



# Cautela no uso

Brasil detecta o primeiro caso de resistência aos herbicidas do grupo das atrazines em picão preto (*Bidens subalternum*). Descoberta acende sinal de alerta sobre a necessidade de racionalização no emprego de herbicidas à base de atrazine, utilizados em aproximadamente 65% da área de produção de milho no país, de forma isolada ou em associação com outros produtos

Um dos principais problemas da agricultura tem sido a presença de plantas daninhas, responsáveis por inúmeras perdas na produção agrícola mundial. Na tentativa de minimizar estes prejuízos os agricultores fizeram, por muito tempo, o uso de métodos culturais e mecânicos para o controle. Entretanto, na década de 40, no período da Segunda Guerra Mundial, foi descoberto o primeiro composto químico com ação herbicida (ácido 2,4 diclorofenoxiacético) para que, com o seu uso, os países em conflito pudessem aumentar a produção de grãos.

Na década de 70, com a necessidade de aumento de produção mundial, houve acréscimo no uso de tecnologias, tais como o uso de herbicidas. Com isso as empresas químicas de defensivos agrícolas intensificaram o desenvolvimento para a descoberta de novas moléculas que pudessem ser utilizadas na agricultura. Com seu primeiro registro obtido em 1958 nos Estados Unidos, o herbicida atrazine [6-chloro N-ethyl, N'-(1-methylethyl) 1,3,5-triazine 2,4-diamine] (Figura 1) tornou-se um dos defensivos mais utilizados mundialmente.

Nos Estados Unidos aproximadamente 75% da área cultivada com a cultura do milho recebe a aplicação de atrazine, enquanto que no Brasil, pode-se estimar que 65% da área de produção de milho utiliza o produto para o manejo das plantas daninhas através da aplicação isolada ou em associação com outros

herbicidas.

## AÇÃO DO HERBICIDA

O herbicida atrazine pertence ao grupo dos inibidores da fotossíntese, que atuando na membrana do cloroplasto inibe o transporte de elétrons. Os herbicidas do grupo dos inibidores do fotossistema II (derivados das triazinas e das ureias substituídas) causam a morte das plantas pela falta de carboidratos, parali-

sando a reação luminosa da fotossíntese.

Os herbicidas do grupo das triazinas (ame-tryne, atrazine, cyanazine e simazine) são utilizados na cultura do milho, sobretudo para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas (folhas largas) e algumas gramíneas (folhas estreitas). Atrazine está registrado para a modalidade de uso em pré-emergência e também para pulverizações em pós-emergência precoce, proporcionando também bons níveis de controle das folhas largas e algumas folhas estreitas (Tabela 1).

Em plantas sensíveis a esses herbicidas, há a germinação das sementes; porém, quando as plântulas emergem do solo e recebem luz, são desencadeadas reações que afetam a fotossíntese e levam a plântula à morte. As plantas suscetíveis, quando pulverizadas na presença de luz, morrem mais rapidamente que aquelas que forem pulverizadas no escuro, ou seja, na ausência de luz. Além da fotoxidação da clorofila, que provoca a clorose foliar, também ocorrem rompimentos na membrana citoplasmática celular em consequência da peroxidação de lipídios que são ocasionadas pela ação dos radicais tóxicos (clorofila triplet e oxigênio singlet).

Com a finalidade de ampliação do espectro de controle, herbicidas do grupo das triazinas têm sido associados com produtos como s-metolachlor, alachlor e simazine, dentre outros. Estes defensivos proporcionam controle eficiente da maioria das espécies infestantes e

Figura 1 - Estrutura química de atrazine (Karl Harrison)

