

Identificação e manejo de plantas daninhas resistentes a herbicidas



Leandro Vargas¹, Erivelton Scherer Roman¹



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, que são preservados para a geração seguinte e, assim, favorece indivíduos com determinados tipos em relação a outros. Muitas 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 (Betts et al., 1992).

¹ Eng.-Agr^o., Pesquisador da Embrapa Trigo na área de manejo e controle de plantas daninhas. Caixa Postal 451. Passo Fundo, RS 99001-970 vargas@cnpt.embrapa.br

O processo da evolução da resistência à herbicidas passa por três estádios: eliminação de biótipos altamente sensíveis, restando apenas os mais tolerantes e resistentes; eliminação de todos os biótipos, exceto os resistentes, e seleção destes dentro de uma população com alta tolerância; e intercruzamento entre os biótipos sobreviventes, gerando novos indivíduos com maior grau de resistência, os quais podem ser resseleccionados posteriormente (Mortimer, 1998).

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 dessas espécies. 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 o rendimento da cultura ou encarecendo 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 os vários métodos de controle disponíveis é que a resistência pode ser combatida e a probabilidade do surgimento de novos casos pode ser minimizada.

Diagnóstico da resistência a campo

O controle insatisfatório de plantas daninhas não significa necessariamente que estas se tornaram resistentes. A resistência é um fenômeno que evolui em uma lavoura durante vários anos. Segundo Kissmann (1996), é necessário que 20% da população de plantas seja resistente para que o fenômeno se torne perceptível.

De acordo com Herbicide (1998b), quando há suspeitas da ocorrência de resistência, devem-se, inicialmente, considerar as seguintes questões:

- a) O produto, a dosagem, a época ou o estágio de aplicação, a calibração, o volume de calda, os adjuvantes, os tipos de bico e as condições ambientais foram adequados?
- b) As falhas de controle ocorreram em uma espécie apenas?
- c) As plantas não são resultado de reinfestação?

Se as respostas a estas indagações forem afirmativas, devem-se investigar os fatores que levaram à resistência, o que poderá ser feito considerando-se o que segue:

- a) Ultimamente vem sendo usado, repetidas vezes, o mesmo herbicida, ou herbicidas, com o mesmo mecanismo de ação?
- b) O herbicida em questão vem perdendo eficiência?
- c) Há casos de plantas resistentes a este herbicida?
- d) O herbicida não perdeu eficiência sobre outras espécies?

Se a resposta a uma ou mais destas perguntas for afirmativa, existe a possibilidade de estar ocorrendo resistência.

Como confirmar a resistência

O método mais comum e recomendado (Herbicide, 1998a) é colher sementes das plantas suspeitas de resistência e das plantas sensíveis, semeá-las em vasos e tratá-las com doses crescentes do herbicida em questão.

Para se ter certeza de que as plantas colhidas representam a população, devem ser colhidas, de forma aleatória, sementes de 100 plantas (cerca de 10 sementes de cada planta). Para servir como padrão sensível, devem-se colher sementes de plantas em locais que nunca receberam aplicação do herbicida suspeito.

As condições de aplicação devem ser aquelas recomendadas pelo fabricante. As doses a serem aplicadas são metade da dose recomendada, a dose recomendada e duas e quatro vezes a dose recomendada. Após duas e quatro semanas, devem-se avaliar o controle e a produção de matéria seca ou fresca.

As diferenças entre biótipos resistentes e sensíveis de uma espécie podem ser quantitativamente expressas, comparando-se as doses de herbicida necessárias para reduzir 50% da população (LD_{50}), da biomassa (GR_{50}) ou da atividade da enzima (I_{50}), das plantas tratadas com herbicida, em comparação com as não tratadas (Maxwell & Mortimer, 1994).

Análises bioquímicas, para identificar o mecanismo exato da resistência, podem ser realizadas em laboratório. Há metodologias para estudo da maioria dos casos de

resistência. No Brasil, Ponchio (1997) e Vargas et al. (1999) isolaram a enzima acetolactato sintase (ALS) de biótipos de *Bidens pilosa* e de *Euphorbia heterophylla*, respectivamente. Esses autores avaliaram a resposta da ALS à diferentes doses de herbicidas que agem inibindo essa enzima, constatando sua insensibilidade a tais produtos.

