

109

**Circular
Técnica**

Campina Grande, PB
Outubro, 2007

Autores

Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira
Eng. Agrôn., D. Sc., Pesquisador da
Embrapa Algodão, Núcleo de Goiás,
C.P.714, CEP 74001-970, Goiânia,
GO. E-mail: acunha@cnpa.embrapa.br

Fernando Mendes Lamas
Eng. Agrôn., D. Sc., Pesquisador da
Embrapa Agropecuária Oeste, C.P.
661, CEP 79804-970, Dourados, MS.
E-mail: lamas@cpao.embrapa.br

Sérgio de Oliveira Procópio
Eng. Agrôn., D. Sc., Pesquisador da
Embrapa Tabuleiros Costeiros, C.P.
44, CEP 49025-040, Aracaju, SE.
E-mail: procopio@cpatc.embrapa.br

Embrapa

Sintomas de Fitotoxicidez de Herbicidas no Algodoeiro



O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch) é muito sensível à interferência exercida pelas plantas daninhas. Além de concorrer por luz, água, nutrientes e outros fatores de produção, algumas espécies infestantes também podem dificultar a colheita do algodão e depreciar a qualidade da fibra colhida

(BELTRÃO, 2000; CHRISTOFFOLETI et al., 2007; FREITAS et al., 2003; LACA-BUENDIA, 1990).

Na cotonicultura empresarial praticada no Cerrado brasileiro, que corresponde a mais de 90% do algodão produzido no Brasil (CONAB, 2007), o manejo das plantas daninhas por meio de herbicidas é o principal método de controle empregado, tanto no sistema convencional de manejo do solo como no sistema plantio direto. Entre as principais vantagens do uso de herbicidas para o manejo das plantas daninhas, podem ser citadas: melhor controle das espécies que se propagam vegetativamente; maior rapidez e eficiência de operacionalização; possibilidade de controle em períodos de chuva; redução da disseminação de patógenos de solo e de nematóides, que no cultivo mecânico podem ser facilmente disseminados via implementos contaminados; evitar que as raízes do algodoeiro sejam danificadas; permitir que o controle seja executado em diferentes estádios de desenvolvimento do algodoeiro; em suma, o uso de herbicidas confere maior agilidade e eficiência no manejo de plantas daninhas e apresenta melhor relação custo benefício (BELTRÃO; AZEVEDO, 1994; BELTRÃO et al., 1997).

Apesar de sua inquestionável importância, problemas com fitotoxicidade de herbicidas têm ocorrido com frequência no Brasil, o que pode comprometer a produtividade do algodão. Assim, este trabalho objetiva transmitir informações sobre alguns casos observados de fitotoxicidade de herbicidas no algodoeiro e disponibilizar imagens que possam auxiliar o processo de identificação.

Principais Herbicidas Registrados no Brasil para a Cultura do Algodão

Entre as 26 moléculas herbicidas e as três misturas comerciais de ingredientes ativos, registradas para a cultura do algodoeiro (BRASIL, 2007), existem boas opções de herbicidas seletivos para o controle de gramíneas. Contudo, em relação às espécies de folhas largas, as opções são limitadas, sobretudo quanto aos herbicidas seletivos ao algodoeiro. Na Tabela 1, encontram-se os principais herbicidas registrados e disponíveis no mercado brasileiro.

Épocas de Aplicação

As modalidades de aplicação de herbicidas, em relação ao estágio de desenvolvimento da cultura e das plantas daninhas, podem ser em condições de pré-semeadura (PS), incorporado ou não ao solo; em pré-emergência (PRÉ); em pós-emergência (PÓS) e em pós-emergência com o jato dirigido (PÓSd).

- Manejo de pré-semeadura

Existem dois tipos de herbicidas usados em pré-semeadura: os dessecantes ou de ação total e os de pré-plantio incorporado (PPI).

Tabela 1. Principais herbicidas registrados no Brasil para a cultura do algodoeiro.

Nome Técnico	Nome Comercial	Formulação	Época de Aplicação	Plantas Daninhas Controladas	Dose* (L ou g/ha)
Pendimetalina	Herbadox	EC 500 g/kg	PPI ou Pré	Gramíneas e algumas folhas largas	1,5 a 3,0 L
Trifluralina	Diversos: Herbiflan, Lifalin, Trifluralina, Treflan	EC 445 a 480 g/L	PPI	Gramíneas e algumas folhas largas	1,2 a 2,4 L
Trifluralina	Premierlin	EC 600 g/L	PPI ou Pré	Gramíneas e algumas folhas largas	0,9 a 4,0 L
Clomazona	Gamit	EC 500 g/L CS 360 g/L	Pré	Gramíneas e algumas folhas largas	1,6 a 2,0 L 2,1 a 3,5 L
Prometrina	Gesagard	SC 500 g/L	Pré	Gramíneas e algumas folhas largas	1,5 a 2 L
S-metolaclo-ro	Dual Gold	EC 960 g/L	Pré	Gramíneas e algumas folhas largas	1,25 a 1,5 L
Ametrina + clomazona	Sinerge	EC 300 + 200 g/L	Pré ou Pósd	Gramíneas e algumas folhas largas	3 L
Diuron	Diversos: Karmex, Direx, Cention, Herburon	WG 800 g/L SC 500 g/L	Pré ou Pósd	Gramíneas e algumas folhas largas	1,6 a 5 L
Cletodim	Select	EC 240 g/L	Pós	Gramíneas	0,35 a 0,45 L
Fluazifop-p-butílico	Fusilade	EC 125 g/L EW 250 g/L	Pós	Gramíneas	0,75 a 2,0 L 0,5 a 1,0 L
Haloxifop-p-metilico	Verdict	EC 120 g/L	Pós	Gramíneas	0,4 a 0,5 L
Piritiobaque-Sódico	Staple	SL 280 g/L	Pós	Folhas largas	0,25 a 0,5 L
Setoxidim	Poast	DC 184 g/L	Pós	Gramíneas	1 a 1,25 L
Trifloxissulfu-rom-sódico	Envoke	WG 750 g/kg	Pós	Folhas largas e algumas gramíneas	0,010 kg
Diuron + MSMA	Fortex	SC 140 + 360 g/L	Pós ou Pósd	Gramíneas e folhas largas	8 a 10 L
Glufosinato de amônio	Finale*	SL 200 g/L	Pósd	Folhas largas e gramíneas	2 L
MSMA	Diversos: Dessecan, Volcane	SL 480 g/L a 790 g/L	Pósd	Gramíneas e folhas largas	1,8 a 5 L
Carfentrazone-etílica	Aurora	EC 400 g/L	PS ou Pósd	Trapoeaba e corda-de-viola	0,05 a 0,15 L
Flumioxazina	Flumizin, Sumisoya	WP 500 g/kg	PS ou Pósd	Folhas largas e algumas gramíneas	50 a 60 g
Glifosato	Diversos: Roundup, Trop, Glister	SL 480 g/L WG 720 g/L	PS ou Pósd	Folhas largas e gramíneas	0,5 a 6 L
Paraquate	Gramoxone	SL 200 g/L	PS ou Pósd	Gramíneas e folhas largas	1,5 a 3 L
Paraquate + diuron	Gramocil	SC 200 + 100 g/L	PS e Pósd	Gramíneas e folhas largas	2 a 3 L

