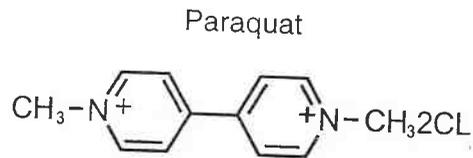


TÓPICOS EM MANEJO DE PLANTAS DANINHAS



Antonio Alberto da Silva
José Francisco da Silva
Editores

Principal herbicida do grupo



O 1,1'-dimetil-4,4'-dicloreto de piridílio íon (**paraquat**) é um herbicida altamente solúvel em água ($620.000 \text{ mg L}^{-1}$); pKa: zero; Kow: 4,5; e Koc estimada de $1.000.000 \text{ mg g}^{-1}$ de solo. É inativado ao entrar em contato com o solo, por completa adsorção do cátion à argila, o que ocorre porque a dupla carga positiva da molécula do paraquat forma complexos com os locais de carga negativa, de onde não é removido mesmo com lavagem de solução saturada de sais; só é recuperado por fragmentação da argila com ácido sulfúrico 18 N. Por essa razão, sua lixiviação é nula e sua decomposição microbiana no solo é muito lenta. O paraquat pode ser usado:

- como dessecante em “plantio direto”, com frequência misturado com o diuron;
- em pré-emergência de culturas e em pós-emergência das plantas daninhas;
- em aplicações dirigidas as plantas daninhas nas culturas de milho, algodão, café, fruteiras e outras;
- como dessecante em pré-colheita de diversas culturas, para viabilizar colheita mecânica e melhor qualidade fisiológica de sementes (DOMINGOS et al., 2001);
- para limpeza de áreas não-cultivadas.

HERBICIDAS INIBIDORES DA ACETOLACTATO SINTASE

Os herbicidas derivados das sulfoniluréias, comercializados pela primeira vez em 1982, apresentam alto nível de atividade em doses muito pequenas. Atualmente, há vários herbicidas deste grupo no mercado. Com pequenas modificações na sua estrutura química, a seletividade pode ser alterada de uma cultura para outra. Exemplos de culturas tolerantes a um ou mais herbicidas desse grupo químico são trigo, soja, arroz, milho, feijão, batata, beterraba, algodão, coníferas,

cana-de-açúcar etc. As sulfoniluréias inibem a síntese dos chamados aminoácidos ramificados (leucina, isoleucina e valina). Com a inibição da enzima aceto-lactato-sintase (ALS). Essa inibição interrompe a síntese protéica, que, por sua vez, interfere na síntese do DNA e no crescimento celular. As plantas sensíveis tornam-se cloróticas, definham e morrem no prazo de 7 a 14 dias após o tratamento. Essa enzima é inibida, também, pelos herbicidas dos grupos químicos imidazolinonas, triazolopirimidinas e pirimidiniloxibenzóico (BRIDGES, 2003b; THILL, 2003c; HRAC, 2005). Apesar do pouco tempo de uso, a literatura já registra muitas espécies de plantas daninhas que desenvolveram resistência aos inibidores da ALS.

As principais características das sulfoniluréias são:

- alguns são ativos em doses extremamente baixas, como o metsulfuron-methyl, que apresenta atividade na dose de 2 g ha^{-1} ;
- a maioria apresenta bom controle de muitas espécies de folhas largas (dicotiledôneas); outras possuem ótima atividade contra gramíneas;
- a toxicidade aguda do chlorsulfuron para mamíferos é muito baixa ($5.500\text{--}6.500 \text{ mg kg}^{-1}$ em ratos). A de outros análogos, é mais baixa ainda;
- são ativas tanto em aplicações foliares quanto em aplicações no solo.

