

Quadro 20 - Principais herbicidas do grupo dos inibidores da PROTOX e suas marcas comerciais

Grupo químico	Ingrediente ativo	Nome comercial	Uso agrícola no Brasil
Difenileteres	Acifluorfen	Blazer Sol	Soja e feijão
	Formesafen	Flex	Soja e feijão
	Lactofen	Cobra Naja	Soja
	Oxyfluorfen	Goal BR	Algodão, arroz irrigado, café, cana-de-açúcar, citros, eucalipto e pinus
Ftalimidas	Flumiclorac-pentil	Radiant 100	Soja
	Flumioxazin	Flumyzin 500 Sumisoya	Soja
Oxadiazolinas	Oxidiazon	Ronstar 250 BR Ronstar SC	Algodão, alho, arroz, café, cana-de-açúcar, cebola, cenoura, citros, gladiolo e fumo
Triazolinas	Sulfentrazone	Boral 500 Solara 500	Cana-de-açúcar, soja, citros, eucalipto, áreas não-agrícolas.
	Carfentrazone-ethyl	Aurora	Algodão, arroz irrigado, batata, café, citros, milho e soja.

Resistência

Até o momento foram relatados três casos de resistência aos herbicidas desse grupo. São produtos que podem ser usados para auxiliar na prevenção da resistência a outros mecanismos de ação.

9.2.6. Herbicidas inibidores da biossíntese de caroteno

Os carotenóides são pigmentos importantes para as plantas porque protegem outros pigmentos, como a clorofila da fotoxidação. Herbicidas que interferem na biossíntese de carotenóides provocam coloração branca nas folhas; não havendo tecido verde fotossintético, há paralisação de crescimento, levando a planta à morte.

Principais características dos herbicidas desse grupo:

- Provocam branqueamento dos tecidos com os quais entram em contato.

- São translocados mais por via apoplástica, acumulando-se nos cloroplastos.
- De modo geral, são adsorvidos ao solo, tendo pouca lixiviação. Clomazone é relativamente imóvel no solo, e o principal fator de degradação são os microrganismos.
- A persistência no solo depende dos microrganismos e das condições ambientais. Clomazone tem meia-vida de 28 a 80 dias, e o norflurazon, de 45 a 145 dias.

Os herbicidas desse grupo atuam na biossíntese dos carotenóides. Os carotenóides e as clorofilas são pigmentos que se localizam no interior das membranas dos cloroplastos, captando energia luminosa e transferindo para os centros de reação. Os carotenóides desempenham a função importante de proteger a clorofila, dissipando na forma de calor o excesso de energia acumulada por ela, diminuindo a formação de superóxidos.

O herbicida clomazone não tem o seu mecanismo de ação completamente esclarecido. Segundo Vidal (1997), os cientistas não conseguiram identificar claramente a enzima que seria inibida. É citado que o clomazone seria um pré-herbicida, que seria ativado por alguma reação química na planta.

O herbicida isoxaflutole inibe a enzima hidroxifenilpiruvato dioxigenase (HDDP), o qual inibe a formação de plastoquinonas necessárias como co-fatores no funcionamento da enzima fitoeno desaturase (PPS). Portanto, a inibição dessa enzima seria um efeito indireto.

O sintoma que ocorre é uma perda da coloração verde (branqueamento) dos tecidos novos. Após alguns dias, as plântulas ficam marrons e em seguida morrem. É importante salientar que estes herbicidas não têm efeito sobre carotenóides sintetizados antes da aplicação.

O principal fator de seletividade é a metabolização do herbicida. O clomazone é aparentemente metabolizado em soja. Também a seletividade pode ocorrer devido a diferenças na sensibilidade das enzimas e à compartimentalização dos herbicidas. O herbicida norflurazon também tem sido seletivo pela posição no solo, não atingindo o sistema radicular das plantas cultivadas.

Os principais herbicidas do grupo, com as suas marcas comerciais, encontram-se no Quadro 21.

Quadro 21 - Principais herbicidas do grupo dos inibidores da biossíntese de carotenóides e suas marcas comerciais

Grupo químico	Ingrediente ativo	Nome comercial	Uso agrícola no Brasil
Isoxazolidinona	Clomazone	Garnit Garnit 360 CS	Soja, arroz irrigado, cana-de-açúcar, fumo, algodão e mandioca
Piridazinonas	Norflurazon	Zorial	Algodão
Isoxazol	Isoxaflutole	Provence 750 WG	Milho, cana-de-açúcar, mandioca, algodão e batata
Tricetonas	Mesotrione	Callisto	Milho

Resistência

O risco de resistência desse grupo é baixo. Esses herbicidas são divididos em três grupos: F₁ – piridazinonas (norflurazon), F₂ – isoxazol (isoxaflutole) e tricetonas (mesotrione) e F₃ – isoxazolidinona (clomazone).

Até o momento foram relatados seis biótipos resistentes a esse grupo de herbicidas, sendo dois do grupo F₁ e quatro do grupo F₃.

9.2.7. Herbicidas inibidores da síntese de aminoácidos

Os aminoácidos essenciais são produzidos pelas plantas e qualquer bloqueio na biossíntese deles pode levá-las à morte. Atualmente, três enzimas envolvidas na biossíntese de aminoácidos são locais de ação dos herbicidas.

