



Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas II



ATUALIDADES
TÉCNICAS

3

Autores e colaboradores que viabilizaram este material:

Eng.Agr. Alcione Fontana – Emater
Eng.Agr. Bruno Welter – Bayer CropScience
Eng.Agr. Celso Siebert – Emater
Eng.Agr. Cláudio Doro – Emater
Eng.Agr. Dr. Eduardo Cordeiro de Araújo – Agrotec
Eng.Agr. Ph.D. Erlei Melo Reis – UPF
Eng.Agr. Eugênio Passos Schröder – Schröder Consultoria Agrícola
Eng.Agr. Fabio Carlet – Bayer CropScience
Eng.Agr. Felipe Sulzbach - Niposul MK
Eng.Agr. Flávio Lago - Niposul MK
Eng.Agr. M.Sc Fernando Geraldo Martins – Cotrijal
Eng.Agr. Fernando Franco Rupolo – Bayer CropScience
Eng.Agr. Gelson Melo de Lima – Cotrijal
Eng.Agr. Dr. José Carlos Christofolletti – Teejet
Eng.Agr. Dr. Jerson Vanderlei Carús Guedes – UFSM
Eng. Agr. Kleber Colormate – Teejet
Eng.Agr. M.Sc Leandro Vargas – Embrapa
Eng.Agr. Dr. Marco Antônio Gandolfo – FFALM
Eng.Agr. Dr. Marcos Vilela de M. Monteiro – CBB
Eng.Agr. Marcelo Sant’Ana Vasconcelos – Bayer CropScience
Eng.Agr. Dr. Mauro Antônio Rizzardi – UPF
Eng.Agr. e Eng. Seg. Do Trabalho Moisés Souza Soares – UPF/Proteger
Eng.Agr. Dr. Nelson Kruse – UFSM
Eng.Agr. Rafael Cabeda – Bayer CropScience
Eng.Agr. Ph.D. Ribas Vidal – UFRGS
Eng.Agr. Ph.D. Ricardo S. Balardin – UFSM
Eng.Agr. Valmir Antonio da Pont – Cotrijal
Eng.Agr. Dr. Walter Boller – UPF
Eng.Agr. Piloto Agrícola – Wilson P. Klause – Nativa Aviação Agrícola

Organizador

Eng.Agr. Leonardo Dian Borges – Plantio Direto Eventos

Revisão Ortográfica

Roberta Franchini

Bayer CropScience

Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. / Organizado por Leonardo Dian Borges. Passo Fundo: Plantio Direto Eventos, 2007. 160 p.: 22cm. – (Atualidades Técnicas 3).

1.Defensivos agrícolas. Série

CDD 632.95

Plantio Direto Eventos

Rua Ângelo Covatti, 1388 - 1261 - Bairro Leonardo Ilha

Passo Fundo – RS - Brasil - 99052-328 - Fone/Fax: 55.54.3313.7452

E-mail: pdeventos@pdeventos.com.br - Home Page: www.pdeventos.com.br

4

Manejo e controle de espécies tolerantes ou resistentes ao glifosato

Leandro Vargas¹,
Mario Antônio Bianchi², Mauro Rizzardi³

4.1 Introdução

Os herbicidas são a principal ferramenta utilizada para controlar plantas daninhas. Entretanto, o uso intensivo desses produtos resulta em efeitos negativos sobre o ambiente, provocando impactos como a seleção de espécies daninhas tolerantes ou resistentes aos herbicidas. A planta é sensível a um herbicida quando o seu crescimento e desenvolvimento são alterados pela ação do produto, sendo a resposta final a morte ou completa supressão. Já a tolerância é a capacidade que algumas espécies possuem em sobreviver e se reproduzir após o tratamento herbicida, mesmo sofrendo injúrias. São exemplos de espécies tolerantes ao glifosato a poaia (*Richardia brasiliensis*), a corriola (*Ipomoea* sp.) e a

trapoeraba (*Commelina benghalensis*). O glifosato, mesmo quando da sua introdução no mercado, jamais apresentou controle eficiente destas espécies, caracterizando-as como tolerantes. A tolerância pode estar relacionada ao estágio de desenvolvimento e/ou a características morfofisiológicas da espécie. Por outro lado, a resistência é a capacidade adquirida por uma planta em sobreviver a determinada dose de um herbicida que, em condições normais, controla os demais integrantes da mesma população. O azevém (*Lolium multiflorum*) e a buva (*Conyza bonariensis*), são exemplos de plantas resistentes ao glifosato, já que inicialmente toda a população de azevém e buva era sensível a este herbicida. Entretanto, surgiram biótipos que não são controlados