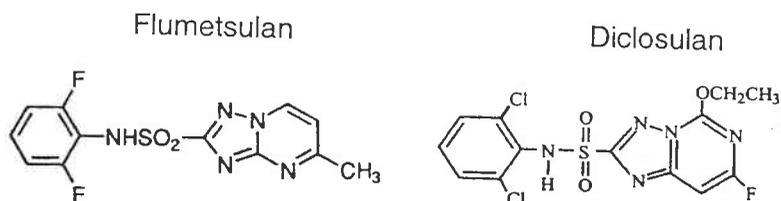
Apesar de quimicamente diferentes, as imidazolinonas têm o mesmo mecanismo de ação das sulfoniluréias, ou seja, inibem a enzima AHAS ou ALS. As principais características deste grupo são:

- são recomendadas para controle em pré-emergência e em pós-emergência de muitas folhas largas e gramíneas em cultivo de cereais e, soja e em áreas não-agrícolas;
- são potentes inibidores do crescimento vegetal. Plantas tratadas param de crescer quase que imediatamente após sua aplicação. Dois a quatro dias após a aplicação, o ponto de crescimento (meristema apical) das plantas tratadas torna-se clorótico e, depois, necrótico e morre. A morte completa da planta ocorre sete a dez dias após o tratamento. Plantas de maior porte podem levar mais tempo para morrer, mas a paralisação do crescimento é imediata;
- são sistêmicos, ou seja, translocam pelo floema. Uma vez dentro do floema, por causa do pH alcalino, estes herbicidas, que são ácidos fracos, se dissociam e os ânions têm dificuldade para deixar o floema;

- apresentam persistência de moderada a longa no solo. Maior sorção e, conseqüentemente, maior persistência ocorrem quando decrescem a umidade do solo, o pH e a temperatura e, também, quando os teores de matéria orgânica, óxidos de ferro e de alumínio no solo aumentam;
- dissipam-se no solo, via de regra, por meio da degradação microbiana. Em solo mais seco, mais herbicida é preso nos colóides do solo e menos produto é disponível para biodegradação ou absorção pelas plantas, o que implica maior persistência e possível "carryover". São sensíveis à fotólise, mas esse processo de dissipação é mais importante no meio aquático;
- lixiviam-se em campo, apesar de os estudos de laboratório indicarem mobilidade moderada no solo.
- apresentam muito baixa ou nenhuma toxicidade para mamíferos, o que pode ser explicado pela enzima-alvo, que não ocorre em animais, e também pelo fato de sua excreção ser muito rápida, como demonstrado, em animais-teste.

Além das sulfoniluréias e das imidazolinonas, herbicidas de grupos químicos diferentes apresentam o mesmo mecanismo de ação, ou seja, inibem a enzima ALS ou AHAS e, com isso, paralisam o crescimento das plantas (BRIDGES, 2003b; THILL, 2003c). Dentre esses grupos químicos, podem-se destacar as triazolopirimidinas, ou sulfonamidas, e os piridinil-oxibenzoatos.

As principais características do herbicida N - (2,6-difluorofenil) - 5 - metil (1,2,4) triazolo [1,5a] pirimidina - 2 - sulfonamida (**flumetsulan**) e N-[2,6-diclorofenil] - 5 - etoxi - 7 - fluoro(1,2,4) triazolo - [(1,5c)] pirimidina - 2 - sulfonamida (**diclosulan**) são:



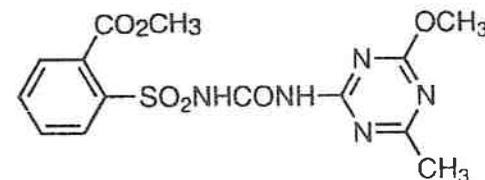
- têm ação de amplo espectro sobre plantas daninhas de folhas em largas pré-emergência. As gramíneas, de maneira geral, são resistentes

devido ao seu metabolismo mais rápido. Entre as culturas de folhas largas, a soja é tolerante;