Uma vez detectada a resistência, a empresa fabricante do herbicida envolvido deve ser informada e, juntamente com esta, devem-se realizar os testes e determinar medidas de manejo. O acompanhamento e a avaliação da eficiência das medidas adotadas para combate à resistência são indispensáveis para se garantir o sucesso da prática.

Em caso de confirmação da resistência, deve-se, inicialmente:

- erradicar imediatamente as plantas remanescentes ou usar práticas para reduzir o acréscimo de sementes ao solo (dessecações e *rouging*);
- colocar em prática o programa de manejo da resistência; e
- evitar disseminação das plantas resistentes.

Prevenção e manejo da resistência a herbicidas

As técnicas de prevenção e manejo da resistência buscam reduzir a pressão de seleção e controlar os indivíduos resistentes antes que eles possam se multiplicar.

Após detectada a resistência, as estratégias de manejo a serem adotadas podem variar de acordo com a situação. Desse modo, além da adoção das práticas citadas anteriormente, podem ser necessárias outras específicas para uma situação particular. A Tabela 1 apresenta o risco de evolução da resistência, de acordo com as práticas de cultivo.

Os agricultores devem ser estimulados a adotar as práticas, com o objetivo de prevenir a resistência, antes que as falhas de controle apareçam na lavoura, a fim de minimizar o risco do surgimento de plantas resistentes. Isso pode ser conseguido com a adoção das práticas comentadas a seguir.

Utilizar herbicidas somente quando e onde realmente for necessário

O agricultor deve conhecer as espécies de plantas daninhas e onde elas ocorrem em sua lavoura e, a partir disso, usar o herbicida correto em cada local, de acordo com a necessidade. Os agricultores que usam herbicidas pré-emergentes devem deixar pequenas áreas sem aplicação do produto, para servir de testemunha. A aplicação de herbicidas pós-emergentes deve ser feita somente quando e onde for necessário, ou seja, quando o nível de dano econômico for atingido, já que o controle antes disso não implicará retorno econômico. Além disso, outros cuidados, como o estágio adequado para aplicação, a dosagem, as condições de clima, entre outros fatores capazes de influenciar a ação dos herbicidas, devem ser rigorosamente observados. O controle de plantas daninhas consiste na adoção de práticas culturais que proporcionem redução da infestação, sem, entretanto, visar a completa limpeza da área (Lorenzi, 1994). O período crítico de competição também deve ser observado, já que, após este, as plantas daninhas não interferem diretamente na produtividade.

Tabela 1. Risco de evolução da resistência de acordo com as práticas de cultivo

Opção de manejo	Risco de resistência		
	Baixo	Médio	Alto
Mecanismo herbicida	Mais de dois mecanismos	Dois mecanismos	Um mecanismo
Associação de herbicidas	Mais de dois mecanismos	Dois mecanismos	Um mecanismo
Método de controle	Cultural, mecânico e químico	Cultural e químico	Químico
Rotação de cultura	Completa	Limitada	Nenhuma
Infestação	Baixa	Média	Alta
Controle nos últimos três anos	Bom	Declinando	Ruim

Fonte: adaptado de Herbicide (1998c).

Utilizar herbicidas com diferentes mecanismos de ação

O uso de herbicidas com diferentes mecanismos de ação reduz a pressão de seleção; assim, o risco do surgimento da resistência é minimizado. Após confirmada a resistência, o produtor deve substituir imediatamente o mecanismo de ação herbicida, a fim de obter controle eficiente dos biótipos resistentes, impedindo, desse modo, sua

multiplicação na área. É importante salientar que somente com a troca do mecanismo de ação, e não simplesmente do herbicida, é que os biótipos resistentes serão controlados. Há casos em que agricultores, erroneamente, substituem herbicidas por outros do mesmo grupo ou até de grupos diferentes, porém com o mesmo mecanismo de ação, para controlar os biótipos resistentes, não obtendo, dessa forma, efeitos sobre as plantas resistentes e contribuindo para a multiplicação e disseminação desses indivíduos. Nas tabelas 2 a 9 estão listados, por mecanismo de ação, os grupos herbicidas e o nome comum e a marca comercial das respectivas moléculas pertencentes a cada grupo, comercializadas no Brasil.

Realizar aplicações seqüenciais

O uso de aplicações seqüenciais com herbicidas de diferentes mecanismos de ação é uma técnica eficiente para controlar biótipos resistentes em uma lavoura. O uso de aplicações seqüenciais e associações de herbicidas com mecanismos distintos é importante principalmente em casos em que a resistência se deve a alterações no local de ação do produto. Se a resistência for devido ao metabolismo, que pode ser ou não específico para cada molécula, a escolha dos herbicidas que compõem a associação será dificultada, sendo necessário conhecimento profundo sobre as características do metabolismo de cada molécula.

