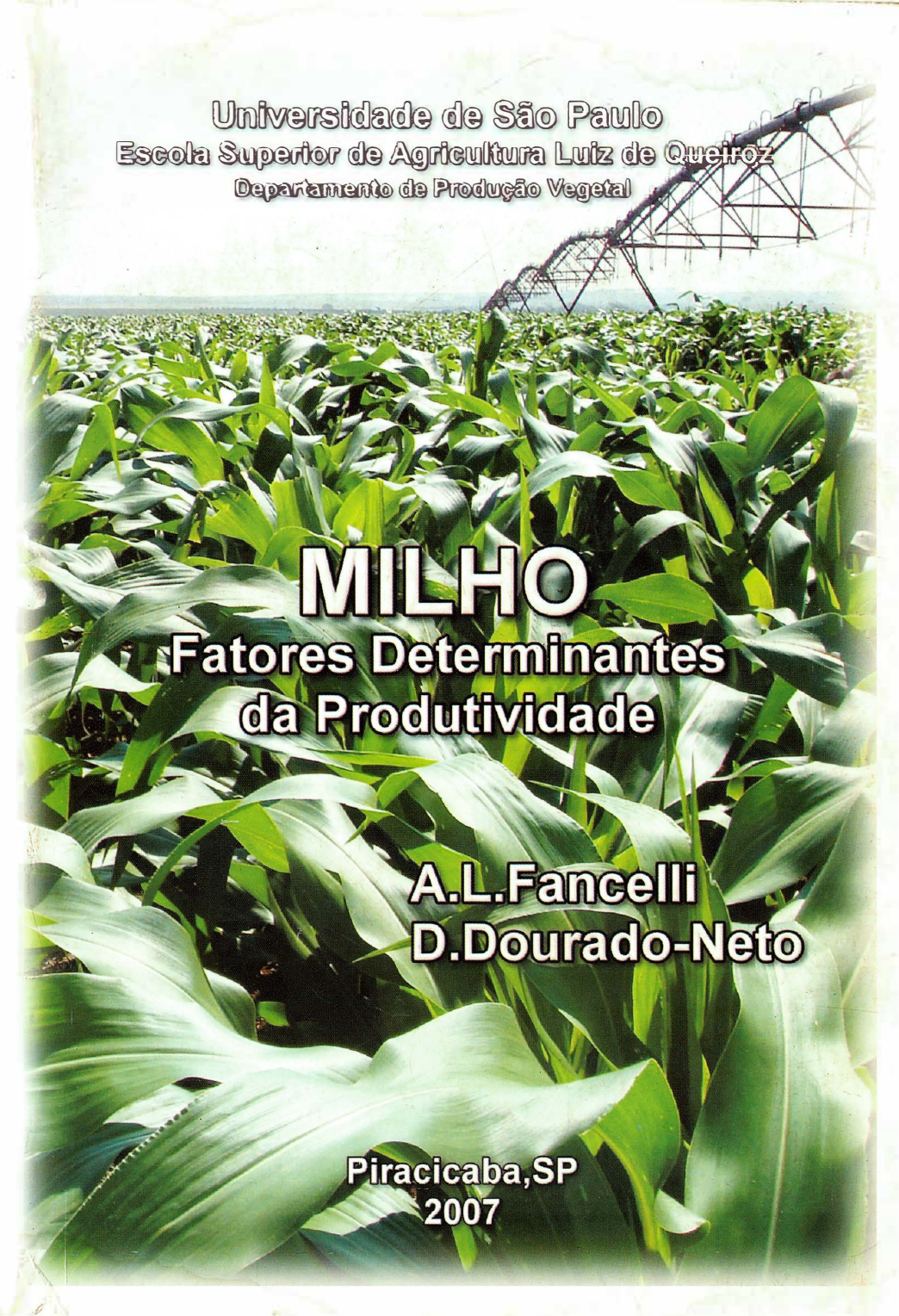




Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
Departamento de Produção Vegetal

MILHO

Fatores Determinantes da Produtividade

A.L.Fancelli
D.Dourado-Neto

Piracicaba, SP
2007

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Departamento de Produção Vegetal

MILHO
Fatores Determinantes da
Produtividade

DOI: 10.11606/9788586481901

A. L. Fancelli
D. Dourado-Neto

Piracicaba – SP
2007

Catálogo na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Fancelli, Antonio Luiz

Milho: fatores determinantes da produtividade [recurso eletrônico] / Antonio Luiz Fancelli e Durval Dourado Neto. - - Piracicaba : ESALQ/Departamento de Produção Vegetal, 2007.

219 p. : il.

ISBN: 978-85-86481-90-1

DOI: 10.11606/9788586481901

1. Milho - Produtividade I. Dourado Neto, D. II. Título

CDD 633.15

Elaborada por Maria Angela de Toledo Leme - CRB-8/3359

Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e a autoria e respeitando a Licença Creative Commons



Sumário

Capítulo		página
1	Manejo de plantas daninhas e novos herbicidas para a cultura do milho Marcelo Nicolai; Saul Jorge Pinto De Carvalho & Pedro Jacob Christoffoleti.....	1
2	Alternativas para o controle da lagarta-do-cartucho, <i>Spodoptera frugiperda</i> e principais cuidados no uso de milhos transgênicos resistentes a insetos Ivan Cruz.....	79
3	Doenças do milho: o desafio da produtividade com qualidade Olavo Corrêa da Silva & Carlos André Schipanski.....	106
4	Manejo fisiológico em milho: chave para altas produtividades Paulo Roberto de Camargo e Castro; Elvis Lima Vieira; Marcelo Nascimento Baldo & Stella Consorte Cato.....	117
5	Perspectivas de mercado e da comercialização de milho Vlamir Brandalizzi.....	128
6	Enfoque fisiológico da nutrição e adubação do milho Antonio Luiz Fancelli & Durval Dourado Neto..	137
7	Fungicidas e indutores de resistência no controle de doenças Silvânia Helena Furlan & Gisele Maria Fantin.	184
8	População e distribuição espacial de plantas de milho Pedro Abel Vieira Júnior; Antonio Luiz Fancelli & Durval Dourado Neto.....	200

Manejo de plantas daninhas e novos herbicidas para a cultura do milho

Marcelo Nicolai

Engenheiro Agrônomo. Pós-graduando (Dr.) do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia. Esalq, Universidade de São Paulo

Saul Jorge Pinto De Carvalho

Engenheiro Agrônomo. Mestre em Fitotecnia. Esalq, Universidade de São Paulo

Pedro Jacob Christoffoleti

Professor Associado. Departamento de Produção Vegetal. Esalq, Universidade de São Paulo

Introdução

Em decorrência de previsões, algumas mais otimistas, outras mais alarmantes, sobre as conseqüências do fato de que a população humana mundial poderá chegar ao ano de 2050 com o dobro do numero de pessoas registrado atualmente, de modo que serão cerca de 12 bilhões de pessoas ocupando o planeta e consumindo alimentos. Sabe-se que não existem grandes perspectivas para a expansão das áreas cultivadas, de modo que a manutenção e, principalmente, os aumentos da produtividade a ser obtida nas áreas já existentes serão peças chave para o permanente desenvolvimento mundial sem que ocorra desabastecimento. Neste sentido, a produção de alimentos, energia e fibras, deverá ser fundamentada em sistemas agrícolas que aliem pequeno impacto sobre o ambiente, com princípios de sustentabilidade e com níveis adequados de produtividade.

A cultura de milho corresponde a uma das principais culturas exploradas no Brasil e sua importância na cenário estratégico mundial, por ser a base da alimentação animal e humana, a coloca como um dos principais segmentos a serem desenvolvimentos a fim de se alcançar a sustentabilidade almejada para as condições futuras. Neste contexto são inseridas as necessidades de novas tecnologias como culturas geneticamente modificadas para a tolerância a herbicidas,

principalmente ao *glyphosate* e o desenvolvimento de novas moléculas herbicidas.

O manejo de plantas daninhas deve ser alicerçado nas estratégias e insumos disponíveis ao produtor, por meio de orientação quanto às características da infestação e o impacto destas nas ações momentâneas. Por vezes a atualização correta de ferramentas já existentes pode anular o emprego de tecnologias inovadoras, contudo, espera-se que as informações fornecidas a seguir contribuam para a melhoria dos sistemas já existentes de manejo de plantas daninhas, bem como para a elucidação de como novas tecnologias emergentes poderão se apresentar como alternativas e ferramentas para o controle de plantas daninhas de forma sustentável e econômica, trazendo benefícios a produção de milho, ao produtor rural e, conseqüentemente, para a produção de alimentos.

A cultura do milho e as plantas daninhas

Principais características da cultura do milho

O milho é uma planta de ciclo vegetativo anual, com período de duração bastante variado, evidenciando desde cultivares extremamente precoces, cuja polinização pode ocorrer 30 dias após a emergência, até mesmo aquelas cujo ciclo vital pode alcançar 300 dias. Contudo, em condições brasileiras, a cultura do milho apresenta ciclo variável entre 110 e 180 dias, em função da caracterização dos híbridos (superprecoce, precoce e tardio) quanto ao período compreendido entre a semeadura e a colheita do grão (Fancelli & Dourado-Neto, 1996).

O desenvolvimento da planta de milho se divide em estádios vegetativos e reprodutivos. A divisão dos estádios vegetativos e reprodutivos permite o estabelecimento de relações entre elementos ligados à fisiologia da planta, ao clima, aos aspectos fitossanitários, ao desempenho da cultura e aos aspectos fitotécnicos, dentre os quais o controle químico de plantas daninhas (Ritchie et al., 2003).

De forma geral, o ciclo da cultura compreende as seguintes etapas de desenvolvimento (Fancelli & Dourado-Neto, 1996): i) germinação e emergência: período compreendido desde a

semeadura até o efetivo aparecimento da plântula; ii) crescimento vegetativo: período compreendido entre a emissão da segunda folha e o início do florescimento; iii) florescimento: período compreendido entre o início da polinização e o início da frutificação; iv) frutificação: período que se estende da fecundação até o enchimento completo dos grãos; v) maturidade: período compreendido entre o final da frutificação e o aparecimento da camada negra (maturidade fisiológica).

Por possuir mecanismo fotossintético do tipo C_4 , a cultura do milho reponde com altos rendimentos à crescente intensidade luminosa. Este mecanismo contribui para que a planta apresente alta eficiência na utilização de luz e gás carbônico, o que se reflete em alta produtividade biológica. Por outro lado, a arquitetura da planta promove o auto-sombreamento das folhas inferiores, o que pode diminuir sua eficiência (Magalhães & Paiva, 1993).

Inúmeras evidências experimentais demonstram que a temperatura se constitui no fator mais importante e decisivo para o desenvolvimento do milho, embora a água e demais componentes climáticos exerçam diretamente sua influência no processo (Duarte, 2000). Regiões cujo verão apresenta temperatura média diária inferior a 19°C e noites com temperatura média abaixo de $12,8^{\circ}\text{C}$, não são recomendadas para a cultura do milho. Temperatura do solo inferior a 10°C e superiores a 42°C prejudicam sensivelmente a germinação, ao passo que aquelas situadas entre 25 e 30°C propiciam as melhores condições para o desenvolvimento dos processos de germinação e emergência das plântulas. A temperatura noturna é importante porque é principalmente à noite que ocorre o crescimento. Noites quentes e dias quentes aceleram o ciclo da cultura, diminuindo os rendimentos de grãos (Fancelli, 1990).

A necessidade de adequado suprimento hídrico para o pleno desenvolvimento dos vegetais decorre das múltiplas funções que a água desempenha na fisiologia da planta, uma vez que participa de praticamente todos os processos metabólicos. Para o milho, as maiores exigências em umidade se concentram nas fases de emergência, florescimento e formação de grãos (Duarte, 2000). Todavia, no período compreendido

entre 15 dias antes e 15 dias após o aparecimento da inflorescência masculina, o estresse hídrico é crítico. A falta de água no florescimento pode causar a desidratação do grão de pólen, prejudicando o desenvolvimento e penetração do tubo polínico, além de alterar o sincronismo entre a inflorescência masculina e feminina (Fancelli, 1990; Magalhães & Paiva, 1993).

As necessidades nutricionais do milho, assim como de qualquer planta, são determinadas pelas quantidades totais de nutrientes absorvidos, que variam em função da produção obtida. Nas semanas iniciais de crescimento, a planta de milho quase não retira nutrientes do solo, sendo que as reservas contidas nas sementes são suficientes para atender as exigências da plântula (Stipp & Yamada, 1988). Com o decorrer do tempo, as plantas tornam-se cada vez mais dependentes dos nutrientes contidos no solo, os quais apresentam fases preferenciais de absorção, em virtude de suas funções específicas na fisiologia da planta. Assim, a absorção de N (nitrogênio) e de S (enxofre) é mais acentuada no período de crescimento vegetativo, aproximadamente 60 dias após a semeadura, semelhante ao que ocorre com o K (potássio) e com o Ca (cálcio), cujo período preferencial de absorção encontra-se entre os primeiros 20 a 50 dias de desenvolvimento da cultura. Para o P (fósforo), a absorção se dá até próximo do florescimento, enquanto que para o Mg (magnésio) a curva de absorção é quase linear até o final do ciclo da planta (Fancelli & Lima, 1982).

As recomendações para manejo do milho são comumente baseadas em escala de tempo, representadas pelo número de dias após a semeadura, emergência, florescimento, ou outros eventos relacionados à cultura. Esse procedimento pode acarretar redução da eficiência de uso de insumos e defensivos. Pode, também, ocasionar equívocos na preservação de etapas importantes na definição da produção e do rendimento da planta (Fancelli & Dourado-Neto, 1997a).

Fenologia é o estudo dos eventos periódicos da vida da planta em função da sua reação às condições ambientais. A reunião destes conhecimentos, de maneira ordenada e concisa, possibilita a determinação das relações e do grau de influência dos fatores envolvidos no processo produtivo, favorecendo o

estabelecimento de estratégias de manejo e de tomada de decisão (Fancelli & Dourado-Neto, 1997a). A divisão das etapas de desenvolvimento em estádios, além de facilitar o manejo (referência exata) e o estudo da cultura, possibilita o estabelecimento de correlações entre elementos fisiológicos, bioquímicos, climatológicos, fitogenéticos, entomológicos, fitopatológicos e fitotécnicos com o desempenho da planta e o atributo de interesse (Fancelli, 1986). Uma das escalas fenológicas mais aceitas para a cultura do milho compreende a seguinte enumeração de estádios: **0**, que se estenderia da semeadura à emergência quando a plântula exibe duas folhas totalmente expandidas, aptas a iniciar o processo fotossintético; **1**, planta com quatro folhas totalmente desdobradas o que geralmente coincide com a segunda semana após a emergência da planta; **2**, planta com oito folhas totalmente desdobradas, após 25 dias da emergência em média; **3**, planta com doze folhas totalmente desdobradas; **4**, emissão do pendão que coincide com a oitava ou nona semana após a emergência; **5**, florescimento e polinização, que aconteceram em torno de 65 dias após a emergência; **6**, grãos leitosos, estágio que ocorre de 12 a 15 dias após o início da polinização; **7**, grãos pastosos, em geral, de 20 a 25 dias após a emissão dos estilo-estigmas; **8**, início da formação de grãos com formato de "dentes". Ocorre geralmente, 36 dias após o início da polinização e é caracterizado pelo aparecimento da concavidade na parte superior do grão; **9**, grãos duros, aproximadamente 50 dias após a emissão dos estilo-estigmas e **10** estágio caracterizado pela maturação fisiológica dos grãos.

O uso de uma escala baseada nas mudanças morfológicas da planta e nos eventos fisiológicos que se sucedem no ciclo de vida do milho oferece maior segurança e precisão nas ações de manejo. Sabe-se que o milho define o seu potencial de produção depois da expansão da quarta folha (Estádio 1), onde se inicia o processo de diferenciação floral. Assim, a partir da emissão da quinta folha, a presença de plantas daninhas na lavoura de milho, poderá ocasionar perdas significativas na produção. Os níveis de redução do rendimento da cultura serão função de seu estágio de desenvolvimento e das espécies presentes na área,

além do tipo de manejo escolhido e dosagem do herbicida aplicado. O controle de plantas daninhas após a oitava folha pode não ser necessário e eventualmente é feito para evitar a adição de sementes das plantas daninhas ao banco de sementes.

O milho em relação as plantas daninhas

A cultura do milho é considerada como uma cultura com boa capacidade competitiva, além de ser enquadrada entre o grupo de plantas que mais sombreiam o solo e ser eficiente na absorção e acúmulo de nutrientes em seus tecidos, o que poderia denotar certa facilidade na disputa com as plantas daninhas por fatores essenciais ao crescimento (Furtado, 2004). Entretanto, as plantas de milho sofrem com a intensa interferência das infestantes, que causam sérios prejuízos ao desenvolvimento, produtividade e operacionalização da colheita (Karam & Melhorança, 2005).

Segundo Fancelli & Lima (1982), os efeitos prejudiciais ocasionados pela presença de plantas daninhas na cultura do milho são inúmeros, dentre os quais pode-se citar: a) redução no crescimento e produção das culturas por competição pela água, nutrientes, luz e dióxido de carbono; b) necessidade de uso de medidas de controle, as quais podem promover injúrias à cultura e conseqüentemente reduzir sua produção; c) interferência acentuada nas práticas de colheita; d) diminuição da qualidade do produto colhido, além de outros. A capacidade competitiva das plantas daninhas encontra-se diretamente relacionada à espécie considerada, e pelo fato de terem sido criteriosamente selecionadas pela natureza para a sobrevivência em condições de intensa competição e escassez de recursos, apresentam-se muito aptas na obtenção dos fatores vitais, quando comparadas às espécies cultivadas.

Além disso, Duarte (2000) considera que o mais importante fator de alteração do grau de interferência imposto pelas plantas daninhas sobre as plantas cultivadas é o período em que estas disputam os recursos do meio. Particularmente na cultura do milho, em algumas glebas, espécies como corda de viola (*Ipomoea* spp.), capim carrapicho ou timbete (*Cenchrus*

echinatus) e, eventualmente, apaga fogo (*Alternanthera tenella*), têm causado sérios problemas por dificultarem e/ou reduzirem o rendimento da colheita mecanizada (Silva, 1997a).

Principais plantas daninhas na cultura do milho

O conhecimento das características biológicas das plantas daninhas favorece a escolha da forma e momento da intervenção química a ser utilizada. As infestantes apresentam padrões de emergência e germinação complexos e, por vezes, bastante diferentes entre as espécies de modo que as medidas de manejo precisam ser adequadas a estas características. Inúmeras são as plantas daninhas que ocorrem em lavouras de milho no Brasil, as quais poderiam ser divididas em dois grandes grupos: plantas daninhas de folhas estreitas e plantas daninhas de folhas largas.

Dentre as principais espécies de plantas daninhas classificadas como de folhas estreitas, destacam-se a tiririca (*Cyperus rotundus*), o capim-marmelada ou papuã (*Brachiaria plantaginea*) o capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*), a grama-seda (*Cynodon dactylon*), o capim-arroz (*Echinochloa* spp.), o capim-colchão (*Digitaria horizontalis* e *D. ciliaris*), o capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), o capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*), o capim-favorito (*Rhynchelitrum roseum*), o capim-colonião (*Panicum maximum*) e o capim-massambará ou argentino (*Sorghum halepense*) (Fancelli & Lima, 1982; Victoria Filho, 1990; Rizzardi et al., 2004a, Nicolai, 2005).

As plantas daninhas de folhas estreitas, principalmente da família poaceae (gramínea), apresentam exigências de elevada intensidade luminosa e alternância de temperatura no solo para que possam expressar todo o potencial germinativo. Estas exigências condicionam a maior germinação destas espécies nos meses mais quentes do ano, desde que haja umidade suficiente no ambiente (Christoffoleti et al., 2005a). Assim sendo, as espécies de folhas estreitas são mais problemáticas entre os meses de primavera e verão, aproximadamente entre setembro até meados de abril-maio, o que corresponde ao período de milho-safra.

Outra característica que torna esta família importante nas áreas agrícolas é a significativa presença de espécies com ciclo

fotossintético do tipo C_4 (*Brachiaria plantaginea*, *Digitaria ciliaris*, *Panicum maximum*). Este mecanismo de síntese de carboidratos está diretamente relacionado com o maior aproveitamento da energia disponível na atmosfera o que condiciona um rápido crescimento e desenvolvimento das plantas. Este mecanismo fisiológico auxilia na explicação do por que destas plantas daninhas apresentarem expressiva competitividade com as culturas (Christoffoleti et al., 2005a).

Como principais representantes do segundo grupo (folhas largas), destacam-se o balãozinho (*Cardiospermum halicacabum*), a beldroega (*Portulaca oleracea*), os carurus (*Amaranthus* spp), o carrapicho-de-carneiro (*Acanthospermum hispidum*), a guanxuma (*Sida* spp), o amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*), o picão-branco (*Galinsoga parviflora*), o picão-preto (*B. pilosa* e *B. subalternans*), as cordas-de-viola (*Ipomoea* spp), a falsa-serralha (*E. sonchifolia*), a poaia-branca (*Richardia brasiliensis*), a erva-de-santa-Luzia (*Chamaesyce hirta*), a guanxuma (*Sida spinosa*) e o quebra-pedra (*Phyllanthus corcovadensis*) (Fancelli & Lima, 1982; Victoria Filho, 1990; Rizzardi et al., 2004a; Nicolai, 2005).

Em geral, as plantas daninhas dicotiledôneas que infestam culturas de verão não têm um potencial competitivo tão elevado (exceto para o gênero *Ipomoea*), sendo que a problemática destas espécies deve-se à existência de altíssimas infestações. As infestantes com folhas largas não apresentam exigências tão expressivas à germinação quando comparadas com as gramíneas (Christoffoleti et al., 2005a). Comumente, as plantas dicotiledôneas têm sementes maiores, com grande quantidade de reservas e menor sensibilidade à luz e à temperatura, o que possibilita que elas germinem em condições menos específicas como, por exemplo, a cultura do milho safrinha.

Interferência das plantas daninhas na cultura de milho

Dentre os fatores bióticos de redução de rendimento das culturas encontram-se as plantas daninhas, as quais podem afetar a produção econômica, em função, principalmente, da interferência oriunda da presença destas. **Interferência** é uma terminologia mais abrangente, que engloba os diferentes efeitos

negativos das plantas daninhas sobre as culturas agrícolas, sejam estes diretos ou indiretos. **Competição** é uma terminologia mais restrita e caracteriza-se como uma das formas da interferência direta das plantas daninhas sobre os interesses humanos.

Segundo Pitelli (1985), a interferência das plantas daninhas sobre as culturas pode aparecer em diferentes magnitudes, cuja variação é função de características próprias da comunidade infestante, da cultura agrícola, da época e extensão dos períodos de convivência, de características edafoclimáticas do meio e das técnicas de manejo adotadas.

Sabidamente, as perdas de produção são consequência do conjunto de interferências negativas oriundas da competição das plantas daninhas por água, nutrientes, luz e possíveis efeitos alelopáticos, bem como serem hospedeiras de pragas, agentes causadores de doenças e nematóides, dificultar a operação de colheita ou mesmo depreciar a qualidade final do produto (Durigan, 1988; Christoffoleti, 1988). Desta maneira, as plantas daninhas são importantes fatores que afetam a economia agrícola, em caráter permanente. Portanto, se por um lado a sua presença na cultura ocasiona prejuízos inquestionáveis devido às diversas formas de interferência, por outro o seu controle ainda acarreta, na maioria das vezes, um aumento significativo no custo de produção (Christoffoleti, 1988).

Pitelli (1985) define o grau de interferência como sendo a redução percentual da produção econômica de determinada cultura, decorrente da interferência das plantas daninhas, quando comparada com a produção da cultura mantida livre de competição durante todo o ciclo (100%). O grau de interferência das plantas daninhas pode variar de acordo com as condições climáticas e sistemas de produção. Em média, as perdas ocasionadas na cultura do milho pela interferência imposta pelas plantas daninhas têm sido descritas como sendo da ordem de 13,1%, no entanto há casos onde esta redução pode chegar a aproximadamente 85%, provavelmente em decorrência da falta de aplicação de métodos de controle.

Rossi et al. (1996), em estudo realizado em Jaboticabal, Estado de São Paulo, verificaram a presença de 25 espécies de

plantas daninhas na cultura do milho durante o período experimental, com predominância de dicotiledôneas. Neste estudo foi avaliada a interferência das plantas daninhas sobre algumas características agrônômicas da cultura do milho. Assim, pôde-se verificar que a interferência da comunidade infestante reduziu em 5% a altura de inserção da primeira espiga; de 13 a 15% o comprimento e a circunferência das espigas, respectivamente; em 23 e 28% a massa das espigas e dos grãos e em 32% a produção estimada da cultura. Ramos (1992) verificou que a interferência imposta pelas plantas daninhas afetou significativamente a produção de grãos da cultura do milho, reduzindo-a ao redor de 31% quando as parcelas desenvolvidas sem plantas daninhas foram comparadas com as parcelas que permaneceram sob competição.

Competição das plantas daninhas com a cultura de milho

As diferentes espécies de plantas cultivadas variam bastante em suas capacidades de suportar a competição imposta pelas plantas daninhas. O milho, em virtude de suas características fisiológicas e hábito de crescimento, apresenta relativa potencialidade competitiva com as plantas daninhas, desde que plenamente estabelecido. Por esse motivo, passada a fase crítica, a cultura assume rápido desenvolvimento, sombreando o terreno e criando, conseqüentemente, poucas condições favoráveis ao desenvolvimento das plantas daninhas. Todavia, algumas espécies daninhas, tais como as cordas-de-violão (*Ipomoea* spp.) cujo hábito de crescimento pode ser comparável, e às vezes superior ao milho, devem merecer especial atenção, pois podem impedir-lhe de receber uma iluminação adequada, afetando seu máximo desenvolvimento (Fancelli & Lima, 1982).

Segundo Velini (1997), quanto mais similares forem as duas plantas competidoras quanto às quantidades necessárias dos vários fatores de crescimento, quanto ao posicionamento de raízes e folhas e, finalmente, quanto aos períodos em que serão máximas as demandas por tais fatores, mais intensos serão os efeitos do processo competitivo sobre o crescimento das mesmas. Então, em locais de uma maior infestação de

gramíneas, a tendência é que ocorra uma maior competição com a cultura do milho. Isto pode ser percebido em alguns trabalhos em que a composição específica da comunidade infestante é um dos fatores que determinam o grau de competição com a cultura, pois cada espécie pode estabelecer um nível de pressão na luta pela sobrevivência (Souza, 1994).

Os fatores que determinam a maior competitividade entre as espécies são: o porte e a arquitetura da planta; a maior velocidade do crescimento e maior extensão do sistema radicular; a menor suscetibilidade da espécie às intempéries climáticas (como geadas e veranicos); o maior índice de área foliar e, a maior capacidade de produção e liberação de substâncias químicas com propriedades alelopáticas (Silva et al., 2004). Ainda, uma planta é considerada competidora eficaz quando utiliza rapidamente um determinado recurso ou quando é capaz de continuar seu desenvolvimento mesmo com níveis escassos desses recursos no ambiente (Radosevich et al., 1997). O milho é considerado um exímio competidor quando combinado com plantas de menor porte, como é o caso das braquiárias.

Swanton & Weise (1991), citam que as plantas daninhas competem com as culturas agrícolas principalmente por água, luz e nutrientes, além de dióxido de carbono e espaço físico. Sendo que Fleck et al. (2004), comentam que os efeitos negativos da competição sobre o rendimento das culturas geralmente decrescem com o intervalo de tempo entre a emergência da cultura e das espécies concorrentes.

Competição por espaço

Segundo Duarte (2000) a competição por espaço é de difícil quantificação e mesmo compreensão. Contudo, deve-se admitir que a mesma ocorra sempre que uma planta for forçada a assumir uma arquitetura que não lhe é característica, mudando o posicionamento dos seus órgãos, porque os espaços que elas deveriam ocupar já se encontram ocupados por outras plantas. É importante ressaltar que qualquer mudança na arquitetura da planta do milho representa sérios prejuízos na produção (Karam & Melhorança, 2005).

Em trabalho de competição de milho com *Amaranthus retroflexus*, segundo McLachlan et al. (1993), foram observadas mudanças na arquitetura das plantas. O *A. retroflexus*, no tratamento livre de milho, apresentou uma forma piramidal, exibindo uma morfologia lateralmente distribuída, representativa de ramificações profusa. Em contraste, em parcelas em competição com o milho, ocorreu decréscimo da densidade da radiação fotossintética ativa (PPFD), devido à competição por luz e, conseqüentemente, por espaço. Neste caso, as plantas de *A. retroflexus* tornaram-se cada vez mais retangulares na morfologia, indicado pelo decréscimo no número de ramos laterais.

Competição por luz

A radiação luminosa é um recurso vital para a fotossíntese e para o desenvolvimento das plantas, exercendo um papel importante na habilidade competitiva entre espécies. A competição pela luz é complexa e sua magnitude é influenciada pela espécie e rota fotossintética das plantas envolvidas.

Segundo Rajcan & Swanton (2001), a quantidade e a qualidade são os componentes da radiação que afetam o resultado da competição entre plantas. A intensidade da radiação interceptada pela planta - componente quantitativo - determina a fotossíntese no dossel, enquanto a qualidade da radiação é a variável que regula a morfologia da planta.

Plantas que crescem sob ou dentro do dossel de outras culturas são expostas à reduzida quantidade de RFA (radiação fotossinteticamente ativa) e também recebem radiação de qualidade diferente daquela recebida pelas que crescem em pleno sol. A radiação no interior do dossel, especialmente nas camadas mais baixas, é enriquecida pela radiação vermelho-distante (700-740 nm), que, segundo Holt (1995), é a radiação resultante da absorção seletiva da radiação encontrada no espectro vermelho (660-670 nm) dos pigmentos fotossintéticos e da reflexão e transmissão da radiação vermelho-distante pelas folhas verdes. Dessa maneira, a relação vermelho-distante - vermelho (VD/V) da radiação nas camadas inferiores do dossel é superior àquela encontrada sobre o dossel das culturas.

A maior relação VD/V nas plantas, é um indicativo de competição, pois induz a maior alocação de fotoassimilados para o desenvolvimento das folhas e dos ramos em detrimento do sistema radicular (Salisbury & Ross, 1991). De acordo com Wallace et al. (1991), uma importante característica da cultura do milho refere-se a maior parte da RFA ser capturada na camada superior do dossel, pelas folhas mais jovens e eficientes, e menos de 10% da RFA incidente chega a atingir as camadas inferiores do dossel, abaixo de 1 m. Assim, a competição direta pela RFA incidente é desfavorável às plantas dominadas no dossel do milho. Além disso, o milho possui habilidade competitiva devido aos diferentes materiais genéticos disponíveis quanto à altura, IAF, ângulo foliar e taxas de crescimento (Begna, 2001).

O índice de área foliar (IAF) representa a quantidade de área foliar por unidade de área de solo, sendo a característica mais utilizada na descrição das relações entre a radiação e o dossel das culturas. O IAF também define a habilidade do dossel de determinada cultura em interceptar a RFA incidente, sendo um importante fator na determinação do acúmulo de biomassa pelas plantas. O IAF das espécies cultivadas também pode ser reduzido pela alta pressão de competição exercida pelas plantas daninhas, notadamente gramíneas C_4 , afetando diretamente a produção e comprometendo a integridade deste sistema.

Além do IAF, a competição pela luz por cada espécie pode ser determinada pela altura de planta, distribuição de área foliar vertical e ângulo de inserção da folha (Duarte, 2000). Em condições de campo, Caveró et al. (1999), estudando a competição da *Datura stramonium* com a cultura do milho, observaram que ocorreu um ligeiro decréscimo no índice de área foliar (IAF) da cultura, e o nível de senescência de folha de milho foi acelerado. A habilidade competitiva da planta daninha por luz manteve relação com o seu hábito de crescimento indeterminado; com as folhas concentradas na parte superior, ou seja, na copa das plantas (mais de 75% de IAF nos 25% da parte superior de sua altura); e seu mais alto coeficiente de extinção de luz. Apesar deste efeito sobre a cultura do milho, este se apresentou como um forte competidor contra a planta daninha.

Os aumentos mais rápidos de altura e área foliar do milho foram as razões principais para sua competitividade contra a planta daninha. Dessa forma, a radiação fotossintética ativa recebida pelas plantas de *Datura stramonium* foi drasticamente reduzida, quando as espécies competiram.

Competição por água

A competição por água é o fator mais limitante da distribuição e produtividade de espécies vegetais pelo mundo (McWilliam, 1986). As plantas desenvolveram várias respostas ou mecanismos fisiológicos e morfológicos para suportar períodos de estresse hídrico, desenvolvendo adaptações tanto na parte aérea quanto no sistema radicular (Jefferies, 1993). A susceptibilidade à competição por água depende muito da espécie considerada, pois esta varia na eficiência do uso da água. Entende-se por uso eficiente da água (UEA) a relação existente entre a biomassa seca produzida em relação à unidade de massa de água absorvida. O milho, por apresentar rota fotossintética C₄, tem melhor UEA que as espécies com rota fotossintética C₃, porém não apresenta vantagem sobre aquelas que possuem rota fotossintética semelhante, como a braquiária (*Brachiaria decumbens*) e o colônio (*Panicum maximum*).

Verifica-se que a competição normalmente reduz a quantidade de água disponível no solo para absorção das raízes e, portanto, afeta o teor de água na planta, tão importante para as cruciais reações metabólicas. O teor de água no solo é fundamental para o milho, principalmente na fase de florescimento, quando a falta de água gera um processo irreversível na redução da produção (Sales, 1991).

O efeito do estresse hídrico em milho é função do estágio de desenvolvimento da cultura, da duração e severidade do estresse e da eficiência no uso da água pelas plantas (Lorens et al., 1987). De maneira geral, a competição por água induz a planta a competir ao mesmo tempo por luz e nutrientes, principalmente nitrogênio.

As espécies tolerantes à seca, como a *Brachiaria brizantha*, por exemplo, apresentam uma tolerância plasmática em baixo potencial de água e, freqüentemente, em baixo

potencial osmótico. Desta forma, segundo estudos realizados por Silva (1997b), maiores teores de água no solo propiciam maior índice de consumo de água que, por sua vez, está diretamente relacionado com o maior acúmulo de biomassa seca pela *B. brizantha*.

Competição por nutrientes

A competição por nutrientes é um dos importantes fatores da mato-competição. Segundo Velini (1997), na ausência de controle, as plantas daninhas podem retirar quantidades de nitrogênio e potássio superiores às doses em que estes nutrientes são aplicados na maioria das culturas, e a competição por tais fatores de crescimento apresenta efeitos tanto drásticos quanto óbvios, sobre a produtividade das plantas cultivadas. Numa população de plantas daninhas em competição com uma cultura, ocorrem diferentes espécies, sendo algumas de ciclo curto, atingindo picos de extração de nutrientes antes das culturas. Estas utilizam doses altas para seu desenvolvimento, sendo que a cultura não terá a sua disposição a quantidade inicial mínima planejada.

O tipo e a disponibilidade do nutriente influenciam a competição por este fator, assim como a eficiência de uso pelas plantas e a quantidade de precipitação pluvial. Contudo, a adubação, em alguns casos, pode ser eficiente para minimizar a competição por nutrientes, porém, se mal empregada, pode agravar o problema. De acordo com Fleck (1992), adubações em grande quantidade, por aumentarem tanto o crescimento das espécies concorrentes quanto da cultura, intensificam a competição, beneficiando a espécie mais eficiente no uso desse recurso.

Blanco et al. (1978), em experimento de campo de mato-competição, realizaram um levantamento do estado nutricional de plantas de milho e os dados analíticos demonstraram que houve grande decréscimo na concentração de N em plantas crescendo na presença das plantas daninhas (1,17% N) em comparação com aquelas que cresceram sem a interferência das plantas daninhas (2,05% N). Também para o K, foi verificada

uma redução de 2,72 para 2,36% nas parcelas sem competição e com competição, respectivamente.

O nitrogênio, por exemplo, além de atuar sobre a sustentabilidade da comunidade de plantas, torna-se também o principal modulador da produtividade agrícola em um sistema de produção. A disponibilidade do nitrogênio no solo e sua distribuição na planta podem ser alteradas pela presença do competidor durante o crescimento e desenvolvimento do milho (Rajcan & Swanton, 2001). Desta maneira, segundo Tollenaar et al. (1994), sob alta competição ocorre a diminuição da concentração de clorofila nas folhas, reduzindo a taxa fotossintética, o acúmulo de biomassa e a produção de grãos.

Segundo Alcântara (1980), a competição das plantas daninhas por nutrientes decorre da diminuição das quantidades disponíveis no solo para o milho. Segundo este mesmo autor, as plantas da cultura, desenvolvendo-se na presença das infestantes, apresentaram teores de nitrogênio inferiores ao de plantas que se desenvolveram na ausência da comunidade infestante. As plantas daninhas, em geral, retiram grandes quantidades de nutrientes essenciais para seu crescimento e desenvolvimento, competindo com a cultura. Devido ao seu sistema radicular mais rústico e desenvolvido, as plantas daninhas consomem duas vezes mais nitrogênio e água do que as plantas cultivadas, sendo responsáveis pela perda de até 20% dos fertilizantes destinados à cultura (Ruckeim Filho, 1978).

Porém, Karam & Melhorança (2005) relatam que se deve atentar para o fato de que os efeitos detrimenais das plantas daninhas sobre as culturas não se dão única e exclusivamente por conta da competição, mas também por diversos outros fatores diretos e indiretos associados a estas espécies como alelopatia, colheita dificultada, hospedagem de insetos e vetores de doenças.

Alelopatia

Além da competição das plantas daninhas pelos fatores discutidos no item anterior, elas também exercem inibição química sobre o desenvolvimento das plantas, fenômeno esse conhecido como “alelopatia” (Duarte, 2000). O termo alelopatia

foi criado por Molisch em 1937, pela união de duas palavras gregas: *allelon* (mútuo) e *pathos* (prejuízo), e apesar de sua etimologia, tem sido interpretado de várias maneiras. Assim, a alelopatia pode ser entendida como uma ação indireta de uma planta sobre outra, sendo dependente dos compostos químicos liberados pelas raízes e folhas ao ambiente (Deuber, 1992; Corrêa, 1996). A inibição alelopática pode se manifestar das plantas daninhas sobre outras plantas daninhas, das plantas daninhas sobre as culturas ou vice-versa e da cultura sobre si mesma.

Algumas espécies possuem substâncias alelopáticas que podem prevenir a decomposição, interferir na dormência das sementes e gemas, além de afetar as relações com outras plantas. Entre os efeitos e/ou sintomas observados pode-se citar: a) redução na germinação; b) deformação e morte de plântulas; c) diminuição na absorção e eficiência de nutrientes; d) redução no crescimento e no perfilhamento de plantas; e e) diminuição da produtividade (Rice, 1984; Hale & Orcutt, 1987; Rodrigues et al., 1993).

Os compostos químicos com potencial alelopático estão presentes em quase todos os tecidos da planta, incluindo folhas, caules, raízes, rizomas, flores, frutos e sementes. As plantas podem sintetizar mais de uma substância tóxica, e esta, por sua vez, pode ter mais de uma função (Almeida, 1988).

Até o momento, não se conhece, detalhadamente, todos os produtos químicos com propriedades alelopáticas, nem tampouco a forma como são sintetizados. Dentre as substâncias de maior ocorrência estão os ácidos fenólicos, terpenóides, cumarinas, flavonóides, ácido felúrico, juglona, taninos, ácido gálico, ácido vanílico, ácido cinâmico, escopoletina e vários glicosídeos (Wittaker & Feeny, 1971; Rice, 1984; Almeida, 1988; Rodrigues et al., 1992). Quanto ao modo de ação, os aleloquímicos podem atuar nas atividades vitais das plantas, ou seja, em processos relacionados ao crescimento, ao metabolismo respiratório, à fotossíntese e à absorção de nutrientes (Corrêa, 1996).

O efeito inibitório das palhas de plantas daninhas na germinação e crescimento de outras plantas daninhas é

freqüentemente observado. Porém, segundo Duarte (2000), é difícil distinguir, identificar e separar os efeitos de competição e alelopatia devido à complexidade biológica do processo, e ao mesmo tempo, estes mecanismos atuam concomitantemente na natureza. Em trabalho com extrato provindo de três tipos de substrato, raiz, folha e raiz mais folha de *Brachiaria decumbens*, nas concentrações de 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; e 1,6% aplicados sobre sementes de milho e colocadas em seguida para germinar, observou-se que o tamanho do caulículo e da radícula do milho foi decrescente com o aumento da concentração do substrato, sendo que em de raiz o efeito mostrou-se mais evidente (Ramos & Valente, 1997). Pavezi (1988) comenta sobre a ação inibitório de mucuna preta e sobre a tiririca.

Corrêa (1996), observando o efeito dos aleloquímicos presentes no extrato de folhas de *Eupatorium maximiliani* Schrad. sobre a germinação das sementes das culturas de milho, feijão e arroz, e nas plantas daninha caruru e picão preto, observou que a germinação das plantas daninhas foi completamente inibida, enquanto a germinação de milho, feijão e arroz não sofreram efeitos significativos. Segundo Karam & Melhorança (2005), diversas plantas daninhas possuem capacidade alelopática que reduzem o desenvolvimento do milho, como por exemplo, o capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*), o capim-colchão (*Digitaria horizontalis*) e o capim-rabo-de-raposa (*Setaria faberi*).

As plantas daninhas como hospedeiras de pragas e doenças

As plantas daninhas são importantes hospedeiras de insetos-praga, hospedeiras intermediárias de doenças transmitidas por insetos-praga e também hospedeiras intermediárias de doenças transmitidas por insetos vetores. A variação da população de alguns insetos-praga é mais freqüente em culturas agrícolas com alguma incidência da vegetação natural do que em sua ausência (Duarte, 2000).

Frizzas (1998), em levantamento de insetos em plantas daninhas na entressafra das culturas da soja e do milho, no município de Jaboticabal, verificou que durante a entressafra do milho, as pragas predominantes nas plantas daninhas foram:

Diabrotica speciosa, *Lagria villosa*, *Paranapiacaba significata*, *Bucephalagonia xanthophis* e *Diedrocephala continua*.

Também, foram encontrados nematóides em raízes de plantas daninhas como apaga fogo (*Alternanthera tenella*), capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), anileira (*Indigofera hirsuta*) e mentrasto (*Ageratum conyzoides*), o que pode representar um possível potencial de risco para o milho e para outras culturas sucedâneas (Silva et al. 1998a).

Períodos de interferência

Sabe-se que a interferência das plantas daninhas sobre as culturas é função de características próprias da comunidade infestante, da cultura agrícola, da época e extensão dos períodos de convivência, de características edafoclimáticas do meio e das técnicas de manejo adotadas (Bleasdale, 1960). Em restritas situações o homem pode agir sobre as características intrínsecas da comunidade infestante. O que pode ser feito, com maior facilidade, são estudos que definam o potencial competitivo e a agressividade, densidade, época e período de germinação e, desta forma, gerar ferramentas com as quais seja possível prever a evolução da cultura e das plantas daninhas dentro do ano agrícola, visando facilitar a escolha do melhor momento e forma de controle a ser adotada.

Na cultura de milho, o homem também não influencia nas características edafo-climáticas do ambiente produtivo. Neste caso, o que pode ser feito é selecionar as características particulares de cada cultura em adequação ao meio. A correta escolha da época e local de semeadura, a seleção criteriosa do híbrido, cultivar ou variedade a ser semeada e a manutenção das condições ideais de desenvolvimento da cultura durante todo o seu ciclo (adubação, espaçamento e densidade populacional intra-específica), são passos que, entre outras funções, também reduzem a interferência das plantas daninhas. Ainda, provavelmente a forma mais comum de se minimizar a interferência das plantas daninhas sobre as culturas agrícolas seja a utilização dos diferentes métodos de controle na supressão destas plantas nos períodos em que a interferência é

mais significativa, denominados períodos de interferência, onde os métodos de controle devem ser mais bem administrados.

Existem três períodos de interferência, obtidos experimentalmente, com denominações tradicionais. O primeiro destes é chamado de **PAI** – período anterior à interferência; outro período extremo é chamado de **PTPI** – período total de prevenção da interferência; o intervalo existente entre o PAI e o PTPI recebe a denominação de **PCPI** – período crítico de prevenção da interferência, onde, efetivamente, a cultura deve ser conduzida sem a presença das plantas daninhas para que o rendimento seja assegurado (Pitelli & Durigan, 1984). Desta forma, segundo Furtado (2004), pode-se notar que em dado momento o PAI e o PTPI ocorrem concomitantemente, denotando certo conservadorismo na concepção deste último, pois o controle de plantas daninhas estaria sendo realizado em época não necessária (PAI).

Na literatura encontram-se diversos trabalhos cujos objetivos foram determinar os períodos de interferência das plantas daninhas sobre a cultura do milho (Figura 1). Contudo grande parte desses trabalhos foi realizada em escala de tempo, calculando-se PAI, PTPI ou PCPI com base em dias após a emergência da cultura (Beckett et al., 1988; Sales, 1991; Hall et al., 1992).

Resultados obtidos por Sales (1991) mostraram que a presença de plantas daninhas durante todo o ciclo do milho reduziu a altura das plantas, rendimento de grãos e massa de 100 sementes de milho. A população inicial e final de plantas, diâmetro de colmo, inserção de espiga e teor de macronutrientes nas folhas não foram significativamente alterados. Quando a cultura permaneceu sem interferência das plantas daninhas até aos 20 dias após a emergência, não se verificou perdas significativas na produtividade de grãos. As espécies predominantes no experimento foram: *Bidens pilosa* (picão-preto), com 28,4%; *Indigofera hirsuta* (anileira) com 21,4% e *Digitaria horizontalis* (capim-colchão) com 45,6%.

Dentro deste mesmo enfoque, Ramos & Pitelli (1993) conduziram dois experimentos. No primeiro, a cultura do milho conviveu com as plantas daninhas desde a germinação até 0, 14,

28, 42, 56, 70, 84 e 98 dias do ciclo. Depois de cada período com plantas daninhas, a cultura foi mantida sem competição até a colheita. No segundo experimento a cultura foi mantida livre de plantas daninhas desde a emergência por períodos idênticos ao do primeiro experimento. Depois de cada período, todas as plantas daninhas que germinaram foram deixadas crescer livremente. Os autores concluíram que a massa seca da parte aérea das plantas de milho e a produtividade de grãos foram afetadas apenas no segundo experimento, sendo a porcentagem de plantas com espiga o componente de produção mais afetado. Também concluíram que a cultura pôde conviver com as plantas daninhas até aos 14 dias após a emergência, sem perda de produtividade, e as plantas daninhas que emergiram após os 42 dias da emergência do milho, também não afetaram os rendimentos.

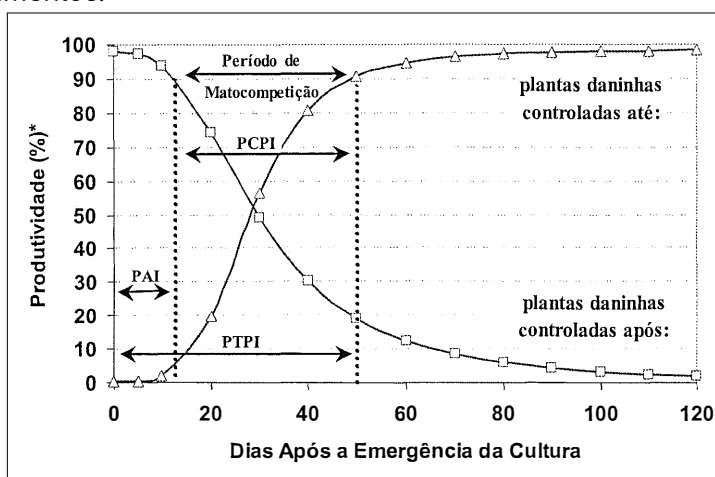


Figura 1. Definição dos períodos: Anterior à Interferência (PAI), Total de Prevenção à Interferência (PTPI) e Crítico de Prevenção à Interferência (período de mato-competição - PCPI) das plantas daninhas que ocorrem durante o ciclo da cultura do milho. Dados experimentais médios obtidos na literatura considerando-se a produtividade percentual da cultura. * Percentual de produção da cultura do milho em relação à cultura mantida sem interferência das plantas daninhas durante todo o ciclo (da semeadura à colheita).

No entanto, acredita-se que a duração do ciclo do milho em dias está excessivamente sujeita às variações ambientais como umidade relativa, temperatura do ar e do solo, chuva, radiação solar e fotoperíodo, mostrando-se inconsistente quanto aos valores apresentados (Costa, 1994). Também, o uso de dias dificulta a comparação de resultados obtidos em diferentes localidades, anos ou épocas de semeadura (Bedmar et al., 1999). Quando o período de competição for baseado em dias após a emergência, tem-se maior variação nos resultados quando comparados com dados correlacionados com o estágio fenológico do milho. O uso de parâmetros fenológicos ou fisiológicos da cultura que permitam identificar com antecedência o início da competição pode contribuir para decisões mais técnicas no controle das plantas daninhas.

Duarte (2000) estudando os períodos de competição de plantas daninhas na cultura do milho, na cidade de Lavras (MG), evidenciou que quando a eliminação das plantas daninhas foi feita até a sexta folha, a interferência das plantas daninhas não causou danos significativos à produção do milho. Para Fancelli et al. (1998), a partir da emissão da quinta folha definitiva, a presença de plantas daninhas poderá acarretar perdas significativas de produção, sendo que, quando o início do controle de plantas daninhas ocorreu apenas a partir da emissão da quinta folha do milho, evidenciou-se a redução do comprimento médio da espiga, do número médio de grãos por fileira e do rendimento médio de grãos. Para Roman (2001), o PCPI inicia quando a cultura apresenta quatro folhas definitivas e finaliza na décima folha definitiva. Em experimento conduzido por Kozlowski (2002), o PCPI ocorreu entre os estádios fenológicos de duas a sete folhas definitivas, e a interferência das plantas daninhas reduziu em média 87% o rendimento de grãos da testemunha sem controle de plantas daninhas.

Embora o emprego da fenologia para estimar os períodos de interferência das plantas daninhas sobre a cultura do milho seja uma metodologia bastante clara e de fácil uso, acredita-se que o método que mais fielmente retrata as etapas de desenvolvimento do milho é aquele que considera as

necessidades calóricas da cultura (Kinery, 1991; McMaster & Wilhelm, 1997).

Trabalhando com esta hipótese, Bedmar et al. (1999), conduziram experimentos com o objetivo de determinar os períodos de interferência das plantas daninhas sobre a cultura do milho com base em unidades térmicas (Graus Dia - GD). Os autores observaram que, para uma perda arbitrária de 2,5%, o período crítico de prevenção à interferência manteve-se entre 128 e 416 GD, ou seja, dos 8 aos 30 dias após emergência, ou ainda, da quinta à sétima folha da cultura. López-Ovejero et al. (2005a), também conduziram experimento que correlacionou a interferência das plantas daninhas sobre a cultura do milho com o emprego de unidades térmicas. Os autores estudaram a competição das plantas daninhas com o milho safrinha e observaram que o PCPI manteve-se entre os valores de 301,55 a 484,8 GD (de 7 a 8 folhas) para uma perda máxima arbitrária de 2,5%. Para as perdas de 5 e 10%, o PAI foi maior que o PTPI, fato que sugere que o controle pode ser feito através de uma única intervenção dentro do período compreendido entre 145 e 411 GD e entre 132 e 445 GD, respectivamente.

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados médios obtidos na literatura para o PAI, PTPI e PCPI das plantas daninhas na cultura do milho.

Tabela 1. PAI, PTPI e PCPI das plantas daninhas sobre a cultura de milho. Valores médios obtidos na literatura disponível.

Cultura		Períodos de Interferência das		
		PAI	PTPI	PCPI
Milho	safrinha - dias*	15-20	40-45	15-45
	safrinha - fenologia	V2-V3	V6-V8	V2-V7
	safrinha - graus-dia	120-250	250-420	150-400
	safrinha - graus-dia	130-300	350-500	200-400

* dias contados a partir da emergência da cultura.

O conhecimento dos conceitos de períodos de interferência facilita o processo de tomada de decisão sobre o método de controle de plantas daninhas a ser adotado. Vale lembrar que tanto maior será a interferência das plantas daninhas quanto maior for o período de convivência com a cultura e, também, a interferência será mais significativa quanto mais precoce for a germinação da comunidade infestante quando comparada com a germinação das plantas cultivadas.

Segundo Duarte (2000), os resultados obtidos em outros países, e até mesmo em outras regiões de um país, não podem ser extrapolados para outros locais, pois este tipo de pesquisa tem caráter local, devido à complexidade que envolve os fatores do ambiente, das plantas daninhas e da cultura.

Em função do nível tecnológico e competitivo em que a agricultura se encontra atualmente, são bastante raros os casos onde um ciclo cultural é conduzido sem a aplicação de herbicidas. Contudo, acredita-se que a correlação entre os conhecimentos sólidos sobre biologia de plantas daninhas, integrados à aplicabilidade dos conceitos de interferência e competição e à precisa condução da cultura permite a adoção consciente dos diferentes métodos de controle, de forma segura, responsável e sobretudo com a redução dos custos e aumento na eficiência do manejo adotado.

Manejo de plantas daninhas em milho

O manejo das plantas daninhas é um dos aspectos de maior importância no contexto agrícola, considerando-se os grandes prejuízos que causam e os sérios problemas que trazem à produção. Esses danos e problemas envolvem diversos aspectos da agricultura e da vida do homem, como a redução da produtividade, da qualidade do produto agrícola, disseminação de pragas e doenças, aumento dos custos e maior dificuldade no manejo agrícola, problemas com o manejo da água, interferência com diversas atividades humanas e danos à vida e à saúde, tanto do homem quanto dos animais, além da exigência quanto ao uso de produtos químicos (herbicidas) que podem apresentar algum nível de contaminação ambiental.