Nota: *Refere-se à dose do produto comercial recomendada pelo fabricante; | Registrado para o algodoeiro de acordo com Bayer, (2007); PPI - pré-plantio incorporado; Pré - pré-emergência da cultura e das plantas daninhas; Pós - pós-emergência da cultura e das plantas daninhas; Pósd - pós-emergência da cultura e das plantas daninhas, em jato dirigido; PS - pré-semeadura ou dessecação; EC - concentrado emulsionável; WG - granulado dispersível; WP - pó molhável; EW - emulsão óleo em água; CS - suspensão de encapsulado; SC - suspensão concentrada; SL - concentrado solúvel; DC - concentrado dispersível.

Fonte: Brasil (2007).

Geralmente, os herbicidas dessecantes usados não são seletivos, não apresentam efeito residual e objetivam, principalmente, a dessecação ou o manejo das plantas invasoras ou de outras espécies vegetais, como as formadoras de palha para o plantio direto. Entre os herbicidas usados estão o glifosato, a carfentrazona, o paraquat e a flumioxazina.

Existem também os herbicidas de pré-plantio incorporado (PPI), que exigem incorporação ao solo em consequência da suscetibilidade da molécula à fotodegradação e/ou volatilização. Assim, o herbicida, que geralmente apresenta ação residual, é aplicado antes da semeadura do algodão, em solo previamente preparado por meio de aração e gradagem, e depois é incorporado. Por conseguinte, essa forma de aplicação não condiz com o sistema plantio direto. Entre os herbicidas usados nessa modalidade de aplicação estão a trifluralina e a pendimetalina.

- Manejo de pré-emergência

A aplicação de herbicidas em pré-emergência é uma das mais usadas na cotonicultura. Ela consiste na aplicação de um herbicida de ação residual, imediatamente após a semeadura, antes da emissão da radícula do algodão e da emergência das plantas daninhas. Entre os herbicidas mais utilizados em pré-emergência do algodoeiro, isolados ou em mistura, estão o diuron, a clomazona, o s-metolaclo, o alacloro, o oxyfluorfen e a cianazina. É importante que o solo preparado esteja bem destorroado, com a superfície livre de restos de cultura e de plantas daninhas e com umidade suficiente, de forma a favorecer a solubilização da molécula herbicida.

Dependendo da molécula herbicida usada, o efeito do herbicida pré-emergente no sistema plantio direto pode não ser eficiente, pois os resíduos de palha e de culturas impedem, muitas vezes, que o herbicida atinja uniformemente o solo (FERRI; VIDAL, 2003).

- Manejo de pós-emergência

Essa modalidade de aplicação de herbicidas pode ser por meio do uso de herbicidas seletivos ou não

seletivos à cultura. Os seletivos ao algodoeiro, entre os quais o piritiobaque-sódico e o trifloxissulfurom-sódico, são aplicados em área total, ou seja, o produto pode atingir também o algodoeiro. Já as aplicações de herbicidas não seletivos devem ser realizadas antes do fechamento das entrelinhas, na forma de jato dirigido, pois se o herbicida atingir as folhas do algodoeiro, ou a casca tenra do ramo e do caule, pode ocasionar-lhe intoxicação; por isso é recomendável que a pulverização seja realizada quando as plantas estiverem com pelo menos 40 cm de altura e que sejam tomadas as devidas providências de proteção durante a aplicação. Os herbicidas mais comuns usados em jato dirigido são: o MSMA, isolado ou em mistura com o diurom; o paraquate, também isolado ou em mistura com o diurom; o glifosato; a carfentrazona; o glufosinato de amônio e a flumioxazina.

Modo e Mecanismo de Ação dos Herbicidas

A atividade do herbicida na planta, seja na cultura ou na planta daninha, ocorre de acordo com a absorção, a translocação, o metabolismo e a sensibilidade da planta a este herbicida e/ou a seus metabólitos. Portanto, é preciso que ele penetre na planta, movimente-se em seu interior e atinja o sítio de ação, onde irá atuar. Um mesmo herbicida pode influenciar vários processos metabólicos no vegetal, entretanto, a primeira lesão biofísica ou bioquímica que ele provoca é conhecida como o seu mecanismo de ação; a seqüência de todas as reações até a ação final do produto caracteriza o seu modo de ação (FERREIRA et al., 2005).

Quanto à sua translocação na planta, o herbicida pode ser de contato (translocação apenas a curta distância) ou sistêmico (translocação a curta e a longa distância). O de contato destrói as plantas ou as partes sobre as quais é aplicado, porém não possui ação direta sobre raízes, bulbos, rizomas etc e, geralmente, sua ação é menos prolongada. O sistêmico é absorvido no local em que a gota foi interceptada, mas também exerce sua ação tóxica em outras partes da planta.