Usar herbicidas de forma seqüencial e associada com diferentes mecanismos de ação e de destoxificação

A associação de produtos com diferentes mecanismos de ação (tabelas 2 a 9) proporciona controle eficiente por maior número de anos do que ambos aplicados de forma isolada, uma vez que a probabilidade de uma planta daninha se tornar resistente aos dois mecanismos simultaneamente é dada pelo produto das duas probabilidades individualmente, sendo, portanto, muito menor. Contudo, o simples uso de herbicidas com diferentes mecanismos de ação pode não ser totalmente eficiente na prevenção e no combate da resistência, se os herbicidas empregados apresentarem o mesmo mecanismo de destoxificação pelas plantas, pois existirá a

possibilidade de surgirem plantas capazes de metabolizar as moléculas e, assim, tornarem-se resistentes a ambos os herbicidas. Além disso, a associação de herbicidas só será eficiente para controlar e prevenir a resistência, se os herbicidas empregados apresentarem a mesma eficiência. Dessa forma, os herbicidas que compõem as associações devem controlar espectro semelhante de plantas daninhas e ter persistência similar e diferentes mecanismos de ação e destoxificação. Assim, se estará minimizando o risco de seleção de biótipos resistentes devido ao uso de produtos com algum tipo de similaridade. A adoção dessas práticas visa reduzir a pressão de seleção.

O uso do mecanismo herbicida para o qual houve a seleção de plantas resistentes não deve ser eliminado totalmente do programa de manejo da lavoura, já que em uma área existirão biótipos resistentes e sensíveis e esse herbicida continuará controlando os biótipos sensíveis. Assim, após reduzido o número de indivíduos resistentes, esses produtos devem voltar a ser usados de acordo com as demais estratégias recomendadas. Essa prática visa reduzir a probabilidade de ocorrer nova seleção de biótipos resistentes.

Tabela 2. Herbicidas inibidores de acetolactato sintase (ALS) comercializados no Brasil

Grupo Químico	Nome comum	Nome comercial
Imidazolinonas	Imazapyr	Arsenal Chopper Contain
	Imazaquin	Scepter Scepter 70DG Topgan
	Imazethapyr	Pivot Pivot 70DG Vezir
	Imazamox	Sweeper Raptor 70DG
	Imazapic	Plateau
Sulfoanilida	Flumetsulan	Scorpion
Sulfoniluréias	Chlorimuron	Classic Conquest
	Flazasulfuron	Katana
	Halosulfuron	Sempre
	Metsulfuron	Ally
	Nicosulfuron	Sanson
	Pyrazosulfuron	Sirius

Fonte: Rodrigues e Almeida (1998).

Tabela 3. Herbicidas destruidores de membranas comercializados no Brasil

Grupo químico	Nome comum	Nome comercial
Difeniléteres	Acifluorfen	Blazer SOL Takle
	Fomesafen	Flex
	Lactofen	Cobra
Derivado do éter bifenílico	Oxyfluorfen	Goal
Ariltriazolinona	Sulfentrazone	Boral 500SC Solara 500SC

Fonte: Rodrigues e Almeida (1998).

Tabela 4. Herbicidas inibidores de 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs) comercializados no Brasil

Grupo Químico	Nome comum	Nome comercial
Derivados da glicina	Glyphosate	Agrisato Glifosato Agripec Gifosato Fersol Gifosato Nortox Glifosato Nortox N.A. Glion Glion N.A. Gliphogan Gliz Rodeo Rodeo N.A. Round up Round up N.A. Round up W.G. Scout N.A. Trop
	Sulfosate	Touchdown Zapp

Fonte: Rodrigues e Almeida (1998).

Tabela 5. Herbicidas inibidores da acetyl-coA carboxylase (ACCCase) comercializados no Brasil

Grupo químico	Nome comum	Nome comercial
Ariloxifenoxipropionato	Diclofop Fenoxaprop	Iloxan Furore Podium
	Fuazifop-p Haloxifop Propaquizafop Quizalofop	Fusilade Gallant Verdict-R Shogum Targa Truco
Ciclohexano-diona	Butroxydim Clethodim Sethoxydim	Falcon Select Poast

Fonte: Rodrigues e Almeida (1998).