Atualmente, o controle de plantas daninhas tem sido feito principalmente através de métodos manuais, mecânicos e predominantemente pelo método químico, através da aplicação de herbicidas. Porém, estas medidas utilizadas isoladamente não são suficientes para eliminar toda a interferência das plantas daninhas na cultura, exigindo medidas integradas de controle. Para a execução de um programa integrado de manejo de plantas daninhas Christoffoleti (1988) e Christoffoleti & Passini (1999) ressaltam que geralmente são necessárias quatro etapas, ou seja, diagnóstico do problema, avaliação do método, seleção e avaliação do programa de controle.

Manejo integrado de plantas daninhas (mipd)

Atualmente, tem-se buscado a implementação do manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) em contraposição a concepção simplista de controle, face às diversas vantagens observadas neste método: maior efetividade, redução de custos e de evitar a ocorrência de biótipos resistentes a herbicidas. Com isso, ao invés de apenas efetuar o controle das infestantes, o homem poderia manipular a relação infestante-cultura de forma a propiciar vantagens para que esta última se desenvolvesse (Souza, 2002).

O MIPD pode ser definido como a aplicação consciente de diferentes alternativas de manejo, as quais incluem o controle cultural, mecânico, físico, biológico e químico (Swanton & Weise, 1991). Segundo Furtado (2004), apesar do controle químico ser entendido como a última alternativa na filosofia do MIPD, ainda hoje a ciência não conseguiu viabilizar a produção de alimentos em larga escala sem que este método fosse utilizado.

Sikkema et al. (1999), cita que os conceitos que permeiam o MIPD não sugerem a eliminação do uso de herbicidas, mas que haja uma otimização em seu uso pela correta escolha de quanto aplicar e, antes disso, se sua aplicação é economicamente viável.

Controle preventivo

O manejo preventivo envolve todo o conjunto de medidas que evitam a introdução, infestação, re-infestação ou dispersão

de determinadas espécies de plantas daninhas para áreas ainda livres desta presença (Rizzardi et al., 2004b). Por vezes, o manejo preventivo é considerado apenas no âmbito de grandes áreas, contudo, trata-se de uma técnica bastante eficiente para qualquer dimensão territorial, desde um pequeno canteiro de hortaliças até grandes fazendas ou mesmo estados e nações. Neste caso, é importante ressaltar que muitas espécies infestantes de lavouras não são nativas das regiões que infestam, ou seja, são exóticas e, de alguma forma, foram transportadas até estas áreas.

Praticamente todos os organismos se movimentam de um lugar para outro ao menos uma vez durante seu ciclo de vida. Especificamente para as plantas daninhas, a dispersão de sementes ou propágulos é reconhecida como um importante fator que afeta todo o sistema agrícola e que deveria ser incluído no planejamento de manejo (Thill & Mallory-Smith, 1997; Woolcock & Cousens, 2000).

Assim sendo, a prevenção da infestação de plantas daninhas, o controle de focos isolados para evitar a dispersão, a remoção de plantas daninhas presentes nas bordas das áreas agrícolas bem como dos indivíduos sobreviventes de aplicações são etapas chave de todo o manejo que, além de serem altamente eficientes, são procedimentos de baixo custo. Em alguns casos especiais, principalmente os que envolvem espécies exóticas ou biótipos resistentes a herbicidas, até mesmo a técnica da erradicação pode ser considerada como um procedimento preventivo, uma vez que evita que novos propágulos sejam adicionados ou dispersados à área (Woolcock & Cousens, 2000).

A prevenção deve estar presente em praticamente todas as etapas de desenvolvimento das culturas, desde a aquisição das sementes até as operações de colheita e beneficiamento. Embora existam medidas legais que interferem nos procedimentos culturais, nem sempre as melhores práticas agrícolas são as adotadas. Neste caso a prevenção de infestação deve ser encarada não somente como uma obrigação imposta pela lei, mas também como uma conscientização de todos os envolvidos com o setor.

Controle cultural ou mecânico

O método cultural normalmente é utilizado pelos agricultores, mas não como uma técnica de manejo de plantas daninhas. O método cultural visa aumentar a capacidade competitiva da cultura em detrimento das plantas daninhas. Menor espaçamento entre linhas, maior densidade de plantio, época adequada de plantio, uso de variedades adaptadas às regiões, uso de cobertura morta, adubações adequadas, irrigação bem manejada, rotação de culturas, são técnicas que permitem a cultura tornar-se mais competitivas com as plantas daninhas (Rizzardi et al., 2004a). O plantio direto tem auxiliado no controle das plantas daninhas, especialmente no milho safrinha, semeado após a lavoura de verão. Nesse sistema, sem revolvimento do solo, o banco de sementes na parte superficial do solo tende a reduzir, reduzindo a germinação dos propágulos (Karam & Melhorança, 2005).

Alterações nas relações de competição por água, luz e nutrientes entre o milho e as plantas daninhas, em favor da cultura, podem ser alcançadas por meio de práticas de manejo. Por exemplo, a mudança no espaçamento entre fileiras alterará o arranjo espacial das plantas na área. Ou ainda, a seleção de genótipos que apresentem determinadas características morfofisiológicas, como elevada estatura e rápido crescimento inicial da planta, pode elevar a competitividade com plantas daninhas. A escolha do genótipo e do arranjo espacial das plantas de milho pode influenciar vários eventos que determinam a produtividade de grãos em presença ou ausência de competição interespecífica (Balbinot Jr. & Fleck, 2005).

A adoção de espaçamentos mais reduzidos entre fileiras na cultura de milho, com maior grau de equidistância entre plantas, aliada à utilização de genótipos mais competitivos, pode reduzir a interferência de plantas daninhas e facilitar o manejo das mesmas e, assim, otimizar a aplicação de herbicidas, preservando o potencial de produtividade de grãos. A adoção destas práticas pode tornar o manejo de plantas daninhas na cultura do milho mais econômico, racional e com menor impacto ambiental (Balbinot Jr. & Fleck, 2005).

Controle químico

Historicamente, o manejo de plantas daninhas mais utilizado nas culturas agrícolas baseava-se em capinas manuais e no cultivo mecânico das entrelinhas, com reconhecida eficiência (Abdin et al., 2000; Wilson, 1993). No entanto, devido ao desenvolvimento dos métodos químicos, a aplicação de herbicidas tornou-se a medida de manejo adotada com maior frequência, sobretudo em consequência de sua eficácia, conveniência e viabilidade de custos (Abdin et al., 2000; Jakelaitis et al., 2005).

O controle químico consiste na utilização de produtos herbicidas para o controle das plantas daninhas, sendo necessário o registro dos produtos no Ministério da Agricultura. Em algumas situações as Secretarias Estaduais de Agricultura podem proibir o uso de determinado(s) produto(s). Ao se pensar em controle químico em milho, algumas considerações devem ser feitas: i) a seletividade do herbicida para a cultura, ii) a eficácia no controle das principais espécies na área cultivada e iii) o efeito residual dos herbicidas para as culturas que serão implantadas em sucessão ao milho. O uso de herbicidas, por ser uma operação de maior custo inicial, é indicado para lavouras médias e grandes, e com alto nível tecnológico onde a expectativa é de uma produtividade acima de 4.000 kg.ha^{-1} . Embora ultimamente seja o método de controle com maior nível de crescimento, o controle químico deve ser sempre utilizado de forma consciente de modo a se estabelecer uma agricultura considerada sustentável. Ainda, deve-se seguir as recomendações adicionais quanto ao descarte de embalagens, armazenamento, manuseio e aplicação dos herbicidas (Karam & Melhorança, 2005).

Segundo Pavezi (1988), o conhecimento da biologia da planta daninha é um passo importante para quem pretende utilizar o controle químico, pois permite uma melhor escolha do herbicida, da época e do tipo de aplicação, bem como seu uso racional, obtendo a máxima eficácia. A identificação do estágio vegetativo em que se encontra a cultura do milho é imprescindível para a correta aplicação de herbicidas, tendo em vista que sua seletividade pode ocorrer em um período

específico de desenvolvimento da cultura. A seletividade dos herbicidas às culturas sempre é considerada uma seletividade relativa que pode estar ligada a fatores inerentes à planta, ao herbicida e ao ambiente (Souza, 2002).

López-Ovejero (2000) comenta que o controle químico das plantas daninhas na lavoura de milho pode ser representado pelo uso de herbicidas em pré-plantio (ou pré-semeadura), pré-emergência e pós-emergência. Os primeiros devem ser aplicados antes da semeadura da cultura e são apenas recomendados para sistemas convencionais de produção, os segundos devem ser aplicados após a semeadura da cultura e antes da emergência das espécies de plantas daninhas e os de pós-emergência são aqueles ministrados após a emergência da cultura e das plantas daninhas.

Tabela 2. Herbicidas pré-emergentes e pós-emergentes registrados para o controle de plantas daninhas na cultura do milho, em nome comum (Constantin et al., 2006; Rodrigues & Almeida, 2005).

Herbicidas pré-emergentes		Herbicidas pós-emergentes	
acetolachlor	isoxaflutole	alachlor + atrazina	glyphosate*
alachlor	linuron	ametrina	imazapic + imazapyr*
alachlor + atrazina	metolachlor	amicarbazone	mesotrione
atrazina	s-metolachlor	amônio-glufosinato*	nicosulfuron
atrazina + isoxaflutole	pendimethalin	atrazina + óleo vegetal	sethoxydim*
atrazina + metolachlor	simazine	atrazina + simazine	Paraquat*
atrazina + s-metolachlor	simazine + cyanazine	bentazon	tembotrione
atrazina + simazine	trifluralina	carfentrazone-ethyl	
cyanazine		2,4-D	
2,4-D		foram + iodo-methyl ¹	

¹ foramsulfuron + iodosulfuron-methyl

* Híbridos que possuem tolerância ou em jato dirigido.

A escolha do método deverá fundamentar-se na espécie cultivada, no tamanho e relevo da área a ser tratada, nas condições climáticas do período, na disponibilidade de equipamentos e mão-de-obra, na qualidade da água e nas

espécies de plantas daninhas infestantes (Fancelli & Dourado-Neto, 2000). Na maioria dos casos, a associação de métodos de controle tem proporcionado melhores resultados na cultura do milho (Almeida et al., 1982). Segundo Karam & Melhorança (2005), existem vários herbicidas registrados para o uso na cultura do milho, tanto em pré como em pós-emergência, conforme é apresentado na Tabela 2.

Seletividade de herbicidas à cultura do milho

A seletividade do herbicida é a base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na produção agrícola. É considerada como uma medida da resposta diferencial de diversas espécies de plantas a um determinado herbicida. Quanto maior a diferença de tolerância entre a cultura e a planta daninha, maior a segurança de aplicação (Oliveira Jr., 2001).

A seletividade está relacionada à tolerância diferencial, sendo um fator relativo e particularmente característico para uma determinada interação herbicida - planta daninha - cultura - condições edafoclimáticas. Portanto, talvez o mais correto fosse julgar se determinado tratamento, e não um herbicida especificamente, é seletivo para determinada cultura. Por tratamento seletivo entende-se aquele que controla plantas daninhas sem afetar seriamente as plantas que são de interesse (culturas) (Oliveira Jr., 2001).

Dentre os fatores que determinam a seletividade encontram-se: i) fatores relacionados às características do herbicida ou ao método de aplicação como dose, formulação, localização espacial ou temporal do herbicida em relação à planta; ii) fatores relacionados às características das plantas como seletividade associada à retenção e à absorção diferencial (idade das plantas, cultivar, tamanho da semente ou estrutura de propagação vegetativa); seletividade associada a translocação diferencial e; seletividade associada ao metabolismo diferencial (detoxificação); iii) antídotos (Oliveira Jr., 2001).

Assim, o herbicida a ser empregado deve ser preferencialmente seletivo para a cultura não causando injúrias às plantas de milho, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular, visto que inúmeras condições de uso podem causar

distintos efeitos fitotóxicos. Por essa razão, é fundamental a avaliação, em condições de campo, da influência dos principais herbicidas aplicados em pré e pós-emergência sobre o desempenho da cultura de milho, independente da sua eficácia no controle de plantas daninhas. Para isso, é de fundamental importância conhecer a fenologia da cultura e os momentos de definição do potencial de produção.

Sendo assim, o número de grãos por unidade de área constitui-se num dos mais importantes componentes determinantes do rendimento, o qual é influenciado por eventos ocorridos entre a emissão da 4ª e da 10ª folhas definitivas da planta, além daqueles evidenciados no florescimento (fecundação) (Fancelli & Dourado-Neto, 1997b). Esses conhecimentos são muito importantes, principalmente quando o controle de plantas daninhas vai ser realizado com herbicidas aplicados na pós-emergência. Alguns autores observaram sensíveis reduções de rendimento em lavouras de milho provocadas por grande parte dos herbicidas recomendados para a cultura, principalmente quando os mesmos foram aplicados após a emissão da sexta ou sétima folhas.

Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência

Para utilizar os herbicidas aplicados em pré-emergência sem provocar fitotoxicidade à cultura alguns cuidados são necessários, como: i) profundidade de semeadura (menor profundidade maior risco); ii) utilizar as doses recomendadas dependendo da textura de solo e da matéria orgânica do solo; iii) quando recomendado utilizar “safeners”.

As precipitações pesadas que possam ocorrer após aplicação dos herbicidas pré-emergentes podem levar o herbicida para a linha de semeadura, aumentando a concentração e, conseqüentemente, provocando fitotoxicidade à cultura.

Os “safeners”, também conhecidos como antídotos ou protetores, são considerados como ferramentas importantes por aumentar os níveis de seletividade e segurança dos herbicidas. Maciel et al. (2002), com o objetivo de viabilizar a seletividade do herbicida isoxaflutole para híbridos sensíveis de milho,

instalaram um experimento a campo com os híbridos Cargill 435 (tolerante ao isoxaflutole) e Colorado 32 (sensível ao isoxaflutole), com o protetor anidrido naftálico (NA) na dose de 0,5% (p/p), sendo ambos submetidos ou não à aplicação do herbicida isoxaflutole (60 g.ha⁻¹ p.c.), em pré-emergência. Os resultados mostraram que a associação do tratamento de sementes com NA ao herbicida isoxaflutole reduziu significativamente o branqueamento das folhas dos híbridos de milho a partir dos 14 dias após aplicação (DAA), proporcionando, aos 21 DAA, aparência semelhante à testemunha sem aplicação. A associação do NA com o isoxaflutole também proporcionou maior peso médio de espigas, diâmetro médio de espiga e número de grãos por fileira. Na ausência do isoxaflutole, o uso de NA aumentou a produção dos híbridos Cargill 435 e Colorado 32 em 7,2%. Na presença do herbicida os aumentos de produtividade pelo uso do NA foram de 16,4 e 7,0%, respectivamente.

Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência

Até 1995 só existiam herbicidas recomendados para pré-plantio incorporado e para pré-emergência visando o controle de plantas daninhas na cultura de milho e limitando, de certa forma, a adoção do plantio direto pelo agricultor (Silva & Melhorança, 1991; Franco, 2003). Para a resolução desse problema surgiu a necessidade do desenvolvimento de novos herbicidas recomendados em pós-emergência, sendo que, com a entrada das sulfoniluréia no mercado brasileiro, foi facilitado o controle de plantas daninhas na cultura, especialmente as do grupo das folhas estreitas (Franco, 2003).

Para Christoffoleti & Mendonça (2001), os programas de manejo de plantas daninhas na cultura de milho que utilizam herbicidas pós-emergentes tem aumentado bastante nos últimos anos. No entanto, o aumento de áreas aplicadas com herbicidas pós-emergentes tem alguns questionamentos importantes, sendo o primeiro relativo à seletividade e época de aplicação do herbicida em relação ao estágio fenológico da cultura, pois, se o momento de aplicação for inadequado, a produção da cultura pode ser reduzida pela injúria causada pelo herbicida na cultura;

e o segundo refere-se ao estágio de desenvolvimento da planta daninha, o qual deve ser aplicada com as plantas daninhas em estágio de maior suscetibilidade aos herbicidas.

Herbicidas inibidores da ALS

Segundo Christoffoleti (1997), os herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) ou acetohidroxiácido sintase (AHAS) pertencem a diversos grupos químicos, dentre eles as sulfoniluréias, imidazolinonas, triazolopirimidinas e pirimidiloxitiobenzoatos. Estes herbicidas apresentam como mecanismo de ação a inibição da síntese dos aminoácidos alifáticos de cadeia lateral: valina, leucina e isoleucina (Trezzi & Vidal, 2001). A via biossintética desses três aminoácidos apresenta em comum o uso de uma enzima chamada ALS, que participa da fase inicial do processo metabólico, catalisando uma reação de condensação (Christoffoleti et al., 2001). Os herbicidas inibidores da ALS impedem que esta reação de condensação aconteça, provocando, como consequência, o bloqueio da produção dos aminoácidos alifáticos de cadeia lateral (Figura 3).

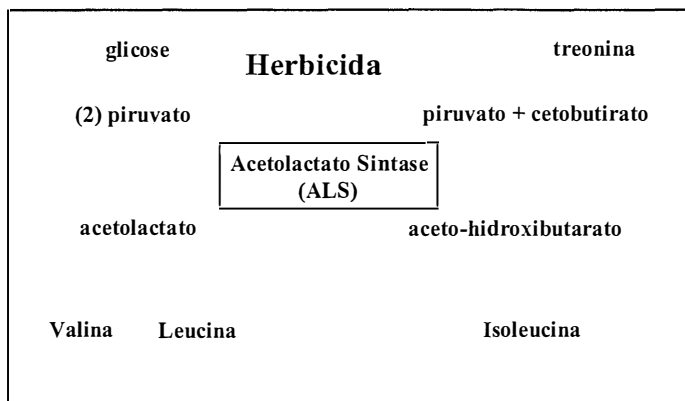


Figura 3. Rota metabólica responsável pela síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina; local de ação da enzima ALS e de interferência dos herbicidas que atuam sobre o sistema.

Quando o herbicida encontra-se presente dentro da célula de uma planta susceptível, ocorre uma inibição não competitiva pelo herbicida com o substrato, de tal maneira que não ocorre a formação do acetolactato, indispensável para que as demais reações prossigam resultando na formação dos aminoácidos. A paralisação na síntese dos aminoácidos leva a uma interrupção na divisão celular e paralisação do crescimento (Kissmann, 2003). A morte das plantas ocorre dentro de 7 a 21 dias, dependendo de seu estágio fenológico na época da aplicação e das condições meteorológicas presentes nos dias subsequentes à aplicação.

Sulfoniluréias

Com as entradas de nicosulfuron e foramsulfuron + iodosulfuron no mercado brasileiro, pertencentes ao grupo das sulfoniluréias, foi facilitado o controle de plantas daninhas em pós-emergência da cultura do milho, especialmente as do grupo das folhas estreitas (Franco, 2003). Esse grupo de herbicidas permite maior flexibilidade e eficácia no controle de plantas daninhas em doses muito pequenas, baixa toxicidade para mamíferos e boa seletividade para culturas de importância econômica (Oliveira Jr., 2001; Franco, 2002). Estes compostos são rapidamente absorvidos pelas folhas e translocados via apoplasto e simplasto para a raiz e pontos de crescimento, principalmente para as áreas meristemáticas. São muito efetivos em plantas daninhas anuais de crescimento rápido.

Mas, para a melhor utilização deste grupo de herbicidas, certos ajustes devem ser efetuados visando a correção de algumas falhas que os mesmos têm apresentado, como: i) consultar lista de híbridos e variedades recomendadas para tratamento com o herbicida; ii) dose para cada híbrido ou variedade; iii) aplicação entre 2 a 6 folhas; iv) não deve ser misturado com inseticidas organofosforados; v) observar o intervalo de 7 dias entre as adubações de cobertura nitrogenada e a aplicação do herbicida (Nicolai, 2005; Rodrigues, 2005, Lopez-Ovejero et al., 2003).

No caso específico das sulfoniluréias, a seletividade está associada ao metabolismo diferencial. As sulfoniluréias são

extremamente seletivas por sofrerem desativação metabólica por hidrólise, ou seja, é a conversão rápida a compostos inativos nas culturas tolerantes, ao passo que pouco ou nenhum metabolismo pode ser medido em plantas sensíveis (Carey et al., 1997; Oliveira Jr., 2001). Para Skora Neto (2002), espécies vegetais com tolerância a um determinado herbicida baseada na metabolização da molécula pelas plantas podem apresentar biótipos com diferentes níveis de tolerância ao produto.

Segundo Peixoto & Ramos (2002) os híbridos de milho apresentam de maneira simples três diferentes níveis de sensibilidade ao nicosulfuron: i) híbridos letais; ii) híbridos intermediários e iii) híbridos tolerantes. Os primeiros são provenientes de parentais sensíveis, sendo o resultado um híbrido suscetível ao herbicida. Os híbridos intermediários são aqueles tolerantes que, dependendo da dose e de alguns fatores ambientais e de manejo, podem apresentar ou não fitotoxicidade. São esses que apresentam a chamada “fito oculta”. Os híbridos tolerantes não apresentam fitotoxicidade nas doses recomendada e ambos os parentais são tolerantes.

Em experimentos conduzidos na ESALQ/USP, foram observadas sensíveis reduções de rendimento provocadas por grande parte dos herbicidas recomendados para a cultura. Entre eles o nicosulfuron (0,5; 1,0 e 1,3 L produto comercial. ha⁻¹) que, isolado ou em mistura com atrazina, provocaram a alteração do número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, e massa de mil grãos, principalmente quando os mesmos foram aplicados após a emissão da sexta ou sétima do milho (Fancelli et al., 1998b; López-Ovejero, 2000).

Segundo Alves (2002), a utilização de nicosulfuron na cultura de milho tem apresentado controvérsias no tocante à sua influência na produtividade de determinados híbridos de milho. Com o intuito de se avaliar a possível interferência deste herbicida na produção de milho, foi instalado um experimento no município de Carambeí, PR. Por ocasião da colheita observou-se diferenças significativas relacionadas aos híbridos para as variáveis altura da primeira espiga, inserção da folha bandeira, número de espigas e rendimento de grãos de milho. A ausência de evidências relacionadas ao efeito dos herbicidas indica que as

causas de diferenças sejam de natureza genética e não devida aos produtos químicos utilizados. O nicosulfuron não provocou injúrias aos híbridos P-30F33; Cargill-909, Tork e XL-214.

Para Skora Neto (2002) houve diferença na tolerância dos híbridos ao produto, entretanto, a maioria das plantas com sintomas de intoxicação recuperaram-se visualmente do efeito do herbicida. Os híbridos precoces XB 7011, XL 355, XL 357 e Z 8410 e os híbridos normais Z 8550 e Z 85E03 foram os que tiveram redução significativa no rendimento.

Com o intuito de avaliar a seletividade de nicosulfuron e foramsulfuron + iodosulfuron em cultivares de milho do IAPAR, Rodrigues, 2006, conduziu por duas safras experimentos com os cultivares IPR-114, IPR-119, IPT-023, IPS-T/58, CD-307, IPT-02.T2, IPT-02.23, IPT-8.B3, IPT-298 e IPR-115. Para as doses de nicosulfuron a 60 e 120 g de ingrediente ativo por hectare ($\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$ de i. a.) os cultivares mais tolerantes foram IPR-114, IPR-119, IPT-02.T2 e IPT-298. Com relação ao foramsulfuron + iodosulfuron a $(45+3) \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ de i. a. e $(90+6) \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ de i. a., os híbridos mais tolerantes foram IPT-02.T2, IPT-02.23, IPT-298 e IPR-119.

Nicolai, et al. (2006) testaram o nicosulfuron em duas regiões produtoras de milho do país, Piracicaba, SP e Ponta Grossa, PR, observando que para os híbridos AGN 01, AGN 02, AGN 03, AGN 04, AGN 05, AAN 06, AGN 07, 2A525, DAS787, DAS788, DAS789, DAS746, DAS749, 8094W, 8003V3K, NB2203, NB7443, NB7302, NB7253, SPRINT, SOMMA e MAXIMUS, observando que, tanto na dose de $20 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ de i. a. + atrazine $1500 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ de i. a. como na dose de $50 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ de i. a., o uso do nicosulfuron foi recomendado para todos os híbridos, nas duas regiões avaliadas.

Sendo assim, quando o produtor optar pela utilização de herbicidas pertencentes ao grupo das sulfoniluréias, além da escolha e conhecimento do híbrido a semear, para determinar a dose, deve-se fazer a aplicação, como medida de segurança, no estágio máximo V4 (4 folhas completamente expandidas). Outra consideração é feita a respeito da dose dos herbicidas nicosulfuron e foramsulfuron + iodosulfuron, que quando usados no V4 da cultura, atingem as plantas daninhas nos menores

estágios de desenvolvimento. Neste caso, pode-se fazer uso da associação com atrazina e óleo, reduzindo até 50% a dose destas sulfonilureias.

Imidazolinonas

Linhas de milho tolerantes às imidazolinonas foram recentemente desenvolvidas, as quais apresentam elevada capacidade de metabolização desse tipo de herbicidas (Lee et al., 1994). Os híbridos tolerantes a imidazolinonas apresentam um alelo semidominante. Em híbridos IT o gene provém de um dos pais, sendo que no IR o gene de tolerância é de ambos parentais. Os híbridos IR apresentam tolerância à fitotoxicidade provocada pela interação do herbicida com inseticidas fosforados. Quando o híbrido é IT ou não tolerantes existem restrições na utilização de terbufós (Lauer & Boerboom, 2002).

Este sistema consiste na utilização dos herbicidas imazapyr + imazapic, pertencentes ao grupo das imidazolinonas, recomendados para aplicação em pós-emergência na dose de 100 g.ha⁻¹ do p.c. para controle de plantas daninhas de folhas largas, folhas estreitas e ciperáceas que infestam as lavouras de híbridos de milho tolerantes a esse grupo de herbicidas (C-909, C-901, C-806). O milho tolerante às imidazolinonas foi desenvolvido através de métodos de melhoramento e seleção de plantas com tolerância a herbicidas. As observações realizadas para as sulfoniluréias são válidas para este grupo de herbicidas.

Herbicidas inibidores da biossíntese de caroteno

O mesotrione é um novo herbicida utilizado para o controle seletivo de plantas daninhas na cultura do milho. O herbicida pertence ao grupo químico das tricetonas e atua sobre as plantas daninhas inibindo a biossíntese de carotenóides através da interferência na atividade da enzima HPPD (4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenase) nos cloroplastos, com posterior geração de estresse oxidativo, que destrói as membranas das células, levando assim as plantas à morte (Kruse, 2001). O caroteno é um pigmento das plantas responsável, dentre outras funções, pela proteção da clorofila da foto-oxidação; portanto, as plantas suscetíveis têm como sintomatologia o albinismo

("branqueamento") dos tecidos fotossintéticos. O herbicida apresenta absorção pelas folhas e raízes e translocação aposimplástica. O milho é tolerante ao mesotrione devido à sua capacidade de metabolizar rapidamente o herbicida, o que não ocorre nas plantas daninha sensíveis (Bachiega & Soares, 2002).

Kozłowski, 2006 avaliou a seletividade dos herbicidas mesotrione, nicosulfuron e foramsulfuron + iodosulfuron em mistura com atrazina, quando utilizados em pós-emergência, em duas aplicações distintas, com 4 e 8 folhas da cultura, para os híbridos de milho comerciais 30F44, 30P70, 30P34, 30F53, 30R50, AG 6018, AG 8021, DKB 214, DKB 566, PENTA, SPEED, GARRA e TORK na safra 2004/05, no estado do Paraná. Para todos os componentes avaliados, a mistura com mesotrione mostrou-se mais seletivo que as sulfonilureias, para os parâmetros rendimento de grãos, número de fileiras de grãos na espiga e massa de 1000 sementes.

Para Rizzardi et al. (2006), o herbicida mesotrione apresenta variação em sua seletividades quando alteradas a temperatura ambiente, a época de semeadura da cultura de milho (pipoca), a dose do herbicida e o híbrido usado. Esta situação é comum para as sulfonilureias.

Herbicidas inibidores do fotossistema II

Os herbicidas atualmente em uso e que apresentam mecanismo de ação de inibição da fotossíntese são pertencentes aos grupos químicos das triazinas e triazinonas, uréias substituídas, amidas e benzotiadiazoles. O local de ação destes herbicidas é na membrana do cloroplasto, onde ocorre a fase luminosa da fotossíntese, mais especificamente no transporte de elétrons (Christoffoleti, 1997).

No caso de herbicidas do grupo químico das triazinas, a atividade do fotossistema II (FSII) é inibida pelo fato de ocorrer a substituição da ligação plastoquinona com a quinona b (Qb). Estudos mostraram que atrazina substitui a forma oxidada da plastoquinona e ocupa o local de ligação específico no receptor Qb na proteína D1 (Kleczkowski, 1993). Desse modo, como a molécula do herbicida está reduzida, não estando apta a receber

elétrons, sua ligação bloqueia efetivamente o fluxo de elétrons, inibindo a fotossíntese.

Uma planta é susceptível aos herbicidas inibidores da fotossíntese se o herbicida se acoplar ao composto QB, componente do sistema fotossintético e, assim, impossibilitar a ocorrência do transporte do elétron até a plastoquinona. Dessa forma não existe a produção de ATP, pois a produção de elétrons é interrompida, bem como a produção de NADPH₂.

Na cultura do milho, as triazinas simétricas, como a atrazine, são amplamente utilizadas em pós-emergência. As mesmas são degradadas no milho pelo metabolismo do herbicida (desativação fisiológica), especialmente pelo processo de conjugação com glutatona nas folhas, o que faz que ele não chegue ao cloroplasto para causar injúrias. Essa molécula, nas doses recomendadas, é totalmente seletiva ao milho, sem restrição a qualquer híbrido.

Controle de plantas daninhas antes da semeadura da cultura de milho (dessecação)

A dessecação é uma das etapas das mais importantes em qualquer época do ano e cultura. A aplicação em área total de herbicidas não seletivos para a eliminação da cobertura vegetal assegura a perfeita emergência da cultura a ser semeada e permite que o crescimento inicial das plantas se dê sem competição. Assim sendo, a dessecação deve ser realizada com a dose e produto especificado, respeitando-se o estágio de desenvolvimento da comunidade infestante e com especial cuidado na regulação das máquinas visando a qualidade da cobertura foliar e uniformidade de deposição da calda (Christoffoleti et al., 2005b).

Em geral não há um tempo mínimo obrigatório entre a aplicação dos herbicidas dessecantes e a semeadura do milho. O cuidado que deve ser tomado é a semeadura ser realizada, efetivamente, sobre material completamente seco, evitando assim o embuchamento de máquinas, por transitarem sobre material “verdolengo”.

A dessecação não deve ser realizada de forma muito antecipada (mais de 15 dias antes da semeadura da cultura),

pois em casos de adequadas precipitação e temperaturas, um novo fluxo de plantas daninhas germinará, prejudicando o estabelecimento da lavoura. Neste caso, quando em sistema convencional, recomenda-se uma gradagem leve, nos 5 cm iniciais de solo, para a eliminação das plântulas presentes. Por outro lado, a dessecação realizada muito próxima da semeadura pode expor a cultura a significativos efeitos alelopáticos, à existência de altas fontes de infestação de pragas e doenças e, também, a dificuldades de semeadura com conseqüentes falhas de stand (Christoffoleti et al., 2005b).

No sistema de plantio direto, o método químico é o mais utilizado no manejo de coberturas verdes e controle de plantas daninhas na cultura de milho. A dessecação é realizada exclusivamente com o uso de herbicidas chamados de não-seletivos, ou herbicidas de manejo, sendo o *glyphosate* o mais utilizado para esse fim (Penckowski, 2001). Entende-se por herbicidas de manejo aqueles que atuam na destruição da cobertura da flora infestante, normalmente sendo empregados como herbicidas dessecantes, aplicados em pós-emergência antes do plantio da cultura (Almeida, 1981). Deuber (2003) ressalta que os herbicidas com uso neste método de aplicação devem ter ação em um espectro amplo de plantas daninhas, sem, contudo, ter efeito residual longo, não interferindo, assim, na cultura subsequente.

O *glyphosate* tem amplo espectro de ação, com elevada eficácia sobre plantas perenes e em estádios mais avançados de desenvolvimento (Nieto et al., 1989; Oliveira Jr. & Constantin, 2001). A adição do 2,4-D ao *glyphosate* resulta em mistura com maior ação latifolicida, sem perder a ação graminicida do segundo (Koch et al., 1989; Oliveira Jr. & Constantin, 2001). De maneira geral, o paraquat é considerado excelente graminicida, com ação também sobre largo espectro de folhas largas, com maior eficácia, no entanto, sobre espécies anuais em estágio inicial de desenvolvimento (Wiepke, 1990; Bruff & Shaw, 1992). A adição do diuron ao paraquat provoca efeito sinérgico, pois retarda a ação letal do paraquat sobre os tecidos do floema, permitindo que se transloque a maiores distâncias, atuando, portanto, melhor em plantas em estádios mais adiantados de

crescimento (Almeida, 1991). O diuron também interage com os elétrons que transitam pelos aceptores do fotossistema II e, deste modo, reduz o fluxo destes entre os transportadores do fotossistema I (que ocorre após o fotossistema II). Com o menor fluxo de elétrons no fotossistema I, a eficácia do paraquat é elevada e o efeito sinérgico se expressa sob a forma de maiores valores de controle.

O intervalo de tempo entre a colheita de uma cultura e a semeadura da cultura em sucessão nos sistemas de plantio direto é muito importante. Normalmente, quanto maior for esse intervalo, maior será a possibilidade de germinação e de crescimento de plantas daninhas. Nesse caso, a quantidade e a qualidade dos restos culturais podem evitar ou diminuir o surgimento das mesmas (Ruedell, 1995). Este intervalo de tempo permite, em algumas situações, a semeadura de coberturas verdes, antes do plantio da próxima cultura destinada à colheita.

Algumas indicações de pesquisa, e mesmo de observações a campo, dão conta que a eliminação mecânica e/ou química dessas culturas, antes da implantação da cultura de milho, mais especificamente nos casos da aveia-preta, colza e principalmente, azevém, deva ser realizada em torno de 20 dias antes da semeadura da cultura de milho, evitando-se, com isso, possíveis efeitos alelopáticos e competição por nitrogênio da cultura predecessora. Esse período para tremoço e ervilhaca variou de cinco a sete dias. O nabo-forrageiro apresenta um comportamento intermediário (Ruedell, 1995).

A semeadura de milho imediatamente após a dessecação da aveia-preta pode acarretar má germinação e desenvolvimento inicial inadequado (estiolamento) das plântulas de milho. Preferencialmente, recomenda-se um intervalo de pelo menos duas a três semanas entre o manejo da aveia-preta e a semeadura do milho, a fim de favorecer o processo inicial de decomposição da aveia-preta, e não incorrer em demanda excessiva de nitrogênio por parte dos microrganismos decompositores, proporcionando assim melhor atendimento à demanda do milho. Quando a massa vegetal de aveia-preta é pequena (inferior a quatro toneladas de matéria seca por ha), pode-se semear em seguida ao manejo, considerando sempre

os níveis de matéria orgânica do solo e a necessidade de aplicação de nitrogênio por ocasião da semeadura do milho, ou durante o desenvolvimento da aveia-preta (Embrapa, 2002).

Para Penckowski (2001), com a expansão da área cultivada de milho sobre aveia-preta, as plantas de milho começaram a sofrer ataques de lagartas. Inúmeros casos foram relatados de danos provocados pelo ataque de lagartas, tanto do trigo (*Pseudaletia* spp.) como da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*); sendo que, a época de aplicação do dessecante pode determinar a maior ou menor incidência dessas pragas.

Para Gassen (2002), a dessecação mais eficaz do azevém ocorre com a prática de aplicação seqüencial de glyphosate, para garantir a morte das plantas menores, ou das que se encontram sob a proteção (guarda-chuva) de outras plantas, como o nabo forrageiro. O azevém caracteriza-se pela ocorrência de plantas em diferentes estádios de crescimento, resultando em dificuldades de controle. Nas áreas de azevém semeado ou espontâneo, em geral, a aplicação seqüencial de herbicidas apresenta resultados melhores na dessecação. As doses mais indicadas são de 1,00 a 1,25 L.ha⁻¹ do p.c., seguido de 1,00 L.ha⁻¹ do p.c., duas semanas após a primeira aplicação. Na fase de floração das plantas de azevém, o glyphosate aplicado na dose de 1,5 L.ha⁻¹ do p.c. é eficaz na dessecação.

Marochi (2002a, b), com o objetivo de avaliar a melhor época para dessecação de aveia-preta e azevém para semeadura da cultura de milho, instalou um experimento em Ponta Grossa - PR, durante a safra agrícola 2000/2001. Os tratamentos utilizados foram glyphosate a 1080 g.ha⁻¹ do e.a., aplicado aos 21, 14, 7 e 0 dias antes do plantio (DAP), sendo que no dia do plantio, para os tratamentos de 21 e 14 DAP, foi realizada uma complementação com glyphosate a 360 g.ha⁻¹ do e.a. no dia do plantio. O milho DKB 214 foi semeado em 10/10/2000 com adubação de 400 kg ha⁻¹ da formula 08-20-20, e para controle de plantas daninhas na pós-emergência utilizou-se atrazine a 2500 g.ha⁻¹ do i.a. Os resultados para aveia-preta revelaram menor quantidade de plantas atacadas por complexo de pragas, quando a aplicação foi realizada aos 14 e 21 DAP, o

mesmo ocorreu para estande e estabelecimento de plantas de milho.

Quando se realizou a aplicação antecipada, 21 ou 14 DAP, com posterior complementação de glyphosate no dia do plantio, houve redução de 36% da infestação das plantas daninhas *Brachiaria plantaginea* (BRAPL), *Euphorbia heterophylla* (EPHHL), *Sida rhombifolia* (SIDRH) e *Bidens pilosa* (BIDPI) na aplicação em pós-emergência do milho, quando comparados à aplicação realizada aos 7 ou 0 DAP. Para rendimento de grãos houve diferença estatística entre os períodos de dessecação, obtendo 11.947, 11.436, 11.221 e 11.121 kg.ha⁻¹ respectivamente para 21, 14, 7 e 0 DAP. Os resultados para azevém revelaram menor quantidade de plantas atacadas por complexo de pragas, quando a aplicação foi realizada com 21 DAP, o mesmo ocorreu para estande e estabelecimento de plantas de milho. Quando se realizou a aplicação antecipada 21 ou 14 DAP, com posterior complementação de glyphosate no dia do plantio, houve redução de 48% da infestação das plantas daninhas BRAPL, EPHHL, SIDRH e BIDPI na aplicação em pós-emergência da cultura de milho, comparativamente à aplicação realizada aos 7 ou 0 DAP. Para rendimento de grãos houve diferença estatística entre os períodos de dessecação, obtendo 11.673, 10.392, 10.183 e 9.543 kg.ha⁻¹, respectivamente para 21, 14, 7 e 0 DAP (Marochi, 2002a,b).

Outro produto utilizado na dessecação é o herbicida 2,4-D, que pertence ao grupo dos mimetizadores das auxinas e é utilizado em pré-plantio das culturas com o objetivo de controle total da vegetação nas áreas de plantio direto. Seu uso é restrito para as áreas onde existe predominância de folhas largas, ou em mistura com outros herbicidas de manejo total da vegetação, tal como o glyphosate. O mecanismo de ação deste grupo, ainda não está completamente esclarecido. Interferem na diferenciação celular, inibindo ou estimulando de forma errática o desenvolvimento nas áreas meristemáticas e provocando uma diferenciação em tecidos com células já estabilizadas (Kissmann, 2003). Estes herbicidas agem da mesma forma que as auxinas naturais nas plantas, porém como são aplicados em doses maiores que os reguladores de crescimento, apresentam ação

herbicida nas plantas daninhas da classe das dicotiledôneas (Christoffoleti et al., 2001). Pavezi (1988), em seu trabalho realizado em Piracicaba - SP, verificou que o glyphosate sozinho ou em mistura com 2,4-D, mostrou excelente controle da tiririca por 60 dias e, após o cultivo com rotativa ou roçadora, o controle continuou muito bom por até 118 dias.

A associação de glyphosate com carfentrazone-ethyl no momento da dessecação tem se mostrado bastante eficiente para o controle de plantas daninhas de difícil controle para o glyphosate, como a trapoeraba (*Commelina* spp) e a corda-de-viola (*Ipomoea* spp). Folloni et al., 2003, avaliou em casa-de-vegetação a eficácia da associação de glyphosate+ carfentrazone-ethyl sobre as espécies de plantas daninhas capim-carrapinho (*C. echinatus*), trapoeraba (*C. benghalensis*), picão-preto (*B. pilosa*), corda-de-viola (*I. grandifolia*) e fedegoso (*S. obtusifolia*), obtendo melhora no espectro de controle do glyphosate, principalmente para as folhas largas. Werlang & Silva (2002) avaliaram a interação entre glyphosate e carfentrazone-ethyl para o controle de seis espécies de plantas daninhas, e concluíram a eficácia da mistura para caruru (*Amaranthus hybridus*), pega-pega (*Desmodium tortuosum*), picão-preto (*Bidens pilosa*), capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), capim-colchão (*Digitaria horizontalis*) e trapoeraba (*Commelina benghalensis*) aos 21 dias após a aplicação, nas maiores dose testadas.

Controle de plantas daninhas depois da semeadura do milho

Após a semeadura da cultura são empregados herbicidas pré-emergentes e/ou pós-emergentes para o controle de plantas daninhas na cultura de milho. Os critérios principais para escolha dos herbicidas dependem de sua seletividade e eficácia. Além disso, dentro de cada grupo químico e momento de aplicação existem outras características a serem observadas para atingir os objetivos desejados.

Aplicação de herbicidas em pré-emergência

A aplicação de pré-emergentes deve ser feita logo após o plantio, antes da emergência da cultura e/ou das plantas

daninhas. De modo geral, o desempenho desses herbicidas encontra-se relacionado com a aplicação na época exata, em solo bem preparado (limpo, destorreado) e com boas condições de umidade ou da ocorrência de precipitação imediatamente após a sua aplicação (48 horas). Dentre os herbicidas, alguns apresentam maior eficácia no controle de folhas estreitas, outros possuem maior eficácia no controle da folhas largas, além daqueles que atuam sobre ambas.

Esse grupo de herbicidas deve alcançar as plantas daninhas no estágio inicial, quando as sementes estão germinando (hipocótilo e coleótilo das plantas) e as plântulas ainda não emergiram, evitando que elas se desenvolvam. A cultura do milho germina sem competição até que o efeito residual do herbicida acabe, o que deve ocorrer preferencialmente no pendoamento. Antes de escolher a dosagem, é muito importante observar o tipo de solo onde o produto vai ser aplicado. Solos de constituição argilosa exigem maior quantidade de herbicidas e os de textura arenosa devem receber doses mais baixas. Em qualquer caso, a existência de matéria orgânica humificada permite o uso de doses mais altas.

Entre os principais herbicidas utilizados nessa modalidade, na cultura de milho, encontram-se os inibidores da divisão celular como metolachlor, acetochlor e suas misturas como inibidores do fotossistema II como metolachlor + atrazina e alachlor + atrazine. Os inibidores da divisão celular não tem ainda um mecanismo de ação completamente definido, no entanto, alguns autores tem descrito como sendo inibidores dos ácidos graxos de cadeia muito longa (Christoffoleti et al., 2001). Outra teoria, é que esses herbicidas, interferem com a síntese da giberelina, prejudicando o desenvolvimento normal do embrião e das plântulas após a germinação (Vidal & Fleck, 2001).

O metolachlor apresenta controle de capim colchão, pé-de-galinha e caruru na dose de 2,5 a 3,0 L.ha⁻¹ do p.c. O acetochlor apresenta excelente controle de capim colchão, trapoeraba e várias folhas largas e um efeito residual de 60 dias. As doses recomendadas são de 3 L.ha⁻¹ do p.c. (solos arenoso e médio) e 4 L.ha⁻¹ do p.c. (solo argiloso ou com alto teor de matéria orgânica). Para a obtenção de um maior espectro de ação, o

acetochlor pode ser complementado por uma aplicação em pós-inicial de herbicidas a base de atrazina. O metolachlor + atrazine é recomendado em pré e pós-precoce para controle de capim-colchão, capim-marmelada, capim-pé-de-galinha, capim-carrapicho e folhas largas na dose de 6,0 a 7,0 L.ha⁻¹ do p.c. O alachlor + atrazine pode ser aplicado em pré-emergência e pós-inicial para controle de folhas largas e estreitas nas doses de 7,0 L.ha⁻¹ do p.c. (solo arenoso) 8,0 L.ha⁻¹ do p.c. (solo médio) e 9,0 L.ha⁻¹ do p.c. (solo pesado). Algumas das plantas controladas por esse herbicida são capim-colchão, capim-marmelada, capim-pé-de-galinha, capim-carrapicho e folhas largas (Rodrigues, 2005).

Podem ainda ser utilizados os inibidores da fotossíntese como atrazina (várias marcas) em pré-emergência e pós-precoce para controle de capim-marmelada e folhas largas nas doses de 3,0-6,0 L.ha⁻¹. Também pode ser utilizado atrazina + simazina, em pré-emergência e pós-precoce, para controle de capim-colchão, capim-marmelada, trapoeraba, corda-de-viola, guaxuma e picão-preto nas doses de 3,5 L.ha⁻¹ do p.c. (solo leve), 5,0 L.ha⁻¹ do p.c. (solo médio) e 6,0 L.ha⁻¹ do p.c. (solo pesado). Ainda pode ser utilizado atrazina + óleo na pré-emergência e pós-inicial de 3,0 a 7,0 L.ha⁻¹ do p.c. para controle de capim-marmelada e folhas largas (Rodrigues, 2005).

O isoxaflutole pertence ao grupo dos inibidores de caroteno e é aplicado em pré-emergência, na dose de 80 g.ha⁻¹ p.c. (solos médio e argiloso), para controle de *Brachiaria decumbens*, capim-colchão, capim-carrapicho, capim-pé-de-galinha, capim-colônia, capim-marmelada e caruru.

Um dos grandes problemas dos herbicidas pré-emergentes é o controle de capim-marmelada em altas infestações. Sendo assim, nessas ocasiões, utilizar a dose máxima ou outra estratégia de controle.

Segundo Rodrigues et al. (2000), os herbicidas residuais têm comportamentos diferentes quando utilizados em pré-emergência sobre palhadas no sistema de plantio direto. Alguns produtos como atrazina, imazaquin e sulfentrazone, possuem boas perspectivas de uso em pré-emergência sobre palhadas, uma vez que são facilmente lixiviados para o solo com chuvas

que ocorram logo após a aplicação. Outros produtos como metribuzin, oryzalin, as acetanilidas (alachlor, metolachlor e acetochlor) e trifluralin possuem problemas de retenção e/ou volatilização na palha quando utilizados em pré-emergência em plantio direto.

Ferri & Vidal (2004) estudaram a eficácia do herbicida acetochlor aplicado em solo sob plantio direto e convencional na presença ou não de palha na cultura do milho, e concluíram que o herbicida foi mais eficaz para o controle das plantas daninhas no plantio convencional e na presença da palha, com maior rendimento dos grãos de milho.

Oliveira et al. (2001) com o objetivo de avaliar cinco níveis de palha distribuídos nas parcelas antes do plantio do milho e a mistura de metolachlor e atrazina no controle de plantas daninhas, em sistema de plantio direto, verificaram que o número total de plantas daninhas reduziu significativamente com os níveis de palha e que a aplicação da mistura de herbicidas teve uma redução do número total de plantas daninhas de aproximadamente 53%, 41 dias após o plantio do milho.

Outra estratégia de controle é a utilização de pré-emergentes com complementação em pós-emergência com atrazina (observar o estágio da planta daninha) ou atrazina + sulfoniluréias (nicosulfuron ou iodosulfuron + foramsulfuron).

Aplicação de herbicidas em pós-emergência

A aplicação ocorre após a emergência da cultura e/ou das plantas daninhas. Na cultura de milho os herbicidas aplicados na pós-emergência da cultura estão sendo adotados pelos produtores, sobretudo pelas vantagens que os mesmos apresentam quando comparados aos pré-emergentes, tais como: permitem escolher o herbicida em função das plantas daninhas que ocorrem na área; independem do preparo de solo, teor de argila e matéria orgânica (Fornarolli et al., 1999). Esta estratégia fornece flexibilidade para o manejo a ser adotado, no entanto deve ser realizada com base em dois fundamentos: o estágio de desenvolvimento das infestantes e o controle destas antes do início da competição (PCPI) (Christoffoleti et al., 2005b).

Embora seja desconhecido por muitos, as plantas daninhas têm seu desenvolvimento ligado a diversos estádios fenológicos que caracterizam uma maior ou menor sensibilidade das plantas a aplicações de herbicidas. Depois de emersas, estas plantas dominam rapidamente o ambiente, seja por meio do desenvolvimento de um vigoroso sistema radicular, ou seja, por meio do domínio do espaço com maior interceptação da luminosidade disponível. Quanto mais estabelecidas no ambiente, quanto mais bem formado o sistema radicular, ou mesmo quanto maior o número de folhas presentes nos indivíduos, mais difícil se torna o controle pós-emergente e maiores serão os danos por competição.

No caso de herbicidas seletivos, a aplicação é realizada em cobertura total sobre a cultura e as plantas daninhas, em aplicação única ou seqüencial. Na aplicação seqüencial, a primeira aplicação deve ser feita com as plantas daninhas no estágio inicial de desenvolvimento (folhas estreitas com uma a duas folhas e as espécies de folha largas até duas folhas verdadeiras) e, a segunda, oito a quatorze dias após. Em ambas as aplicações, utiliza-se metade da dosagem usual do produto. Acontece, por vezes, a primeira ser suficientemente eficaz, de modo a dispensar a segunda. Com essa estratégia, o produtor pode optar entre repetir o produto da primeira aplicação, mudar de princípio ativo ou não aplicar, dependendo das espécies e da densidade de infestação.

No caso de herbicidas de ação total ou não-seletiva, a aplicação é realizada em jato dirigido às plantas daninhas ou, se for o caso, sobre o solo, de modo a obter o máximo de contato com elas, ou distribuição na superfície do solo e nenhum contato com a cultura. Em ambos os casos, devem ser seguidas rigorosamente as especificações técnicas de uso de cada herbicida, tais como estágio de desenvolvimento das diferentes espécies de plantas daninhas, dose utilizada, tipo de solo, além de outras observações particulares de uso de cada produto.

Atualmente, a modalidade de pós-emergência é subdividida em (Fancelli & Dourado-Neto, 2000): i) pós-emergência precoce, quando as plantas daninhas de folhas largas apresentarem até 2 folhas e as estreitas ainda não

perfilhadas; ii) pós-emergência inicial, quando as plantas daninhas de folhas largas apresentarem 2 a 4 folhas e folhas estreitas evidenciando o primeiro perfilho; iii) pós-emergência normal, quando as plantas daninhas de folhas largas apresentarem 4 a 6 e folhas estreitas apresentam de 1 a 3 perfilhos; iv) pós-emergência tardia ou jato dirigido, quando as plantas de milho apresentarem 7 a 10 folhas.

Herbicidas inibidores da ALS

Sulfoniluréias

Entre os produtos utilizados nessa modalidade, o mercado oferece o nicosulfuron e o foramsulfuron + iodosulfuron para controle de folhas estreitas e folhas largas. A ocorrência de chuvas uma a duas horas após a aplicação não afeta a eficácia desses produtos e os mesmos podem ser aplicados em área total, em dose única ou seqüencial, isolados ou em mistura com atrazina.

Nicosulfuron

A dose recomendada de nicosulfuron é de 1,25 a 1,50 L.ha⁻¹ do p.c. (50 a 60 g.ha⁻¹ i.a.). Para nicosulfuron não se adiciona adjuvante à calda. A dose recomendada para as folhas estreitas até o perfilhamento é de 1,25 L.ha⁻¹ do p.c. e até 2 perfilhos de 1,50 L.ha⁻¹ do p.c. Para as folhas largas de 2 a 4 folhas aplicar 1,25 L.ha⁻¹ do p.c. e de 4 a 6 folhas 1,50 L.ha⁻¹ do p.c.. Para capim colchão até perfilhamento, trapoeraba e amendoim-bravo entre 2 a 4 folhas aplicar 1,50 L.ha⁻¹ do p.c.. O nicosulfuron pode ser aplicado em mistura com atrazina para maior espectro de controle (1 + 2 L.ha⁻¹ do p.c.).

Carpinetti & Haden (1993), com o objetivo de avaliar a eficácia do nicosulfuron no controle de plantas daninhas, conduziram um ensaio em Santo Antônio de Posse (SP). O princípio ativo foi testado nas doses de 60 e 80 g i.a. ha⁻¹, sendo feitas avaliações aos 7, 21, e 42 dias após a aplicação. As dicotiledôneas apresentavam de 2-4 folhas e as monocotiledôneas até 3 perfilhos. No caso das monocotiledôneas, nicosulfuron foi testado em *Brachiaria*

decumbens, *Brachiaria plantaginea*, *Cenchrus echinatus*, *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crusgalli*, *Eleusine indica*, *Eragrotis pilosa*, *Pennisetum setosum* e *Sorghum arundinaceum*. Dentro deste grupo de folhas estreitas, com exceção da *D. sanguinalis*, todas foram controladas de forma eficaz (acima de 95%) com 60 g i.a. ha⁻¹ nos estágios citados anteriormente; sendo que nesta dose pode haver uma pequena rebrota em condições de seca após a aplicação, nesse caso necessita-se usar a dose de 80 g i.a. ha⁻¹.

Com relação às dicotiledôneas, teve-se o seguinte espectro estudado: *Acanthospermum hispidum*, *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus spinosus*, *Amaranthus* sp., *Bidens pilosa*, *Cassia occidentalis*, *Commelina benghalensis*, *Desmodium purpureum*, *Euphorbia heterophylla*, *Ipomoea acuminata*, *Ipomoea aristolochiaefolia*, *Nicandra physaloides*, *Raphanus raphanistrum*, *Sida rhombifolia* e *Richardia brasiliensis*. Com a dose de 60 g i.a. ha⁻¹ o controle só ficou abaixo dos 90% em *C. benghalensis*, *I. acuminata*, *I. aristolochiaefolia* e *S. rhombifolia*. Aumentando-se a dose para 80 g i.a. ha⁻¹, o controle de *I. acuminata*, *I. aristolochiaefolia* e *S. rhombifolia* evoluiu para 80%, enquanto que a *C. benghalensis* permaneceu em torno de 50%, visto que o produto não controlou mais as novas emergências dessa planta daninha (Carpinetti & Haden, 1993).