9.2.7.1. Herbicidas inibidores da biossíntese de aminoácidos aromáticos

Os herbicidas desse grupo inibem a biossíntese dos aminoácidos fenilalanina, tirosina e triptofano, que são chamados aminoácidos aromáticos, porque apresentam parte da cadeia fechada.

A Stauffer patenteou uma série de ácidos fosfônicos e fosfinicos como detergentes industriais. Entre 1969 e 1971, a Monsanto obteve a patente para uso de ácidos fosfônicos como herbicidas e reguladores de crescimento. Em 1980, a Stauffer patenteou sulfosate como herbicida, que também é citado como glifosate trimesium. A liberação para o mercado só ocorreu após uma disputa judicial entre essas empresas.

Principais características dos herbicidas desse grupo:

- Apresentam controle de todo o tecido verde com o qual entra em contato.
- A translocação é predominantemente simplástica, controlando gramíneas e folhas largas.
- São absorvidos lentamente pelas plantas, necessitando de um período sem chuva de seis horas após a aplicação. Dependendo da formulação, o tempo de absorção é mais rápido, necessitando de menor tempo sem chuva.
- Absorção e a translocação são prejudicadas em condições de estresse de umidade, assim como condições ambientais desfavoráveis, como temperaturas baixas e dias nublados. Em plantas perenes, o herbicida necessita ser transportado para os órgãos de propagação vegetativa subterrâneos, e os melhores resultados têm ocorrido com aplicação em estágio vegetativo próximo ao florescimento, quando há maior translocação para os órgãos de propagação subterrâneos.
- Aplicação com baixa vazão e gotas menores tem apresentado melhores resultados de controle.
- A mistura com herbicidas que destroem as membranas celulares pode dificultar a ação do glifosate, assim como água com sais solúveis.
- As formulações usadas para ambientes aquáticos não contêm surfatantes. Para evitar toxicidade a peixes.
- O uso de aditivos como sulfato de amônio tem propiciado melhor eficácia em condições favoráveis ao transporte pelas plantas.

Os herbicidas desse grupo inibem a enzima 5-enolpiruvilskimato-3-fosfato sintase (EPSP sintase), competindo com o substrato fosfoenolpiruvanato (PEP), evitando a transformação de shikimato em corismato. Com isso, há inibição da síntese dos aminoácidos fenilalanina, tirosina e triptofano.

Os principais herbicidas, com as suas respectivas marcas comerciais, encontram-se no Quadro 22.

Quadro 22 - Principais herbicidas, com as suas marcas comerciais

Grupo químico	Ingrediente ativo	Nome comercial	Uso agrícola no Brasil
der Glicina	Glyphosate	Roundup	Diversas culturas com aplicações dirigidas, plantio direto, e na soja transgênica
		Glifos	
		Glifosato Agripec	
		Glifosato Atanor	
		Glifosato Nortox	
		Glifosato Nufarm	
		Glister	
		Gliz 480	
		Gliz NA	
		Pilarsato	
		Roundup WG	
		Roundup Original	
		Roundup NA	
		Roundup Transorb	
		Scout NA	
Sulfosate	Touchdown	Trop	Diversas culturas e Plantio direto
		Zapp	

Resistência

O herbicida glifosate, apesar do uso mundial, com extensa área de aplicação, tem apresentado poucos casos de resistência. Todavia, pelo uso em plantio direto, assim como nas áreas com as culturas transgênicas, é muito importante conhecer o mecanismo de ação, os aspectos de absorção e translocação, assim como a dissipação no solo e na planta, para evitar que surjam possíveis casos de resistência.

Os casos relatados de resistência foram para *Lolium rigidum* na Austrália em áreas de cereais e também em pomar de frutíferas (PRATLEY et al., 1996; POWLES et al., 1998). Também foram relatados casos de *Lolium rigidum* nos Estados Unidos e na África do Sul. Outras espécies com relatos de resistência foram *Eleusine indica*, na Malásia; *Lolium multiflorum*, no Chile; e *Conyza canadensis*, *Conyza bonariensis* e *Plantago lanceolata*. Até o momento foram registrados 13 biótipos resistentes ao herbicida desse grupo.

Algumas características do glifosate são citadas para explicar os poucos casos de resistência: mecanismo de ação atuando em diversos mecanismos fisiológicos na planta; sem efeito residual no solo; limitado metabolismo pelas plantas; e baixa frequência inicial das plantas resistentes.

9.2.7.2. Herbicidas inibidores da biossíntese de aminoácidos de cadeia ramificada

Os herbicidas desse grupo inibem a biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada valina, leucina e isoleucina.

Sulfoniluréias

A primeira sulfoniluréia foi comercializada em 1982. Hoje estão disponíveis no mercado para grande número de culturas, controlando principalmente dicotiledôneas e algumas ciperáceas.

Principais características das sulfoniluréias:

- A absorção é rápida, ocorrendo por raízes, folhas e caules.
- São ativos com doses muito pequenas. Metsulfuron apresenta atividade com 2 g.i.a/ha.
- A mobilidade no solo é maior em pH mais alto.
- A persistência depende do herbicida e tem apresentado problemas com cultura em rotação. É necessário o monitoramento e o conhecimento da sensibilidade das culturas.
- A degradação ocorre devido à hidrólise e degradação pelos microrganismos.