Tabela 6. Herbicidas inibidores do fotossistema II (FSII) comercializados no Brasil

Grupo químico	Nome comum	Nome comercial
Triazinas	Ametryn	Ametrina Agripec Gesapax Herbipak Metrimex
	Atrazine	Atrazine Nortox Atrazinax Coyote 500 Gesaprim Herbitrin Siptran Stauzina
	Cyanazine Metribuzin	Bladex 500 Lexone SC Sencor
	Prometryne Simazine	Gesagard Gesatop 500 PW Herbazin 500 BR Simazinax SC Sipazina
Uréias	Diuron	Cention Diuron Diuron Fersol Diuron Hoechst Diuron nortox Diuromex Herburon 500 BR Karmex
	Isouron Linuron	Isouron Afalón Linurex
	Tebuthiuron	Perflan Combine Graslan
Benzotiadiazina	Bentazon	Banir Basagran

Fonte: Rodrigues e Almeida (1998).

Tabela 7. Herbicidas reguladores de crescimento comercializados no Brasil

Grupo químico	Nome comum	Nome comercial
Benzóicos	Dicamba	Banvel
Fenóis	2,4-D	Aminol Deferon DMA 806 BR Esteron 400 Herbi D 480 U-46 D-Fluid
Picolínicos	Fluroxipir- MHE Picloram Triclopyr	Starane Dantor Garlon

Fonte: Rodrigues e Almeida (1998).

Tabela 8. Herbicidas interruptores da mitose comercializados no Brasil

Grupo químico	Nome comum	Nome comercial
Dinitroanilinas	Oryzalin	Surflan
	Pendimethalin	Herbadox
	Trifluralin	Herbiflan
		Prem Merlin
		Treflan
		Trifluralina Agrevo
		Trifluralina Defesa
		Trifluralina Nortox
		Tritac
Trifluralina GR		

Fonte: Rodrigues e Almeida (1998).

Tabela 9. Herbicidas inibidores do fotossistema I (FSI) comercializados no Brasil

Grupo químico	Nome comum	Nome comercial
Bipiridílios	Diquat	Reglone
	Paraquat	Gramoxone

Fonte: Rodrigues e Almeida (1998).

Realizar rotação de mecanismo de ação

A rotação de mecanismos herbicidas é importante para se evitar a seleção de biótipos resistentes aos mecanismos alternativos. O agricultor deve adotar um sistema de rotação de herbicidas de forma que os produtos com mesmo mecanismo de ação não sejam aplicados na mesma área mais do que duas vezes seguidas. Quanto maior for o número de mecanismos empregados, menor será a probabilidade de seleção de biótipos resistentes. Para aumentar o número de mecanismos disponíveis, uma estratégia é cultivar diferentes tipos de culturas na área. As tabelas 2 a 9 devem ser usadas para auxiliar a escolha de herbicidas com diferentes mecanismos de ação. Herbicidas listados na mesma tabela possuem igual mecanismo.

Limitar aplicações de um mesmo herbicida

Existe no mercado grande número de moléculas herbicidas, porém, para controlar determinadas plantas daninhas em algumas culturas, há poucos mecanismos disponíveis, como por exemplo para controle de gramíneas em pós-emergência na cultura da soja. No entanto, o agricultor deve limitar o uso de um mesmo mecanismo herbicida numa área e buscar outras formas de obter o controle. A limitação do uso de um mesmo herbicida ou mecanismo em uma área visa reduzir a pressão de seleção sobre determinadas espécies. A alternância de mecanismos interrompe o processo seletivo que porventura possa estar ocorrendo e isso pode, também, ser conseguido através da rotação de culturas e do uso de outros métodos de controle.

Usar herbicidas com menor pressão de seleção (residual e eficiência)

O controle de plantas daninhas em uma lavoura não precisa, necessariamente, ser total. O agricultor deve atentar para o nível de dano econômico e empregar herbicidas que, apesar de não possuírem controle total das plantas daninhas, mantenham o número de indivíduos da espécie abaixo do nível de dano. A presença de pequeno número de plantas daninhas na área, desde que não afete o rendimento da cultura, pode ser útil em determinadas situações, como no controle da erosão.