- * possuem absorção radicular, mas a translocação é sistêmica, ou seja, translocam-se tanto pelo floema quanto pelo xilema;
- * sua sorção no solo e persistência aumentam quando o pH decresce e a matéria orgânica aumenta. A persistência no solo é mediana, não havendo casos relatados de "carryover" na literatura.
- Dissipam-se no solo em razão do ataque de microrganismos. Condições que favorecem a ação microbiana aceleram a dissipação destes herbicidas no solo;
- possuem mobilidade moderada no solo, não se antevendo problemas de contaminação de depósitos subterrâneos de água;
- sua toxicidade para mamíferos é muito baixa (Faixa Verde: $DL_{50} > 6.000 \text{ mg kg}^{-1}$ em ratos).

Algumas sulfoniluréias

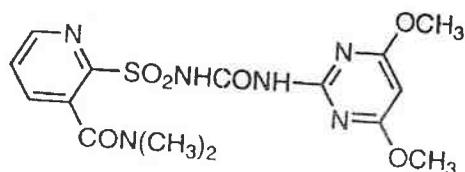
Metsulfuron-Methyl



O ácido 2-[[[(4-metoxi-6-metil-1,3,5-triazina-2-il)amino]carbonil]amino]sulfonil] benzóico (**metsulfuron-methyl**) apresenta solubilidade de 270 mg L^{-1} em água; pKa: 3,3; Kow: 1,0 em pH 5 e 0,018 em pH 7; e Koc médio de 35 mg g^{-1} de solo. É pouco sorvido e muito lixiviado no solo, dependendo da textura e do teor de matéria orgânica. Sua persistência (meia-vida) no solo varia de 30 a 120 dias (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). É registrado no Brasil para controle de plantas daninhas de folhas largas nas culturas de trigo, arroz, cana-de-açúcar, aveia, cevada, manejo de inverno e pastagens. Entre as espécies sensíveis encontram-se *Raphanus raphanistrum*, *Raphanus sativus*, *Acanthospermum australe*, *Bidens pilosa*, *Ipomoea*

grandifolia, além de muitas outras. É recomendado para uso em pós-emergência, devendo ocorrer intervalo de seis horas sem chuva após a sua aplicação. A ação do produto nas plantas daninhas sensíveis pode ser observada pela clorose das folhas e morte das gemas apicais, com evolução para morte das plantas até 21 dias após a aplicação. Em espécies menos sensíveis, observa-se paralisação de seu desenvolvimento. Culturas como trigo e arroz, para as quais é seletivo, conseguem metabolizá-lo rapidamente transformando-o em compostos não-fitotóxicos.

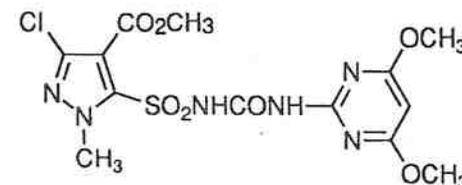
Nicosulfuron



O 2-[[[(4,6-dimetoxi-2-pirimidinil)amino]carbonil]amino]sulfonil]-N,N-dimetil-3-piridinacarboxamida (**nicosulfuron**) apresenta solubilidade de 360 mg L⁻¹ em água em pH 5 e 12.200 em pH 6,85; pKa: 4,3; Kow: 0,44 em pH 5 e 0,018 em pH 7; e Koc médio de 30 mg g⁻¹ de solo em pH 6,5. Quanto à sua persistência no Brasil, sabe-se que soja, girassol, algodão e feijão poderão ser semeados 30 dias após sua aplicação; trigo, arroz e batata, 45 dias depois; e tomate, 60 dias (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). No Brasil, foi aplicado na cultura do milho, sendo utilizado em pós-emergência em área total. Controla gramíneas, inclusive o capim-massambará (*Sorghum halepense*), e diversas espécies de dicotiledôneas. No momento da aplicação, as plantas de milho devem estar com duas a seis folhas; as plantas daninhas dicotiledôneas com duas a seis folhas; e as gramíneas com até dois perfilhos. A aplicação deve ser feita estando o solo úmido e as plantas daninhas em pleno vigor vegetativo. A ocorrência de chuvas uma hora após a aplicação não afeta sua eficiência. Esse herbicida misturado com o atrazine no tanque do pulverizador aumenta o espectro de controle de plantas daninhas. Há híbridos de milho de diferentes níveis de tolerância a esse herbicida no mercado brasileiro, por isso, se aplicar, deve-se consultar a lista de híbridos e

