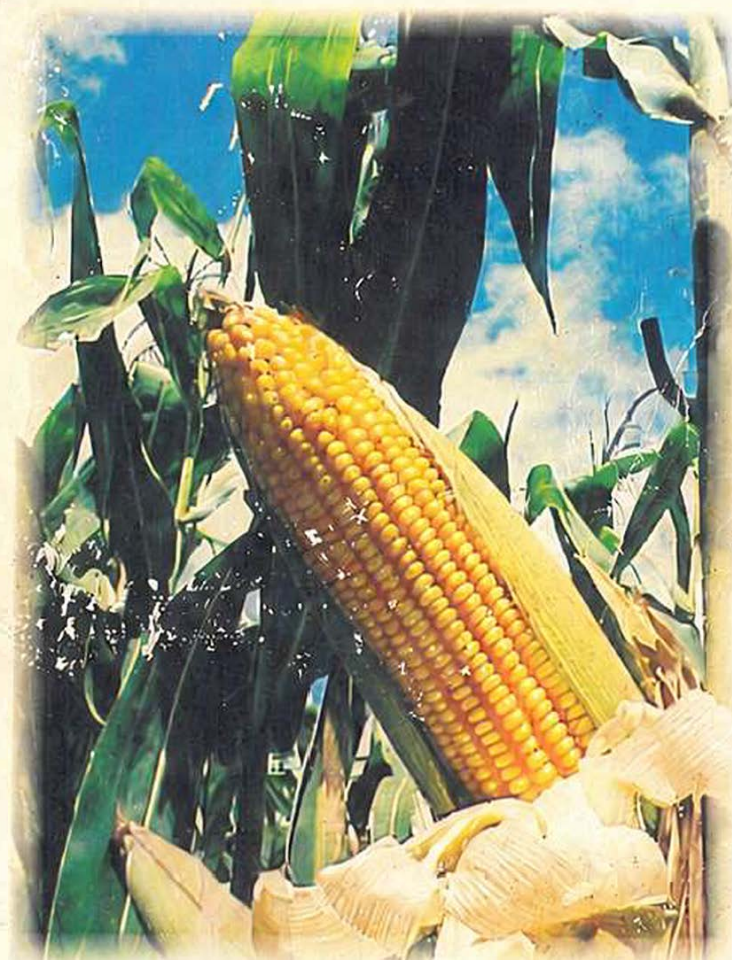


**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Departamento de Produção Vegetal**



**Milho: Estratégias de Manejo
para Alta Produtividade**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO VEGETAL**

MILHO: ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA ALTA PRODUTIVIDADE

DOI: 10.11606/9786562060102

**A. L. FANCELLI
D. DOURADO-NETO
(EDITORES)**

**PIRACICABA – SP
2003**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor - Prof. Dr. Adolpho José Melfi

Vice-reitor - Prof. Dr. Hélio Nogueira da Cruz

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Diretor - Prof. Dr. José Roberto Postali Parra

Vice-diretor - Prof. Dr. Raul Machado Neto

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Milho: estratégias de manejo para alta produtividade [recurso eletrônico] / editores Antônio Luiz Fancelli e Durval Dourado Neto.- - Piracicaba : ESALQ/Departamento de Produção Vegetal, 2003.
208 p. : il.

ISBN: 978-65-6206-010-2

DOI: 10.11606/9786562060102

1. Milho - Manejo 2. Produtividade I. Fancelli, A. L., ed. II. Dourado Neto, D., ed. III. Título

CDD 633.15

Índice para o catálogo sistemático:

1. Milho : Manejo : Produtividade CDD 633.15

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



MILHO: ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA ALTA PRODUTIVIDADE

SUMÁRIO

	Página
Doenças na cultura de milho Ricardo Trezzi Casa & Erlei Melo Reis	1
Manejo de pragas da cultura de milho Ivan Cruz	19
Manejo de plantas daninhas na cultura de milho Ramiro López-Ovejero; Pedro Jacob Christoffoleti; Marcelo Nicolai & Juliano F. Barela	47
Plantas transgênicas Ernesto Paterniani	80
Agricultura de precisão: situação atual e perspectivas José Paulo Molin	89
Biorreguladores e bioestimulantes na cultura do milho Paulo Roberto de Camargo e Castro & Elvis Lima Vieira	99
População e distribuição espacial de plantas de milho Durval Dourado Neto; Antonio Luiz Fancelli; Paulo Augusto Manfron; Marcos Palhares; Pedro Abel Vieira	116
Diagnóstico da fertilidade do solo e adubação para alta produtividade de milho Godofredo Cesar Vitti; Luciano Henrique B.Teixeira & Massimiliano C. Barros Jr.	134
Milho: ambiente e produtividade Antonio Luiz Fancelli	174
Influência da palha na ocorrência de plantas daninhas e na eficiência de herbicidas Edivaldo Domingues Velini; Maria Lúcia Bueno Trindade; Anderson Luis Cavenaghi & Eduardo Negrisoni	198

DOENÇAS NA CULTURA DE MILHO

Ricardo Trezzi Casa & Erlei Melo Reis

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de
Passo Fundo (UPF), Passo Fundo, RS, CP 611, 99001-970,
rtcasa@upf.tche.br, erleireis@uol.com.br

Introdução

O potencial de rendimento do milho (*Zea mays* L.) pode ser afetado pela fertilidade do solo, pela disponibilidade hídrica, pela população de plantas, pela época de semeadura, pelo potencial produtivo do híbrido e pelo ataque de agentes nocivos como plantas daninhas, pragas e doenças.

Em relação às doenças destacam-se no Brasil, tanto pela frequência de ocorrência e pelos danos causados, as relacionadas com a germinação de sementes, com a emergência e estabelecimento de plântulas, com as podridões radiculares e da base do colmo, com as podridões de espiga e com as doenças foliares causadas por fungos e organismo semelhante a micoplasma.

Até o final da década de 70 eram graves os problemas causados pela erosão hídrica dos solos na Região Sul do Brasil. Com a introdução, difusão e adoção do sistema plantio direto a erosão dos solos foi controlada, houve redução no gasto de energia, com conseqüente redução do custo de produção. Porém, o sistema plantio direto alterou marcadamente a comunidade biológica no agroecossistema e o microclima, com reflexos nas populações dos agentes causais das doenças do milho e na intensidade das doenças da cultura.

Neste trabalho serão enfatizadas algumas doenças fúngicas relacionadas com as fases iniciais de desenvolvimento da cultura, com as podridões do colmo e da espiga e doenças foliares que predominam no Brasil, com ênfase ao milho cultivado na safrinha.

O cultivo do milho safrinha em monocultura favorece a sobrevivência, a manutenção e a multiplicação do inóculo de agentes biotróficos e necrotróficos. As lavouras de milho safrinha constituem uma "ponte verde", assegurando substrato para os fitopatógenos em um período do ano no qual geralmente o cereal não era cultivado. A extensão da área cultivada e o tempo em que o milho safrinha é cultivado correspondem respectivamente a largura e ao comprimento desta ponte. Desta maneira, mesmo o clima não sendo tão favorável ao desenvolvimento dos patógenos e do hospedeiro, em algumas situações pode ocorrer danos

consideráveis na cultura, como por exemplo o ataque severo de cercosporiose, mancha de feosféria, podridões do colmo e da espiga e enfezamento.

Podridões de semente e morte de plântulas

Na Região Sul do Brasil, principalmente nos planaltos, as lavouras de milho, conduzidas sob plantio direto, têm apresentado um decréscimo na população de plantas, devido principalmente à redução no número de plantas emersas, no de plântulas mortas e de plantas com estatura reduzida, em reboleiras, mesmo com as sementes tratadas com fungicidas. A situação agrava-se, ainda mais, quando se antecipa a semeadura para os meses de julho a agosto, com o objetivo de evitar que as plantas floresçam no período de dezembro a janeiro sujeito a déficits hídricos.

A semente de milho durante a germinação pode ser atacada por fungos do solo ou por aqueles veiculados pela semente. Como resultado, podem causar apodrecimento de semente (Figura 1) ou morte de plântulas (Figura 2), determinando emergência desuniforme e baixa população de plantas. Em algumas situações pode ocorrer uma redução na velocidade de emergência, também denominada de “arranque”.

Os fungos associados à semente (Figura 3) são, coincidentemente, os mesmos que causam podridões da base do colmo e de espigas. O fungo mais comumente associado à semente de milho, no Brasil, é *Fusarium moniliforme* Sheld. Os outros fungos freqüentemente veiculados pelas sementes de milho híbrido são: *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Cephalosporium* spp., *Fusarium* spp., *F. graminearum* Schw., *Diplodia maydis* (Berk.) Sacc. e *Diplodia macrospora* Earle in Bull. A intensidade do dano causado por estes fungos depende da intensidade da infecção que ocorreu antes da colheita e das condições de beneficiamento e de armazenamento da semente.

Quando as sementes infectadas são semeadas em ambiente desfavorável, a germinação é lenta, e os fungos nelas presentes têm a oportunidade de destruir a semente em germinação ou serem transmitidos para o sistema radicular ou para os órgãos aéreos.

O segundo grupo de fungos envolvidos com a podridão de semente e/ou morte de plântulas estão presentes no solo, porém não causam tantos problemas no milho safrinha em vista da temperatura, do solo, por ocasião da semeadura ser mais alta. Os fungos com maior predominância pertencem aos gêneros *Fusarium*, *Penicillium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* e *Trichoderma*. Aliado a essas condições, as sementes com injúria mecânica no pericarpo (Figura

4), normalmente liberam exudatos estimulando a germinação dos oosporos e/ou crescimento do micélio do patógeno em sua direção.

De modo geral os problemas ocorrentes nesta fase podem ser manejados com o uso de sementes sadias, pelo emprego de semente sem injúria mecânica no pericarpo, tratamento de semente com fungicida (protetor+sistêmico) em dose eficiente, rotação de culturas, escolha da época e local de semeadura (evitando solos frios e úmidos) e evitando semeaduras profundas.

Podridões radiculares

Na maioria dos casos, os danos provocados pelos patógenos que parasitam o sistema radicular das plantas de milho podem passar despercebidos. Porém, nos casos em que o ataque é severo, e os sintomas manifestam-se nos órgãos aéreos, como consequência da interferência nos processos de absorção de água e nutrientes, ou nos casos em que os danos evidenciam-se pela morte de plântulas, podem ser facilmente diagnosticados.

Normalmente os agentes causais das podridões de semente, morte de plântulas e podridões radiculares do milho são os mesmos associados às sementes e/ou ao solo.

Os sintomas de infecção radicular caracterizam-se pelo surgimento inicial de lesões pardo-amarelas sobre as raízes primárias e, mais tarde, nas raízes secundárias. As raízes afetadas tornam-se escuras e necrosadas (Figura 5). Nesta fase, somente com base nos sintomas dificilmente consegue-se identificar o agente causal. Os sintomas secundários, na parte aérea da planta, são do tipo murcha, amarelecimento e sub-desenvolvimento (Figura 6). Na lavoura, as plantas afetadas encontram-se principalmente em reboleiras, sendo que os sintomas são mais visíveis em solo compactado, encharcado e com desequilíbrio nutricional.

No início do desenvolvimento da cultura, em solos com deficiência de oxigênio devido a má drenagem e à compactação, o fungo *Pythium* é apontado como o principal agente causal. Outros fungos também podem ser isolados, como *Fusarium* e *Rhizoctonia*, no entanto, aumentam sua intensidade com a maturação da planta, senescência dos tecidos radiculares e com estresses de campo. Comumente, ocorrem antecedendo às podridões da base do colmo. Os danos causados por estes agentes causais ainda não foram claramente quantificados. Não muito comumente, o fungo *Pyrenochaeta terrestris* (Hansen) Gorenz, Walker & Larson, é encontrado colonizando raízes no final do ciclo da cultura identificado pela presença coloração vermelha intensa no sistema radicular quando as raízes são removidas do solo e analisadas, após a colheita.

O manejo visando reduzir as podridões radiculares consiste no uso de sementes saudáveis, no tratamento de sementes, na rotação de culturas, em evitar semeaduras em solos úmidos e compactados, na escolha de culturas de inverno que antecedem a cultura do milho evitando semeá-lo sobre restos culturais de gramíneas e no desenvolvimento da supressividade do solo pela rotação de culturas.

Doenças foliares

As principais doenças foliares no milho causadas por fungos são a cercosporiose, a helmintosporiose comum, a ferrugem comum e ferrugem polissora, a mancha foliar de diplodia e a mancha de feoféria. De modo geral, as doenças foliares causam dano no rendimento de grãos em híbridos suscetíveis e quando as condições climáticas são favoráveis ao desenvolvimento de seus agentes causais. O dano é uma consequência da redução da duração da área foliar sadia, e em algumas situações podendo levar a morte das plantas. Além disso, quando o ataque é severo as plantas tornam-se predispostas a infecção por fungos causadores de podridões da base do colmo e da espiga.

Cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis* Tehon & Daniels)

A cercosporiose do milho ressurgiu no Brasil, na safra 2000/01, causando epidemia nas lavouras de híbridos suscetíveis cultivadas no sudoeste goiano.

A cercosporiose é reconhecida como uma das doenças que mais reduções causam no rendimento de grãos de milho. Danos no rendimento de até 50 % têm sido relatados em algumas lavouras no cinturão do milho americano.