O residual herbicida é uma característica altamente desejável em algumas situações em que seja necessário o controle de plantas daninhas por determinado período. Contudo, herbicidas com longo residual permanecem ativos no solo, controlando as plantas daninhas em diversos fluxos germinativos; assim, o número de plantas expostas ao tratamento aumenta. Esse fato resulta em alta pressão de seleção e aumenta a probabilidade de ocorrer a seleção de um biótipo resistente. O uso de herbicidas com menor eficiência e residual, desde que não comprometa o rendimento da cultura, deve ser preferido pelos produtores, a fim de reduzir a pressão de seleção e retardar o processo evolutivo da resistência.

Fazer rotação de culturas

As diversas práticas culturais podem ser usadas para aumentar as possibilidades de controle das plantas daninhas, por meio de diferentes métodos de controle e mecanismos herbicidas. A rotação de culturas proporciona maior oportunidade de usar herbicidas com diferentes mecanismos de ação na área. Além disso, ela fornece ambientes com diferentes dinâmicas competitivas, já que cada cultura é infestada por espécies que melhor se adaptam àquela situação. Assim, uma espécie daninha que é favorecida por uma cultura pode ser fortemente prejudicada por outra; dessa forma, sua produção de propágulos é grandemente reduzida. Além da capacidade competitiva, a rotação deve contemplar culturas com ciclos distintos. O uso da área com pastagens ou produção de forragens geralmente reduz a multiplicação das plantas daninhas; assim, tanto as plantas sensíveis como as resistentes terão suas populações reduzidas.

Nas áreas onde existem biótipos resistentes, deve-se optar por culturas altamente competitivas, ou seja, espécies que possuam maior agressividade do que as plantas resistentes e, se possível, que sejam colhidas antes que as espécies daninhas produzam sementes. Portanto, o agricultor deve planejar a rotação de cultura levando em consideração os mecanismos herbicidas disponíveis para cada uma delas e observando a capacidade competitiva da cultura e das plantas resistentes. Para isso, devem-se conhecer muito bem as características da espécie daninha e da cultura para

optar por espécies com características altamente contrastantes, em que a cultura obtenha a máxima vantagem. O agricultor deve incluir o maior número de espécies possíveis na rotação.

Promover rotação de métodos de controle

Atualmente os agricultores têm preferido o uso de herbicidas para controlar plantas daninhas, devido à alta eficiência desse método e ao seu custo atrativo. Porém, com o surgimento da resistência, os demais métodos de controle assumem maior importância, e os herbicidas precisam ser usados em combinação com estes. O produtor deve usar todos os métodos de controle disponíveis, a fim de prevenir a resistência em áreas não afetadas e combatê-la naquelas onde ela já ocorre.

Além do controle químico, existem outros quatro métodos de controle de plantas daninhas, que são: preventivo, cultural, mecânico e biológico. O método preventivo consiste na prevenção da introdução, no estabelecimento e na disseminação das plantas resistentes. É praticado por meio do uso de sementes de origem comprovada, de uso de estrume e composto orgânico isentos de sementes suspeitas, através da limpeza dos equipamentos após terem sido usados em áreas em que existem plantas suspeitas ou comprovadamente resistentes, e da eliminação das plantas suspeitas em áreas marginais, estradas e terraços.

No método cultural são usadas práticas culturais para controlar as espécies daninhas. A rotação de culturas, as variações no espaçamento entre linhas e no número de plantas por área e a cobertura vegetal são práticas eficientes.

O método mecânico é aquele em que são usados para eliminar as plantas daninhas o *rouging*, a capina manual, a cobertura morta, a roçada e o cultivo mecanizado com cultivadores tracionados com animais ou trator, por exemplo. A queima controlada dos resíduos é eficiente em destruir as sementes das plantas suspeitas. O controle biológico é realizado através do uso de inimigos naturais, como insetos e fungos. No Brasil há várias pesquisas sendo conduzidas, porém até o momento nenhum herbicida biológico foi usado extensivamente na agricultura.

O método de controle deve ser adequado ao sistema de plantio. Alguns sistemas, como o plantio direto, não permitem o controle mecânico de plantas daninhas. Desse modo, antes de eleger os métodos de controle a serem usados, devem-se considerar a adequabilidade destes ao sistema de cultivo praticado, a cultura e as espécies daninhas presentes na área.

A adoção desses métodos deve ser analisada cuidadosamente pelo agricultor, considerando as espécies envolvidas, pois alguns deles podem beneficiar determinadas espécies em relação a outras. O objetivo é obter o máximo benefício para a cultura e o máximo prejuízo para as plantas daninhas. O uso associado dos métodos de controle e a rotação destes reduzem a pressão de seleção, diminuindo o risco de seleção de biótipos resistentes e combatendo aqueles presentes.