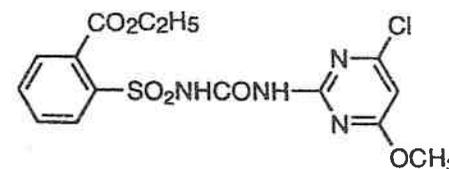
variedades tolerantes. A mistura desse herbicida com inseticidas carbamatos ou fosforados pode torná-lo não-seletivo ao milho (SILVA et al., 2005).

Halosulfuron



O metil-3-cloro-5-(4,6-dimetoxipirimidin-2-carbomoilsulfamoil)-1-metilpirazole-4-carboxilato (**halosulfuron**) é relatado no Brasil para o controle de *Cyperus rotundus* no cultivo de cana-de-açúcar. Apresenta solubilidade de 15 mg L⁻¹ em água com pH 5,0 e 1.650 pH 7,0; pKa: 3,5; Kow: 47 em pH 5,0 e de 0,96 em pH 7,0; e Koc médio de 93,5 mg g⁻¹ de solo. Apresenta baixa adsorção e meia-vida média no solo em torno de 16 dias, variando com o tipo de solo e as condições climáticas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). Deve ser aplicado em pós-emergência das plantas daninhas, sendo o melhor período 30 a 40 dias após o plantio da cana-de-açúcar, quando as plantas daninhas deverão estar no final da fase vegetativa ou início do florescimento. As plantas de *Cyperus rotundus* devem estar em boas condições de desenvolvimento, sem efeito de estresse hídrico ou de baixa temperatura.

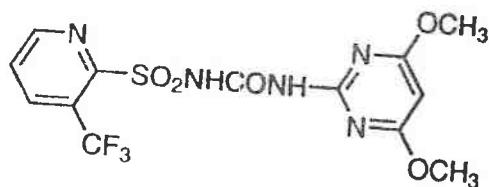
Chlorimuron-ethyl



O ácido 2-[[[(4-cloro-6-metoxi-pirimidinil)amino]carbonil]amino]sulfonil]benzóico (**chlorimuron-ethyl**), no Brasil, tem registro

de uso na cultura da soja em pós-emergência. Apresenta solubilidade de 450 mg L⁻¹ em água em pH 6,5; pKa: 4,2; Kow de 320 em pH 5,0 e 2,3 em pH 7,0; e Koc médio de 110 mg g⁻¹ de solo (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). No solo, apresenta adsorção e lixiviação moderadas e meia-vida de 7,5 semanas. A persistência é maior em solos com pH mais elevado; em solos ácidos e com clima quente, a persistência é baixa. Manter intervalo de 60 dias entre a aplicação do chlorimuron-ethyl e a semeadura de trigo, milho, feijão e algodão. Para as outras culturas, fazer antes um bioensaio. Controla essencialmente espécies anuais de dicotiledôneas, sendo mais efetivo quando estas se encontram na fase inicial de crescimento (até seis folhas). Entre as espécies sensíveis encontram-se *Desmodium tortuosum*, *Acatospermum australe*, *Ipomoea grandifolia*, *Bidens pilosa*. É comum misturá-lo com outros herbicidas, para controle de dicotiledôneas em soja, porém não deve ser misturado com graminicidas.