Dario et al. (1993) visando avaliar a praticabilidade e eficácia agronômicas do herbicida nicosulfuron sobre plantas daninhas na cultura do milho, instalou um ensaio em Cosmópolis (SP) com o híbrido AG 401. O produto foi aplicado nas doses de 40, 50, 60 e 80 g.ha⁻¹ de i.a., em pós-emergência inicial (plantas daninhas com 2-4 folhas); 50, 60 e 80 g.ha⁻¹ de i.a. em pós-emergência tardia (plantas daninhas com 6 folhas). As avaliações foram realizadas aos 14, 28 e 42 dias após aplicação (DAA). Nas condições do presente ensaio, o nicosulfuron, nas quatro doses testadas em pós-emergência inicial, apresentou excelente controle de caruru, capim-pé-de-galinha e capim-colchão nas três épocas avaliadas; no controle de trapoeraba, a maior dose testada, 80 g.ha⁻¹ de i.a. foi eficaz nas três épocas avaliadas, enquanto que as doses (50 e 60 g.ha⁻¹ de i.a.), foram eficientes a partir dos 28 DAA e a menor dose, 40 g.ha⁻¹ de i.a.

não apresentou eficácia satisfatória. Nicosulfuron, nas três doses testadas em pós-emergência tardia, apresentou excelente controle de caruru nas três épocas avaliadas e de trapoeraba, capim-colchão e capim-pé-de-galinha a partir dos 28 DAA.

Foramsulfuron + Iodosulfuron

Atualmente, existe apenas um produto comercial que contém os dois ingredientes ativos: foramsulfuron (300 g.kg^{-1}) para o controle de folhas largas e iodosulfuron (20 g.kg^{-1}) para controle de folhas estreitas, nas doses de 120 ($36,0 + 2,4$) a 150 ($45,0 + 3,0$) g.ha^{-1} de p.c. As plantas daninhas deverão apresentar de 2 a 6 folhas para folhas largas e entre uma folha e um perfilho para as folhas estreitas, devendo-se utilizar doses maiores quando as daninhas estiverem mais desenvolvidas. É fundamental a utilização de adjuvante (0,5% v/v), bem como a observação da operação de preparo da calda, certificando-se que o herbicida foi totalmente diluído Rodrigues (2005).

Na safra 2001/2002 foram conduzidos diversos ensaios para avaliar a eficácia do herbicida foramsulfuron + iodosulfuron na cultura do milho. Adoryan et al. (2002) concluíram que as doses de 120, 130 e 150 g p.c. ha^{-1} foram eficientes no controle de *Bidens pilosa* (30 pl. m^{-2} , BIDPI); *Brachiaria plantaginea* (78 pl. m^{-2} , BRAPL); *Digitaria horizontalis* (53 pl. m^{-2} , DIGHO) e *Euphorbia heterophylla* (25 pl. m^{-2} , EPHHL) quando as mesmas se encontravam com 3 folhas a 1 perfilho. Almeida et al. (2002), concluíram que o herbicida na dose de 150 g.ha^{-1} p.c. foi eficaz (>95%) no controle das plantas daninhas BRAPL (até 1 perfilho, 19 pl. m^{-2}); *Cenchrus echinatus* (até 1 perfilho, 15 pl. m^{-2} , CCHEC) e BIDPI (2 a 4 folhas, 11 pl. m^{-2}).

Para Carvalho et al. (2002), o herbicida na dose de 150 g.ha^{-1} p.c. foi eficaz no controle de BIDPI, *Commelina benghalensis* (COMBE) e DIGHO. Na mesma dose, Contiero & Lopes (2002) concluíram que o herbicida foi eficaz no controle de EPHHL (59 pl. m^{-2}); *Sida rhombifolia* (23 pl. m^{-2} , SIDRH), BIDPI (25 pl. m^{-2}) e BRAPL (33 pl. m^{-2}). O herbicida nas doses de 120 e 150 g p.c. ha^{-1} foi eficaz no controle de BIDPI, *Richardia brasiliensis* (RCHBR) e *Ipomoea grandifolia* (IAQGR) (Dornelles et al., 2002). Para as gramíneas como *Eleusine indica* (ELEIN) e

DIGHO de 2 a 4 perfilhos, Equip Plus a 130 e 150 g.ha⁻¹ p.c. atingiu controles de 95% (Pinto et al., 2002; Franco, 2002).

Devido as problemas fitotóxicos, o posicionamento desta mistura herbicida sofreu ajustes, levando a recomendações de foramsulfuron + iodosulfuron a 80 g.ha⁻¹ p.c., em mistura com atrazina entre 2,5 e 3,0 L.ha⁻¹ p.c.

Imidazolinonas

Em pós-emergência, encontra-se a mistura comercial de 52,5% de imazapic e 17,5% de imazapyr, recomendado para controle de folhas largas, estreitas e ciperáceas na dose de 100 g ha⁻¹. Deve ser aplicado quando as plantas apresentarem de 2 a 4 folhas e as estreitas até dois perfilhos. Deve-se adicionar surfactante não iônico a 0,15 v/v. Controla capim-marmelada, capim-colchão, capim-braquiária, capim-carrapicho, tiririca e folhas largas (amendoim-bravo, corda de viola, guanxuma, picão branco e preto e trapoeraba) (Rodrigues, 2005).

Herbicidas inibidores da biossíntese de caroteno

Mesotrione

O mesotrione é aplicado em pós-emergência, sendo a molécula bastante ativa sobre espécies dicotiledôneas mesmo a doses baixas (120 - 144 g.ha⁻¹ i.a.). Apresenta também atividade sobre capim-colchão e trapoeraba (*C. benghalensis*). A combinação de mesotrione + atrazina (+ óleo) pode ser recomendada para controle de mono e dicotiledôneas (Bachiega & Soares, 2002). Os sintomas envolvem branqueamento das plantas daninhas sensíveis com posterior necrose e morte dos tecidos vegetais em cerca de 1 a 2 semanas.

Em experimento instalado por Osipe et al. (2002a) os resultados mostraram que o herbicida mesotrione a 0,25 e 0,30 L p.c. ha⁻¹ e mesotrione + atrazina a 0,30 + 3,0 e 0,25 + 4,0; aplicados em pós-emergência, são seletivos a cultura de milho (Híbrido 8452) e também apresentam eficácia e praticabilidade no controle de *B. plantaginea*. Concluíram que a mistura mesotrione + atrazina a 0,30 + 3,0 e 0,25 + 4,0 apresentou eficácia no controle de *C. benghalensis* e *B. pilosa*.

Para Foloni (2002), o herbicida mesotrione foi seletivo à cultura do milho, não apresentando sintomas aparentes de fitotoxicidade, de redução no desenvolvimento (altura) ou estande e foi eficaz no controle de *Digitaria horizontalis*, *Eleusine indica*, *Brachiaria plantaginea* entre outras, nas doses de 120 e 144 g.ha⁻¹ i.a. com óleo mineral (0,5% v/v) e 120 + 1600 (mesotrione + atrazina). Para Zagonel (2002) a mistura em tanque de mesotrione + atrazina foi excelente para *Brachiaria plantaginea*, e quando isolado excelente para *Digitaria* e *Euphorbia heterophylla*.

Testando seletividade e eficácia do herbicida mesotrione em mistura com atrazina, em milho safrinha, Losasso et al. (2006) observaram que o híbrido AG 2040 é tolerante ao mesotrione + atrazina e que as plantas daninhas trapoeraba (*C. benghalensis*), capim-colchão (*D. horizontalis*), capim-braquiaria (*B. decumbens*), capim-carrapicho (*C. echinatus*), picão-preto (*B. pilosa*), poaia-branca (*R. brasiliensis*) e beldroega (*P. oleracea*) foram eficientemente controladas pelo mesotrione + atrazina, aos 30 dias após a aplicação.

Tembotrione

O tembotrione é um novo herbicida pós-emergentes para a cultura do milho que esta em desenvolvimento pela empresa Bayer CropScience. Possui o mesmo mecanismo de ação do mesotrione e por esse motivo é bastante eficiente em folhas largas. Com espectro de controle variado, atinge também gramíneas como o capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*). É altamente seletivo a cultura do milho e deve ser posicionado em mistura com atrazina.

Barroso et al., 2006 testaram o tembotrione para avaliação da seletividade e da eficácia sobre a cultura do milho para as plantas daninhas trapoeraba (*C. benghalensis*), corda-de-viola (*I. grandifolia*), capim-pé-de-galinha (*E. indica*), capim-carrapicho (*C. echinatus*) e apaga-fogo (*A. tenella*) em Rio Verde, GO. O tembotrione foi usado em mistura com atrazina e sozinho e comparado ao foramsulfuron + iodosulfuron, ao nicosulfuron e ao mesotrione. Para o híbrido simples BRS 1010, todos os tratamentos envolvendo tembotrione foram seletivos.

Tembotrione em complementação com atrazina nas doses de 0,08 + 2,0 e 0,1 + 2,0, em produto comercial, foi eficiente no controle de todas as plantas daninhas testadas.

Em área do IAC, em Campinas, SP foi conduzido um experimento para avaliação da seletividade de tembotrione sobre a cultura do milho, bem como sua eficácia sobre as plantas daninhas caruru-de-mancha (*A. viridis*), beldroega (*P. oleracea*), capim-marmelada (*B. plantaginea*) e capim-camalote (*R. exaltata*). O herbicida tembotrione, nas doses de 110,8 e 126 g i a. ha⁻¹ isoladamente e em mistura com atrazina a 75,6 + 1000 e 110,8 + 1000 g i a. ha⁻¹, foi seletivo para o híbrido AL-Bandeirantes e eficaz para as plantas daninhas caruru-de-mancha (*A. viridis*), beldroega (*P. oleracea*), capim-marmelada (*B. plantaginea*) (Blanco et al., 2006).

Pesquisadores da Universidade Estadual do Norte Fluminense, em Goytacazes, RJ conduziram um experimento para avaliação do tembotrione quanto a seletividade para os híbridos BRS 2110, AG 1051, Bayer 4454, UENF 506-8 e Bayer 206 e eficácia para as plantas daninhas da área. Observou-se que o tembotrione, na dose de 240 ml.ha⁻¹ + OMS, foi seletivo para todos os híbridos testados e obteve 95% de controle sobre o complexo de plantas daninhas avaliado (Freitas et al., 2006).

O nome comercial do herbicida tembotrione é Soberan. Os trabalhos acima adicionaram óleo mineral ou vegetal aos tratamentos de tembotrione ou tembotrione + atrazina. A recomendação será a adição do óleo OMS, na proporção de 0,5% da calda.

Herbicidas inibidores do fotossistema II

Herbicidas como atrazina (+ óleo) podem ser utilizados na pós-emergência precoce (2 a 2,5 L p.c. ha⁻¹). Outros produtos que podem ser utilizados em pós-emergência inicial são o alachlor + atrazina entre outros (item dos pré-emergentes). Esses herbicidas podem ser aplicados em mistura com as sulfoniluréias em aplicação única ou sequencial (Rodrigues, 2005).

A maioria dos trabalhos apresentados sobre herbicidas pós-emergentes em milho indicam a associação da atrazina aos

pós-emergentes, a fim de aumentar a seletividade aos híbridos testados e o número de plantas daninhas controladas, bem como fornecer algum efeito residual e diminuir os custos do tratamento herbicida.

Milho tolerante ao herbicida glyphosate

Atualmente, o manejo de plantas daninhas está baseado no controle químico, por meio da aplicação de herbicidas. Contudo, por pressões sociais, que visam o menor impacto ambiental, cada vez mais sistemas conservacionistas têm sido empregados na agricultura, visando a preservação e o desenvolvimento da produtividade sustentável. Dentre as medidas conservacionistas, pode-se destacar o sistema plantio direto, que, além de outros princípios, prevê a manutenção do solo sempre coberto por material vegetal, vivo ou em decomposição. Segundo Silva et al. (1998b), a crescente adoção do sistema de plantio direto requer um controle químico eficiente das plantas daninhas, sendo que os herbicidas mais utilizados são aqueles com possibilidade de aplicação em condições de pós-emergência das plantas daninhas e das culturas.

Também, para a formação da palhada, em condição de pré-semeadura, são necessários herbicidas que tenham amplo espectro de ação, eficácia sobre plantas daninhas perenes e anuais, além de eficácia quando aplicados em pós-emergência. Neste contexto é que se insere a tecnologia do milho geneticamente modificado tolerante ao glyphosate. Esta medida possibilita maior flexibilidade para o sistema de produção, uma vez que o mesmo herbicida pode ser utilizado na dessecação e após a emergência da cultura.

A possibilidade da aplicação em área total do glyphosate em pós-emergência das culturas da soja, algodão e milho foi conseguida por meio da biotecnologia, que ao introduzir um novo gene nestas culturas proporcionou tolerância às plantas, que permanecem com pleno desenvolvimento após serem submetidas a doses de glyphosate antes consideradas letais (Barry et al., 1992). A engenharia genética ou biotecnologia tem por objetivo modificar a constituição genética da cultura de modo

a lhe conferir resistência à ação de um determinado herbicida (Oliveira Jr., 2001).

Culturas modificadas geneticamente para tolerância a herbicidas permitem que moléculas anteriormente consideradas não-seletivas sejam aplicadas em área total sobre as culturas, proporcionando controle de um grande número de espécies de plantas daninhas, superior ao controle promovido por um herbicida sabidamente seletivo, por tolerância natural, sem promover injúrias às culturas (Pline-Srnic, 2005). Devido ao amplo espectro de ação, controle generalizado de espécies de plantas daninhas, perfil de segurança favorável, baixo custo relativo e familiaridade com os produtores, o glyphosate tem sido considerado como o herbicida ideal a ser utilizado em culturas tolerantes (Pline-Srnic, 2005). Radosevich et al. (1997), comentam que três fatores têm influenciado o desenvolvimento de culturas geneticamente modificadas tolerantes a herbicidas: i) redução da taxa de descobrimento de novas moléculas com ação herbicida; ii) aumento dos custos para o desenvolvimento de herbicidas; iii) desenvolvimento de novas técnicas de biotecnologia que facilitaram sobremaneira a obtenção de plantas geneticamente modificadas.

Os principais pontos positivos levantados são: baixo custo relativo; menor impacto ambiental; baixa toxicidade do glyphosate a mamíferos, aves e peixes; amplo espectro de ação; aumento da segurança da aplicação (baixa fitotoxicidade); ausência de problemas com efeitos residuais nas culturas em sucessão (carry-over); maior flexibilidade de aplicação e opção de herbicidas; possibilidade do incremento na produção devido ao pleno controle das plantas daninhas e reduzida injúria à cultura.

Em contraponto, os principais pontos negativos levantados são: preocupação ambiental devido ao possível aumento no uso de herbicidas com contaminação da água ou dos alimentos; carência de estudos que quantifiquem o efeito dos organismos geneticamente modificados ao ambiente; possível desenvolvimento de plantas daninhas resistentes ou tolerantes; possibilidade de fluxo gênico para espécies silvestre; dificuldade de controle de plantas voluntárias nas culturas em sucessão;

possibilidade de extinção de espécies de plantas daninhas que poderiam conter genes de interesse; descaracterização das variedades cultivadas; e possibilidade de reduções na produção devido à ausência de efeito residual do glyphosate, o que favorece a manifestação de novos fluxos de plantas daninhas.

Apesar dos pontos negativos listados, em países onde a tecnologia de culturas geneticamente modificadas vem sendo cultivada tradicionalmente, em larga escala, há quase 10 anos, os aspectos benéficos da tecnologia têm se destacado e muitas das preocupações negativas, dentro do conhecimento disponível, não têm apresentado consequências significativas para a população humana, animal e ao ambiente.

Manejo de plantas daninhas na cultura do milho tolerante ao glyphosate

O desenvolvimento de híbridos de milho resistentes às imidazolinonas, ao glufosinato de amônio e ao glyphosate proporcionou novas e promissoras opções para o manejo de plantas daninhas em condição de pós-emergência. Contudo, neste novo sistema de manejo, o momento da aplicação do herbicida pós-emergente se tornou um importante aspecto para a eficiência do manejo, mesmo se for considerada a eficácia do glyphosate como superior aos herbicidas tradicionais sobre plantas mais desenvolvidas (Gower et al., 2003). A aplicação muito precoce, após a emergência da cultura e das plantas daninhas, pode ocasionar um baixo controle dos fluxos subseqüentes. Porém, o atraso na aplicação pode expor a cultura à competição inicial e, portanto, a um período mais longo de interferência das plantas daninhas (Gower et al., 2003).

A eficácia do glyphosate sobre as plantas daninhas pode ser afetada por condições ambientais, pelo estágio fenológico das plantas daninhas, bem como pelas doses utilizadas (Tharp & Kells, 1999). Jordan et al. (1997) estudaram a eficácia do herbicida glyphosate quando aplicado sobre as plantas daninhas, em condição de pousio. Observaram que aplicações precoces de glyphosate, ou seja, sobre plantas mais jovens, apresentaram melhores performances de controle quando comparadas com aplicações tardias. Observaram, também, que o aumento da

dose administrada melhora o controle sobre plantas daninhas mais desenvolvidas. Resultados semelhantes foram obtidos por Krausz et al. (1996).

Gower et al. (2003) estudaram o efeito do momento da aplicação do glyphosate, em condição de pós-emergência, sobre o controle de plantas daninhas e rendimento de grãos de híbrido do milho geneticamente modificado. Observaram que as perdas médias impostas pela presença das plantas daninhas nas parcelas sem tratamento herbicida variaram entre 9 e 97%, com média de 56% entre as localidades estudadas. O controle de plantas daninhas e o rendimento do milho obtidos pelo herbicida glyphosate foram significativamente menores, ou mais variáveis, quando o produto foi aplicado sobre plantas jovens quando comparado com aplicações tardias, principalmente por consequência de outros fluxos de gramíneas.

O tratamento mais efetivo e consistente proposto por Gower et al. (2003), visando o controle das plantas daninhas, foi obtido quando a única aplicação de glyphosate foi atrasada e realizada sobre plantas com 15cm ou mais de altura. Duas aplicações de glyphosate proporcionaram melhores resultados no controle de plantas daninhas do que a aplicação única, sendo que o rendimento de milho foi maior na primeira situação (duas aplicações). O atraso sistemático da aplicação única de glyphosate entre plantas daninhas com 5 e 30 cm, proporcionou rendimentos relativos que oscilaram entre 93 e 79%, respectivamente. Nas ocasiões em que a reinfestação de plantas daninhas foi prevenida, o rendimento de milho foi da ordem de 101, 97 e 93% para plantas daninhas controladas com 5, 10 e 15 cm, respectivamente. Os autores concluíram que o ponto ótimo para o controle inicial de plantas daninhas, sem redução de rendimento, ocorre quando estas têm 10 cm de altura ou menos, menos de 23 dias após a semeadura e milho com desenvolvimento inferior a V4.

No caso do glyphosate, aplicações tardias, sobretudo para a menor dose (210 g.ha^{-1} e.a.), também influenciaram negativamente o rendimento do milho, provavelmente por consequência da competição precoce com as plantas daninhas. Observaram, também, que a aplicação precoce de herbicidas,

seguida de complementação com cultivo mecânico proporcionou controle de plantas daninhas equivalente à aplicação tardia dos produtos e não afetou o rendimento do milho (Tharp & Kells, 1999).

O herbicida glyphosate não controla plantas daninhas que emergem após sua aplicação, assim sendo, a ausência de atividade residual do glyphosate nos solos torna o momento de aplicação do herbicida um ponto chave para o ótimo manejo de plantas daninhas (Tharp & Kells, 1999). Também, a pressão de infestação das plantas daninhas é um aspecto importante e o conhecimento do histórico da área pode contribuir para as recomendações de manejo.

Uma opção interessante para os sistemas de milho tolerante ao herbicida glyphosate seria a adoção de uma aplicação de herbicida pré-emergente, com bom efeito residual, de modo a retardar a aplicação do glyphosate sem, no entanto, incorrer em perdas por competição precoce. Alguns exemplos de herbicidas que poderiam ser utilizados nesta medida de manejo seriam: atrazina, alachlor, s-metolachlor, etc. Além do uso de aplicações em pré-emergência, Nolte & Young (2002) recomendam, também, a adoção de aplicações sequenciais e a combinação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação.

O sistema que envolve a aplicação de herbicidas pré-emergentes tem sido estudado em trabalhos internacionais com boas possibilidades de uso. Na cultura da soja, Wiesbrook et al. (2001) observaram que a adição de fomesafen às aplicações pós-emergentes de glyphosate incrementou o controle de *Ipomoea hederacea* e *Xanthium strumarium*. Ainda, concluíram que a aplicação de clomazone em pré-emergência resultou em melhores controles de *Abutilon theophrasti* e *I. hederacea*. Resultados similares foram encontrados por Krausz & Young (2003) substituindo o clomazone por sulfentrazone.

Thomas et al. (2004a) estudaram sistemas de manejo que incluíram a aplicação de glyphosate isolado, glyphosate + mesotrione e glyphosate + halosulfuron em pós-emergência combinados, ou não, com a aplicação de atrazina ou atrazina + metolachlor em pré-emergência, na cultura do milho tolerante ao glyphosate. Os resultados indicaram que a adição de metolachlor

a atrazina melhorou o controle do capim-colchão (*Digitaria sanguinalis*) e do capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*). O controle em pós-emergência desta plantas daninhas foi similar para a condição de glyphosate isolado ou em mistura com mesotrione ou halosulfuron. A adição de halosulfuron e mesotrione à calda do glyphosate incrementou o controle da tiririca e de *Ipomoea* spp, respectivamente. Ainda, a aplicação de atrazina ou atrazina + metolachlor, em pré-emergência, seguido por qualquer tratamento de glyphosate, proporcionou controles de corda-de-violão (*Ipomoea* spp) de no mínimo 93%. Os melhores rendimentos foram obtidos quando da aplicação de algum tratamento com glyphosate em pós-emergência, com ou sem herbicidas em pré-emergência, sendo que a aplicação dos pré-emergentes elevou ainda mais o rendimento. Em concordância, os sistemas que envolveram tratamentos de glyphosate em pós-emergência apresentaram as maiores taxas de retorno.

Assim sendo, com base nos trabalhos existentes que estudaram a cultura do milho tolerante ao herbicida glyphosate e nos estudos mais avançados com a cultura da soja, pode-se supor alguns sistemas de produção que teriam boa eficiência para as condições brasileiras. Todas as possibilidades citadas a seguir têm como base a dessecação pré-semeadura da área realizada de forma eficaz. Quando da possibilidade da aplicação de um herbicida em pré-emergência, com efeito residual, este poderá ser aplicado sequencialmente à dessecação para maior flexibilidade do sistema, contudo muitos estudos são necessários para que esta recomendação se torne plenamente reconhecida como válida.

(a) Ausência de herbicida em pré-emergência e apenas uma intervenção com o herbicida glyphosate, provavelmente próximo de V4. Só deverá ser eficiente em áreas com baixa pressão de infestação de plantas daninhas. Pode ser uma alternativa interessante para áreas há muito mantidas sob plantio direto ou para a condição de safrinha. Se for realizada muito precocemente, a cultura pode competir com os novos fluxos de plantas daninhas; por outro lado, se realizada em período tardio,

a cultura pode ter sido submetida à competição inicial; as duas situações envolvem redução de rendimento.

(b) Ausência de herbicida em pré-emergência e apenas uma intervenção com o herbicida glyphosate acompanhado de herbicida para incremento de espectro de controle ou de ação residual. Aplicação do glyphosate próximo de V2 ou V3. Neste caso, pode-se aplicar atrazina, mesotrione ou nicosulfuron, em doses reduzidas, para promover o desenvolvimento da cultura sem intervenções futuras.

(c) Ausência de herbicida em pré-emergência com duas intervenções de glyphosate, a serem realizadas entre V2 e V8, conforme infestação de plantas daninhas. Mais recomendada para áreas com alta pressão de infestação de plantas daninhas, ou áreas com espécies consideradas como de difícil controle pelo glyphosate.

(d) Aplicação de herbicida em pré-emergência (alachlor, s-metolachlor e atrazina, principalmente) seguida de uma intervenção com o herbicida glyphosate. Esta pode ser uma recomendação útil para áreas com alta pressão de infestação de plantas daninhas, em que se deseje atrasar a aplicação do glyphosate sem incorrer em perdas de produção. Neste caso, a aplicação do glyphosate poderá ser realizada entre V4 ou V6.

Todas estas recomendações são apenas suposições do sistema que pode se estabelecer para as condições brasileiras. Para cada recomendação, são necessários estudos que realizem o ajuste da dose a ser utilizada para o novo sistema proposto. Também, vale lembrar que são situações de manejo dependentes da época do ano (safra ou safrinha) e da comunidade de plantas daninhas que se mostra diferente de região para região. Outro aspecto relevante é o custo empreendido em cada situação, aspecto este que será determinante para a adoção deste ou daquele modelo.

Referências bibliográficas

ABDIN, O.A. et al. Cover crops and interrow tillage for weed control in short season maize (*Zea mays*). **European Journal of Agronomy**, v.12, p.93-102, 2000.

- ADORYAN, M.L.; GELMINI, G.A.; VICTÓRIA FILHO, R. Eficiência do herbicida Equip Plus no controle de plantas daninhas na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p.347.
- ALCÂNTARA, E.N. Controle das plantas daninhas na cultura do milho. **Informe Agropecuário**, v.6, n.72, p.38-42, 1980.
- ALMEIDA, F.S. **Alelopatia e as plantas**. Londrina: IAPAR, 1988. 60p. (IAPAR, Circular Técnica, 53).
- ALMEIDA, F.S. Controle de ervas. In: Fundação Instituto Agrônomo do Paraná. **Plantio direto no estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1981. p.101-144.
- ALMEIDA, F.S.; RODRÍGUEZ, B.N.; OLIVEIRA, V.F. Controle de ervas. In: **O milho no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1982. p.109-140. (Circular, 29).
- ALMEIDA, J.C.V.; LEITE, C.R.F.; FONTES, A. Eficácia agrônômica dos herbicidas foramsulfuron e foramsulfuron + iodosulfuron methyl, aplicados em pós-emergência para o controle de plantas daninhas na cultura de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p.373.
- ALVES, C.B. **Sensibilidade de híbridos de milho ao herbicida Nicosulfuron**. Curso de especialização em "Proteção de plantas". Universidade Estadual de Ponta Grossa; Setor de Ciências Agrárias e de Tecnologia. Ponta Grossa, 2002. 31p.
- BACHIEGA, A.L.; SOARES, J.E. Callisto (mesotrione) – novo herbicida para o controle de plantas daninhas em pós-emergência, na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p.655.
- BALBINOT JR., A.A.; FLECK, N.G. Manejo de plantas daninhas na cultura de milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. **Ciência Rural**, v.35, n.1, p.245-252, 2005.

- BARROSO, A.L.L.; PROCOPIO, S.O.; OLIVEIRA, L.F.; VELOSO, G.A. Eficácia e Seletividade do herbicida Tembotrione aplicado para controle de plantas daninhas na cultura do milho. **Boletim Informativo**: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. v 12, n 03, p 8, 2006.
- BARRY et al. Inhibitors of amino acid biosynthesis: strategies for imparting glyphosate tolerance to crop plants. In: SINGH, B.K.; FLORES, E.; SHANNON, J.C. (Eds.) **Biosynthesis and molecular regulation of amino acids in plants**. Rockville, MD: American Society of Plant Physiologists, 1992. p.139-145.
- BECKETT, T.H.; STOLLER, E.W.; WAX, L.M. Interference of four annual weeds in corn (*Zea mays*). **Weed Science**, v.36, n.4, p.764-769, 1988.
- BEDMAR, F.; MANETTI, P.; MONTERUBBIANESI, G. Determination of the critical period of weed control in corn using a thermal basis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.2, p.187-193, 1999.
- BEGNA, S.H. Morphology and yield response to weed pressure by corn hybrids differing in canopy architecture. **European Journal of Agronomy**, v.14, n.4, p.293-302, 2001.
- BLANCO, F.M.G.; SUZUKI, M.Y.; FRANCO, D.A.S. Avaliação da eficiência do herbicida tembotrione, aplicado de forma isolada e com componente de misturas, no controle das plantas daninhas nas cultura de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006, Brasília. Convivendo com as plantas daninhas, **Resumos**, Brasília: SBCPD / UNB / Embrapa Cerrados. 2006, p. 272.
- BLANCO, H.G.; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, D.A. Estudo sobre a competição das plantas daninhas na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.45, n.1, p.7-12, jan/mar, 1978.
- BLEASDALE, J.K.A. Studies on plant competition. In: HARPER, J.L. (Ed.). **The biology of weeds**. Oxford: Backwell Scientific Publication, 1960. p.133-142.

- BRUFF, S.A.; SHAW, D.R.. Early season herbicide applications for weed control in stale seedbed soybean (*Glycine max*). **Weed Tecnology**, v.6, p.36-44, 1992.
- CAREY, J.B.; PENNER, D.; KELL, J.J. Physiological basis for nicosulfuron and primisulfuron selectivity in five plant species. **Weed Science**, v.45, p.22-30, 1997.
- CARPINETTI, M.; HADEN, E.; Nicosulfuron herbicida pós-emergente na cultura do milho, controle de dicotiledôneas e monocotiledôneas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTA DANINHAS, 19., Londrina, 1993. **Resumos...** Londrina: SBHED, 1993. p.164-166.
- CARVALHO, F.T.; PERUCHI, M.; PALAZZO, R.R.B.; SOUTO, T.L.; ZAMBON, S. Eficácia de herbicidas no controle pós-emergente de plantas daninhas na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBPCD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p.366.
- CAVERO, J. et al. Competition between maize and *Datura stramonium* in an irrigated field under semi-arid conditions. **Weed Research**, v.39, n.3, p.225-240, 1999.
- CHRISTOFFOLETI, P. J. **Controle de *Brachiaria decumbens* Stapf. e de *Cyperus rotundus* L. em área de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) através da técnica de rotação com amendoim (*Arachis hypogaea* L.) integrada ao uso de herbicidas.** 1988. 117p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.
- CHRISTOFFOLETI, P.J. et al. Manejo de herbicidas para a cultura do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., Salvador, 2005. **Palestras...** Salvador, 2005b. CD-ROM.
- CHRISTOFFOLETI, P.J. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. In: SIMPÓSIO SOBRE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 1., Dourados, 1997. **Anais...** Dourados: EMBRAPA, 1997. p.75-94.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; CARVALHO, S.J.P.; NICOLAI, M. Hora certa. **Cultivar Grandes Culturas**, v.76, p.18-24, 2005a.

- CHRISTOFFOLETI, P.J.; CORTEZ, M.G.; MONQUEIRO, P.A. Bases da resistência de plantas daninhas aos herbicidas. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE MANEJO E CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM PLANTIO DIRETO, 3., Passo Fundo, 2001. **Resumo de palestras...** Passo Fundo: Editora Aldeia Norte, 2001. p.39-53.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; MENDONÇA, C.G. Controle de plantas daninhas na cultura de milho: enfoque atual. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. (Ed.). **Milho: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2001. p.60-95.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; PASSINI, T. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do feijão. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Feijão irrigado: Estratégias básicas de manejo**. Piracicaba: ESALQ/LPV; Publique, 1999. p.80-97.
- CONTIERO, R.L.; LOPES, M.C. Eficiência e toxicidade de herbicidas no controle de plantas daninhas em pós-emergência na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p.328.
- CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR, R.S.; BLAINSKI, E.; HOMEN, L.M. Seletividade e eficácia agrônômica do novo herbicida Tembotrione para a cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006, Brasília. Convivendo com as plantas daninhas, **Resumos**, Brasília: SBCPD / UNB / Embrapa Cerrados. 2006, p 517.
- CORRÊA, J.F. **Potencialidade alelopática e identificação de algumas substâncias de folhas de *Eupatorium maximiliani* Schrad.** 1996. 58p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.
- COSTA, A.F.S. **Influência das condições climáticas no crescimento e desenvolvimento das plantas de milho (*Zea mays* L.), avaliadas em diferentes épocas de plantio.** 1994. 109p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

- DARIO, G.J.A.; DARIO P.W.; BALTIERI E.M. Avaliação da eficiência do herbicida SL 950 (nicosulfuron) no controle de plantas daninhas ocorrentes na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTA DANINHAS, 19., Londrina, 1993. **Resumos...** Londrina: SBHED, 1993. p.147-148.
- DEUBER, R. **Ciência das plantas daninhas: fundamentos.** Jaboticabal: FUNEP, 1992. 431p.
- DEUBER, R. **Ciência das plantas infestantes: v.1 – Fundamentos.** Jaboticabal: FUNEP, 2003. 452p.
- DORNELLES, S.H.B.; DEBORTOLI, M.P.; CAPITANIO, J.; BRONDANI, D.; ABREU, M.R.; BORTOLOTO, R.P. Eficiência da mistura foramsulfuron + iodosulfurom methyl no controle de plantas daninhas na cultura de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p.385.
- DUARTE, N.F. **Determinação do período de competição de plantas daninhas fundamentado nos estádios fenológicos da cultura do milho (*Zea mays* L.).** 2000. 81p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- DURIGAN, J.C. **Controle químico de plantas daninhas na citricultura.** Jaboticabal: FUNEP/FCAV-UNESP, 1988. 18p.
- EMBRAPA. **Plantio direto: 500 perguntas e 500 respostas.** Disponível em: <http://www.embrapa.gov.br>. Acesso em 14 de dezembro de 2002.
- FANCELLI, A.L. Exigência climática e fenologia do milho. In: FANCELLI, A.L. **Milho.** Piracicaba: ESALQ/USP-FEALQ, 1990. p.50-56.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Fenologia do milho. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. (Ed.). **Tecnologia da produção de milho.** Piracicaba: Publique, 1997a. p.131-140.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Milho: fisiologia da produção. In: SEMINÁRIO SOBRE FISIOLOGIA DA PRODUÇÃO E MANEJO DE ÁGUA E DE NUTRIENTES NA CULTURA DO MILHO DE ALTA PRODUTIVIDADE, 1996,

- Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP/Potafos, 1996. p.8-21.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de Milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.
- FANCELLI, A.L.; LIMA, U.A. **Milho: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. São Paulo: SICCI/PROMOCET/FEALQ, 1982. 112p. (Série Extensão Agroindustrial, 5).
- FANCELLI, A.L. et al. Influência do uso de herbicidas no rendimento e nos componentes de produção de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., Recife, 1998b. **Resumos...** Recife: Idéia, 1998. p.245.
- FANCELLI, A.L.; **Plantas alimentícias: guia para aula, estudos e discussão**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Agricultura, 1986. 131p.
- FERRI, M.C.W.; VIDAL, R.A. Eficácia do herbicida acetochlor na semeadura direta e convencional com ou sem palha e os efeitos sobre o rendimento do milho. **Ciência Rural**, v.34, n.2, p.351-356, 2004.
- FLECK N.G. et al. Interferência de picão-preto e guaxuma com a soja: efeitos da densidade de planta e época relativa de emergência. **Ciência Rural**, v.34, n.1, p.41-48, 2004.
- FLECK N.G. **Princípios do controle de plantas daninhas**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. 70p.
- FOLONI, L.L. Callisto (mesotrione) - um novo herbicida pós-emergente para a cultura do milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p.308.
- FOLONI, L. L., GANGORA, V. A., VELLINI, E. D., CHRISTOFFOLETI, P. J., BARELA, J. F., NICOLAI, M. Glyphosate and carfentrazone-ethyl mixtures for the control of hard to kill weeds in zero-tillage systems in Brazil. The BCPC International Congress: Crop Science and Technology, Volumes 1 and 2. Proceedings of an international congress held at the SECC, Glasgow, Scotland, UK, 10-12 November, 2003.

- FORNAROLLI, D.A. et al. Influência do horário de aplicação no comportamento de atrazine e misturas aplicadas em pós-emergência na cultura do milho. **Planta Daninha**, v.17, n.1, p.119-130, 1999.
- FRANCO, G. Equip plus (foramsulfuron + iodosulfuron) - novo conceito em herbicidas sulfoniluréias na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p.659.
- FRANCO, G.V. Controle de plantas daninhas. **Correio Agrícola**, n.1, p.6-7, 2003.
- FREITAS, I.L.J.; FREITAS S. P.; VIEIRA, H.D., FREITAS, S.J.; OGLIARE, J. Seletividade e eficácia de controle de plantas daninhas do herbicida Tembotrione aos principais híbridos de milho recomendados para região sudeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006, Brasília. Convivendo com as plantas daninhas, **Resumos**, Brasília: SBCPD / UNB / Embrapa Cerrados. 2006, p. 274.
- FRIZZAS, M.R. **Levantamento de insetos em plantas daninhas na entressafra das culturas da soja e milho em Jaboticabal (SP)**. 1998. 103p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- FURTADO, D.A.S. **Seletividade e eficácia agrônômica do herbicida mesotrione na cultura do milho**. 2004. 68p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- GASSEN, D.N. **Cooplantio**: informativos técnicos. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2002. 150 p.
- GOWER, S.A. et al. Effect of postemergence glyphosate application timing on weed control and grain yield in glyphosate-resistant corn: results of a 2-yr multistate study. **Weed Technology**, v.17, p.821-828, 2003.
- HALE, M.G.; ORCUTT, D.M. **The physiology of plant under stress**. New York: John Wiley, 1987, 206p.

- HALL, M.R.; SWANTON, C.J.; ANDERSON, G.W. The critical period of weed control in grain corn (*Zea mays*). **Weed Science**, v.40, n.3, p.441-447, 1992.
- HOLT, J. Plant response to light: a potential tool for weed management. **Weed Science**, v.43, p.474-482, 1995.
- JAKELAITIS, A. et al. Efeitos de herbicidas no consórcio de milho com *Brachiaria brizantha*. **Planta Daninha**, v.23, p.69-78, 2005.
- JEFFERIES, R.A. Cultivars responses to water stress in potato; effects of shoot and roots. **New Phytologist**, v.123, p.491-498, 1993.
- JORDAN, D.L. et al. Influence of application variables on efficacy of glyphosate. **Weed Technology**, v.11, p.354-362, 1997.
- KARAM, D.; MELHORANÇA, A. L. **Embrapa Milho e Sorgo**: Sistema de produção. Apresenta informações técnicas a respeito do manejo de plantas daninhas no sistema de cultivo de milho (*Zea mays* L.). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicações/milho/plantasdaninhas/htm>>. Acesso em: 26 de agosto de 2005.
- KINERY, J.R. Maize phase development. In: HANKS and RITCHIE (Eds.) **Modeling plant and soil systems**. Agronomy Monograph No.31. ASA. Madison. WI. p.55-69.
- KISSMANN, K.G. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Disponível em: http://www.hrac-br.com.br/arquivos/texto_reisistencia_herbicidas.doc. Acessado em primeiro de agosto de 2003.
- KLECZKOWSKI, L.A. Inhibitors of photosynthetic enzymes / carriers and metabolism. **Annual Review of Plant Physiology**, v.45, p.339-367, 1993.
- KOCH, D.W. et al. Herbicides and adjuvants for sod control prior to no-till seeding of alfalfa. **Proceedings of Annual Meeting of Western Society of Weed Science**, v.42, p.29-32, 1989.
- KOZLOWSKI, L.A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. **Planta Daninha**, v.20, n.3, p.365-372, 2002.
- KOZLOWSKI, L.A. Seletividade de herbicidas pós-emergentes aplicados em diferentes híbridos de milho. In: CONGRESSO

- BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006, Brasília. Convivendo com as plantas daninhas, **Resumos**, Brasília: SBCPD / UNB / E. Cerrados. 2006, p 278.
- KRAUSZ, R.F.; KAPUSTA, G.; MATTEWS, J.L. Control of annual weeds with glyphosate. **Weed Technology**, v.10, p.957-962, 1996.
- KRAUSZ, R.F.; YOUNG, B.G. Sulfentrazone enhances weed control of glyphosate in glyphosate-resistant soybean. **Weed Technology**, v.17, p.249-255, 2003.
- KRUSE, N.D. Inibidores da síntese de carotenóides. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO Jr., A. (Eds.). **Herbicidologia**. Porto Alegre: Gaúcha, 2001. p.113-122.
- LAUER, J.; BOERBOOM, C. **Does an imidazolinone tolerant corn hybrid yield less than it's nontolerant isolate?** Disponível em: <http://corn.agronomy.wisc.edu/Publications/AAdvice/1994/IMIDAZ.html>. Acessado em 14 de dezembro de 2002.
- LEE, D. et al. AC 263,222 and imazethapyr for weed management in IR corn. **Proceedings of Southern Weed Science Society**, v. 47, p. 219, 1994.
- LÓPEZ-OVEJERO et al. Using thermal units form estimating critical period of weed competition in off-season maize crop. **Journal of Environmental Science and Health**, v.B40, n.1, p.1-10, 2005.
- LÓPEZ OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; NICOLAI, M; BARELA, J.F. Manejo de Plantas Daninhas na Cultura do Milho. In: **Milho: Estratégias de Manejo para Alta Produtividade**. [Ed]: FANCELLI, A.L; DOURADO-NETO, D. ESALQ/USP/LPV, Piracicaba/SP, 2003. p 47-79.
- LÓPEZ-OVEJERO, R.F. **Desempenho da cultura de milho (*Zea mays*) submetida a diferentes herbicidas na ausência de plantas daninhas**. 2000. 46p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- LORENS, G.F.; BENNETT, J.M.; LOGGALE, L.B. Differences in drought resistance between two corn hybrids. I.Water

- relation and root length density. **Agronomy Journal**, v.79, p.802-807, 1987.
- LOSASSO, P.H.L.; SOUZA, L.S. GOES FILHO, L.A.; ANGELI, R.G. Seletividade e eficacia do herbicida mesotrione em milho safrinha em diferentes estádios de aplicação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006, Brasília. Convivendo com as plantas daninhas, **Resumos**, Brasília: SBCPD / UNB / Embrapa Cerrados. 2006, p 275.
- MACIEL, C.D.G. et al. Comportamento do anidrido naftálico na seletividade do herbicida isoxaflutole sobre a cultura do milho. CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD;Embrapa Clima Temperado, 2002. p.298.
- MAGALHÃES, P.C.; PAIVA, E. Fisiologia da produção. In: Embrapa Milho e Sorgo. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo, 1993. p.85-95.
- MAROCHI, A.I. Influência da época de dessecação da *Avena strigosa* em sistema de plantio direto no desenvolvimento da cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., Florianópolis, 2002. **Resumos...** Sete Lagoas: ABMS; Embrapa Milho e Sorgo; Epagri, 2002a. p.286.
- MAROCHI, A.I. Influência da época de dessecação de *Lolium multiflorum* em sistema de plantio direto no desenvolvimento da cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., Florianópolis, 2002. **Resumos...** Sete Lagoas: ABMS; Embrapa Milho e Sorgo; Epagri, 2002b. p.287.
- McLACHLAN, S.M. et al. Effect of corn-induced shading on dry matter accumulation, distribution and architecture of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). **Weed Science**, v.41, n.4, p.568-573, 1993.
- McMASTER, G.S.; WILHELM, W.W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agriculture and Forestry Meteorology**, v.87, p.291-300, 1997.
- McWILLIAM, J.R. The national and international importance of drought and salinity effects on agricultural production.

- Australian Journal of Plant Physiology**, v.35, p.1-13, 1986.
- MOLISCH, H. **Der Einfluss einer Pflanze auf die andere - Allelopathie**. Jena, Germany: Fischer, 1937.
- NICOLAI, M. Desempenho da cultura de milho (*Zea mays*) submetida a aplicação de Herbicidas Pós-Emergentes, em Diferentes Situações de Manejo. Dissertação (mestrado) - ESALQ/USP, Piracicaba, 2005. 96p.
- NICOLAI, M.; BORDIGNON-NETO, W.; CARVALHO, S.J.P.; SCARPARI, L.G.; MOREIRA, M.S.; ZAMBOM, S.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Avaliação da tolerância de híbridos de milho para o herbicida nicosulfuron em diferentes regiões produtoras do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006, Brasília. Convivendo com as plantas daninhas, **Resumos**, Brasília: SBCPD / UNB / Embrapa Cerrados. 2006, p 293.
- NIETO, J.; NIETO-PALLAS, J.; PALLAS, J.N. Soil management in almonds. **Proceedings of EWRS Symposium on weed problems in mediterranean climates**, v.1, p.102-109, 1989.
- NOLTE, S.A.; YOUNG, B.G. Efficacy and economic return on investment for conventional and herbicide-resistant corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, v.16, p.371-378, 2002.
- OLIVEIRA Jr., R.S. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: OLIVEIRA Jr., R.S.; CONSTANTIN, J.(Eds.) **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p.291-314.
- OLIVEIRA Jr., R.S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 362p.
- OLIVEIRA, M.F. et al. Efeito da palha e da mistura atrazine e metolachlor no controle de plantas daninhas na cultura do milho, em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.1, p.37-41, 2001.
- OSIPE, R.; SIGUINOLFI, C.A.A.; GODOY, C.V. Eficácia e seletividade dos herbicidas aplicados em pós-emergência da cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002.

- Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002a. p.380.
- PAVEZI, R.T. **Controle da tiririca (*Cyperus rotundus* L.) através de métodos químico e mecânico.** 1988. 122p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.
- PEIXOTO, C. M.; RAMOS, A.A. Milho: manejo de herbicida; caderno técnico. **Cultivar**, p.10, 2002. (Cultivar Grandes Culturas, 42).
- PENCKOWSKI, L.H. Importância da dessecação para semeadura de milho em plantio direto. **Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária**, v.4, n.18, p.11-13, 2001.
- PINTO, R.A.; ZAMBON, S.; SANCHEZ, G.A. Equip Plus, o pós-emergente do milho de amplo espectro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p.666.
- PITELLI, R.A. Interferências de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, v.11, n.129, p.16-27, 1985.
- PITELLI, R.A.; DURIGAN, J.C. Terminologia para período de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 15., Belo Horizonte, 1984. **Resumos...** Belo Horizonte: SBHPD, 1984. p.37.
- PLINE-SRNIC, W. Technical performance of some commercial glyphosate-resistant crops. **Pest Management Science**, v.61, p.225-234, 2005.
- RADOSEVICH, S.; HOLT, C.; GHERSA, C. **Weed Ecology: implications for weed management.** New York: John Wiley & Sons, 1997. 589p.
- RAJCAN, I.; SWANTON, C. Understanding maize-weed competition: recourse competition, light quality and the whole plant. **Field Crop Research**, v.71, p.139-150, 2001.
- RAMOS, L.R.M. Efeito de período de convivência da comunidade infestante sobre o crescimento, nutrição mineral e

- produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.). 1992. 100p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1992.
- RAMOS, L.R.M.; PITELLI, R.A. Efeitos de períodos de convivência da comunidade infestante sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 19., Londrina, 1993. Resumos... Londrina: SBHED, 1993. p.35-36.
- RAMOS, M.B.M.; VALENTE, T. Interferência de substâncias alelopáticas extraídas de *Brachiaria decumbens* na germinação da soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*). CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., Caxambu, 1997. **Resumos...** Viçosa: SBCPD, 1997. 482p.
- RICE, E.L. **Allelopathy**. 2.ed. New York: Academic Press, 1984. 422p.
- RITCHIE, S.W.; HANHAY, J.J.; BENSON, G. O. Revisado e adaptado por: VON PINHO, R.G.; VASCONCELOS, R.C. **Como a planta de milho se desenvolve**. Arquivos do agrônomo, 15. Encarte de informação agrônômicas, n.113. Piracicaba: Potafos, 2003. 20p.
- RIZZARDI, M.A. et al. Aspectos gerais do manejo e controle de plantas daninhas. In.: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (Eds.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004b. p.105-144.
- RIZZARDI, M.A.; KARAM, D.; CRUZ, M.B. Manejo e controle de plantas daninhas em milho e sorgo. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (Eds.) **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004a. p.571-594.
- RIZZARDI, M.A.; LAMB, T.D.; JOHANN, L.B. Seletividade de cultivares de milho pipoca ao herbicida mesotrione, em função da temperatura e época de semeadura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006, Brasília. Convivendo com as plantas daninhas, **Resumos**, Brasília: SBCPD / UNB / Embrapa Cerrados. 2006, p 293.

- RODRIGUES, B.N. et al. Influência da cobertura morta na retenção do imazaquin em plantio direto em soja. **Planta Daninha**, v.18, p.231-239, 2000.
- RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. (Ed.). **Guia de herbicidas**. Londrina: autores, 2005. 592p.
- RODRIGUES, B. N. Seletividade de nicosulfuron e foramsulfuron + iodosulfuron em cultivares de milho do IAPAR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006, Brasília. Convivendo com as plantas daninhas, **Resumos**, Brasília: SBCPD / UNB / Embrapa Cerrados. 2006, p 265.
- RODRIGUES, L.R.A.; ALMEIDA, A.R.P.; RODRÍGUEZ, T.J.D. Alelopatia em plantas forrageiras e pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 2., Jaboticabal, 1993. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1993. p.100-129.
- RODRIGUES, L.R.A.; RODRIGUES, T.J.D.; REIS, R.A. **Alelopatia em plantas forrageiras**. Jaboticabal: UNESP/FUNEP, 1992. 18p. (Boletim).
- ROMAN, E.S. Quando controlar as plantas daninhas. **Plantio Direto**, n.66, p.12-18, nov./dez., 2001.
- ROSSI, I.H. et al. Interferência das plantas daninhas sobre algumas características agronômicas e a produtividade de sete cultivares de milho. **Planta Daninha**, v.14, n.2, p.134-148, 1996.
- RUCKHEIM FILHO, O. Controle das plantas invasoras do milho. **Ipagro Informa**, Pelotas, v.20, p.61-65, 1978.
- RUDELL, J. Dessecação e controle de plantas infestantes no sistema plantio direto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., Passo Fundo, 1995. **Resumos...** Passo Fundo: EMBRAPA; CNPT, 1995. p.21-27.
- SALES, J.L. Determinação dos períodos de interferência e integração de práticas culturais com herbicidas no controle de plantas daninhas na cultura do milho (*Zea mays* L.). 1991. 151p. Tese (Doutorado em fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. Plant Physiology. Belmont: Wadsworth, 1991. 459p.
- SIKKEMA, P.H. et al. Biologically effective dose and selectivity of SAN1269H for weed control in corn. **Weed Technology**, v.13, n.2, p.283-289, 1999.
- SILVA, A.A. et al. Efeitos de mistura de herbicida com inseticida sobre a cultura do milho, as plantas daninhas e a lagarta do cartucho. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**, v.10, p.125, 2004.
- SILVA, A.A.; MELHORANÇA, A.L. Controle de plantas daninhas na cultura do milho. In: Embrapa; UEPAE. **Milho: informações técnicas**. Dourados, Embrapa; UEPAE, 1991. p.114-127. (Circular Técnica, 20).
- SILVA, J.B. Uso de herbicidas nas diversas fases da pós-emergência da cultura do milho. **Jornal do Engenheiro Agrônomo**, São Paulo, n.225, p.5, 1997a.
- SILVA, J.B.; RODRIGUES, M.A.T.; BEGLIOMINI, E. Determinação do período de interferência de plantas daninhas em milho fundamentado nos estádios fenológicos da cultura. **O Ruralista**, Belo Horizonte, v.35, n.440, 1998a.
- SILVA, J.B.; RODRIGUES, M.A.T.; BEGLIOMINI, E. Indicações para o controle de plantas daninhas na cultura do milho em pós-emergência com o herbicida Sanson 40 SC e sua mistura com atrazine. **O Ruralista**, v.35, n.440, p.9-16, 1998b.
- SILVA, W. Interferência de *Brachiaria brizantha* sobre *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*, cultivados em solos com diferentes teores de água. 1997. 89p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997b.
- SKORA NETO, F. Tolerância de híbridos de milho de ciclo precoce e normal ao herbicida Nicosulfuron. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., Londrina, 2002. Resumos... Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p.357.
- SOUZA, I.F. Plantas daninhas: Manejo integrado e ação de herbicidas. Lavras: UFLA, 2002. 66p. Apostila.
- SOUZA, L.C.F. Época de gradagem em relação à semeadura e sistemas de controle de plantas daninhas no desempenho

- da cultura do milho (*Zea mays* L.). 1994. 129p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1994.
- STIPP, S.R.; YAMADA, T. Nutrição e adubação do milho. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.44, p.3-6, 1988.
- SWANTON, C.J.; WEISE, S.F. Integrated weed management. **Weed Technology**, v.5, n.3, p.657-663, 1991.
- THARP, B.E.; KELLS, J.J. Influence of herbicide application rate, timing, and interrow cultivation on weed control and corn (*Zea mays*) yield in glufosinate-resistant and glyphosate-resistant corn. **Weed Technology**, v.13, p.807-813, 1999.
- THILL, D.C.; MALLORY-SMITH, C.A. The nature and consequence of weed spread in cropping systems. **Weed Science**, v.45, p.337-342, 1997.
- THOMAS, W.E.; BURKE, I.A.; WILCUT, J.W. Weed management in glyphosate-resistant corn with glyphosate, halosulfuron and mesotrione. **Weed Technology**, v.18, p.826-834, 2004.
- TOLENAAR, M. et al. Effect of weed interference and soil nitrogen on four maize hybrids. **Agronomy Journal**, v.86, p.596-601, 1994.
- TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A. Herbicidas inibidores da ALS. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A. (Ed.). **Herbicidologia**. Porto Alegre: Gaúcha, 2001. p.25-36.
- VELINI, E.D. Interferência entre plantas daninhas e cultivadas. In: SIMPÓSIO SOBRE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 1., Dourados, 1997. **Resumos...** Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1997. p.29-41.
- VICTORIA FILHO, R. Controle das plantas daninhas na cultura do milho. In: FANCELLI, A.L. (Ed.) **Milho**. Piracicaba: ESALQ, 1990. p.50-56.
- VIDAL, R.A.; FLECK, N.G. Inibidores de crescimento da parte aérea. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A. (Eds.). **Herbicidologia**. Porto Alegre: Gaúcha, 2001. p.123-130.
- WALLACE, J.S. et al. Comparison of the interception and water use of plants and first ratoon sugar cane intercropped with maize. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.57, p.85-105, 1991.