¹ Eng.-Agr^o., Pesquisador da Embrapa Trigo. Caixa Postal 451. Passo Fundo, RS. vargas@cnpt.embrapa.br

² Eng.-Agr^o., Pesquisador da Fundacep/Fecotrigo. Caixa Postal 10. Cruz Alta, RS.

³ Eng.-Agr^o., Professor da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo (UPF). Passo Fundo, RS.

(resistentes) após vários anos de uso do glifosato para controlar essas espécies.

A primeira constatação de resistência de plantas daninhas aos herbicidas ocorreu em 1957, quando foram identificados biótipos de *Commelina difusa* nos Estados Unidos e, depois, *Daucus carota* no Canadá, ambos resistentes a herbicidas pertencentes ao grupo das auxinas. No Brasil o primeiro caso foi de picão-preto (*Bidens pilosa*) relatado em 1993.

A resistência de plantas daninhas a herbicidas assume grande importância, principalmente em casos de limitado 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 restrito, e o desenvolvimento de novas moléculas é cada vez mais difícil e oneroso.

O crescimento da população de plantas daninhas resistentes a herbicidas pode ser resultado do uso incorreto dos mesmos. O uso repetido de um mesmo herbicida ou de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação, altamente específicos e com longo efeito residual, seleciona indivíduos, quanto ao número de descendentes. Esses indivíduos são preservados para a geração seguinte e, assim, favorece determinados tipos em relação a outros. Evidências sugerem que o aparecimento da resistência a um herbicida, em uma população de

plantas, se deve à seleção de biótipos resistentes preexistentes que, devido à pressão de seleção exercida por repetidas aplicações de um mesmo herbicida, encontra condições para multiplicação.

O processo de evolução da resistência aos herbicidas passa por três estádios: a) eliminação de biótipos altamente sensíveis, restando apenas os mais tolerantes e resistentes; b) eliminação de todos os biótipos, exceto os resistentes, e seleção destes dentro de uma população com alta tolerância; e c) intercruzamento entre os biótipos sobreviventes, gerando novos indivíduos com maior grau de resistência, os quais podem ser re-selecionados posteriormente.

A resistência de plantas daninhas é um fenômeno em evolução no Brasil e que afeta, além dos agricultores, outros profissionais ligados de alguma forma à agricultura, devido às dificuldades que ela proporciona no manejo das espécies daninhas. A resistência, em certos casos, pode inviabilizar o uso de determinados herbicidas. Desse modo, há necessidade de implantação de outros métodos de controle, que na maioria das vezes são menos eficientes, chegando a afetar a produtividade da cultura e o custo do seu manejo. Portanto, a resistência de plantas daninhas a herbicidas pode ser manejada através do uso de estratégias alternativas, associado ao emprego de outros métodos de controle. Somente com o manejo racional e utilizando

vários métodos de controle é que a resistência pode ser combatida e a probabilidade do surgimento de novos casos pode ser minimizada.

4.2 O glifosato e a seleção de espécies

O herbicida glifosato vem sendo utilizado há mais de 20 anos pelos agricultores, principalmente na dessecação da vegetação para formação da palhada, indispensável para implantação do sistema plantio direto. A introdução da soja transgênica, resistente ao glifosato, fez com que o uso desse herbicida fosse ampliado. Atualmente, são realizadas de duas a três aplicações de glifosato por ciclo da soja, uma na dessecação e uma ou duas após a emergência da cultura.