Flazasulfuron

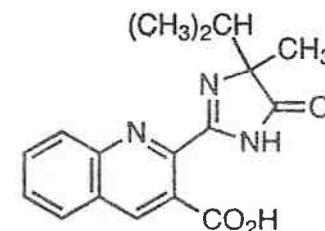


O 1-(4,6-dimetoxipirimidin-2-il)-3-(3-trifluorometil-2-piridil-sulfonil) uréia (**Flazasulfuron**) apresenta solubilidade de 27.000 mg L⁻¹ em água em pH 5,0 e 2.100 em pH 7,0; pKa, Kow e Koc não disponíveis. Sua mobilidade no solo é inversamente proporcional ao teor de matéria orgânica e é facilmente lixiviável. Degrada-se no solo por ação microbiana e química, sendo influenciado pela temperatura e pelo pH do solo (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). Apresenta meia-vida de 9 a 120 dias. Pode ser usado em pré ou em pós-emergência das plantas daninhas, estando o solo em boas condições de umidade. Quando usados em pós-emergência, as gramíneas devem ter no máximo três perfilhos; as dicotiledôneas, seis folhas; e a tiririca (*Cyperus rotundus*), de 5 a 8 folhas e em pleno desenvolvimento vegetativo. Deve-se evitar aplicá-lo em períodos de estiagem e com umidade relativa do ar inferior a 60% (SILVA et al., 1999). Deve ser

aplicado em cobertura total das plantas daninhas e da cultura; as plantas de cana-de-açúcar devem possuir no máximo quatro folhas, para se evitar o efeito “guarda-chuva”. Na cultura da cana, para maior espectro de controle, pode ser misturado no tanque do pulverizador com outros herbicidas (ametryn, diuron etc.). Todavia, se o objetivo for controlar a *Cyperus rotundus*, esse herbicida deve ser aplicado isoladamente.

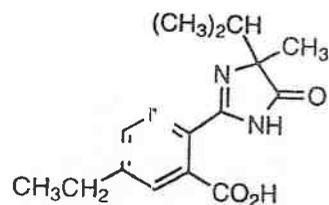
Algumas imidazolinonas

Imazaquin



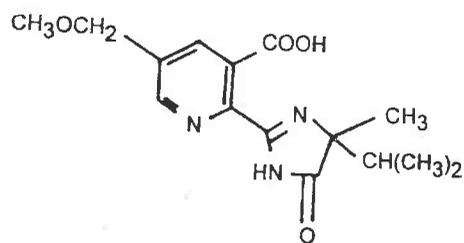
O ácido 2-[4,5-dihidro-4-metil-4-(1-metiletil)-5-oxo-1H-imidazol-2-il]-3-quinolina carboxílico (**imazaquin**) apresenta solubilidade em água de 60 mg L⁻¹; pKa: 3,8; Kow: 2,2; e valor médio de Koc de 20 mg g⁻¹ de solo a pH 7,0 (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). É fracamente adsorvido em solo com pH alto, porém esta adsorção aumenta em pH baixo. Sua persistência no solo é alta (meia-vida de 7 meses), podendo afetar culturas de inverno que seguem à soja tratada com o produto (SILVA et al., 1998). O milho é muito sensível a seu resíduo no solo, exigindo intervalo de segurança acima de 180 dias após sua aplicação, não sendo recomendável cultivar o “milho safrinha” no mesmo ano agrícola da soja, em alguns tipos de solo. É usado no Brasil na cultura da soja, sendo utilizado em pré-plantio incorporado ou em pré-emergência das plantas daninhas. Controla essencialmente plantas daninhas dicotiledôneas, entre as quais *Euphorbia heterophylla*, *Ipomoea grandifolia*, *Sida rhombifolia*, além de outras.