Os danos estimados decorrentes do ataque da doença, na safrinha do ano 2000, em Goiás, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Área de milho atacada pela cercosporiose, na safrinha de 2000 e danos e perdas estimados, em Goiás.

Área ha Cultivada atacada ²	Rendimento t/ha		Produção t		Dano t	Perdas ¹ (US\$)
	Colhido ²	Esperado ³	Colhida	Esperada		
34.547	3,23	5,35	111.586	184.586	73.240	8.056.400

¹ Valor do dólar comercial R\$ 1,80

² Média de 48 lavouras

³ Média de 5 lavouras onde foi aplicado fungicida.

(Adaptado de Reis, *et al.*, 2000)

A doença ataca todos os órgãos verdes do hospedeiro surgindo primeiramente nas folhas inferiores próximas a fonte de inóculo primário, os restos culturais infectados da cultura anterior.

Inicialmente as lesões surgem como pequenas manchas amareladas de tecido plesioneocrótico, de 1 a 3 mm de comprimento e de forma retangular. As lesões foliares maduras apresentam a forma linear retangular e delimitadas em largura pelas nervuras maiores (2 a 4 mm de largura por 1 a 7 cm de comprimento) (Figura 7). Se as áreas internervais são infectadas, duas lesões isoladas podem aparecer como uma única lesão maior. Nos estádios finais da doença devido ao elevado número de infecções as lesões coalescem (Figura 8). Os sintomas em espigas, são visíveis na forma de manchas pardas nas brácteas sobretudo no ápice das espigas (Figura 9). Provavelmente, estas lesões podem progredir e terminar por parasitar os grãos em seu interior.

As estratégias de controle recomendadas para o controle da cercosporiose envolvem o cultivo de híbridos com resistência genética, a rotação de culturas e o uso de fungicidas em órgãos aéreos quando a intensidade da doença alcançar o limiar de dano econômico. O monitoramento deve iniciar no estádio do pendoamento e terminar no estádio de grão leitoso.

Ferrugem comum (*Puccinia sorghi* Schwein)

A ferrugem comum ocorre, praticamente, em todas as regiões do Brasil, porém apresenta maior frequência e intensidade na Região Sul, sobretudo nas semeaduras tardias e em anos com baixa precipitação pluvial. Nos cultivares suscetíveis, quando a infecção inicia antes do pendoamento, a severidade da doença no final do ciclo da cultura é elevada, fazendo com que ocorra grande redução de área foliar sadia.

Os sintomas da ferrugem comum do milho, em híbridos suscetíveis, manifestam-se na forma de pústulas, grandes, circulares a alongadas, pulverulenta, com o interior de coloração pardo-canela após romper a epiderme da folha (Figura 10), formada com frequência sobre as duas superfícies da folha, porém mais comum sobre o lado superior. Mais tarde as pústulas alteram sua coloração para pardo-negras, quando os uredosporos são substituídos pelo teliosporos. Em ataques severos as pústulas formadas agrupadas podem levar a necrose do tecido foliar dando um aspecto de mancha foliar (Figura 11), o que pode dificultar a diagnose.

O patógeno sobrevive de uma estação de cultivo ou de uma safra para outra em plantas voluntárias de milho. Os uredosporos produzidos nestas plantas são dispersos pelo vento até atingirem plantas de híbridos suscetíveis. Quando a atmosfera está saturada praticamente 100 % dos esporos germinam. O desenvolvimento da doença é favorecido por temperaturas moderadas, na faixa de 17 a 25 °C.

As estratégias de controle baseiam-se no uso de cultivares com resistência genética.

Ferrugem polissora (*Puccinia polissora*)

Esta doença é considerada de maior importância na Região Central do Brasil, podendo causar danos significativos no rendimento de grãos de híbridos suscetíveis.

Os sintomas se manifestam na forma de pequenas pústulas, que podem medir de 0,2 a 2,0 mm de diâmetro, circulares, de cor laranja-vermelho (Figura 12), dispostas sobre as folhas e demais órgãos verdes. O desenvolvimento das pústulas ocorre mais facilmente na face inferior da folha do milho.

A enfermidade é favorecida por ambiente com temperatura de 27 °C e alta umidade relativa do ar. Em geral, *P. polysora* é mais freqüente em regiões com baixa altitude, enquanto que *P. sorghi* é mais comum em localidades com maior altitude.

Além do milho, *P. polysora* pode infectar plantas dos gêneros *Elianthus* e *Tripsacum*, porém parecem ter pouca importância na continuidade do seu ciclo de vida. No Brasil, o inóculo primário possivelmente está relacionado às plantas voluntárias de milho, que podem ser encontradas todos os meses do ano nas regiões onde não ocorrem geadas.

A medida de controle se concentra no uso de cultivares com resistência genética e na aplicação de fungicidas em ataques severos.

Helminthosporiose comum (*Exserohilum turcicum* (Pass.) K.J. Leonard & E.G. Suggs)

Dentre as helmintosporioses descritas no Brasil, a helmintosporiose comum é a mais freqüente e importante. Os danos podem ser consideráveis devido a redução da área foliar fotossintética e por predispor as plantas ao ataque das podridões do colmo. Quando a doença for severa pode causar a morte prematura das plantas.

Os sintomas manifestam-se como lesões alongadas, elípticas, predominantemente de cor cinza, às vezes, verde acinzentadas ou pardas, com comprimento variando de 2,5 até 15 cm (Figura 13), desenvolvidas, inicialmente, nas folhas inferiores. A expressão dos sintomas pode variar dependendo do cultivar. Como nas demais manchas foliares, esta progride da base para o ápice da planta. As plantas severamente atacadas mostram um aspecto semelhante à injúria causada por geada. A infecção pode atingir a palha externa da espiga.

O agente causal da helmintosporiose comum sobrevive como micélio dormente e como conídios em restos culturais infectados. Os conídios são transportados pelo vento até as plantas de milho. Temperatura na faixa de 17 a 27° C e orvalho de longa duração são requeridos para o desenvolvimento da doença. Os ciclos secundários da doença ocorrem com clima úmido, dentro e entre lavouras, pelos conídios produzidos abundantemente sobre as lesões. Além do milho o fungo ataca o sorgo, capim sudão, sorgo de alepo e teosinto.

As medidas de controle envolvem o uso de cultivares resistentes e a rotação de culturas.

Mancha de diplodia ou mancha de macrospora (*Diplodia macrospora*)

Atualmente, a mancha foliar de diplodia macrospora tem ocorrido freqüentemente e em alta intensidade nas lavouras de milho conduzidas em monocultura. Apesar de infectar as folhas e, em muitas situações dilacerar o tecido foliar necrosado, o dano parece ser mais grave em virtude da grande produção de inóculo sobre lesões, o qual contribui para a infecção do colmo e da espiga do milho.

Os sintomas de mancha foliar de diplodia são característicos da espécie *D. macrospora*. As lesões iniciais em alguns híbridos apresentam-se na forma de tecido clorótico seguido de necrose. Estas são pequenas, de forma irregular, normalmente de 1 a 3 cm de comprimento, de cor parda, e apresentam um anel com tecido necrosado mais escuro sobre o ponto inicial de infecção. As primeiras lesões de *D. macrospora* também podem ser visualizadas na forma de pequenas estrias avermelhadas ou pardas. Mais tarde tornam-se pardas, rodeadas com halo amarelo característico (Figura 14) e, freqüentemente, estendem-se no sentido do comprimento total da folha, podendo dilacerar o tecido vegetal infectado. Sobre o tecido necrosado, em ambos lados da folha, são observados pequenos pontos negros, subepidérmicos, isolados ou agrupados, constituídos pelos picnídios do fungo. Sob clima úmido, com o auxílio de lupa de mão, podem ser observados os cirros longos extrudando do picnídio. Os esporos produzidos sobre as lesões normalmente são transportados pela água até a bainha foliar, posteriormente germinam e iniciam a infecção do colmo ou da base da espiga.

O patógeno sobrevive nos restos culturais infectados e nas sementes de milho. O inóculo primário responsável pela mancha foliar de diplodia parece ser exclusivo da resteva de milho. O vento e os respingos d'água são os principais agentes de disseminação dos

conídios do fungo. A temperatura ótima para a germinação dos conídios de *D. macrospora* está na faixa de 26 a 29°C.

A medida de controle se concentra principalmente na rotação de culturas. O tratamento de semente, a adubação equilibrada, a redução da população de plantas também contribuem para minimizarem os danos causados pela doença.

Mancha de feosféria ou mancha branca (*Phaeospheria maydis* (P. Henn.) Rane, Payak & Renfro)

A mancha de feosféria passou a ser considerada uma doença importante na cultura do milho a partir do início de 1990, principalmente com o advento do plantio direto, sobretudo na Região Centro Oeste e Oeste do Estado do Paraná. Atualmente, a doença encontra-se distribuída em todas as regiões do Brasil, sendo que os maiores danos têm sido detectados em regiões com altitude superior a 600 m, coincidindo com temperatura alta e elevada precipitação pluvial.

Os sintomas caracterizam-se pelo aparecimento de lesões arredondadas, com 0,5 a 1,0 cm de diâmetro, inicialmente de coloração verde esmaecido (Figura 15) ou cloróticas e, posteriormente, tornando-se de cor amarelo-palha a parda, com bordos constituídos por um anel bem definido de cor escura (Figura 16). Dependendo das condições ambientais, são visíveis, no centro das manchas, pequenos pontos negros, os corpos de frutificação do fungo. Os primeiros sintomas, ou, o início da doença, são observados nas folhas basais, progredindo rapidamente para cima, a medida que a planta avança no seu ciclo. Dependendo da suscetibilidade do cultivar e da severidade da doença, as folhas podem ficar com a área foliar completamente destruída pela coalescência das lesões (Figura 17). Os sintomas podem ser confundidos com os causados por herbicidas à base de paraquat, no caso em que ocorra deriva de sua aplicação em áreas próximas.

A semelhança com outros patógenos necrotróficos este deve sobreviver em sementes e na fase saprofítica nos restos culturais de plantas de milho. No entanto, ainda não foi detectada a sua presença em semente e nada se sabe sobre hospedeiros secundários deste patógeno, no Brasil.

As condições ótimas de temperatura e período de molhamento requerido para a infecção também não foram determinadas. Sabe-se que o desenvolvimento de epidemia da mancha branca processa-se com grande velocidade, de tal maneira que, em poucos dias, as plantas, em grande extensão de área cultivada, passam de sadias para altamente afetadas.

A principal medida de controle concentra-se no uso de híbridos tolerantes. Tem sido observado que a intensidade da mancha de feosféria não é afetada pela monocultura ou pela rotação de culturas. Isso pode ser atribuído a infecção primária ter como inóculo os ascósporos, pequenos, leves e transportados pelo vento a longas distâncias.

Enfezamento vermelho ou “corn stunt”

Esta doença até poucos anos era considerada de importância secundária. Atualmente, a moléstia vem causando danos em plantas de milho, principalmente, nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. A sua ocorrência e intensidade estão relacionadas com a presença da cigarrinha *Dalbulus maidis* a qual é responsável pela disseminação e inoculação do parasita nas plantas, um fitoplasma encontrado no floema das plantas infectadas.

Os sintomas em plantas são caracterizados pela descoloração e avermelhamento ou arroxamento da margem e do ápice das folhas (Figura 18). Em infecções severas todo limbo foliar pode apresentar coloração típica. Em algumas situações pode se verificar o perfilhamento das plantas e a proliferação das espigas na planta. Os sintomas de enfezamento se normalmente são mais visíveis a partir do florescimento e próximo da maturação das plantas, principalmente em regiões onde a temperatura é alta.

Ao se alimentar das plantas infectadas, a cigarrinha adquire o fitoplasma, alça vôo, e dissemina o patógeno para as plantas sadias. O período de aquisição e transmissão do parasita está em torno de 22 a 26 dias. Tal transmissão é do tipo persistente.

As medidas de controle visam impedir que o vetor (cigarrinha) encontre o hospedeiro (milho). A escolha da época e alternância de semeadura contribui para este princípio de controle. O uso de cultivares resistentes e/ou tolerantes também tem sido eficiente para o controle da moléstia. O controle da cigarrinha pelo uso de inseticidas também constitui outra possibilidade de controle.

Podridões do colmo

As podridões do colmo são consideradas as principais doenças na cultura do milho com perdas estimadas em 415 milhões de dólares por safra. Apesar da incidência e da severidade variarem, ocorrem em todas as lavouras e safras de cultivo. As podridões do colmo estão, na maioria das vezes, associadas a podridões radiculares, à quebra do colmo com acamamento e à morte de plantas. Os danos causados são atribuídos a morte prematura da planta, no final do ciclo da cultura, determinando a paralisação do processo normal de enchimento de grãos resultando. No caso de

acamamento, algumas espigas deixam de ser colhidas mecanicamente e/ou apresentam menor peso. Nas plantas acamadas as espigas podem entrar em contato com o solo reduzindo a qualidade do grão.

As podridões do colmo consistem no apodrecimento dos tecidos internos da medula do colmo. Em geral, os sintomas são evidentes quando as plantas estão próximas da fase de maturação fisiológica e colheita. Os sintomas secundários podem iniciar com a murcha da planta, e decorridos alguns dias as plantas infectadas alteram a cor verde brilhante da folhas para verde opaco, acinzentadas ou pardas, como se estivessem acelerando a sua maturação. A base dos colmos, primeiro e segundo internódios, normalmente apresentam alteração da coloração externa do colmo, como lesões pardas, negras ou rosadas, dependendo do patógeno que colonizou tais tecidos. Quando ocorre a alteração externa de cor, o tecido da medula, na base do colmo, apresenta-se apodrecido e separado da camada externa, com os feixes vasculares desintegrados. Nessa situação, com a integridade estrutural destruída, a planta acamará facilmente. Nestas plantas normalmente a espiga fica decumbente com a ponta voltada para baixo. As plantas com podridão do colmo são prematuramente mortas.