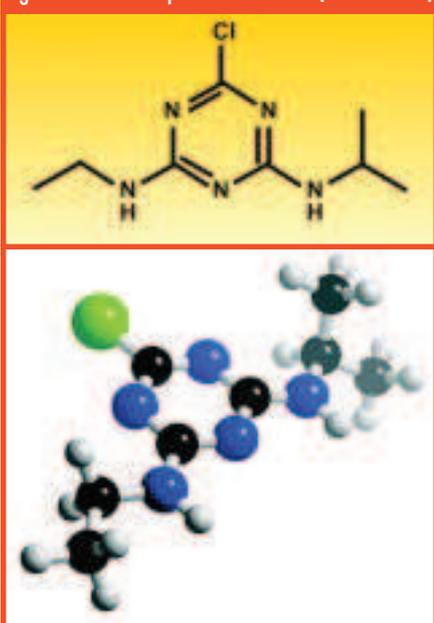


Tabela 1 - Espécies de plantas daninhas registradas no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento que podem ser manejadas com o herbicida atrazine

Espécie	Nome comum	Espécie	Nome comum
<i>Acanthospermum australe</i>	carrapichinho; carrapicho-rasteiro; maroto	<i>Glycine max</i>	soja
<i>Acanthospermum hispidum</i>	carrapicho-de-carneiro; chifre-de-veado; espinho-de-carneiro	<i>Gnaphalium spicatum</i>	erva-branca; erva-macia; macela-branca
<i>Achyrocline satureioides</i>	chá-de-lagoa; macela; macela-amarela	<i>Hyptis lophanta</i>	catirina; cheirosa; fazendeiro
<i>Ageratum conyzoides</i>	catinga-de-bode; erva-de-são-joão; mentrasto	<i>Hyptis suaveolens</i>	bamburral; betônica-brava; cheirosa
<i>Alternanthera tenella</i>	apaga-fogo; corrente; periquito	<i>Indigofera hirsuta</i>	anil; anileira; anileira-do-pasto
<i>Amaranthus deflexus</i>	brede; brede-rasteiro; caruru	<i>Ipomoea aristolochiaefolia</i>	campainha; corda-de-viola; corriola
<i>Amaranthus hybridus</i>	brede; caruru-branca; caruru-roxo	<i>Ipomoea grandifolia</i>	campainha; corda-de-viola; corriola
<i>Amaranthus retroflexus</i>	brede; caruru; caruru-áspero	<i>Ipomoea purpurea</i>	campainha; corda-de-viola; corriola
<i>Amaranthus spinosus</i>	brede-branco; brede-de-espinho; caruru-de-espinho	<i>Leonurus sibiricus</i>	chá-de-frade; cordão-de-são-francisco; erva-macaé
<i>Amaranthus viridis</i>	brede; caruru; caruru-de-mancha	<i>Lepidium virginicum</i>	mastruça; mastruz; mentrasto
<i>Avena strigosa</i>	aveia-brasileira; aveia-preta; aveia-voluntária	<i>Melampodium perforatum</i>	botão-de-cachorro; estrelinha; flor-amarela
<i>Bidens pilosa</i>	fura-capa; picão; picão-preto	<i>Murdannia nudiflora</i>	trapoeraba; trapoerabinha
<i>Brachiaria plantaginea</i>	capim-marmelada; capim-papuã; capim-são-paulo	<i>Nicandra physaloides</i>	balão; bexiga; joá-de-capote
<i>Brassica rapa</i>	colza; mostarda; mostarda-selvagem	<i>Panicum maximum</i>	capim-colonião; capim-coloninho; capim-guiné
<i>Cenchrus echinatus</i>	capim-amoroso; capim-carrapicho; capim-roseta	<i>Pennisetum setosum</i>	capim-avião; capim-custódio; capim-mandante
<i>Chamaesyce hyssopifolia</i>	burra-leiteira; erva-andorinha; erva-de-santa luzia	<i>Portulaca oleracea</i>	beldroega; brede-de-porca; ora-pro-nobis
<i>Coronopus didymus</i>	mastruça; mastruz; mentrasto	<i>Raphanus raphanistrum</i>	nabiça; nabo; nabo-bravo
<i>Croton glandulosus</i>	gervão; gervão-branca; malva-vermelha	<i>Richardia brasiliensis</i>	poaia; poaia-branca; poaia-do-campo
<i>Cyperus sesquiflorus</i>	capim-de-cheiro; capim-santo; junquinho	<i>Sida cordifolia</i>	guanxuma; malva; malva-branca
<i>Desmodium adscendens</i>	carrapicho; carrapicho-beiço-de-boi; marmelada-de-cavalo	<i>Sida rhombifolia</i>	guanxuma; mata-pasto; relógio
<i>Digitaria ciliaris</i>	capim-colchão; capim-de-roça; capim-tinga	<i>Solanum americanum</i>	erva-de-bicho; erva-moura; maria-prefinha
<i>Digitaria horizontalis</i>	capim-colchão; capim-de-roça; capim-milhã	<i>Sonchus oleraceus</i>	chicória-brava; serralha; serralha-lisa
<i>Eleusine indica</i>	capim-da-cidade; capim-de-pomar; capim-pé-de-galinha	<i>Spermacoce alata</i>	erva-de-lagarto; erva-quente; perpetua-do-mato
<i>Emilia sonchifolia</i>	bela-emília; falsa-serralha; pincel	<i>Spermacoce latifolia</i>	erva-de-lagarto; erva-quente; perpetua-do-mato
<i>Euphorbia heterophylla</i>	amendoim-bravo; café-do-diabo; flor-de-poetas	<i>Triticum aestivum</i>	trigo
<i>Galinsoga parviflora</i>	botão-de-ouro; fazendeiro; picão-branco	<i>Xanthium strumarium</i>	carrapichão; carrapicho-bravo; carrapicho-de-carneiro