Os herbicidas registrados para algodão possuem diferentes mecanismos de ação, podendo-se citar: inibidores da fotossíntese no fotossistema II (cianazina, prometrina, diurom e linurom), inibidores da fotossíntese no fotossistema I (paraquat), inibidores de pigmentos (clomazona e isoxaflutole), inibidores da enzima Acetil-CoA (cletodim, fluazifope-p-butílico, haloxifope-p-metílico, propaquizafope, quizalofope-p-etílico, setoxidim, tepraloxidim), inibidores da enzima EPSP sintase (glifosato), inibidores da enzima glutamina sintetase (glufosinato de amônio), inibidores da protoporfirinogen oxidase - PROTOX (oxifluorfen, flumioxazina e carfentrazona), inibidores da enzima acetolactase sintase - ALS (piritiobaque-sódico e trifloxissulfurom-sódico), inibidores da formação de microtúbulos (pendimetalina, trifluralina) e inibidores da divisão celular (alacloro e s-metolacloro). Um herbicida muito usado no algodoeiro é o MSMA, pertencente ao grupo dos organoarseniacaís, mas com mecanismo de ação desconhecido (HRAC, 2007).

Seletividade dos Herbicidas

A seletividade está associada ao potencial químico da molécula herbicida de matar ou danificar as plantas daninhas, sem causar severos danos à cultura econômica. A seletividade de determinado herbicida geralmente é resultante de um ou mais dos seguintes fatores: da formulação da molécula herbicida, da forma como ele é aplicado (posicionamento no tempo e no espaço), da dose, do uso de protetores, de diferenças anatômicas entre a cultura e as plantas daninhas, de diferenças entre as plantas daninhas e culturas nos vários estádios fenológicos, de mecanismos fisiológicos de degradação ou metabolização e da biotecnologia ou da resistência natural.

De acordo com Velini et al. (1992), a seletividade não pode ser determinada apenas pela observação ou não de sintomas de fitotoxicidade, pois são conhecidos herbicidas que podem reduzir a produtividade da cultura sem produzir-lhes efeitos visualmente detectáveis; como também existem aqueles que ocasionam danos, mas que permitem às culturas agrícolas, dependendo do grau de fitotoxidez, manifestar perfeitamente seus potenciais produtivos.

Fitotoxidade Provocada por Herbicida

O termo fitotoxidez de herbicida retrata algum dano visual apresentado pela planta, em virtude de seu contato com o agrotóxico. A fitotoxicidade é resultante de uma complexa interação entre o herbicida, a planta e as condições ambientais (WELLER, 2000), e seus efeitos podem ser muito variáveis. Entre os sintomas observados, os mais comuns são: redução do porte, necroses, murchas, epinastia (aumento do crescimento da superfície de um órgão da planta ou de suas partes, fazendo-o curvar-se para baixo), clorose (esmaecimento do verde em órgãos clorofilados, decorrente da falta de clorofila e, conseqüentemente, amarelecimento), albinismo (planta com pigmentação anormal); encarquilhamento (deformação de órgãos da planta, resultado da hiperplasia ou hipertrofia exagerada de células). Dependendo da toxidez, as plantas podem até morrer, comprometendo a população final e por vezes a produtividade. A fitotoxidez provocada por herbicidas sistêmicos, normalmente, é mais danosa ao algodoeiro, em comparação com a provocada por produtos de contato.

Os principais fatores responsáveis pela fitotoxidez após a aplicação de herbicidas são: uso de dose excessiva para o tipo de solo; aplicação sobre condições climáticas inadequadas; sobreposição da barra de pulverização; pulverização com presença de ventos fortes; aplicação de herbicidas pré-emergentes em solos arenosos, associada à intensa precipitação pluvial após a pulverização; aplicação em jato dirigido, atingindo folhas, ramos e caules do algodoeiro pouco lignificados; ausência de tratamento de semente ou não homogeneidade da cobertura das sementes com o "safener" ou protetor, no caso do herbicida clomazona; falhas na tecnologia de aplicação (bicos inadequados, mal regulados, vazamentos de bicos e de tanques de pulverização etc); derivas de pulverizações de outras culturas em áreas adjacentes etc.

Fitotoxidez de Herbicidas Registrados para o Algodão

Herbicidas Inibidores do Fotossistema II

- DIUROM

O diurom é um herbicida derivado da uréia, apresenta amplo espectro de ação e pode ser aplicado em pré-emergência do algodão ou em pós-emergência, na forma de jato dirigido. Ele possui persistência média no ambiente e é muito adsorvido pelos colóides orgânicos e minerais do solo (CULLINGTON; WALKER, 1999; PEÑAHERRERA-COLINA et al., 2005).

Aplicações em pós-emergência, comuns no Cerrado brasileiro, quando não realizadas adequadamente, podem atingir as folhas e gerar fitotoxidez no algodoeiro (Fig. 1), caracterizada pela fotoxidação da clorofila com conseqüente clorose foliar (BELTRÃO et al., 2001). O herbicida diurom, aplicado em pré-emergência, sobretudo em solos de textura arenosa, também pode provocar clorose das folhas cotiledonares das plântulas de algodão (Fig. 2), bem como a má formação das raízes primária e secundárias, podendo levar a plântula à morte.

- PROMETRINA

É um herbicida seletivo de ação sistêmica, do grupo químico das triazinas, predominantemente absorvido pelas raízes. É indicado para o controle pré-emergente de plantas daninhas na cultura do algodão, mas também pode ser usado em pós-emergência inicial das plantas daninhas, desde que aplicado em jato dirigido nas entrelinhas do algodoeiro, sem atingir as folhas da cultura. Quando elas são expostas ao herbicida, pode ocorrer a inibição do processo fotossintético e gerar clorose foliar ou até mesmo necrose dos tecidos (Fig. 3).

Foto: Alexandre C. B. Ferreira



Fig. 2. Sintomas de fitotoxidez do herbicida diurom, aplicado em pré-emergência, em solo arenoso (plântula de algodão à esquerda corresponde à testemunha sem aplicação).