Imazethapyr



O ácido 2-[4,5-dihidro-4-metil-4-(1-metiletil)-5-oxo-1H-imidazol-2-il]-5-etil-piridina carboxílico (**imazethapyr**) apresenta solubilidade de 1.400 mg L^{-1} em água; pKa : 3,9; e Kow : 11 em pH 5,0 e 31 em pH 7,0. É fracamente adsorvido em solo com pH alto, mas esta adsorção aumenta em pH baixo, sendo, também, pouco lixiviado (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). Apresenta lenta degradação no solo (meia-vida de 60 dias), podendo causar toxicidade a algumas culturas de inverno em sucessão à soja tratada com este herbicida (SILVA et al., 1999). O milho e o sorgo são muito sensíveis ao seu resíduo no solo. É registrado no Brasil para uso exclusivo na cultura da soja. Recomenda-se sua aplicação em pós-emergência precoce, estando as dicotiledôneas no estágio cotiledonar, com até quatro folhas, e as monocotiledôneas com uma a quatro folhas, o que geralmente acontece entre 5 e 15 dias após a semeadura da soja. Controla com eficiência diversas espécies de plantas daninhas: *Euphorbia heterophylla*, *Bidens pilosa*, *Hyptis suaveolens*, *Ipomoea grandifolia* etc.

Imazamox



O ácido nicotínico 2-(4-isopropil)-4-metil-1-metiletil-(1-metil-5-oxo-2-imidazol-2-il)-5-(metoximetil) (**imazamox**) apresenta solubilidade de 4.413 mg L^{-1} em água e Kow : 5,36 (RODRIGUES;

ALMEIDA, 2005). É pouco adsorvido pelos colóides do solo e, também, pouco lixiviado. Apresenta rápida degradação no solo, essencialmente microbiana (meia-vida de 15 dias). Estudos preliminares têm demonstrado que este herbicida apresenta rápida degradação em solos brasileiros (SILVA et al., 1999). É usado no Brasil nas culturas da soja e do feijão. Recomenda-se sua aplicação em pós-emergência das plantas daninhas dicotiledôneas com até quatro folhas e de monocotiledôneas, com um a três perfilhos, o que geralmente acontece entre 15 e 20 dias após a semeadura do feijão. Controla, com eficiência, diversas espécies de plantas daninhas, como *Euphorbia heterophylla*, se aplicado em pós-emergência precoce.

Imazapyr



O ácido (+-)-2-[4,5-dihidro-4-metil-4-(1-metietil)-5-oxo-1H-imidazol-2-il]-3-piridina carboxílico (**imazapyr**) apresenta solubilidade de 11.272 mg L^{-1} em água em pH 7,0 e pKa : 1,9 a 1,36 (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). É fracamente adsorvido pelos colóides do solo. Apresenta lenta degradação no solo, essencialmente por via microbiana, em condições aeróbicas, não se processando em condições anaeróbicas. Em campo, a persistência biológica é dependente, sobretudo, da dosagem e dos fatores ambientais, com degradação mais rápida em clima quente e úmido. Estudos de laboratório indicam que tem alto potencial de se mover no perfil do solo, podendo ocorrer lixiviação positiva (para baixo) ou negativa (reversa – para cima), dependendo do movimento capilar da água no perfil do solo (FIRMINO, 2001). Aplicações em altas doses para capinas de ruas pode intoxicar árvores e plantas utilizadas na arborização do ambiente (Figura 3.7). Também quando aplicado no tronco do eucalipto, visando eliminar rebrota após a derrubada, pode ser exsudado pelas raízes, vindo

intoxicar as novas mudas plantadas para a renovação da floresta, principalmente em solos arenosos. Sua persistência no solo é longa (3 a 7 meses em solos tropicais e 6 meses a 2 anos em clima temperado).