Fonte: Mapa

apresentam seletividade para a cultura do milho.

Os herbicidas à base de atrazine estão registrados para as culturas da cana-de-açúcar, do milho e do sorgo. No Brasil há registro no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Mapa) de 40 produtos comerciais à base de atrazine, sendo que destes, 20 com atrazine isolada, 11 com a mistura com simazine, quatro com alachlor, três com s-metolachlor, um com nicosulfuron e outro com glifosato.

### ATRAZINE E O MEIO AMBIENTE

Atrazine apresenta pressão de vapor de 2,89mmHg x 10<sup>-7</sup> mmHg a 25°C o que classifica este produto como sendo de baixa capacidade de evaporação. A temperatura em que atrazine passa do estado sólido ao líquido (pon-

to de fusão) está entre 175°C e 177°C. Sua temperatura de ebulição, ou seja, a temperatura em que passa do estado líquido ao gasoso é de 200°C. O valor da constante de dissociação (pKa), de 1,71°C a 21°C, indica que este herbicida é um ácido forte, sendo completamente dissociado em água. O coeficiente de partição octanol água (Kow) de 481°C a 25°C e solubilidade em água de 33µg/l a 27°C define que este herbicida é muito lipofílico (relação entre a fase orgânica e a fase aquosa) e pouco solúvel. A meia vida deste herbicida pode variar de 60 dias até um ano. Os principais compostos formados na sua degradação no solo são hydroxyatrazine (HA) e deethylatrazine (DEA). Além destes há a formação dos metabólitos deisopropylatrazine (DIA) e deethyldeisopropylatrazine (Dedia). O metabólito hydroxylatrazine é o que se encontra em

maior concentração, além de ser o mais tóxico, sendo sua toxicidade comparável à do herbicida atrazine.

Segundo a Organização Mundial da Saúde, o limite máximo permitido de atrazine na água está na ordem de 2µg/l no Brasil, embora nos Estados Unidos este limite seja definido como sendo 3µg/l. Isto pode significar que um quilo de atrazine em 500.000m<sup>3</sup> de água torna-a imprópria para o consumo humano (não potável).

A persistência de atrazine, nas condições brasileiras, tem sido observada entre três meses e sete meses. Com isto, as culturas de soja, feijão, algodão e outras sensíveis não devem ser semeadas em intervalos inferiores a três meses. Exceções ocorrerão em função das condições climáticas que venham a incidir após a

# Trichoderma eficiente é Trichodermil.®

O Primeiro e Único Biofungicida registrado no MAPA/Brasil.

Plantio de Feijão? Não esqueça de Trichodermil.®.