A tecnologia da soja resistente ao glifosato foi rapidamente aceita e adotada pelos produtores. Isso se deve principalmente ao fato do glifosato ser um herbicida eficiente sobre a maioria das espécies daninhas, relativamente de fácil aplicação e de baixo custo. Além disso, a tecnologia da soja resistente ao glifosato permite reduzir ou eliminar o uso de herbicidas de solo a necessidade da aplicação de diferentes herbicidas, diminuir a quantidade de herbicida aplicado no ambiente e proporcionar um manejo mais eficiente das plantas daninhas no sistema plantio direto.

Entretanto, alguns aspectos sobre a dinâmica de populações das plantas daninhas e a possibilidade

da seleção de espécies tolerantes e resistentes ao glifosato não foram adequadamente previstas. O tipo de manejo e os herbicidas utilizados em uma área provocam mudanças no tipo e proporção de espécies que compõem a população do local. Isso se explica pelo fato dos herbicidas não controlar igualmente as diferentes espécies existentes na área, com isso algumas dessas acabam sendo beneficiadas e se multiplicam. Nessas situações, plantas de baixa ocorrência na área podem se multiplicar e se tornar um grave problema para o produtor. Dessa forma, o uso contínuo e repetido e um mesmo herbicida ou de herbicidas com mesmo mecanismo de ação, torna a seleção de espécies inevitável.

As características do glifosato indicam que esse herbicida possui baixo risco para seleção de espécies tolerantes e resistentes. Contudo, as plantas daninhas corriola, buva, poaia-branca e trapoeraba são exemplos de espécies tolerantes que estão sendo selecionadas e tornando-se problema em algumas lavouras no Rio Grande do Sul e Paraná. Nos últimos anos foram identificadas no Brasil três espécies de plantas daninhas resistentes ao glifosato. No Rio Grande do Sul foram identificados, em 2003, biótipos de azevém, em 2005, biótipos de buva e leiteiro, resistentes ao glifosato.

Esses fatos demonstram que o uso repetido e continuado de um herbicida seleciona espécies tole-

rantes e/ou resistentes ao produto e isso está ocorrendo com o glifosato no Rio grande do Sul. Para evitar o agravamento da seleção de espécies tolerantes e resistentes e para prolongar o tempo de utilização eficiente da tecnologia da resistência ao glifosato recomenda-se a adoção das seguintes práticas:

- a) Arrancar e destruir plantas suspeitas de resistência;
- b) Não usar mais do que duas vezes consecutivas herbicidas com o mesmo mecanismo de ação em uma área;
- c) Fazer rotação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação;
- d) Realizar aplicações seqüenciais de herbicidas com diferentes mecanismos de ação;
- e) Fazer rotação de culturas;
- f) Monitorar a população de plantas daninhas e o início do aparecimento da resistência;
- g) Evitar que plantas resistentes ou suspeitas produzam sementes;
- h) Usar práticas para esgotar o banco de sementes.

4.3 Azevém resistente ao glifosato

O azevém é uma espécie anual, de inverno, utilizada principalmente como forrageira e para fornecimento de palha para o sistema plantio direto. É uma espécie de fácil dispersão e, por isso, está

presente e caracteriza-se como planta daninha em praticamente todas as lavouras de inverno e em pomares da região sul do Brasil.

O controle do azevém, em pomares e no sistema plantio direto para formar a palhada, é realizado geralmente com o herbicida glifosato. A utilização do glifosato para controle de azevém em áreas com culturas anuais e perenes (pomares) é prática que vem sendo utilizada há mais de 20 anos. O número de aplicações em uma safra é variável e depende da cultura (anuais ou perenes), das espécies daninhas presentes e das condições de clima. Existem casos na fruticultura em que são realizadas mais de cinco aplicações durante o ciclo produtivo (setembro a abril, no caso da maçã).

As indicações relacionadas à prevenção da resistência não foram consideradas de grande importância, já que o glifosato, devido as suas características, é considerado um produto com baixo risco para seleção de biótipos resistentes (Figura 4.1). Entretanto, contrariando as expectativas, foram identificados biótipos de azevém resistentes ao glifosato nos municípios de Vacaria, Lagoa Vermelha, Tapejara, Bento Gonçalves, Ciríaco, Carazinho e Tupanciretã. Existem outros municípios no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina com áreas em avaliação, em que há indicativos de estar ocorrendo biótipos de azevém com resistência.