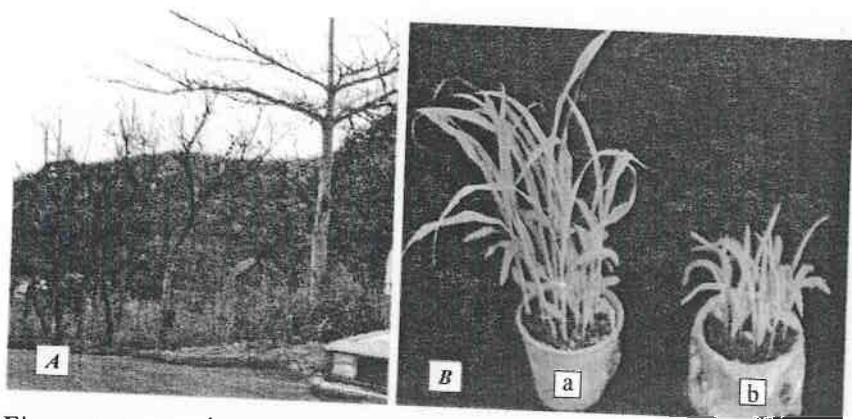
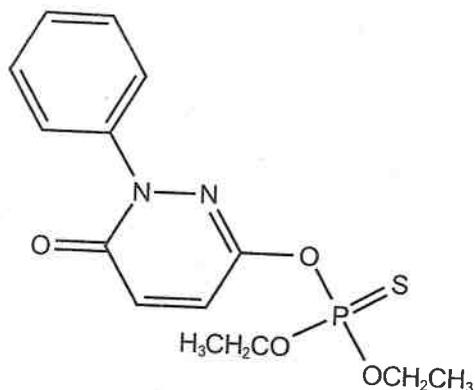


Figura 3.7 - A - Árvores mortas pela ação do imazapyr quando aplicado para capina química de rua.

B - Plantas normais cultivadas em solo sem resíduos de herbicidas (a) e plantas com sintomas de intoxicação do imazapyr (b), cultivadas em solo coletado à margem da rua tratada com o herbicida.

Herbicida derivado do ácido pirimidiniloxibenzóico

Pyrithiobac-sodium



O sódio 2-cloro-6-[(4,6-dimetoxipirimidina-2-il) tio]- benzoato (**Pyrrithiobac-sodium**) apresenta solubilidade de 1.610 mg L^{-1} em água; Kow : 0,6, pKa : 2,34 e meia-vida no solo de dois meses (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). É pouco adsorvido pelos colóides do solo e, também, pouco lixiviado. Degrada-se no solo essencialmente por ação microbiana. É usado no Brasil para o controle de dicotiledôneas, na cultura de algodão, em pós-emergência precoce e em plantas daninhas de folhas largas, quando estiverem com o máximo de três folhas.

HERBICIDAS INIBIDORES DA EPSPS

Mecanismo de ação

Plantas tratadas com esses herbicidas param de crescer logo após sua aplicação. Há redução acentuada, nas plantas tratadas, dos níveis de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina e triptofano). Foi observado aumento acentuado da concentração de chiquimato, precursor comum na rota metabólica dos três aminoácidos aromáticos. Verificou-se, então, que o ponto de ação era a enzima EPSP sintase (5 enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase). Glyphosate inibe a EPSP sintase por competição com o substrato PEP (fosfoenolpiruvato), evitando a transformação do chiquimato em corismato. A enzima EPSP sintase é sintetizada no citoplasma e transportada para dentro do cloroplasto onde atua. O glyphosate se liga a esta enzima pela carboxila do ácido glutâmico (glutamina) na posição 418 da seqüência de aminoácidos (SHANER; BRIDGES, 2003). Alguns autores acham que a simples redução de aminoácidos e a acumulação de chiquimato não seriam suficientes para a ação herbicida. Acreditam que a desregulação da rota do ácido chiquímico resulta na perda de carbonos disponíveis para outras reações celulares na planta, uma vez que 20% do carbono das plantas é utilizado nesta rota metabólica, pois fenilalanina, tirosina e tryptofano são precursores da maioria dos compostos aromáticos nas plantas.