- WERLANG, R. C.; SILVA A.A. **interação de glyphosate com carfentrazone-ethyl Planta Daninha**, v.20, n.1, p.93-102, 2002.
- WHIEPKE, T. Influence of legume and rye mulches on no-till flue-cured tobacco, soil and dissipation of diphenamid and weed suppression. **Sciences and Engineering**, v.51, p.491, 1990.
- WIESBROOK, M.L. et al. Comparison of weed management systems in narrow-row, glyphosate- and glufosinate-resistant soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v.15, p.122-128, 2001.
- WILSON, R.G. Effect of preplant tillage, post-plant cultivation and herbicides on weed density in corn. **Weed Technology**, v.7, p.728-734, 1993.
- WITTAKER, R.H.; FEENY, P.P. Allelochemicals: chemical interaction between species. **Science**, v.171, p.757-70, 1971.
- WOOLCOCK, J.L.; COUSENS, R. A mathematical analysis of factors affecting the rate of spread of patches of annual weeds in an arable field. **Weed Science**, v.48, p.27-34, 2000.

Alternativas para o controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* e principais cuidados no uso de milho transgênicos resistentes a insetos

Ivan Cruz

Embrapa Milho e Sorgo, Pesquisador, Doutor, Bolsista CNPq

Introdução

A história da agricultura evidencia o grande avanço tecnológico, especialmente no que diz respeito à genética. Híbridos de milho a cada ano são disponibilizados para a inserção nos sistemas de produção, cada um com alto potencial produtivo. Paralelamente, os insetos pragas, também, num sistema co-evolucionário, vem se adaptando tanto em relação aos seus hospedeiros, quanto aos diferentes métodos de controle. Muitas vezes, híbridos de milho com alto potencial produtivo não exibem resistência genética a diferentes pragas e, portanto, mesmo com grande investimento em insumos básicos como, fertilizantes, controle de plantas daninhas e de enfermidades, entre outros, têm a sua produtividade comprometida pela falta de controle, por exemplo, em relação à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, a principal praga da cultura, como documentado em pesquisas nacionais e internacionais (Cruz & Turpin, 1982, 1983; Cruz *et al.*, 1996, 1999, Figueiredo *et al.*, 2006). Essa praga, segundo Cruz *et al.* (1999b) acarreta prejuízos estimados em mais de 400 milhões de dólares anuais.

A lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith)

Essa espécie, identificada em 1797, tem a cultura do milho seu hospedeiro preferencial, embora possa sobreviver em vários outros hospedeiros nativos ou cultivados, como outras gramíneas e a cultura do algodão. Aspectos bioecológicos foram revisados em detalhes por Cruz (1995). A fêmea fecundada coloca seus ovos em massas, que podem conter entre 100 a 300 ovos. Cada massa é colocada aleatoriamente dentro da área cultivada com o milho e pode ser encontrada em diferentes

partes da planta. Embora, com o nome comum de lagarta-do-cartucho, as posturas, bem como as lagartas do inseto, podem ser encontradas nas diferentes fases de desenvolvimento da planta. A fase de ovo, embora influenciada pela temperatura, como as demais fases, varia entre três e cinco dias. As lagartas recém-eclodidas inicialmente alimentam-se nas proximidades do local onde estava a postura. Pelo tamanho diminuto e pela grande quantidade de lagartas, quando as plantas estão com mais de 25 dias, fazem raspagem nas folhas deixando um sintoma típico. Quando o ataque ocorre em plantas recém-emergidas ele é fatal e o sintoma de “raspagem” não é típico. À medida que as lagartas desenvolvem, elas começam a migrar para as plantas vizinhas, em busca do cartucho da planta. A lagarta migratória, ao atingir a planta, geralmente penetra no cartucho, sem ocasionar dano aparente nas folhas externas. O dano só será verificado, quando a lagarta já está bem desenvolvida. Em plantas de milho, podem ser encontradas na mesma planta, mais de uma lagarta e estas, também podem estar dentro do seu cartucho em maior número. Embora, exista canibalismo, percebe-se, que este ocorre, quando lagartas de idades semelhantes entram em contato físico, o que não é tão comum dentro do cartucho pela separação promovida pelas folhas da planta. Lagartas de tamanhos diferentes podem ser facilmente encontradas na mesma planta, oriundas de gerações sobrepostas da praga. A fase de lagarta dura entre 20 e 25 dias. Durante essa fase as lagartas alimentam-se preferencialmente de folhas novas. Algumas variações no modo de ataque às plantas podem ser verificadas, conforme apontado por Cruz (1995) e Cruz et al., (1997). Duas variações são verificadas em plantas mais jovens, isto é, quando a planta está entre 25 e 40 dias. A primeira delas é o aprofundamento da lagarta no colmo, atingindo o ponto de crescimento da planta, ocasionando o sintoma conhecido como “coração morto”. Esse sintoma é bastante semelhante ao observado em ataques da lagarta-elasma, *Elasmopalpus lignosellus*. A broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis*, quando ataca plantas pequenas de milho, também provoca esse dano. Portanto, o sintoma de coração morto não é típico de uma praga específica, e por isso, deve-se identificar a presença da espécie próxima ao dano. Uma outra

variação de ataque da praga é verificada na base da planta, com a lagarta atuando no modo típico da lagarta-rosca, *Agrotis ipsilon*, ou seja, a lagarta-do-cartucho secciona a base da planta, geralmente matando-a, devido ao corte abaixo do ponto de crescimento. Quando a planta completa o estágio de desenvolvimento denominado fase do “cartucho” e a lagarta não está completamente desenvolvida, o ataque passa a ser direcionado para o pendão ou para a espiga. Nesse último local, os danos podem ser severos, principalmente, quando a lagarta ataca a região de inserção da espiga na planta. Quando o ataque ocorre antes do enchimento de grãos o prejuízo é total, pois não há produção da planta. Mesmo quando já iniciado o processo de enchimento dos grãos, também os prejuízos são altos e a espiga pode inclusive ser destacada da planta. Prejuízos menores ocorrem, quando a lagarta perfura a base da espiga e se alimenta dos grãos nesse local ou mesmo quando ela penetra pela ponta, onde permanece às vezes junta à lagarta-da-espiga, *Helicoverpa zea*. Os prejuízos podem ser magnificados quando a produção se destina à semente, à venda “in natura” ou à venda para a produção de enlatados (milho doce). O ataque aos grãos pode favorecer a entrada de microrganismos, como as micotoxinas, aumentando a incidência de grãos ardidos.

Quando a lagarta completa seu desenvolvimento, de maneira geral abandona a planta e dirige ao solo onde constrói uma câmara pupal e dentro dela se transforma na fase de pupa. Findo essa fase, que dura em torno de 11 dias, ocorre a emergência do adulto que dá início a uma nova geração. Considerando um ciclo total médio entre 35 a 40 dias, quando a postura da praga ocorre logo após a emergência da planta, durante a fase de cultivo de milho é possível ocorrer até duas gerações subseqüentes da praga. Porém, como existe também o fluxo relativamente constante de mariposas migrantes de outras áreas, é comum a sobreposição de gerações durante o ciclo vegetativo do milho.

Métodos de Controle

Por sua importância, ao longo dos anos o principal método de manejo foi quase que exclusivamente baseado na aplicação

de inseticidas químicos, até que casos de resistência a esses produtos e redução dos fatores de mortalidade natural da praga levaram a uma demanda por métodos mais precisos e ambientalmente seguros (Cruz, 2002a; Cruz *et al.*, 1999). Apesar de grandes avanços na busca por métodos alternativos ao controle químico, vários aspectos relacionados à bioecologia da praga ainda precisam ser bem mais estudados. É o caso, por exemplo, da dinâmica populacional. A relação entre a praga, planta hospedeira e agentes de controle biológico natural é um campo ainda a ser mais explorado (Cruz, 2002b). A atratividade da planta hospedeira, mesmo sendo a planta, suscetível à espécie de praga, notadamente à sua fase larval, pode ter variações em relação ao inseto adulto em sua capacidade de encontrar seu hospedeiro e/ou considerá-lo adequado para receber sua postura. Estágio de desenvolvimento da planta e até mesmo sua condição fisiológica podem afetar a capacidade de busca da praga. Logicamente, quanto mais insetos adultos tiverem acesso a planta hospedeira, maior população larval, e, conseqüentemente, maior potencial de dano pode ser esperado. Esse potencial vai depender da ação dos fatores bióticos naturais ou da interferência artificial no ambiente. Por outro lado, os insetos são também influenciados pelos fatores abióticos da natureza, como a temperatura, umidade, fotoperíodo, altitude, latitude, longitude, etc. O avanço do conhecimento sobre a dinâmica populacional de *S. frugiperda* com certeza propiciará a tomada de decisão com alto nível de acerto em qualquer tática de manejo integrado.

As pesquisas voltadas para insetos adultos têm grande significado para o manejo de pragas por ser essa fase aquela que dá início ao processo de colonização efetiva da planta hospedeira através da colocação dos ovos pela fêmea adulta e a presença posterior das lagartas. A grande dificuldade que existia, especialmente no Brasil era a dificuldade metodológica na coleta de adultos. Por longo período o monitoramento através de armadilhas luminosas (lâmpada ultravioleta) pareceu ser um método que poderia resolver o problema. No entanto, a falta de especificidade, a grande mão-de-obra para identificar a espécie alvo, a precisão na identificação e a dependência em fonte de energia na área agrícola, inviabilizou o uso dessa técnica. Esses

problemas atualmente vêm sendo sanados através do desenvolvimento de atraentes sexuais sintéticos (feromônio) específicos e de armadilhas apropriadas para a espécie, com custo relativamente competitivo e de alta precisão.

Fatores que influenciam a eficiência do controle

A baixa eficiência verificada no controle da praga pode, na maioria das vezes, ser atribuída muito mais devido aos métodos de aplicação do que ao próprio inseticida, a não ser nos casos de resistência. Regulagem incorreta do pulverizador e/ou sem aplicações dirigidas ao alvo, falta de utilização de métodos adequados de monitoramento, ajustes em volume de calda e na dose, em função do estágio de desenvolvimento da planta e/ou do inseto, entre outros, levam a uma diminuição na eficiência do controle, por não atingir adequadamente o local onde a praga se encontra e, em condições mais drásticas pode levar ao aparecimento de populações resistentes ao inseticida aplicado.

Quando e como controlar a praga

Deve ser considerado que o inseto além de atacar normalmente, durante a fase de cartucho, pode precocemente, também atacar a plântula ou tardiamente atacar a espiga, na sua inserção na planta ou diretamente no grão. Para cada fase pode-se adotar uma estratégia diferente. Geralmente a primeira infestação ocorre pela chegada de mariposas migrantes de outras áreas. O inseto coloca seus ovos na folha e após a eclosão, as lagartas iniciam a alimentação reduzindo a área foliar da planta e conseqüentemente, diminuindo o potencial produtivo da cultivar. Quanto maior o número de plantas atacadas, o tempo de alimentação e maior o número de insetos por planta, maior será a queda na produtividade. Portanto, para se evitar as perdas em produtividade e conseqüentemente, em lucratividade, é necessário interromper o ataque da praga o quanto antes. Para se tomar uma decisão sobre determinada medida de controle é necessário primeiramente determinar o nível de dano econômico da praga. Esse nível de dano econômico leva em conta a relação entre densidade populacional da praga e queda em rendimento, o custo da medida de controle (custo do produto utilizado e da

aplicação) e o valor da produção (estimado em função da produtividade esperada e do preço de comercialização). Quando a população da praga atingir uma densidade, cujo dano equivaler a uma queda em produtividade da magnitude do custo da medida de controle tem-se o ponto de decisão. Qualquer aumento da população da praga acima daquele limite pré-estabelecido significará perdas econômicas, caso não seja utilizado nenhum mecanismo de controle. Portanto, conhecendo-se os valores econômicos de produção e comercialização, e também de posse dos resultados gerados pela pesquisa no que diz respeito ao potencial de dano da praga, basta determinar a real infestação da praga em condições de campo, para confirmar se a sua população demanda o controle imediato, ou não. A Tabela 1 mostra o nível de controle da praga, ou seja, a densidade da praga que se não controlada ocasionaria teoricamente um prejuízo equivalente ao custo de controle. Pode ser verificado também que, para um mesmo teto de produtividade, a densidade da praga, que pode ser tolerada vai variar com o custo da medida de controle. Também nesta mesma tabela é considerado que a praga acarretaria um prejuízo médio de 20%, caso não seja controlada. Baseado na indicação da Tabela 1, a aplicação efetiva de uma medida de controle dependerá da população real da praga em condições de campo.

Para se determinar a população da praga podem-se amostrar cinco pontos ao acaso em cada hectare de milho, escolhendo em cada ponto, 100 plantas consecutivas, onde será determinado o número de plantas atacadas. Se a densidade média encontrada for igual ou maior do que a densidade teórica indicada na Tabela 1, fazer a aplicação de controle.

A utilização da Tabela 1, apresenta como um dos pontos negativos, o seu embasamento em percentagem aparente de plantas atacadas. O problema é que não é incomum uma planta sem sintoma aparente de dano foliar estar na realidade infestada por lagartas que se encontram alojadas dentro do cartucho. Não sendo considerada uma planta infestada, tem-se uma subestimativa da infestação. Um segundo ponto negativo é a não consideração da distribuição de lagartas por idade (instar). Predominância de lagartas mais desenvolvidas indica amostragem tardia e necessidade de ajustes em doses de

inseticidas. Portanto, a metodologia de amostragem que leva em consideração a presença real da praga é mais eficiente.

Uso de armadilha com feromônio

Para aumentar a precisão na tomada de decisão sobre determinada medida de controle será necessária a determinação, o mais cedo possível, de quando a praga chegou na área alvo e preferencialmente, a detecção de uma fase da praga antes que qualquer tipo de dano seja verificado. Hoje isso é possível, através do uso de armadilha de feromônio sintético, para monitorar a presença das mariposas. Kit contendo armadilha e feromônio sintético já é comercializado no país. A armadilha é utilizada na densidade de uma por hectare.

Baseado em informações biológicas (Cruz & Turpin, 1983) e também em informações sobre o nível tecnológico utilizado na cultura do milho, o ponto de decisão para a utilização de medida de controle baseada em inseticida químico é estabelecido, quando se coleta uma média de três mariposas por armadilha, por hectare. A aplicação do inseticida não deve ser imediata e sim dez dias após a coleta das três ou mais mariposas. O conhecimento sobre a biologia da praga mostra que da oviposição até dez dias após, a lagarta estará entre o terceiro e quarto instar, e sem potencial para provocar danos irreversíveis. Nessa fase, as lagartas também são ainda bem suscetíveis aos diferentes inseticidas. Também, dentro do período considerado, os ovos e as lagartas de primeiros instares poderão ser eliminadas pelos principais inimigos naturais, às vezes dispensando a utilização do produto químico. A utilização do método de amostragem baseado na infestação de lagartas pode confirmar a necessidade da aplicação química. Obviamente, a seletividade do produto químico, deve ser sempre considerada.

Se não houve atuação eficiente dos agentes de controle biológico natural, aplica-se o inseticida químico, com toda a técnica disponível. Apesar de haver diferenças entre produtos em relação ao período residual, tais diferenças são pequenas. Em termos práticos, considera-se um período residual de quatro dias. Assim sendo, mesmo que haja continuidade na captura de insetos na armadilha, as contagens deverão ser consideradas

apenas a partir do décimo - quarto dia da instalação da armadilha. A utilização da armadilha de feromônio, como estratégia de monitoramento de adultos de *S. frugiperda* indicará realmente, quantas vezes serão necessárias a aplicação de medidas de controle desta praga na cultura do milho. Deve ser considerado também, que a armadilha pode ser inclusive colocada até mesmo antes do plantio, até como suporte à decisão sobre a utilização do tratamento de sementes com inseticidas químicos apropriados.

Inseticidas no manejo de *S. frugiperda*

A utilização de inseticidas químicos como estratégia de controle de pragas, como a lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda* em milho, sofre a cada ano restrições fortes. Uma dessas restrições diz respeito às preocupações ambientais.

Entre as preocupações ambientais destaca-se o fato dos inseticidas de maneira geral matar insetos benéficos, causarem ruptura do ecossistema e da biodiversidade natural e levar ao aparecimento de populações de insetos resistentes. Também há grande preocupação pela possibilidade de contaminação da água e efeitos negativos ao habitat da vida silvestre e também devido à possibilidade de serem causadores de câncer.

Em termos técnicos, a escolha de determinado inseticida para o controle da lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda* não é tarefa fácil. São muitos princípios ativos e formulações disponíveis no mercado brasileiro. As Tabelas 2 e 3 mostram os inseticidas registrados para uso em milho, visando o controle desta praga.

Uma boa escolha deve considerar o estágio de desenvolvimento da praga e a presença de organismos benéficos. É preciso também, considerar como o inseticida comportará na cultura, sobre os organismos não alvo, ambiente e na segurança do trabalhador.

Tratamento de Sementes

O tratamento da semente de milho para o controle de praga é uma tecnologia de ponta para o agronegócio brasileiro. É um procedimento seguro, pois é realizado de maneira totalmente mecanizada. Por ser uma aplicação em local específico e por ser

uma formulação com material colante que adere o produto à semente, é um processo mais seletivo, afetando em menor escala os inimigos naturais de *S. frugiperda* e de outras pragas da parte aérea. Sua utilização visando o controle da lagarta-do-cartucho, mesmo sendo a princípio um tratamento preventivo, considerando os locais onde a incidência da praga historicamente é comum, logo após a emergência da planta, é compensador, principalmente por retardar ao máximo uma aplicação foliar, muito menos seletiva. Outra vantagem do tratamento de sementes com inseticida diz respeito ao custo relativamente baixo e a economia de tempo em comparação a uma aplicação foliar, especialmente, em grandes áreas. Na realidade, o tratamento da semente passa a ser um seguro para o agricultor.

A escolha do inseticida deve seguir alguns padrões. O produto para ser efetivo tem de ser sistêmico e de preferência de menor impacto ambiental. Existem produtos que também tem ação sobre outras pragas, como aquelas consideradas subterrâneas e as que atacam a plântula, conforme mostrado nas Tabelas 2 e 3.

Aplicações na parte aérea

Quando a planta de milho ainda está no início de desenvolvimento, ou seja, logo após a emergência e a praga atingiu o nível populacional que demanda a aplicação de uma medida de controle e o tratamento apropriado da semente não foi realizado; algumas considerações devem nortear a aplicação do inseticida. A primeira delas diz respeito a pouca área foliar (plantas jovens) e geralmente, associada a muita insolação. Determinados produtos e formulações podem não fornecer eficiência adequada. Por exemplo, inseticidas fisiológicos, de ação mais lenta, embora com algumas vantagens importantes para o manejo, especialmente em relação à toxicidade, que geralmente é baixa, para pássaros, mamíferos e répteis, atuam por ingestão, e a praga morre somente quando vai passar para o próximo estágio. Portanto, se o produto não for ingerido na quantidade adequada, o inseto não será eliminado. Deve-se considerar também a possibilidade da dose a atingir o inseto não

ser suficiente para provocar a sua morte e favorecer o desenvolvimento de populações resistentes. É portanto, necessária a utilização de produtos de maior poder de choque e sempre direcionando a pulverização para onde se encontra a praga. Ou seja, deve-se evitar a pulverização em área total, como ocorre por exemplo, com a aplicação aérea ou via pivô central.

Equipamentos de aplicação x eficiência de inseticidas

Durante a fase de cartucho, dentro de um certo limite de tamanho da planta a eficiência no controle da praga, geralmente é dentro do padrão esperado. No entanto, quando a planta está em estágio de desenvolvimento que pode ser dobrada pela passagem do trator, e, em especial através da barra de pulverização, a calda do inseticida pode, por impedimento mecânico, não cair dentro do cartucho e, às vezes em situação pior, cair dentro do cartucho, porém, em dose inferior àquela necessária para eliminar a praga. Esse fator pode contribuir para o desenvolvimento de resistência aos inseticidas. Na Figura 1, são apresentados os resultados de pesquisa, quando se comparou a aplicação de determinados inseticidas via trator ou via costal, em plantas com tamanho médio entre 60 e 70 centímetros. Nota-se claramente que todos os inseticidas propiciaram controle adequado da praga quando aplicados com o pulverizador costal. No entanto, a eficiência média caiu significativamente, quando a aplicação foi realizada com o trator.

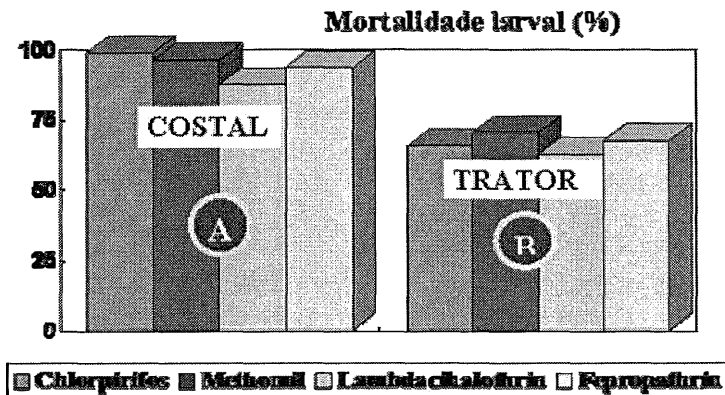


Figura 1. Efeito da aplicação de inseticidas em duas modalidades, em plantas com tamanho médio de 65 cm sobre *S. frugiperda* (Embrapa Milho e Sorgo).

Volume de calda e eficiência no controle

O volume de água para a aplicação de inseticidas é um fator importante para se determinar a eficiência e a eficácia do controle. Volume elevado de água tende a ser evitado devido ao aumento da mão-de-obra, especialmente, quando a fonte de abastecimento não é próxima da área a ser aplicada ou quando escassa na região. No entanto, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta e da localização do alvo, como é o caso das lagartas de *S. frugiperda* que se encontram normalmente bem alojadas no interior do cartucho da planta pode ser necessária a utilização de maiores volumes de calda. Por exemplo, na Figura 2 pode ser observada a diferença em eficiência de diferentes inseticidas quando aplicados com o volume de 194 e 296 litros por hectare, em plantas com cerca de 65 centímetros de altura. Logicamente, plantas mais jovens podem receber volumes menores de calda sem que haja perda na eficiência da aplicação.

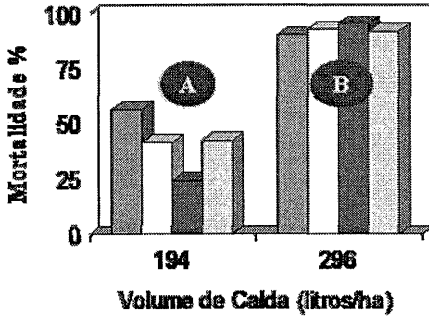
Estágio de desenvolvimento da planta *versus* eficiência de inseticidas

Uma das grandes limitações no controle de lagartas de *S. frugiperda* diz respeito ao estágio de desenvolvimento da planta.

Plantas em estágios iniciais de desenvolvimento, não retém adequadamente a calda inseticida diminuindo sensivelmente o residual do produto e até mesmo a dose mínima necessária para matar a praga. No lado oposto, ou seja, quando a planta está muito desenvolvida, a limitação diz respeito ao equipamento de aplicação. Quando a aplicação é feita com um equipamento tradicional, ocorrem variações significativas na eficiência do controle independente do inseticida utilizado. Esse problema não é verificado quando a aplicação é realizada com equipamentos apropriados. Como pode ser verificado na Tabela 4, apenas nos estágios iniciais ocorre equivalência entre a taxa de mortalidade provocada pela aplicação de inseticidas via trator ou via costal. Já a partir do estágio de 8-10 folhas é nítida a diferença entre as duas modalidades de aplicação. Portanto, é fundamental a consideração sobre o estágio de desenvolvimento da planta na época de aplicação, especialmente quando a única alternativa é a aplicação via tratorizada.

Estágio de desenvolvimento da lagarta

Quando o monitoramento da praga é realizado desde a emergência da planta e, especialmente, através do uso de armadilhas com feromônio sexual sintético, é possível estimar a distribuição da praga por estágio de desenvolvimento. Essa determinação é muito importante devido ao fato de haver diferenças significativas na suscetibilidade da praga aos diferentes inseticidas.



■ Metomil, 0,215 □ Clorpirifos, 0,240 ■ Lambdaialotrina □ Média de 11 inseticidas

Figura 2. Efeito do volume de calda aplicado em plantas com tamanho médio de 65 cm sobre a eficiência de controle de *S. frugiperda* (Embrapa Milho e Sorgo).

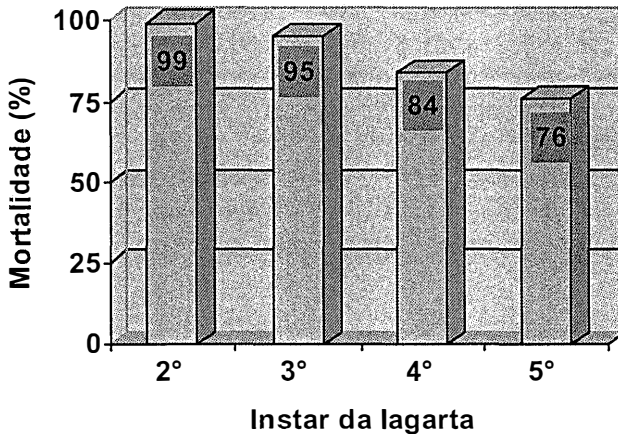


Figura 3. Mortalidade média provocada por diferentes inseticidas, sobre quatro instares da lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda* (Embrapa Milho e Sorgo).

Em outras palavras, para uma mesma dose, quanto mais desenvolvida for a lagarta, menor taxa de mortalidade pode ser

esperada. Uma dose abaixo do mínimo necessário pode levar ao desenvolvimento de uma população resistente ao produto utilizado. A Figura 3 mostra nitidamente o aumento da tolerância aos inseticidas com o desenvolvimento da lagarta.

Importância da integração Controle Biológico e Inseticida no Manejo de *S. frugiperda*

Infelizmente em muitas regiões produtoras de milho a incidência de inimigos naturais é muito baixa, principalmente, pelo uso constante de inseticidas químicos não seletivos. Em locais, onde o manejo é utilizado é nítida a presença de várias espécies de insetos controladores não só de *S. frugiperda*, mas também de outras pragas, caracterizando o controle integrado. Com a utilização de gaiolas apropriadas para a exclusão de inimigos naturais pode-se demonstrar o efeito positivo da integração.

A Figura 4 mostra a resposta da aplicação de um inseticida fisiológico no controle da lagarta-do-cartucho, em um local com diversidade de inimigos naturais da praga. Houve aumento da produção de milho com a aplicação do inseticida até cerca de oito dias após a infestação (realizada com massa de ovos). Daí em diante começou a haver queda nos rendimentos de grãos, embora não tão pronunciada. Na realidade, a época da pulverização sozinha não explicou os rendimentos obtidos. É de se esperar, portanto, a contribuição adicional dos inimigos naturais, especialmente, sabidamente estarem presentes na área e pela utilização do inseticida fisiológico. Independente da época de aplicação não houve prejuízo econômico (Tabela 5).

Numa situação similar, porém fazendo a aplicação do mesmo inseticida, com a proteção da planta com uma gaiola apropriada de modo a impedir o acesso de inimigos naturais, os resultados foram diferentes (Figura 5, Tabela 6). A época de aplicação do inseticida praticamente explicou os rendimentos obtidos. A flexibilidade de uso do produto, no entanto, foi muito menor. O atraso na aplicação do inseticida por mais de oito dias após a infestação já não traz benefícios econômicos. Portanto, a presença dos inimigos naturais deve ser garantida sempre que

possível, para que se possa aferir maior lucratividade econômica e ambiental.

Resistência a inseticidas

Um dos graves problemas enfrentados pelos agricultores brasileiros diz respeito ao aparecimento de populações de *S. frugiperda* resistentes aos inseticidas químicos, conforme revisado por Cruz (2002). A frequência de aplicação de um inseticida, a concentração aplicada, o modo de aplicação, o estágio de desenvolvimento da praga em relação à dose aplicada, o grau de cobertura obtido e a dimensão espacial da área tratada são fatores que devem ser considerados como fundamentais no favorecimento ao aparecimento de populações resistentes, quando não tratados adequadamente.

Fundamentalmente, a implementação de táticas de manejo integrado pode retardar em muito o aparecimento das populações resistentes bem como reduzir o efeito das populações resistentes já detectadas em algumas áreas. O uso de doses reduzidas (quando apropriado), uso de produtos químicos de baixa persistência, controle em “reboleiras” (quando viável) e menor frequência de produtos químicos, devem ser consideradas estratégias para o manejo da resistência.

Uso de controle biológico para o controle de *Spodoptera frugiperda*

Numa visão de futuro, o controle biológico visa restabelecer o equilíbrio ecológico, reduzir o impacto negativo dos inseticidas químicos, aumentar a durabilidade do manejo, que pode ser pela integração adequada do produto químico ou de plantas geneticamente modificadas com os agentes de controle biológico natural. São vários os agentes de controle biológico de *S. frugiperda*, sendo os principais, os parasitóides de ovos, como as espécies *Telenomus remus* e *Trichogramma* spp, a espécie *Chelonus insularis* que é um parasitóide de ovos, mas que elimina a praga na fase de larva, os parasitóides de larvas, *Camponotus flavicincta* e *Exasticolus fuscicornis* e os predadores como as tesourinhas, joaninhas e crisopídeos.

Para a lagarta-do-cartucho já existem produtos biológicos comerciais, como é o caso de *Trichogramma* spp. No entanto, muitos outros agentes de controle biológico ocorrem naturalmente, sendo sua densidade populacional em função de práticas agrícolas favoráveis ou não a sobrevivência de cada espécie. Portanto, considerando os resultados que demonstram a significativa contribuição dos inimigos naturais, quando presentes em número ou em diversidade de espécies é fundamental a utilização de práticas que os favoreçam.

Conservação de Inimigos Naturais

A conservação de inimigos naturais é, sem dúvida, o que há de mais importante na prática do controle biológico e, felizmente, também é um dos conceitos mais fáceis de se entender. De maneira simplista, a conservação de inimigos naturais significa evitar o uso de inseticidas. O aspecto fundamental é saber claramente quais práticas são prejudiciais e quais são benéficas. E, adicionalmente, saber como tais práticas benéficas podem ser integradas ao sistema de produção. Obviamente, isso requer o conhecimento sobre a biologia dos inimigos naturais e a disposição do agricultor de modificar algumas práticas, para bem acomodá-los no sistema.

Os inimigos naturais são como as criações, por exemplo, uma exploração leiteira. Todo o mundo reconhece as necessidades de um animal em termos de alimento, água, abrigo e proteção contra condições adversas, para se ter o rendimento máximo do animal, ele também precisa de proteção contra picada de insetos, contra doenças e, em alguns casos, contra predadores que podem feri-lo ou até matá-lo. O criador sabe também que as exigências do animal mudam ao longo do ano e normalmente toma as devidas providências para prover tais necessidades. No inverno, a disponibilidade de abrigo é crítica, enquanto, no verão, a disponibilidade de água e de sombra é necessária. Em determinados meses, apenas as pastagens podem suprir as quase que totalmente suas exigências alimentares. No entanto, quando a velocidade de crescimento do pasto é reduzida, há necessidade de suplementação alimentar.

Os inimigos naturais têm os mesmos tipos de necessidades. Para se obter a mais alta eficiência, eles também precisam de alimento, abrigo e proteção contra as condições adversas. Frequentemente, o agricultor não tem conhecimento pleno dessas necessidades. O resultado é a falha do controle biológico, que, em muitas instâncias, poderia ser muito mais efetivo. A falha total ou resultados inferiores ao esperado ocorrem porque não foram atendidas as exigências básicas dos inimigos naturais. Para que isso não ocorra, duas perguntas básicas devem ser respondidas: como beneficiar os inimigos naturais e quais as suas necessidades?

Evitar Práticas Prejudiciais: a prática mais óbvia é evitar o uso de inseticidas químicos não seletivos, principalmente se os inimigos naturais estiverem presentes na área. Os inseticidas químicos podem ter efeitos diretos sobre os inimigos naturais, matando-os, ou indiretos, eliminando seus hospedeiros ou presas e causando a sua morte por inanição. Em alguns casos, os inseticidas podem ser integrados de maneira apropriada no sistema, sem causar dano aos inimigos naturais. Essa integração pode ocorrer mediante o uso de inseticidas seletivos ou por meio de aplicações seletivas, fazendo as pulverizações de modo a evitar determinadas horas do dia ou épocas do ano em que os inimigos naturais mais importantes seriam expostos aos produtos químicos, ou mesmo a aplicação do inseticida em uma localização onde os inimigos naturais não entrariam em contato com o produto. Em outros casos, a proteção dos inimigos naturais requer a eliminação do uso do inseticida ou o atraso em sua aplicação, para manter seu hospedeiro vivo até a sua emergência.

Certas práticas culturais também podem ser prejudiciais aos inimigos naturais. Por exemplo, aração, cultivo ou operações de colheita que possam romper o equilíbrio existente na área, especialmente em pontos críticos do ciclo de vida dos inimigos naturais, deveriam ser evitados. Quantidades excessivas de poeira provenientes das estradas ou dos tratos culturais, também podem prejudicar as atividades, tanto de predadores como de parasitóides, reduzindo a taxa de controle. A queima de resíduos de colheita ou um turno de rega (irrigação em momento inadequado), também podem matar muitos inimigos naturais. Até

mesmo quando se fala em agricultura "limpa", que inclui a remoção total de plantas daninhas ou de outras plantas não-alvos, podem ser prejudiciais para vários inimigos naturais, que estariam usando tais plantas como fonte de alimento complementar ou para abrigo.

A incorporação de práticas benéficas aos inimigos naturais depende do conhecimento detalhado da biologia desses insetos, para se determinar claramente qual deles se quer favorecer, considerando alguns pontos prioritários. Por exemplo, onde a espécie passa o inverno ou onde estará quando determinada área não estiver sendo cultivada? Que fontes de alimento alternativo o inimigo natural necessita e se há condições de fornecimento dessas fontes? Muitos parasitóides requerem a proteína encontrada no pólen das plantas, para colocar seus ovos. Fontes de açúcar (carboidrato) necessárias para muitos parasitóides são freqüentemente obtidas do néctar de plantas em florescimento ou até das secreções de pulgões ("honeydew"). Ter uma diversidade de plantas dentro ou ao redor da área cultivada tem-se mostrado, em muitos casos, suficiente para melhorar a eficiência do controle biológico, como também a presença de matas ciliares ou matas de preservação permanente.

Alguns inimigos naturais precisam de presa ou de hospedeiro alternativo, em determinados pontos do ciclo de vida. É o caso, por exemplo, de quando o inimigo natural está numa área-alvo e a praga ainda não chegou nessa área.

O tipo de abrigo que é demandado pelos inimigos naturais durante o ciclo da produção agrícola também é importante. Por exemplo, a atividade de inimigos naturais que habitam o solo pode ser limitada devido às temperaturas altas do solo durante o dia. A incorporação de plantas de cobertura ou o uso de cultura intercalar podem ajudar a reduzir essas temperaturas e favorecer a ação dos inimigos naturais. Igualmente, muitos parasitóides requerem temperaturas moderadas e umidade relativa mais alta para melhor atuação. Em função de condições adversas, podem deixar a área no calor do dia, para buscar abrigo em áreas mais amenas.

Portanto, o conhecimento das necessidades biológicas e ecológicas dos inimigos naturais é crítico para o sucesso de

qualquer esforço do controle biológico. A conservação é um dos modos mais fáceis para os produtores iniciarem o controle biológico nas propriedades e deveria ser uma prioridade em um programa visando o aumento populacional de um agente de controle biológico. Enquanto há práticas que podem beneficiar, outras podem prejudicar a ação dos inimigos naturais. O entendimento da biologia e do ciclo de vida dos inimigos naturais específicos, que se pretende conservar é o primeiro passo para se alcançar os melhores resultados.

Uso de plantas transgênicas (milho Bt)

Plantas geneticamente modificadas incorporando o gene da bactéria *Bacillus thuringiensis*, no caso do milho, recebe a denominação de milho Bt e visam principalmente o controle de pragas que são suscetíveis à bactéria. A grande vantagem da utilização do milho Bt é a redução do uso dos inseticidas químicos. Embora com resultados promissores obtidos notadamente no exterior e em alguns experimentos no Brasil, ainda não se tem uma avaliação mais ampla dos resultados em outras culturas, como também para as principais pragas da cultura do milho. Os resultados são confinados em áreas experimentais. Mesmo ainda sem liberações comerciais do milho Bt já existem preocupações sobre a possibilidade de quebra de resistência, ou seja, existe a possibilidade da praga se adaptar ao milho Bt, à semelhança ao que já aconteceu com determinados inseticidas químicos (Cruz, 2002b). Igualmente aos inseticidas químicos, no caso de plantas de milho Bt será fundamental a utilização de estratégias visando prolongar ao máximo o grau de resistência das plantas. Entre as estratégias, a utilização de determinada área, denominada área de refúgio, onde o plantio é realizado com um milho convencional (não Bt) é fundamental. Nessa área de refúgio, não existindo pressão de seleção, a probabilidade de aumento da frequência gênica em insetos resistentes é bastante reduzida. O monitoramento das populações resistentes que é prática comum em relação aos inseticidas químicos também deverá ser para o caso do milho Bt.

Tabela 1. Percentagem de plantas de milho atacadas pela lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, acima do qual se recomenda uma medida de controle (Nível de Controle, NC)¹ em função do valor da produção e do custo de controle (CC, sc.ha⁻¹).

CC	350	467	583	700	933
Plantas atacadas (%)					
6	8,6	6,4	5,1	4,3	3,2
7	10,0	7,5	6,0	5,0	3,7
8	11,4	8,6	6,9	5,7	4,3
9	12,8	9,6	7,7	6,4	4,8
10	14,3	10,7	8,6	7,1	5,3
11	15,7	11,8	9,4	7,8	5,9

¹ NC (%) = $100 \times CC / (0,20 \times VP)$

² Valores correspondentes a produtividades de 3, 4, 5, 6 e 8 toneladas por hectare.

³ Preço estimado do milho igual a US\$ 7,00 por saco de 60 kg.

Tabela 2. Inseticidas registrados para controle de diferentes pragas de milho via tratamento de sementes (AGROFIT, Nov. 2006).

Inseticidas	Pragas subterrâneas ¹							EL ²	AI ³	SF ⁴	FW ⁵	DF ⁶	DS ⁷	DM ⁸	RM ⁹
	1	2	3	4	5	6	7								
Cropstar	N	N	N	N	N	N	N	S	N	S	S	S	S	N	S
Furadan 350	S	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	N	N
Furazin 310	N	S	S	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N
Futur 300	N	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Gaúcho	N	N	N	S	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Gaúcho FS	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S	S
Marzinc 250	N	S	S	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N
Oncol Sipcam	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Semevin 350	N	N	N	S	S	N	N	S	N	S	N	S	N	N	N
Cruiser 700	N	N	N	N	N	N	N	S	N	N	N	S	S	N	N
Ralzer 350	N	N	N	N	N	N	N	S	S	S	N	N	N	N	N
Carboran	N	N	N	N	N	N	N	S	N	S	N	N	N	N	N
Promet 400	N	N	N	N	N	N	N	S	N	S	N	N	N	N	N
Standak	N	N	N	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N

¹ (1) *Ashtylus variegatus*; (2) *Conitermes snyderi*; (3) *Procornitermes triacifer*; (4) *Syntermes molestus*; (5) *Diloboderus abderus*; (6) *Diabrotica speciosa*, (7) *Phyllophaga cuyabana*. ² EL – *Elasmopalpus lignosellus*. ³ AI – *Agrotis ipsilon*. ⁴ SF – *Spodoptera frugiperda*. ⁵ *Frankliniella williamsi*. ⁶ *Deois flavopicta*. ⁷ *Dichelops* spp. ⁸ *Dalbulus maidis*. ⁹ *Rhopalosiphum maidis*.

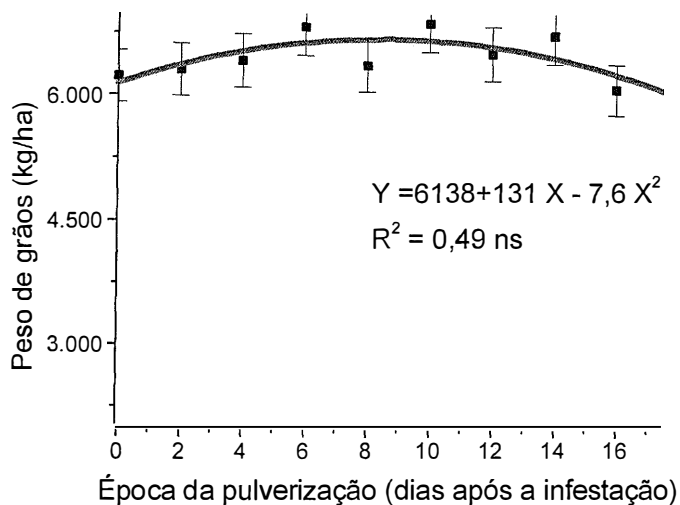


Figura 4. Resposta de rendimento de grãos de milho em relação á aplicação de um inseticida fisiológico para o controle de *S. frugiperda* em área com diversidade de inimigos naturais.

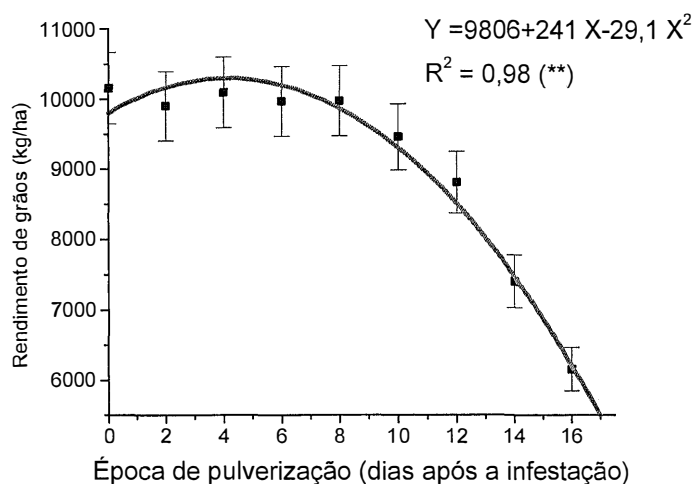


Figura 5. Resposta de rendimento de grãos de milho em relação à aplicação de um inseticida fisiológico para o controle de *S. frugiperda* em área sem diversidade de inimigos naturais

Tabela 3. Lista de ingredientes ativos (e grupo químico) para uso na cultura do milho para o controle de *Spodoptera frugiperda* (lagarta-do-cartucho).

Ingrediente ativo	Grupo Químico		Profenóis	Organofosforado
Clorfluazurum	Benzoilurêa		Triazóis	Organofosforado
Diflubenzurum	Benzoilurêa		Triclorfom	Organofosforado
Lufenurum	Benzoilurêa		Alfa-cipermetrina	Piretróide
Novalurum	Benzoilurêa		Beta-ciflutrina	Piretróide
Teflubenzurum	Benzoilurêa		Beta-cipermetrina	Piretróide
Triflumurum	Benzoilurêa		Ciflutrina	Piretróide
Bacillus thuringiensis	Biológico		Cipermetrina	Piretróide
Espinosade	Espinosinas		Deltametrina	Piretróide
Carbofurano	Metilcarbamato de benzofuranila		Esfenvalerato	Piretróide
Fenitiocarbe	Metilcarbamato de benzofuranila		Fenpropatrina	Piretróide
Carbaril	Metilcarbamato de náfila		Gama-cialotrina	Piretróide
Metomil	Metilcarbamato de oxima		Lambda-cialotrina	Piretróide
Tiodicarbe	Metilcarbamato de oxima		Permetrina	Piretróide
Imidacloprido + tiodicarbe	Neonicotinóide + metilcarbamato de oxima		Zeta-cipermetrina	Piretróide
Clorpirifós	Organofosforado		Alfa-cipermetrina teflubenzurum	Piretróide + Benzoilurêa
Fenitrotiona	Organofosforado		Beta-ciflutrina + imidacloprido	Piretróide + Neonicotinóide
Malatona	Organofosforado		Lambda-cialotrina + tiametoxam	Piretróide + Neonicotinóide
Paratona-metilica	Organofosforado		Cipermetrina + profenóis	Piretróide + Organofosforado
Piridafentiona	Organofosforado		Deltametrina + triazóis	Piretróide + Organofosforado

Tabela 4. Mortalidade média de lagartas de *S. frugiperda* provocada por diferentes inseticidas aplicados via pulverizador de barra (trator) e pulverizador costal na cultura do milho de diferentes estágios de desenvolvimento (dados da Embrapa).

Produto	Dose (g.ha ⁻¹)	Aplicação	Estágio de desenvolvimento da planta (folhas)			
			4-6	6-8	8-10	10-12
Mortalidade média de lagartas (%) ¹						
Clorpirifós	288	Costal	89 Aa	94 Aa	99 Aa	79 Ab
		Trator	84 Aa	84 Ba	65 Cb	25 Cc
Fenpropatrin	30	Costal	89 Aa	80 Bb	94 Aa	53 Bc
		Trator	82 Aa	86 Ba	70 Bb	20 Cc
Metomil	112,5	Costal	88 Aab	83 Bb	96 Aa	76 Abc
		Trator	85 Ab	95 Aa	69 BCc	50 Bc

¹ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem significativamente entre si, segundo o teste de Duncan.

Tabela 5. Custo benefício oriundo da aplicação de um inseticida fisiológico para o controle da lagarta-do-cartucho em milho (Embrapa Milho e Sorgo) em área de diversidade de inimigos naturais.

Aplicação	Produtividade		Ganho por ha		Ganho	
	kg/ha	%	kg	sacos	(\$)	\$Inset
DAI						
SC ¹	6138,00	100,00	0	0,00	0,00	0,00
2	6369,60	103,77	231,6	3,86	77,20	57,20
4	6540,40	106,56	402,4	6,71	134,13	114,13
6	6650,40	108,35	512,4	8,54	170,80	150,80
8	6699,60	109,15	561,6	9,36	187,20	167,20
10	6688,00	108,96	550,0	9,17	183,33	163,33
12	6615,60	107,78	477,6	7,96	159,20	139,20
14	6482,40	105,61	344,4	5,74	114,80	94,80
16	6288,40	102,45	150,4	2,51	50,13	30,13

¹ SC: Sem controle

Tabela 6. Custo benefício oriundo da aplicação de um inseticida fisiológico para o controle da lagarta-do-cartucho em milho (Embrapa Milho e Sorgo) em área sem diversidade de inimigos naturais

Aplicação	Produtividade		Ganho por ha		Ganho	
	kg/ha	%	kg	sacos	(\$)	\$Inset
DAI						
SC ¹	9806,0	100,00	0	0,00	0,00	0,00
2	10171,6	103,73	365,6	6,09	121,87	101,87
4	10304,4	105,08	498,4	8,31	166,13	146,13
6	10204,4	104,06	398,4	6,64	132,80	112,80
8	9871,6	100,67	65,6	1,09	21,87	1,87
10	9306,0	94,90	-500,0	-8,33	-166,67	-186,67
12	8507,6	86,76	-1298,4	-21,64	-432,80	-452,80
14	7476,4	76,24	-2329,6	-38,83	-776,53	-796,53
16	6212,4	63,35	-3593,6	-59,89	-1197,87	-1217,87

¹ SC: Sem controle

Referências bibliográficas

- Cruz, I. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1995. 45p. (Embrapa-CNPMS. Circular Técnica, 21).
- Cruz, I. Controle biológico em manejo de pragas. In: PARRA, J. R.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Eds.). Controle biológico no Brasil:

- parasitóides e predadores. Manole, São Paulo. 2002. Cap. 32, p.543-570.
- Cruz, I. Controle biológico em manejo de pragas. In: Parra, J. R.; Botelho, P. S. M.; Corrêa-Ferreira, B. S.; Bento, J. M. S. (Eds.). Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. Manole, São Paulo. 2002b. Cap. 32, p.543-570.
- Cruz, I. Manejo da resistência de insetos pragas a inseticidas com ênfase em *Spodoptera frugiperda* (Smith). Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002a. 15p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 21).
- Cruz, I.; Figueiredo, M.L.C.; Oliveira, A.C.; Vasconcelos, C.A. Damage of *Spodoptera frugiperda* (Smith) in different maize genotypes cultivated in soil under three levels of aluminium saturation. International Journal of Pest Management, v. 45, p. 293-296, 1999.
- Cruz, I.; Oliveira, L. J.; Vasconcelos, C. A. Efeito do nível de saturação de alumínio em solo ácido sobre os danos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) em milho. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v.25, p.293-297. 1996.
- Cruz, I.; Turpin, F. T. Efeito da *Spodoptera frugiperda* em diferentes estádios de crescimento da cultura de milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 17, n.3, p. 355-359, mar. 1982.
- Cruz, I.; Turpin, F.T. Yield impact of larval infestation of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) to mid-whorl growth stage of corn. Journal of Economic Entomology, v. 76, p. 1052-1054, 1983.
- Cruz, I.; Valicente, F. H.; Santos, J. P.; Waquil, J. M.; Viana, P. A. Manual de identificação de pragas da cultura de milho. Sete Lagoas: Embrapa: Embrapa Milho e Sorgo, 1997. 71 p.
- Figueiredo, M.L.C.; Martins-Dias, A.M.P.; Cruz, I. Relação entre a lagarta-do-cartucho e seus agentes de controle biológico natural na produção de milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, p. 1693-1698. 2006.

Doenças do milho: o desafio da produtividade com qualidade

Olavo Corrêa da Silva

Engenheiro Agrônomo. Mestre. Fundação ABC. Defesa Vegetal

Carlos André Schipanski

Engenheiro Agrônomo. Fundação ABC. Defesa Vegetal

Introdução

A cultura do milho ao longo dos anos tem adquirido grande importância dentro do sistema produtivo, não apenas no aspecto econômico, mas como componente no sistema de rotação de culturas. O melhoramento genético tem aumentado os tetos produtivos, tornando a cultura ainda mais exigente no seu manejo, uma vez que as diferentes épocas de semeadura existentes nas diversas regiões produtoras do Brasil, fazem com que haja inóculo dos patógenos que atacam a cultura o ano inteiro, comprometendo a sanidade e consequentemente a qualidade do grão.

Sob este aspecto e diante dos padrões de qualidade exigidos pelo mercado consumidor do grão, as doenças do milho tornam-se relevantes dentro do manejo da cultura.

Estabelecimento da cultura

Um dos fatores de maior relevância para alcançar altos tetos de produtividade é a população de plantas, sendo assim o estabelecimento da cultura merece cuidados especiais. Podemos citar alguns fatores que propiciam as podridões de sementes, morte de plântulas e doenças de raízes:

I. Qualidade de sementes relacionada a contaminação por patógenos ou dano mecânico. Mesmo em sementes comercializadas por empresas idôneas no mercado é importante a realização de análises de germinação, vigor e patologia, pois pode haver a necessidade a eliminação de lotes ou re-tratamento de sementes com fungicidas.

II. Temperatura de solo. Semeaduras com temperaturas inferiores a 16°C acarretam em aumento do tempo de

emergência, expondo a semente por um período mais longo aos patógenos, levando a ocorrência de plântulas mortas ou anormais.

III. Compactação e adensamento do solo. Solos com problemas de drenagem ou compactados estão sujeitos redução do nível de oxigênio e aumento no período de saturação, dos quais resultam em redução do sistema radicular e favorecimento de colonização por patógenos.

Principais doenças foliares

Ferrugem Comum (*Puccinia sorghi*): Desenvolve-se com temperaturas diurnas entre 20 °C e 25 °C, temperaturas noturnas elevadas e umidade relativa do ar superior a 90%. Pode apresentar lesões nas folhas ainda no período vegetativo em épocas de semeaduras tardias. Estimam-se perdas de produtividade de até 60 kg.ha⁻¹ para cada 1% de área foliar atacada. O controle químico para esta doença é bastante eficiente.



Figura 1. Ferrugem Polissora (*Puccinia polysora*).

As condições de desenvolvimento para ferrugem polissora são de temperaturas médias diurnas de 27°C, umidade relativa do ar acima de 90% e os danos à produtividade podem chegar à 45% conforme intensidade da epidemia.

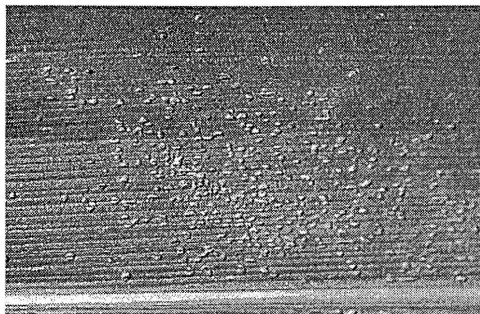


Figura 2. Ferrugem Branca ou Tropical (*Physopella zeae*).

A ferrugem branca ou tropical é favorecida por temperatura entre 22 a 34°C e umidade relativa do ar acima de 90%, pode causar morte prematura das plantas, afetando diretamente o tamanho das espigas e peso dos grãos. Além da utilização de híbridos resistentes, o controle pode ser realizado com a aplicação de fungicidas triazóis e estrobilurinas.

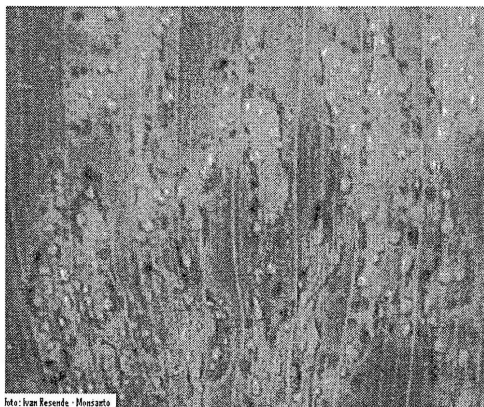


Figura 3. Helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*).