Figura 4.1. Biótipo de azevem resistente ao glifosato.

Tabela 4.1. Herbicidas graminicidas e totais que controlam azevém resistente e sensível ao glifosato.

Mecanismo de Ação	Grupo químico	Ingrediente Ativo	Nome Comum
HEBICIDAS GRAMINICIDAS			
Inibidores da ACCase	Ariloxifenoxi-propionatos (fop's)	Fluazifop p	Fusilade
		Haloxyfop-r	Verdict R, Gallant
		Propaquizafop	Shogun
		Fenoxaprop	Furore, Podium
Inibidores da ALS	Ciclohexanodionas (dim's)	Diclofop	Iloxan
		Clethodim	Select
		Sethoxydim	Poast
	Sulfoniluréia	Iodosulfuron	Hussar
HEBICIDAS NÃO SELETIVOS			
Inibidores do FS I	Bipiridílios	Diquat Paraquat	Reglone Gramoxone
Inibidores da GS	Ácido fosfínico	Amônio-glufosinato	Finale

O controle dos biótipos de azevém resistentes ao glifosato evidenciou-se como um grande problema devido ao reduzido número de produtos registrados para fruticultura com potencial de uso neste caso. Para as culturas anuais existe um maior número de moléculas disponíveis e igualmente eficientes sobre o azevém, contudo o custo do tratamento com estes produtos pode ser até quatro vezes superior ao tratamento com glifosato. Em geral os graminicidas "fops" e "dims" (Tabela 4.1) controlam com eficiência o azevém. Na cultura do milho o nicosulfuron e o foransulfuron iodosulfurom-metílico apresentam-se como uma boa alternativa.

Vale salientar que mesmo utilizando-se um graminicida, a necessidade de utilização de glifosato para controlar as espécies dicotiledôneas (folhas largas) permanece. Assim, a resistência de plantas daninhas faz com que produtores necessitem acrescentar mais um herbicida na lista de aplicações ou a alterar o manejo da vegetação nestas áreas, utilizando métodos de manejo e controle, muitas vezes menos eficientes e com maior custo de aplicação. Esses fatos ilustram o custo da resistência para o produtor.

A aplicação repetida e continuada de glifosato para controle da vegetação é considerada a principal causa da seleção dos biótipos resistentes. Dessa forma, a rotação de mecanismos de ação é uma ferramenta capaz de impedir a evolu-

ção da resistência ao glifosato e deve ser adotada pelos produtores como medida preventiva.

A avaliação da resposta de biótipos de azevém sensíveis e resistentes a diferentes doses do glifosato indicou Fator de Resistência (FR) de 16,8. Isso significa que o azevém resistente requer dose de glifosato 16,8 vezes maior do que o sensível para evidenciar mesmo efeito. A aplicação seqüencial de doses de glifosato, prática eficiente sobre espécies de difícil controle, não apresentou incremento satisfatório no nível de controle do azevém resistente. Em geral, observa-se que o tempo necessário para ocorrer a morte do biótipo resistente, em resposta a herbicidas graminicidas, é maior do que aquele requerido para o biótipo sensível.

Estudos sobre o crescimento e desenvolvimento do azevém resistente e sensível ao glifosato evidenciaram que o biótipo sensível acumula maior quantidade de matéria seca. A menor produção de matéria seca do biótipo resistente na parte aérea está relacionada com o menor número de perfilhos produzidos. O biótipo sensível apresentou, em média, 7,2 perfilhos por planta, enquanto o resistente apresentou 4,4 perfilhos. O número de perfilhos interfere diretamente no número de inflorescências da planta, uma vez que, cada perfilho produzirá, potencialmente, uma inflorescência. Assim, o número de inflorescências produzidas pelo biótipo sensível também foi maior

do que aquele produzido pelo biótipo resistente. Em conseqüência, o maior número de inflorescências do biótipo sensível lhe proporcionou maior produção de sementes. Outra característica avaliada foi o número de dias necessários, após a emergência, para que os biótipos iniciassem o período reprodutivo. Em média, o biótipo sensível floresce 19 dias antes que o biótipo resistente, e completa o ciclo, em média, 25 dias antes.