Herbicidas Inibidores de Pigmentos

- CLOMAZONA

A clomazona é um herbicida do grupo das isoxazolidinonas e atua na rota de biossíntese dos pigmentos carotenóides. Nas plantas suscetíveis, este herbicida causa danos nas estruturas dos cloroplastos, reduzindo a síntese de pigmentos carotenóides, levando à decomposição da clorofila pela luz, em virtude da perda da fotoproteção fornecida pelos carotenóides à clorofila (FERREIRA et al., 2005). Devido a esse processo, a clorofila não se mantém sem a presença dos carotenóides, que a protegem, dissipando o excesso de energia (FERREIRA et al., 2005). Seletividade do algodoeiro ao clomazona pode ser obtida por meio do inseticida organofosforado dissulfoton (CULPEPPER et al., 2001; YORK et al., 1991), aplicado via tratamento de sementes ou diretamente no sulco de semeadura, e do dietil fenil fosforotioato, via tratamento de sementes. Esses produtos agem como "safeners" e

Foto: Alexandre C. B. Ferreira



Fig. 1. Sintomas de fitotoxidez do herbicida diurom na folha do algodoeiro.

Foto: Alexandre C. B. Ferreira



Fig. 3. Sintomas de fitotoxidez do herbicida prometrina na folha do algodoeiro.

diminuem a ação dos herbicidas, reduzindo sua disponibilidade absorção pela cultura. Fitotoxidez no algodoeiro, caracterizada pelo branqueamento ou albinismo em plântulas (Fig. 4) e nas diversas estruturas vegetativas e reprodutivas de plantas adultas (Fig. 5), pode ocorrer devido: à falta do tratamento das sementes com os protetores ou tratamento inadequado; à sobreposição da barra de pulverização; ao efeito residual de aplicações em safra anterior e/ou à dose maior do que a recomendada, principalmente em solos arenosos.

Herbicidas Inibidores do Fotossistema I

• PARAQUATE

O paraquate é um herbicida do grupo químico bipiridílios, não seletivo, de contato, ou seja, com reduzida translocação e sem atividade no solo, aplicado em pós-emergência para o controle total da vegetação. Ele atua em nível de fotossistema I (FSI), capturando elétrons provenientes da fotossíntese e formando radicais tóxicos. Os radicais livres do paraquate não são os agentes responsáveis pelos

Foto: Alexandre C. B. Ferreira



Fig. 4. Sintomas de fitotoxidez do herbicida clomazona, aplicado em pré-emergência, em solo arenoso (plântula de algodão à esquerda corresponde à testemunha sem aplicação).

Foto: Alexandre C. B. Ferreira



Fig. 5. Sintomas de fitotoxidez do herbicida clomazona no algodoeiro.

sintomas de fitotoxidez observados. Eles são instáveis e rapidamente sofrem auto-oxidação, produzindo radicais superóxidos, que depois do processo de dismutação formam o peróxido de hidrogênio. Os superóxidos e o peróxido de hidrogênio reagem, produzindo radicais de hidroxil e oxigênio livre (singleto), os quais são os agentes responsáveis pelos sintomas de toxicidade nas plantas, por meio da degradação das membranas (peroxidação de lipídios), do extravasamento celular e da morte dos tecidos atingidos pelo herbicida (FERREIRA et al., 2005; VARGAS, 2003). No caso do algodoeiro, embora o produto seja usado em jato dirigido, é comum a ocorrência de fitotoxidez (tecidos necrosados) de paraquate, em virtude do contato do produto com as folhas (Fig. 6), ramos e hastes (Fig. 7) verdes não lignificados.

Herbicidas Inibidores da PROTOX

• FLUMIOXAZINA

A flumioxazina pertence ao grupo químico da ciclohexenodicarboximida. Ela atua por meio da inibição da enzima protoporfirino-oxidase (PROTOX), que é uma enzima precursora da síntese da clorofila, a qual catalisa a transformação de protoporfirino IX para protoporfirina IX, nos cloroplastos. A inibição dessa enzima impede a síntese de clorofila, de forma que há o acúmulo de protoporfirino IX, que extravasa para o citoplasma, onde é convertido em protoporfirina IX - pigmento fotodinâmico -, que, em contato com o

oxigênio, na presença de luz, libera radicais de oxigênio altamente reativos (oxigênio singlet), os quais causam a peroxidação de lipídios das membranas celulares e levam à sua ruptura, provocando extravasamento do citoplasma e morte das células (FERREIRA et al, 2005; HRAC, 2007). A aplicação em pós-emergência, na forma de jato dirigido, pode causar amarelecimento ou queima das folhas (limbo foliar), quando atingidas pelo herbicida (Fig. 8). Quando a flumioxazina é usada em pré-emergência, dependendo da textura do solo, dose e intervalo entre a aplicação e a semeadura, os tecidos das plântulas, por ocasião da emergência do algodão, podem ser necrosados após o contato com o herbicida (Fig. 9).

Foto: Alexandre C. B. Ferreira



Fig. 7. Sintomas de fitotoxidez do herbicida paraquate nos ramos e haste do algodoeiro.

Foto: Alexandre C. B. Ferreira



Fig. 6. Sintomas de fitotoxidez do herbicida paraquate nas folhas do algodoeiro.

Foto: Alexandre C. B. Ferreira



Fig. 8. Sintomas de fitotoxidez do herbicida flumioxazina nas folhas do algodoeiro.

Foto: Alexandre C. B. Ferreira



Fig. 9. Sintomas de fitotoxidez do herbicida flumioxazina, aplicado em pré-emergência, em solo arenoso (plântula de algodão à esquerda corresponde à testemunha sem aplicação).

• CARFENTRAZONA

A carfentrazona-etflica pertence ao grupo químico das aril-triazolinonas e seu mecanismo de ação é semelhante ao da flumioxazina, ou seja, inibe a protoporfirinogênio oxidase (PPO ou PROTOX), enzima envolvida na rota biossintética da clorofila (DAYLAN et al., 1997, HRAC, 2007). A presença de luz, durante e após a aplicação, geralmente aumenta a velocidade de ação e a eficiência do herbicida. A carfentrazona pode ser usada em jato dirigido, mas quando em contato com as folhas do algodoeiro ocasiona necrose foliar (Fig. 10) após 4-6

horas de luz solar. Os primeiros sintomas são manchas verde-escuras nas folhas, devido ao rompimento da membrana celular e extravasamento de líquido citoplasmático, com posterior necrose.