A helmintosporiose se desenvolve com temperaturas diurnas entre 20 e 25 °C, temperaturas noturnas amenas e umidade relativa do ar acima de 80%. Epidemias severas desta doença antes da floração podem reduzir em até 50% a produtividade. A utilização de fungicidas não tem apresentado resultados satisfatórios, com níveis de controle entre 50 – 60%.

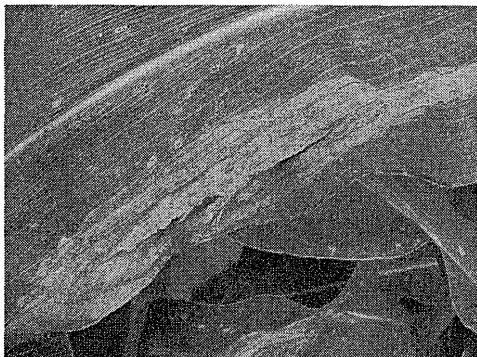


Figura 4. Complexo Mancha Branca (*Phaeosphaeria maydis* / *Phyllosticta* sp. / *Pantotea ananas*).

As condições ótimas para o desenvolvimento do Complexo Mancha Branca são temperaturas entre 25 e 30°C e umidade superior a 60%. Epidemias precoces desta doença encurtam o ciclo da cultura, reduzindo o tamanho e densidade dos grãos, podendo as perdas superar 60% da produtividade.

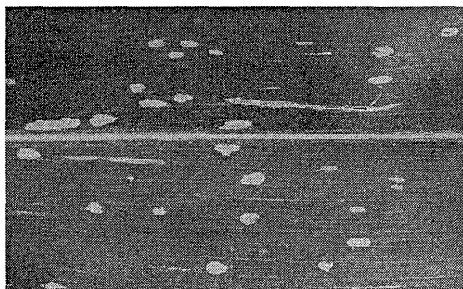


Figura 5. Cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis*).

A cercosporiose se desenvolve em temperaturas diurnas elevadas entre 22 e 30 °C e umidade relativa superior a 90%. Os danos causados são estimados são de 48 kg.ha⁻¹ na produtividade para cada 1% por área foliar atacada e perdas entre 60 e 80% na produtividade já foram relatadas no EUA e Brasil. Esta doença tem se mostrado importante nas diversas regiões produtoras de milho no Brasil e epidemias severas desta enfermidade tem ocorrido tanto nas semeaduras no início da

época recomendada quanto nas semeaduras tardias ou fora da época recomendada. O monitoramento da Cercosporiose é fundamental para o sucesso no seu controle, onde híbridos S ou AS devem monitorados independente da época de semeadura e os híbridos considerados MR e MS para esta doença necessitam de monitoramento em situações de monocultura e safrinha. Podemos estabelecer como nível de controle para decisão da utilização do controle químico para Cercosporiose a presença de duas ou mais lesões nas folhas da espiga e folhas acima e abaixo da espiga. Os fungicidas tem se mostrado bastante efetivos no controle desta enfermidade, inclusive quando aplicados com a cultura a 100 cm de altura (limite de equipamentos de arrasto).

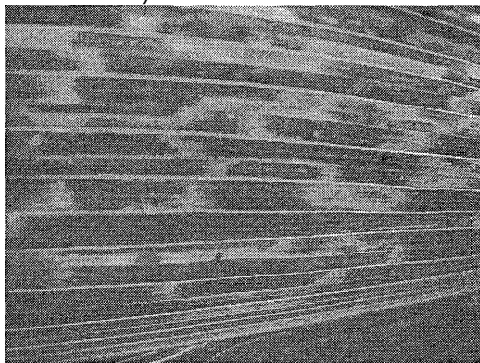


Figura 6. Mancha de Diplódia (*Diplodia macrospora*).

A mancha de diplódia se desenvolve com temperaturas diurnas entre 26 e 29 °C e umidade relativa do ar superior a 90%. Não existem estudos detalhados quantificando os danos à produtividade, porém o fungo provoca perda de qualidade dos grãos (grãos ardidos).

Quando as doenças do milho são importantes

Época de semeadura

De uma maneira geral, nas semeaduras realizadas dentro da época normal, as doenças têm menor importância, pois a quantidade de inóculo no ambiente é baixa e as doenças só se

estabelecem após o período crítico da cultura, no grão pastoso ou “milho verde”. Nas semeaduras no final ou fora da época recomendada, as doenças passam a adquirir maior importância, devido à alta quantidade de inóculo presente no ambiente, fazendo com que as doenças se instalem na cultura ainda no estágio vegetativo. Neste caso o manejo destas doenças deve ser feito utilizando híbridos resistentes ou controle através da aplicação de fungicidas.

Híbridos

As diferentes bases genéticas dos híbridos atuais fazem com que existam diversos comportamentos em relação ao complexo de doenças, onde cada material apresenta um complexo de enfermidades peculiar. Um determinado híbrido pode ter seu uso restrito em determinados locais ou épocas de semeadura devido a sua suscetibilidade a um ou mais patógenos.

Local

A umidade e temperatura são fatores decisivos para o desenvolvimento de epidemias, sendo assim a latitude e altitude de determinados locais irão favorecer ou não a ocorrência de doenças.

Qualidade de colmo e espiga

Os fungos que atacam colmos e espigas são os mesmos, porém a resistência da planta ao ataque do colmo e da espiga são controlados por genes diferentes, isto é, colmos atacados por uma determinada da doença podem não ter a espiga atacada pela mesma e vice-versa. As principais doenças de colmo são Antracnose (*C. graminicola*), Diplodia (*D. macrospora*), Fusarium (*F. verticillioides*) e Giberela (*G. zae*), onde somente a Antracnose não ataca as espigas.

São vários os fatores que influenciam nas podridões de colmo como: injúrias (causadas por insetos, granizo e movimentações de máquinas, principalmente), doenças foliares (reduzem o IAF e causam efeitos secundários no metabolismo

da planta), uso de elevadas populações de plantas; desequilíbrio nutricional com relação N/K inadequada e condições ambientais de dias nublados ou chuvosos no período de pré-florescimento.

O manejo para controle das podridões de colmo deve ser feito contemplando todos os itens acima. Ao realizarmos o manejo visando às podridões de colmo, indiretamente estaremos manejando as podridões de espiga, porém para reduzir o percentual de grãos ardidos deve-se evitar atrasos na colheita, manejar adequadamente as lagartas, além de evitar o uso de elevadas populações de plantas.

Atualmente o mercado consumidor do milho tem adotado rigorosos padrões de qualidade, fazendo com que o produtor tenha que produzir de modo a obedecer estes padrões, tornando assim o manejo das podridões de colmo e espigas essenciais para a obtenção de grãos limpos e com qualidade.

Nutrição e doenças

O equilíbrio nutricional de uma planta é um fator importante para a ocorrência ou agressividade de uma epidemia. Na cultura do milho também é notório que o nível de nitrogênio disponível é determinante para atingir altos níveis de produtividade, contudo com o aumento dos teores de nitrogênio na planta favorece fungos biotróficos, como a Ferrugem comum e alguns necrotróficos como a Cercosporiose.

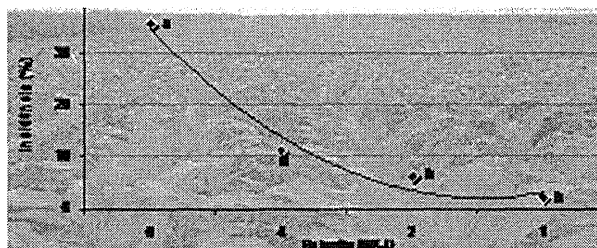


Figura 7. Podridão do colmo versus relação N/K₂O na cultura de milho (híbrido DKB 890). Arapoti, PR. Safra 2005/06.

O equilíbrio entre os teores de potássio e nitrogênio tem evitado este favorecimento a fungos biotróficos, e principalmente garantido maior qualidade de colmo. Teores foliares com relação N / K entre 1 a 2 tem proporcionado colmos e folhas mais saudias.

Controle Químico

A utilização de fungicidas na cultura do milho para controle das doenças foliares tem sido utilizada no sistema de produção de sementes, contudo na produção de grãos ainda é um tema contraditório. Como e quando utilizar esta tecnologia é a grande questão, isto é, quando temos um benefício econômico com a técnica. Realmente existem fatores determinantes para uma resposta positiva ao uso de fungicidas, e a decisão de usar o controle químico deve ser baseada na combinação de dois ou mais fatores: época de semeadura, local, híbrido e rotação de culturas. O conhecimento regionalizado da resposta ao uso de fungicidas é o primeiro passo para sua utilização.

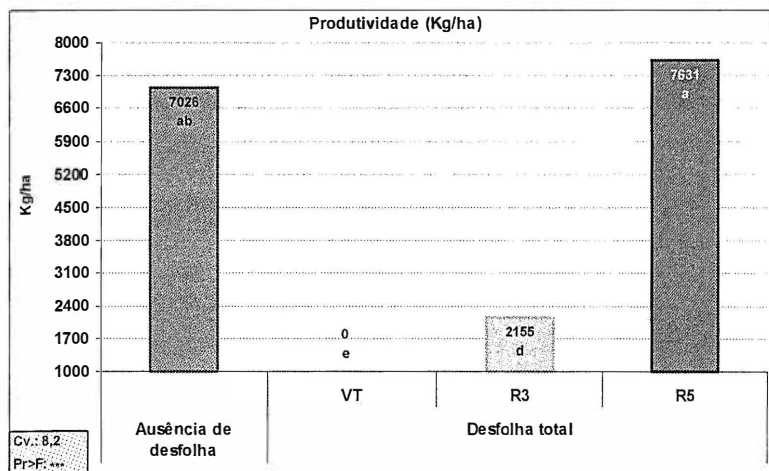


Figura 8. Efeito da desfolha total sobre o potencial produtivo em diferentes estádios da cultura. Safra 06-07. Fundação ABC.

O maior índice de área foliar do milho é obtido na fase de pendoamento (VT), onde se inicia o período crítico da cultura que

se estende após a fase de “milho verde” ou grão pastoso (R3). As folhas que apresentam os maiores índices de área foliar são a folha da espiga e as folhas acima e abaixo da espiga, onde as mesmas tem a maior contribuição no enchimento de grãos, devido principalmente a proximidade do dreno (espiga). A redução de área foliar dentro deste período pode ocasionar queda significativa na produtividade e redução na qualidade de colmo e grãos.

A manutenção da sanidade no período crítico do milho é o objetivo principal para obtenção de altos níveis produtivos, sendo que podemos atingi-lo com o uso de resistência genética, época de semeadura, rotação de cultura e controle químico.

Outro tema contraditório quanto ao uso do controle químico tem sido a tecnologia empregada, principalmente quanto ao momento e tecnologia de aplicação. Uma vez que, quando se fala de aplicação de fungicidas no milho, o primeiro equipamento que vem a mente do produtor seria a utilização de aplicação aérea, porém esta tecnologia ainda não está disponível para todas as regiões produtoras. A primeira consideração a ser feita é a possibilidade de utilização de pulverizadores de arrasto, com a limitação de altura da cultura entre 80-100 cm.

Doenças como ferrugem comum e diplódia apresentam controles mais efetivos em aplicações realizados com o cultivo entre 80 cm de altura, uma vez que, estas doenças iniciam seu processo de infecção ainda nos estádios vegetativos. Este tipo de aplicação pode ser realizada com pulverizadores montados ou de arrasto sem causar danos à cultura.

Já a Cercosporiose tem mostrado resultados consistentes no seu controle com aplicações realizadas com as plantas a partir de 120 cm de altura, devido principalmente por ocorrer com maior frequência a partir do período de pré-floração. Este tipo de aplicação exige equipamentos de pulverização autopropelidos (Uniport, Parruda e demais) ou aplicação aérea, já que pulverizadores comuns provocam o amassamento da cultura.

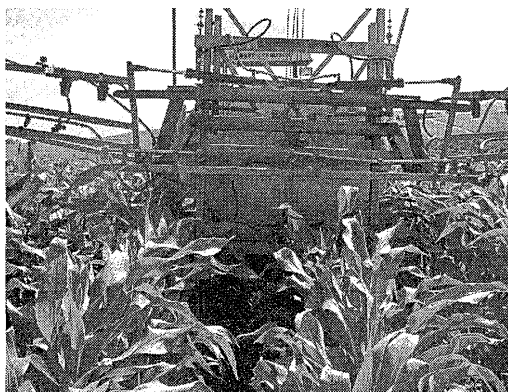


Figura 9. Pulverizador de arrasto realizando aplicação à 100 cm de altura (V9) sem causar danos a cultura do milho.

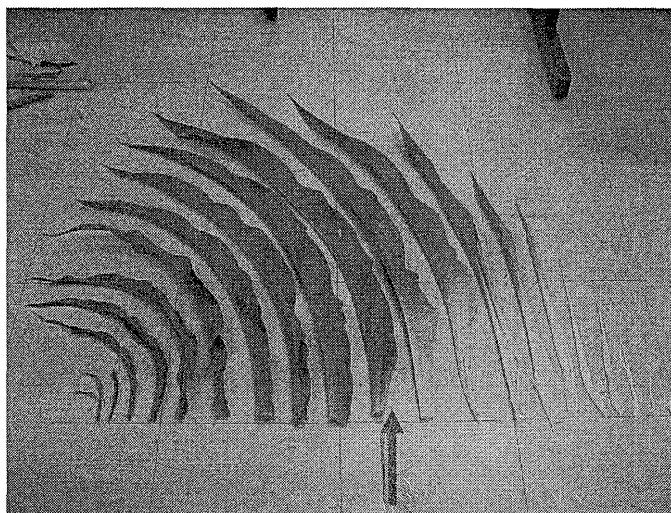


Figura 10. Planta de milho com 100 cm de altura dissecada, com destaque para a folha da espiga.

As aplicações com as plantas a 100 cm de altura, além de não oferecerem limitações operacionais para a maioria dos equipamentos de arrasto ou montados (equipamento mais comum nas propriedades rurais), proporcionam ótimo controle da Ferrugem Comum e Diplodia, e tem apresentado bons resultados no controle de Cercosporiose (controle superior a 80%), uma vez

que, quando as plantas atingem esta estatura, já tem as folhas do terço médio (folha da espiga e folha acima e abaixo da espiga) fora do cartucho, fazendo com o fungicida atinja estas folhas e garantindo proteção das mesmas contra os fungos causadores da doenças do milho.

A Helmintosporiose e o Complexo Mancha Branca têm apresentado difícil controle com o uso de fungicidas, onde os melhores resultados estão entre 50-60% de controle, principalmente com aplicações seqüenciais.

As aplicações seqüenciais de fungicida (80-100 cm / 120 cm) apresentam nível de controle superior às aplicações únicas, porém nem sempre é a opção mais econômica, devendo ser utilizadas criteriosamente em situações de monocultura ou safrinha, onde a ocorrência das doenças é mais precoce e severa.

Após tomar a decisão de utilizar o controle químico devemos escolher que fungicida vamos utilizar. De maneira geral, dentro dos grupos de fungicidas, as misturas prontas dos Triazóis + Estrobilurinas têm apresentado excelentes resultados no controle das doenças pelo seu amplo espectro de ação.

Portanto, o uso de fungicidas na cultura do milho ainda é um paradigma, e todos os critérios citados acima devem ser contemplados para a tomada de decisão pelo uso ou não desta tecnologia, cabendo a pesquisa juntamente com assistência técnica auxiliar o produtor para uso racional desta ferramenta, de modo a trazer o maior retorno econômico possível ao produtor.

Manejo fisiológico em milho: chave para altas produtividades

Paulo Roberto de Camargo e Castro

Professor Titular. Departamento de Ciências Biológicas. Esalq,
Universidade de São Paulo

Elvis Lima Vieira

Professor Adjunto. Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e
Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Marcelo Nascimento Baldo

Assistente Técnico. Stoller do Brasil Ltda

Stella Consorte Cato

Assessora de Pesquisa. Stoller do Brasil Ltda

Introdução

Até recentemente, o aumento da produção agrícola brasileira estava baseado na abertura de novas áreas. Atualmente, tem-se buscado melhorar e aperfeiçoar o uso dos recursos disponíveis, aumentando-se a produção por área. Os produtores estão tendo que produzir cada vez mais e com maior qualidade.

Os componentes da produtividade do milho, tais como, número de plantas por unidade de área, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e massa de grãos, são determinados por processos fenológicos como germinação, desenvolvimento vegetativo, florescimento, granação e maturação.

Apesar de o milho apresentar um elevado potencial produtivo, fatores bióticos e abióticos influenciam na sua capacidade de produção. Dentre estes fatores, os hormônios vegetais desempenham um papel importante, podendo uniformizar a germinação, controlar o desenvolvimento vegetativo, promover florescimento, auxiliar no processo de enchimento de grãos e antecipar ou atrasar a maturação.

Segundo Castro (1998), hormônio vegetal é um composto orgânico não nutriente, de ocorrência natural, produzido na planta, e que em baixas concentrações (10^{-4}M) promove, inibe ou modifica processos morfológicos e

fisiológicos do vegetal. Os hormônios vegetais hoje reconhecidos pertencem às seguintes classes: auxinas, giberelinas, citocininas, retardadores, inibidores e etileno.

Biorreguladores ou reguladores vegetais são compostos orgânicos, naturais ou sintéticos, que em pequenas quantidades, inibem ou modificam de alguma forma processos morfológicos e fisiológicos do vegetal (Caldas et al., 1990; Castro & Vieira, 2001). Essas substâncias podem ser aplicadas diretamente nas plantas (folhas, frutos, sementes), provocando alterações nos processos vitais e estruturais, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade e facilitar a colheita. Quando aplicadas nas sementes ou nas folhas, podem interferir em processos como germinação, enraizamento, floração, frutificação e senescência. (Castro & Melotto, 1989).

Segundo Casillas et al. (1986), essas substâncias são eficientes quando aplicadas em pequenas doses, favorecendo o bom desempenho dos processos vitais da planta, permitindo obter maiores e melhores colheitas, mesmo sob condições ambientais adversas.

Regulação hormonal de processos fisiológicos dos vegetais

As sementes constituem o principal veículo de multiplicação de espécies cultivadas. Além disso, a população de plantas, um dos componentes da produtividade, em uma determinada área cultivada, é determinada, entre outros fatores, pela germinação das sementes, que começa com a absorção de água e termina com a alongação do eixo embrionário. Práticas de manejo que permitam maximizar o potencial fisiológico das sementes após a semeadura são de grande importância para a obtenção de elevadas produtividades (Marcos Filho, 2005).

Dentre os fatores que regulam o processo germinativo, a presença de hormônios e o equilíbrio entre eles, promotores e inibidores, exercem um papel fundamental. O desenvolvimento do eixo embrionário é mediado por auxinas e citocininas e o aumento tanto no número como no tamanho das células é decorrente da síntese protéica realizada pelo embrião. De maneira geral, as giberelinas estão envolvidas na transcrição

genética, as citocininas na tradução e as auxinas na permeabilidade das membranas (Jann & Amen, 1977).

Tem sido verificado que o ácido giberélico regula a expressão do gene da α -amilase, a qual hidrolisa o amido, na germinação de sementes. Dessa forma, o ácido giberélico tem a função de regulação na mobilização de reservas do endosperma durante o desenvolvimento das plântulas (Arteca, 1996; Bewley, 1997).

As raízes das plantas terrestres estão envolvidas na aquisição de água e nutrientes disponíveis no solo, sustentação da planta, síntese de hormônios vegetais e funções de armazenamento.

Como os recursos dos solos, água e nutrientes, estão irregularmente distribuídos, um sistema radicular bem desenvolvido é de grande importância para a produtividade das plantas. Em regiões de clima tropical, o sistema radicular é um dreno a ser priorizado, pois água e nutrientes são, geralmente, fatores limitantes, podendo afetar a produtividade das culturas.

O desenvolvimento do sistema radicular envolve estratégias que são comuns na formação de órgãos de plantas e outras particulares às raízes, sendo estas profundamente influenciadas pelos hormônios vegetais. Dentre os hormônios envolvidos no processo de crescimento de raízes encontram-se: as citocininas, as auxinas, as giberelinas, o etileno e os inibidores.

Quanto à produção de grãos, a relação fonte/dreno tem sido a principal determinante. Neste caso, sabe-se do papel das citocininas na promoção do movimento de nutrientes, fenômeno este denominado de mobilização induzida pela citocinina. Inúmeros trabalhos mostram que os nutrientes são preferencialmente transportados e acumulados em tecidos tratados com citocininas, havendo uma provável alteração na relação fonte-dreno (Taiz & Zeiger, 2004).

O uso de biorreguladores em milho

A principal razão para o uso de reguladores vegetais em milho tem sido promover uma melhor germinação de sementes visando reduzir falhas no estande e melhorar o desenvolvimento

do sistema radicular, pois como os recursos dos solos, água e nutrientes, estão irregularmente distribuídos, quanto maior a habilidade das plantas em distribuir seu sistema radicular no solo, melhor sua capacidade em explorar eficientemente estes recursos.

Com os inúmeros benefícios obtidos a partir da aplicação de reguladores vegetais sobre as plantas cultivadas, combinações desses produtos têm sido estudadas. Além disso, raramente os hormônios vegetais agem sozinhos, mesmo quando uma resposta no vegetal é atribuída à aplicação de um único regulador vegetal, o tecido que recebeu a aplicação contém hormônios endógenos que contribuem para as respostas obtidas. As inter-relações no desenvolvimento vegetal resultam da combinação de muitos sinais, da ação conjunta de muitas dessas substâncias.

Stimulate[®] é um biorregulador da Stoller do Brasil contendo em sua formulação 90 mg.L⁻¹ de cinetina (citocinina), 50 mg.L⁻¹ de ácido indolbutírico (auxina) e 50 mg.L⁻¹ de ácido giberélico (giberelina).

Dario & Baltieri (1998) obtiveram aumento na massa seca de plântulas de milho 'AG – 510' em relação ao controle aos 6 dias após a semeadura, com a aplicação de Stimulate[®] nas sementes na concentração de 250 mL.ha⁻¹. Estes mesmos autores verificaram que a aplicação de Stimulate[®], via tratamento de sementes e foliar, em plantas com 4 folhas, (250 mL.ha⁻¹ e pulverização de 750 mL.ha⁻¹) proporcionou incremento de produção da ordem de 13,81%.

Em experimentos apresentados por Vieira & Castro (2000), a aplicação de Stimulate[®], em tratamento de sementes, na concentração de 10 mL.kg⁻¹, mostrou-se eficiente no que se refere à promoção de um melhor desempenho das sementes no processo germinativo, proporcionando maior número de plântulas normais (Figuras 1 e 2), reduzindo significativamente as anormalidades de plântulas (Figura 3). Também, registrou-se melhor resposta dos sistemas radiculares da plantas originadas de sementes pré-tratadas com o biorregulador, aumentando significativamente o crescimento das raízes (Figura 4).

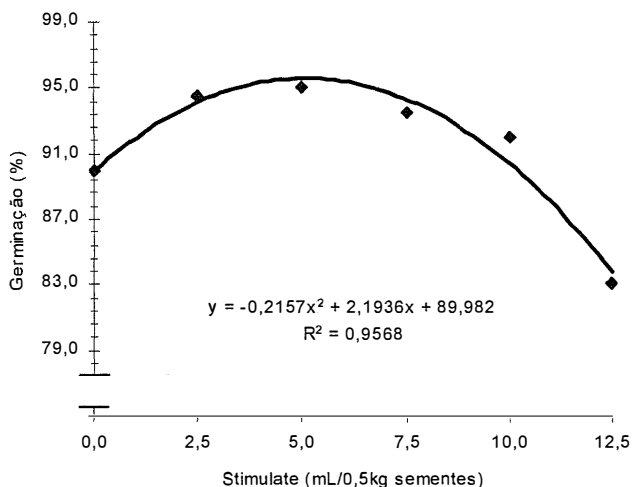


Figura 1. Modelo de regressão quadrática para a variável germinação de sementes de milho (*Zea mays* L.) sob seis concentrações de Stimulate.

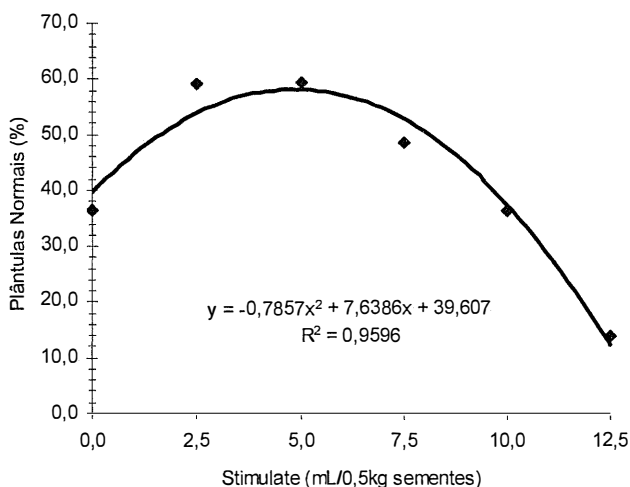


Figura 2. Modelo de regressão quadrática para a variável plântulas normais de milho (*Zea mays* L.) sob seis concentrações de Stimulate.

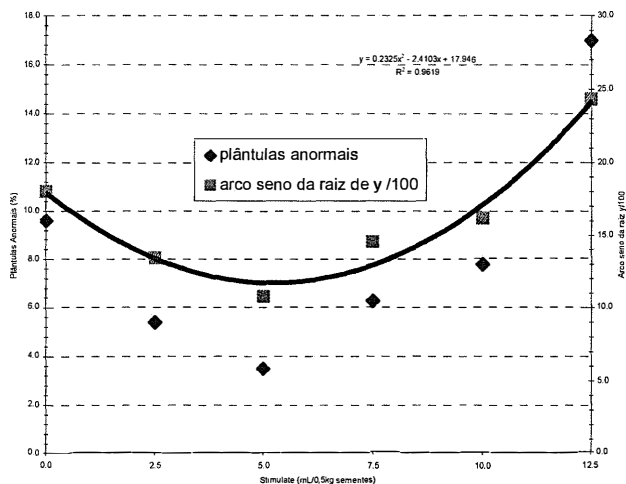


Figura 3. Modelo de regressão quadrática para a variável plântulas anormais de milho (*Zea mays* L.) sob seis concentrações de Stimulate.

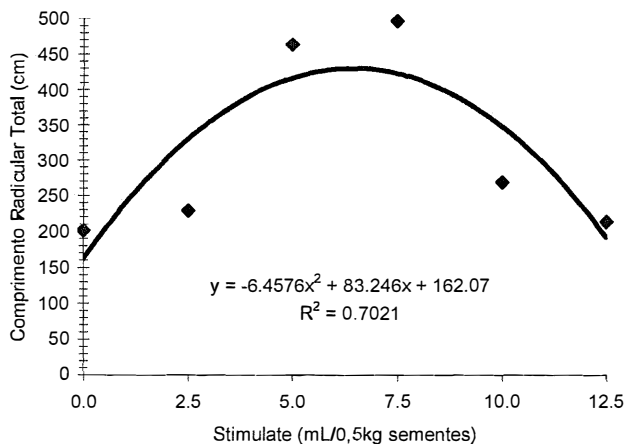


Figura 4. Modelo de regressão quadrática para a variável comprimento radicular total de milho (*Zea mays* L.) sob seis concentrações de Stimulate.

Com o objetivo de avaliar a eficiência agrônômica do produto Stimulate® no genótipo de milho Zeneca 8474, Milléo et al. (2000) aplicaram o biorregulador nas doses de 100, 150, 200, 250, 300 e 350 mL.ha⁻¹ em tratamento de sementes ou no sulco de semeadura. Stimulate® proporcionou maior velocidade na emergência das plântulas, maior produção de matéria seca, maior número de fileiras de grãos por espiga e maior produção de grãos. As doses de 300 e 350 mL.ha⁻¹ no tratamento de sementes e em aplicação no sulco de plantio, respectivamente, foram as que geraram maiores incrementos em produtividade, com um ganho de 68,03% em relação à testemunha.

Milléo (2002), em trabalhos com Stimulate®, nas concentrações de 5 e 10 mL.kg⁻¹ de sementes de milho 'XL 214', conseguiu aumento no número de fileiras de grãos por espiga, sendo que o mencionado produto, nas concentrações de 500 e 1000 ml ha⁻¹, pulverizado na linha de semeadura, também aumentou esse parâmetro.

Dourado-Neto et al. (2004) estudaram os efeitos de Stimulate® em tratamento de sementes (0; 0,5; 1,0 e 1,5 L.kg⁻¹ de sementes), em pulverização na linha de plantio (0; 0,5; 1,0 e 1,5 L.ha⁻¹) e em pulverização foliar aos 43 dias após a emergência (0; 0,25; 0,5; 0,75 L.ha⁻¹). A maior dose do biorregulador em tratamento de sementes (1,5 L.kg⁻¹ de sementes) foi eficiente, pois aumentou em 17,35% o rendimento de grãos em relação à testemunha.

Avaliando-se os efeitos de Stimulate® em tratamento de sementes e/ou em pulverização foliar, em plantas do híbrido de milho Pioneer 30F90, Fancelli (2005, dados não publicados) concluiu que o produto influenciou positivamente todos os componentes da produção, culminando no aumento de produtividade. O tratamento de sementes com Stimulate® contribuiu para o aumento na germinação das sementes e emergência de plântulas de milho. A aplicação do biorregulador via foliar mostrou-se eficiente quando seu fornecimento à planta ocorreu no estágio V4, isoladamente ou aliado ao tratamento de sementes.

Fancelli (2006, dados não publicados) verificou, em plantas do híbrido de milho Pioneer 30F90, que a aplicação do fertilizante foliar Cellerate (200 mL.ha^{-1}), o qual contém em sua formulação zinco e molibdênio, juntamente com Stimulate (250 mL.ha^{-1}), por ocasião da emissão da quarta folha, gerou os maiores incrementos na massa média de 100 sementes e na produtividade ($15,3\%$) (Figuras 5 e 6).

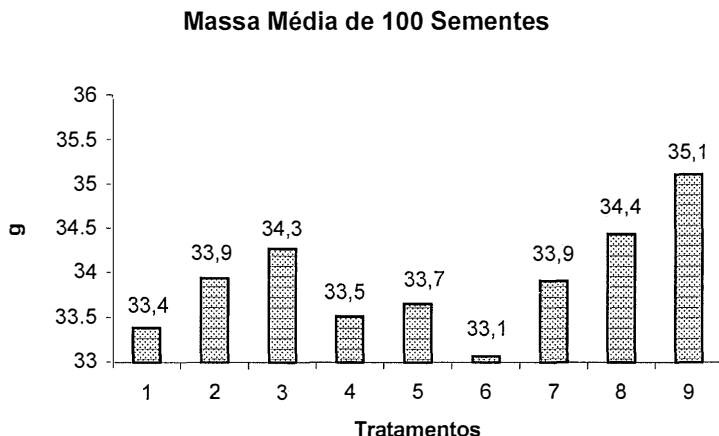


Figura 5. Massa média de 100 sementes de plantas de milho (*Zea mays* L.) submetidas aos seguintes tratamentos: 1. Testemunha; 2. Stimulate, $12,5 \text{ mL.kg}^{-1}$ de sementes; 3. Stimulate, 250 mL.ha^{-1} , pulverização foliar em V4; 4. Cellerate, 10 mL.kg^{-1} de sementes; 5. Cellerate, 200 mL.ha^{-1} , pulverização foliar em V4; 6. Stimulate, $12,5 \text{ mL.kg}^{-1}$ de sementes + Cellerate, 10 mL.kg^{-1} de sementes; 7. Stimulate, $12,5 \text{ mL.kg}^{-1}$ de sementes + Cellerate, 200 mL.ha^{-1} , pulverização foliar em V4; 8. Stimulate, 250 mL.ha^{-1} , pulverização foliar em V4 + Cellerate, 10 mL.kg^{-1} de sementes; 9. Stimulate, 250 mL.ha^{-1} + Cellerate, 200 mL.ha^{-1} , ambos em pulverização foliar em V4.

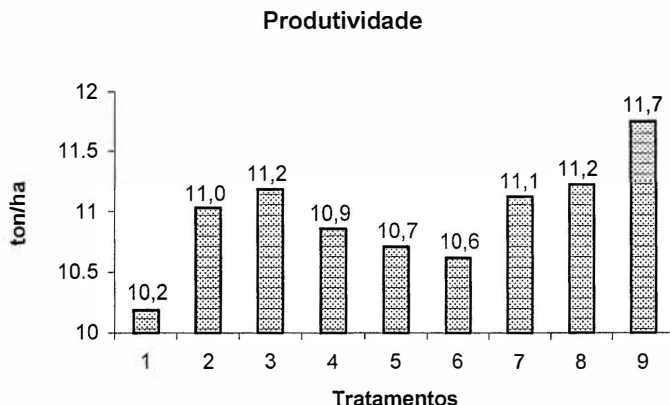


Figura 6. Produtividade ($t.ha^{-1}$) de plantas de milho (*Zea mays* L.) submetidas aos seguintes tratamentos: 1. Testemunha; 2. Stimulate, $12,5 mL.kg^{-1}$ de sementes; 3. Stimulate, $250 mL.ha^{-1}$, pulverização foliar em V4; 4. Cellerate, $10 mL.kg^{-1}$ de sementes; 5. Cellerate, $200 mL.ha^{-1}$, pulverização foliar em V4; 6. Stimulate, $12,5 mL.kg^{-1}$ de sementes + Cellerate, $10 mL.kg^{-1}$ de sementes; 7. Stimulate, $12,5 mL.kg^{-1}$ de sementes + Cellerate, $200 mL.ha^{-1}$, pulverização foliar em V4; 8. Stimulate, $250 mL.ha^{-1}$, pulverização foliar em V4 + Cellerate, $10 mL.kg^{-1}$ de sementes; 9. Stimulate, $250 mL.ha^{-1}$ + Cellerate, $200 mL.ha^{-1}$, ambos em pulverização foliar em V4.

Os inúmeros resultados de pesquisas apresentados relatando o uso de Stimulate® em milho sugerem que este biorregulador pode promover o equilíbrio hormonal necessário para tornar a cultura mais eficiente em explorar o ambiente de produção. Os benefícios podem ser verificados em todas as fases de desenvolvimento da cultura, durante as quais definem-se importantes componentes da produtividade.

Referências bibliográficas

ARTECA, R.N. **Plant growth substances: principles and applications.** New York: Chapman & Hall, 1996. 332p.

- BEWLEY, J.D. Seed germination and dormancy. **The Plant Cell**, Rockville, v.9, n.3, p.1055-1056, 1997.
- CALDAS, L.S.; HARIDASAN, P.; FERREIRA, M.E. Meios nutritivos. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.S. **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas**. Brasília: ABCTP; Embrapa CNPH, 1990. p. 37-70.
- CASSILAS, V.J.C.; LONDOÑO, I.J.; GUERRERO, A.H.; BUITRAGO, G.L.A. Análisis cuantitativo de la aplicación de cuatro bioestimulantes en el cultivo del rabano (*Raphanus sativus* L.). **Acta Agronomica**, Palmira, v.36, n.32, p.185-195, 1986.
- CASTRO, P.R.C. **Utilização de reguladores vegetais na fruticultura, na horticultura e em plantas ornamentais**. Piracicaba: ESALQ-DIBD, 1998. 92p.
- CASTRO, P.R.C.; MELOTTO, E. Bioestimulantes e hormônios aplicados via foliar. In: BOARETO, A.E.; ROSOLEM, C.A. **Adubação foliar**. Campinas: Fundação Cargill, v.1, cap.8, 1989. p.191-235.
- CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 132p.
- DARIO, G.J.A.; BALTIERI, E.M. **Avaliação da eficiência do regulador vegetal Stimulate (citocinina + ácido indolbutírico + ácido giberélico) na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba: ESALQ, Depto. de Agricultura, 1998. 12p. (Relatório Técnico).
- DOURADO-NETO, D.; DARIO, G.J.A.; VIEIRA JÚNIOR, P.A.; MANFRON, P.A.; MARTIN, T.N.; BONNECARRÉRE, R.A.G.; CRESPO, P.E.N. Aplicação e influencia do fitorregulador no crescimento de plantas de milho. *Rev. Fac. Zootec. Vet. Agro. Uruguiana*, v.11, n.1, 2004. p.93-102.
- FANCELLI, A.L. Efeitos da aplicação de Stimulate® no desempenho e na produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.). Piracicaba - São Paulo: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – USP, 2005. (dados não publicados).

- FANCELLI, A.L. Efeitos da aplicação de Cellerate e Stimulate®, via tratamento de sementes e pulverização foliar, de forma individual e conjunta, no desempenho e na produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.). Piracicaba - São Paulo: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – USP, 2006. **(dados não publicados)**.
- JANN, R.C.; AMEN, R.D. What is germination? In: KHAN, A.A. **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination**. Amsterdam: North Holland Publ., 1977. cap.2, p.7-28.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MILLÉO, M.R.V. **Avaliação da eficácia agronômica de diferentes doses e formas de aplicação de Stimulate na cultura do milho**. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2002. 16p. (Relatório Técnico).
- MILLÉO, M.V.R.; VENANCIO, W.S.; MONFERDINI, M.A. Avaliação da eficiência agronômica do produto Stimulate aplicado no tratamento de sementes e no sulco de plantio sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.7 (supl.), 145 p, 2000.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- VIEIRA, E.L.; CASTRO, P.R.C. Ação de Stimulate na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento radicular de plantas de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba - São Paulo: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – USP, 2000. 15p. **(Relatório Técnico)**.

Perspectivas de mercado e da comercialização de milho

Vlamiir Brandalizze
Brandalizze Consulting

Introdução

O milho que em outros anos era considerado cultura alternativa ou de locais inadequados, agora esta entrando no grupo dos grandes produtos exportáveis pelo Brasil, com o mercado mundial crescendo forte e mostrando que o cereal já é destaque entre os grandes grãos porque domina a produção e consumo mundial, com 768 milhões de toneladas previstas para este novo ano agrícola, representa 37% de toda a produção mundial de grãos, e se distancia do Trigo que por séculos dominou o mercado mundial de cereais, e agora conta com um volume produzido ao redor das 600 milhões de toneladas enquanto o milho avança e somente ira ter limite de produção quando esbarrar no limite da área plantada.

Setor de energia

O destaque do momento para o milho vem do setor de energia, que usa o cereal para produção do Etanol, contra o consumo quase que exclusivo para a produção de ração e consumo humano que anteriormente dominava o cereal, agora com alternativa energética e alimentar o milho se destaca como um grande cereal e que tem as cotações valorizadas. Com níveis em crescimento, como podemos ver nos últimos 12 meses, quando o milho saltou dos US\$ 115,00 para os US\$ 170,00 por T no mercado mundial e pode ir acima dos US\$ 200,00 se houver algum problema na safra americana que hora esta em fase de desenvolvimento.

Como podemos observar no quadro, estamos caminhando em ritmo mais acelerado no consumo mundial dos grãos do que na produção e desta forma os estoques finais estão recuando rapidamente, que em dois anos recuarão mais de 100 milhões de toneladas e aponta que em mais queda à frente e desta forma

deixando as cotações internacionais aquecidas. Com o milho tendo fôlego para se manter em patamares acima dos US\$ 150,00 por tonelada nos portos dos países exportadores e acima dos US\$ 200,00 por tonelada nos portos dos países importadores. Desta forma estimulando ao avanço na produção nos países exportadores como os EUA, Argentina e agora entrando entre os grandes exportadores o Brasil.

Tabela 1. Oferta e demanda mundial de grãos (t x 10⁶).

Safra	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08*	08/09**
Estoque Inicial	417	349	401	399	323	305
Produção	1.852	2.038	2.017	1.987	2.087	2.125
Consumo	1.920	1.990	2.019	2.063	2.105	2.160
Estoque Final	349	401	399	323	305	270

Fonte: USDA, Brandalizzi Consulting.

* estimativas iniciais

** projeções

Tabela 2. Principais grãos produzidos no mundo (t x 10⁶).

Safra	04/05	05/06	06/07	07/08*
Milho	712	695	699	768
Trigo	628	621	594	610
Arroz	402	418	416	421
Soja	215	219	235	225
Feijão	18,7	19,0	19,5	19,5

Fontes: USDA, Brandalizzi Consulting.

* estimativas iniciais.

A Tabela 3 mostra que os principais países produtores de milho continuam sendo os mesmos há muitos anos e o quadro não mostra espaço para alterações, sendo que o domínio continuara sendo dos EUA, com a produção avançando forte em cima de áreas de Soja e Algodão e desta forma se tornando o principal produto dos produtores americanos, ou seja, dando ao setor boas condições para continuar plantando milho, que sempre foi o produto de maior interesse do setor, ou o grão que os produtores gostam de plantar e que agora lhes dá uma boa

renda para continuar avançando em área, tecnologia e crescendo a produtividade e qualidade.

Como podemos ver no quadro dos principais países, os estoques em geral estão em queda, com exceções, mas que tem pouca expressão internacional. Com destaque para China que já teve mais de 90 milhões de T de milho em estoque no ano de 1999, agora esta caindo para um quarto do volume e devera continuar em queda e em pouco tempo devendo vir para o mercado como um dos grandes importadores e desta forma abrindo mais uma frente de pressão de alta nas cotações internacionais.

Com base na boa demanda mundial do milho, que seguira forte para o setor de energia e ração, veremos o Brasil crescendo como esta sendo apontado no quadro onde mostra projeções de exportações de 10 milhões de T nesta nova safra e há chances deste numero ser maior do que estamos apontando porque os espaços internacionais estão crescendo sempre acima das projeções. Como é o caso dos EUA, onde até o mês de maio se projetava que iria consumir 80 milhões de toneladas de milho para produção de Etanol e agora mostra que o numero esta projetado em 86,4 milhões de toneladas, e pelo andar dos investimentos em usinas para a produção do combustível alternativo nos EUA, o numero poderá ser ainda maior.

Desta forma os EUA que nesta safra esta exportando mais de 55 milhões de toneladas, ira ter apenas 50 milhões para serem vendidas e abrindo um espaço de 5 milhões para novos fornecedores e assim beneficiando para manter as cotações internacionais em crescimento.

O setor de ração esta voltando a crescer em ritmo acelerado no mercado mundial, porque a crise da gripe dos frangos passou na Ásia e agora vemos o consumo das proteínas vegetais em crescimento, principalmente em cima do frango, suínos e derivados de leite, todos atrelados ao consumo de ração e beneficiando o milho, que terá forte procura pelo setor, porque as cotações das carnes cresceram entre 30 e 80% nos últimos 12 meses e desta forma favorece o setor para manter as cotações do milho firmes.

Para o Brasil fizemos uma análise comparando os dois principais grãos da safra de verão, com o milho e a soja sendo colocados frente a frente em varias situações, para que o produtor possa ter uma boa base de valores e assim poder investir com maiores chances de ganhos. Como podemos ver na seqüência.

Tabela 3. Principais países produtores de milho em função de seus quadros de oferta e de demanda (projeções do quadro de oferta e demanda para safra 2007/08 - em milhões de toneladas).

País	EUA	China	Europa	Argentina
Estoque Inicial	25,1	30,8	10,7	1,5
Produção	316,5	146,0	55,7	24,0
Importação	0,4	0,1	3,5	-
Consumo Total	316,3	148,0	60,8	7,2
Etanol	86,4	-	-	-
Ração	145,0	-	-	-
Exportação	50,2	3,0	0,3	16,0
Estoque Final	25,3	25,9	8,8	2,3
País	Brasil	Coréia do Sul	África do Sul	
Estoque Inicial	5,2	1,3	0,4	
Produção	50,0	0,1	10,5	
Importação		9,1	0,3	
Consumo Total	43,0	9,2	8,9	
Etanol	-	-	-	
Ração	-	-	-	
Exportação	10,0	-	0,8	
Estoque Final	2,2	1,3	1,5	

Fonte: USDA. Brandalizze Consulting.

Dobradinha que vale Ouro

Estamos no período do ano, que os produtores e comerciantes nos indagam sobre uma comparação entre os dois principais grãos produzidos na safra de verão do Brasil, sendo o milho versus a soja. Qual deles tem melhores chances de lucros para os produtores? Neste ano o quadro está dando sinais de alterações, mostrando o milho crescendo em presença na

produção e na participação da renda dos produtores e devendo continuar assim também em 2008. A soja segue como destaque internacional, com grande redução na safra americana pela queda na área e desta forma deixando o mercado mundial apertado e projetando boas cotações internacionais e assim crescendo as necessidades pela soja brasileira e com isso boas chances de ganhos aos produtores do Brasil.

Primeiramente temos que analisar o quadro mundial dos dois produtos, fazendo um comparativo e mostrando as tendências de oferta e demanda e junto às indicações futuras de cotações e desta maneira chances dos produtores brasileiros ter ganhos maiores. Ambos os produtos estão com boas expectativas para 2008 porque a demanda mundial de grãos seguirá aquecida e manterá as cotações muito acima das medias históricas, principalmente pela demanda do setor de energia, como Etanol e BioDiesel, que vem tendo grandes investimentos e não devem parar nos próximos anos.

O milho mostra crescimento na produção, atrelado o forte crescimento da safra americana, que tem previsto um novo recorde histórico, e assim fazendo com que a safra mundial 2007/08 chegue à marca das 768 milhões de toneladas contra as 699,3 colhidas no ano anterior. Veremos os estoques mundiais em queda em função do consumo, crescendo das 727 para as 770,9 milhões de toneladas, desta forma mantendo consumo maior que a produção, fato este que temos visto desde o começo do século e fazendo com que as cotações do milho no mercado mundial trabalhem entre os US\$ 155,00 e US\$ 180,00 por tonelada, isso em condições de safra normal nos EUA. Caso a colheita americana prevista em 316,5 milhões de toneladas seja afetada pelo clima e não atinja tal nível, as cotações mundiais crescerão ainda mais e há indicativos de consultorias dos EUA que apontam que poderemos ter alguns momentos em que o milho estará acima dos US\$ 200,00 por tonelada no mercado FOB porto em 2008. Trazendo lucros maiores para os produtores brasileiros, que estão tendo na exportação deste ano o suporte de preços mínimos, que tem ficado entre os R\$ 15,00/16,00 nos estados do Sul do país e nos R\$ 10,00 para o Centro Oeste nas

posições distantes, onde o frete até o porto toma cerca de R\$ 10,00 por saca e até acima nos momentos de pico da soja.

O quadro abaixo mostra a evolução da oferta e demanda mundial da soja e do milho, onde podemos observar um crescimento no consumo de ambos e queda nos estoques, sinalizando para um quadro favorável para os grãos.

No quadro podemos observar que temos boas expectativas para que as cotações trabalhem próximas dos melhores níveis já praticados no mercado internacional e assim mesmo que tenhamos um cambio ainda fraco no Brasil a liquidação tende a ser igual, ou melhor, que estamos vendo neste momento de 2007.

Tabela 4. Oferta e demanda mundial. USDA. Junho/07 (t x 10⁶).

Milho				
Safra	EI ¹	P ²	C ³	EF ⁴
07/08**	94,7	768,0	770,9	91,8
06/07*	122,4	699,3	727,0	94,7
05/06	130,7	695,9	704,2	122,4
Soja				
Safra	EI ¹	P ²	C ³	EF ⁴
07/08**	63,6	225,3	234,9	54,0
06/07*	53,9	235,4	225,7	63,6
05/06	48,4	220,6	215,1	53,9

¹ EI: Estoque Inicial. ² P: Produção. ³ C: Consumo. ⁴ Estoque Final.

Com o quadro atual do mercado estamos vendo que no Sul do país os produtores estão tendendo cada vez mais pelo milho que tem potencial de faturamento maior que a soja, enquanto isso devido a grande distancia dos portos, nos estados centrais principalmente no MT continuaremos vendo a soja dominando a primeira safra. Novamente crescendo a área em cima de safrinha que acaba aumentando a renda dos produtores. Com os melhores desempenhos do setor devendo se dar nas regiões onde se planta soja precoce e milho safrinha no cedo em função de acumular duas colheitas em um mesmo ano comercial. No Sul do país pode ser realizado quando se planta uma boa safra de verão e tem o plantio do trigo, como uma boa alternativa e o

milho tem sido mais vantajoso para os produtores que a soja em função da produtividade. Não podemos deixar de apontar que o milho tem menor liquidez no período de colheita, enquanto a soja tem liquidez imediata e normalmente não sofre queda tão significativa como o milho que é mais afetado pela alta dos fretes que a oleaginosa.

Consumo e exportações crescendo no Brasil

A Tabela 5 mostra que a oferta e a demanda do Brasil devem continuar crescendo em ritmo acelerado porque estamos entrando numa nova fase de crescimento da produção e exportação do setor de carnes, principalmente dos frangos que neste primeiro semestre de 2007 bateu recorde histórico de embarques e tem conseguido faturar entre 30 a 50% a mais em dólares e desta forma compensa as perdas ocorridas com a valorização do Real.

Tabela 5. Oferta e demanda de milho no Brasil (t x 10⁶).

Safra	Estoque inicial	Produção + Importação	Oferta Total	Consumo + Exportação	Estoque Final
07/08*	5,2	50,0	55,2	53,0	2,2
06/07*	3,2	50,0	53,2	48,0	5,2
05/06	2,7	41,5	44,2	41,0	3,2
04/05	2,7	38,0	40,7	38,0	2,7
03/04	5,2	42,0	47,2	44,5	2,7
02/03	1,8	47,4	49,2	44,0	5,2

Fonte: Brandalizze Consulting (*)estimativas preliminares.

Também deveremos ver crescer o setor de suínos que tem grande demanda de milho e soja, porque o setor aposta que em 2008 será o ano do boom do suíno na exportação, porque as novas negociações vêm abrindo portas para as carnes do Brasil que devem ter como destaque a sanidade e qualidade e assim veremos o setor de ração que esta consumindo cerca de 50 milhões de toneladas neste ano passar para a marca das 54 a 55 milhões de toneladas em 2008, com crescimento de 8 a 10%, para atender a demanda mínima projetada para o setor das carnes. Desta forma boas expectativas de preços também

internamente. Não devemos esquecer que continuaremos exportando grandes volumes de milho e criando liquidez no período da colheita da safra.

Milho tem ganhos maiores no Sul e soja e safrinha como destaque no Centro-Oeste

Foram feitas algumas projeções sobre as possibilidades de faturamento para os produtores onde levamos em consideração as cotações do milho e da soja no Sul e Centro Oeste, baseado em duas tecnologias diferentes, onde apontamos o faturamento em cada caso, também mostrando o quadro da safrinha no Sul e Sudeste contra o Centro Oeste, principalmente no MT onde tem o domínio da produção.

Milho *versus* soja

Na Tabela 6, traçamos alguns cenários sobre algumas tecnologias que se empregam no país, onde temos produtividade de 120 sacas de milho comparada com 45 sacas de soja por hectare e 140 sacas de milho com 60 sacas de soja, junto com parâmetros de valores médios projetados para serem praticados no período de colheita da safra. Isso, se mantiver a safra americana sem problemas e colhermos uma safra cheia no Brasil, onde mostra níveis de 61 milhões de T de soja e 50 milhões de T de milho. Sinalizando que a soja continuará como destaque na safra do Centro Oeste, onde a colheita da primeira safra tende resultar em faturamento na casa dos R\$ 1380,00 por hectare, e chances acima com tecnologia maior. Enquanto isso nesta região novamente devesse ter como ponto forte o plantio coligado com a safrinha que aumenta o faturamento dos produtores em cerca de R\$ 1000,00 por hectare.

Enquanto isso no Sul o quadro mostra uma distinção grande porque em grande parte da região não se pode plantar a safrinha e desta forma o milho aparece como melhor alternativa de faturamento em função da produtividade alta quando se usa boa tecnologia e até mesmo em tecnologia média o milho tem valores de faturamento melhores que a soja na mesma situação. Lembrando que no Sul a lavoura de inverno pode ser o trigo e também trazer um bom aumento no faturamento para os

produtores. A região Oeste e Norte do Paraná e boa parte do Sudeste, principalmente São Paulo tem possibilidade da soja com milho safrinha e nestas regiões é que devem ter o maior faturamento em cima do milho e soja, mas neste caso sem possibilidade de ter o trigo no inverno.

Tabela 6. Faturamento por hectare e cotações em reais.

Produto	Milho	Soja
Sul, cotação (R\$.saca ⁻¹)	17,00	31,00
Milho (100 sc.ha ⁻¹)	1.700,00	-
Soja (45 sc.ha ⁻¹)	-	1.395,00
Milho (140 sc.ha ⁻¹)	2.380,00	-
Soja (60 sc.ha ⁻¹)	-	1.860,00
Soja (45 sc.ha ⁻¹) e milho Safrinha (100 sc.ha ⁻¹)	3.095,00	
Centro Oeste, cotação (R\$.saca ⁻¹)	10,00	23,00
Milho (100 sc.ha ⁻¹)	1.000,00	-
Soja (45 sc.ha ⁻¹)	-	1.035,00
Milho (140 sc.ha ⁻¹)	1.400,00	-
Soja (60 sc.ha ⁻¹)	-	1.380,00
Soja (45 sc.ha ⁻¹) e milho Safrinha (100 sc.ha ⁻¹)	2.380,00	

Fonte: Brandalizze Consulting.

O destaque deste ano aparece no milho, que no Sul aparece com uma boa alternativa aos produtores e desta forma além da necessidade de rotação de cultura que tecnicamente é muito importante, para manter o crescimento de produtividade, agora tem o faturamento com projeções maiores que em anos anteriores e superando a soja, apoiado no mercado internacional que seguirá comprador e cotações altas para o milho. Agora temos facilidade para exportar e muitos países compradores que querem nosso milho.

Caminhamos para um bom ano para o setor agrícola e os produtores terão que ir a busca de boa produtividade e qualidade para garantir boa lucratividade, porque o mercado acena que as cotações devem propiciar bom faturamento.

