resolver esse desafio. Em 2000, Devine afirmou que a possibilidade do uso de glyphosate em pós-emergência na cultura da soja geneticamente modificada representava mais uma alternativa para rotacionar mecanismos de ação para controlar plantas resistentes. Em 2003, Gazziero afirmou que os benefícios da aplicação de glyphosate na soja RR só poderiam ser alcançados se a tecnologia fosse bem utilizada, e isso só poderia acontecer se os conceitos de manejo de plantas daninhas continuassem a ser observados. Apesar do problema da resistência ao glyphosate ser uma realidade em nosso país, para a maioria dos agricultores ainda é tempo de prevenir. A prevenção ajuda a evitar, retardar ou minimizar a manifestação da resistência, daí a insistência para a adoção de práticas de prevenção, especialmente a limpeza de máquinas. Nos anos 80 e 90 foram registrados muitos problemas de resistência de plantas daninhas com o uso dos herbicidas convencionais na soja não tolerante ao glyphosate. A soja RR trouxe um novo alento ao agricultor, mas hoje novamente se observam as ameaças das plantas resistentes, só que agora ao glyphosate. Problemas com resistência de plantas daninhas

a herbicidas é um indicativo de que está havendo falha no manejo. Áreas com plantas resistentes são mais difíceis de serem manejadas, têm custo de produção mais elevado, sofrem perda de produtividade e utilizam quantidades maiores de defensivos.

Fica uma pergunta para reflexão: se, com manejo adequado, é possível prevenir e controlar a manifestação da resistência, por que não adotar esta prática? Novas tecnologias começam a chegar ao Brasil e a maioria delas terá glyphosate como produto padrão. A utilização do glyphosate e de outros produtos na agricultura foi questionada por segmentos da sociedade. Sabe-se que normalmente a exposição ao risco é um problema ligado aos produtos químicos em geral, como também aos medicamentos, aos automóveis e a tantos outros produtos que foram desenvolvidos para ajudar o homem. O posicionamento sobre o uso de produtos e inovações deve ser definido a partir de informações baseadas em ciência e tecnologia, geradas por órgãos competentes e devidamente credenciados para tal. O **V SIMPÓSIO DO GLYPHOSATE** foi planejado para permitir o acesso às informações e a um fórum para a ampla discussão sobre essa molécula, sua relação com a agricultura, o meio ambiente e o homem.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R.; ABARKELI, R. B. Effect of glyphosate on the microbial activity of two Brazilian soils. **Chemosphere**, n.52, p.799-804, 2003.

BAUMAN, T. T. General aspects of weed management in no till planting. In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Palestras e Mesas-Redondas... Caxambu, MG. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997, p.17-27.

BOERBOOM, C.; OWEN, M. Facts about Glyphosate – resistant weeds. [S.l.]: Purdue Extension Education Service, [2006?]. 7p. (GWC – 1 – The Glyphosate, Weeds, and Crops Series).

CENTENO, J. A. Glyphosate, uma visão ambiental. In: VELINI, E. D.; MESCHEDE, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. p.145-152.

CERDEIRA, A. L.; DUKE, S. O.; GAZZIERO, D. L. P.; MATALLO, M. B.; BOLONHESI, D. Plantas transgênicas resistentes a herbicidas e interações com o meio ambiente. In: **Culturas Transgênicas: uma abordagem de benefícios e riscos**. Londrina: EDUEL, 2009. p.153-171.

CERDEIRA, A. L.; GAZZIERO, D. L. P.; DUKE, S.; MATALLO, M. B. Agricultural impacts of glyphosate-resistant soybean cultivation in South America. In: **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n.59, p.5799-5807, 2011.

CERDEIRA, A. L.; GAZZIERO, D. L. P.; DUKE, S. O.; MATALLO, M. B.; SPADOTTO, C. A. Review of potential environmental impacts of transgenic glyphosate-resistant soybean in Brazil. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**. 2007. p.539-549.

COLE, D. J. Mode of action of glyphosate – a literature analysis. In: GROSSBARD, E.; ATKINSON, D. (Ed.). **The herbicide glyphosate**. Londres: Butterworths, 1985. p.49-54.

DIVINE, M. D. Resistant crops to manage resistant weeds. In: INTERNATIONAL WEED SCIENCE CONGRESS, 3., Foz do Iguaçu, 2000. **Abstract...** Foz do Iguaçu: SBCPD / Copenhagen: International Weed Science Society, 2000. p.157.

GAZZIERO, D. L. P. **Manejo de plantas daninhas em áreas cultivadas com soja geneticamente modificada para resistência ao glyphosate**. 2003. 143 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

GAZZIERO, D. L. P.; GALLI, A. J. B. Herbicida glifosato. In: BERGER, G. U.; FAVORETTO, L. R. G. (Org.). **Monitoramento ambiental soja Roundup Ready**. Botucatu: FEPAF, 2014. p.77-99. (ID 35143)

HALTER, S. História do herbicida agrícola glyphosate. In: VELINI, E. D.; MESCHEDE, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. p.11-16.

HANEY, R. L.; SENSEMAN, S. A.; HONS, F. M. Effect of Roundup Ultra on microbial activity and biomass from selected soils. **J. Environ. Qual.**, v.31, n.3, p.730-735, 2002a.

HANEY, R. L.; SENSEMAN, S. A.; HONS, F. M.; ZUBERER, D. A. Effect of glyphosate on soil microbial activity and biomass. **Weed Science**, v.48, p.89-93, 2002b.

HARTZLER, B.; BOERBOOM, C.; NICE, G.; SIKKEMA, P. Understanding Glyphosate to increase performance. [S.l.]: Purdue Extension Education Service, [2006]. 11p. (GWC – 2 – The Glyphosate, Weeds, and Crops Series).

HEAP, I. Herbicide resistant weeds. Herbicide Resistance Action Committee (HRAC), International Survey of Herbicide Resistant Weeds, Corvallis, OR, USA. Disponível em: <<http://www.weedscience.org.com>>. Acesso em: 07 maio de 2016.

MORAES, D. A. C.; SPADOTTO, A. Estimativas de concentrações de glyphosate e AMPA em água subterrânea em cenário crítico e comparação com padrões de potabilidade. In: Simpósio Internacional sobre Glyphosate. Botucatu: FEPAF, 2011. p.393-395.

PETERSON, R. K. D.; HULTING, A. G. A comparative ecological risk assessment for herbicides used on spring wheat: the effect of glyphosate when used within a glyphosate-tolerant wheat system. **Weed Science**, n.52, p.834-844, 2004.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de Herbicidas**. 6. ed., Londrina. Biblioteca: Embrapa Soja, Londrina-PR. 2011, 697p.

RODRIGUES, J. D. **Absorção, translocação e modo de ação de defensivos (glifosato e alachlor)**. Botucatu: Unesp, 1994. 10p. Apostila.

SBCPD. **Critérios para relatos oficiais estatísticos de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas**. 2008. 22p.

VELINI, E. D.; MESCHEDE, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. 496p.

WAUCHOPE, R. D.; ESTES, T. L.; ALLEN, R.; BACKER, J. L.; HORNSBY, A. G.; JONES, R. L.; RICHARDS, R. P.; GUSTAFSON, D. I. Predict impact transgenic herbicide-tolerant corn on drinking water quality in vulnerable watersheds on the mid-western USA. **Pest management Science**, v. 58, p.146-160, 2002.

WSSA 2011. International Survey of Herbicides Resistant Weeds. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/In.asp>>. Acesso em: 7 maio 2016.