Herbicidas Inibidores da EPSP

• GLIFOSATO

Pertencente ao grupo das glicinas, o glifosato atua por meio da inibição da enzima EPSP sintase (5 enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintase), o que resulta na inibição da síntese dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano. Em virtude da interferência no processo metabólico de síntese desses aminoácidos, há o aumento da concentração de nitrato, etileno, ácido cinâmico e outros compostos, que atingem níveis tóxicos e ocasionam a interrupção do crescimento e a morte da planta (FERREIRA et al., 2005). O glifosato é translocável, ativo na folhagem, mas sem ação no solo. Entre os sintomas de fitotoxidez observados, destaca-se o murchamento geral dos algodoeiros atingidos (Fig. 11).

Herbicidas Inibidores do Arranjo dos Microtúbulos na Mitose

Foto: Alexandre C. B. Ferreira



Fig. 10. Sintomas de fitotoxidez do herbicida carfentrazona no algodoeiro.



Foto: Alexandre C. B. Ferreira

Fig. 11. Sintomas de fitotoxidez do herbicida glifosato no algodoeiro.

• TRIFLURALINA

A trifluralina é um herbicida que pertence ao grupo das dinitroanilinas; atua na inibição da mitose, interrompendo a formação do fuso cromático e a movimentação dos cromossomos da parte equatorial para os pólos das células. Como consequência, há o aparecimento de células multinucleadas. A trifluralina inibe o crescimento da radícula e a formação das raízes secundárias, sendo eficiente apenas quando aplicada antes da emergência das plantas daninhas. A sua aplicação após o início da emissão da radícula do algodoeiro ou o seu uso em solos arenosos pode ocasionar fitotoxidez (Fig. 12), ou até mesmo levar a planta à morte.



Foto: Alexandre C. B. Ferreira

Fig. 12. Sintomas de fitotoxidez do herbicida trifluralina, aplicado em pré-emergência, em solo arenoso (plântula de algodão à esquerda corresponde à testemunha sem aplicação).

Herbicidas inibidores da divisão celular

• S-METOLACLORO

O s-metolacoloro integra o grupo químico das cloroacetamidas. Ele inibe a mobilização das reservas de carboidratos, na germinação das sementes. Por ocasião da germinação, há a inibição da síntese de DNA, o que impede a formação de cromossomos e, em consequência, a divisão celular, sem a qual também não há o desenvolvimento dos meristemas nas radículas, nos caulículos e nas gemas das espécies suscetíveis. Pode, inclusive, impedir a plântula de emergir na superfície do solo. O s-metolacoloro deve ser aplicado logo após a semeadura do algodão, ou no máximo um dia após, e não deve ser usado em solos arenosos, pois pode comprometer a emergência e o estabelecimento das plântulas. Ele é absorvido, sobretudo, pelo coleóptilo e hipocótilo das plântulas, quando essas estruturas, durante a emergência, atravessam a camada de solo onde se encontra o herbicida. As absorções radiculares e foliares não são comuns. O efeito fitotóxico do s-metolacoloro pode ser observado pelo pouco crescimento da radícula e das raízes secundárias do algodoeiro (Fig. 13), antes ou imediatamente após a emergência; também se observa o intumescimento dos tecidos, enrolamento do caulículo, clorose, necrose, dificuldade de abertura do coleóptilo e enrugamento das folhas definitivas (Fig. 14), causado pelo menor crescimento da nervura central em relação ao crescimento do limbo foliar.

Foto: Alexandre C. B. Ferreira



Fig. 13. Sintomas de fitotoxidez do herbicida s-metolacoloro, aplicado em pré-emergência, em solo arenoso, sobre a emergência da radícula e sobre a plântula de algodão (a plântula da extremidade esquerda de cada foto corresponde à testemunha sem aplicação).

Foto: Alexandre C. B. Ferreira



Fig. 14. Sintomas de fitotoxidez do herbicida s-metolacoloro, aplicado em pré-emergência, sobre as folhas cotiledonares das plântulas de algodão.

Herbicidas Inibidores da Enzima Acetolactato Sintase - ALS

- TRIFLOXISSULFUROM-SÓDICO

O trifloxissulfurom-sódico, herbicida do grupo das sulfoniluréias, é indicado para o controle pós-emergente das plantas daninhas de folhas largas. Ele é seletivo ao algodoeiro e atua por meio da inibição da formação da enzima acetolactato sintase (ALS), bloqueando a síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina, conseqüentemente, impedindo a formação de proteínas essenciais às plantas susceptíveis (BRECKE; STEPHENSON, 2006, RICHARDSON et al., 2006). O herbicida deve ser aplicado no algodoeiro após o estágio V4, pois antes disso a cultura é mais sensível ao produto. Mesmo

assim, é freqüente a ocorrência de fitotoxidez de trifloxissulfurom-sódico no algodoeiro (FREITAS et al., 2006), cujos sintomas são o amarelecimento das folhas, principalmente as mais novas (Fig. 15), e a redução inicial do crescimento (Fig. 16); contudo, esses efeitos desaparecem entre três e cinco semanas após a pulverização, principalmente depois da primeira adubação nitrogenada em cobertura (THOMAS et al., 2006).

Foto: Alexandre C. B. Ferreira



Fig. 15. Sintomas de fitotoxidez do herbicida trifloxissulfurom sódico nas folhas do algodoeiro, em aplicação de pós-emergência, no estágio fenológico V2.

Foto: Alexandre C. B. Ferreira



Fig. 16. Sintomas de fitotoxidez do herbicida trifloxissulfurom sódico no algodoeiro, em aplicação de pós emergência, no estágio fenológico V2.