Acompanhar mudanças na flora

O técnico e o agricultor devem realizar visitas periódicas à lavoura, com objetivo de conhecer e detectar eventuais mudanças na flora. O conhecimento das espécies existentes na área e suas proporções possibilita ao produtor detectar a ocorrência da seleção de espécies e, assim, prevenir a resistência. Se a resistência for identificada nos estádios iniciais, o combate será facilitado.

O aumento do número de indivíduos de uma espécie na área indica que as práticas adotadas estão favorecendo estes em relação aos demais, aumentando também a possibilidade de seleção de biótipos resistentes, uma vez que o número de indivíduos expostos à seleção será maior. Esse tipo de situação indica alto risco de seleção de biótipos resistentes, pois, para uma população que não possui o alelo da resistência antes da aplicação do herbicida, a probabilidade de adquirir resistência por meio de mutações é função da frequência da mutação e do tamanho da população (Maxwell e Mortimer, 1994). Desse modo, a probabilidade de ocorrer resistência, devido à mutação, em áreas com alta infestação de plantas pode ser alta mesmo que a taxa de mutação seja baixa (Jasieniuk et al., 1996), e a evolução da resistência será rápida se a população já possuir o alelo da resistência, mesmo em baixa frequência, antes do tratamento com o herbicida (Maxwell e Mortimer, 1994).

Empregar sementes certificadas

O emprego de sementes certificadas é importante para evitar a disseminação da resistência, principalmente nos casos em que as sementes das culturas e das plantas daninhas são de difícil separação. Assim, o produtor deve empregar apenas sementes com procedência conhecida e de alta qualidade.

Evitar que plantas suspeitas produzam sementes

Todas as práticas disponíveis devem ser usadas para evitar que as plantas suspeitas ou resistentes produzam sementes ou disseminem pólen no ambiente. O impedimento do acréscimo de sementes desses indivíduos ao solo é importante, tendo em vista que estas podem permanecer dormentes por longos períodos e, assim, prolongar o problema da resistência por muitos anos.

A liberação de pólen no ambiente significa que muitas plantas sensíveis poderão ser fecundadas e originar progênes resistentes, aumentando grandemente a população resistente. Desse modo, o agricultor deve esforçar-se para que, se possível, nenhuma planta suspeita se multiplique de qualquer forma.

Efetuar rotação do tipo de preparo de solo

O preparo de solo, prática não adotada no sistema de semeadura direta, pode auxiliar grandemente no combate à resistência. O revolvimento de solo expõe as sementes das plantas ao ambiente e aos predadores. Dessa forma, o número de propágulos pode ser altamente reduzido. Além disso, o revolvimento do solo pode enterrar em camadas profundas as sementes dos biótipos resistentes, o que, em alguns casos, é suficiente para evitar que estas originem novas plantas. No caso do leiteiro (*Euphorbia heterophylla* L.), as plântulas originadas de sementes localizadas em profundidade maior que 22,5 cm não emergem. Assim, a rotação dos tipos de preparo de solo pode auxiliar na redução do número de sementes de plantas daninhas com condições de germinar.

A antecipação do preparo de solo, de forma a permitir a máxima germinação das sementes das plantas daninhas e o emprego de herbicidas totais antes da

semeadura da cultura, controlará as plantas presentes e reduzirá a infestação e o conseqüente acréscimo de sementes ao solo. Em alguns casos, é possível, além de antecipar o preparo de solo, retardar a semeadura, esperando que as sementes das espécies daninhas germinem, e só então empregar um dos métodos de controle.

Alteração da pressão de seleção

As estratégias de manejo estão sendo discutidas continuamente por cientistas da área. As várias opções que vêm sendo sugeridas estão baseadas em somente dois processos biológicos: alteração da pressão de seleção e, ou, seleção reversa, favorecendo os alelos sensíveis (Mortimer, 1998), que podem ser obtidos com o uso das práticas citadas anteriormente e através da redução da dose de herbicida empregada.

Para adotar a estratégia de reduzir a pressão de seleção, devem-se considerar as características genéticas da resistência, ou seja, se a mesma é monogênica ou poligênica.