De modo geral, os fungos associados às sementes são os mesmos que causam podridões da base do colmo e de espigas e, estes, também, sobrevivem nos restos culturais.

Antracnose (*Colletotrichum graminicola* (Ces.) G.W.Wils)

A antracnose do milho pode ser considerada uma doença esporádica. Os danos da doença ocorrem em regiões com precipitação pluvial elevada e, principalmente, se o híbrido de milho, suscetível ao patógeno, for cultivado em área de monocultura. A severidade da antracnose normalmente é maior no milho safrinha em plantio direto sob monocultura, ou quando o milho é cultivado, em plantio direto, sobre os restos culturais de gramíneas como aveia, avevém, cevada, trigo e tritcale.

Os sintomas da antracnose são visíveis nas plantas normalmente a partir da maturação fisiológica, quando estas iniciam o processo de senescência natural. Os sintomas na base externa dos colmos manifestam-se como áreas ou placas escuras, negras, de aspecto brilhante (Figura 19), inicialmente desenvolvidas nos nós e progredindo para internódio, na forma de manchas estreitas e alongadas. As plantas infectadas normalmente apresentam sintoma de murcha das folhas. Em algumas situações há quebra do colmo, seguido de acamamento, e até morte prematura da planta.

O fungo sobrevive nos restos culturais e na semente de milho. A principal fonte de inóculo primário constitui-se pelos conídios do fungo, produzidos nos restos culturais infectados do milho e das gramíneas de inverno acima relacionadas. Comumente as epidemias ocorrem sob período de molhamento longo das plantas. Os esporos são disseminados pelo respingo d'água e pelo vento até a base das plantas.

As estratégias de controle concentram-se no uso de sementes sadias, tratamento de semente com fungicidas, rotação de culturas, não cultivar o milho sobre restos culturais de gramíneas de inverno e busca de cultivares tolerantes.

Diplodia (*Diplodia maydis*) (*Diplodia macrospora*)

A podridão de diplodia tem ocorrência e intensidade elevada nas lavouras de milho conduzidas em monocultura. Os danos específicos causados pela diplodia ainda não foram quantificados. Plantas infectadas normalmente apresentam redução no rendimento e na qualidade de grãos.

Os fungos parasitam exclusivamente plantas de milho, causando sintomas de podridão em colmo, espiga e mancha foliar. Apresentam como fonte de inóculo os restos culturais e as sementes infectadas. A transmissão dos fungos da semente para as plântulas é conhecida. Sobre os restos culturais são formados os picnídios responsáveis no qual no seu interior são produzidos os conídios. Quando predomina clima quente (acima de 25 °C) e úmido, os esporos são liberados dos picnídios, formando cirros de conídios longos (Figura 20), que são transportados pelo vento, respingos d'água e, provavelmente, insetos, até a base dos colmos (coroa), axilas foliares e base da espiga.

Os sintomas secundários se manifestam várias semanas após a polinização. O quadro sintomatológico inclui alteração da cor externa do colmo, parte interna dos nós e desintegração da medula, deixando apenas os feixes vasculares intactos. As plantas atacadas podem ser prematuramente mortas. Normalmente no primeiro e segundo internódio as plantas infectadas apresentam lesões externas no colmo, de forma localizada, de cor escura, iniciando preferencialmente no nó (Figura 21). Um sinal importante á diagnose é a presença de picnídios, sub-epidérmicos e pardo-negros presentes nas lesões, principalmente quando o tecido encontra-se senescido. A identificação da espécie de diplodia envolvida com a podridão deve ser feita comparando-se os conídios em microscopia. Os esporos de *D. macrospora* são duas a três vezes maiores que os de *D. maydis*.

Até o presente momento não existe no Brasil híbridos resistentes a diplodia, portanto, as medidas de controle concentram-se no uso de sementes saudáveis, no tratamento de semente, na rotação de culturas, em evitar a população elevada de plantas (competição por água e nutrientes), evitar perda de área foliar devido a outras doenças, granizo ou injúria por insetos e evitar desequilíbrio de N e K.

Fusarium (*Fusarium moniliforme*)

A podridão causada por *F. moniliforme* predomina nas regiões quentes e secas, no entanto, pode ser encontrada em lavouras do planalto gaúcho e catarinense e nos campos gerais do Paraná.

A doença inicia comumente após a polinização e torna-se mais severa a medida que a planta atinge a maturação. Os sintomas da podridão iniciam com a alteração da coloração externa da base do colmo, sendo as plantas infectadas apresentam a medula de cor branco-rosada a rosa-salmão. Quando a infecção for severa pode ocorrer a esporulação do patógeno, na parte externa do tecido afetado, na forma de uma massa de esporos de cor rosa-salmão (Figura 22). O apodrecimento pode afetar as raízes, levar a quebra do colmo e a maturação prematura. A podridão de fusarium também pode ser diagnosticada pela ausência peritécios sobre a superfície do tecido afetado, o que não ocorre com a podridão de giberela.

O fungo sobrevive saprofiticamente nos restos culturais de milho. Sob condições favoráveis, pode infectar as raízes ou colmos diretamente ou através de ferimentos causados por insetos ou granizo. Os propágulos de *F. moniliforme* transportados pelo vento, respingos ou insetos, são depositados sobre a coroa das plantas, as bainhas foliares, colmos e nós, onde iniciam a infecção. Outra fonte de inóculo é a semente infectada, uma vez que o fungo pode ser transmitido para a planta.

O controle da podridão de fusarium pode ser feito pelo uso de híbridos tolerantes, tratamento de sementes, rotação de culturas e evitando qualquer estresse que predisponham às plantas à infecção.

Giberela (*Gibberella zeae* (Schw.) Petch. - anamorfo *Fusarium graminearum*)

A podridão de giberela é mais freqüente em regiões com altitude elevada e com temperaturas amenas. Os danos são mais severos em anos com precipitação pluvial elevada e milho conduzido sobre restos culturais de espécies de cereais de inverno com a presença de peritécios de giberela.

A base do colmo da planta doente altera a cor tornando-se pardo ou de cor de palha, em contraste com o amarelado, esverdeado ou arroxado das plantas saudáveis, o que depende da presença e/ou da concentração pigmentos no híbrido. Os tecidos internos da medula desintegram-se, deixando somente os feixes vasculares intactos, porém soltos. Nestas plantas somente com fricção do dedo polegar e do dedo indicativo pode-se quebrar os colmos. Um sintoma diagnóstico que permite diferenciar a giberela de outras podridões é a coloração rosa-avermelhada que ocorre dentro do colmo, conferida pela colonização do fungo (Figura 23). A presença de crostas de peritécios, na superfície dos tecidos infectados, também auxilia na diagnose. Os peritécios são pequenos, visíveis a olho nu, esféricos, de cor negra, dispostos em grupos, próximos aos nós e raízes (Figura 24), que ao tato (ponta dos dedos) são ásperos, podendo ser removidos por raspagem.

O fungo ataca uma ampla gama de plantas cultivadas como os cereais de inverno, arroz, sorgo, milheto e espécies nativas e invasoras. Sobrevive, portanto, nos restos culturais de inúmeras gramíneas e nas sementes de milho. O inóculo responsável pela podridão da base do colmo constitui-se principalmente nos ascósporos, conídios e micélio do fungo presente nos restos culturais e no micélio desenvolvido a partir das sementes infectadas. Sobre clima quente e úmido os peritécios são formados e os ascósporos maduros são ejetados ao ar. A infecção dos colmos pode ocorrer no ponto de inserção das folhas, nos nós ou nas raízes. Penetrando nas raízes o fungo pode crescer até atingir a base dos colmos.

Esta é uma doença de final de ciclo e, portanto, todos os estresses, que aceleram a senescência, tornam a planta mais predisposta.

O controle da podridão de giberela pode ser feito pelo uso de híbridos tolerantes, tratamento de sementes e evitando qualquer estresse que predisponham às plantas à infecção. São poucas as informações no Brasil em relação a resposta dos híbridos a infecção deste patógeno. A rotação de culturas não apresenta potencial de controle em função da ampla gama de hospedeiros de *G. zeae*. Deve-se evitar o cultivo do milho sobre os restos culturais de cereais de inverno, em plantio direto, dando-se preferência ao plantio sobre coberturas do solo de folhas largas como do nabo forrageiro.

Podridões da espiga

Como regra, os fungos agentes causais das podridões do colmo, são também responsáveis pelas podridões da espiga. As podridões da espiga envolvem o ataque direto dos fungos aos grãos

que podem exibir sintomas da colonização. Alguns grãos com essa sintomatologia são denominados de grãos ardidos (Figura 25). Além da qualidade do grão, as espigas podres e/ou infectadas, porém sem sintomas, também reduzem a rendimento de grãos.

Em geral, na comercialização de grãos de milho, é descontado do preço oferecido, um percentual correspondente a incidência de grãos ardidos. O conhecimento detalhado dos ciclos biológicos das espécies de fungos envolvidas com a produção de micotoxinas pode contribuir para o manejo de suas populações e consequentemente reduzir a ocorrência de grãos ardidos.

Está bem esclarecido que a ocorrência e a intensidade dos danos são maiores em lavouras conduzidas em monocultura, especialmente quando chove em excesso, no período compreendido entre a fecundação e a colheita e, quando a cultura é afetada por insetos, granizo, pássaros e geada. A elevada população de plantas nestas condições também contribui para o aumento das podridões da espiga.

Diplodia ou podridão branca da espiga (*Diplodia maydis*) (*Diplodia macrospora*)

A podridão branca da base da espiga do milho é uma das podridões mais comuns e freqüentes nas lavouras conduzidas em monocultura. A intensidade dos danos é maior em regiões com elevada precipitação pluvial após a polinização ou em lavouras irrigadas, como por exemplo, na produção de sementes.

A podridão branca inicia, principalmente, pela base da espiga. Quando a infecção ocorre logo após a fecundação, a palha da espiga mostra despigmentação ou coloração parda. Nos casos em que a infecção ocorre duas semanas após a polinização, a espiga torna-se podre, apresentando coloração pardo-cinza a esbranquiçada (Figura 26), enrugada e leve, com as palhas internas aderidas uma as outras ou aos grãos, devido ao crescimento do micélio do fungo. Os picnídios negros podem se formar sobre a palha, sabugo e grãos. Os grãos infectados apresentam cor cinza fosco a marrom. Normalmente, as plantas com podridão do colmo e da espiga causada por diplodia apresentam as espigas voltadas para baixo. As espigas infectadas no final do ciclo da cultura não mostram sintomas externos, e quando são despalhadas e seus grãos removidos, o micélio branco do fungo pode ser encontrado crescendo entre os grãos.

O inóculo do patógeno responsável pela infecção das espigas é produzido nos restos culturais de milho infectados e/ou no caso de *D. macrospora* sobre as lesões foliares. O vento e os

respingos d'água são os principais agentes de dispersão dos conídios até a base e ponta das espigas.

O clima seco nos primeiros estádios de desenvolvimento, seguido de chuvas, antes da polinização, favorece a infecção da espiga. As espigas são mais suscetíveis a partir da polinização até cerca de três semanas após, com clima úmido e temperatura de 28-30°C.

As estratégias de controle são as mesmas descritas para podridão do colmo. Além destas, também, deve-se procurar híbridos com bom empalhamento da espiga.

Fusariose ou podridão rosada da base da espiga (*Fusarium moniliforme*)

A podridão de fusarium, praticamente, pode ser encontrada em todas lavouras e em todas safras de cultivo.

Os sintomas da doença podem ser observados, principalmente, na base da espiga (Figura 27), porém podem manifestar-se em grãos isolados (Figura 28) ou em grupos de grãos infectados, que ocorrem ao acaso, sobre as espigas. O crescimento vegetativo do micélio do fungo, de cor branca-rosada, pode ser observado quando as espigas ainda estão verdes e estas são despalhadas. Externamente, a palha da base destas espigas pode apresentar lesões negras. Os grãos infectados, normalmente apresentam coloração rosa-salmão devido a esporulação do fungo e, mais tarde podem escurecer.

O patógeno é encontrado sobrevivendo principalmente nos restos culturais e nas sementes. O inóculo presente nas plantas infectadas e na resteva é disseminado pelo vento, respingos e insetos. A infecção da base da espiga pode ocorrer sistemicamente por meio do crescimento do micélio do patógeno ou por inóculo depositado na bainha foliar. A podridão é confinada á base da espiga por ser lugar mais úmido e onde insetos se alimentam. A infecção pode estar associada a lagarta da espiga e a outros insetos. O fungo também penetra através dos estigmas, atingindo o grão.

As medidas de controle são as mesmas descritas na podridão do colmo. Também pode ter sua intensidade reduzida pelo controle de insetos e pelo bom empalhamento da espiga.