**ITAFORTE**  
BioProdutos

A natureza a serviço da natureza.®

Bionsecticidas: Metarril (cigarrinhas em cana-de-açúcar e pastagem), Boveril (ácaros, mosca-branca, broca do café, entre outras pragas) e Vertimil (ortezia).

Convênio Tecnológico com a ESALQ/USP de 1996 a 2008. Registros no MAPA. Marcas registradas.

Fone: (15) 3271.2971 - [www.itafortebioprodutos.com.br](http://www.itafortebioprodutos.com.br)

Tabela 2 - Plantas daninhas resistentes ao grupo de herbicidas inibidores do fotossistema II relatadas mundialmente

Espécie	Países com a presença	Primeira detecção	continuação	continuação	continuação
<i>Abutilon theophrasti</i>	Estados Unidos, Iugoslávia	1984	<i>Epilobium adenocaulon</i>	Belgica, Estados Unidos, Polónia	1980
<i>Alopecurus myosuroides</i>	Belgica	1996	<i>Epilobium tetragonum</i>	França, Alemanha	1981
<i>Amaranthus albus</i>	Espanha	1987	<i>Fallopia convolvulus</i>	Áustria, Alemanha	1980
<i>Amaranthus blitoides</i>	Israel, Espanha	1983	<i>Galinsoga ciliata</i>	Alemanha, Suíça	1980
<i>Amaranthus creventus</i>	Espanha	1989	<i>Kochia scoparia</i>	Estados Unidos, República Tcheca	1976
<i>Amaranthus hybridus</i>	Estados Unidos, França, Itália, Suíça, Espanha, Israel, África do Sul	1972	<i>Lolium rigidum</i>	Israel, Austrália, Espanha	1979
<i>Amaranthus lividus</i>	Suíça, França	1978	<i>Lophochloa smyrnacea</i>	Israel	1979
<i>Amaranthus palmeri</i>	Estados Unidos	1993	<i>Matricaria matricarioides</i>	Inglaterra	1989
<i>Amaranthus powellii</i>	Canadá, França, Suíça, República Tcheca, Estados Unidos	1977	<i>Panicum capillare</i>	Canadá	1981
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Canadá, França, Alemanha, Estados Unidos, Suíça, Bulgária, República Tcheca, Espanha, China, Polónia, Itália, Iugoslávia, Grécia	1980	<i>Panicum dichotomiflorum</i>	Espanha	1981
<i>Amaranthus rudis</i>	Estados Unidos, Canadá	1994	<i>Phalaris paradoxa</i>	Israel	1979
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Estados Unidos, Canadá	1976	<i>Plantago lagopus</i>	Israel	1992
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	França	1980	<i>Poa annua</i>	França, Alemanha, Estados Unidos, Belgica, Holanda, Inglaterra, Japão, República Tcheca, Noruega	1978
<i>Atriplex patula</i>	Alemanha, Estados Unidos	1980	<i>Polygonum aviculare</i>	Holanda	1987
<i>Bidens tripartita</i>	Áustria	1979	<i>Polygonum hydrapiper</i>	França, República Tcheca, Alemanha, Espanha	1989
<i>Brachypodium distachyon</i>	Israel	1975	<i>Polygonum lapathifolium</i>	França, República Tcheca, Alemanha, Espanha	1979
<i>Brassica campestris</i>	Canadá	1977	<i>Polygonum pensylvanicum</i>	Estados Unidos	1990
<i>Bromus tectorum</i>	França, Espanha	1981	<i>Polygonum persicaria</i>	França, Nova Zelândia, República Tcheca, Estados Unidos	1980
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Polónia, Estados Unidos	1984	<i>Polypogon monspeliensis</i>	Israel	1979
<i>Chamomilla suaveolens</i>	Inglaterra	1989	<i>Portulaca oleracea</i>	Estados Unidos	1991
<i>Chenopodium album</i>	Canadá, Estados Unidos, Suíça, França, Nova Zelândia, Belgica, Alemanha, Holanda, Itália, República Tcheca, Espanha, Bulgária, Inglaterra, Polónia, Noruega, Eslovênia, Grécia, Portugal	1973	<i>Raphanus raphanistrum</i>	Austrália	1999
<i>Chenopodium ficifolium</i>	Alemanha, Suíça	1980	<i>Senecio vulgaris</i>	Estados Unidos, Canadá, Inglaterra, Alemanha, Belgica, França, Suíça, Holanda, República Tcheca, Noruega	1970
<i>Chenopodium hybridum</i>	Iugoslávia	2000	<i>Setaria faberi</i>	Estados Unidos, Espanha	1984
<i>Chenopodium polyspermum</i>	França, Suíça, Alemanha	1980	<i>Setaria glauca</i>	Canadá, França, Estados Unidos, Espanha	1981
<i>Chenopodium strictum</i> var. <i>glaucophyllum</i>	Canadá, República Tcheca, Estados Unidos	1976	<i>Setaria verticillata</i>	Espanha	1992
<i>Chloris inflata</i>	Estados Unidos	1987	<i>Setaria viridis</i>	França, Espanha, Iugoslávia	1982
<i>Coryza bonariensis</i>	Espanha, Israel	1987	<i>Setaria viridis</i> var. <i>major</i>	França	1982
<i>Coryza canadensis</i>	França, Suíça, Inglaterra, Polónia, República Tcheca, Espanha, Belgica, Israel, Estados Unidos	1981	<i>Sinapis arvensis</i>	Canadá	1983
<i>Cyperus schoenoides</i>	1995 - Israel	1995	<i>Solanum nigrum</i>	França, Alemanha, Itália, Belgica, Holanda, Suíça, Inglaterra, Espanha, Polónia, República Tcheca, Nova Zelândia	1979
<i>Datura stramonium</i>	Estados Unidos	1992	<i>Solanum ptycanthum</i>	Estados Unidos	2004
<i>Digitaria sanguinalis</i>	França, Polónia, República Tcheca	1983	<i>Sanchus asper</i>	França	1980
<i>Echinochloa colona</i>	Austrália	2004	<i>Stellaria media</i>	Alemanha	1978
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Estados Unidos, Canadá, França, Espanha, República Tcheca, Polónia	1978	<i>Urochloa panicoides</i>	Austrália	1996
			<i>Urtica urens</i>	Austrália	2002