Herbicida com Mecanismo de Ação Desconhecido

- MSMA (Hidrogênio de sódio metilarsonato)

O MSMA faz parte do grupo químico dos organoarseniacaais, mas seu mecanismo de ação é desconhecido (HRAC, 2007). Trata-se de um herbicida de aplicação em pós-emergência do algodoeiro e das plantas daninhas. Problemas com fitotoxidez de MSMA no algodoeiro, quando aplicado em pós-emergência em jato dirigido, podem ocorrer, principalmente quando se utilizam espaçamentos nas entrelinhas mais estreitos. Os principais sintomas de fitotoxidez são as necroses, observadas sobretudo nas folhas (Fig. 17).

Foto: Alexandre C. B. Ferreira



Fig. 17. Sintomas de fitotoxidez do herbicida MSMA, aplicado em pós-emergência – jato dirigido.

Misturas Comerciais de Herbicidas

- Paraquate + diurom

A mistura comercial de paraquate (inibidor do FSI) + diurom (inibidor do FSII) também é um herbicida muito usado em pós-emergência do algodoeiro e das plantas daninhas, na forma de jato dirigido. Contudo, problemas de fitotoxidez têm sido observados nas folhas, hastes e ramos, por meio de necroses (Fig. 18). Esses sintomas ocorrem com maior frequência em algodoeiros cultivados em espaçamentos estreitos, nas entrelinhas, ou mesmo em espaçamentos tradicionais quando o herbicida atinge caules e ramos com baixos teores de lignina na casca. Neste caso, a parte superior do algodoeiro pode morrer, mas abaixo da lesão, as gemas vegetativas, rebrotarem (Fig. 19)

- Ametrina + clomazona

O herbicida composto pela mistura comercial de ametrina + clomazona é registrado para o algodoeiro, sendo recomendada sua pulverização em pré-emergência e em pós-emergência inicial das plantas daninhas, para aplicação imediatamente após a semeadura do algodão. Também pode ser aplicado em pós-emergência do algodoeiro, na forma de jato dirigido, antes do fechamento das entrelinhas.

Foto: Alexandre C. B. Ferreira



Fig. 18. Sintomas de fitotoxidez nas folhas, hastes e ramos do algodoeiro, provenientes da mistura comercial dos herbicidas paraquate + diurom, aplicado em pós-emergência, na forma de jato dirigido.

Foto: Alexandre C. B. Ferreira

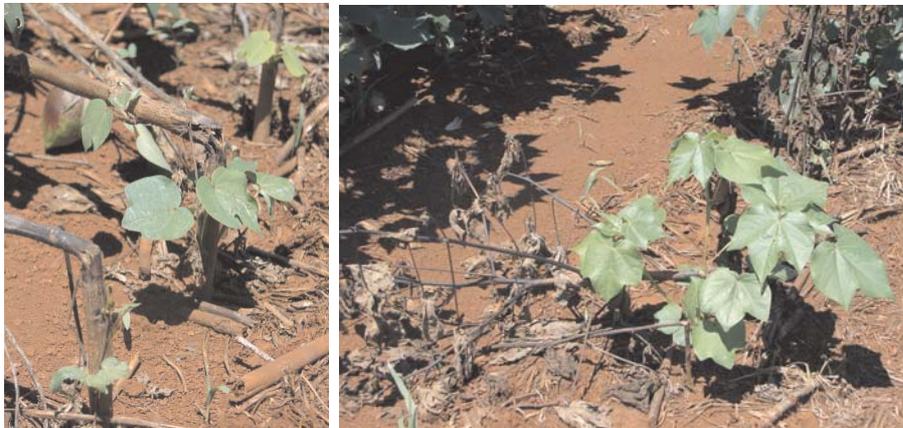


Fig. 19. Necrose e rebrota da haste principal do algodoeiro, em virtude da fitotoxidez do herbicida paraquate + diurom (mistura comercial), aplicado em pós-emergência – jato dirigido.

Os sintomas de fitotoxidez da mistura comercial de ametrina + clomazona, aplicada em pré-emergência do algodoeiro, comumente estão relacionados à ação da molécula de clomazona, que reduz a síntese de pigmentos carotenóides. Em conseqüência, há a degradação da clorofila na presença de luz, obtendo-se plântulas com folhas cotiledonares albinas e com raízes primária e secundárias mal formadas (Fig. 20).

As folhas do algodoeiro, quando atingidas pela mistura herbicida, também podem ser danificadas e gerar tecidos albinos, mas também podem apresentar o sintoma de folha “carijó” (Fig. 21), típico de fitotoxidez de herbicidas inibidores de fotossíntese (FSII) em algodoeiro.

Foto: Alexandre C. B. Ferreira



Fig. 20. Sintomas de fitotoxidez da mistura comercial do herbicida ametrina + clomazona, aplicado em pré-emergência (plântula de algodão à esquerda corresponde à testemunha sem aplicação).



Foto: Alexandre C. B. Ferreira

Fig. 21. Sintomas de fitotoxidez da mistura comercial do herbicida ametrina + clomazona, em folhas do algodoeiro, aplicada em pós-emergência.

Fitotoxidez de Herbicidas que não são Registrados para o Algodão

- 2,4-D

O 2,4-D é um herbicida auxínico ou mimetizador de auxina. O algodoeiro é uma cultura extremamente sensível ao 2,4-D, mesmo em baixíssimas concentrações, por isso ele não é registrado para a cultura. Ele interfere na ação da enzima RNA-polimerase e, conseqüentemente, na síntese de ácidos nucleicos e proteínas. No algodoeiro, a fitotoxicidade (Fig. 22) é observada pela epinastia ou retorcimento do caule e do pecíolo das folhas, rachadura e deformação (encarquilhamento) da lâmina foliar, sintoma denominado de "pata-de-rã", destruição do sistema radicular, deformação ou engrossamento da gema terminal e inibição do crescimento; dependendo da sua severidade, pode até ocasionar a morte dos algodoeiros



Foto: Alexandre C. B. Ferreira

Fig. 22. Sintomas de fitotoxidez do herbicida 2,4-D no algodoeiro.