- f) O uso continuado por vários anos de herbicidas desse grupo sem rotação tem levado ao surgimento de várias espécies de plantas daninhas resistentes. A resistência tem ocorrido em até três anos após o uso anual de herbicidas desse grupo.

As **sulfoniluréias** inibem a enzima acetolactatosintase (ALS), também chamada de acetohidroxibutirato sintase (AHAS), impedindo a síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina. Essa inibição provoca a interrupção da síntese de proteínas, com inibição na divisão celular e crescimento das plantas.

O crescimento das plantas é inibido poucas horas após a aplicação. As plantas sensíveis tornam-se cloróticas e morrem num prazo de 7 a 14 dias após a aplicação. Os sintomas são observados nas folhas novas, às vezes com aparecimento de coloração vermelha ou roxa, principalmente nas nervuras. Em algumas plantas ocorre o encurtamento dos nós.

A seletividade se deve aos seguintes fatores:

- Metabolização do herbicida pelas plantas para metabólitos não-tóxicos. Beyer et al. (1988) têm apresentado dados do metabolismo do chlorsulfuron em trigo e outras plantas daninhas tolerantes, mostrando que essa seletividade ocorre devido à hidroxilação e também à conjugação com glucose.
- A posição no solo pode ser um fator em culturas perenes, como a seringueira.
- O uso de inseticidas organofosforados tem reduzido a seletividade de algumas sulfoniluréias. Para nicosulfuron em milho, há restrição de aplicações dos inseticidas organofosforados, que só devem ser aplicados uma semana antes ou uma semana após a aplicação de nicosulfuron.

Imidazolinonas

As imidazolinonas também foram introduzidas na década de 1980 e apresentam o mesmo mecanismo de ação das sulfoniluréias.

As características gerais são as seguintes:

- São usadas em pré ou em pós-emergência no controle de dicotiledôneas e gramíneas anuais, em diversas culturas e áreas não-agrícolas.
- Translocam pelo floema.
- Apresentam persistência moderada a alta no solo. Em pH baixo e matéria orgânica alta há maior adsorção e, conseqüentemente, maior persistência.
- A degradação no solo ocorre principalmente pelos microrganismos.
- A mobilidade no solo é moderada.
- A ocorrência de resistência de plantas daninhas tem sido rápida com o uso contínuo desses herbicidas.

As imidazolinonas, como as sulfoniluréias, inibem a enzima ALS, impedindo a síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina.

As plantas param de crescer logo após a aplicação. O meristema apical torna-se clorótico e depois necrótico com dois a quatro dias após a aplicação. Com 7 a 10 dias após a aplicação, a planta torna-se clorótica e morre.

A seletividade ocorre devido ao metabolismo para metabólitos não-tóxicos, assim como devido a aspectos de absorção e translocação. Shanner e Conner (1991) apresentam detalhes sobre os mecanismos de seletividade desse grupo de herbicidas.

Triazolopirimidinas e pirinydil oxi-benzoatos

Esses dois grupos de herbicidas também interferem na inibição da enzima ALS. A primeira triazolopirimidina foi comercializada em 1993.

As triazolopirimidinas são usadas no controle de plantas dicotiledôneas, nas culturas de soja, milho e outros cereais. A seletividade se deve ao metabolismo e aos aspectos de absorção e translocação. A degradação no solo ocorre principalmente pelos microrganismos. Os resíduos devem ser monitorados em sistemas de rotação de culturas.

O grupo dos pirinydil oxi-benzoatos é recente, sendo usado no controle de dicotiledôneas.

Os principais herbicidas, com as suas marcas comerciais, encontram-se no Quadro 23.

Quadro 23 - Principais herbicidas inibidores da ALS e suas marcas comerciais

Grupo químico	Ingrediente ativo	Nome comercial	Uso agrícola no Brasil
Sulfoniluréias	Azimsulfuron	Gulliver	Arroz
	Chlorimuron-ethyl	Classic	Soja
		Conquest	
		Clorimuron Master Nortox	
		Smart Twister	
	Cyclosulfamuron	Invest	Arroz
	Ethoxysulfuron	Gladium	Arroz Cana-de-açúcar
	Flazasulfuron	Katana	Cana-de-açúcar e tomate
	Halosulfuron	Sempre	Cana-de-açúcar
	Iodosulfuron-methyl	Hussar	Arroz, cana-de-açúcar e trigo
	Metsulfuron-methyl	Ally	Trigo, arroz, cana-de-açúcar e pastagens
	Nicosulfuron	Sanson	Milho
		Nicosulfuron Nortox	
	Oxasulfuron	Chart	Soja
Pirazosulfuron-ethyl	Sirius	Arroz irrigado	
Trifloxysulfuron-sodium	Envoke	Algodão e cana-de-açúcar	
Imidazolinonas	Imazamox	Sweeper	Feijão
	Imazapic	Plateau	Amendoim Cana-de-açúcar
	Imazapyr	Arsenal NA	Áreas não agrícolas,
		Chopper NA	Pinus, seringueira,
	Contain	cana-de-açúcar	
	Imazaquin	Scepter	Soja
		Scepter 70DG	
Topgan			
Imazethapyr	Imazaquin Ultra Nortox		
	Pivot	Soja	
	Pivot DG		
	Dinamaz 70 WG		
	Imazethapyr Plus Nortox		
Zethapyr 106 SL			
Vezir			