Giberela ou podridão rosada da ponta da espiga (*Gibberella zeae* - anamorfo *Fusarium graminearum*)

A doença é favorecida pelo clima ameno e úmido, particularmente com chuvas freqüentes após a polinização. Na Região Sul do Brasil é encontrada em praticamente todas lavouras de milho, em virtude da grande quantidade de inóculo produzido nos cereais cultivados e gramíneas nativas e invasoras.

A doença manifesta-se pela presença de mofo rosado, iniciando na ponta da espiga e progredindo em direção da base. Quando a infecção ocorre cedo, a podridão pode tomar conta de toda espiga. A palha também pode ser colonizada e cimentada à espiga. Sobre os tecidos colonizados podem formar-se os peritécios do patógeno. Em alguns casos, a podridão ocorre na base da espiga e progride para a ponta, dificultando a diagnose da podridão causada por *F. moniliforme*. Na podridão de fusarium os grãos infectados encontram-se na base ou esparsos pela espiga, enquanto que a podridão de giberela os grupos de grãos colonizados localizam-se, na maioria das vezes, na ponta da espiga.

A doença é mais severa quando ocorrem chuvas 14 a 21 dias após o florescimento. A infecção ocorre comumente com ascósporos e, menos freqüente com conídios, depositados nos estigmas. O fungo pode assim atingir o interior da espiga e progredir até a base. Os grãos expostos na ponta da espiga de alguns híbridos, devido ao mal empalhamento, são colonizados diretamente.

Os restos culturais infectados de milho e de outros hospedeiros constituem-se na principal fonte de inóculo do patógeno. O vento é o principal mecanismo de disseminação a longa distância dos ascósporos.

O controle da podridão de giberela nas espigas segue as mesmas recomendações descritas na podridão do colmo. Também se deve evitar a elevada população de plantas.

Referências bibliográficas

- CASA, R.T., REIS, E.M., MEDEIROS, C.A.; MOURA, F.B. Efeito do tratamento de sementes de milho com fungicidas, na proteção de fungos do solo, no Rio Grande do Sul. Fitopatologia Brasileira, v.20, p.633-638. 1995.
- CASA, R.T., REIS, E.M.; ZAMBOLIM, L. Fungos associados à semente de milho produzida nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. Fitopatologia Brasileira, v.23, p.370-373. 1998.
- CASA, R.T., REIS, E.M., ZAMBOLIM, L.; CECCHETTI, D. Quantificação de conídios de *Diplodia maydis* e *Diplodia*

- macrospora* dispersos no ar coletados com armadilha de esporo em diferentes alturas. Fitopatologia Brasileira, v.24, p.273. 1999.
- CASA, R.T., REIS, E.M., SEVERO, R., DENTI, E., TRENTTO, S.; BLUM, M.M.C. Prevenção e controle de doenças na cultura do milho. In: SANDINI, I.A.; FANCELLI, A.L. Milho: estratégias de manejo para a região sul. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2000. 209p.
- DENTI, E.A., TRENTTO, S.; REIS, E.M. Incidência, frequência e danos por fungos envolvidos com as podridões da base do colmo do milho em 1997/98, nas regiões do Planalto Médio Gaúcho (RS) e Guarapuava (PR). Fitopatologia brasileira, v.24, p.279. 1999.
- FERNANDES, F.T.; OLIVEIRA, E. de. Principais doenças na cultura do milho. Sete lagoas: Embrapa-CNPMS, 1997. 80p. (Embrapa-CNPMS. Circular Técnica, 26).
- MOLIN, R.; VALENTINI, M.L. Simpósio sobre micotoxinas em grãos. Fundação Cargill, Fundação ABC, 1999. 208p.
- MUNKVOLD, G.P.; DESJARDINS, A.E. Fumonisin in maize. Can we reduce their occurrence? Plant Disease 81: 556-565. 1997.
- NAZARENO, N.R.X. Avaliação de perdas por podridões do colmo em milho (*Zea mays* L.) no estado do Paraná. Fitopatologia brasileira 14: 82-84. 1999.
- PEREIRA, O.A.P. Doenças do milho (*Zea mays* L.). In Kimati, H., AMORIM, L., BERGAMIN FILHO, A., Camargo, L.E.A.; Rezende, J.A.M. (Ed.). Manual de Fitopatologia. Volume 2: Doenças de plantas cultivadas. 3ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. p.538-555.
- PINTO, N.F.J. de A. Patologia de sementes de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1998. 44p. (EMBRAPA-CNPMS, Circular Técnica, 29).
- REIS, A.C., REIS, E.M., CASA, R.T.; FORCELINI, C.A. Erradicação de fungos patogênicos associados a sementes de milho e proteção contra *Pythium* sp. presente no solo pelo tratamento com fungicidas. Fitopatologia Brasileira 20: 585-590. 1995.
- REIS, E.M.; CASA, R.T. Manual de identificação e controle de doenças de milho. Passo Fundo. Aldeia Norte Editora. 1996. 80p.
- REIS, E.M.; CASA, R.T. Ciclos biológicos e epidemiologia: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Diplodia* e *Fusarium*. In: MOLIN, R.; VALENTINI, M.L. (ed.). Simpósio sobre micotoxinas em grãos. Fundação Cargill, Fundação ABC, 1999. p.21-40.
- REIS, E.M.; CASA, R.T. Controle de doenças fúngicas na cultura do milho em plantio direto. In: BORGES, G.; BORGES, L.D. Seminário sobre tecnologia de produção e comercialização do

- milho, 2000. Passo Fundo - RS. Resumo de Palestras. Editora Aldeia Norte, Passo Fundo, RS. p.62-71.
- REIS, E.M.; CASA, R.T. Milho: manejo integrado de doenças. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). Milho: tecnologia e produtividade. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2001. p. 223-237.
- SEVERO, R. A emergência de milho: os efeitos de fatores bióticos e abióticos (Tese de Doutorado) Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1999.
- SHURTLEFF, M.C. Compendium of corn diseases. American Phytopathological Society. 1992. 105p.
- SMITH, D.R.; WHITE, D.G. Disease of corn. In: Sprague, G.F.; DUDLEY, J.W. (ed.) Corn in corn improvement. American Society of Agronomy. Madison, WI. 1988. p.687-766.
- TRENTO, S.M. Quantificação de danos causados por podridões de espiga e por grãos ardidos em milho, em diferentes sistemas de manejo de plantas (Dissertação de Mestrado). Passo Fundo. Universidade de Passo Fundo. 2000.

MANEJO DE PRAGAS DA CULTURA DE MILHO

Ivan Cruz

Embrapa Milho e Sorgo, Caixa postal 151, 35700-970, Sete Lagoas, MG, ivancruz@cnpmc.embrapa.br

Introdução

Apesar de reconhecido pela pesquisa, infelizmente, os agricultores ainda não se conscientizaram sobre a importância das pragas na diminuição da produtividade e da lucratividade do milho em sua propriedade. Às vezes não existe tratamento fitossanitário ou a sua utilização é de modo incorreto (época, produto, dose, etc.). Por exemplo, tem-se usado a aplicação de inseticidas em cobertura total para o controle da lagarta-elasmô, *Elasmopalpus lignosellus*, e lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* nas aplicações via água de irrigação ou aéreas. Como são pragas de localização específica, respectivamente, na base do coleto ou no cartucho da planta, a aplicação em cobertura total acaba sendo de custo maior e causando efeitos adversos ao meio ambiente. Apesar de tais aplicações serem necessárias, em algumas circunstâncias, por exemplo, em áreas extensas e/ou quando a cultura do milho se encontra em estágio de desenvolvimento, quando não se pode utilizar uma medida de controle dirigida ao alvo que se quer atingir, nas demais situações, outras técnicas propiciam um controle eficaz sem danos significativos ao meio ambiente.

Nos últimos anos, vários agricultores têm reportado falhas no controle de *S. frugiperda* com a aplicação de alguns inseticidas na cultura do milho no Brasil (Omoto *et al.*, 2002). Segundo os autores, esta ineficácia tem sido constatada principalmente para os produtos tradicionalmente recomendados para o seu controle, como por exemplo, os do grupo dos piretróides e organofosforados. Sendo assim, os agricultores têm utilizado dosagens do produto acima das recomendações do rótulo ou bula, assim como misturas indevidas de produtos para a obtenção de um controle satisfatório desta praga. Uma das explicações para o problema é a possibilidade de evolução da resistência de *S. frugiperda* a alguns inseticidas, principalmente em regiões onde o cultivo do milho é realizado durante o ano todo (por ex., Região Mogiana em SP, Noroeste de SP, Sudoeste de GO, principalmente).

Pragas da semente e/ou raízes

Existem diversos insetos apontados na literatura como pragas subterrâneas que se alimentam de diferentes hospedeiros, incluindo o milho. De modo geral, a identificação dessas pragas se faz inicialmente através dos sintomas de danos ou de falhas existentes na plantação. Essas falhas podem ser decorrentes da falta de plantio da semente, ou ocasionadas pelas pragas citadas anteriormente.

Cupins – *Cornitermes*, *Procornitermes* e *Syntermes* (Isoptera, Termitidae)

Os cupins são abundantes na América do Sul, particularmente nas áreas de pastagens, florestas e cerrados (Constantino, 2002). Segundo o autor, não existem estimativas sobre as perdas econômicas causadas por esses insetos ou mesmo sobre a importância relativa de cada espécie. Apesar da predominância de espécies agrícolas, elas são menos estudadas do que as espécies urbanas. Esses insetos atacam as sementes do milho plantado, destruindo-as antes da germinação e, como consequência, acarretam falhas na cultura. Atacam também as raízes de plantas novas e fazem o descortçamento total da raiz axial, deixando intacta a parte lenhosa. A presença de restos da cultura sobre o solo aumenta muito sua população. Os sintomas são notados quando a planta começa a ressentir-se do ataque, mudando de coloração e murchando as folhas, até sua morte completa.

Percevejo-castanho – *Scaptocoris castanea* Perty, 1830 (Hemiptera, Heteroptera, Cydnidae)

Conhecido popularmente como percevejo castanho, *Scaptocoris castanea* vem nos últimos três anos causando prejuízos em diversas espécies vegetais de importância econômica no Brasil com destaque para as culturas de soja, milho, algodão e pastagens (Siloto & Raga, 1998; Siloto *et al.*, 2000).

O percevejo castanho na fase adulta tem de sete a nove milímetros de comprimento e de quatro a cinco milímetros de maior largura. As pernas anteriores são destinadas à escavação e as posteriores possuem fortes cerdas e espinhos. As formas jovens são de coloração marrom-clara. Durante a noite, podem voar para outras localidades; os ovos são postos no solo. O percevejo-castanho é facilmente reconhecível, no momento da abertura dos sulcos, pelo cheiro desagradável que exala. Nas épocas mais secas, aprofunda-se no solo à procura de regiões mais úmidas, retornando à superfície durante as chuvas. Segundo Raga *et al* (2000) as plantas atacadas

têm as suas raízes sugadas por ninfas e adultos, tornando-se raquíticas; o desenvolvimento reduzido e posterior morte da planta podem ser confundidos com deficiência nutricional, mas que é facilmente diferenciada quando as plantas são arrancadas do solo, pois exalam um odor típico, oriundo das glândulas odoríferas do inseto.

Larva-alfinete - *Diabrotica speciosa* (Germar 1824) (Coleoptera, Chrysomelidae)

Os adultos de *D. speciosa* são muito conhecidos, especialmente pela coloração verde-amarela, recebendo às vezes a denominação de “nacional” ou “patriota”. São pequenos besouros com coloração geral verde, sobressaindo nas asas três manchas amarelas. São insetos pequenos e ágeis, com cerca de seis milímetros de comprimento. Tanto o macho quanto a fêmea alimentam-se das folhas de diferentes culturas e, no milho, seus danos às vezes são confundidos com os ocasionados por larvas de lepidópteros, especialmente da lagarta-do-cartucho, quando raspam as folhas. Os ovos são colocados no solo próximo à planta hospedeira. A larva é cilíndrica e, quando completamente desenvolvida, atinge o tamanho máximo de 10 a 12 mm, com cerca de um milímetro de diâmetro. É de coloração geral esbranquiçada, sobressaindo a cabeça e o ápice do abdome, que são de coloração preta. Alimenta-se da região da raiz e pode atingir o ponto de crescimento, matando as plantas recém-germinadas. Com o desenvolvimento da planta e também das larvas, é comum o ataque ser verificado nas raízes adventícias, prejudicando o desenvolvimento normal da planta. Em ataques intensos é comum o desenvolvimento de raízes nos nós da planta. A planta desenvolve-se de maneira irregular, apresentando-se recurvada. O ciclo biológico total do inseto dura cerca de 53 dias, sendo de 13, 23 e 17 dias os períodos de incubação, larval e pupal, respectivamente.

Larva-angorá ou peludinha, *Astylus* spp. (Coleoptera, Dasytidae)

Os adultos do gênero *Astylus* são polenófagos e comumente encontrados em flores de plantas nativas e cultivadas, podendo acarretar danos mecânicos aos órgãos florais. Pouco se conhece sobre os efeitos danosos das larvas dessas espécies. Entre os poucos trabalhos existentes, Matioli *et al* (1990) salientaram a importância de *A. variegatus* em alguns estados brasileiros, cujas larvas de hábitos subterrâneos atacam as sementes de milho antes da germinação, acarretando grande redução na população de plantas.