Maior acúmulo de matéria seca, maior número de perfilhos, floração antecipada, maior produção de sementes e menor ciclo são características importantes que podem ser utilizadas como ferramentas no manejo e controle da resistência. A adoção de práticas culturais que favoreçam o biótipo de azevém sensível ao glifosato poderá ser uma estratégia eficiente para manejar áreas com resistência.

A capacidade de acumular matéria seca é um importante indicador da habilidade competitiva de uma espécie. Assim, em condições de competição, em nível de campo, o biótipo sensível, em tese, possui condições de exercer efeito supressor sobre o crescimento do biótipo resistente. A floração antecipada do biótipo sensível proporciona dessincronia com a floração do biótipo resistente. Apesar desta característica não impedir totalmente a ocorrência de cruzamentos entre eles, devido ao longo período de floração do azevém e a emissão continuada das inflorescências, ela

pode reduzir a taxa de cruzamentos e, conseqüentemente, diminuir a disseminação da resistência. O maior número de sementes produzidas garante ao biótipo sensível maior número de descendentes e a tendência de dominar o ambiente, se a pressão de seleção for retirada ou reduzida. A pressão de seleção é retirada quando não se utilizam, no local, herbicidas com o mecanismo de ação para o qual os biótipos adquiriram resistência, neste caso glifosato.

Assim, a prevenção e o manejo das áreas infestadas com azevém resistente ao glifosato deve ser realizado com uso de práticas como a rotação de culturas, de métodos de controle, bem como com a utilização de herbicidas com mecanismos de ação diferente daquele para o qual as plantas possuem resistência. A adoção de práticas culturais que favoreçam o biótipo de azevém sensível a glifosato é uma estratégia eficiente para manejar áreas com resistência. Em condições de competição, em nível de campo, o biótipo sensível, em tese, possui condições de exercer efeito supressor sobre o crescimento do biótipo resistente, já que produz maior quantidade de matéria seca e maior número de sementes.

4.4 Buva resistente ao glifosato

A buva é uma espécie anual, nativa da América do Sul, que pertence a classe magnoliopsida e a

família Asteraceae. É uma espécie autógama, que chega a produzir mais de 100 mil sementes por planta.

As sementes da buva germinam durante o outono/inverno, (Figua 4.2) as plantas desenvolvem-se durante a primavera/verão e encerram o ciclo no outono. A germinação é aumentada na presença da luz e em condições de campo as sementes só germinam se estiverem próximas da superfície do solo. A baixa dormência faz com que ocorram vários fluxos germinativos, dependendo das condições de clima. É comum encontrar plantas de buva em diferentes estádios vegetativos em lavouras de soja e milho no Rio Grande do Sul.

A buva (Figura 4.4) foi a primeira espécie dicotiledônea a apresentar resistência ao glifosato. Estudos demonstram que os biótipos sensíveis e resistentes apresentam semelhanças na retenção e absorção do glifosato. Entretanto, o biótipo resistente transloca menor quantidade do herbicida para as raízes, assim como o azevém resistente. Além disso, a distribuição do glifosato, a partir do ponto onde foi aplicado na planta, é menor no biótipo resistente do que no sensível. Dessa forma o glifosato concentra-se no ponto de aplicação, não distribuindo-se na planta resistente como ocorre na sensível. Os níveis da EPSPs nos tecidos do biótipo sensível e do resistente são

altos, evidenciando que a enzima é sensível ao herbicida. Os resultados dos estudos realizados até o momento evidenciam que a resistência pode ser devido a uma alteração nos tecidos, que resulta em impedimento do carregamento do floema e a conseqüente redução da distribuição do herbicida na planta. Esses dados são semelhantes aos obtidos para o azevém.

A resistência da *Conyza canadensis* é devido a um gene nuclear, com dominância incompleta. A natureza autógama dessa espécie, a herança simples da resistência e a sobrevivência dos biótipos heterozigotos sugerem aumento rápido na freqüência da resistência em áreas com uso contínuo do glifosato.