Continuação

Quadro 23 - Principais herbicidas inibidores da ALS e suas marcas comerciais

Grupo químico	Ingrediente ativo	Nome comercial	Uso agrícola no Brasil
Triazolopirimidina	Cloransulam-metil	Pacto	Soja
	Diclosulam	Spider	Soja
	Flumetsulam	Scorpion	Soja
Pyridimidinyl Oxi-benzoatos	Bispyribac-sodium	Nominee	Arroz irrigado
	Pyriithiobac-sodium	Staple	Algodão

Resistência

Esse grupo químico tem sido largamente utilizado na agricultura, em razão de algumas características, como alta eficácia, ótima seletividade a culturas, uso de doses baixas, reduzido impacto ambiental e baixa toxicidade aos animais (SAARI et al., 1994).

Características como uso intensivo, alta eficácia, prolongado efeito residual no solo e alta frequência inicial dos biótipos resistentes, têm permitido o surgimento desses biótipos resistentes em um período curto de uso. Têm sido relatados casos de apenas quatro anos de pressão de seleção com esses herbicidas.

No Brasil, já foram relatados casos de resistência para *Bidens pilosa*, *B. sulbaternans*, *Euphorbia heterophylla*, *Sagittaria montevidensis*, *Fimbristylis miliacea*, *Cyperus difformis* e *Raphanus sativus* (PONCHIO, 1997; CHRISTOFFOLETI et al., 1994; VIDAL; MEROTTO, 1999; NOLDIN et al., 2002).

Já estão relatadas no mundo cerca de 95 biótipos resistentes a esse grupo químico. O principal fator de resistência é a alteração do gene responsável pela codificação da enzima, provocando alteração na sequência dos aminoácidos na enzima; como consequência, não ocorre a inibição pelo herbicida. Também pode ocorrer o metabolismo mais acentuado do herbicida como fator de resistência para algumas espécies.

9.2.7.3. Inibidores da glutamina syntetase (GS)

Neste grupo químico existe apenas um herbicida, denominado glufosinate ou amônio-glufosinato. Também na literatura é citado com o nome de phosphinothricin (PPT). O glufosinate é uma mistura de isômeros D e L do phosphinothricin. Bilanafos é nome comum de um bio-herbicida sintetizado por *Streptomyces hygroscopicus* e comercializado no Japão com o nome de Bialaphos. O composto phosphinothricin é também o ingrediente ativo deste bio-herbicida. O Bialaphos um tripeptídeo - é hidrolisado nas plantas, produzindo o phosphinothricin.

Características gerais do amônio-glufosinato

- É um herbicida não-seletivo, que controla gramíneas e dicotiledones, quando aplicado em pós-emergência.
- A translocação é mínima nas plantas.
- Não é persistente no solo, tendo meia-vida de 4 a 10 dias.
- A resistência do amônio-glufosinato tem sido introduzida em diversas culturas, como soja, algodão, milho e arroz.

É um herbicida inibidor da enzima glutamina sintetase (GS). A enzima catalisa a reação de amônia e glutamato, originando a glutamina.

Com a inibição da enzima GS, há acúmulo de amônia nas folhas, que é acompanhado por redução dos níveis de glutamina, glutamato, aspartato e asparagina. Portanto, o amônio-glufosinato influi em diversos aspectos do metabolismo do nitrogênio, e a ação fitotóxica ocorre com danos à membrana celular, devido ao acúmulo de amônia nos cloroplastos e à inibição da fotossíntese, que causa a peroxidação de lipídeos, com danos à membrana. A maioria dos pesquisadores citados acredita que o acúmulo de amônia não é a causa do efeito letal para as plantas.

O amônio-glufosinato é um herbicida não-seletivo. A seletividade ocorre com aplicação dirigida. A introdução da resistência genética em culturas tem permitido o uso com culturas transgênicas.

O único herbicida é o amônio-glufosinato, com o nome comercial FINALE. É registrado para diversas culturas em aplicação dirigida ou

antes do plantio: alface, algodão, banana, batata, café, citros, eucalipto, maçã, milho, nectarina, pêssego, repolho, soja, trigo e uva.

9.2.8. Herbicidas inibidores da síntese de lipídeos ou inibidores da ACCase

Os herbicidas desse grupo são recomendados para aplicação em pós-emergência no controle de gramíneas, daí o nome dado ao deles têm sido registrados no mercado nos últimos anos (THILL, 1997).

As principais características dos herbicidas desse grupo são:

- Os herbicidas desse grupo são recomendados para controle de gramíneas - de modo geral, para culturas dicotiledôneas. A seletividade para algumas culturas gramíneas pode ocorrer, dependendo da dose aplicada.
- A absorção pelas plantas é rápida, de forma que chuvas duas horas após a aplicação não afetam a eficácia dos herbicidas. Todavia, de modo geral, há necessidade de adição de um surfatante à calda.
- A translocação ocorre tanto no apoplasto como no simplasto. Contudo, a translocação é limitada em plantas com estresse de umidade.
- Normalmente, não têm atividade no solo. Alguns herbicidas do grupo têm atividade no solo, principalmente quando usados em doses mais altas.
- A mistura com herbicidas latifolicidas tem apresentado problemas de antagonismo. Diversos herbicidas, como 2,4-D, MCPA, dicamba, bentazon, acifluorfen e outros dos grupos das sulfoniluréias e imidazolinonas, têm apresentado problemas com alguns herbicidas do grupo.
- A adsorção, lixiviação e volatilização desses herbicidas, de modo geral são baixas.