As larvas de *A. variegatus* são densamente cobertas por longos pelos marrons, recebendo por isso, o nome comum de larva-angorá. O adulto é um inseto pequeno de aproximadamente sete a oito mm, sendo o macho um pouco menor. Os élitros são de coloração amarela, com cinco manchas negras. Segundo Mاتيoli *et al.* (1990), a espécie é univoltina, com uma duração de cerca de 360 dias para o seu ciclo biológico e de aproximadamente 300 dias para a fase larval.

Bicho bolo ou coró, *Phyllophaga* spp., *Cyclocephala* spp. e *Diloboderus abderus* Sturm, 1826 (Coleoptera, Scarabaeidae)

As larvas dos insetos conhecidos como bicho-bolo ou corós (*Phyllophaga* spp., *Cyclocephala* spp. e *Diloboderus abderus*) são muito semelhantes quanto ao aspecto geral, com o corpo de coloração branco-amarelada e em forma de C; a cabeça é de cor marrom e possuem três pares de pernas. A ponta do abdômen é brilhante e transparente e o conteúdo interno do corpo pode ser visualizado através da pele. Dentro de um mesmo estágio de desenvolvimento, as larvas de cada espécie podem ser separadas pelo tamanho e pela disposição dos pêlos e espinhos na região ventral do último segmento abdominal (Salvadori, 1997). Nas espécies do gênero *Phyllophaga* existem duas fileiras paralelas de espinhos no centro daquele segmento; em *Cyclocephala* existe distribuição uniforme das setas no último segmento abdominal da larva; a cabeça das larvas de *D. abderus* é de coloração marrom-avermelhada, mais escura do que a cabeça das outras duas espécies, que é marrom-amarelada. Os adultos são mais facilmente separados, especialmente no tamanho e na cor. *D. abderus* são os de maior tamanho (cerca de 25 mm), apresentando coloração pardo-escura, sendo que os machos apresentam "chifre". Os besouros de *Phyllophaga* sp. são de tamanho intermediário (20 mm) em relação às outras duas espécies, e apresentam coloração marrom-avermelhada brilhante. Os besouros de *Cyclocephala* são os de menor tamanho (cerca de 15 mm) e apresentam coloração marrom-amarelada.

Os danos geralmente são localizados, isto é, em reboleiras. Pequenas áreas podem ser totalmente destruídas, enquanto outras permanecem intactas. Essa variação reflete a preferência dos adultos por oviposição em certos tipos de solo. Mesmo pequenas variações na textura do solo aparentemente podem afetar a preferência pela oviposição. À semelhança de outros insetos de solo, as espécies de bicho-bolo no Brasil, são pouco conhecidas e estudadas em relação à sua taxonomia e bioecologia, o que dificulta o estabelecimento de seus níveis de dano na cultura de milho.

Alvarado (1980, 1983, 1989) relatou que na Argentina o efeito de larvas de *D. abderus* é evidente na fase inicial de milho, quando as densidades são superiores a quatro larvas/m². No Brasil, Silva & Costa (2002), concluiu que o nível de controle para milho seria de apenas 0,5 larvas/m².

Larva-aramé – *Agriotes*, *Conoderus* e *Melanotus* (Coleoptera, Elateridae).

As informações sobre a biologia da praga encontradas no Brasil são na maioria genéricas. Os adultos desses insetos variam de seis a 19 mm de comprimento, possuem coloração marrom ou mesmo mais escura e têm forma alongada, afunilando nas extremidades. Depositam seus ovos no solo, entre as raízes de gramíneas. As larvas alimentam-se das raízes de milho e de outras gramíneas. As recém-nascidas são de coloração esbranquiçada. Quando completamente desenvolvidas adquirem coloração marrom-amarelada e o corpo torna-se bastante esclerotizado. O período larval varia de dois a cinco anos. Findo esse período, a larva forma uma célula no solo e transforma-se numa pupa tenra e de coloração branca, permanecendo nesse estágio por um período curto de tempo, findo os quais emergem os adultos.

Medidas de controle para pragas subterrâneas

Em função da escassez de informações sobre a bioecologia dessas pragas, as recomendações de controle muitas vezes são de caráter geral. Uma delas se baseia na rotação de culturas que, de maneira geral, influencia o grau de incidência de uma ou outra espécie de pragas subterrâneas na cultura do milho de acordo com o tipo de cultivo utilizado na rotação, com a seqüência de rotação e com o tempo que se tenha cultivado a mesma espécie vegetal antes de mudar para outra (Lima, 1992). Segundo Gray & Steffey (1993) o potencial de dano de uma praga subterrânea é baixo na cultura do milho, quando esse é semeado após a soja, não necessitando, portanto, de medidas químicas de controle. Porém, quando o milho é semeado após milho ou após pastagem, pode-se esperar problemas maiores, especialmente em relação ao bicho-bolo, larva-aramé e larva-alfinete.

O tipo de equipamento, a época, a profundidade e a frequência de cultivo podem afetar a sobrevivência de certos insetos de solo (Steffey *et al.*, 1992). Segundo esses autores, a aração e a gradagem têm efeitos diretos na sobrevivência de alguns insetos, por provocar a sua morte por esmagamento ou indiretos especialmente através das altas temperaturas que são atingidas na superfície do solo removido, após o preparo para o plantio, que são

letais para várias espécies de insetos. Segundo Lima (1992) a eliminação de hospedeiros intermediários, principalmente na antessafra, é outra medida que contribui para diminuir a população de pragas subterrâneas, aliviando a pressão de infestações que ocorreriam no próximo cultivo.

De modo geral o controle químico, ainda é o mais utilizado, baseia-se em aplicações preventivas uma vez que o controle curativo, mesmo que possível, nem sempre leva a resultados satisfatórios, considerando que ao notar os sintomas, parte do prejuízo já está feito (Lima, 1992). Uma dessas medidas é baseada no tratamento da semente com inseticidas sistêmicos. Esse método dá proteção à semente e/ou plântula contra a maioria das pragas subterrâneas, seja pelo efeito direto do produto em contato com a praga causando sua morte ou pelo efeito de repelência, não deixando que a praga ocasione danos na fase mais crítica da cultura.

As pesquisas no Brasil voltadas para o controle de pragas subterrâneas específicas na cultura do milho não são muitas. É o que acontece, por exemplo, com a larva-angorá e com os cupins, onde há uma grande carência de informações documentadas. Maior ênfase tem sido dada ao controle dos cupins na cultura da cana-de-açúcar (Pizano, 1995; Macedo, 1995).

Segundo Viana & Marochi (2002) o controle químico tem sido o método mais utilizado em programas de manejo das várias espécies de *Diabrotica*. No entanto, para *D. speciosa*, a espécie que ataca o milho no Brasil, os trabalhos são escassos, impossibilitando uma recomendação eficiente de inseticidas ou método de aplicação. Os estudos relatados em outros países indicam a persistência (seis a dez semanas para conferir proteção à planta durante o período mais suscetível) dos inseticidas como fator importante no controle de *Diabrotica* (Levine & Oloumi-Sadeghi, 1991). No entanto, resultados inconsistentes têm sido relatados em vários trabalhos visando o controle da praga (Apple *et al.*, 1977; Sutter *et al.*, 1989, 1990; Davis & Coleman, 1997). No Brasil, Viana & Marochi (2002) avaliando a eficiência de diversos inseticidas aplicados através de diferentes métodos para o controle de *Diabrotica*, em área com a presença tanto de *D. speciosa*, quanto de *D. viridula*, obtiveram maior eficiência com a utilização de inseticidas aplicados no sulco de plantio na formulação granulada ou na formulação líquida em pulverização, quando comparado às aplicações dos inseticidas via tratamento de sementes.

Para o controle de *S. castanea*, Raga *et al.* (1997) trabalhando com inseticidas via tratamento de semente ou aplicados sobre o solo, destacaram apenas o inseticida clorpirifos como

eficiente, quando pulverizado no sulco de plantio. Em outro trabalho na mesma cultura, em avaliação realizada aos 55 dias após a semeadura, encontraram maior eficiência na redução populacional do inseto, empregando os inseticidas (gramas de ingrediente ativo/ha) terbufos (2000 e 3000), fipronil (80 g) e endosulfan (525 e 1050 g), estimando níveis médios de mortalidade de 97,9; 95,8; 76,3 e 64,6%, respectivamente (Raga *et al.* 1998).

Para controlar o bicho-bolo, *D. abderus*, Silva (1996) estudando diferentes inseticidas de tratamento de sementes, concluiu, baseando-se em número de larvas vivas, população de plantas e produtividade de grãos, que os melhores produtos foram thiodicarb (700g/100 kg de sementes), carbossulfan (500g), e furathiocarb (640g).

Pragas do colmo

Lagarta-elasmo, *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848) (Lepidoptera, Pyralidae)

Apesar de ser uma praga importante no Brasil, especialmente na área de cerrado, a literatura registra poucos trabalhos sobre a biologia de *E. lignosellus*. A mariposa de *E. lignosellus* mede cerca de 20 mm de envergadura, de coloração escura, sendo às vezes notada na plântula ou mesmo no solo. As fêmeas depositam em média de 100 a 120 ovos durante o período de vida. Os ovos na maioria das vezes são colocados no solo, individualmente, concentrados nos 30 cm ao redor da planta sendo difíceis de serem observados. A lagarta eclode em média aos três dias após a oviposição. A lagarta, inicialmente, alimenta-se das folhas, descendo em seguida para o solo, penetrando no colmo da planta, logo abaixo do nível do solo, alimentando-se no seu interior. A coloração da lagarta quando completamente desenvolvida é esverdeada com anéis e listras de coloração vermelho-escura e mede cerca de 16 mm. A lagarta geralmente fica associada à planta hospedeira, construindo um casulo, na parte externa, com restos vegetais, terra e teia, dentro do qual se abriga. Findo o período de larva (média de 14 a 20 dias, dependendo das condições ambientais), a lagarta transforma-se em crisálida, no solo, próximo da haste da planta e, após aproximadamente oito dias, emerge o adulto.

Os maiores prejuízos para a cultura do milho são causados nos primeiros 20 dias após a germinação. Portanto, para se identificar a presença da lagarta-elasmo no campo, deve-se proceder ao levantamento considerando aquele período de tempo. Quando o ataque ocorre em plantas recém-emergidas, às vezes não

se tem tempo de perceber a presença da praga, devido ao secamento de toda a planta e sua remoção por ação do vento. No entanto, em plantas mais desenvolvidas, é comum ser verificado o sintoma de dano conhecido como “coração morto”, ou seja, folhas centrais mortas, facilmente destacáveis e folhas externas ainda verdes.

Lagarta rosca, *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766) (Lepidoptera, Noctuidae)

A mariposa é geralmente de coloração marrom-escura, com áreas claras no primeiro par de asas, coloração clara com os bordos escuros, no segundo par, medindo cerca de 40 mm de envergadura. As posturas são feitas na parte aérea da planta. Após o primeiro instar, as lagartas dirigem-se para o solo, onde permanecem protegidas durante o dia, só saindo ao anoitecer para se alimentar. A lagarta desse inseto alimenta-se da haste da planta, provocando o seccionamento da mesma, que pode ser total, quando as plantas estão com a altura de até 20 cm, pois ainda são muito tenras e finas, e parcial, após esse período. As lagartas de *A. ipsilon* quando completamente desenvolvidas medem cerca de 40 mm, são robustas, cilíndricas, lisas e apresentam coloração variável, predominando a cor cinza-escura. As lagartas quando tocadas enrolam-se tomando o aspecto de uma rosca. A duração do ciclo larval varia entre 20 e 25 dias, à temperatura de $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ (Harris *et al.*, 1962; Santos & Nakano, 1982). A lagarta transforma-se em pupa no próprio solo. A duração do estágio pupal varia entre 11 e 15 dias (à temperatura de $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$) (Harris *et al.*, 1962; Nasr & Naguib, 1964; Santos & Nakano, 1982).

Broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera, Pyralidae)

A mariposa de *D. saccharalis* é de coloração amarelo-palha, com aproximadamente 20 mm de envergadura. Os ovos são colocados de maneira sobreposta tomando um aspecto semelhante à “escamas” nas folhas e no colmo do milho e, num intervalo de quatro a nove dias, dá-se a eclosão das lagartas que inicialmente alimentam-se da folha. Posteriormente, dirigem-se para a bainha e penetram no colmo, fazendo galerias ascendentes. A lagarta apresenta a cabeça marrom e o corpo esbranquiçado, com inúmeros pontos escuros. O período larval médio é de 44 dias. Quando atinge o completo desenvolvimento a lagarta constrói uma câmara, alargando a própria galeria até o colmo, onde corta uma seção circular, que fica presa com fios de seda e serragem e transforma-se

em pupa, permanecendo nesse estágio por um período variável de nove a 14, dias até emergir o adulto.

Os prejuízos diretos causados pela lagarta, através da penetração e alimentação no interior do colmo, aparentemente não são importantes, quando o ataque ocorre em plantas mais desenvolvidas, pois a planta atacada produz normalmente, mesmo sob condições de forte infestação natural. No entanto, através das galerias, a broca torna a planta bastante suscetível à queda por ação do vento, prejudicando a colheita mecânica das espigas ou o corte mecânico para silagem, e causando prejuízos indiretos elevados, pois, quando a planta cai, os grãos em contato com o solo sofrem ataques de microrganismos ou iniciam a germinação. Quando o ataque ocorre logo no início da implantação da cultura, os prejuízos são altos devido ao perfilhamento ou pela morte das plântulas.