Enfoque fisiológico da nutrição e adubação do milho

**Antonio Luiz Fancelli
Durval Dourado Neto**

Departamento de Produção Vegetal. Esalq, Universidade de São Paulo

Introdução

A visão global do sistema agrícola é imprescindível para o pleno entendimento do processo produtivo, a qual poderá favorecer a definição de estratégias de manejo objetivando a minimização dos níveis de estresse impostos pelo ambiente, de modo a assegurar a manutenção do estado de equilíbrio do sistema (homeostase).

Assim, a consideração dos princípios e fundamentos sustentados pelo conhecimento científico, do impacto da medida a ser adotada e da experiência da tomada de decisões, aliado à realidade ambiental, tecnológica, econômica e social do local, poderão contribuir para a determinação do tipo de intervenção a ser implementada.

No que se refere à nutrição e adubação, é importante levar em consideração as limitações metodológicas da análise química do solo e de tecidos vegetais, tais como problemas de amostragem, extratores químicos, e valores críticos de nutrientes no solo e na folha.

Visão global do sistema agrícola

Na natureza, a atmosfera é que define a direção e a magnitude dos processos de transpiração e evaporação e, portanto, o manejo eficiente de lavouras objetivando alta produtividade exige a visão sistêmica ou holística do sistema agrícola.

A disponibilidade de nutrientes está relacionada, principalmente, com a disponibilidade de água e pH do sistema, pois todos os nutrientes minerais se movimentam no solo, em solução, de um ponto qualquer até a rizosfera, seja por difusão ou por fluxo de massa. A capacidade de água disponível

associada com a distribuição de água no sistema constitui-se em importante fator de produção relacionado à demanda da planta.

Assim, a taxa de assimilação máxima de dióxido de carbono depende do pleno atendimento da demanda evapotranspiratória imposta pelo meio, a qual poderá ser satisfeita quando a densidade de fluxo de água no solo for igual ou superior à transpiração máxima da cultura (Dourado Neto e Fancelli, 2000).

Os diferentes mecanismos relacionados ao movimento dos nutrientes em direção às raízes, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Contribuição relativa de diferentes mecanismos relacionados ao contato entre nutrientes e raízes de plantas (adaptado de Vitt, 2001).

Nutriente	Interceptação Radicular	Fluxo de Massa	Difusão
	Porcentagem (%) do Total de Nutrientes		
Nitrogênio (N)	1	99	0
Fósforo (P)	1	5	94
Potássio (K)	2	20	78
Cálcio (Ca)	29	71	0
Magnésio (Mg)	13	87	0
Enxofre (S)	5	95	0

Portanto, a absorção de nutrientes depende da evapotranspiração (evaporação + transpiração), que é governada pela dinâmica da atmosfera; a qual, por sua vez, é dependente da temperatura, umidade relativa do ar, vento, radiação solar, altitude, continentalidade, latitude e nebulosidade, principalmente. A água que circula pela planta, serve para manter a temperatura adequada à atividade enzimática (22 a 28°C) e fornecer a quantidade de nutrientes necessária para o seu metabolismo e funcionamento. Além disso, a água participa no transporte de metabólitos (solvente universal para redistribuição de fotoassimilados na planta) e se constitui no meio fundamental para a ocorrência das reações químicas.

Finalmente, cumpre salientar que, do volume total de solução (água e nutrientes) do solo absorvido pela planta durante

todo o seu ciclo, menos de 2% é efetivamente aproveitado (água constitucional), sendo o restante representado pelo volume total transpirado.

Ações de planejamento e de manejo

O planejamento de sistemas eficientes de produção, incluindo o programa de nutrição e adubação, deve ser baseado no conhecimento das exigências nutricionais (quantidades, relações e marcha de absorção) e climáticas da planta (soma térmica, temperaturas-referência, fases críticas de estresse hídrico e térmico, dentre outros), no grau de interferência de estresses e nas limitações do ambiente de produção.

Por outro lado, a definição do tipo e momento das ações de manejo (ou intervenção), deverá ser fundamentada no conhecimento efetivo da fisiologia e fenologia da planta. Com base nos estádios fenológicos, pode-se determinar o momento correto para o fornecimento de nutrientes (solo e/ou folha) e de outros insumos, objetivando seu pleno aproveitamento e função, além de possibilitar a previsão (ou prevenção) de outras interferências de natureza diversa.

Estabelecimento do programa de adubação

A fertilidade do solo e programas adequados de adubação se constitui em fatores preponderantes para a obtenção de altas produtividades na cultura do milho, seja para a produção de grãos ou para silagem. Esse fato encontra-se aliado à elevada capacidade extrativa inerente à espécie mencionada, combinada com significativa demanda hídrica por parte da cultura, culminando na taxa de acúmulo de matéria seca da ordem de 150-170 kg.ha⁻¹.dia⁻¹.

Impedimentos de ordem química, física e/ou biológica que concorram para a redução do crescimento do sistema radicular, da diminuição da disponibilidade de água e nutrientes, da interceptação da luz e do metabolismo, contribuirão para a dificuldade da manifestação do potencial produtivo da espécie.

Assim, a avaliação efetiva do estado nutricional do solo e da planta, bem como o conhecimento das funções dos nutrientes na fisiologia vegetal, aliados à consideração de sua dinâmica e

mobilidade, se revestem de acentuada relevância para o estabelecimento de programas eficientes de adubação.

Análise química do solo e da folha

Neste contexto a análise química do solo assume papel relevante na definição do programa racional de adubação, devendo ser realizada no intuito de conhecer sua fertilidade atual, com o fim específico de avaliar a necessidade de correção e/ou determinar o plano de ação relativo ao fornecimento de nutrientes visando atender a demanda da planta e a produtividade desejada. Por outro lado, a análise química da planta (análise foliar), além de evidenciar o seu estado nutricional atual, deve ser efetuada com o desiderato de avaliar a ocorrência de possíveis relações de interferência entre as condições físico-químicas do solo e o aproveitamento dos nutrientes; além de aferir a eficácia do planejamento adotado.

Tabela 2. A razão de utilização de análise química do solo e de folha.

Análise química	Finalidade
Solo	Favorecer a decisão sobre o rendimento desejado, bem como a definição da quantidade de fertilizante a ser utilizada (recomendação de adubação)
Folha	Conhecer o estado nutricional atual da planta e aferir (ajustar) a recomendação de adubação para o próximo ciclo

Há pelo menos dois procedimentos de amostragem do solo em termos de distribuição espacial horizontal: A amostragem tradicional e a amostragem orientada.

A amostragem tradicional preconiza a homogeneidade da gleba, de acordo com os critérios previamente estabelecidos, permitindo a realização de amostragem totalmente aleatória. A amostragem orientada preconiza a elaboração de mapas de fertilidade para serem analisados conjuntamente com os mapas de rendimento, contribuindo para o melhor entendimento dos problemas de produção inerentes a cada gleba. O referido tipo

de amostragem é frequentemente adotado pelo manejo de lavouras fundamentado no conceito de *agricultura de precisão*.

Para realização de amostragem, o número mínimo necessário de amostras simples para obtenção de uma amostra composta varia em função do tamanho da área: (i) para gleba de até 5 ha recomenda-se 3 a 10 pontos de amostragens; (ii) para gleba de 5 a 20 ha recomenda-se 8 a 15 pontos de amostragens e (iii) para gleba superior a 20 ha recomenda-se 10 a 30 pontos de amostragens.

Vale ressaltar que, infelizmente, a amostragem de solo, em muitas propriedades agrícolas é, ainda, realizada sem muito critério ou rigor, sendo freqüentemente executada por pessoal pouco capacitado ou responsável.

Atualmente, em função dos resultados da análise do solo sustentar decisões importantes e onerosas, recomenda-se a “terceirização” de sua realização, mediante a contratação de empresas especializadas para esse fim, no intuito de anular os procedimentos incorretos de amostragens. Tal decisão possibilita maior detalhamento da avaliação, bem como a elaboração de mapas de fertilidade para cada gleba, que poderão ser correlacionados com as produtividades almejadas (ou alcançadas).

Disponibilidade dos nutrientes

Além da quantidade em si, a disponibilidade de nutriente no solo, na prática, assume maior importância imediata, pois é o que determina a rapidez da satisfação da demanda da planta. A disponibilidade dos nutrientes no solo é função do pH da solução, sendo que cada elemento apresenta comportamento peculiar e característico. Assim, elevando o pH de 5,0 para 8,0, observa-se que a disponibilidade de: (i) ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), boro (B) e manganês diminui; (ii) molibdênio (Mo) e cloro (Cl) aumenta; (iii) fósforo (P) aumenta até pH próximo a 6,0, permanecendo máxima e constante até pH 6,7; ocorrendo, em seguida, um decréscimo; (iv) nitrogênio (N) e enxofre (S) aumenta linearmente até pH 6,0, onde atinge um patamar e permanece constante e (v) cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) permanece praticamente constante.

Mobilidade dos nutrientes

A mobilidade dos nutrientes na planta (Tabela 3) constitui-se em importante informação para a diagnose e identificação dos sintomas de deficiência, bem como para o auxílio na definição dos procedimentos básicos e do momento do emprego da adubação foliar. Neste contexto, de forma geral, os elementos imóveis (e parcialmente móveis) resultam em sintomas típicos de deficiência nas folhas novas, enquanto que os elementos móveis evidenciam esses sintomas nas folhas velhas. Todavia, merece especial atenção, o enxofre (S), pois tal elemento pode, eventualmente, transgredir tais regras.

Tabela 3. Mobilidade dos nutrientes minerais na planta.

Altamente móvel	Móvel	Pouco móvel	Imóvel
Nitrogênio ¹	Fósforo	Zinco	Boro
Potássio ¹	Cloro	Cobre	Cálcio ²
Sódio	Enxofre	Manganês	
	Magnésio	Molibdênio	

¹ Nutriente mais móvel. ² Nutriente mais imóvel.

Sintomas de deficiência e importância dos nutrientes na vida vegetal

O conhecimento do sintoma típico de deficiência nutricional e de sua função na vida vegetal (Tabela 4) é fundamental para a constante avaliação do manejo do sistema agrícola, para a determinação de ajustes futuros e para a reorientação das ações planejadas.

Tabela 4a. Descrição sucinta dos sintomas de deficiência e importância nutricional dos macronutrientes primários para a cultura de milho (*Zea mays* L.)

Nutriente	Sintoma de deficiência	Importância nutricional
Nitrogênio	(i) Amarelecimento das folhas mais velhas (formando um “v” invertido). (ii) Morte prematura de folhas e/ou plantas. (iii) Espigas pequenas e com extremidade achatadas. (iv) Grãos leves (menos densos). (v) Colmos finos. (vi) Tombamento de plantas.	(i) Associação ao crescimento vegetativo das plantas. (ii) Participa ativamente do processo de fotossíntese. (iii) Participa da síntese de proteínas. (iv) Aumenta o peso (densidade) de grãos. (v) Aumenta a porcentagem de óleo.
Fósforo	(i) Coloração púrpura ou arroxeada das folhas novas. (ii) Colmos frágeis e delgados (finos). (iii) Espigas pequenas e retorcidas (tortas) nas extremidades.	(i) Estimula o desenvolvimento das raízes. (ii) Aumenta o teor de proteínas nos grãos. (iii) Atua na fotossíntese e respiração. (iv) Participa no processo de transferência de energia e no enchimento de grãos.
Potássio	(i) Margens das folhas inferiores (velhas) amarelada, alaranjada ou bronzeada. (ii) Manchas marrons (ou escuras) no interior do colmo. (iii) Espigas com extremidades sem grãos e com sabugo afilado (ponteagudo).	(i) É responsável pelo uso eficiente da água (regula abertura e fechamento de estômatos) (ii) Aumenta a resistência da planta ao acamamento. (iii) Aumenta a tolerância a pragas e doenças.
Cálcio	(i) Clorose nas folhas novas. (ii) Redução do crescimento radicular. (iii) Morte das extremidades das raízes. (iv) Falhas de granação (afeta fecundação).	(i) Essencial ao crescimento e aprofundamento das raízes. (ii) Vital para a germinação do grão de pólen. (iii) Integrante da parede celular dos tecidos vegetais.

Tabela 4b. Descrição sucinta dos sintomas de deficiência e importância nutricional de macronutrientes secundário para a cultura de milho (*Zea mays* L.).

Nutriente	Sintoma de deficiência	Importância nutricional
Magnésio	(i) Folhas inferiores (velhas) com listras esbranquiçadas (clorose) paralelas às nervuras. (ii) Crescimento reduzido da planta.	(i) É essencial para a fotossíntese (ii) É componente da clorofila (pigmento participante ativo do processo fotossintético). (iii) Auxilia na absorção de fósforo.
Enxofre	(i) Amarelecimento das folhas novas. (ii) Crescimento reduzido da planta.	(i) Participa na composição das proteínas. (ii) Auxilia na síntese de enzimas e vitaminas. (iii) Participa na formação dos grãos.

Tabela 4c. Descrição sucinta dos sintomas de deficiência e importância nutricional de micronutrientes para a cultura de milho (*Zea mays* L.).

Boro	(i) Folhas avermelhadas no final do ciclo da cultura. (ii) Espigas pequenas e falhas na granação. (iii) Extremidades das espigas com grãos murchos com aspecto de cortiça.	(i) Atua no processo de divisão celular. (ii) Transporte de carboidratos. (iii) Participa na formação dos grãos. (iv) Importante para a germinação da semente.
Zinco	(i) Folhas esbranquiçadas próximas à região do “cartucho”. (ii) Crescimento reduzido da planta. (iii) Encurtamento dos internódios.	(i) Participa no crescimento das plantas. (ii) É ativador de inúmeras enzimas. (iii) Participa na formação dos grãos.
Manganês	(i) Clorose intervalar nas folhas novas.(sintoma muito parecido com a deficiência de magnésio- Mg) (ii) Colmos finos. (iii) Menor crescimento das plantas.	(i) Atua no sistema enzimático. (ii) Tem ação relevante na fotossíntese. (iii) Acelera a germinação da semente. (iv) Favorece a maturação das plantas.
Cobre	(i) Amarelecimento das folhas (logo após o seu desdobramento) (ii) Encurvamento das extremidades das folhas (iii) Margens das folhas necrosadas (iii) Enfraquecimento do Colmo	(i) Atua no sistema enzimático. (ii) Atua no sistema imunológico da planta. (iii) participa na síntese de proteína

Interações entre nutrientes

A manifestação de produtividade elevada das culturas está intimamente relacionada à presença de relações adequadas dos nutrientes no solo e ao emprego de adubações equilibradas. O desenvolvimento e o crescimento normal de uma planta não dependem somente da concentração de um determinado nutriente no solo, mas também das quantidades relativas de todos os elementos essenciais que exercem significativa interferência na disponibilidade, no sinergismo e no antagonismo entre eles.

Para Sumner & Farina (1986), o reconhecimento da importância do balanço nutricional na produção de uma espécie é o reflexo indireto da contribuição das interações de nutrientes. Assim, a interação ocorre quando a disponibilidade individual de um dos nutrientes é modificada pela presença de outros fatores, bem como de outros nutrientes. Quando a combinação destes fatores resulta em uma resposta maior que a soma de seus efeitos individuais, a interação é considerada positiva (sinergismo) ao passo que, quando o contrário acontece, a interação é considerada negativa (antagonismo).

Enfoque fisiológico da nutrição vegetal

As diferentes espécies de plantas possuem os mesmos elementos em sua composição, porém em distintas concentrações. Portanto, o que varia na célula é o conteúdo e a concentração de determinadas substâncias absorvidas do meio externo e transformadas no mesófilo foliar. Quando as condições não são eminentemente favoráveis, estas substâncias são acumuladas nas células (principalmente nos vacúolos) na forma de compostos solúveis. Este acúmulo ou dificuldade de utilização pode ocorrer em função da manifestação de um desequilíbrio nutricional ou de estresse de natureza biótica ou abiótica. Tal fato é decisivo para a alteração do estado de equilíbrio da planta, para a avaria do metabolismo secundário, resultando na alteração da qualidade do produto, e para o favorecimento à hospedagem de parasitas, em geral, devido à instauração de processos de proteólise.

Neste contexto, pode-se afirmar que os nutrientes direta ou indiretamente, estão envolvidos no desencadeamento das estratégias de defesa vegetal, em todos os aspectos, como componentes integrais, ativadores, inibidores, reguladores de síntese ou de metabolismo. E, portanto, o seu pleno diagnóstico (deficiência ou excesso) e a garantia de sua disponibilidade efetiva, tornam-se estritamente necessários para o estabelecimento de programas de manejo objetivando o equilíbrio nutricional da planta.

A nutrição vegetal inadequada, segundo Fancelli (2002), pode ocasionar: (i) má formação de compostos orgânicos primários (*aminoácidos, proteínas, enzimas e outros*); (ii) redução na taxa de ativação de enzimas e desequilíbrio hormonal; (iii) acúmulo de compostos orgânicos de menor peso molecular (glicose, sacarose e aminoácidos) devido a maior atividade de enzimas decompositoras como amilase, celulase, protease e sacarase, principalmente; (iv) redução de síntese de **compostos secundários** que atuam como inibidores da evolução de pragas e doenças e que determinam a síntese de substâncias especiais na planta responsáveis por repelência, atratividade, hipersensibilidade e indução de resistência; e (v) menor produtividade e redução do número e qualidade de propágulos.

Nessa ótica, apesar dos conhecimentos acumulados e das informações continuamente geradas, ainda, a definição de um programa de adubação somente tem considerado a alocação de quantidades de nutrientes objetivando apenas a obtenção de alta produtividade. Evidentemente que a obtenção de produções satisfatórias deva ser almejada; todavia, as relações de equilíbrio entre os nutrientes, suas interferências mútuas, a possibilidade de indução de resistência a pragas e doenças, bem como a qualidade terapêutica e nutricional dos alimentos produzidos não poderiam ser negligenciadas.

Neste contexto, o presente artigo, objetiva contribuir para o início da abordagem de um novo enfoque em programas de nutrição e adubação, mediante a visão holística do sistema agrícola de produção.

Calagem

Os solos tropicais são naturalmente ácidos, em decorrência da ausência, no material de origem, de minerais primários e secundários responsáveis pela reposição de bases, aliado à elevada taxa de lixiviação de bases móveis no perfil do solo, motivada pelo clima característico dessas regiões. Além disso, outros fatores concorrem para o aumento da acidez nos solos tropicais, dentre os quais podem ser destacados: (i) Absorção de cátions e a liberação de íons hidrogênios pelas plantas cultivadas; (ii) Liberação de ácidos oriundos da decomposição da matéria orgânica pelos microorganismos; (iii) A utilização crescente de fertilizantes nitrogenados ou outros que contribuem para o processo de acidificação do solo e (iv) Exportação de bases (pela colheita das culturas).

A acidez do solo é determinada por valores de *pH* que variam entre 0 e 14, no qual o índice 7 corresponde à condição de neutralidade. Valores de *pH* abaixo de 7 indicam acidez e acima, alcalinidade, sendo que os valores mais comuns encontrados na maioria dos solos situam-se na faixa intermediária (4 a 7). Os diferentes tipos de acidez são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Principais tipos de acidez do solo e suas respectivas fontes de origem.

Tipo	Origem
Acidez ativa, atual, livre ou iônica	Concentração de H^+ ou H_3O^+ da solução do solo
Acidez trocável	Concentração de H^+ e Al^{3+} presente no complexo de troca
Acidez potencial, titulável ou de reserva	Concentração de H^+ e Al^{3+} liberados por um conjunto de substâncias do solo (principalmente matéria orgânica)

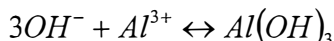
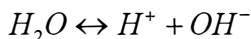
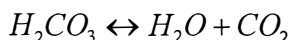
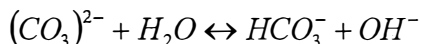
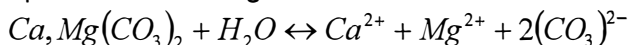
Os efeitos do *pH* sobre as plantas podem se manifestar de forma direta ou indireta. Os efeitos diretos referem-se à sua influência na permeabilidade da membrana citoplasmática e na dificuldade de absorção de determinados nutrientes por parte da planta (principalmente Ca e P); ao passo que os efeitos indiretos

estão relacionados à disponibilidade de nutrientes e à atividade de microrganismos.

Para a cultura do milho, a elevação do *pH* dentro da faixa de 4,0 a 6,2 resulta em aumentos consideráveis na absorção de todos os macronutrientes por parte da espécie mencionada. Quanto aos micronutrientes, a diminuição da quantidade absorvida é atribuída à redução da disponibilidade desses elementos com a elevação do *pH*, sobretudo de zinco e manganês. Todavia, o Mo apresenta incremento na taxa de absorção em função do aumento do *pH* do solo.

Neutralização da acidez do solo

O corretivo mais utilizado na neutralização da acidez do solo é o calcário. Assim, o carbonato de cálcio utilizado, se dissocia e reage na presença de água, resultando na neutralização da acidez do solo, conforme observado nas reações apresentadas a seguir:



A observação das reações mencionadas evidencia que o calcário neutraliza a acidez, mediante o processo de troca dos cátions **Hidrogênio** e **Alumínio** pelo **Cálcio**, através de uma reação não reversível, em que o alumínio é precipitado como hidróxido de alumínio e o íon H^+ se transformam em água, resultando na redução da concentração de íons de hidrogênio na solução do solo, com conseqüente elevação do valor do *pH*.

Os corretivos de acidez do solo comumente empregado nas atividades agrícolas são os óxidos de cálcio, hidróxidos de cálcio, escórias de siderurgia e calcários comuns (ou tradicionais).

A eficiência de alteração da acidez do solo por parte dos corretivos é fundamentada no seu Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT), o qual expressa o potencial da porção do calcário que efetivamente exercerá sua ação em um período mínimo de 3 (três) meses.

Escolha do tipo de calcário

O sucesso da cultura de milho depende da correção da acidez do solo, que pode ser efetuada com o uso de calcário (CaCO_3), cuja prática é denominada calagem.

A escolha do tipo de calcário deverá ser realizada em função do valor da relação Ca:Mg e do teor de magnésio presente no solo. Assim, se a referida relação for maior que 2:1, opta-se pelo uso de calcário dolomítico, caso contrário a preferência deverá recair sobre o emprego de calcário calcítico. Da mesma forma, se o teor de magnésio no solo for inferior a $6 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ (ou $0,6 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), também deverá ser empregado o calcário dolomítico, objetivando o fornecimento mínimo de magnésio como nutriente.

Quanto à importância e a influência da relação **Cálcio:Magnésio** na vida vegetal, apesar de não representar unanimidade entre os pesquisadores, inúmeras evidências de campo, aliadas a resultados obtidos em experimentos desenvolvidos em casa-de-vegetação, ratificam a sua interferência no crescimento e funcionamento do sistema radicular.

Assim, para a cultura do milho, elevadas produtividades têm sido obtidas com a constatação de valores da relação Cálcio:Magnésio, oscilando entre 3 e 5, conforme apontados por Vitti et al. (2002) e Fancelli (2003).

Equilíbrio de bases

A prática da calagem, quando mal empregada, poderá contribuir para o desequilíbrio de bases no solo, dificultando o desempenho do sistema radicular e, conseqüentemente, da planta. A utilização do tipo e da quantidade de calcário inadequados, bem como a negligência de seus efeitos, dificultará a garantia e/ou manutenção das relações favoráveis entre o

Cálcio, Magnésio e Potássio, no complexo de troca de cátions do solo.

As participações relativas de Potássio, Cálcio e Magnésio no complexo de troca de cátions (CTC), recomendadas em função da faixa de saturação por bases (V%) disponível, podem ser observadas na Tabela 6, abaixo apresentada.

Tabela 6. Porcentagem de saturação de K, Mg e Ca em relação ao valor do complexo de troca de cátions (CTC ou T), na faixa de V% mais adequada para as plantas. (adaptado de Vitti, 1997).

V%	K% (na CTC)	Mg% (na CTC)	Ca% (na CTC)
45	3	10	32
50	4	11	35
60	5	15	40
75	5	18	52

Ainda, visando a redução dos custos de produção da lavoura, a escolha do calcário deverá considerar o preço por unidade de PRNT e não o valor comercial por tonelada física da produto. O cálculo do preço efetivo do calcário pode ser efetuado por:

$$Pe = \frac{Pp}{PRNT}$$

em que Pe se refere ao preço efetivo (R\$.t⁻¹), Pp ao preço do calcário (R\$.t⁻¹) posto na propriedade e PRNT ao poder relativo de neutralização total do calcário.

Finalmente, cumpre ressaltar que o calcário, de forma geral, deverá ser sempre aplicado com antecedência mínima de 60 dias, em relação à semeadura, objetivando o favorecimento das reações de correção.

Critérios para recomendação de calagem

A necessidade de calagem e a quantidade de calcário a ser aplicada, poderão ser determinadas de acordo com os métodos ou critérios a seguir apresentados.

Critério baseado na saturação por base

$$NC = \frac{(V_2 - V_1).CTC.p}{10.PRNT}$$

em que **NC** se refere à necessidade de calcário ($t.ha^{-1}$); **CTC** à capacidade de troca catiônica ($mmol_c.dm^{-3}$); **V₁** à saturação por bases (fornecida pela análise de solo); **V₂** à saturação por bases desejada (dependente da cultura) ($V\%$ recomendado para milho = 60-70% em condições normais e 50-55% em solos sob vegetação de cerrado ou com baixa CTC efetiva); **PRNT** ao poder relativo de neutralização total (do calcário) e **p** à profundidade de correção ($p = 0,5$ para profundidade de correção até 10 cm) ($p = 1,0$ para profundidade de correção até 20 cm; $p = 1,5$ para profundidade de correção até 30 cm; e $p = 2,0$ para profundidade de correção de 40 cm) (Observação: na prática, o fator p, não é comumente considerado).

A saturação por bases ($V\%$), comumente recomendada para a cultura de milho, varia entre 60 a 70%. Contudo, para os solos sob vegetação de cerrado, principalmente aqueles característicos do Brasil Central, com predominância de argilas sesquioxídicas de elevado ponto de carga zero (PCZ) e de baixa CTC efetiva, não se recomenda a elevação da saturação por bases ($V\%$) a valores superiores a 50-55%. Os melhores resultados obtidos, nessas condições, referem-se ao emprego de valores de $V\%$ correspondente a 50, principalmente para a cultura do milho.

Portanto, a elevação da saturação por bases ($V\%$) a patamares superiores a 60% na camada superficial do solo (0-15cm), acompanhada de valor baixo de saturação por base (inferior a 40%) em camadas profundas, em solos de cerrado, fatalmente provocará a elevação do pH , reduzindo a disponibilidade de micronutrientes, além de ocasionar o “enovelamento” do sistema radicular e a redução de seu crescimento em profundidade, contribuindo para a maior taxa de interceptação das raízes por nematóides, patógenos e insetos do solo.

Critério baseado na neutralização do alumínio tóxico

O referido critério apenas considera a necessidade de neutralização do alumínio tóxico presente no solo (NC , $t.ha^{-1}$), e utiliza a seguinte expressão matemática:

$$NC = 2.AI$$

Critério baseado na elevação de teores de cálcio e magnésio

O referido critério fornece valores relativos à quantidade de calcário necessária para elevar o pH a, aproximadamente, 5,5-5,7; neutralizar todo o alumínio tóxico e elevar os teores de cálcio e magnésio para 2:

(i) solos com teor de argila inferior a 20%:

$$NC(t.ha^{-1}) = 100. \frac{2.AI^{3+} + [1,2 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]}{PRNT} \text{ ou}$$

(ii) solos com teor de argila superior a 20%:

$$NC(t.ha^{-1}) = 100. \frac{2.AI^{3+} + [2 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]}{PRNT}$$

Critério SMP

Nesse método a quantidade de calcário é recomendada através do processo de incubação de solo, valendo-se da solução tampão SMP. O índice SMP foi calibrado para as necessidades de calcário objetivando a elevação do pH do solo para valores entre 5,5 e 6,5. Para a cultura de milho, esse método preconiza o emprego de pH 6,0, para a obtenção de produções compensadoras.

Na Tabela 7 estão listados os valores referentes às quantidades de calcário recomendadas a partir de cálculos realizados pelo método SMP, considerando-se que o valor de PRNT (do calcário) seja igual a 100.

Tabela 7. Quantidades de calcário recomendado pelo método SMP.

Índice SMP	pH desejado (água)			Índice SMP	pH desejado (água)		
	5,5	6,0	6,5		5,5	6,0	6,5
	Calcário (PRNT=100), t.ha ⁻¹				Calcário (PRNT=100), t.ha ⁻¹		
4,4	15,0	21,0	29,0	5,6	3,3	5,1	7,0
4,5	12,5	17,3	24,0	5,7	2,8	4,5	6,2
4,6	10,9	15,1	20,0	5,8	2,3	3,9	5,5
4,7	9,6	13,3	17,5	5,9	1,9	3,3	4,8
4,8	8,5	11,9	15,7	6,0	1,4	2,8	4,1
4,9	7,7	10,7	14,2	6,1	1,0	2,2	3,4
5,0	6,9	9,7	12,9	6,2	0,6	1,7	2,7
5,1	6,2	8,8	11,7	6,3	0,2	1,2	2,1
5,2	5,5	8,0	10,6	6,4	0,0	0,6	1,5
5,3	4,9	7,2	9,6	6,5	0,0	0,2	0,7
5,4	4,4	6,5	8,7	6,6	0,0	0,0	0,0
5,5	3,8	5,8	7,9				

Calagem em sistema de plantio direto

Alguns trabalhos de pesquisa têm mostrado que a taxa de acidificação no sistema de plantio direto é mais baixa que no sistema convencional, devido à maior disponibilidade de água (efeito de diluição), decomposição gradativa da matéria orgânica (efeito de complexação) e da maior atividade biológica (efeito tampão). Porém, apesar dessas diferenças, o processo de acidificação do solo, neste tipo de sistema, não é anulado, exigindo cuidados e procedimentos específicos para a sua efetiva correção, visto que os métodos comumente empregados para a incorporação de corretivos, normalmente, não poderão ser utilizados.

Na etapa inicial do plantio direto, o solo deverá se apresentar corrigido o suficiente de modo a disponibilizar os nutrientes presentes; não manifestar os efeitos danosos do alumínio tóxico e apresentar disponibilidade satisfatória de cálcio na camada de solo a ser explorada pelas raízes. Para tanto, não

se faz necessário a elevação do *pH* a valores acima de 5,8 – 6,0, conforme apregoadado em recomendações antigas.

Após o pleno estabelecimento do sistema de plantio direto (mínimo de 3 anos), a acidificação deve ser monitorada por meio de análise de solo, cujas amostras devem ser retiradas em duas profundidades, ou seja, 0-10 cm e 10-30 cm, com frequência anual.

Após a devida interpretação dos resultados, o tipo de corretivo (calcário dolomítico ou calcítico), a quantidade recomendada e a modalidade de aplicação (superficial ou incorporado) do corretivo deverão ser fundamentados na saturação e equilíbrio de bases, no tipo de solo e na época de correção.

A aplicação do calcário em superfície tem mostrado ser um método eficiente para a redução da acidez potencial e do alumínio trocável presentes no solo, em sistemas de plantio direto. Assim, em solos arenosos com baixa capacidade de retenção de cátions (Ca, Mg e K) não se recomenda a aplicação superficial de calcário, em quantidade superior a 1,5 a 2,0 t.ha⁻¹. Em solos com textura argilosa, sob plantio direto, pode-se aplicar, anualmente, de forma superficial, de 2,0 a 3,0 t.ha⁻¹ do corretivo.

Gessagem

O milho é considerado como planta pouco tolerante a estresse hídrico e, portanto, dependente do tamanho, distribuição e profundidade de seu sistema radicular, objetivando a tolerância a períodos curtos de estiagem.

Por sua vez, o crescimento do sistema radicular das plantas depende da efetiva aeração do solo, da ausência de impedimentos físicos (compactação, “pé-de-grade” ou “pé-de-arado”) e químicos (principalmente Al), além da disponibilidade de nutrientes, notadamente P, Ca e N.

Como a incorporação do calcário a profundidades superiores a 30 cm é limitada por dificuldades operacionais e econômicas, o gesso constitui-se em uma alternativa viável para a diminuição da saturação de alumínio tóxico e elevação do teor de cálcio nas camadas mais profundas do solo; criando

condições para o aprofundamento do sistema radicular, favorecendo o aproveitamento da água disponível pela planta.

Ressalte-se que o gesso não neutraliza a acidez do solo, pois não altera significativamente o seu *pH*, porém o efeito residual esperado pode se prolongar por 3 a 5 anos, dependendo da quantidade aplicada.

Para solos apresentando saturação por alumínio (m) superior a 20% e/ou saturação de cálcio inferior a 60%, em relação à CTC (na profundidade entre 20 e 40 cm), recomenda-se a aplicação de gesso nas doses apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8. Doses de gesso (NG, kg.ha⁻¹) em função da textura do solo e do teor de argila (TA, %) (Vitti & Luz, 1998).

Textura do solo	TA	NG
Arenosa	< 15	700
Média	15-35	1200
Argilosa	36-60	2200
Muito argilosa	>60	3200

Da mesma forma, Souza et al. (1996) utilizam a seguinte expressão matemática para a determinação da quantidade máxima de gesso (NG, kg.ha⁻¹) a ser aplicada ao solo:

$$NG(kg.ha^{-1}) = 50.TA(\%)$$

$$NG(kg.ha^{-1}) = 5.TA(g.kg^{-1})$$

Ainda, existem outros critérios para o cálculo da necessidade de gesso, porém merece especial destaque aquele fundamentado no teor de argila do solo, conforme abaixo apresentado:

Critério baseado no teor de argila

Nesse critério recomenda-se a realização de aplicações de gesso quando a análise química de solo da camada de 20-40 cm apresentar os seguintes valores: (i) valores menores ou iguais a 0,4 cmol_c.dm⁻³ de Ca (ou 4 mmol_c.dm⁻³ de Ca); (ii) valores maiores ou iguais a 0,5 cmol_c.dm⁻³ de Al (ou 5 mmol_c.dm⁻³ de Al)

e (iii) valores igual ou superior a 30% de saturação do Al (m%) em relação à CTC efetiva.

Nessas condições, as doses de gesso recomendadas serão: (i) para solos arenosos (teor de argila inferior a 15%) = 0,5 t.ha⁻¹; (ii) para solos textura média (15 a 35% de argila) = 1,0 t.ha⁻¹; (iii) para solos argilosos (36 a 60% de argila) = 1,5 t.ha⁻¹; e (iv) para solos muito argilosos (teor de argila superior a 60%) = 2,0 t.ha⁻¹.

Adubação

O milho por ser uma espécie bastante exigente em nutrientes e na fertilidade natural do solo, exige cuidados especiais na elaboração dos programas de manejo químico e físico do solo.

Para o estabelecimento de um programa racional de adubação é fundamental o conhecimento da(o): (i) produtividade desejada; (ii) necessidade total de nutrientes absorvidos pela planta (extração); (iii) necessidade de nutrientes ao longo do ciclo (marcha de absorção); (iv) quantidade de nutrientes retirada pela colheita dos grãos (exportação); (v) quantidade de nutrientes disponíveis no solo (resultados da análise química); (vi) época de semeadura (ocorrência de veranicos, nebulosidade e calor); (vii) sistema de produção adotado (sistema convencional ou sistema de plantio direto, sistema irrigado ou de sequeiro) e (viii) genótipo escolhido (tipo, responsividade e ciclo).

Extração e exportação de nutrientes

O conhecimento da taxa de absorção e exportação de macronutrientes e de micronutrientes, pela planta, é de fundamental importância para o planejamento da adubação. Todavia, o uso das tabelas de extração e exportação de nutrientes disponíveis na literatura exige muito critério e cautela, pois as mesmas representam situações específicas em relação a clima, região e genótipo. Desta feita, a importância das referidas tabelas dizem respeito à possibilidade do conhecimento das necessidades comparativas entre os nutrientes e da ordem de grandeza da demanda. A seguir é apresentada na Tabela 9, na qual se visualiza a absorção e exportação de macronutrientes e

micronutrientes para a produção de 1 (uma) tonelada de grãos de milho

Tabela 9. Absorção e exportação de macronutrientes para a produção de 1 (uma) tonelada de grãos de milho (Fancelli, 2004 – compilado de vários autores).

Nutriente	1000 kg.ha ⁻¹		Nutriente	1000 kg.ha ⁻¹	
	Extração (kg.ha ⁻¹)	Exportação (kg.t ⁻¹)		Extração (g.ha ⁻¹)	Exportação (g.t ⁻¹)
N	18	14	Fe	230	16,1
P	3	2,4	Mn	35	6,6
K	16	7	Cu	12	2,2
Ca	4	1,0	Zn	40	22,0
Mg	4	1,2	B	18	4,4
S	2,5	1,3	Mo	1	0,7

Níveis críticos de macronutrientes para milho (solo e folha)

Tabela 10. Limites de interpretação dos teores de macronutrientes em solos (adaptado de Raj et al., 1996; Ribeiro et al., 1999 e Vitti, 1989).

Teor	P ¹		K	
	mg.dm ⁻³			
Muito Baixo	0-6		0,0-0,07	
Baixo	7-15		0,08-0,15	
Médio	16-40		0,16-0,30	
Alto	41-80		0,31-0,60	
Muito Alto	>80		>0,60	
Teor	Ca	Mg	S ²	S ³
	cmol _c .dm ⁻³		mg.dm ⁻³	
Muito Baixo	0,0-0,4	0,0-0,15	0,0-5,0	0,0-2,5
Baixo	0,41-1,2	0,16-0,45	5,1-10,0	2,5-5,0
Médio	1,21-2,40	0,46-0,90	10,1-15,0	5,1-10,0
Alto	2,41-4,00	0,90-1,50	15,0-20,0	10,0-15,0
Muito Alto	> 4,00	>1,5	>20,0	>15,0

¹ Resina sintética (extrator).

² NH₄Oac.HOAc. (extrator).

³ Ca (H₂PO₄)₂ – 5000 ppm P (extrator).

Os valores críticos de macronutrientes no solo e na folha, relacionados à cultura do milho, propostos por vários pesquisadores, são apresentados nas tabelas 10 e 11, respectivamente.

Tabela 11. Teores foliares de macronutrientes adequados para a cultura do milho.

Citação	N	P	K	Ca	Mg	S
	mg.kg ⁻¹					
1	27,5-32,5	1,9-3,5	17,5-29,5	2,3-4,0	1,5-4,0	1,5-2,1
2	27-35	1,9-4,0	17-35	3-10	1,5-5,0	1,5-3,0
3	30-40	2,0-4,0	20-40	3-8	1,7-5,0	1,7-3,2

¹ Bull (1993)

² Raij & Cantarella (1996)

³ Fancelli (2000)

Ressalta-se que a informação da pesquisa, apresentadas em tabelas de caráter genérico, conforme anteriormente listadas, consiste em mero indicador de ordem de grandeza e, portanto, sempre que possível, os valores específicos devem ser determinados ou aferidos nas condições do ambiente de produção considerado.

A Tabela 12 evidencia alguns parâmetros básicos para a interpretação da análise de solo, objetivando a recomendação de adubação, em geral.

Tabela 12. Interpretação de resultados referente à análise química dos seguintes atributos do solo: *pH_w* (água), *pH* (CaCl₂), teor de matéria orgânica (MO, %), saturação de bases (V, %) e capacidade de troca catiônica (CTC, mmol_c.dm⁻³), teor de alumínio (Al, mmol_c.dm⁻³) e saturação por alumínio (m, %).

Atributo	Muito baixo	Baixo	Adequado	Alto
<i>pH_w</i>	até 4,4	4,4 a 5,0	5,1 a 5,5	5,6 a 6,0
<i>pH</i>	até 5,0	5,0 a 5,4	5,5 a 5,9	6,0 a 6,9
MO	até 1,4	1,4 a 2,1	2,2 a 2,6	superior a 2,6
V	até 25	25 a 49	50 a 65	65 a 90
CTC	até 50	50 a 80	81 a 150	superior a 150
Al	até 0,1	0,1 a 0,5	0,0	superior a 0,5
m	---	0 a 10	10-30	superior a 30

Em função da produtividade almejada e da baixa fertilidade do solo do local de produção, torna-se necessário o emprego da adubação de correção, cuja recomendação deve ser baseada no teor atual e no teor crítico do nutriente de interesse. O tempo para a efetiva correção é função da economicidade da exploração agrícola, bem como de algumas outras limitações de ordem técnica e operacional.

As recomendações relacionadas à adubação corretiva de potássio e de fósforo são apresentadas na tabela 13 e 14, respectivamente.

Tabela 13. Adubação corretiva de potássio para solos de cerrado com teor de argila superior a 20%. CPAC/EMBRAPA (1998).

Teor de K extraído ⁽¹⁾		Adubação recomendada
mg.dm ⁻³	cmol _c .dm ⁻³	(kg K ₂ O.ha ⁻¹)
< 25	< 0,06	100
25 – 50	0,06 – 0,13	50
> 50	> 0,13	0

* Ao atingir o nível de K, na análise do solo, acima dos valores críticos, utilizar somente a adubação de manutenção.

Tabela 14. Recomendação de adubação fosfatada corretiva para solos sob vegetação de cerrado (CPAC/EMBRAPA, citado por Fancelli & Dourado-Neto, 1999).

Teor de argila (%)	Adubação fosfatada (kg.ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)			
	Correção total		Correção gradual	
	P ¹			
	muito baixo ²	baixo	muito baixo	baixo
60≤Ta≤80	240	120	100	90
40≤Ta<60	180	90	90	80
20≤Ta<40	120	60	80	-
Ta<20	100	50	70	-

¹ Fósforo solúvel em citrato de amônio neutro mais água para os fosfatos acidulados.

² Fósforo solúvel em ácido cítrico (2%) (relação 1:100) para termofosfatos e escórias.

Adubação de sementeira

Quanto à adubação de sementeira da cultura de milho, resumidamente, podem ser prescritas algumas recomendações de caráter genérico, quais sejam: (i) aplicar 30 a 45 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, no sulco de sementeira; (ii) fornecer, no máximo, 50 kg.ha⁻¹ de potássio (K₂O) na sementeira, (*posicionado-o com distância mínima de 8 cm da semente*) e o restante aplicar em cobertura ou em pré-sementeira; (iii) aplicar 30 a 40 kg.ha⁻¹ de enxofre (S) para a obtenção de rendimentos superiores a 8 t.ha⁻¹; (iv) aplicar 3 kg.ha⁻¹ de Zinco (Zn) quando o teor desse elemento no solo (Zn-EDTA) for menor que 0,6 mg.dm⁻³ e (v) aplicar 0,2 a 0,8 kg.ha⁻¹ de Boro (B), na sementeira, quando o teor desse elemento no solo (B - água quente) for menor que 0,30 mg.dm⁻³.

O detalhamento e a discussão das recomendações específicas para cada nutriente são apresentados a seguir.

Nitrogênio

Trabalhos recentes têm evidenciado resposta significativa ao Nitrogênio (N), por parte do milho, no período compreendido entre a 4^a e a 12^a folha. Aplicações tardias de nitrogênio à cultura (*próximo ao pendoamento e florescimento*) podem contribuir para a maior incidência de doenças, principalmente mancha de *Phaeosphaeria*, complexo das ferrugens, helmintosporioses e cercosporiose.

O início da definição do rendimento potencial do milho que ocorre entre a emissão completa da 4^a e 6^a folha, exige a disponibilidade de, pelo menos, 25 kg.ha⁻¹ de nitrogênio. Assim, conclui-se que, para a concretização de seu efeito, a quantidade de N requerida deverá ser fornecida por ocasião da sementeira e, por essa razão, os melhores resultados têm sido obtidos com o fornecimento de 30 a 45 kg.ha⁻¹ desse elemento no adubo de sementeira.

Contudo, convém salientar que a utilização de doses elevadas de nitrogênio (superior a 50-60 kg.ha⁻¹), no sulco de sementeira, poderá favorecer a salinização e (ou) a alcalinização da rizosfera (função da fonte empregada), reduzindo a taxa de absorção de micronutrientes, principalmente. Ainda, tal fato

poderá predispor a planta à ação de patógenos de solo e à maior taxa de perfilhamento.

A quantificação da adubação nitrogenada será função do rendimento almejado, do genótipo utilizado, do tipo de solo, do clima, da época de semeadura, da cultura antecessora, da adubação anteriormente utilizada e do sistema de produção adotado (sequeiro ou irrigado; plantio direto ou convencional).

Um dos métodos utilizados para a recomendação da adubação nitrogenada (quantidade total) é aquele proposto por Fancelli (2000), adaptado da Universidade de Illinois (EUA), no qual a dose total de N a ser aplicada é calculada pela seguinte expressão matemática:

$$Nt = (Pm + 10\%).18 - (Cn_1 + Cn_2 + Cn_3)$$

em que **Nt** se refere à quantidade total de Nitrogênio (semeadura + cobertura) ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$); **Pm** à produtividade média do milho obtido nos últimos 3 anos ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$); e $Cn_{1,2,3..n}$ ao Crédito de nitrogênio do sistema (Ex: cada tonelada de soja produzida imediatamente antes da cultura do milho, fornece ao sistema, $17 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N; cada unidade percentual de matéria orgânica do solo, a partir de 3%, contribuirá com $10\text{-}12 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N; adubação verde com leguminosas produzindo 20 a $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ de fitomassa agregará cerca de 30 a $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Nitrogênio ao sistema).

Fósforo

Com relação ao Fósforo (P), pode-se inferir que a resposta a esse elemento, por parte do milho, encontra-se na dependência da quantidade de nitrogênio aplicada (ou disponível) e da fertilidade atual do solo. Assim, a cultura de milho conduzida em áreas apresentando menos de 7 ppm ou de $7 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ de P (resina), dificilmente manifestará potencial de produção superior a $8000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de grãos. Rendimentos superiores somente serão possíveis com o aumento do teor de fósforo no solo, acompanhado do emprego de dose criteriosa de nitrogênio.

Quando o resultado da análise de solo apresentar o teor de fósforo determinado pelo extrator Mehlich 1, os padrões de fertilidade são específicos (Tabela 15), não podendo ser

empregados os mesmos critérios de interpretação relacionados ao método da resina.

Tabela 15. Interpretação da análise de solo para recomendação de adubação fosfatada (fósforo extraído pelo método Mehlich 1) (CPAC/EMBRAPA, citado por Fancelli & Dourado-Neto, 1999).

Teor de argila (%)	Teor de fósforo ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)			
	muito baixo	baixo	médio	alto ¹
$60 \leq \text{Ta} \leq 80$	até 1,0	1,0 a 2,0	2,0 a 3,0	> 3,0
$40 \leq \text{Ta} < 60$	até 3,0	3,0 a 6,0	6,0 a 8,0	> 8,0
$20 \leq \text{Ta} < 40$	até 5,0	5,0 a 10,0	10,0 a 14,0	> 14,0
$\text{Ta} < 20$	até 6,0	6,0 a 12,0	12,0 a 18,0	> 18,0

¹ Ao atingir nível de P extraído acima de valores estabelecidos nessa classe, utilizar somente adubação de manutenção.

O aumento de fósforo no solo pode ser obtido com a prática da fosfatagem que, em algumas situações, pode se constituir em prática inviável e antieconômica. A realização da fosfatagem, principalmente com fontes solúveis de P, somente é recomendável para solos arenosos (<25% de argila), com baixa CTC (inferior a $5 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ ou inferior a $50 \text{ mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$) ou com baixos teores de óxido de ferro e alumínio. Caso contrário (solos argilosos e com alto potencial de fixação), o aumento do fósforo no solo pode ser alcançado com o emprego do sistema de plantio direto e com o uso de fontes de fósforo com solubilidade gradual como termofosfatos, multifosfatos magnesianos ou fosfatos naturais reativos.

A prática da fosfatagem com os produtos acima mencionados deverá objetivar a correção do fósforo no solo (a médio ou longo prazo) e, portanto, em um primeiro momento, não deverá ser dispensado o fornecimento do referido elemento no sulco de semeadura, o qual deverá ser utilizado em quantidade recomendada para o rendimento estipulado.

Salienta-se que, em condições normais, raramente, a cultura do milho, responde, de forma econômica, a quantidades de fósforo superiores a $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (em aplicação única). Na tabela 16, Raij & Cantarella (1995), apresentam as sugestões

para adubação fosfatada de semeadura, para a cultura de milho, em função da produtividade esperada.

Tabela 16. Recomendação de adubação fosfatada na semeadura (Raij & Cantarella, 1995).

Rendimento almejado (t.ha ⁻¹)	P-resina (mg.dm ⁻³)			
	< 6	6 a 15	15 a 40	> 40
	P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹)			
2 a 4	60	40	30	20
4 a 6	80	60	40	30
6 a 8	90	70	50	30
8 a 10	-	90	60	40
10 a 12	-	100	70	50

Potássio

Quanto à adubação Potássica (K), recomenda-se muito critério na definição da quantidade a ser aplicada na semeadura (tabela 17), pois a fonte predominante desse nutriente (cloreto de potássio, principalmente), pode afetar significativamente a arquitetura da raiz e a germinação das sementes, por efeito salino.

Assim, objetivando evitar os problemas acima mencionados, recomenda-se fornecer, na semeadura, quantidades inferiores a 50 kg.ha⁻¹ de K₂O, bem como que o citado adubo seja distanciado das sementes, no mínimo, 8 cm (preferencialmente abaixo). Se a quantidade total exigida exceder 50 kg.ha⁻¹, o restante deverá ser aplicado em pré-semeadura ou em cobertura, conforme sugestões apresentadas na Tabela 18.

Ainda, devido à acentuada demanda por nutrientes e água, no início do ciclo da cultura, o sistema radicular do milho não pode ser afetado, notadamente em sua fase de crescimento exponencial, ou seja, entre a 4^a e 9^a folha. Desta forma, quanto mais tempo a raiz demorar para atingir seu tamanho ideal, maior será o comprometimento do desempenho da planta. A salinização do sulco de semeadura afeta sobremaneira a taxa de crescimento e a distribuição das raízes.

Tabela 17. Recomendação de adubação potássica, em pré-semeadura, semeadura e cobertura. (Fancelli, 1998)

Condição	Época de aplicação
Solos corrigidos, possuindo teor mínimo de K_2O de $0,15 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, apresentando capacidade de troca catiônica de, pelo menos, $5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ (ou $50 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e com participação mínima do potássio de 2% na CTC.	pré-semeadura: <i>uma a oito semanas antes da semeadura.</i>
Aplicar, no máximo, $50 \text{ kg}.\text{ha}^{-1}$ de K_2O .	semeadura
(i) à lanço, <i>antes das plantas emergirem</i> ou (ii) na superfície, <i>em faixa até a quarta folha</i> ou (iii) incorporado, <i>após a quinta folha, porém até a oitava folha.</i>	cobertura: A quantidade total a ser aplicada em cobertura dependerá do teor de potássio no solo, profundidade efetiva do sistema radicular, rendimento almejado e do teor de potássio na parte exportável da planta.

Tabela 18. Adubação potássica na semeadura (Raij & Cantarella, 1995).

Rendimento almejado ($\text{t}.\text{ha}^{-1}$)	K trocável ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$)			
	< 0,7	0,7 a 1,5	1,5 a 3,0	> 3,0
	K_2O ($\text{kg}.\text{ha}^{-1}$)			
2 a 4	50	40	30	0
4 a 6	50	50	40	20
6 a 8	50	50	50	30
8 a 10	50	50	50	40
10 a 12	50	50	50	50

Adubação de cobertura

Em condições normais, a adubação de cobertura do milho deverá ser iniciada quando as plantas apresentarem 3 a 4 folhas plenamente expandidas e terminada por ocasião da emissão da sexta folha. As justificativas para o parcelamento do fornecimento de Nitrogênio, em cobertura, são apresentadas na Tabela 19.

Tabela 19. Recomendação de adubação nitrogenada de cobertura (Fancelli, 1997).

Condição	P ¹ (nº)		Época de aplicação
solo argiloso e período de baixa pluviosidade	1	--	3 ^a - 4 ^a folha
solos arenosos e/ou condição favorável à lixiviação de nitrogênio	2	1 ^a	3 ^a - 4 ^a folha
		2 ^a	5 ^a - 6 ^a folha
sistema de produção sob irrigação (principalmente pivô central)	3	1 ^a	4 ^a folha
		2 ^a	7 ^a - 8 ^a folha
		3 ^a	10 ^a - 12 ^a folha

¹ P: Parcelamento

Recentemente, trabalhos desenvolvidos na Universidade de Illinois demonstraram que o emprego de nitrato de amônio, comparado com o uso exclusivo de uréia, proporcionaram o aumento de rendimento da cultura, principalmente por promover o incremento do número de grãos por espiga (e por unidade de área). Todavia, por razões climáticas (altas temperaturas de solo) e por valores de *pH* de solo superiores a 5,8, freqüentemente reinante em nossas condições, tais benefícios, muitas vezes, não são tão evidentes, devido à rápida transformação do N-amoniacal aplicado, em N-nítrico.

A Tabela 20 apresenta a recomendação de adubação nitrogenada de semeadura e de cobertura e a tabela 21 se refere à adubação potássica de cobertura (complementação), propostas por Rajj & Cantarella (1995).

Tabela 20. Adubação nitrogenada de cobertura (Raij & Cantarella, 1995).

Rendimento almejado (t.ha ⁻¹)	Semeadura	Cobertura		
		Classe de resposta		
		alta	média	baixa
	N (kg.ha ⁻¹)			
2 a 4	10	40	20	10
4 a 6	20	60	40	20
6 a 8	20	100	70	40
8 a 10	30	120	90	50
10 a 12	30	140	110	70

Tabela 21. Adubação potássica de cobertura (Raij & Cantarella, 1995).