A síntese de lipídeos nas plantas ocorre no citoplasma celular e nos plastídeos, e a maior parte deles é encontrada nas membranas das organelas e das células (VIDAL, 1997).

Muitos trabalhos sobre o mecanismo de ação dos herbicidas desse grupo têm sido conduzidos. A partir de 1987, os trabalhos mostraram que esses herbicidas inibem a enzima acetil-CoA carboxilase (ACCase) na rota metabólica dos ácidos graxos.

Os herbicidas desse grupo são inibidores reversíveis, lineares e não competitivos da ACCase. Havendo inibição da ACCase, não há formação do malonil-CoA e a síntese de lipídeos é interrompida. A falta de ácidos graxos compromete a formação e provoca danos às membranas celulares.

Outra hipótese do mecanismo de ação dos herbicidas desse grupo é a alteração da permeabilidade da membrana celular. Em plantas sensíveis foi observada uma despolarização da membrana celular, que levaria a uma alteração no gradiente de prótons, através da membrana (SHIMABUKURO; HOFFER, 1994). Acredita-se que a despolarização da membrana seja consequência da falta de lipídeos na célula.

Com a absorção desses herbicidas pelas plantas, ocorre paralisação do crescimento de raízes e parte aérea. Alguns dias após a aplicação, os meristemas sofrem descoloração, ficam com coloração marrom, e, em seguida ocorre progressiva necrose, começando pela região meristemática. As folhas mais velhas adquirem coloração roxa, ou vermelha, confundindo-se com deficiência de fósforo.

A seletividade ocorre devido a diversos fatores:

- Diferença na sensibilidade da enzima ACCase – as gramíneas têm um tipo de ACCase uniprotéica - localizada no citoplasma e nos plastídeos - que é sensível aos gramínicos. As dicotiledôneas têm duas formas de ACCase: uma uniprotéica, que se encontra no citoplasma, e uma outra localizada nos cloroplastos, que é insensível à ação dos gramínicos.
- A diferença de sensibilidade também pode ocorrer devido ao metabolismo diferencial entre as gramíneas. Plantas de trigo têm mostrado tolerância ao diclofop, devido à metabolização.

Os principais herbicidas, com as respectivas marcas comerciais, encontram-se no Quadro 24.

Quadro 24 - Principais herbicidas do grupo dos inibidores da biossíntese de lipídeos, e respectivas marcas comerciais

Grupo químico	Ingrediente ativo	Nome comercial	Uso agrícola no Brasil
Axiloxifenoxi-Propionato	Clodinafop-propargil	Topik	Trigo
	Cyhalofop-butyl		
	Diclofop-methyl	Clincher	Arroz Cebola, feijão, soja e trigo
	Fenoxaprop-p-ethyl	Starice Rapsode Whip S	Arroz, batata, feijão e soja
	Fluazifop-p-butyl	Fuzilade 125 Fuzilade 250 EW	Algodão, alface, café, Cebola, cenoura, citros, soja, feijão, tomate, fumo, roseira, crisântemo
	Haloxyfop-methyl	Gallart R Verdict R	Soja, algodão e feijão
	Profosydim	Aura	Arroz
	Quizalofop-p-ethyl	Targa	Soja, feijão, tomate, cebola, amendoim e algodão
	Clethodium	Select	Soja, feijão, algodão, tomate, batata, cebola, alho, cenoura, café, fumo e mandioca
	Setoxydim	Poast	Algodão, feijão, girassol, gladiolo, soja, fumo e milho

Resistência

A resistência a esse grupo de herbicidas tem importância econômica fundamental não só pela área infestada pelos biótipos resistentes, como também pelo número restrito de mecanismos alternativos para controle dos biótipos resistentes.

Estão relatados em nível mundial 35 biótipos resistentes a esse grupo de herbicidas (WEED SCIENCE, 2008). Os biótipos resistentes podem surgir após seis a oito anos do uso intensivo dos herbicidas desse grupo.

As espécies que têm apresentado biótipos resistentes em diversos países são *Lolium rigidum* e *Avena fatua*. Outras espécies são *Alepecurus myosuroides*, *Eleusine indica*, *Lolium multiflorum*, *Digitaria sanguinalis*, *Setaria faberi* e *Phalaris* spp.

No Brasil foram relatados casos de *Brachiaria plantaginea* e *Digitaria ciliaris* (CORTEZ, 2000, 2002).

Os casos de resistência relatados ocorrem devido a diferentes mutações na enzima, que conferem diferentes tipos e níveis de resistência aos herbicidas desse grupo (POWLES; PRESTON, 1998).

Também a despolarização das membranas, que causa excessiva permeabilidade de prótons nas plantas suscetíveis, é um mecanismo de resistência (DEVINE, 1997). Nas plantas resistentes ocorre a recuperação da despolarização das membranas, em razão, provavelmente, de os herbicidas ficarem armazenados nos vacúolos celulares.