Medidas de Controle para as pragas de colmo

Tratamento de sementes

Em anos recentes tem-se pesquisado muito o uso de maneira preventiva, do tratamento da semente com inseticidas sistêmicos. Os primeiros inseticidas registrados via tratamento de sementes tiveram como alvo principal, o controle de *E. lignosellus*. Os resultados de pesquisa mostravam diferenças altamente significativas entre parcelas tratadas e não tratadas, seja pelo controle específico da praga (Figura 1) ou pelo efeito global, especialmente em áreas onde normalmente também ocorrem pragas subterrâneas (Figura 2). O tratamento de sementes também é eficaz para o controle da lagarta-rosca e broca-da-cana, porém somente para os ataques em plântulas.

Pulverizações convencionais

Uma vez estabelecida a cultura sem o tratamento prévio da semente, a opção será a pulverização com inseticidas de contato, em alto volume, com jato dirigido da calda para a base da planta, onde se encontra tanto a lagarta-elasmô quanto a lagarta-rosca. Deve-se aplicar o produto tão logo sejam detectados os primeiros sintomas de ataque; portanto, é fundamental o monitoramento constante dentro da lavoura, pelo menos da emergência até cerca de vinte dias do plantio.

O controle da broca-da-cana é o mais complexo entre as pragas de colmo, pois uma vez dentro do colmo da planta a lagarta não é atingida por medidas convencionais de controle, como a pulverização com inseticidas químicos. Às vezes, quando a infestação é muito alta, pode-se aplicar os produtos para tentar o

controle de ovos e/ou lagartas pequenas que ainda não penetraram no colmo. Na cana-de-açúcar que é um hospedeiro preferencial da praga o controle biológico tem sido uma realidade no Brasil (Macedo *et al.*, 1993). Existem laboratórios de produção de moscas e vespas, que são liberadas na área, e em função da capacidade inerente de busca de cada espécie liberada, procuram e controlam eficientemente a praga. Com o aumento da incidência na cultura do milho, tal tecnologia biológica pode ser facilmente adaptável.

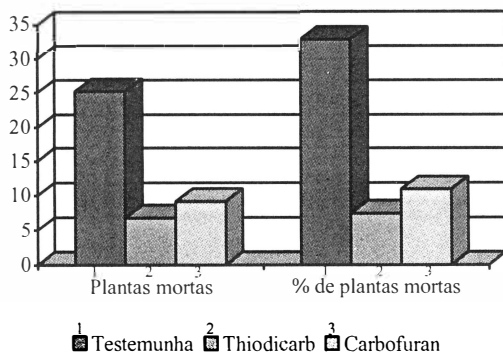


Figura 1. Número e percentagem de plantas de milho mortas por *Elasmopalpus lignosellus* em parcelas sujeitas ao tratamento com os inseticidas thiodicarb (650 g/100 kg de sementes) e carbofuran (700 g) em relação a parcelas sem tratamento químico (adaptado de Cruz, 1996).

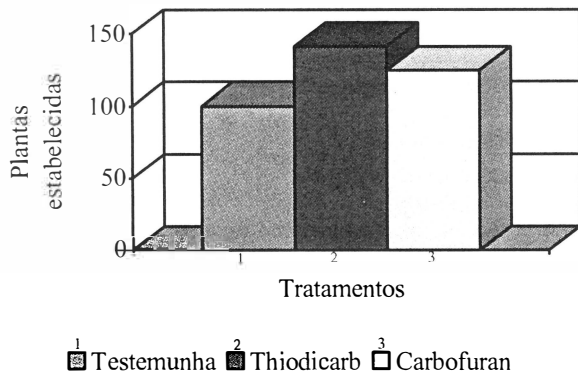


Figura 2. Plantas de milho estabelecidas em parcelas sujeitas ao tratamento com os inseticidas thiodicarb (650 g/100 kg de sementes), carbofuran (700 g) em relação a parcelas sem tratamento químico; avaliação aos 32 dias após o plantio (adaptado de Cruz, 1996).

Pragas da parte aérea (fase vegetativa)

Mastigadores

Lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae)

A lagarta-do-cartucho é a principal praga da cultura do milho por sua ocorrência generalizada e por atacar todos os estágios de desenvolvimento da planta. A redução nos rendimentos de grãos devido ao ataque dessa praga varia de 17,7 a 55,6% de acordo com o estágio de desenvolvimento e dos genótipos de milho (Cruz & Turpin, 1982, 1983, Williams & Davis, 1990, Willink *et al.*, 1991, Cruz *et al.*, 1996, 1999). Aspectos sobre a sua bioecologia foram revisados por Cruz (1995b). A mariposa coloca seus ovos agrupados formando uma massa. O período de incubação nos meses de verão, é em torno de três dias. As larvas recém-eclodidas iniciam sua alimentação pelas partes mais tenras das folhas, deixando um sintoma de dano característico, pois se alimentam apenas da parte verde, sem, no entanto ocasionar furos nas folhas, ou seja, “raspam” a folha, deixando apenas a epiderme membranosa. Quando a lagarta passa para o segundo instar ela começa a furar as folhas, indo em direção ao cartucho da planta, local onde permanece até próximo ao estágio de pupa. Durante o período larval, em torno de 18 a 20 dias, a lagarta consome grande quantidade de área foliar, geralmente alimentando-se das folhas mais tenras. A lagarta pode também penetrar no colmo, através do cartucho, fazendo galerias descendentes, até danificar o ponto de crescimento, ocasionando o sintoma denominado coração morto. Um outro dano provocado pela lagarta-do-cartucho é através do seccionamento na base do colmo que pode ser parcial ou total, neste caso, com a morte da planta. O ponto de inserção da espiga pode ser também atacado, sendo nesse caso com perda total da produção da planta atacada devido a não formação de grãos ou pela queda da espiga com grãos ainda em formação. São também comuns os danos diretamente no grão em formação dentro da espiga, ocasionando danos diretos pela alimentação, ou indiretos por facilitar a penetração de microrganismos, tais como fungos e bactérias. Nesse caso, a perda em qualidade do grão e conseqüentemente da própria silagem é reduzida.

Lagarta-militar ou curuquerê-dos-capinzais, *Mocis latipes* (Guennée, 1852) (Lepidoptera, Noctuidae)

A mariposa de *M. latipes*, conhecida na fase de larva como curuquerê-dos-capinzais ou lagarta-militar é de coloração pardo-

acinzentada e mede cerca de 40 mm de envergadura. As fêmeas colocam os ovos nas folhas de milho e o período de incubação é em torno de quatro dias. As lagartas alimentam-se inicialmente da epiderme da folha, danificando a cultura do milho da periferia para o centro. Findo o período larval, em torno de 20 dias, tece o casulo na própria folha que atacou, transformando-se em seguida em pupa e permanecendo nesse período cerca de dez dias.

Esse inseto pode ser facilmente identificado na cultura do milho pela presença de lagartas de coloração verde-escura, com estrias longitudinais castanho-escura, limitadas por estrias amarelas, do tipo "mede-palmo". O inseto geralmente se alimenta da folha, destruindo-a completamente, com exceção da nervura central.

Medidas de controle de insetos mastigadores que atacam a fase vegetativa do milho.

A lagarta-do-cartucho é sem dúvida a praga de maior preocupação em termos de manejo, em virtude da sua ocorrência em praticamente todas as fases de desenvolvimento da planta. Em função disso, diferentes estratégias de manejo precisam ser adotadas.

Ataque no início de desenvolvimento da cultura de milho, acarretará uma redução do número de plantas na área, pois a plântula fatalmente será morta pela praga. Em função da pequena área foliar da planta, muitas vezes o controle via pulverização convencional não é eficiente, pois o produto não fica retido na folha, diminuindo seu período residual. A medida de controle baseada no uso de inseticidas sistêmicos via tratamento de sementes tem sido uma alternativa viável, podendo ser utilizados os mesmos produtos para o controle da lagarta-elasmô.

Em plantas mais desenvolvidas, ou seja, a partir do estágio de oito folhas, muitas vezes a eficiência esperada do controle da praga não é alcançada, não pela ineficiência do produto utilizado, mas sim, devido ao método de aplicação. Por exemplo, em estágios mais avançados de desenvolvimento da planta a eficiência da aplicação via trator pode cair significativamente devido ao tombamento das plantas pela própria barra de pulverização fazendo com que o produto não atinja o centro do cartucho da planta onde se encontra a praga.

Um indicativo para se determinar a época de se controlar a lagarta-do-cartucho (Nível de Controle – NC, ou % de plantas atacadas acima do qual se recomenda o controle) na cultura de milho destinado à produção de grãos, é mostrado na Tabela 1. Nessa Tabela encontra-se o valor calculado de percentagem de plantas atacadas, os quais, quando comparados com o valor real da

infestação observada no campo, serve de base para se tomar decisões sobre o controle da praga. Um valor médio encontrado no campo, semelhante ou superior ao valor determinado pela Tabela 1, leva a decisão de controlar a praga. O valor da Tabela 1 é estabelecido em função de uma fórmula, que leva em consideração o custo do controle, o dano médio que a praga ocasiona (média de 20%) e o valor a ser protegido (valor monetário do milho). Assume-se que quanto maior for o valor a ser protegido, menor será a tolerância à praga. O NC calculado é então comparado ao valor real da % de plantas atacadas, obtido no campo, após uma amostragem realizada em cinco pontos/ha (100 plantas consecutivas por ponto).

Exemplificando, para um rendimento esperado de seis toneladas de grãos de milho por hectare e um custo de controle de R\$ 10,00, o ponto de decisão sobre a necessidade de controle da lagarta-do-cartucho, seria para uma infestação igual ou superior a 8,3%.

Tabela 1. Valor estimado da incidência da lagarta-do-cartucho na cultura de milho (%) acima do qual se deve utilizar medidas de controle.

Custo do controle (R\$)	Nível de Controle (% de plantas atacadas) ¹ para rendimentos estimados (ton./ha) de:					
	3	4	5	6	7	8
6	10,0	7,5	6,0	5,0	4,3	3,7
7	11,7	8,7	7,0	5,8	5,0	4,4
8	13,3	10,0	8,0	6,7	5,7	5,0
9	15,0	11,2	9,0	7,5	6,4	5,6
10	16,7	12,5	10,0	8,3	7,1	6,2
11	18,3	13,7	11,0	9,2	7,9	6,9

¹ NC calculado pela fórmula: $100 \times \text{Custo do Controle em R\$/ha} / (0,20 \times \text{kg/ha} \times \text{preço do milho, em R\$/kg})$, em que o valor fixo de 0,20 é o dano médio que a praga ocasiona ao milho (20%); assumindo um valor de R\$ 0,10 (o kg de milho).

Devido às características de ataque da lagarta-militar na cultura de milho, geralmente em surtos, a aplicação de inseticidas químicos deve ser imediata e dirigida para todas as partes da planta. Quando o ataque da praga ocorre em plantas cujo estágio de desenvolvimento impede a entrada de equipamentos como o trator, pode-se fazer uso da pulverização via água de irrigação ou através de avião. Considerando que a ocorrência inicial da praga pode ser nas plantas daninhas dentro ou fora da cultura do milho, muitas vezes, o controle desses focos resulta em uma maior eficiência e um menor custo, por ser uma aplicação localizada.

Sugadores

Pulgão-do-milho, *Rhopalosiphum maidis* Fitch, 1856 (Homoptera, Aphididae).

O pulgão-do-milho é uma praga de distribuição cosmopolita. É um inseto sugador de seiva, que se alimenta pela introdução de seu aparelho bucal nas folhas novas das plantas. Sua reprodução se processa por partenogênese. Tanto as formas ápteras, quanto às aladas são constituídas de fêmeas larvíparas. O adulto apresenta coloração geral verde-azulada, medindo as formas ápteras cerca de 1,5 mm de comprimento. As formas aladas são menores e apresentam as asas hialinas transparentes. Tanto os imaturos quanto os adultos alimentam-se de maneira contínua, extraindo grande quantidade de seiva.

O inseto alimenta-se de sorgo, milho, cereais de inverno e outras gramíneas. São também transmissores de forma não persistente de doenças tais como a virose do mosaico comum, causada por potyvirus, que pode ser identificada por seus sintomas típicos de mosaico formado por manchas de cor verde claro, que contrastam com a tonalidade de verde normal das folhas.

Cigarrinha do milho, *Dalbulus maidis* (Delong & Wolcott, 1923) (Homoptera, Cicadellidae)

Dalbulus maidis é a cigarrinha mais importante da cultura do milho na América Latina (Nault, 1990). Essa espécie no Brasil ainda é de importância relativamente pequena pelos danos diretos ocasionados através da sucção de seiva. No entanto, por serem transmissores eficazes de doenças, têm recebido muita atenção dos pesquisadores, pois a alta incidência das doenças transmitidas pode limitar a produção do milho. A fêmea medindo cerca de cinco milímetros coloca seus ovos alongados, incrustados na nervura principal, geralmente no interior do cartucho. Tanto as ninfas como os adultos são sugadores de seiva. No processo de alimentação em uma planta doente e posteriormente em uma sadia ocorre a transmissão da doença, que pode ocasionar perdas elevadas nos rendimentos.

Entre as principais doenças transmitidas pela cigarrinha, estão os enfezamentos, que são doenças sistêmicas associadas à presença, no floema das plantas, de microorganismos procariontes, pertencentes à classe Mollicutes (espiroplasma e fitoplasma) (Fernandes & Oliveira, 2000). Os enfezamentos reduzem significativamente a quantidade absorvida de nutrientes pelas plantas de milho, com conseqüente redução na produção, sendo

esse efeito influenciado pela susceptibilidade da cultivar, época de infecção das plantas e temperatura ambiente.