Resistência monogênica

A resistência monogênica é aquela conferida por apenas um gene. A redução na pressão de seleção, neste caso, pode ser conseguida com uso de associação de herbicidas, rotação de culturas e outros métodos de controle, bem como de herbicidas com diferentes mecanismos de ação. Com o uso de práticas que não objetivam controle total das espécies daninhas, o número de plantas remanescentes será maior e haverá maior número de indivíduos sensíveis. A pressão de seleção será reduzida e as plantas sensíveis que não são controladas com uso de herbicidas alternativos podem contribuir para a disseminação e o aumento da frequência gênica dos alelos sensíveis; com o passar do tempo, a população de plantas resistentes será reduzida (Mortimer, 1998). O controle de plantas daninhas resistentes devido a apenas um mecanismo é conseguido facilmente com o uso de mecanismos herbicidas alternativos isolados ou associados. Estas são práticas de curto prazo, em que se deve atentar para a rotação dos produtos, para evitar o surgimento de plantas resistentes a outros mecanismos.

Resistência poligênica

A resistência poligênica é aquela conferida por dois ou mais genes. Se a resistência for uma característica poligênica, o uso de medidas que reduzam a pressão de seleção pode agravar o problema. As características poligênicas dependem da associação dos genes corretos; assim, a redução na pressão de seleção aumenta a probabilidade de associação desses genes em um biótipo, já que o número de plantas remanescentes após o tratamento será maior; dessa forma, estará sendo permitido o cruzamento entre maior número de plantas, possibilitando a concentração dos genes de resistência em um indivíduo. A baixa pressão de seleção poderá, neste caso, originar biótipos altamente resistentes. O uso de doses reduzidas pode provocar o acúmulo de genes da resistência na população (Maxwell e Mortimer, 1994).

O uso de altas doses pode intensificar a seleção de biótipos resistentes quando a resistência for monogênica, mas reduzirá o número de genes nas populações capazes de se associarem (Mortimer, 1998), diminuindo a probabilidade de ocorrência da resistência poligênica. Desse modo, é necessário o conhecimento do tipo de resistência que está ocorrendo, para só depois adotar as estratégias corretas de manejo.

Seleção reversa (favorecimento dos alelos sensíveis)

A seleção reversa ocorre na ausência da seleção herbicida. Eliminado o fator que exerce a seleção, a tendência é que a população retome o equilíbrio, e os indivíduos mais bem adaptados a essa nova realidade se tornarão predominantes. A eliminação do uso de herbicidas proporcionará grandes mudanças no comportamento da população de plantas, e os biótipos mais adaptados tenderão a dominar o ambiente. Biótipos de *Senecio vulgaris*, resistentes às triazinas, são menos competitivos do que biótipos sensíveis, em razão do dispêndio energético no processo da resistência, fenômeno denominado dreno metabólico. Esta tática somente será eficiente na redução da população dos biótipos resistentes em casos em que as diferenças de adaptabilidade entre os biótipos resistentes e sensíveis sejam grandes (Mortimer, 1998).

O conhecimento da capacidade competitiva dos biótipos resistentes é de grande importância para definir técnicas de manejo. A menor adaptação ao ambiente, associada à rotação de mecanismos de herbicidas com baixa pressão de seleção e com mecanismos de ação diferente daquele para o qual existe resistência, proporcionará eliminação dos biótipos resistentes e aumento do número de indivíduos sensíveis. No caso de biótipos com baixa capacidade competitiva, as técnicas culturais, como aumento da densidade de plantas, podem resultar em grande benefício.

Período de manejo

Após detectada a resistência e implantadas as estratégias de manejo, surge a dúvida sobre qual o período necessário para reverter o processo. O uso de técnicas culturais e de herbicidas alternativos pode manter a população de biótipos resistentes em níveis reduzidos por longos períodos. No entanto, o período em que essas técnicas devem ser empregadas para superar o problema depende do banco de sementes ou do tempo de vida dos propágulos no solo. Conhecer as características e a dinâmica do banco de sementes dos biótipos resistentes e sensíveis é fundamental para definir, implantar as técnicas de manejo e determinar o período que estas devem ser aplicadas.

O uso de práticas que reduzam o banco de sementes é fundamental no manejo da resistência. A indução da germinação das sementes e, ou, a exposição destas aos predadores são técnicas eficientes. A aração profunda pode enterrar as sementes ou expô-las ao ambiente. O uso da área com pastagem, o emprego de herbicidas não-seletivos, a queima controlada de resíduos e o uso de culturas altamente competitivas são técnicas de longo prazo que podem reduzir drasticamente o banco de sementes (Matthews, 1994).