As recomendações de manejo para os biótipos resistentes a esse grupo dependem das espécies, mas são sugeridas rotações de cultura e herbicidas do grupo das dinitroanilinas e acetanilidas, assim como os herbicidas não-seletivos, na entressafra ou nas culturas transgênicas.

9.3. Prevenção e Manejo da Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas

O uso adequado dos herbicidas deve ser feito conhecendo-se os aspectos técnicos do manejo integrado de plantas daninhas. Quando utilizados de forma repetitiva, eles têm exercido alta pressão de seleção, provocando o surgimento de biótipos que melhor se adaptam a essa prática e que se multiplicam rapidamente (HOLT; LEBARON, 1990).

Assim, o conceito de **resistência** é a capacidade natural e herdável de uma planta sobreviver e reproduzir após exposição a uma dose do herbicida que normalmente seria letal à população original. A **tolerância** é uma característica da espécie que não sofre danos pelo herbicida desde a primeira aplicação, em razão de fatores ligados ao mecanismo de ação do herbicida ou outros fatores de seletividade. A **susceptibilidade** é a

característica da planta daninha de sofrer danos a graus variáveis, que podem ser classificados em diferentes níveis.

Também é importante lembrar que a resistência pode ser **cruzada**, quando o biótipo é resistente a diferentes herbicidas que possuem um mesmo mecanismo de ação, ou então **múltipla**, quando o biótipo é resistente a herbicidas com diferentes mecanismos de ação.

As estratégias para **prevenção** do aparecimento de biótipos de plantas daninhas visam evitar uma alta pressão de seleção de herbicidas com um único mecanismo de ação.

As principais práticas para prevenção são as seguintes: rotação de culturas; utilização de outros métodos de controle (ex.: cultivo mecânico); utilização de herbicidas com diferentes mecanismos de ação; utilização de herbicidas com baixo efeito residual no solo; acompanhamento da mudança da flora, deixando áreas testemunhas sem aplicação; uso de misturas de herbicidas somente com conhecimento adequado dos mecanismos de ação e que controle os dois biótipos da espécie; utilização de sistemas de produção com inclusão das plantas transgênicas que possibilitem o uso de herbicidas com mecanismos de ação diferentes; uso da agricultura de precisão, assim como da tecnologia de aplicação, colocando o herbicida no alvo de forma adequada (SBHPD, 2000; VARGAS et al., 1999).

As estratégias de **manejo** da resistência devem fazer parte do sistema de produção, procurando-se adotar as práticas de prevenção já citadas, assim como as mudanças das práticas de manejo quando a resistência é detectada na área.

É muito importante estar atento para detectar a resistência na fase inicial e tentar manter os biótipos resistentes em baixa frequência.

As opções de manejo da resistência baseiam-se em dois processos biológicos: alteração da pressão da seleção e/ou utilização da seleção reserva, favorecendo os alelos sensíveis (MORTIMER, 1998). A redução na pressão de seleção é recomendada no caso de a resistência ser monogênica. Portanto, é muito importante conhecer os aspectos genéticos e bioecológicos das plantas daninhas para auxiliar no manejo da resistência.

As práticas que podem ser adotadas no manejo são: uso adequado dos herbicidas de acordo com o mecanismo de ação; evitar a produção

de sementes das plantas daninhas resistentes; evitar a disseminação dos biótipos resistentes; e limpeza adequada dos equipamentos utilizados nas áreas com biótipos resistentes.

Os herbicidas deverão continuar a ser utilizados no manejo de plantas daninhas, porém devem fazer parte de um contexto de manejo integrado, para evitar o surgimento de novos casos de resistência.