A buva é uma planta daninha comum nos estados da região sul do Brasil. O glifosato vem sendo usado na dessecação pré-semeadura com controle eficiente da buva em diferentes estádios de desenvolvimento há mais de 20 anos no Rio Grande do Sul. Nos últimos dois ciclos agrícolas da soja (2004/2005 e 2005/2006) observou-se controle insatisfatório da buva com uso do herbicida glifosato, sugerindo que esta espécie tenha adquirido resistência ao herbicida. Estudos preliminares confirmaram esta suspeita no Rio grande do Sul.

O grupo de pesquisa composto pelos pesquisadores da área de plantas daninhas da Embrapa



Figura 4.2. Lavoura com infestação de buva em diferentes estádios.

Tabela 4.2. Herbicidas que controlam buva resistente e sensível ao glifosato.

Mecanismo de Ação	Grupo químico	Ingrediente Ativo	Nome Comum
CONTROLE NO INVERNO			
Inibidor da ALS	Sulfoniluréia	Iodosulfuron-metil	Hussar
		Metsulfuron-metil	Ally
Mimetizador de auxinas	Ácido fenoxiacético	2,4-D	Aminol 806, Capri, DMA 806 BR, Herbi D-480, U46 D-Fluid 2,4-D
NA DESSECAÇÃO PRÉ-SEMEADURA			
Inibidores do FS I	Bipiridílios	Diquat	Reglone
		Paraquat	Gramoxone
		Paraquat + Diuron	Gramocil
Inibidores da GS	Ácido fosfínico	Amônio-glufozinato	Finale
Mimetizador de auxinas	Ácido fenoxiacético	2,4-D	Aminol 806, Capri, DMA 806 BR, Herbi D-480, U46 D-Fluid 2,4-D
NA PÓS-EMERGÊNCIA DA SOJA			
Inibidor da ALS	Sulfoniluréia	Clorimuron-etil	Classic, Clorimuron Master Nortox, Conquest, Smart, Twister



Figura 4.3. Biótipo de buva resistente ao glifosato

Trigo, Fundacep, Universidade de Passo Fundo e Universidade Federal de Viçosa, está avaliando a retenção, absorção e translocação do glifosato, a sensibilidade da enzima EPSPs e determinando alternativas de controle em áreas infestadas com biótipos de buva resistentes ao glifosato, da mesma forma como foi realizado com o azevém.

Atualmente as recomendações são no sentido de que as áreas infestadas com buva resistente sejam manejadas de forma que os biótipos resistentes não produzam sementes. O uso de controle manual, aplicações localizadas de herbicidas e a instalação de culturas

para cobertura do solo são algumas alternativas. O controle dos biótipos resistentes é mais eficiente quando realizado durante o inverno, já que a buva é mais sensível aos herbicidas em estádios iniciais de desenvolvimento. Na Tabela 4.2 constam herbicidas utilizados para controle de buva no inverno, na dessecação pré-semeadura e na pós-emergência.

O herbicida metsulfuron-metill apresenta residual no solo que deve ser considerado antes da semeadura de culturas sucessivas. A recomendação é que esse herbicida seja aplicado 60 dias antes da semeadura do milho ou da soja.

Na dessecação, pré-semeadura do milho ou da soja, geralmente as plantas de buva estão em estádios avançados de desenvolvimento e apresentam maior tolerância aos herbicidas. Nesse caso, o controle eficiente da buva tem sido obtido com 2,4-D ($1,5$ a $2,0$ L ha⁻¹) e clorimuron (40 a 60 g ha⁻¹) associados ao glyphosate (3 L ha⁻¹). Aplicações seqüenciais têm apresentado melhor resultados. Nesse caso, o glifosato associado ao 2,4 D ou ao clorimuron é aplicado 15 a 20 dias antes da segunda aplicação. A

segunda aplicação, utilizando-se paraquat ($2,0$ L ha⁻¹) ou paraquat + diuron ($1,5$ a $2,0$ L ha⁻¹), deverá ser realizada 1 a 2 dias antes da semeadura. O herbicida amônio-glufosinato apresenta-se eficiente no controle da buva.

Na pós-emergência da soja o herbicida clorimuron apresenta-se como alternativa de controle. Destaca-se que as dificuldades de controle aumentam com o desenvolvimento da buva e as doses dos herbicidas devem ser ajustadas de acordo com o estágio dessa espécie.