Fonte: Adaptado de Ian Heap

aplicação deste herbicida.

Dos herbicidas comercializados mundialmente, o grupo das triazinas foi o que mais ocasionou o surgimento de plantas daninhas resistentes até a década de 90. Entretanto, com a descoberta dos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintetase (ALS), tornaram-se os mais importantes a partir de 1995. Mundialmente já foram relatadas 67 espécies de plantas daninhas resistentes somente para os herbicidas do grupo das triazina, em 25 países (Tabela 2). No Brasil, em 2008, foi detectado pela Embrapa, no Paraná, o primeiro caso de resistência de planta daninha (*Bidens subtilernum*) a atrazine.

## TOLERÂNCIA DO MILHO AO ATRAZINE

As plantas de milho apresentam sistemas de defesa, ou seja, de detoxificação, o que lhes confere tolerância a este grupo de herbicidas. Uma das formas de detoxificação de atrazine nas plantas de milho se dá através da Dimboa, que em sua presença promove a transformação do metabólito 2-hydroxyatrazine. Outra forma de metabolização deste herbicida é através da conjugação com a enzima glutatio-n-s-transferase.

## TOXICOLOGIA DE ATRAZINE

O intervalo de segurança entre a última aplicação e a colheita está definido em 45 dias.

Caso este período não seja respeitado, o milho poderá conter resíduo acima do permitido pelos órgãos competentes de fiscalização, sendo, portanto, impróprio ao consumo humano e animal. Cuidados devem ser tomados com o uso de qualquer defensivo agrícola, pois a intoxicação por qualquer produto químico está relacionada diretamente à exposição imposta à pessoa em contato com o produto. [©]

**Décio Karam e Maurilio Fernandes de Oliveira,**  
Embrapa Milho e Sorgo  
**Dionísio Luis Piza Gazziero,**  
Embrapa Soja