10 - Referências

- ALDER, E.F.; WRIGHT, W.L.; KLINGMAN. Development of the American herbicide industry. In: **Pesticide chemistry in the 20th century** (JR. Plimmer, Ed). Amer. Chem. Soc. Symp. Ser 37. ACS, Washington, D.C., 1977.
- ALMEIDA, F.S. **A alelopatia e as plantas**. Londrina: (Circular 53). Fundação Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), 1988. 60 p.
- ALMEIDA, F.S. Controle de ervas. In: **Plantio direto no Estado do Paraná**. Circular IAPAR nº 23., p. 101-138, 1981.
- ALTIERI, M.A. Weed ecology. In: **Agroecology – the scientific basis of alternative agriculture**. London: Westview Press, 1987. p. 173-185.
- ANDERSON, W.P. **Weed science: principles**. St Paul, Minnesota: West Publishing Co., 1983. 655 p.
- BEYER, E.M.; DUFFY, M.F.; HAY, J.V.; SCHLVETER, D.D.. Sulfonylureas. In: KEARNY, P.C.; KAUFMAN, D.D. (Ed). **Herbicides: chemistry, degradation and mode of action**. New York: MARCEL DEKKER, 1998. p. 117-189.
- BUHLER, D.D.; LIEBMAN, M.; OBRYCKI, J.J. Theoretical and practical challenges to an IPM approach to weed management. **Weed Science**, 48:274-280, 2000.
- CASELEY, J.C. **Herbicidas**. In: Manejo de malezas para países em desarrollo. Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion (FAO). p. 195-240, 1996.
- CHANG, F.Y.; BANDEEN, J.B.; STEPHENSON, G.R. A selective antidote for prevention of EPTC injury in corn. **Canadian Journal Of Plant Science**. 52:707-714, 1972.
- CHARUDATTAN, R.; PITELLI, R. **Controle biológico de plantas daninhas através de patógenos**. Jaboticabal: FUNEP. 1993. 34 p.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C.B. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Planta Daninha**, v. 12, n.1. p.13-20. 1994
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; LOPEZ-OVEJERO, R.; Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3. p. 507-515, 2003
- CORTEZ, M.G. **Resistência de biótipos de *Brachiaria plantaginea* (Link.) Hitch a herbicidas inibidores da acetil coenzima A carboxilase**. 2000. 214 f. . (Tese de Doutorado) – ESALQ-USP, Piracicaba.
- CORTEZ, M.G.; MADUREIRA, A.; OVEJERO, R.L. Resistência de *Digitaria* sp a herbicidas inibidores da acetil coenzima A carboxilase (ACCCase). In: CONGRESSO
- BARSILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002 **Resumos**. Embrapa Clima Temperado, 2002. p. 191.
- DAWSON, J.H. Development of barmyard grass seedlings and their response to EPTC. **Weeds.**, v.11, p.60-67, 1963.
- DEUBER, R. **Ciência das plantas daninhas – fundamentos**. Jaboticabal: FUNEP. 2003. Vol. 1, 431 p.

DEVINE, M.D. Mechanisms of resistance to acetyl-coenzyme A carboxylase inhibitors: a review. **Pesticide Science**, v.51, p. 259-264, 1997.

EDERHART, D.S.; NOLDIN, J.A.; GUTIEREZ, M.; DITRICH, R.C. Resistência de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli* ao herbicida quinclorac. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Resumos**. Londrina, 2000. p. 512.

GARCIA TORRES, L.; FERNANDEZ-QUINTANILLA, C. Fundamentos sobre mala hierbas y herbicidas. Madrid: **Ediciones Mundi-Prensa**, 1991. 348 p.

GELMINI, G.; TRANI, P.E.; SALES, J.L.; VICTORIA FILHO, R. **Manejo integrado de plantas daninhas**. Documentos IAC nº 37. 1994. 25 p.

GOMIDE, M.B. **Potencialidade alelopática dos restos culturais de dois cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) no controle de algumas plantas daninhas**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP. Piracicaba, 1993. 96 p.

GRACIANO, P.A.; VICTORIA FILHO, R. Interferência de plantas daninhas em áreas de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) intercalada com os feijões *Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* L. Walp. In: Congresso de La Asociacion Latinoamericana de Malezas (ALAM), X, Havana, Cuba, 1990. p. 91.

HATZIOS, K.K. Biotechnology applications in weed management. Now and in the future. **Advances in Agronomy**, v.41, p.325-375, 1987.

HOLM, L.G.; PLUCKNETT, D.L.; PANCHO, J.V.; HERBERGER, J.P. **The word's worst weeds: distribution and biology**. Press Honolulu: Univ. of Hawaii, 1977. 609p.

HOLT, J.S.; LEBARON, H.M. Significance and distribution of herbicide resistance. **Weed Technology**, Champaign, v. 4, n. 1, p. 141-149, 1990.

LABRADA, R. Manejo de malezas y Agricultura Sostenible. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 20., **Palestras**. p. 13-19, 1995.

LIEBL, R. Cell growth disrupters and inhibitors. In: **Herbicide Action Course**. Purdue University, p. 206-233, 1997.

LOCKHART, J.A.; HOLMES, J.C.; MACKAY, D.B. Evolution of weed control in British Agriculture. In: ROBERTS, H.A. (Ed.). **Weed control handbook: principles**. 7th ed. p. 37-63, 1982.

MELLENDEZ, J.A.M. Efeito da cobertura do solo no controle de plantas daninhas na cultura do pepino (*Cucumis sativus* L.). 1990. 104 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - ESALQ/USP.

MEROTO JR., A.; VIDAL, R.A.; FLECK, N.G.; REIS, B.; ANDRES, A. Resistência de *Echinochloa* sp. a quinclorac. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Resumos**, Londrina, 2000. p. 513.

MORTIMIER, A.M. **Review of granicide resistance**. Web:<http://ipmwww.ncsu.edu/orgs/hrac/monograph1.htm>. 1998. 32 p.

NOLDIN, J.A.; EBERHARDT, D.S.; RAMPELOTTI, F.T. *Cyperus difformis* L. resistente a herbicidas inibidores da ALS em Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002. **Resumos**. Londrina, 2002. p. 198.

OBRIGAWITH, T.; ROETH, F.W.; MARTIN, A.R.; WILSON, JR. R.G. Addition of R-33865 to EPTC for extended herbicide activity. **Weeds Science**, v. 30: p.417-422, 1982.

OLIVEIRA JR., R.S. de. Mecanismos de ação dos herbicidas. In: **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 362 p.

PARRY, K.P. Herbicide use and invention. In: DODGE, A.D. (Ed.). **Herbicides and plant metabolism**. Cambridge, R.U.: CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 1989 .p. 1-20.