(CONSTANTIN et al., 2007). A fitotoxidez no algodão geralmente é observada em virtude do uso de tanques de pulverização mal lavados, como também pela deriva da molécula, quando pulverizada em áreas próximas.

- ATRAZINA

Embora não seja registrada no Brasil para a cultura do algodão, a atrazina tem sido utilizada por alguns cotonicultores em aplicações de pós-emergência em jato dirigido. De forma semelhante às outras triazinas, ela atua na inibição da fotossíntese, em particular no fotossistema II (FSII), bloqueando o transporte de elétrons. O herbicida é absorvido pelas plantas por meio das raízes (após a germinação), depois é transportado via xilema até as folhas, onde provoca a inibição da fotossíntese, com sintomas que se manifestam por clorose e necrose. Quando o produto é aplicado na pós-emergência dos algodoeiros, em jato dirigido nas suas entrelinhas, e atinge as folhas do algodoeiro, ele é absorvido rapidamente e, neste caso, atua por contato, provocando o amarelecimento entre as nervuras, do tipo folha "carijó", e, às vezes, necrose localizada dos tecidos atingidos (Fig. 23).

- CLORIMUROM E DICLOSULAM

O clorimurom, herbicida do grupo das sulfoniluréias, e o diclosulam, do grupo das sulfonanilidas, não são registrados para a cultura do algodão, mas o são para a cultura da soja. Assim, em áreas onde há rotação das culturas soja - algodão, especialmente o



Foto: Alexandre C. B. Ferreira

Fig. 23. Sintomas de fitotoxidez do herbicida atrazina, sobre as folhas do algodoeiro, aplicado em pós-emergência, na forma de jato dirigido.

algodão cultivado em safrinha, dependendo das condições edafoclimáticas, tem sido observado que esses herbicidas aplicados em pré ou pós-emergência da soja podem afetar o desenvolvimento inicial do algodão semeado em sucessão. De acordo com Silva et al. (1999) e Gonçalves et al. (2001), os herbicidas usados acabam, direta ou indiretamente, atingindo o solo, podendo causar danos às culturas subseqüentes. O clorimurrom e o diclosulam atuam por meio da inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), interferindo na síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina e, conseqüentemente, na formação de proteínas. Os principais sintomas de fitotoxidez do clorimurrom sobre o algodão são a má formação e o crescimento das raízes primária e secundárias, antes e após a emergência das plântulas; as folhas cotiledonares não abrem normalmente e o crescimento da parte aérea é paralisado (Fig. 24 e 25). Os sintomas de fitotoxidez do diclosulam (Fig. 26) são semelhantes aos do clorimurrom.

Considerações Finais

O manejo de plantas daninhas é um processo complexo que envolve a cultura, a comunidade infestante, o ambiente e o manejo cultural. Apenas o uso de herbicidas não é a solução para o problema, por isso o sistema de manejo de plantas daninhas deve integrar os métodos preventivo, cultural, mecânico ou físico, biológico e químico. Os herbicidas, imprescindíveis no manejo de plantas daninhas na cotonicultura brasileira, devem ser usados com cuidado, seguindo-se sempre as recomendações técnicas dos fabricantes, de modo a desempenhar com eficiência e segurança o seu papel, prevenindo os problemas de fitotoxidez e contaminação do ambiente.

Além dos cuidados com o uso de herbicidas no algodoeiro, é fundamental planejar o sistema de rotação de culturas e o manejo químico das plantas daninhas nas culturas integrantes do sistema de

Foto: Alexandre C. B. Ferreira



Fig. 24. Sintomas de fitotoxidez do herbicida clorimurrom sobre as plântulas de algodão (à esquerda de cada foto, testemunha sem aplicação).

Foto: Alexandre C. B. Ferreira



Fig. 25. Sintomas de fitotoxidez do herbicida clorimurrom sobre as plântulas de algodão (à esquerda, testemunha sem aplicação).

Foto: Alexandre C. B. Ferreira



Fig. 26. Sintomas de fitotoxidez do herbicida diclosulam sobre as plântulas de algodão (à esquerda de cada foto, testemunha sem aplicação).

produção da propriedade. Assim, se após o cultivo da soja, o algodoeiro for ser cultivado, deve-se atentar para os herbicidas a serem utilizados no controle de plantas daninhas na soja, de forma a se evitar fitotoxidez ao algodoeiro.

Referências Bibliográficas

BAYER. Disponível em: <<http://www.bayercropscience.com.br/PRD/busca/prd.asp>>. Acesso em: 12 dez. 2007.

BELTRÃO, N. E. de M. Manejo e controle de plantas daninhas em algodão. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2000. p.215-250.

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de. **Controle de plantas daninhas na cultura do algodoeiro**. Campina Grande: EMBRAPA CNPA, 1994. 154 p.

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de; VIEIRA, D. J.; NÓBREGA, L. B. da. **Recomendações técnicas e considerações gerais sobre o uso de herbicidas, desfolhantes e reguladores de crescimento na cultura do algodão**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997. 32 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 48).

BELTRÃO, N. E. de M.; ALBUQUERQUE, R.C. de; PEREIRA, J.R.; ARAÚJO, H.F.P. de. Fitotoxicidade, controle de plantas daninhas e sintomatologia de

injúrias dos herbicidas diuron, pendimethalin e oxidizaon na cultura do algodão: dosagens agronômicas e duplas. **Revista Oleaginosas e Fibrosas**, v. 5, n.1, p. 241-254, 2001

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Agrofit: Sistema de Agrotóxi cos Fitossanitários**. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofitcons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 10 dez. 2007.