Rendimento almejado (t.ha ⁻¹)	K trocável (mmol _c .dm ⁻³)		
	até 0,7	0,7 a 1,5	superior a 1,5
	K ₂ O (kg.ha ⁻¹)		
2 a 4	-	-	-
4 a 6	20	-	-
6 a 8	60	-	-
8 a 10	90	60	20
10 a 12	110	80	40

Ainda, quanto à época mais adequada para o fornecimento de nitrogênio à cultura, Fancelli & Casadei (2002), conduziram um experimento de campo, no ano agrícola 2001/2002, em área experimental do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, no município de Piracicaba/SP, com o objetivo de avaliar a influência do fornecimento de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos do milho. Concluíram os autores, que: (i) O aporte significativo de nitrogênio no início da cultura do milho (até a 4^a/5^a folha) proporciona maior número de grãos por espiga e maior aparato fotossintético (IAF), contribuindo para o aumento de produtividade; (ii) O uso de nitrogênio tardiamente na cultura de milho (após a 10^a folha) propiciou os piores resultados absolutos nos parâmetros anteriormente citados, bem como favoreceu o aumento da incidência da Pinta Branca (*Phaeosphaeria maydis*) e Ferrugem (*Puccinia polysora*) e (iii) A

utilização de 30 kg.ha⁻¹ de N, na semeadura, permite que a adubação de cobertura possa ser efetuada até o estágio de 7/8 folhas, sem prejuízos consideráveis ao desempenho de plantas. Porém, quando da ausência de nitrogênio na semeadura, os valores absolutos de produtividade demonstram que a cobertura deverá ser efetuada até o estágio correspondente a 4-5 folhas, caso contrário a perda de produção assume valor significativo.

A recomendação de adubação nitrogenada na cultura do milho, em pré-semeadura, notadamente em sistemas de plantio direto, vem sendo amplamente discutida, objetivando a garantia de maior eficiência no uso do nitrogênio pela planta, bem como na economicidade da operação. Entretanto, a questão não poderá assumir caráter simplista, pois inúmeros fatores poderão interferir na resposta do milho à aplicação de Nitrogênio antecipado. Dentre destes fatores, merecem especial destaque: (i) a disponibilidade de N no solo; (ii) as principais espécies antecessoras; (iii) o programa de rotação de culturas empregado; (iv) o tempo de adoção do sistema de Plantio Direto; (v) a relação C/N referente à palhada predominante no sistema; (vi) o potencial biótico do sistema; (vii) o tipo de solo e (viii) o regime pluviométrico da região.

Evidências experimentais e de campo indicam que a resposta do milho em relação à aplicação de Nitrogênio em pré-semeadura é significativamente variável, em função dos diferentes processos envolvidos no sistema de produção aliados à variação climática anual. E, portanto, toda e qualquer generalização e/ou extrapolação de resultados relativos à prática agrícola considerada poderá resultar em sérios equívocos.

Nesse contexto, conclui-se que a adubação nitrogenada em pré-semeadura, mediante o fornecimento do nitrogênio necessário à cultura do milho, em lavouras ou em coberturas de inverno, pode provocar a perda de produtividade do referido cereal, devido ao processo de imobilização. Da mesma forma, a distribuição antecipada de nitrogênio destinado à cultura de milho, em período superior a 7-10 dias antes da semeadura também poderá afetar negativamente a produtividade almejada, sobretudo quando se evidenciar índices pluviométricos

superiores a 350-400 mm, antes da emissão da terceira folha do milho.

Micronutrientes

A aplicação de micronutrientes deve ser efetuada no intuito de corrigir gradativamente o conteúdo desses nutrientes no solo, visto que erros de dosagens poderão acarretar perdas irreversíveis de produção.

Os valores para interpretação dos teores de micronutrientes em solos são apresentados na Tabela 22.

Tabela 22. Limites de interpretação dos teores de micronutrientes em solos.

Teor	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg.dm ⁻³				
Baixo	0-0,20	0-0,2	0-4,0	0-1,2	0-0,5
Médio	0,21-0,6	0,21-0,8	4,1-12	1,3-5,0	0,6-1,2
Alto	>0,6	>0,8	>12	>5,0	>1,2
Extrator	Água quente	DTPA			

Fonte: Rajj et al. (1996).

Níveis críticos de micronutrientes para milho (solo e folha)

Os valores críticos de micronutrientes no solo e na folha, segundo diversos pesquisadores, para a cultura do milho, podem ser visualizados nas tabelas 23 e 24, respectivamente.

Tabela 23. Limites de interpretação dos teores de micronutrientes em solos

Teor	B	Cu	Mn	Zn
	mg.kg ⁻¹			
Baixo	0-0,25	0-0,4	0-1,9	0-1,0
Médio	0,25-0,5	0,41-0,8	2,0-5,0	1,1-1,6
Alto	>0,5	>0,8	>5,0	>1,6
Extrator	Água quente	Mehlich 1		

Fonte: Galvão (1998).

Tabela 24. Teores foliares de micronutrientes adequados para a cultura do milho.

Citação	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	mg.kg ⁻¹					
(1)	15-20	6-20	50-250	42-150	0,15-0,20	15-50
(2)	7-25	6-20	21-250	20-200	0,15-0,20	15-100
(3)	15-30	10-25	50-250	70-150	0,15-0,20	20-100

Fonte: Bull (1993). Raj & Cantarella (1996). Fancelli (2000)

Recomendação de micronutrientes

A necessidade de micronutrientes, na cultura do milho, deverá ser fundamentada nos resultados de análise foliar e no histórico da área. Assim, mostra-se totalmente desaconselhável a aplicação de micronutrientes de forma generalizada e indiscriminada, pois tal procedimento poderá resultar na redução de rendimento da cultura, por provocar o desequilíbrio de nutrientes na planta (interferência no metabolismo), bem como por configurar situações de fitotoxicidade.

O micronutriente mais exigido pelo milho é o Zinco (2 a 6 kg.ha⁻¹), principalmente se a referida cultura estiver sendo conduzida em áreas de “cerrado”, em solos arenosos, pobres em matéria orgânica ou que foram submetidos a grandes quantidades de calcário e de adubos fosfatados. Todavia, em função do uso desse elemento juntamente com a adubação de base (semeadura), ao longo do tempo, em grande parte das situações, esse nutriente pode se encontrar, no solo, em nível satisfatório, dispensando seu uso freqüente.

O zinco também pode ser aplicado, via foliar, juntamente com os inseticidas utilizados no controle da lagarta-do-cartucho (entre a 4^a e 6^a folha) e, nesse caso, a dosagem recomendada pode variar entre 100 a 500 g.ha⁻¹, distribuídos em 1 a 3 pulverizações.

O excesso de zinco (Zn), na planta, poderá afetar o aproveitamento de outros nutrientes metálicos, principalmente o cobre (Cu), o que poderá predispor a planta à maior incidência de doenças (Fancelli, 2000).

Outros micronutrientes que têm merecido especial atenção na cultura do milho são o Boro (B) e o Cobre (Cu).

O boro (B), por apresentar baixa mobilidade na planta, deverá ser aplicado, via solo, de forma corretiva (área total) ou no sulco de semeadura. As quantidades normalmente exigidas pelo milho, objetivando rendimentos elevados, variam entre 2 a 10 kg.ha⁻¹ de boro (adubação corretiva) ou 0,2 a 0,8 kg.ha⁻¹ de boro, na semeadura, mediante o emprego de fertilizantes com base "micrada".

O Cobre aplicado no solo sofre fortes interações com os minerais de argila, principalmente a goetita (Forbes et al., 1976), caulinita (Krauskopf, 1972) e a matéria orgânica (Harmsen & Vlek, 1985), dificultando a sua disponibilidade e absorção. Portanto, as aplicações foliares e/ou tratamento de sementes constituem-se em alternativas mais indicadas para o micronutriente considerado.

Finalmente, cumpre salientar que em áreas antigas de plantio direto, com elevado teor de matéria orgânica e/ou de zinco no solo, o cuidado com a falta de cobre deverá ser redobrada.

Enfoque fisiológico da adubação

A fotossíntese, respiração, transpiração e evaporação, são funções diretas da energia disponível no ambiente, comumente designada por calor; ao passo que, o crescimento, desenvolvimento e transporte de fotoassimilados são dependentes da disponibilidade de água e nutrientes no solo e na planta, sendo seus efeitos mais pronunciados em condições de temperaturas adequadas e ausência de restrição luminosa.

Neste contexto, a presença de nutrientes no solo, sem a devida disponibilidade de água no sistema, configura o conceito estático de fertilidade. Assim, para que os nutrientes sejam absorvidos pelas plantas torna-se necessário a presença de água, condições para a evapotranspiração e a garantia do contato dos nutrientes com as raízes.

Portanto, a absorção dos nutrientes, depende da distribuição, arquitetura, superfície específica e capacidade das raízes de aproveitar os íons presentes em baixas concentrações na solução do solo. Neste contexto, o emprego de estratégias que favoreçam o crescimento rápido e abundante do sistema

radicular, torna-se premente, principalmente no período inicial da vida da planta (V_0 a V_5), onde as raízes se constituem no dreno preferencial.

Ainda, como a eficiência da absorção de nutrientes depende da disponibilidade de água, do balanço de energia da planta e, sobretudo da taxa de crescimento do sistema radicular, conclui-se que o estímulo contínuo da produção de raízes novas até a fase reprodutiva, se constitui em relevante estratégia de garantia de adequado desempenho da planta. A taxa de absorção de água nos primeiros 10 cm do ápice radicular é da ordem de $1,2 \times 10^{-6}$ L.h⁻¹, enquanto a partir da região mais suberizada, além dos 12 cm do ápice, a taxa é bastante reduzida, ao redor de $0,2 \times 10^{-6}$ L.h⁻¹ (Kramer & Boyer, 1995).

O incremento do sistema radicular poderá ser assegurado pela disponibilidade de nitrogênio nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta, bem como pelo uso conjunto de giberelina, citocinina e auxina, em concentrações adequadas, no tratamento de sementes. Ainda, objetivando a manutenção da concentração satisfatória de açúcar nas raízes, objetivando dentro de certos limites, a absorção de água e nutrientes, mediante a diminuição de seu potencial osmótico, em particular, quando a transpiração é pouco significativa, recomenda-se o uso de 30 a 45 kg.ha⁻¹ de nitrogênio e 200 a 400 g.ha⁻¹ de boro, na semeadura do milho.

Milhos cultivados em regiões quentes, épocas tardias e de baixa altitude, bem como em condições de chuvas freqüentes no início da cultura, recomenda-se o uso de molibdênio no tratamento de sementes (20 g de Mo por 60.000 sementes) ou via pulverização foliar (30 a 45 g.ha⁻¹ de Mo) por ocasião da emissão da 4^a-6^a folha da planta. Da mesma forma, solos arenosos e/ou ácidos apresentam maior resposta à aplicação de molibdênio. Porém, independentemente do tipo de solo, em meio à alta concentração de enxofre (S), devido à prática da gessagem (p.ex.), evidencia-se a necessidade de maior aporte de Mo, devido ao estabelecimento da competição direta entre os íons sulfato e molibdato pelos sítios de adsorção na raiz, em decorrência do tamanho semelhante desses nutrientes (Singh & Kumar, 1974).

Quanto ao cobalto (Co), apesar de ainda não ser considerado nutriente essencial, seu fornecimento poderá ser considerado em decorrência do importante papel que desempenha na rota do ácido chiquímico, o qual se relaciona ao desencadeamento dos principais mecanismos de defesa da planta.

O desenvolvimento e o crescimento do milho dependem, principalmente, da concentração de N, P e K, na folha, no início da fase vegetativa.

A elevada concentração de nitrogênio na planta reduz a síntese de fitoalexinas (substâncias fungicidas e bactericidas) e de lignina nas folhas, diminuindo a resistência aos patógenos e insetos-praga.

A localização e a forma de nitrogênio (amoniacoal ou nítrica) disponível para o patógeno ou hospedeiro afeta a severidade ou resistência mais que a quantidade do elemento em si. A redução de doenças pelo efeito do nitrogênio resulta, geralmente, da influência de formas específicas desse elemento em rotas metabólicas distintas, alterando o crescimento de constituintes da planta ou dos exsudatos liberados, em geral.

Como o nitrogênio é o elemento absorvido em maior quantidade pela planta, o equilíbrio estequiométrico de cargas nas células depende, fundamentalmente, da forma química que esse nutriente é absorvido. Assim, a absorção do nitrogênio na forma amoniacoal (NH_4^+) acarreta a necessidade de excreção de H^+ , por parte da planta, visando a manutenção da neutralidade do sistema (equilíbrio interno de cargas), o que resulta na acidificação da rizosfera. Da mesma forma, quando ocorre a absorção predominante de NO_3^- , a planta eliminará OH^- , resultando na elevação do *pH* da rizosfera. Tal fato poderá interferir na absorção de outros nutrientes e na biologia do solo.

O fósforo, dentre outras funções, é responsável pelas relações energéticas na planta, pelo enchimento de grãos e pela maturação dos tecidos, o que pode contribuir para o escape a infecções provocadas por patógenos que têm preferência por tecidos jovens.

Em raízes com baixo nível de fósforo foi observado um decréscimo de fosfolipídeos com correspondente aumento na

permeabilidade da membrana celular e da exsudação radicular, o que pode exercer acentuada influência na atividade de patógenos e na severidade das doenças.

O fósforo, quando em concentrações adequadas nos tecidos vegetais, correlaciona-se negativamente com a exsudação de aminoácidos pelas raízes, reduzindo a proliferação de determinadas espécies de nematóides, insetos e fungos.

O potássio, presente na seiva e no protoplasma, está estritamente ligado à migração dos aminoácidos da sede de síntese até os sítios de utilização, além de exercer relevante papel na economia de água da planta. Assim, a predominância de relações desfavoráveis entre nitrogênio e potássio ($>1,5:1$), poderão favorecer a ocorrência de podridões de colmo, o incremento do tombamento de plantas e o aumento da taxa de grãos ardidos.

A síntese de compostos de elevado peso molecular (proteínas, amido e celulose) é francamente restringida, em plantas deficientes em potássio (K). Assim, seu inadequado suprimento promove o acúmulo de compostos orgânicos de baixo peso molecular (açúcares e aminoácidos), resultando em plantas com crescimento anormal e produtos de baixa qualidade.

O Cálcio apresenta função primordial na divisão e no desenvolvimento celular, bem como na estrutura da parede celular e na formação da lamela média. Ainda, cumpre ressaltar que o cálcio complementa o papel do potássio na manutenção da organização celular, na economia de água e na permeabilidade de membranas.

O cálcio constitui-se no elemento primordial para crescimento e aprofundamento de raízes, com significativo reflexo na tolerância a veranicos pelas plantas. Tal fato exige que tal elemento encontre-se efetivamente distribuído ao longo do perfil do solo. Também o cálcio, ao lado do fósforo e do boro, constituem-se em importantes moduladores de estímulos hormonais e de comportamento da planta.

O magnésio como relevante constituinte da clorofila, mostra-se fundamental para o processo efetivo da fotossíntese e, conseqüentemente, da atividade celular. Também se encontra associado à velocidade de crescimento vegetal, ao processo de

divisão celular, à síntese de proteínas, fosforilação oxidativa e metabolismo efetivo de carboidratos.

Por outro lado, o enxofre participa na composição de aminoácidos e proteínas, auxilia na síntese de enzimas, vitaminas, óleos aromáticos e ferredoxinas, bem como atua no processo de frutificação e também no crescimento de raízes.

Baixas quantidades de cobre nas folhas e na porção terminal (brotações) estimulam a atividade das peroxidases, enquanto que alta concentração reduz a atividade da enzima. A redução na atividade da peroxidase pode resultar no acúmulo de peróxidos, devido ao aumento na respiração em tecidos infectados. Outra enzima que pode degradar peróxidos é a catalase. O aumento na concentração de cobre pode reduzir também a atividade da catalase. A inibição da peroxidase e da catalase pode resultar no acúmulo de peróxidos, que são metabólitos altamente bactericidas. Com o decréscimo da atividade da peroxidase pode também resultar no acúmulo de compostos fenólicos que apresentam excelente ação fungicida. Da mesma forma, alta concentração de cobre induz a atividade da polifenoloxidase, que é responsável pela conversão dos compostos em substâncias danosas a microrganismo em geral, denominadas de quinonas.

O zinco constitui-se no elemento essencial para a síntese do triptofano, aminoácido precursor da síntese de auxina (AIA) e de proteínas. Assim, a concentração do referido hormônio diminui nas plantas deficientes em zinco (Martinez, 1995), resultando na diminuição da taxa de crescimento vegetal, reduzindo consideravelmente a sua área foliar.

A carência de Boro (B), afeta a permeabilidade da membrana citoplasmática, provocando a exsudação de açúcares e aminoácidos, contribuindo para o aumento da suscetibilidade da planta a insetos sugadores e patógenos, em geral. Da mesma forma, a carência de boro, provoca a queda de folhas e a má formação de grãos, além de interfere na qualidade fisiológica de sementes.

O milho apesar de ser uma espécie de metabolismo C₄, também pode apresentar relativa sensibilidade à acentuada intensidade de radiação e irradiância, sobretudo no início dos

estádios reprodutivos. Tais condições, aliadas a temperaturas elevadas, salinidade e/ou déficit hídrico, induzem a planta a produzir formas reativas de oxigênio (O_2^- , H_2O_2 e $OH^\cdot$), altamente danosas à clorofila, ao DNA, aos lipídeos e às proteínas das membranas (Martinez, 1995), provocando a redução da taxa fotossintética. A formação de radicais reativos de oxigênio é função da redução da carboxilação (assimilação de CO_2) e do acúmulo de sacarose nas folhas.

Os danos relativos à clorofila, representada pela fotossensibilização, afetam significativamente o FS II (fotossíntese), resultando na destruição de proteínas relacionadas à transferência de elétrons entre o P_{680} e a PQ (plastoquinona).

A minimização desses efeitos nocivos e a neutralização dos radicais livres formados podem ser obtidos pela presença ou pelo fornecimento antecipado de quantidades adequadas de Mn e/ou Zn.

Inúmeros estudos têm constatado que a aplicação direta de Mn através de pulverizações foliares, em muitas espécies cultivadas, pode contribuir para o incremento da taxa fotossintética e para a minimização de determinadas doenças, o mesmo não acontecendo quando o referido nutriente é ofertado via tratamento de sementes ou via solo.

Em situação onde o Manganês é reconhecido como o elemento primário envolvido na evolução de determinadas doenças, muitas práticas culturais podem ser combinadas com os métodos tradicionais de controle, tais como aplicações conjuntas de manganês quelatizado e de fungicidas específicos (Fancelli, 2000).

Dentre os mecanismos propostos para o papel do manganês na resistência a doenças, merecem especial destaque: (i) lignificação; (ii) síntese de fenóis solúveis; (iii) inibição da aminopeptidase; (iv) inibição da pectina-methylesterase; (v) fotossíntese e (vi) ação direta.

Lignificação

O manganês apresenta acentuada contribuição na síntese da lignina, por parte da planta, mediante a formação de

estruturas denominadas lignotubos, apesar de alguns pesquisadores não aceitarem integralmente o papel desse composto como barreira física eficiente (Graham & Webb, 1991).

Síntese de fenóis solúveis

O manganês participa da via biossintética de fenóis (substâncias relacionadas à resistência a doenças e pragas) (Graham, 1983).

Inibição da aminopeptidase

O manganês inibe a indução da aminopeptidase por parte do agente invasor. Ressalta-se que a mencionada enzima é ativada por alguns patógenos objetivando a obtenção de suprimento de aminoácidos essenciais necessários para o crescimento fúngico (Huber & Keeler, 1977).

Inibição da pectina-methylesterase

O manganês inibe a indução da Pectina-Methylesterase relacionada ao agente invasor. Ressalta-se que a referida exoenzima é normalmente utilizada por alguns patógenos para a degradação de paredes celulares (Bell, 1981).

Fotossíntese

O processo fotossintético é drasticamente afetado pela deficiência de Mn (foto-sistema II), dificultando a mobilização de energia em pontos vulneráveis, bem como diminuição de ácidos orgânicos em exsudatos de raízes, resultando em rizosfera mais favorável a pragas e patógenos diversos.

Ação direta

Aumento da concentração de manganês em exsudatos radiculares por parte de plantas nutricionalmente equilibradas, promovendo a inibição direta do potencial patogênico do suposto invasor (Elmor, 1995).

Ainda, salienta-se que, como o crescimento do fruto e da sementes exige determinados hormônios, dentre eles a auxina e a citocinina, supõe-se que plantas deficientes de zinco, de cálcio

e de boro, também apresentem falhas de granação e sejam menos produtivas, devido à dificuldade na síntese e na respostas dos hormônios envolvidos no citado processo.

Finalmente, cumpre salientar que o aumento de população de plantas de milho, favorecido pela redução do espaçamento entre linhas, objetivando o ganho de produtividade almejado, deve levar em consideração: (i) maior demanda por Nitrogênio e, consequentemente, de Potássio; (ii) redução da atividade da redutase do nitrato e da redutase do nitrito exigindo maior disponibilidade de molibdênio e de manganês, respectivamente; (iii) alteração no desenvolvimento das estruturas reprodutivas, representado pelo aumento da esterilidade feminina e alteração do sincronismo pendão-espiga, o que exige maior disponibilidade de Boro e de Cálcio; e (iv) diminuição da taxa de fecundação das flores, exigindo maior disponibilidade de Citocininas.

Considerações finais

O estabelecimento de programas de nutrição e adubação de espécies vegetais, além da busca incessante por produtividades lucrativas, deve também considerar as relações de equilíbrio entre os nutrientes; suas interferências mútuas; a possibilidade de redução de pragas e doenças pelo equilíbrio nutricional; bem como a qualidade terapêutica e nutricional dos produtos gerados.

Portanto, o reconhecimento da fragilidade dos agroecossistemas, o emprego de técnicas e tecnologias ecológica e energeticamente aceitáveis a cada situação, bem como o desenvolvimento de atividades agrícolas fundamentadas em princípios científicos e no holismo (visão sistêmica do processo), tornam-se imperiosos para a consolidação de uma agricultura racional, lucrativa e sustentável (Fancelli, 1996).

Referências bibliográficas

- ARAÚJO, L. A. N.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; BARBOSA, J. C.; BANZANATO, D. A. Adubação nitrogenada e potássica em cultura de milho para alta produtividade. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 26. Rio de Janeiro, 1997.

- ARGENTA, G. Manejo do nitrogênio em milho implantado em semeadura direta, em dois ambientes. Porto Alegre, 1998.108p. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da. Adubação nitrogenada em milho implantado em semeadura direta após aveia preta. *Ciência Rural*, v.29, n.4, Santa Maria/RS,1999. p.745-754.
- BASSO, C.J.; CERETTA, C.A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. *Revista Brasileira de ciência do Solo*, 24, 2000. p.905-915.
- BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E.L. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, n.9, Brasília, 2001. p.1101-1106.
- BULL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H. (ed.). *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba, POTAFOS, 1993. p.63-145.
- CABEZAS, W.A. R. L. Imobilização do nitrogênio na cultura do milho após aplicação em pré e pós semeadura da uréia e sulfato de amônio. *Revista Plantio Direto*, Setembro/Outubro, 2001. p. 14-20.
- CALEGARI, A. Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná. *Circular Técnica IAPAR*. n. 80, p.5-117. Londrina, 1995.
- CASSMAN, K.G.; BRYANT, D.C. FULTON, A. E. JACKSON, L.F. Nitrogen supply effects on partitioning of dry matter and nitrogen to grain of irrigated wheat. *Crop Science*, 32, 1992, p.1251-1258.
- CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; FLECHA, A.M.T.; PAVINATO, P.S.; VIEIRA, F.C.B.; MAI, M.E.M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26, 2002. p.163-171.
- COELHO, F.S.; VERLENGIA, F. *Fertilidade do solo*. Campinas. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 2 ed. 1988. 384p.

- DA ROS, C.O. Plantas de inverno para cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria., 1993.85p. (Tese de Mestrado).
- DIEKOW, J.; CERETA, C. A.; PAVINATTO, P. É possível antecipar a adubação nitrogenada no milho no sistema plantio direto? In: Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo, 2. Santa Maria, 1998. Resumos expandidos, Santa Maria. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p.163-166.
- DOURADO-NETO, D.; FANCELLI, A.L. Recomendação de adubação para a cultura de milho: teoria e prática. Piracicaba, Departamento de agricultura, 1992.
- EHDAL, B.; WAINES, J.G. Sowing date and nitrogen rate effects on dry matter and nitrogen partitioning in bread and durum wheat. *Field Crops Research*, 73, 2001. p.47-61.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. Fisiologia de produção e manejo da água e nutrientes na cultura de milho de alta produtividade. Piracicaba, POTAFOS (Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato), Departamento de Agricultura, ESALQ, USP, 1996. p.1-29.
- FANCELLI, A.L. Milho e feijão: Elementos para manejo em agricultura irrigada. Departamento de Agricultura, ESALQ, USP. Piracicaba. 14p. 1994.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. (Coord.) Tecnologia da produção de Milho. Piracicaba, ESALQ/USP, Departamento de Agricultura, 1997. 174p.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Tecnologia da produção de Milho. Piracicaba, ESALQ, 1999. 301p.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Produção de Milho. Guaíba, Editora Agropecuária, 2000. 360 p.
- FANCELLI, A. L. Manejo do solo em Plantio Direto. In: Guia para Plantio Direto. Grupo plantio direto. São Paulo. 2000. p.16-29.
- FANCELLI A.L.; DOURADO-NETO, D. (Coord.) Milho: Tecnologia e Produtividade. Piracicaba, ESALQ/USP, Departamento de Produção Vegetal, 2001. 261p.

- FANCELLI, A.L.; CASADEI, R.A. Desempenho da cultura de milho em função de doses de nitrogênio aplicadas em diferentes estádios fenológicos. *Scientia Agricola* (no prelo).
- FONSECA, J.A.; MEURER, E.J. Acúmulo de magnésio em plantas de milho afetada por potássio. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 26. Rio de Janeiro, 1997. Resumos. p.191
- GALRÃO, E.Z. Métodos de correção da deficiência de zinco para o cultivo de milho num Latossolo Vermelho-Escuro sob cerrado. *Rev. Brasileira de Ciência do Solo*, v.18, n.2, p.225-260. 1994.
- HEINZMANN, F.X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 20:1021-1030, 1985
- HERNANDEZ, R. J. M. Efeito da saturação por bases, relações Ca: Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de matéria seca e nutrição mineral do milho (*Zea mays*). Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1994. 134p.
- HOEFT, R.G.; NAFZIGER, E.D.; MULVANEY, R.L.; GONZINI, L.C.; WARREN, J.J. Effect of time and rate of N application on N use efficiency and surface water contamination with nitrates. *Illinois Fertilizer and Chemical Association Conference. Resume. Peoria. 1999. P.39-55*
- LOHNIS, M.P. Effect of magnesium and calcium supply on the uptake of manganese by various crop plants. *Plant and soil, The Hague*, v.12, p.339-76, 1960.
- LOPES, A.S. Solos sob “cerrado”: Características, propriedades e manejo. Piracicaba. Potafos. 2 ed. 1984. 162 p.
- MAAS, E.V.; MOORE, D.P.; MASON, B.J. Influence of calcium and magnesium on manganese absorption. *Plant Physiology*, v. 44, p.796-800, 1969.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo. Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. Estudo Nacional do Calcário Agrícola: Técnicas de calagem. Piracicaba. FEALQ. V 2..1983. 126p.

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.
- MALPASSI, R.N.; KASPAR, T.C.; PARKIN, T.B.; CAMBARDELLA, C.A.; NUBEL, N.A. Oat and rye root decomposition effects on nitrogen mineralization. Soil Sci. Am. J., 64: 208-215, 2000.
- MASCAGNI, J.R.; COX, F.R. Diagnosis and correction of manganese deficiency in corn. Communications in Science Plant Analysis. New York. v.15, n.11, p.1323-33. 1984.
- MOREIRA, S. G. Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produção de soja. 1999. 81p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- MUZILLI, O.; Manejo da fertilidade do solo. In: Plantio Direto no Paraná. Londrina. Fundação do Instituto Agrônômico do Paraná. Circular IAPAR, v. 23. p. 43-57. 1981.
- QUAGGIO, J.A., SAKAI, M.; ISHIMURA, I; SAES, L.A; BATAGLIA, O.C. Calagem para rotação feijão-milho verde em solo orgânico do Vale do Ribeira de Iguape (SP). **Revista brasileira de Ciência do Solo**. Campinas. v 9. p. 225-261. 1985a.
- QUAGGIO, J.A., RAMOS, V.J.; BATAGLIA, O.C.; van RAIJ, B.; SAKAI, M. Calagem para sucessão batata – tritcale - milho usando calcários com diferentes teores de magnésio. **Bragantia**. Campinas, v 44. p. 391-406. 1985b.
- SÁ, J.C.M.; Manejo da fertilidade do solo no plantio direto. Castro. Fundação ABC. 1993. 96 p
- SÁ, J.C.M. Manejo do nitrogênio na cultura de milho no sistema de plantio direto. Passo Fundo, Aldeia Norte, 1996. 24p.
- SLACK, A.V. Os produtos fertilizantes. In: Manual de fertilizantes. São Paulo, CEDER/PT, 1976. p.53-72.
- SUMNER, M.E.; FARINA, M.P.W. Phosphorus interaction with other nutrients and lime in field cropping systems. Advances in Soil Science, 5. New York, 1986. p.201-236.
- van RAIJ, B. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Agronômica Ceres, Potafos. 1991. 343p.

- van RAIJ, B.; CANTARELLA, H. Boletim 100. Campinas, Instituto Agrônômico de Campinas, 1995.
- VITTI, G.C.; LUZ, P.H. C. **Calagem e uso do gesso agrícola em pastagens.** In: FAVORETTO, V.; RODRIGUES, L.R.A.; RODRIGUES, T.J.D. Anais do 3º Simpósio sobre Ecossistemas de Pastagens. Jaboticabal. FCVA/UNESP. 1997. p. 63-109.
- VITTI, G.C.; LUZ, P.H. C. **Utilização agronômica de corretivos agrícolas.** Piracicaba. FEALQ/ESALQ/USP. 1997. 96p.
- VITTI, G.C.; FAVARIN, J. Nutrição e manejo químico do solo para a cultura do milho. In: Tecnologia da produção de milho. FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. (Ed.). Piracicaba, 1997.
- WIETHÖLTER, S. Nitrogênio no solo sob plantio direto. Revista Plantio Direto, Julho/Agosto 2000. p.38-42.

Fungicidas e indutores de resistência no controle de doenças

Silvânia Helena Furlan
Gisele Maria Fantin

Engenheira Agrônoma. Pesquisadora. Instituto Biológico-APTA

Introdução

A cultura do milho pode ser encontrada em ambientes de diferentes condições, o que pode permitir o desenvolvimento de doenças, as quais podem requerer cuidados pelo potencial de dano causado.

O manejo da cultura do milho afeta a severidade com que estas doenças ocorrem. Para o controle em geral, recomenda-se, sobretudo a utilização de cultivares mais resistentes, mas em certas situações há necessidade do uso de fungicidas na parte aérea das plantas, que tem se mostrado economicamente viável principalmente em lavouras bem conduzidas e com bom potencial produtivo, sobretudo quando instaladas em áreas de risco de epidemias.

A preferência por produtos de menor impacto é uma realidade que se tem buscado cada vez mais nestes últimos tempos.

A preocupação com o meio ambiente e a saúde humana tem exigido no campo da pesquisa alternativas que se ajustem a esse propósito.

O controle químico das doenças de plantas é feito pela aplicação de fungicidas pertencentes a diferentes grupos químicos e, mais recentemente e de forma mais restrita, pelo uso de produtos chamados indutores de resistência, que podem ser de diferentes naturezas.

Nos últimos anos têm-se demonstrado que o uso de fungicidas na cultura do milho pode oferecer benefícios quanto ao rendimento e qualidade de grãos, em condições de maior severidade das doenças.

A utilização de fungicidas na parte aérea das plantas de milho é uma prática que precisa ser melhor estudada, mas atualmente se tem comprovado ganhos econômicos. Além dos produtos com ação fungicida direta, outros produtos com mecanismo de ação diferenciada, denominados de indutores de resistência, podem ser vantajosos no manejo das diversas doenças. Porém, muito pouco ou quase nada se conhece a cerca da sua eficiência e uso na cultura do milho.

Neste capítulo discutiremos sobre o uso dos fungicidas já utilizados em milho e em especial sobre os indutores de resistência de plantas, como uma possível alternativa no controle das doenças desta cultura, principalmente para aquelas em que os fungicidas com ação direta não atuam com eficiência.

Fungicidas

Forsthofer et al. (2006) avaliaram a resposta de híbridos de milho à época de aplicação do fungicida azoxystrobin + ciproconazol (Priori Xtra- 300 mL/ha) no Brasil Central (Montevidiu-GO, Goiatuba-GO, Niquelândia-GO, Jataí,GO e Uberlândia-MG. Os autores constataram que houve resposta à época de aplicação de fungicida nos locais onde a incidência das doenças foi mais elevada. Nesse caso, o rendimento de grãos foi incrementado para todos os híbridos com a aplicação do fungicida. Quando se utilizaram duas pulverizações (V12 + R1) o rendimento de grãos foi superior a uma única aplicação, em V12 ou em R1. Uma aplicação do produto apresentou rendimento de grãos superior à testemunha. O peso de grãos foi o componente da produção que mais respondeu à aplicação de fungicida, principalmente em híbridos de ciclo superprecoce do que nos precoces.

Juliatti et al. (2006b) realizaram estudo sobre a viabilidade econômica do uso de fungicidas no controle da ferrugem comum, mancha branca, helmintosporiose e mancha de *Stenocarpella* na cultura do milho. Os autores verificaram que os fungicidas piraclostrobin + epoxiconazole e azoxistrobin + cirpoconazole promoveram a manutenção da área verde e a produtividade da cultura, mostrando a viabilidade econômica de uma aplicação

dos fungicidas. O incremento médio de produtividade em relação à testemunha foi de 15 %.

Silva et al. (2005) estudaram o efeito do controle químico de doenças no híbrido AG 6018 (moderadamente suscetível), com o fungicida azoxystrobin + cyproconazole na safra 2004/05 em Ponta Grossa-PR. Realizaram as aplicações dos tratamentos com um autopropelido, em várias doses, nos estádios de 7, 10 e 7 e 10 folhas. Ocorreram a ferrugem comum, que incidiu nas plantas ainda bem jovens e evoluiu durante o ciclo da cultura e a queima de turcicum, mancha de *Phaeosphaeria*, cercosporiose e mancha de *Diplodia*, principalmente na pré-colheita. Os autores obtiveram controle da maioria das doenças com o uso das diferentes doses e épocas de aplicação. Houve, contudo, correlação negativa apenas entre a severidade da ferrugem comum e a produtividade. Os autores observaram ainda, que apesar do tratamento com duas aplicações ter sido mais eficiente para a redução da ferrugem e outras doenças, esta não refletiu em maior ganho de produtividade. Concluíram que os melhores resultados quanto à relação custo/benefício, foram as aplicações com o milho no estágio de 7 folhas, relacionados ao controle da ferrugem comum. Encontraram aumento de produtividade ao redor de 20 %, correspondendo a 1500 kg.ha⁻¹.

Souza et al. (2004) estudaram a evolução das manchas de *Phaeosphaeria* e de *Cercospora* em 8 híbridos em milho, sob aplicação de estrobilurinas + triazóis e estrobilurinas aos 45 e 45 + 60 dias após a semeadura, durante a safrinha 2004, em Iraí de Minas-MG, em região de predomínio de plantio direto, onde são realizados plantios sucessivos de milho e tem havido alta intensidade de doenças. O aparecimento das doenças no ensaio deu-se nas plantas ainda bem jovens e constataram melhor controle com duas aplicações. Houve aumento significativo da produtividade para a maioria dos híbridos, variando de 332 a 1257 kg.ha⁻¹ (12,2 a 78,2 %), sobretudo para os suscetíveis às duas doenças. Contudo, principalmente nestes híbridos, o potencial produtivo pode ter sido prejudicado também nas parcelas tratadas, devido à expressiva severidade das doenças mesmo com a aplicação de fungicidas.

Fantin & Duarte (2005) compararam épocas e número de aplicações de estrobilurinas + triazóis no controle das manchas de *Phaeosphaeria* e de *Cercospora*, em híbridos resistente e suscetível, através de ensaios em Cândido Mota, Florínea, Cruzália, Pedrinhas Paulista e Campos Novos Paulista-SP, durante a safrinha 2005. Os tratamentos consistiram de uma aplicação no estádio de 9 a 10 folhas (1V), uma aplicação próxima ao florescimento (1F) ou duas aplicações (2). O início das doenças foi tardio, no pendoamento das plantas e estas ocorreram com baixa severidade. Apesar disso, os tratamentos causaram redução em ambas as doenças, em todos os ensaios, no híbrido suscetível. Houve, inclusive, redução do número de plantas quebradas, no cultivar suscetível, em Cândido Mota e em Florínea, com os tratamentos que incluíram a pulverização na segunda época (florescimento). Apesar da baixa severidade das doenças, observou-se aumento médio de produtividade de 609 kg.ha⁻¹ (17 %), no híbrido suscetível, com o uso de estrobilurinas + triazóis, em Florínea, onde a severidade das doenças parece ter sido pouco acima do limiar de dano. Em Campos Novos e Cândido Mota, esta foi muito baixa, não chegando a refletir em aumento de produtividade. Em Cruzália e Pedrinhas Paulista, fatores externos reduziram o potencial produtivo das plantas, não sendo possível distinguir o efeito dos fungicidas na produtividade.

Juliatti et al. (2006a) constataram redução de grãos ardidos de milho pelo uso dos fungicidas piraclostrobin + epoxiconazole, azoxistrobin + ciproconazole, azoxistrobin e hidróxido de cobre, aplicados na parte aérea em diferentes genótipos de milho, não havendo efeito da época de aplicação.

Além do controle das doenças, certos fungicidas podem apresentar efeitos benéficos às plantas, conhecidos como efeitos fisiológicos. As estrobilurinas, grupo químico utilizado na cultura do milho, geralmente associado a um triazol, pode apresentar esta característica.

O modo de ação das estrobilurinas se dá pela inibição da respiração mitocondrial, através do bloqueio de elétrons entre o citocromo b e o citocromo c1, no sítio Qo, afetando a produção de ATP. Enquanto que os triazóis possuem o mecanismo de

ação que interfere na síntese de ergosterol, importante componente das membranas celulares dos fungos. A combinação de ambos os grupos químicos permitem um controle de amplo espectro para diversas doenças da cultura do milho.

O efeito das estrobilurinas sobre a fisiologia das plantas pode refletir em benefícios ao desenvolvimento das plantas e rendimento de grãos (Dourado-Neto, 2006). Venâncio et al. (2004) e Venâncio (2006) relatam que alterações hormonais também podem incrementar as produtividades em cereais pelo uso das estrobilurinas, as quais podem inibir a biossíntese de etileno, e portanto, promover o atraso na senescência de folhas e aumentar a atividade fotossintética dos tecidos verdes, e por fim promover melhor desempenho em condições estressantes.

A propriedade das estrobilurinas, ou possivelmente de outros fungicidas, relacionada aos efeitos fisiológicos em plantas deve ser melhor explorada no manejo das culturas, uma vez evidenciadas as vantagens para a planta.

Trabalhos desenvolvidos pela empresa Syngenta durante várias safras de milho mostram os efeitos do uso de fungicidas formulados em misturas (estrobilurina + triazol) no controle das principais doenças na cultura do milho, com reflexos positivos na produtividade (% de aumento) em relação à testemunha sem fungicida, utilizando-se uma aplicação (8,5 a 11,4 %) ou duas aplicações (17,4 a 17,9 %) (Figura 1).

Indutores de resistência

A exploração dos mecanismos de defesa das plantas para o controle de doenças oferece uma alternativa ao uso de fungicidas (Moraes, 1998).

Trata-se dos indutores de resistência de plantas ou ativadores da resistência sistêmica adquirida, os quais não possuem atividade antimicrobiana direta, mas estão envolvidos na defesa das plantas ao ataque dos patógenos.

As plantas podem em certos casos desenvolver uma resistência sistêmica, duradoura e de amplo espectro após serem infectadas por fitopatógenos. A este fenômeno denominamos resistência sistêmica adquirida (SAR – “Systemic Acquired Resistance”). A SAR pode ser explorada pelo

desenvolvimento de plantas geneticamente modificadas para uma maior resistência a doenças ou pelo desenvolvimento de produtos químicos ou biológicos que atuem como ativadores dos mecanismos de defesa inerentes à planta contra as doenças.

Uma vantagem do uso de SAR sobre os fungicidas utilizados no controle das doenças ou mesmo da resistência genética específica das plantas cultivadas é o amplo espectro de ação e, portanto, a menor vulnerabilidade ao aparecimento de populações resistentes aos fungicidas e à quebra de resistência do material genético.

O fenômeno SAR foi evidenciado pela primeira vez em plantas de fumo que após serem inoculadas com o vírus TMV tiveram lesões restritas quando estas foram inoculadas previamente com o mesmo vírus. Este fenômeno ocorreu não somente para TMV, mas para outros patógenos como outros vírus, bactérias e fungos. A detecção da restrição das lesões foi feita 3 dias após a inoculação e permaneceu por um período de várias semanas (Ross, 1961, citado por Moraes, 1998).

Anos após, White (1979) demonstrou que o ácido salicílico (AS) e certos derivados do ácido benzóico podiam induzir SAR, e mais tarde, van Loon & Anthoniw (1982) descobriram que o acúmulo de um grupo de proteínas extracelulares (PR- proteínas relacionadas à patogênese) correlacionava-se com SAR.

As principais etapas envolvidas na SAR são a iniciação, transmissão de sinais e expressão gênica.

De acordo com Moraes (1998), a iniciação ocorre após o reconhecimento do patógeno pela planta e resulta freqüentemente em necrose. Após a iniciação, SAR é induzida em órgãos não afetados das plantas por um sinal liberado após a infecção patogênica que se move pelo floema. Então, a resistência é mantida durante dias ou semanas através da expressão coordenada de um conjunto de genes que codificam PR-proteínas, algumas supostamente com ação antimicrobiana.

Além de AS, outros compostos podem estar envolvidos na transmissão de sinais em SAR: jasmonatos, sistemin, etileno e sinais elétricos.

Segundo Kessman et al. (1994), para ser considerado um ativador de SAR ou um indutor de resistência de plantas a

doenças, um produto químico deve apresentar três características: a) o composto ou seus metabólitos não devem exibir atividade antimicrobiana direta; b) deve induzir resistência contra o mesmo espectro de patógenos que SAR ativada biologicamente, e c) deve induzir a expressão dos mesmos genes marcadores, conforme SAR ativada por patógenos.

Silicone, fosfato, ácido poliacrílico, probenazole e acibenzolar-S-metil (ASM) são exemplos de produtos químicos ativadores de SAR, mesmo que possam não preencher os pré-requisitos citados. O ácido salicílico (AS) e ASM parecem ser os compostos químicos relacionados a SAR mais estudados. O primeiro é fitotóxico às plantas e portanto, não pode ser comercializado como protetor de plantas. O análogo de AS, benzotiadiazole (BTH) é um ativador de SAR e possibilita a proteção em condições de campo contra um amplo espectro de doenças, podendo ser utilizado comercialmente assim como o ASM (Bion- nome comercial).

Silva et al. (2006) verificaram em algodoeiro o efeito de acibenzolar-S-metil (ASM) a 0,2g/L, quitosana a 1 g/L e óleo de nim a 5 mL.L⁻¹, isoladamente e em misturas, aplicados aos 6 e 3 dias antes da inoculação do fungo *Colletotrichum gossypii* var. *cephalosporioides*, agente causal da ramulose, uma das principais doenças da cultura. Os três indutores de resistência, avaliados quanto à evolução da severidade da doença, diferiram da testemunha. O óleo de nim e ASM promoveram os melhores resultados de controle da ramulose, sendo a quitosana pouco eficiente. As misturas ASM + quitosana e nim + quitosana não diferiram dos tratamentos ASM e nim isolados.

Costa et al. (2006) avaliaram o desempenho do BTH usado em diferentes concentrações, visando o controle *in vitro* da germinação de uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi*, agente da ferrugem asiática da soja, em diferentes temperaturas. Os resultados mostraram ação inibidora direta do indutor de resistência, com o aumento da sua concentração. Ressalta-se, no entanto, que neste trabalho foram avaliadas concentrações elevadas do produto, a partir de 50 ppm até 1000 ppm, enquanto que a concentração dos fungicidas eficientes para o controle da ferrugem asiática está em torno de 0,1 a 8 ppm i.a.

Em milho, Pedrosa et al. (2006) observaram o efeito da aplicação de ASM na parte aérea das plantas sobre a multiplicação de fitonematóides em solos naturalmente infestados. ASM reduziu significativamente os níveis populacionais de *Pratylenchus* sp., *Rotylenchulus* sp. e *Meloidogyne* sp., mas não afetou *Helicotylenchulus* sp. e *Criconeimella* sp.

Atualmente os fertilizantes líquidos a exemplo dos fosfitos são utilizados com propósitos múltiplos visando melhorar o estado nutricional das plantas (Dorer, 1996) e protegê-las do ataque de patógenos, por serem capazes de induzir respostas a organismos invasores através do sistema de defesa da planta (Guest, 1986; Saindrenan et al., 1988). Alguns autores sugerem que o controle de patógenos se deve a um aumento na produção de fitoalexinas nas plantas tratadas com fosfito (Guest, 1984; Saindrenan et al., 1986; Afek & Sztember, 1989).

Tais mecanismos de indução de resistência por fosfitos são pouco conhecidos. Na forma de sal de potássio parece ter o mesmo efeito que o Fosetyl-Al ou Aliette, fungicida eficiente para o controle de doenças causadas por oomicetos como *Pythium* spp. e *Phytophthora* spp. (McDonald, 2001).

O fosfito (Phytogard Zn) e outro fertilizante líquido à base de boro, cobre, manganês, molibdênio e zinco (Starter Mn) foram avaliados quanto à ação sobre a germinação de uredosporos de *P. pachyrhizi*. (Furlan et al., 1995). Os autores constataram inibição da germinação em diluições dos fertilizantes com concentrações bem superiores quando comparadas à concentração inibitória do fungicida pyraclostrobin + epoxiconazole (Opera). Quando testados em condições de campo, não mostraram eficiência quando aplicados de forma isolada, mas mostraram algum potencial quando em mistura com o fungicida (Juliatti et al., 2005; Furlan et al., 2005).

A ação isolada dos fosfitos sobre esta doença foi testada anteriormente (Juliatti et al., 2005), e o resultado obtido indicou sua ineficiência ou sua baixa eficiência de controle nesta situação, não justificando o seu uso de forma isolada.

A ação do silício no controle de algumas doenças em plantas cultivadas em solos deficientes também já foi relatada,

sendo mais conhecida na cultura do arroz, em que as aplicações do elemento favorecem o controle de doenças importantes, como as causadas por *Pyricularia grisea* e *Bipolaris oryzae* (Datnoff & Snyder, 1992). Supõe-se que o silício esteja associado à indução de resistência em plantas (Savant et al., 1999), possivelmente por fortificar a parede celular e também por ativar mecanismos específicos como a produção de fitoalexinas.

Por outro lado, Carpim et al. (2006) não obtiveram efeito positivo do uso de silício e fosfito no controle da ferrugem asiática da soja, quando aplicados em três épocas, nos estádios V9, R1 e R3.

Portanto, embora apresentem amplo espectro de ação, os indutores de resistência apresentam diferentes interações, nem sempre mostrando efeitos positivos no controle das doenças, devendo ser avaliados isoladamente para cada patossistema.

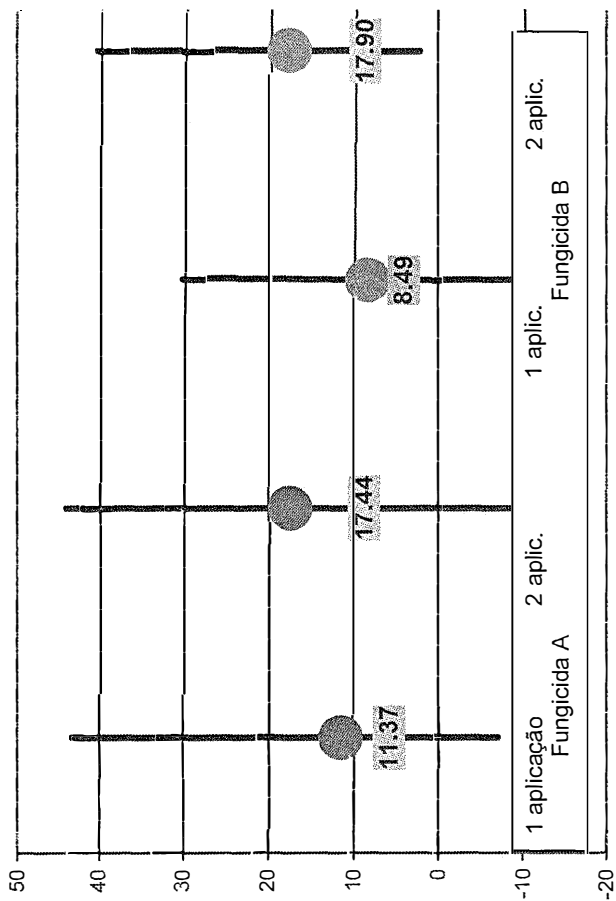


Figura 1. Ganho (%) de produtividade da cultura do milho pelo uso de uma ou duas aplicações de fungicidas sobre a testemunha sem fungicida (23 ensaios – 5 safras) (Syngenta, 2006).

Tabela 1. Fungicidas registrados para pulverização foliar do milho¹.

Produto comercial (p.c.)	Ingrediente ativo (i.a.)	Grupo químico	Concentração (g/L ou kg)	Formulação ²	CT ³	Dose (p.c.) (L/ha ³)	Indicação de controle	Recomendação de aplicação	Empresa registrante
Follicur EC	Tebuconazol	Triazol	200	CE	III	1	Mancha foliar por <i>Exserohilum turcicum</i> , Ferrugem polissora por <i>Puccinia polysora</i> , Ferrugem comum por <i>Puccinia sorghi</i>	Fungicida sistêmico com ação preventiva e curativa para aplicações terrestres e aéreas. Iniciar as pulverizações aos primeiros sintomas.	Bayer CropScience Ltda
Tilt	Propiconazol	Triazol	250	CE	III	0,5	Mancha foliar por <i>Exserohilum turcicum</i> , Ferrugem tropical por <i>Physopella zeae</i>	Fungicida sistêmico para aplicações terrestres e aéreas. Iniciar as pulverizações aos primeiros sintomas.	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.
Constant	Tebuconazol	Triazol	200	CE	III	1	Mancha foliar por <i>Exserohilum turcicum</i> , Ferrugem polissora por <i>Puccinia polysora</i> , Ferrugem comum por <i>Puccinia sorghi</i>	Fungicida sistêmico com ação preventiva e curativa para aplicações terrestres e aéreas. Iniciar as pulverizações aos primeiros sintomas.	Bayer CropScience Ltda
Opera	Epoxiconazol + Piraclostrobina	Triazol + Estrobilurina	50 + 133	SE	II	0,75	Mancha foliar por <i>Phaeosphaeria maydis</i> , Ferrugem polissora por <i>Puccinia polysora</i>	Fungicida sistêmico + protetor com ação preventiva, curativa e erradicante para aplicações terrestres e aéreas. Iniciar as pulverizações preventivamente aos primeiros sintomas.	Basf S.A.
Stratego EC	Propiconazol + Trifloxystro-bina	Triazol + Estrobilurina	125 + 125	CE	II	0,6 a 0,8	Cercosporiose por <i>Cercospora Zeae maydis</i> , Ferrugem comum por <i>Puccinia sorghi</i> , Mancha foliar por <i>Phaeosphaeria maydis</i>	Fungicida sistêmico + mesostêmico para aplicações terrestres e aéreas. Iniciar as pulverizações próximas ao pendoamento ou aos primeiros sintomas.	Bayer CropScience Ltda
Priori Xtra	Ciproconazol + Azoxystrobina	Triazol + Estrobilurina	80 + 200	SC	III	0,3	Mancha foliar por <i>Phaeosphaeria maydis</i> , Cercosporiose por <i>Cercospora Zeae maydis</i>	Fungicida sistêmico para pulverizações terrestres e aéreas. Aplicar de forma preventiva aos 40 a 50 dias após o plantio. Reaplicar com intervalo de 15 dias.	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda
Nativo	Tebuconazol + Trifloxystrobina	Triazol + Estrobilurina	200 + 100	SC	III	0,6 a 0,75	Ferrugem polissora por <i>Puccinia polysora</i> , Mancha foliar por <i>Phaeosphaeria maydis</i>	Fungicida mesostêmico e sistêmico para aplicações terrestres e aéreas. Pulverizar de maneira preventiva, próxima à fase de pendoamento ou aos primeiros sintomas. Reaplicar após 15 a 20 dias, se necessário.	Bayer CropScience S.A.
Comet	Piraclostrobina	Estrobilurina	250	CE	II	0,6	Mancha foliar por <i>Phaeosphaeria maydis</i> , Ferrugem polissora por <i>Puccinia polysora</i>	Fungicida sistêmico com ação protetiva para aplicações terrestres e aéreas. Iniciar as pulverizações preventivamente ou aos primeiros sintomas.	Basf S.A.

¹ Fonte: Compêndio de Defensores Agrícolas - Andrei, ^{7ª} edição, 2005 e Agrotif (on line – 29/05/07)² Formulação: CE = concentrado emulsionável, SE = suspo-emulsão, SC = suspensão concentrada.³ Classe toxicológica (CT): I = extremamente tóxico, II = altamente tóxico, III = medianamente tóxico, IV = pouco tóxico.

Conclusão

A viabilidade econômica de fungicidas em milho já foi comprovada em condições em que a cultura está sujeita ao ataque severo dos patógenos, podendo uma aplicação ser suficiente para o bom manejo. Em outras situações, dependendo do estágio de ocorrência da doença e das condições ambientais, duas aplicações podem ser necessárias para garantir o potencial produtivo da cultura.

Apesar do vasto número de informações à cerca dos mecanismos de defesa de plantas, não foram encontrados trabalhos que relatassem sobre o uso ou a importância de indutores de resistência para o controle das doenças na cultura do milho, a exceção do uso de ASM para o controle de determinados fitonematóides. O uso de fosfitos, silício, ASM, BTH e outros compostos com ação de indução de resistência deve ser visto como uma alternativa de controle de doenças associado a outras medidas, visando o complexo das doenças e a viabilidade econômica para a cultura, visto o amplo espectro de ação destes compostos.