PITELLI, R.A. Manejo integrado de plantas daninhas. In: MARCONDES, D.A.S.;

BENATTI JR, A.; PITELLI, R.A.; BLANCO, H, G.; CRUZ, L.S.P; DURIGAN, J.C.;

VICTORIA FILHO, R. & FORSTER, R. **Controle integrado de plantas daninhas**. CREA, 1982. p. 28-41.

POKORNY, R. Some chlorophenoxyacetic acids. **Journal American Chemistry**. Sco, v.63: p.1768, 1941.

PONCHIO, J.A. DE R. **Resistência de biótipos de *Bidens pilosa* L. a herbicidas inibidores da enzima ALS/AHAS**. 1997. 143 p. Tese (Doutorado) - ESALQ, Piracicaba/SP.,

POWLES, S.B.; LORRAINE-COLWILL, D.F.; DELLOW J.J.; PRESTON, C. Evolved resistance to glyphosate in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) in Australia. **Weed Science**, v. 46, p.604-607, 1998.

POWLES, S.B.; PRESTON, C. **Herbicide cross resistance and multiple resistance in plants**. Web: [Http://ipm www.ncsu.edu/orgs/hrac/mono 2 htm](http://ipm.www.ncsu.edu/orgs/hrac/mono2.htm). 1998. 26 p.

PRATLEY, J.; BAINES, P.; EDERBACH, P.; INCERTI, M.; BROSTER, J. **Glyphosate resistance in annual ryegrass**. Proc. 11th Annual Conf. Grasslands Society of New Wales. 1996. p. 122.

REGNIER, E.E.; JANKE, R.R. Evolving strategies for management weeds. In: EDWARDS, C.A.; LAL, R.; MADDEN, P.; MILLER, R.H. & HOOSE, G. **Sustainable agricultural systems**. Soil and Water Conservation Society, 1990. p. 174-202.

SAARI, L.L.; COTTERMAN, J.C.; THILL, D.C. Resistance to acetolactate symthase inhibiting herbicidas. In: POWLES, S.B.;

HOLTUM, J.A.M. **Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry**. Boca Raton, 1994, p. 83-139.

SHANNER, D.L.; CONNER, S.L. **The imidazolinone herbicides**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 290 p, 1991.

SHAW, W.C. Integrated Weed Management Systems Techonology for Pest Management. **Weed Science**, Supplement 1, v.30, n.2, p.2-12, 1982.

SHIMABUKURO, R.H.; HOFFER, B.L. Effects on transmembrane proton gradient and lipid biosynthesis in the mode of action of diclofop-methyl. **Pesticide Biochemistry Physiology**, v.48, p.85-97, 1994.

SMITH, A.E.; SECOY, D.M. Early chemical control of weeds in Europe. **Weed Science**, v.24, p.594-597, 1975.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Identificação e manejo de plantas daninhas resistentes aos herbicidas. Londrina: SBCPD, 2000, 32 p.

SWARBRICK, J.T.; KENT, J.H. The status of weed control in tropical pastures. **FAO, Improving Weed Management**. p. 126-134, 1982.

THILL, D. 1997. Lipid biosynthesis inhibitors. In: **Herbicide Action Course**, Purdue University Indiana: 827 p.

VARGAS, L.; SILVA, A.A.; BORÉM, A.; RESENDE, S.T. de; FERREIRA, F.A.;

SEDIYAMA, T. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Viçosa, MG. 1991. 131 p.

VAUGHAN, M.A.; VAUGHN, K.C. Carrot microtubules are dinitoaniline resistant. I. Cytological and cross-resistance studies. **Weed Research**, 28:73-83, 1988.

VICTORIA FILHO, R.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Interaction effect between row chemical weed control versus inter-row mechanical and cultural weed control of citrus crop on the weed infestation and physical/

chemical soil properties. **Weed Science Society of America Meeting**, Orlando, Florida, p. 101, 1997.

VICTORIA FILHO, R. Classificação dos herbicidas. In: Herbicidas em Florestas. **Boletim Informativo IPEF**, p. 217-246, 1997.

VIDAL, R.A. **Herbicidas**: mecanismo de ação e resistência de plantas. Porto Alegre: 1997. 165 p.

VIDAL, R.A.; MEROTO JR., A.; FLECK, N.G. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas de menor risco para desenvolver o problema. **Curso de manejo de resistência de plantas daninhas aos herbicidas**. Ponta Grossa/PR. p. 68-72, 1999.

VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A. Resistência de amendoim-bravo aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase. **Planta Daninha**, v. 17, n.3, 1999. p. 367-373.

WEED SCIENCE. International survey of herbicide resistant weeds. Disponível em: <http://www.weedscience.Org/in.asp>. 2008.

WILKINSON, R.E. Gibberellin precursor biosynthesis inhibition by EPTC and reversal by R-25788. **Pesticide Biochemistry Physiology**, v.19, p.321-329, 1983.

WILKINSON, R.E. Diallate inhibition of gibberellin biosynthesis in sorghum coleoptiles. **Pesticide Biochemistry Physiological**, v.25, p.93-97, 1986

ZIMDHAL, R.L. Weed science in sustainable agriculture. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 20., **Palestras**, p. 82-91, 1995.



EDUCAÇÃO E TR
DO HOMEM D