Percevejo barriga verde, *Dichelops* spp. e percevejo-verde, *Nezara viridula* Linnaeu 1758 (Hemiptera, Pentatomidae)

Em anos recentes e em algumas regiões do país, tem-se verificado a ocorrência dos percevejos *Dichelops* e *Nezara* especialmente em plantas jovens de milho. Os gêneros são facilmente separados, pois o *Nezara* é totalmente verde e de maior dimensão, enquanto que o *Dichelops* apresenta o dorso marrom.

Tais insetos geralmente migram da cultura da soja para se alimentar de plântulas de milho, podendo causar redução do número de plantas por unidade de área. Quando o ataque ocorre em plantas mais desenvolvidas e a planta não morre, é comum o aparecimento de perfilhos improdutivos. Além disso, a planta atacada apresenta um crescimento retardado.

Cigarrinha-das-pastagens *Deois flavopicta* (Stall, 1954) (Homoptera, Cercopidae)

A cigarrinha-das-pastagens, *D. flavopicta*, uma praga chave na agropecuária brasileira, por causar elevados danos nas pastagens, principalmente de braquiária, pode atacar e causar também, prejuízos na cultura de milho, embora nesta, somente os adultos causem danos. A cigarrinha prejudica as plantas por sugá-las e injetar uma toxina que bloqueia e impede a circulação da seiva.

Tripes, *Frankliniella williamsi* Hood 1915 (Thysanoptera, Tripidae)

A ocorrência de tripses na cultura do milho é relativamente comum, especialmente nas espigas sem danos econômicos aparentes. No entanto, nos últimos anos a sua incidência logo após a emergência, tem causado danos significativos por provocar a morte da planta. Muito ainda precisa ser pesquisado em relação a esse inseto, no entanto, por afetar diretamente o número de plantas na colheita é um inseto que deve ser considerado nas estratégias de manejo. Normalmente a distribuição regular de chuvas nos dias seguidos ao plantio e emergência do milho tem desfavorecido o inseto. Porém, períodos secos muitas vezes obrigam o uso de medidas de controle.

Medidas de controle de insetos sugadores que atacam a fase vegetativa do milho

Dependendo do nível de infestação do pulgão do milho, às vezes é necessário o controle químico desses insetos,

principalmente quando não existem inimigos naturais em quantidade suficiente para seu controle. Além disso, deve-se preocupar com o estágio de desenvolvimento da cultura, pois pode não ser possível a entrada com os equipamentos de aplicação, o que permitiria um aumento significativo da população da praga. O inseto é muito suscetível à ação de produtos de contato ou sistêmico.

Muitas vezes essa praga não consegue atingir uma alta população em função de vários inimigos naturais presentes na área. Entre os mais importantes agentes de controle biológico estão os insetos popularmente conhecidos por "joaninhas" (*Hippodamia*, *Coccinela*, *Coleomegilla* entre outras – Coleoptera: Coccinellidae), cujas larvas e adultos alimentam-se tanto de adultos como de formas imaturas do pulgão; as ninfas e adultos da tesourinha *Doru luteipes* Scudder (Dermaptera: Forficulidae); as formas imaturas de Syrphidae (Diptera) e de Chrysopidae, especialmente *Chrysoperla externa* (Neuroptera).

Para a cigarrinha *D. maidis* considerando que os danos são mais significativos em relação às doenças transmitidas e que basta uma picada do inseto para que ocorra a transmissão, a eficiência do controle do vetor não tem sido suficiente para evitar os danos ocasionados pelas doenças. Deve-se, portanto, lançar mão de outras táticas de manejo. Evitar o plantio de cultivares muito suscetíveis, selecionando-as de acordo com as características indicadas em Cruz *et al* (2001).

O tratamento de sementes tem sido uma alternativa viável para o controle dos percevejos. Martins & Weber (1998) estudaram a eficiência e praticabilidade agrônômica do imidacloprid (Gaucho 700 PM, nas doses de 140 e 210 g do ingrediente ativo/100 kg de sementes), comparando-o com uma pulverização convencional com methamidophos (Tamaron BR, a 240 g/ha, aplicado um e 14 dias após a semeadura). A eficiência do tratamento de sementes no controle do inseto foi superior a 87%, em avaliações realizadas aos 20 e 30 dias após a emergência da planta (Figura 3).

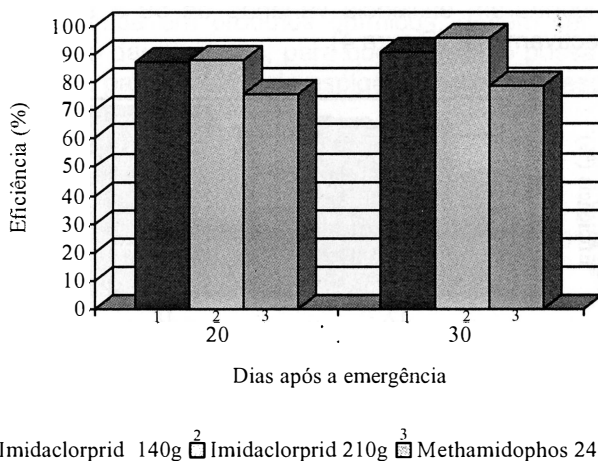


Figura 3. Eficiência do tratamento de sementes de milho com imidacloprid e da pulverização com methamidophos no controle de *Dichelops furcatus* (adaptado de Martins & Weber, 1998).

O tratamento da semente propicia um controle relativamente bom, porém com um residual muito pequeno. Assim sendo, dependendo da população da praga (dois percevejos por metro de sulco) haverá necessidade de utilização de medidas complementares, através da pulverização. Nesse caso, o inseticida deve ser direcionado especialmente para atingir o colmo da planta, onde normalmente encontra-se o inseto.

Para a cigarrinha *D. flavopicta* deve-se estar atento para as possíveis migrações do inseto das pastagens para o milho ainda jovem. O tratamento de sementes pode dar um bom controle se as infestações forem precoces. Quando o ataque é intenso e em plantas maiores, se for necessária alguma medida química de controle, deve-se dar preferência para os produtos seletivos e de baixa toxicidade.

Considerando a importância do trips para a cultura do milho é geralmente logo após a emergência da planta: Estudos sobre o desempenho de inseticidas via tratamento de sementes têm sido realizados. Por exemplo, Albuquerque *et al.* (1998), trabalhando em parcelas de milho de 54m², cujas sementes foram tratadas com diferentes inseticidas {produtos aplicados em 100 kg de sementes: imidacloprid (Gaucho 700 PM - 0,5 kg de p.c.), imidacloprid (Gaucho 600 SC - 0,4, 0,6 e 0,8 litros de p.c.) e carbofuran (Furazin 310 SC - 2,26 litros de p.c.)} e amostrando e contando o número total de ninfas e adultos de trips presentes nas bainhas e limbos foliares de

10 plantas/parcela, aos 12 e aos 18 dias após a emergência da cultura, encontraram eficiência variando de 59 a 90%, e de 83 a 96%, respectivamente (Figura 4).

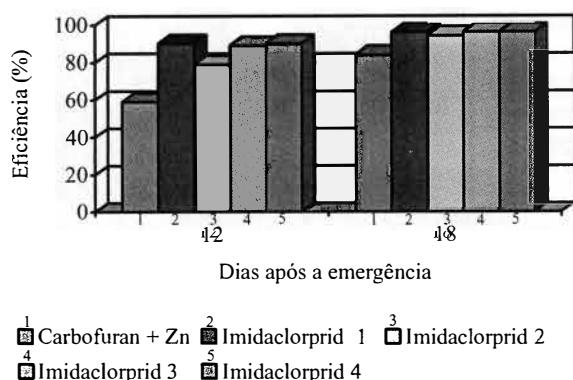


Figura 4. Eficiência de diferentes inseticidas (Furazin 310 SC – carbofuran + Zn, a 700 g/100 kg de sementes, Gaucho 700 PM – imidacloprid a 350g e Gaucho 600 SC – imidacloprid nas doses de 240, 360 e 480g) sobre o *Frankliniella williamsi*, em plantas de milho (adaptado de Albuquerque *et al.* 1998).

Pragas da parte aérea (espiga)

Lagarta-da-espiga, *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera, Noctuidae)

O adulto de *H. zea* é uma mariposa com cerca de 40mm de envergadura, com as asas anteriores de coloração amarelo-parda, com uma faixa transversal mais escura, apresentando também manchas escuras dispersas sobre as asas. As asas posteriores são mais claras, com uma faixa nas bordas externas. A fêmea fecundada põe os ovos em qualquer parte da planta, mas sua preferência é para os estilo-estigmas. Cada fêmea oviposita em média 1.000 ovos durante sua vida. Durante o verão, num período de três a quatro dias dá-se a eclosão das lagartas que começam a alimentar-se imediatamente. À medida que elas se desenvolvem, penetram no interior da espiga e iniciam a destruição dos grãos em formação.

Medidas de controle para as pragas da parte aérea (espiga)

A presença de inimigos naturais, especialmente parasitóides de ovos como *Trichogramma* e os predadores *Orius* e *D. luteipes*, tem sido suficiente para manter a lagarta-da-espiga em baixa densidade populacional. Em situações em que o controle natural não tem sido efetivo, o controle biológico aplicado pode ser utilizado especialmente através de espécies de *Trichogramma* (parasitóide de

ovos), já disponíveis comercialmente no Brasil. Se a medida de controle for baseada em produtos químicos, devem ser utilizadas logo após o início das posturas, para que o produto possa atingir as lagartas ainda na parte externa da espiga, e, portanto, desprotegidas pela palha.

Manejo Integrado

Em função das particularidades das diferentes pragas que atacam a cultura do milho, e principalmente devido ao avanço no desenvolvimento de populações resistentes aos inseticidas químicos, com certeza determinadas táticas deverão receber maior atenção por parte dos técnicos responsáveis pelo manejo: controle biológico com predadores e parasitóides; controle microbiano, uso seletivo de produtos químicos e plantas geneticamente modificadas.

Controle biológico com predadores e parasitóides

Essa tática de controle contra as pragas do milho, embora não tenha sido ainda amplamente utilizada, deve aumentar de importância nos próximos anos, especialmente quando composta com outros métodos de controle, principalmente em função das melhorias nas técnicas de produção dos inimigos naturais, do conhecimento da época mais apropriada de liberação; a busca de novas espécies ou raças mais efetivas, também deve contribuir de maneira substancial para o aumento da eficiência desse método de controle (Cruz, 2002).

Em diversos países existem programas de controle biológico através de *Trichogramma*, um inimigo natural muito importante na manutenção de baixas populações de lagartas de *H. zea* nas espigas de milho. Além da eficiência desse parasitóide no campo, sua criação em escala pode ser facilmente conseguida em laboratório (Cruz, *et al.*, 1999a), abrindo espaço para o controle de outras pragas. Vários outros inimigos naturais têm sido considerados promissores para uso em programas de manejo de pragas, especialmente em relação às espécies de Lepidoptera (Cruz, 1994, 1995 a, Cruz *et al.* 1995 ab, 1997 a, Cruz & Oliveira, 1997, Reis *et al.*, 1988, Rezende *et al.*, 1994, 1995, Figueiredo *et al.*, 2002). Apesar de todos esses avanços, ainda será necessária a determinação, com maior precisão, do real valor das liberações maciças desses inimigos naturais no campo. Controle cultural para conservar e aumentar os inimigos naturais existentes na área deve ser aumentado no futuro. É bem conhecido o efeito do cultivo do solo que normalmente expõe vários insetos habitantes do solo, tornando-os alvos fáceis para pássaros insetívoros e outros predadores.

Inseticidas microbianos

Os agentes microbianos à base de vírus, têm sido avaliados especialmente para o controle de insetos da ordem Lepidoptera. Para a lagarta-do-cartucho do milho, têm-se estudado dois tipos de *Baculovirus*, ou seja, o vírus de granulose e o vírus de poliedrose nuclear. No entanto, esse último tem sido apontado como de maior potencial de uso contra lagartas de *Spodoptera* spp. O vírus de poliedrose nuclear de *Spodoptera frugiperda* (VPNSF) é específico, isto é, só tem ação sobre a lagarta-do-cartucho. A larva é a fase mais suscetível à sua infecção. Em condições naturais, a praga é infectada mais comumente por via oral ao ingerir o alimento (folhas de milho) contaminado; no entanto é possível também a infecção através dos ovos, dos orifícios de respiração do corpo (espiráculos), ou mesmo através de insetos parasitóides contendo vírus. Uma vez ingerido, os corpos de inclusão poliédrica, encontrando condições alcalinas existentes no mesêntero são dissolvidos liberando os virions. O vírus começa a se multiplicar nos núcleos das células dos tecidos, espalhando-se por todo o corpo do inseto (tecido adiposo, epidérmico, matriz traqueal e mesmo glândulas salivares, tubo de Malpighi e células sanguíneas) e provocando sua morte, geralmente de 6 a 8 dias após a ingestão. Uma lagarta infectada pelo vírus de poliedrose nuclear ingere apenas 7% do alimento normalmente ingerido por uma lagarta sadia (Valicente & Cruz, 1991).