Acredita-se que pelo exemplo de outros patossistemas em que os indutores de resistência mostraram-se promissores como medida complementar no manejo de doenças de diferentes naturezas, a cultura do milho poderia ser beneficiada principalmente para doenças em que os fungicidas não exerceriam atividade, e para fins de manejo da resistência dos fungicidas, dentro de programas de controle.

Embora com amplo espectro de ação, os indutores de resistência apresentam diferentes interações de acordo com o hospedeiro e patógeno, nem sempre mostrando efeitos positivos no controle das doenças, e portanto devem ser avaliados isoladamente para cada sistema, principalmente para as doenças de difícil controle pelos métodos convencionais.

Referências bibliográficas

AFEK, U. SZTEJNBERG, A. Effects of Fosetyl-AI and phosphorous acid on scoparone, a phytoalexin associated

- with resistance of Citrus to *Phytophthora citrophthora*. *Phytopathology*, v.79 (7), p.736-739. 1989.
- BROMFIELD, K.R. & HARTWIG, E.E. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. *Crop Science* 20:254-255. 1980.
- CARPIM, L.K.; VEBBER, A.M.; SILVA, L.H.C.P.; SILVA, J.R.C.; CAMPOS, H.D. Efeito do silício e do fosfito no controle da ferrugem asiática. . *In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia, XXXIX, Salvador, 14 a 18 de agosto de 2006. n. 307, p.198, 2006. (Resumo).*
- COSTA, B.V.; LEÃO, A.P.; SANTIAGO, T.R; FERNANDES, M.B.; FERNANDES-CARRIJO, F.R.; NOGUEIRA, S.R. Efeito *in vitro* do BTH em diferentes temperaturas na germinação de uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow. *In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia, XXXIX, Salvador, 14 a 18 de agosto de 2006. n. 765, p.313, 2006. (Resumo).*
- DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H. Influence of silicon fertilizer grades on blast and brown spot development and on rice yields. *Plant Disease* 76:1182-1183. 1992.
- DORER, S.P. Nutricional effects of a fungicide combination on sommer bentgrass decline. Tese- mestrado. North Carolina state university, Raleigh, NC, 1996.
- DOURADO NETO, D. Milho. *In: Seminário Cooplantio, 21. ESALQ/USP-Piracicaba, 2006 (dados não publicados).*
- FANTIN, G.M.; DUARTE, A.P. Controle químico de doenças foliares do milho na safrinha 2005. (em redação).
- FORSTHOFER, E.L.; ARGENTA, G.; RAMBO, L.; SANTOS, J.G.P.; SILVA, J.R.V; LUNARDI, R. resposta de híbridos de milho à época de aplicação de fungicida no Brasil Central. Relatório da Syngenta. 2006.
- FURLAN, S.H. Ação de Phytogard Mn na germinação de uredosporos. Congresso Brasileiro de Soja, IV, Londrina, 5 a 8 de junho de 2006, p. 112-113 (Resumos).
- FURLAN, S.H.; MONFERDINI, M.A.; SILVA, G. Efeito de possíveis indutores de resistência no controle da ferrugem asiática da soja e na germinação de uredosporos. Reunião de Pesquisa de Soja na Região Central do Brasil, XXVII, Cornélio Procopio, 17 a 18 de agosto de 2005. Documentos 257, Embrapa, Londrina, 2005. p.304-305.

- GUEST, D. Evidence from light microscopy tissues that Fosetyl-AI modifies the defense response in tobacco seedlings following inoculation by *Phytophthora nicotianae*. Physiological and molecular Plant Pathology. V 29. p. 251-261, 1986.
- GUEST, D. Modification of defense responses in tobacco and capsicum following treatment with Fosetyl-AI. Physiological and molecular Plant Pathology, v.25. p. 125-134. 1984.
- JANN, E.V.; VAN SANTEN, M.L.; MARTINS, L.; BEGLIOMINI, E. Respostas do novo fungicida Opera no controle de doenças foliares da soja em dois estádios de desenvolvimento da cultura. In: Congresso Brasileiro de Soja, II, 03 a 06 d junho de 2002, Foz do Iguaçu. Documentos Embrapa, 181. 2002. p.51. (Resumos).
- JULIATTI, F.C.(org.). Soybean asian rust; etiology, epidemiology and management. EDUFU, Uberlândia, 2006. 316p.
- JULIATTI, F.C.; CARLLIS, G.C; POLIZEL, A.C.; FREITAS, P.T.; DUARTE, R.P; MOURA, A.P.C. Análise econômica do uso de fungicidas no controle da ferrugem comum, mancha branca, helmintosporiose e mancha de Stenocarpella na cultura do milho. In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia, XXXIX, Salvador, 14 a 18 de agosto de 2006. n. 766, p.312, 2006b. (Resumo).
- JULIATTI, F.C.; MOURA, E.A.C.; SILVA JÚNIOR, J.L.; FURTADO, R.B.; HAMAWAKI, O.T. Controle da ferrugem, septoriose e oídio pela aplicação preventiva de fungicidas, sílcio e fosfito. Reunião de Pesquisa de Soja na Região Central do Brasil, XXVII, Cornélio Procópio, 17 a 18 de agosto de 2005. Documentos 257, Embrapa, Londrina, 2005. p.254-255.
- JULIATTI, F.C.; ZUZA, J.L.M.F.; SOUZA, P.P.; POLIZEL, A.C. Avaliação da incidência de grãos ardidos em genótipos de milho sob aplicação foliar de fungicidas. In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia, XXXIX, Salvador, 14 a 18 de agosto de 2006. n. 764, p.312, 2006a. (Resumo).
- KESSMANN, H.; STAUB, T.; HOFMANN, C.; MAETTZKE, T.; HERZOG, J. Induction of systemic acquired disease

- resistance in plants by chemicals. Annu. Rev. Phytopathol. 32: 439-459, 1994.
- McDonald, A.E.; GRANT,, B.R. ; PLAXTON, W.C. Phosphite (phosphorous acid); its relevance in the environment and agriculture, and influence on the plant phosphate starvation response. Journal of Plant Nutrition. V.24, p.1505-1519, 2001.
- McLEAN, R.J. & BYTH, D.E. Inheritance of resistance to rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in soybeans. Australian Journal Agriculture Research 31:951-956. 1980.
- MORAES, M.G. Mecanismos da resistência sistêmica adquirida em plantas. RAPP, 6: 261-284, 1998.
- PEDROSA, E.M.R.;SOUZA, I.R.G.A.; ROLIM, M.M. Efeito da aplicação de acibenzolar-S-metil em milho sobre a multiplicação de fitonematóides em solos naturalmente infestados. . In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia, XXXIX, Salvador, 14 a 18 de agosto de 2006. n. 272. p. 189, 2006. (Resumo).
- ROSS, A.F. Systemic acquired resistance induced by localized virus infections in plants. Virology 14: 340-358, 1961.
- SANINDRENAN, P. BOMPEIX, G. Role dès phytoalexines dans la response de *Vigna unguiculata* traité par le phosethyl-Al, a l'infection par *Phytophthora cryptogea*. Compt. Rend. V. 303, p.414. 1986.
- SAVANT, N.K., KORNDORFER, G.H., DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H. Silicon nutrition and sugarcane production: A review. Journal of Plant Nutrition 22: 1853-1903. 1999.
- SILVA, O.C. da; RUTHES, E.; FREITAS, J.; GALLO, P. Efeito do momento da aplicação e dose do fungicida azoxystrobin + cyproconazole no controle das doenças foliares do milho. Fitopatologia Brasileira, v.30, p.S108, 2005. Suplemento.
- SILVA, D.S. ; COELHO, R.S.B. ; CASTRO,N.R. Efeito de indutores de resistência no controle alternativo da ramulose do algodoeiro. In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia, XXXIX, Salvador, 14 a 18 de agosto de 2006. n. 160, p.161, 2006. (Resumo).
- SOUZA, P.P.; JULIATTI, F.C.; SCHIAVETTO, J.A.; JULIATTI, F.C. Efeito de híbridos e fungicidas na evolução de doenças

foliares em Iraí de Minas-MG. v.29, p.S112, 2004. Suplemento.

- VAN LOON, L.C.; ANTONIW, J.F. Comparison of the effects of salicylic acid and ethephon with virus-induced hypersensitivity and acquired resistance in tobacco. *Neth. J. Plant Pathol.* 88:237-256, 1982.
- VENÂNCIO, W.S. Efeitos fisiológicos da estrobilurina piraclostrobina. In: Congresso nacional de Milho e Sorgo, 26, Belo Horizonte, 27 a 31 de agosto de 2006.
- VENÂNCIO, W.S.; RODRIGUES, M.A.T.; BEGLIOMINI, E.; SOUZA, N.L. Efeitos fisiológicos de fungicidas sobre plantas. 1. Efeitos fisiológicos do fungicida pyraclostrobin. In: Luz, W.C.; Fernandes, J.M.; Prestes, A.M.; Picinini, E.C. *RAAP*, v.12, 2004. p. 317-341.
- WHITE, R.F. Acetylsalicylic acid (aspirin) induces resistance to tobacco mosaic virus in tobacco. *Virology* 99:410-412, 1979.

População e distribuição espacial de plantas de milho

Pedro Abel Vieira Júnior

Pesquisador. Embrapa SNT

Antonio Luiz Fancelli

Durval Dourado Neto

Departamento de Produção Vegetal. Esalq, Universidade de São Paulo

Introdução

A produção dos vegetais depende da disponibilidade de CO₂, água, nutrientes e radiação solar, os quais, com exceção da radiação, podem ser manejados pelo homem não se constituindo em empecilho ao aumento de produtividade (Machado, 1985; Duvick, 1992; Machado et al., 2001).

A relação entre área foliar e atividade fotossintética é muito conhecida, o que, considerando as dificuldades inerentes à melhoria no processo de fixação do CO₂, sugere alterações na arquitetura do dossel, com ênfase na otimização de interceptação da radiação solar (Machado, 1995; Sachulze & Caldwell, 1995).

Em passado recente as populações de plantas de milho recomendadas para a produção de grãos têm mudado consistentemente em consequência de alterações no manejo cultural, avanços no melhoramento de plantas e melhor entendimento das relações entre os parâmetros climáticos e a produção biológica vegetal. O melhoramento alterou a arquitetura da planta de milho variando o ângulo de inserção da folha no colmo, reduzindo a sua estatura e o seu comprimento do pendão, diminuindo o número e o tamanho das folhas, entre outros (Borém, 2001 e Argenta et al., 2001). Dessa forma, populações de plantas de milho passaram de 3 pl.m⁻² (década de 30) para 6,5 pl.m⁻² (Fancelli & Dourado Neto, 2000), podendo chegar a 9 pl.m⁻² (Argenta et al., 2001).

As alterações nos arranjos espaciais das plantas de milho são realizadas de modo que o dossel das plantas intercepte mais eficientemente a radiação fotossinteticamente ativa, o que irá

influenciar positivamente sobre o rendimento de grãos da cultura, quando outros fatores de produção não forem limitantes (Ottman & Welch, 1989). Assim, o estudo da população e do arranjo espacial das plantas é um dos modos mais eficientes de interferir na interceptação da radiação e, conseqüentemente, na variação do rendimento de grãos, o que é verificado por vários autores como Cardwell (1982) e Sangoi (2001).

A arquitetura do dossel é caracterizada, principalmente, pela distribuição vertical e horizontal da área foliar, sendo descrito pelo valor e homogeneidade espacial do índice de área foliar (IAF, m² de folha por m² de superfície de solo).

Para determinação do IAF, há necessidade de medição da área foliar, a qual requer procedimentos laboriosos, morosos e, muitas vezes, imprecisos (Varlet Grancher et al., 1993). Com o propósito de minimizar essas limitações, foram desenvolvidos modelos matemáticos para estimar a área foliar individual, a exemplo da correção do produto entre o comprimento e a largura da folha por um fator variando entre 0,73 a 0,75 (Montgomery, 1911). Em geral, esses modelos são estudados em genótipos de clima temperado, contudo, Vieira Junior et al. (2005), corroborando Elings (2000), consideram que o fator 0,75 é o mais indicado para os genótipos de clima tropical ou subtropical, predominantes na atualidade no Brasil.

Considerando a relação entre IAF e atividade fotossintética, teoricamente, a arquitetura do dossel e o conseqüente IAF deve maximizar a produtividade da planta. Entretanto, no caso do milho, a produção em função do IAF apresenta comportamento quadrático, aumentando linearmente até um máximo, denominado ponto crítico, após o qual a produção é limitada pelo sombreamento das folhas superiores sobre as inferiores que, em geral, não é crítico até o estágio fenológico de oito folhas (Dwyer et al., 1992; Dourado Neto et al., 2001; Maddoni et al., 2001; Palhares et al., 2003). Portanto, é possível inferir que a radiação suficiente para saturar as folhas superiores não é suficiente para saturar a fotossíntese da cultura, havendo necessidade da incidência de maior radiação sobre as folhas inferiores, fluxo de fótons fotossintéticos mínimo de 200 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (Dwyer et al., 1992). Através do conhecimento do IAF e área foliar das plantas

de milho é possível melhorar a distribuição espacial das plantas a campo bem como a sua população.

A arquitetura do dossel é função, principalmente, das dimensões das folhas e dos ângulos entre os planos das folhas e o plano horizontal, bem como, dos ângulos entre os eixos dos comprimentos das folhas e o eixo Norte-Sul (azimute). Entretanto, Em geral, as plantas são hábeis em adequar a arquitetura de parte aérea em função do ambiente, característica denominada por plasticidade morfológica (Larcher, 1995), assim, a manipulação do arranjo de plantas é dada por alterações na densidade de semeadura, na distância entre as linhas de semeadura, distribuição das plantas na linha e na uniformidade de emergência das plantas.

Com a recomendação de novos genótipos e técnicas de manejo para a cultura de milho, vários estudos têm sido realizados para a determinação da melhor população e distribuição espacial de plantas. Em geral, os estudos são morosos, pois, referem-se à avaliação de diferentes distribuições espaciais e populações de plantas de um genótipo em ambientes distintos (Duarte & Paterniani, 2000; Maddoni, 2001). Assim, Fancelli & Dourado Neto (2000) e Molin (2000) consideram essenciais, e ao mesmo tempo escassas, informações para quantificar a interação desses efeitos com a oferta ambiental, notadamente aspectos relacionados à radiação solar.

Considerando o exposto, o objetivo do presente trabalho foi apresentar uma teoria sobre as interações entre a arquitetura do dossel de milho e a radiação solar local e, baseado nessa teoria, propor uma metodologia para a estimativa da população e distribuição espacial de plantas de milho.

Material e métodos

Foi instalado um experimento na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, em área experimental situada a 22°41’55” de latitude sul, 47°37’47” de longitude oeste e a 509 m de altitude. A semeadura foi realizada no dia 2/03/2004 de modo a distribuir os 44 genótipos (três variedades, oito híbridos duplos, oito híbridos triplos, 10 híbridos simples e 15 linhagens), em quatro repetições. O

delineamento experimental foi de blocos ao acaso, sendo que as parcelas compuseram-se de cinco linhas com quatro metros de comprimento espaçadas em 0,80 m. No estágio fenológico de quatro folhas procedeu-se ao desbaste das plantas excedentes com o propósito de obter as populações de plantas recomendadas (P_{rec} , $pl.ha^{-1}$) pelos fornecedores das sementes (Tabela 1) para o local e época do ano em questão. O experimento foi mantido sob irrigação, sendo adotadas práticas fitotécnicas para maximizar a produção das plantas.

Entre os dias 4/05/2004 e 21/05/2004, ou seja, 10 dias após o florescimento de cada genótipo, foram coletadas as folhas de oito plantas da linha central em cada parcela. Imediatamente antes da coleta foram medidos os ângulos foliares individuais e, após a coleta, foram medidos os comprimentos, as larguras e, com emprego de planímetro, as áreas das folhas, correspondendo o somatório das áreas das folhas de uma planta à área foliar da planta. Após, foram calculados as médias dos ângulos foliares (α , $^{\circ}$), dos comprimentos (CF, cm), das larguras (LF, cm) e das áreas foliares (AF, cm^2) para cada genótipo.

Considerando o exposto por Elings, 2000 e Vieira Junior et al. (2005) sobre a arquitetura da planta de milho, notadamente quanto à predominância da orientação do eixo do comprimento das folhas perpendicular à linha de semeadura, é possível inferir que a distribuição espacial ideal de plantas entre linhas (EL, cm) de semeadura e entre plantas (EP, cm) na linha de semeadura é dada pela largura e pela projeção horizontal da folha na planta. Assim, com base nas médias de largura (LF, cm), comprimento (CF, cm) e ângulo foliar (α , $^{\circ}$), determinou-se, para cada genótipo, a distribuição espacial de plantas pelas seguintes equações, bem como, a população máxima de plantas (P_{max} , $pl.ha^{-1}$).

$$EL = CF \cdot \cos(90 - \alpha)$$

$$EP = LF$$

Tabela 1a. Base genética (BG), população de plantas recomendadas, (P_{rec} , $pl.ha^{-1}$), distâncias entre plantas (EP, cm), entre linhas (EL, cm) e população de plantas (P_{max} , $pl.ha^{-1}$) considerando as dimensões foliares e ângulo foliar médios, população de plantas (P_{otm} , $pl.ha^{-1}$) considerando a atenuação da radiação pelo dossel, bem como, os respectivos índices de área foliar recomendado (IAF_{rec} , $cm^2.cm^{-2}$), máximo (IAF_{max} , $cm^2.cm^{-2}$) e ótimo (IAF_{otm} , $cm^2.cm^{-2}$) para 44 genótipos de milho (G).

G	BG*	EL	EP	P_{rec}	P_{max}	P_{otm}	IAF_{rec}	IAF_{max}	IAF_{otm}
1	L	88,0	7,0	80.000	162.399	98.745	2,3	4,6	2,9
2	HT	72,6	7,5	75.000	183.603	91.173	2,4	6,0	2,9
3	HD	83,0	9,5	60.000	126.823	63.471	2,8	5,9	2,9
4	HS	77,2	8,0	65.000	162.015	70.236	2,7	6,6	3,1
5	HT	70,3	6,5	80.000	218.972	98.698	2,0	5,4	2,3
6	L	61,4	6,5	100.000	250.708	140.015	2,0	5,0	2,8
7	HT	82,4	8,0	70.000	151.688	82.670	2,3	5,0	2,9
8	L	72,0	5,0	100.000	277.808	159.128	1,8	5,1	2,7
9	L	53,8	5,5	100.000	337.865	167.508	1,8	6,1	3,0
10	HS	90,1	6,5	75.000	170.776	94.986	2,1	4,8	2,9
11	HD	107,8	9,0	50.000	103.035	57.283	2,4	4,9	2,9
12	L	91,2	5,0	100.000	219.301	145.306	1,8	3,9	2,8
13	HS	69,0	6,5	80.000	222.926	94.922	2,6	7,3	3,0
14	HS	74,7	7,0	85.000	191.291	101.890	2,2	5,0	2,9
15	HS	70,4	8,0	70.000	177.491	82.496	2,6	6,5	3,2
16	HT	80,2	7,0	70.000	178.077	84.055	2,5	6,2	3,1
17	L	55,6	5,0	100.000	359.444	199.773	1,2	4,8	2,8
18	HS	93,0	6,0	75.000	179.211	90.197	2,5	5,9	3,0
19	HD	105,5	8,0	55.000	118.441	69.899	2,1	4,5	2,8
20	L	46,5	7,0	100.000	307.239	148.375	2,0	6,1	2,9
21	HD	102,0	9,0	50.000	108.932	54.825	2,5	5,4	3,0
22	HS	63,4	6,5	90.000	242.687	107.371	2,4	6,3	3,1

Tabela 2b. Base genética (BG), população de plantas recomendadas, (P_{rec} , $pl.ha^{-1}$), distâncias entre plantas (EP, cm), entre linhas (EL, cm) e população de plantas (P_{max} , $pl.ha^{-1}$) considerando as dimensões foliares e ângulo foliar médios, população de plantas (P_{otm} , $pl.ha^{-1}$) considerando a atenuação da radiação pelo dossel, bem como, os respectivos índices de área foliar recomendado (IAF_{rec} , $cm^2.cm^{-2}$), máximo (IAF_{max} , $cm^2.cm^{-2}$) e ótimo (IAF_{otm} , $cm^2.cm^{-2}$) para 44 genótipos de milho (G). (Continuação)

G	BG*	EL	EP	P_{rec}	P_{max}	P_{otm}	IAF_{rec}	IAF_{max}	IAF_{otm}
23	HD	97,5	7,5	65.000	136.745	69.466	2,5	5,3	2,9
24	HT	88,5	8,0	65.000	141.243	70.783	2,7	5,8	2,9
25	L	56,6	5,0	100.000	353.092	199.341	1,1	4,0	2,3
26	L	70,5	4,5	100.000	315.395	193.377	1,4	4,4	2,9
27	L	63,2	4,5	100.000	351.680	198.712	1,1	4,0	2,3
28	L	85,5	4,5	100.000	260.038	167.568	1,3	4,0	2,8
29	HT	96,0	8,0	65.000	130.208	75.329	2,7	5,3	2,9
30	VC	141,9	8,0	45.000	88.118	50.979	2,4	4,7	2,7
31	HD	109,5	8,5	55.000	107.410	60.972	2,4	4,6	2,8
32	L	66,5	6,0	100.000	250.627	133.579	2,0	5,1	2,9
33	VC	136,4	14,5	40.000	50.561	36.540	4,8	4,8	3,4
34	HS	56,9	7,0	75.000	250.890	92.757	2,8	9,3	3,1
35	HS	83,4	6,5	80.000	184.496	90.165	2,4	5,5	3,0
36	HS	50,1	6,0	95.000	332.419	114.630	2,4	8,6	3,2
37	L	63,8	7,0	95.000	223.745	113.737	2,4	5,7	3,0
38	HT	72,4	10,0	50.000	138.123	59.286	2,5	7,0	3,1
39	HD	109,3	8,3	45.000	110.870	58.701	2,4	5,8	2,8
40	HD	99,5	11,0	45.000	91.340	45.516	3,1	6,4	3,0
41	HT	79,5	9,5	50.000	132.486	55.432	3,0	7,9	3,1
42	L	68,5	6,0	100.000	243.157	116.441	2,5	6,1	3,0
43	L	73,0	5,8	100.000	238.237	120.927	2,5	6,0	2,9
44	VC	108,2	11,5	40.000	80.398	41.917	3,5	6,2	3,2

*L: Linhagem. HS: Híbrido Simples. HT: Híbrido Triplo. HD: Híbrido Duplo. VC: Variedade Cultivada.

A despeito da plasticidade morfológica da parte aérea da planta de milho segundo a população e distribuição espacial de plantas, para efeito de estimativa, considerou-se o produto das áreas foliares médias (AF, cm²) pela população máxima de plantas (P_{max}, pl.ha⁻¹) como o índice de área foliar máximo (IAF_{max}, m².m⁻²) para cada genótipo, assim como, foi denominado por índice de área foliar recomendado (IAF_{rec}, m².m⁻²), o produto da área foliar média (AF, cm²) pelas populações de plantas (P_{rec}, pl.ha⁻¹) apresentadas na Tabela 1.

Considerando a população (P_{max}, pl.ha⁻¹) e o índice de área foliar (IAF_{max}, m².m⁻²) máximos para cada genótipo, calculou-se, para o período compreendido entre o primeiro (primeiro de janeiro) e o 365 (31 de dezembro) dia do calendário Juliano a radiação fotossinteticamente ativa (PAR_J, μmol.m⁻².s⁻¹) incidente sobre a folha inferior no perfil da planta (folha de ordem 1), nas latitudes zero, 10, 20 e 30° S. Para tanto, estimou-se a radiação global diária (Rg_J, MJ.m⁻².dia⁻¹) nas localidades citadas considerando seis horas diárias de brilho solar.

Segundo Pereira et al (1997) e Vianello (2000), a radiação solar incidente no topo da atmosfera em um local caracterizado pela latitude (Φ, °), é função da declinação solar (δ_J, °) e do ângulo horário ao nascer do sol (H_J, °) diários, apresentados nas seguintes equações, respectivamente.

$$\delta_J = 23,45 \cdot \sin \left[\frac{360}{365} (284 + J) \right]$$

$$H_J = \arccos[-\tan(\phi) \cdot \tan(\delta)]$$

Desconsiderando a atenuação pela atmosfera, a radiação global diária (Ro_J, MJ.m⁻².dia⁻¹), pode ser estimada por:

$$Ro_J = 37,586 \cdot Dr_J \cdot \left[\frac{\pi}{180} \cdot H_J \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\delta_J) + \cos(\phi) \cdot \sin(H_J) \right]$$

em que Dr_J é a distância relativa da terra ao sol no dia Juliano (J, dia), sendo estimado por:

$$Dr_J = 1 + 0,033 \cdot \cos \left(\frac{360 \cdot J}{365} \right)$$

A radiação global ao passar a atmosfera interage com seus componentes resultando na radiação global incidente sobre uma

superfície horizontal na superfície da terra (Rg_J , MJ.m⁻².dia⁻¹), que é estimada por:

$$Rg_J = Ro \cdot \left[0,29 \cos(\phi) + 0,52 \cdot \frac{n_J}{N_J} \right]$$

em que n_J é a duração do brilho solar medido (n_J , horas) e N_J é o fotoperíodo (N_J , horas) diários estimado por:

$$N_J = \frac{2H_J}{15}$$

Para estimativa da radiação incidente no dossel (Rg_{D_J} , MJ.m⁻².dia⁻¹), considerou-se o zênite (Z_J , °) ao meio do dia, ou seja, o co-seno do ângulo horário (h , °) é igual a 1.

$$Rg_{D_J} = Rg_J \cdot \left[1 - 0,0557 \cdot \left(\frac{2}{1 + 1,6 \cdot \sin(Z_J)} \right) \right]$$

$$\sin(Z_J) = \sin(\phi) \cdot \sin(\delta_J) + \cos(\phi) \cdot \cos(\delta_J) \cdot \cos(h)$$

A radiação fotossinteticamente ativa incidente diariamente no dossel (PAR_J , μmol.m⁻².s⁻¹) foi considerada como 50% da radiação incidente no dossel, sendo convertida de MJ.m⁻².dia⁻¹ para μmol.m⁻².s⁻¹.

Segundo Spitters et al. (1986), a fração difusa na radiação da superfície terrestre (τdf) pode ser estimada em função da transmitância na atmosfera (τa) por:

$$\tau df = 1 \quad \text{se } \tau a < 0,07$$

$$\tau df = 1 - 0,23 \cdot (\tau a - 0,07)^2 \quad \text{se } 0,07 \leq \tau a < 0,35$$

$$\tau df = 1,33 - 1,46 \tau a \quad \text{se } 0,35 \leq \tau a < 0,75$$

$$\tau df = 0,23 \quad \text{se } \tau a \geq 0,75$$

A radiação fotossinteticamente ativa (PAR_J , μmol.m⁻².s⁻¹), também é composta das frações direta e difusa, sendo a proporção de radiação PAR difusa (PAR_{df} , μmol.m⁻².s⁻¹) na radiação PAR total dada por:

$$PAR_{df} = PAR_J \cdot \left[1 + 0,3 \cdot (1 - \tau df^2) \right] \cdot \left(\frac{\tau df}{(1 + 1 - \tau df^2) \cdot \sin^2(Z_J) \cdot \cos^3(Z_J)} \right)$$

Considerando a PAR incidente no dossel (PAR_J , μmol.m⁻².s⁻¹) e sua fração difusa (PAR_{df} , μmol.m⁻².s⁻¹) estudou-se

a transmissão de ambas no dossel considerando a transmitância das folhas, a área foliar acumulado na profundidade do dossel e o ângulo de incidência da radiação com emprego da seguinte equação:

$$\tau_{dr} = PAR_{dr} \cdot e^{-k \cdot [1 - g_{dr} \cdot (1 - a)] \cdot IAF}$$

em que a é a transmitância da radiação PAR pela folha (0,03) e g_{dr} é função do zênite, dado que:

$$g_{dr} = e^{-1,5 \cdot ELADP} \cdot (-0,2 + 0,7 \cdot Z^2) + 0,2 \cdot Z^2 + 0,3$$

em que k é o coeficiente de extinção da radiação representado pela área de sombra em uma superfície horizontal sob o dossel dividida pela IAF (Lange et al., 1985; Wang & Jarvis, 1988).

Para estimação do coeficiente de extinção da radiação no dossel (k) ao meio do dia, considerou-se o modelo elipsoidal de distribuição do ângulo de inclinação das folhas (Campbell, 1986; Wang & Jarvis, 1988; Varlet-Grancher et al., 1993) sendo função das projeções vertical e horizontal das folhas, calculadas em função do ângulo foliar (α , °) e do comprimento (CF, cm) médios.

$$k_{(ELADP, Z)} = \frac{\sqrt{ELADP + \tan^2(Z)}}{ELADP + 1,702 \cdot (ELADP + 1,12)^{-0,708}}$$

$$ELADP = \tan(\alpha_m \cdot CF)$$

A transmitância da PAR difusa (τ_{df}) pelo dossel considera os parâmetros A_{ELADP} , B_{ELADP} e C_{ELADP} , além do parâmetro La , que se refere ao IAF quando considerado a transmitância da folha (0,03).

$$\tau_{df} = PAR_{df} \cdot [e^{-La} + A_{ELADP} \cdot La^3 \cdot e^{-B_{ELADP} \cdot La^{C_{ELADP}}}]$$

$$A_{ELADP} = \frac{1}{0,15 \cdot ELADP^{1,38} + 0,007}$$

$$B_{ELADP} = 4,32 + 2,6 \cdot e^{-2,75 \cdot ELADP}$$

$$C_{ELADP} = -0,57 - 0,23 \cdot e^{-1,4 \cdot ELADP}$$

$$C_{ELADP} = -0,57 - 0,23 \cdot e^{-1,4 \cdot ELADP}$$

Considerando o exposto sobre a dinâmica da radiação fotossinteticamente ativa no dossel, a transmitância da radiação pelo dossel (τ_{dossel}) pode ser estimada por:

$$\tau_{\text{dossel}} = PAR \cdot e^{-K \cdot [1 - g_{dr} \cdot (1 - a) \cdot IAF]} - PAR \cdot [e^{-La} + A_{ELADP} \cdot La^3 \cdot e^{-B_{ELADP} \cdot La^C \cdot ELADP}]$$

Uma questão a ser considerada é que a população máxima de plantas (P_{max} , pl.ha^{-1}), estimada pelas duas primeiras equações, possa implicar em índice de área foliar maior que o suportado pela cultura. Vieira Junior et al. (2005) cita autores os quais sugerem que o índice de área foliar máximo numa cultura seja suficiente para permitir a incidência de radiação solar na última camada de folhas do dossel, no mínimo, igual ao ponto de compensação lumínico da espécie em questão. Assim, considerando que a distância entre linhas é dada pela maior projeção horizontal foliar e, portanto, seu incremento contribui significativamente menos que o incremento na distância entre plantas para a transmissão da radiação no dossel, as distâncias entre plantas foram incrementadas sucessivamente em 1% até que, seguindo os procedimentos descritos nos parágrafos anteriores sobre a dinâmica da radiação no dossel, o índice de área foliar, denominado como índice de área foliar ótimo (IAF_{otm} , $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$), permitisse sobre a folha inferior no perfil da planta de $200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, considerado como o ponto de compensação lumínico.

A partir das distâncias entre plantas ajustadas para a radiação incidente mínima de $200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ sobre a folha inferior da planta, denominada como distancia entre plantas ótima (EP_{otm} , cm), calculou-se a população de plantas ótima (P_{otm} , pl.ha^{-1}) e o IAF ótimo (IAF_{otm} , $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) correspondentes, considerados adequados para cada genótipo por ocasião do estágio fenológico do florescimento.

Da leitura de Palhares et al. (2003) e Vieira Junior et al. (2003) é possível inferir que são aceitáveis diferenças menores que 10% entre a população de plantas recomendada e a população de plantas efetivamente cultivada quando considerado o rendimento de grãos de milho, sendo esse limite usual nos cultivos brasileiros de milho. Entretanto, quando essas diferenças são maiores que 50% compromete-se significativamente o rendimento de grãos. Assim, considerou-se que as diferenças entre as populações estimadas, população máxima (P_{max} , pl.ha^{-1}) e população ótima (P_{otm} , pl.ha^{-1}), com as respectivas populações recomendadas (P_{rec} , pl.ha^{-1}) não foram significativas quando

suas relações foram iguais ou menores que $\pm 10\%$. Quando as relações entre as populações estimadas e as respectivas populações recomendadas foram maiores que $\pm 50\%$ considerou-se que as diferenças entre as populações estimadas e as populações recomendadas foram significativas, e, nos demais casos pouco significativas.

Resultados e Discussão

Considerando o exposto por Elings, 2000 e Vieira Junior et al. (2005) sobre a orientação predominantemente perpendicular do comprimento das folhas à linha de semeadura é possível inferir sobre a validade da aplicação da largura e da projeção horizontal foliar, apresentadas nas duas primeiras equações, como determinantes das distancias mínimas entre plantas na linha de semeadura (EP, cm) e entre linhas de semeadura (EL, cm), respectivamente, bem como, da população ($P_{\max}$, pl.ha⁻¹) e IAF (IAF_{max}, cm².cm⁻²) máximos. Entretanto, conforme apresentado na Tabela 1, as distâncias entre linhas (EL, cm) e entre plantas (EP, cm) estimadas com base nas dimensões de comprimento (CF, cm), largura (LF, cm) e ângulo foliar médios (α , °), resultaram em populações de plantas ($P_{\max}$, pl.ha⁻¹), em geral, maiores que o dobro das populações recomendadas e, conseqüentemente, também em IAF (IAF_{max}, cm².cm⁻²) significativamente maiores que os aceitáveis citados por Fancelli & Dourado Neto (2000) e Vieira Junior et al. (2005). A exceção foi o genótipo 33 cuja população recomendada foi de 50.000 e a máxima estimada foi de 50.561 pl.ha⁻¹ (1,12%), portanto, inferior ao limite de 10%.

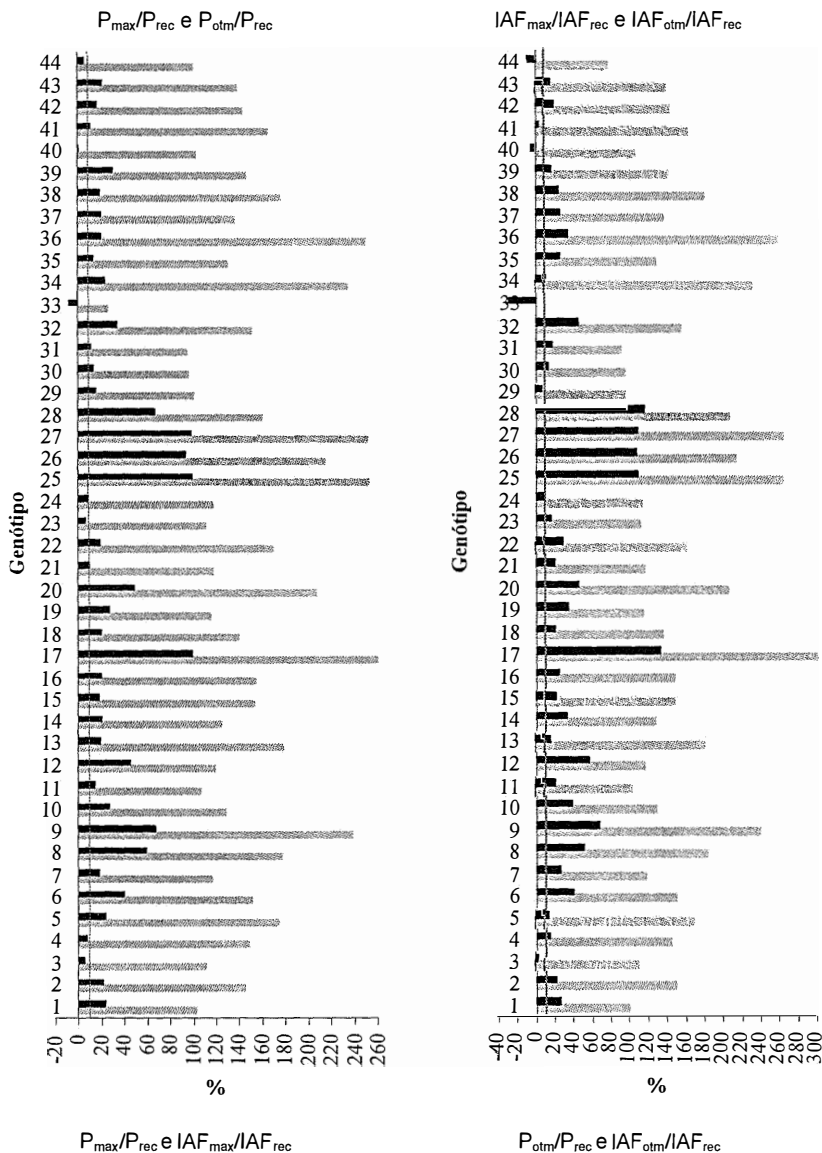


Figura 1. Relações entre as populações máximas ($P_{\max}/P_{\text{rec}}$) e ótima ($P_{\text{optm}}/P_{\text{rec}}$) com as respectivas populações recomendadas e relações entre $IAF_{\max}$ e IAF_{rec} ($IAF_{\max}/IAF_{\text{rec}}$) e IAF_{rec} e IAF_{optm} ($IAF_{\text{optm}}/IAF_{\text{rec}}$) para 44 genótipos de milho.

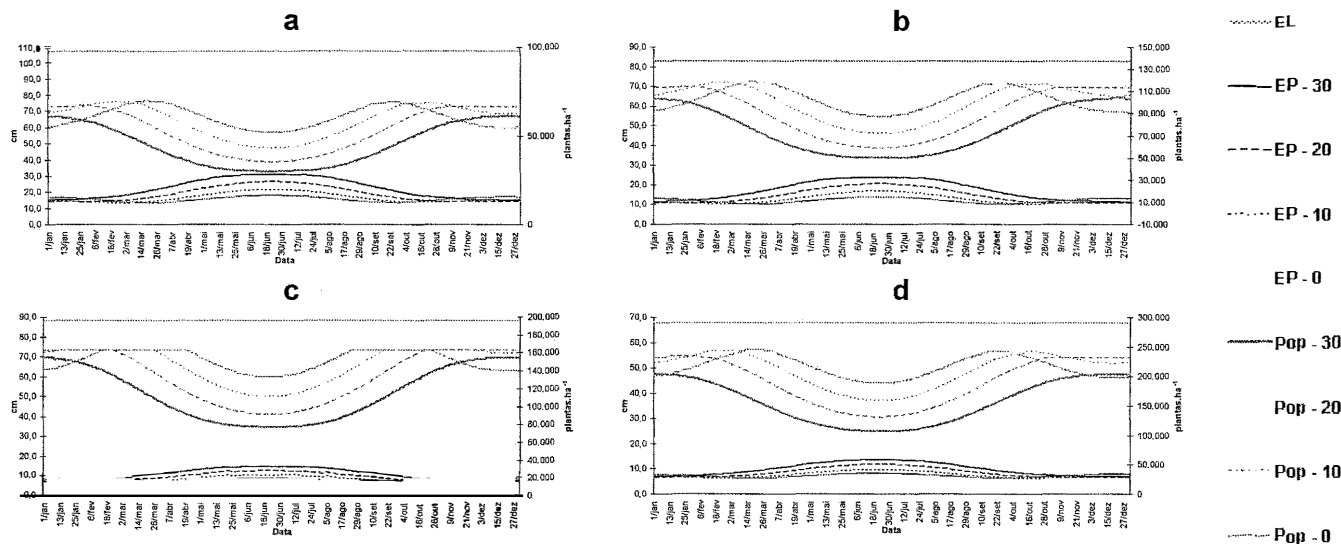


Figura 2. Estimativa anual da medida entre linhas (EL, cm), das medidas entre plantas (EP, cm) para as latitudes zero (EP-0, cm), 10 (EP-10, cm), 20 (EP-20, cm) e 30 (EP-30, cm) graus Sul, e das populações de plantas também para as latitudes zero (Pop-0, plantas.ha⁻¹), 10 (Pop-10, plantas.ha⁻¹), 20 (Pop-20, plantas.ha⁻¹) e 30 (Pop-30, plantas.ha⁻¹) graus Sul, para 4 genótipos de milho (44, 3, 1 e 6).

Esses resultados contrariam parcialmente a premissa estabelecida por Vieira Junior et al. (2005) em determinar a população e a distribuição espacial de plantas de milho com base na arquitetura do dossel. A despeito de contrariar parcialmente Vieira Junior et al. (2005), os resultados não invalidam as relações estabelecidas pelos autores sobre radiação solar incidente, arquitetura do dossel e distribuição espacial de plantas, antes, sugerem a necessidade de considerar a atenuação da radiação no dossel, conforme comentado no item materiais e métodos.

Quando considerada a latitude de Piracicaba/SP (22°40'S), a data de florescimento média de florescimento em 10/05 (130° dia Juliano), o período de insolação (6 horas) e a atenuação da radiação pelo dossel, verificou-se que, para radiações incidentes sobre a folha inferior iguais ao ponto de compensação lumínico ($200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), as populações de plantas (P_{otm} , pl.ha^{-1}) variaram entre 36.540 a 199.773 pl.ha^{-1} (Tabela 1), portanto, inferiores às populações (P_{max} , pl.ha^{-1}) estimadas. e mais coerentes às populações recomendadas (P_{rec} , pl.ha^{-1}) apresentadas na Tabela 1.

Observa-se que as relações entre as populações de plantas estimadas (P_{otm} , pl.ha^{-1}) com base na atenuação da radiação pelo dossel e as respectivas populações recomendadas (P_{rec} , pl.ha^{-1}) maiores que 50% ocorreram apenas para os genótipos 8, 9, 17, 25 e 28 (Figura), todos linhagens. Nesse caso, outros fatores intrínsecos à planta, a exemplo de absorção pelo sistema radicular, transporte no sistema xilema-floema ou temperatura basal, apresentam maior interação com a população de plantas que a radiação, o que é coerente em se tratando de genótipos caracterizados pela sua maior especificidade com o ambiente como linhagens e, portanto, implicando em considerar outros fatores além de radiação solar incidente e arquitetura do dossel na determinação da distribuição e população de plantas de modo a maximizar o rendimento de grãos (Sachulze & Caldwell, 1995; Vieira Júnior, 1999; Duarte & Paterniani, 2000; Fancelli & Dourado Neto, 2000).

Quanto aos demais genótipos, a exceção do genótipo 33 cuja população ótima estimada foi inferior à recomendada

(-8,65%), porém, menor que o limite estabelecido como aceitável de $\pm 10\%$, a população estimada considerando a atenuação da radiação no dossel (P_{otm} , $pl.ha^{-1}$) foi superior, no máximo, em 50% à população recomendada (Figura), indicando pela possibilidade na utilização da metodologia proposta para estimação da distribuição espacial e população de plantas de milho considerando a arquitetura do dossel e a radiação solar incidente em um dado local. Porém, observa-se que apenas os genótipos 3, 4, 21, 23, 24, 32, 40 e 44 apresentaram relação entre a população estimada considerando a atenuação da radiação no dossel (P_{otm} , $pl.ha^{-1}$) e a população recomendada (P_{rec} , $pl.ha^{-1}$) inferior à 10%, sugerindo que a metodologia proposta não é acurada e carece de maiores estudos.

Os índices de área foliar (IAF_{rec} , $cm^2.cm^{-2}$) obtido pelo produto das populações recomendadas (P_{rec} , $pl.ha^{-1}$) com as médias das áreas foliares (AF , cm^2) medidas com planímetro variaram entre 1,1 a 4,8 $cm^2.cm^{-2}$ (Tabela 1), portanto, de modo geral foram aquém dos recomendados para cultura de milho, o que é coerente com a época de cultivo adotada denominada por “safrinha”¹. Fancelli & Dourado Neto (2000), descrevem que o rendimento de grãos de milho aumenta significativamente com os incrementos do índice de área foliar variando de três a cinco. Já para Andrade *et al.* (1991), e Nickell (1983), valores de IAF entre três a oito são considerados ideais para a cultura do milho.

O índice de área foliar calculado com base na população de plantas estimadas considerando a atenuação da radiação no dossel (IAF_{otm} , $cm^2.cm^{-2}$) e as médias das áreas foliares (AF , cm^2) medidas com planímetro variaram entre 2,3 a 3,4 $m^2.m^{-2}$ (Tabela 1), portanto, também apresentando valores aquém dos recomendados. A relação entre o IAF ótimo (IAF_{otm} , $cm^2.cm^{-2}$) e o índice de área foliar recomendado (IAF_{rec}), excluindo os genótipos 9, 17 e 25 a 28, foi inferior à 50% (Figura). Entretanto, além do genótipo 33 (-29,04), os genótipos 42 (-4,11%) e 44 (-7,72%) apresentaram IAF calculados com base

¹ Vieira Júnior (1999), Duarte & Paterniani (2000) e Fancelli & Dourado Neto (2000) destacam a restrição hídrica como uma das principais limitações ao cultivo de milho entre os meses de Fevereiro a Julho na região em questão sugerindo genericamente a redução da população de plantas de milho como paliativo. Porém, populações de plantas aquém das suportadas pelo dossel implicam em IAF menores que os recomendados, fato agravado pela menor radiação solar nesse período.

na população de plantas estimada considerando a atenuação da radiação no dossel inferiores ao recomendado.

Os resultados de IAF não corroboram as afirmações sobre a possibilidade da estimativa da população ótima de plantas para determinado local e época do ano, pois, as diferenças, possivelmente, são devidas a fatores intrínsecos e, até mesmo extrínsecos, à reação das plantas nessa época de cultivo. Para tanto, sugere-se determinar a arquitetura da parte aérea da planta em condições ótimas de crescimento. Ainda, há que ser considerada a plasticidade morfológica da planta de milho, não considerada nesse estudo, implicando que, além da oferta ambiental, deve-se considerar a competição entre plantas. Para tanto, sugere-se que arquitetura da parte aérea seja determinada em plantas semeadas em linha, pois, deve ser considerada a distribuição azimutal das folhas em relação à linha de semeadura, entretanto, as linhas e as plantas deve ser espaçadas o suficiente para não promover a competição entre plantas.

Outro aspecto que pode contribuir com as diferenças verificadas é a metodologia proposta considerar o meio do dia para o zênite da radiação (Equação 9), componente das equações 8, 11, 12 e 14 para estimativa da radiação no dossel ($R_{gDossel}$), da PAR difusa (PAR_{df}), da transmitância (τ_{dr}) da radiação fotossinteticamente ativa direta e do coeficiente de extinção da radiação (K), respectivamente. Sugere-se, em trabalhos futuros, considerar o zênite da radiação (Z , °) a intervalos horários, integrando ao final do dia os resultados. Entretanto, esse procedimento requer o desenvolvimento de sistema computacional mais complexo do que o utilizado no presente trabalho.

Considerando o exposto, a despeito das diferenças encontradas, os resultados indicam pela coerência da metodologia proposta em determinar a população de plantas de milho considerando a arquitetura da parte aérea da planta de milho e a transmissão da radiação pelo dossel. A metodologia proposta permite estimar anualmente as distâncias entre linhas e entre plantas, além da população de plantas, para determinado local conforme o exemplo apresentado para os genótipos 44

(Figura 1a), 3 (Figura 1b), 1 (Figura 1c) e 6 (Figura 1d) cujas populações recomendadas para semeadura entre os meses de janeiro a março na região do Brasil Central são de 40.000, 60.000, 80.000 e 100.000 pl.ha⁻¹.

Com relação ao local de semeadura, verifica-se que, em locais com maior latitude, há uma maior população de plantas e, conseqüentemente, o espaçamento entre plantas será reduzido. Essa estimativa é importante para orientar estudos sobre a interação da população e distribuição espacial de plantas de diferentes genótipos de milho com o ambiente, pré-estabelecendo as distâncias ótimas entre linhas e entre plantas, bem como, a população ideal de plantas.

Conclusões

Os resultados obtidos não permitem concluir pela possibilidade de aplicação da metodologia proposta para estimar a distribuição espacial e população de plantas de milho considerando a arquitetura da parte aérea da planta e a atenuação pelo dossel da radiação solar incidente em um determinado local. Porém, a metodologia proposta apresenta resultados coerentes com as populações recomendadas, indicando que a teoria apresentada de atenuação da radiação solar incidente pelo dossel pode ser um instrumento adequado para estudos sobre distribuição e população espacial de plantas de milho.

Referências bibliográficas

- ANDRADE, F.H.; UART, S.; ARGUISSAIN, G. Rendimiento potencial de maíz en Balcarce: análisis de los factores que lo determinan. Balcarce: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária, 11p. (Boletim Técnico, 101), 1991.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Revista Ciência Rural**, v.31, n.6, p.1075-1084, 2001.
- BORÉM, A. Melhoramento de plantas. 3 edição. UFV. 2001.
- CAMPBELL, G.S. Extinction coefficients for radiation in plant canopies calculated using an ellipsoidal inclination angle

- distribution. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.36, p.317-321, 1986.
- CARDWELL, V.B. Fifty years of Minnesota corn production: sources of yield increase. **Agronomy Journal**, v.74, p.984-990, 1982.
- DOURADO NETO, D., FANCELLI, A.L.; LOPES, P.P. Milho: população e distribuição de plantas. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed.) **Milho: tecnologia da produtividade**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Produção Vegetal, 2001. p.120-125.
- DUARTE, A.P; PATERNIANI, M.E.A.G.Z. **Fatores bióticos e abióticos em cultivares de milho e estratificação ambiental**: avaliação IAC/CATI/Empresas – 1999/2000. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2000. 150p.
- DUVICK D. N. Genetic contributions to advances in yield of U.S. maize. Maydica: **Bergamo**, v.37, p.69-79, 1992.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. Guaíba: **Agropecuária**, 2000. 360p.
- LANG, A.R.G.; XIANG YUEQNIN, NORMAM, J.M. Crop structure and the penetration of direct sunlight. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.35, p.83-101, 1985.
- LARCHER, W. Carbon utilization and dry matter production. In: LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. Berlin: Springer-Verlag, 1995, p.57-166.
- MACHADO, E.C. Eficiência fotossintética. In: SEMINÁRIO DE BIOTECNOLOGIA AGRÍCOLA, Piracicaba, 1985. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1985. p.175-200.
- MACHADO, S.; BYNUM, E.D.; ARCHER, T. L.; LASCANO, R.J.; BORDOVSKY, J.; BRONSON, K.; NESMITH, D.M.; SEGARRA, E.; ROSENOW, D.T. ; PETERSON, G.C.; XU, W. Spatial and temporal variability of sorghum and corn yield: interactions of biotic and abiotic factors. In: International conference on precision agriculture and other resource management, 5, 2000, Minnesota. **Proceedings**. ASA, CSSA, SSSA, 2001, 10p. CD-ROM.
- MADDONI, G.A.; OTEGUI, M.E.; Andrieu, B.; Chelle, M.; Casal, J.J. Maize Leaves Turn Away from Neighbors. **Plant Physiology**, v.130, n.3, p.1181-1189, 2002.

- MADDONI, G.A.; OTEGUI, M.E.; CIRILO, A.G. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. **Fields Crops Research**, v.71, p.183-193. 2001.
- MOLIN, J.P. **Espaçamento entre linhas de semeadura na cultura de milho**. Castro: Fundação ABC, 2000. 72p.
- NICKELL, L.G. Plant growth regulating chemicals. Boca Raton: CRC Press, v.2, p.131-137, 1983.
- OTTMAN, M.J., WELCH, L.F. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration, and yield in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, n.2, p.167-174, 1989.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.
- SACHULZE, E.D.; CALDWELL, M.M. **Ecophysiology of photosynthesis**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 576p.
- SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, v. 31, n.1, p.159-168, 2001.
- SPITTERS, C.J.T.; TOUSSAINT, H.A.J.M.; GOUDRIAAN, J. Separating the diffuse and direct component of global radiation and its implication for modeling canopy photosynthesis. Part I components of incoming radiation. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.38, p.217-229, 1986.
- STWART, D.W.; DWYER, L.M. Mathematical characterization of leaf shape and area of maize hybrids. **Crop Science**, v.39, p.422-427, 1999.
- VARLET-GRANCHER, C.; BONHOMME, R.; SINOQUET, H (Ed.). **Crop structure and light microclimate**. Paris: INRA Editions, 1993. 518p.
- VIANELLO, R.L. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa:UFV, 2000. 448p.
- VIEIRA JUNIOR, P.A. Milho. In: CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. (ed.). **Ecofisiologia dos cultivos anuais**. São Paulo: Nobel, 1999. p.41-72.
- PALHARES, M.; VIEIRA, P.A.; DOURADO NETO, D.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.P.L.; ROMANO, M.R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a

- produtividade de milho. **Revista brasileira de milho e sorgo**, V.2, N.3, p.63-77. 2003.
- VIEIRA JUNIOR, P.A.; MOLIN, J.P.; DOURADO NETO, D.; MANFRON, P.A.; MASCARI, L.; FAOLIN, G. Relações entre população, distribuição espacial de plantas e atributos do solo sobre o rendimento de grãos de milho. In: Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - CONBAP, 5, 2004, Piracicaba, **Anais**. ESALQ, 2004, 5p. CD-ROM.
- VIEIRA JUNIOR, P.A.; DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L.; MANFRON, P.A.; PEREIRA, C.R. População e distribuição espacial de plantas de milho. In: DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L. **Milho: tecnologia & produção**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2005, p.34-58.
- WANG, Y.P.; JARVIS, P.G. Mean leaf angles for the ellipsoidal inclination angle distribution. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.43, p.319-321, 1988.

Impressão e acabamento

COPIADORA
LUIZ DE QUEIROZ

QUALIDADE 100% DIGITAL

www.copiadora1q.com.br

19-34344838



Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
Departamento de Produção Vegetal
www.esalq.usp.br/departamentos/lpv
fone: (10) 3429-4115 - Caixa Postal 09
13418-900 - Piracicaba, SP