Comentários finais

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é um fenômeno natural, acelerado pelo uso inadequado dos herbicidas. A sua evolução se deve à alta pressão de seleção exercida sobre a população de plantas daninhas através da aplicação

repetida de herbicidas com mesmo mecanismo de ação altamente eficientes e específicos, aliada ao não-uso de outros métodos de controle e à monocultura. São raros os casos em que a resistência limita o cultivo, pois o uso das estratégias de manejo é eficiente em reduzir e manter em níveis adequados o número de indivíduos resistentes. A redução da pressão de seleção é fundamental para prevenir e manejar a resistência, e isso pode ser obtido através da adoção de sistemas de manejo. É importante salientar que as estratégias de prevenção e manejo só serão totalmente eficientes quando usadas de forma combinada. Estudos sobre a capacidade competitiva das plantas daninhas, as características biológicas das sementes e o período de emergência e a longevidade do banco de sementes são raros para a maioria das espécies daninhas. Entretanto, com o advento da resistência, estes estudos devem ser realizados rapidamente, pois só assim se poderá eleger os métodos mais adequados de prevenção e combate para cada espécie que venha a adquirir resistência.

Referências bibliográficas

BETTS, K. J.; EHLKE, N. J.; WYSE, D. L.; GRONWALD, J. W.; SOMERS, D. A. Mechanism of inheritance of diclofop resistance in italian ryegrass (*Lolium multiflorum*). **Weed Science**, Champaign, v. 40, n. 2, p. 184-189, 1992.

HERBICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. **Guideline to the management of herbicide resistance**. Disponível em: < <http://ipmwww.ncsu.edu/orgs/hrac/guideline.html> > . Acesso em: 11 de dez. 1998a.

HERBICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. **How to minimize resistance risks and how to respond to cases of suspected and confirmed resistance**. Disponível em: < <http://ipmwww.ncsu.edu/orgs/hrac/hoetomil.html> > . Acesso em: 12 de dez. de 1998b.

HERBICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. **The role of HRAC in the management of weed resistance**. Disponível em: < <http://ipmwww.ncsu.edu/orgs/hrac/weedresis.htm> > . Acesso em: 12 de dez. de 1998c.

JASIENNIUK, M.; BRÛLÉ-BABEL, A. L.; MORRISON, I. N. The evolution and genetics of herbicide resistance in weeds. **Weed science**, Champaign, v. 44, n. 1, p. 176-193, 1996.

KISSMANN, K. G. **Resistência de plantas a herbicidas**. São Paulo: Basf Brasileira S.A., 1996. 33 p.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. Nova Odessa: Plantarum, 1994. 336 p.

MATTHEWS, J. M. Management of herbicide resistant weed population. In: POWLES, S. B.; HOLTUM, J. A. M. (Ed.). **Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry**. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 317-335.

MAXWELL, B. D.; MORTIMER, A. M. Selection for herbicide resistance. In: POWLES, S. B.; HOLTUM, J. A. M. (Ed.). **Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry**. Boca Raton: CRC Press, 1994. p.1-25.

MORTIMER, A. M. **Review of graminicide resistance**. Disponível em:
< <http://ipmwww.ncsu.edu/orgs/hrac/monograph1.htm> > . Acesso em:15 de dez. 1998.

PONCHIO, J. A. R. **Resistência de biótipos de *Bidens pilosa* L. a herbicidas inibidores da enzima ALS/AHAS**. 1997. 143 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 4. ed. Londrina: IAPAR, 1998. 648 p.

VARGAS, L.; SILVA, A. A.; BORÉM, A.; REZENDE, S. T.; FERREIRA, F. A.; SEDIYAMA, T. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Viçosa, MG: Jard Produções Gráficas Ltda, 1999. 131 p.



Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: **Leandro Vargas**

Ana Lídia V. Bonato, José A. Portella, Leila M. Costamilan, Márcia S. Chaves, Maria Imaculada P. M. Lima, Paulo Roberto V. da S. Pereira, Rainoldo A. Kochhann, Rita Maria A. de Moraes

Expediente

Referências bibliográficas: Maria Regina Martins

Editoração eletrônica: Márcia Barrocas Moreira Pimentel

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Identificação e manejo de plantas daninhas resistentes a herbicidas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 19 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 60). Disponível em:
http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do60.htm