BRECKE, B. J.; STEPHENSON, D. O. Weed control in cotton (*Gossypium hirsutum*) with postemergence applications of trifloxysulfuron-sodium. **Weed Technology**, v. 20, n. 2, p. 377-383, 2006.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos - intenção de plantio - segundo levantamento. Novembro 2007 / Companhia Nacional de Abastecimento**. – Brasília, DF :Conab, 2007. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/safra/AlgodaoSerieHist.xls>>. Acesso em: 26 nov. 2007.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; FAGLIARI, J. R.; PAGLIARI, P. H.; ARANTES, J. G. Z.; CAVALIERI, S. D.; FRAMESQUI, V. P.; GONÇALVES, D. A. Efeito de subdoses de 2,4-D na produtividade do algodão e suscetibilidade da cultura em função de seu estágio de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n.esp., p. 24-29, 2007.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; MOREIRA, M. S.; BALLAMINUT, C. E.; NICOLAI, M. Manejo de plantas daninhas na cultura do algodão. In: FREIRE,

- E. C. (Ed.). **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2007. p. 523-550.
- CULLINGTON, J. E.; WALKER, A. Rapid biodegradation of diuron and other phenylurea herbicides by a soil bacterium. **Soil Biol. Biochem.**, v. 31, p. 677-686, 1999.
- CULPEPPER, A. S.; YORK, A. C.; MARTH, J. L.; CORBIN, F. T. Effect of insecticides on clomazone absorption, translocation, and metabolism in cotton. **Weed Science**, v. 49, p. 613-616, 2001.
- DAYLAN, F. E.; DUKE, S. O.; WEETE, J. D.; HANCOCK, H. G. Selectivity and mode of action of carfentrazone-ethyl, a novel phenyl triazolinone herbicide. **Pesticide Science**, v. 51, n. 1, p. 65-73, 1997.
- FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Mecanismos de ação de herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Algodão, uma fibra natural**: Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 1 CD-ROM.
- FERRI, M. V. W.; VIDAL, R. A. Controle de plantas daninhas com herbicidas cloroacetamidas em sistemas de plantio convencional e de semeadura direta. **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 131-136, 2003.
- FREITAS, R. S.; TOMAZ, M. A.; FERREIRA, L. R.; BERGER, P. G.; PEREIRA, C. J.; CECON, P. R. Crescimento do algodoeiro submetido ao herbicida trifloxysulfuron-sodium. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 123-129, 2006.
- FREITAS, R. S.; BERGER, P. G.; FERREIRA, L. R.; CARDOSO, A. A.; FREITAS, T. A. S.; SILVA, A. A. Interferência de plantas daninhas na cultura do algodão. **Revista Ceres**, v. 50, n. 289, p. 367-381, 2003.
- GONÇALVES, A. H.; SILVA, J. B.; LUNKES, J. A. Controle da tiririca (*Cyperus rotundus*) e efeito residual sobre a cultura do feijão do herbicida imazapyr. **Planta Daninha**, v. 19, n. 3, p. 435-443, 2001.
- HRAC. Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas. **Mecanismo de ação dos herbicidas**. Disponível em: <<http://www.hrac-br.com.br/textos.htm>>. Acesso em: 05 out. 2007.
- LACA-BUENDIA, J. P. Controle das plantas daninhas na cultura algodoeira. **Informe Agropecuário**, v. 8, n. 92, p. 37-47, 1990.
- PEÑAHERRERA-COLINA, L. A.; SOUZA, I. F.; GUILHERME, L. R. G.; BUENO FILHO, J. S. S. Persistência biológica de ametryn, diuron e oxyfluorfen no solo. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 980-987, set./out., 2005.
- RICHARDSON, R. J.; WILSON, H. P.; ARMEL, G. R.; HINES, T. E. Trifloxysulfuron plus pyriithiobac mixtures for broadleaf weed control in cotton (*Gossypium hirsutum*). **Weed Technology**, v. 20, p. 130-136, 2006.
- SILVA, A. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; COSTA, E. R.; FERREIRA, L. R. Efeito residual no solo dos herbicidas imazamox e imazethapyr para as culturas de milho e sorgo. **Planta Daninha**, v. 17, n. 3, p. 345-354, 1999.
- THOMAS, W. E.; BRITTON, T. T.; CLEWIS, S. B.; ASKEW, S. D.; WILCUT, J. W. Glyphosate-resistant cotton (*Gossypium hirsutum*) response and weed management with trifloxysulfuron, glyphosate, prometryn, and MSMA. **Weed Technology**, v. 20, n.1, p. 6-13, 2006.
- VARGAS, L. **Sintomas e diagnose de toxicidade herbicida na cultura da maçã**. Vacaria: Embrapa Uva e Vinho, 2003. 9 p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica 44).
- VELINE, E. D.; FREDERICO, L. A.; MORELLI, J. L.; MARUBAYASHI, O. M. Avaliação dos efeitos do herbicida clomazone, aplicado em pós-emergência inicial, sobre o crescimento e produtividade de soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* cv. SP 71-1406). **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 10, p. 13-16, 1992.
- YORK, A. C.; JORDAN, D. L.; FRANS, R. E. Insecticides modify cotton (*Gossypium hirsutum*) response to clomazone. **Weed Technol**, v. 5, p. 729-735, 1991.

WELLER, S. C. Principles of selective weed control with herbicides. In: HESS, F. D. **Herbicide action: an intensive course on the activity, selectivity,**

behavior, and fate of herbicides in plants and soils. West Lafayette: Purdue University, 2000. p. 112-134.

**Circular
Técnica, 109**

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Algodão
Rua Osvaldo Cruz, 1143 Centenário, CP 174
58107-720 Campina Grande, PB
Fone: (83) 3315 4300 Fax: (83) 3315 4367
e-mail: sac@cnpa.embrapa.br

1ª Edição
Tiragem: 500

**Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento**



**Comitê de
Publicações**

Presidente: Nair Helena Castro Arriel
Secretária Executiva: Nivia Marta Soares Gomes
Membros: Demóstenes Marcos Pedroza de Azevedo
Everaldo Paulo de Medeiros
Fábio Aquino de Albuquerque
Francisco das Chagas Vidal Neto
João Luiz da Silva Filho
José Wellington dos Santos
Luiz Paulo de Carvalho
Nelson Dias Suassuna

Expedientes: Supervisor Editorial: Nivia Marta Soares Gomes
Revisão de Texto: Nisia Luciano Leão
Tratamento das ilustrações: Oriel Santana Barbosa
Editoração Eletrônica: Oriel Santana Barbosa