Os principais sintomas da doença são caracterizados pelo aparecimento de manchas no tegumento, amarelecimento e aparência oleosa da pele. Posteriormente, as lagartas perdem a mobilidade e tornam-se escuras, devido à desintegração dos tecidos internos. Gradativamente, as lagartas param de alimentar e dirigem-se para as partes mais altas da planta, ficando dependuradas de cabeça para baixo, fixadas à planta pelas patas traseiras. O tempo para o aparecimento dos primeiros sintomas da doença, bem como a morte do inseto infectado, são influenciados pela idade do hospedeiro em que ocorreu a infecção, pela quantidade ingerida do vírus, pela virulência do patógeno e pelas condições climáticas durante o período em que o inseto ficou infectado.

Estudos de campo determinaram a eficiência de uma formulação pó molhável de um isolado do baculovírus para o controle de *S. frugiperda* (Cruz, 2000; Cruz *et al.*, 1997b, 2002).

Uso de inseticidas seletivos

Apesar do avanço nos métodos alternativos de controle dentro dos programas de MIP, o uso de produtos químicos convencionais ainda será necessário contra muitas pragas para as

quais alternativas ainda não estão disponíveis, ou seja, ainda não foram desenvolvidas ou ainda não estão implementadas. É provável que o controle químico ainda persistirá por um longo período como um dos mais potentes métodos de controle de pragas. No entanto, seu uso contínuo não será mais permitido. Além do aumento da conscientização sobre os problemas ambientais e o perigo para a saúde, seu uso contínuo irá sempre gerar outras consequências, sendo do ponto de vista do MIP, entre as mais importantes, o aumento significativo no nível de resistência da praga.

Plantas geneticamente modificadas

O desenvolvimento da tecnologia de transformação genética permitiu que plantas de milho expressassem genes que codificam proteínas com ação tóxica aos insetos, com o caso de *Bacillus thuringiensis* Berliner, comumente referido como *Bt* (Koziel *et al.*, 1993). Híbridos de milho *Bt* têm sido obtidos e selecionados para o controle de *Diatraea grandiosella* Dyar (Lepidoptera: Crambidae), *D. saccharalis*, *H. zea* e *S. frugiperda* (Bohova *et al.*, 1999). *B. thuringiensis* é uma bactéria de solo com ampla distribuição mundial que produz proteínas semelhante a cristais (daí a denominação “proteína Cri ou Cry” - de Crystal) que matam grupos específicos de insetos (Ostlie *et al.*; 1997). Uma vez ingerida a toxina é ativada para uma forma tóxica (ação estomacal). Várias “raças” de *Bt* têm sido usadas como inseticidas biológicos desde 1938 para controlar pragas de espécies vegetais (Estruch *et al.*, 1997).

Em 1995 a Agência de Proteção Ambiental Americana autorizou o primeiro registro para produção comercial de híbridos de milho *Bt* expressando a delta-endotoxina Cry1(b) derivada de *B. thuringiensis* subespécie *kurstaki* (EPA, 1998). Segundo Fischhoff (1996) a tecnologia desenvolvida (plantas transgênicas) é uma ferramenta muito importante para a solução dos problemas comuns observados com os inseticidas sintéticos e até mesmo com o *Bt* convencional. O milho *Bt* possui um sistema interno que consistentemente disponibiliza a proteína Cry para o inseto alvo durante todo o estágio de desenvolvimento da planta. Dessa maneira, problemas de manejo tais como períodos críticos de aplicação e cobertura inadequada dos inseticidas sintéticos ou degradação rápida pelo calor e/ou raios ultra-violetas sobre o próprio bioinseticida convencional à base de *Bt*, bem como sua menor eficiência em larvas mais desenvolvidas são eliminados (Ostlie *et al.*, 1997; Pilcher *et al.*, 1997). De acordo com Bauer (1995) e Ostlie *et al.* (1997) as proteínas expressas de *Bt* comercializadas não são tóxicas para insetos benéficos, pessoas, animais domésticos,

organismos aquáticos, vida silvestre, ou meio ambiente de modo geral.

A pesquisa com milho transgênico no Brasil é ainda incipiente, e por isso, pouco documentada. No entanto, pelos resultados apresentados em congressos científicos nacionais podem ser verificados avanços, especialmente em relação à *S. frugiperda*.

Referências Bibliográficas

- ALBURQUEQUE, F.A.; BORGES, L.M.; PATTARO, F.C. Eficiência do inseticida imidacloprid no controle de tripes, *Frankliniella williamsi* (Hood, 1915), via tratamento de sementes em milho. Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 22, Recife, PE. Setembro de 1998. Resumo 226.
- ALVARADO, L. Daños de insectos del suelo en semillas del plantas cultivadas. Pergamino: INTA/EER, 1983. 7p. (Informe Técnico, 180).
- ALVARADO, L. Amostragem de insetos de solo. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE INSETOS DE SOLO, 2, 1989. Londrina, PR. Ata ... Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1989. p.34-37.
- ALVARADO, L. Plagas: insectos del suelo. In: DAMILANO, A. L.; BRUGNONI, L. Colección principales cultivos de la Argentina: el cultivo del maíz. Buenos Aires: INTA. 1980. p.88-94.
- APPLE, J.W.; CHIANG, H. C.; ENGLISH, L. M.; FRENCH, L. K.; KEASTER, A. J.; KRAUSE, G. F.; MAYO, Z. B.; MUNSON, J. D.; MUSICK, G. J.; OWENS, J. C.; RASMUSEN, R. E.; SECHRIEST, J. J.; TOLLEFSON, J. J.; WEDBERG, J. L. Impact of northern and western corn rootworm larvae on field corn. Madison: University of Wisconsin, 1977. 10p. (North Central Regional Research Publication 239).
- BAUER, L. S. Resistance: a treat to the insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. Florida Entomologist, v.78, p.414-443, 1995.
- BOHOROVA, N.; ZHANG, W.; JULSTRUM, P.; McLEAN, S.; LUNA, B.; BRITO, R. M.; DIAZ, L.; RAMOS, M. E.; ESTANOL, P.; PACHECO, M. Production of transgenic tropical maize with Cry1Ab and Cry1Ac genes via microprojectile bombardment of immature embryos. Theoretical and Applied Genetic, v.99, p.437-444, 1999.
- CONSTANTINO, R. Catalog of the living termites of the New World (Insecta: Isoptera). Arquivos de Zoologia, v. 35, p.135-231. 1998.
- CONSTANTINO, R. The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. Journal of Applied Entomology, v. 126. p.355-365. 2002.

- CRUZ, I. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS. 1995 b. 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. (ed.). Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. Manole, São Paulo. 2002. Cap. 32, p.543-570.
- CRUZ, I. Efeito do tratamento de sementes de milho com inseticidas sobre o rendimento de grãos. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v.25, p.181-189, 1996.
- CRUZ, I. Manejo integrado de pragas de milho com ênfase ao controle biológico. p.26 – 40. In: Simpósio de Controle de Pragas da região do Paranapanema, 1, Assis, SP, 1994. Anais... Assis. Instituto biológico / CATI, 1994.
- CRUZ, I. Manejo Integrado de Pragas de Milho com ênfase para o controle biológico. p.48-92. In: Batista Filho, A. Coord. CICLO DE PALESTRAS SOBRE CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS, 4., Campinas, 1995. Anais... Instituto Biológico de São Paulo, Sociedade Entomológica do Brasil, Campinas. 203p. 1995 a.
- CRUZ, I. Utilização do *Baculovirus* no controle da lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda*. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (ed.). Controle Biológico. Jaguariúna, SP. Embrapa Meio Ambiente. 2000. Cap. 8. p.201-224.
- CRUZ, I.; ALVARENGA, C. D.; FIGUEIREDO, P. E. F. Biologia de *Doru luteipes* (Scudder) e sua capacidade predatória de ovos de *Helicoverpa zea* (Boddie). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v.24, n.2, p.273-278, 1995a.
- CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; GONÇALVES, E. P.; LIMA, D. A. N.; DINIZ, E. E. Efeito da idade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no desempenho do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hymenoptera: Ichneumonidae) e consumo foliar por lagartas parasitadas e não-parasitadas. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v.26, p.13-18. 1997 a.
- CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; MATOSO, M. J. Controle biológico de *Spodoptera frugiperda* utilizando o parasitóide de ovos *Trichogramma*. EMBRAPA-CNPMS. Circ. Técn. 30. 40p. 1999a.
- 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 aluminum saturation. International Journal of Pest Management, London, v.45, p.293-296, 1999.
- CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; VALICENTE, F. H.; OLIVEIRA, A. C. Application rate trials with a nuclear polyhedrosis virus to

- control *Spodoptera frugiperda* (Smith) on maize. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v.26, n.1, p.145-152, 1997 b.
- CRUZ, I.; GONÇALVES, E. P.; FIGUEIREDO, M. L. C. Effect of a nuclear polyhedrosis virus on *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae, its damage and yield of maize crop. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 1, n. 2, p. 20-27, 2002.
- CRUZ, I.; LIMA, D. A. N.; FIGUEIREDO, M. L. C.; VALICENTE, F. H. Aspecto biológico do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) criados em lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Londrina, v.24, n.2, p.201- 208, 1995 b.
- CRUZ, I.; OLIVEIRA, A. C. Flutuação populacional do predador *Doru luteipes* Scudder em plantas de milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.32, p.363-368. 1997.
- 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, v.17, n.3, p.355-359. 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, J. C.; CORRÊA, L. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; GAMA, E. E. G.; PEREIRA, F. T. F. Milho: cultivares para 2001. Cultivar, v.3, n.33, 2001 (Caderno Técnico).
- DAVIS, P. M.; COLLEMAN, S. Managing corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae) on dairy farms: the need for a soil insecticide. Journal of Economic Entomology, College Park, v. 90, p.205-217, 1997.
- EPA (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY). Environmental Protection Agency's white paper on *Bt* plant pesticide resistance management Office of Pesticide Programs, Biopesticides and Pollution Prevention Division, Washington, DC. 1998.
- ESTRUCH, J. J.; CAROZZI, N. B.; DESAI, N.; WARREN, G. W.; DUCK, N. B.; KOZIEL, G. M. The expression of a synthetic CryIA(b) gene in transgenic maize confers resistance to European corn borer. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF INSECT RESISTANT MAIZE: Recent advances and utilization,

1994. Mexico. Proceedings.... Mexico: CIMMYT, 1997. p 172-174. Edited by J. A. Mihm.
- FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. Principais doenças na cultura do milho. EMBRAPA/CNPMS. Circular Técnica 26. 80p. 2000.
- FIGUEIREDO, M. L. C.; DELLA LUCIA, T. M. C.; CRUZ, I. Effect of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) density on control of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) egg masses upon release in a maize field. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.1, n.2, p.12-19, 2002.
- FISCHHOFF, D. A. Insect-resistant crop plants. In: PERSLEY, G. J. (Ed.). Biotechnology and Integrated Pest Management. CAB, Wallingford, UK. 1996. p.214-227.
- GRAY, M. E.; STEFFEY, K. L. Insect pest management for field and forage crops. Cap. 1. In: Illinois Pest Control Handbook. University of Illinois, Champaign: Urbana. 1993.
- HARRIS, C. R.; MAZUREK, J. H.; SHITE, G.V. The life history of the black cutworm, *Agrotis ipsilon* (Hufnagel), under controlled conditions. Canadian Entomologist v. 94, n. 5, p. 1183-1187, 1962.
- KOZIEL, M. G.; BELAND, G. L.; BOWMAN, C.; CAROZZI, N. B.; CRENSHAW, R.; CROSSLAND, L.; DWASON, J.; DESAI, N.; HILL, M.; KADWELL, S.; LAUNIS, K.; LEWIS, K.; MADDOX, D.; McPHERSON, K.; MEGHJI, M. R.; MERLIN, E.; RHODES, R.; WARREN, G. W.; WRIGHT, M.; EVOLA, S. V. Field performance of elite transgenic maize plants expressing an insecticidal protein derived from *Bacillus thuringiensis*. Bio/Technology, v. 11, p. 194-200, 1993.
- LEVINE, E.; OLOUMI-SADEGHI, H. Management of diabroticide rootworms in corn. Annual Review of Entomology, Palo Alto, v. 36, p.229-255, 1991.
- LIMA, L. C. S. F. Controle de pragas subterrâneas: passado, presente e futuro, p.13-34. In: Reunião sobre Pragas Subterrâneas dos Países do Cone Sul, 2. Sete Lagoas, MG, 1992. Anais... Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1992, 194p.
- MACEDO, N. Atualização no controle de cupins subterrâneos em cana-de-açúcar. In: BERTI FILHO, E.; FONTES, L. R. (ed.). Aspectos atuais da biologia e controle de cupins. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.121-126.
- MACEDO, N.; ARAUJO, J.R.; BOTELHO, P.S.M. Sixteen years of biological control of *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Pyralidae) by *Cotesia flavipes* (Cam.) (Hymenoptera: Braconidae) in the State of São Paulo, Brasil. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Londrina, v.22, p.123-128, 1993.

- MARTINS, J.C.; WEBER, L.F. Imidacloprid no tratamento de sementes associado ou não a pulverizações com inseticidas no controle de *Dichelops furcatus* (Fabr.) na cultura do milho. Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 22, Recife, PE. Setembro de 1998. Resumo 210.
- MATIOLI, J. C.; ROSSI, M. M.; CARVALHO, C. F. Ocorrência e distribuição mensal de *Astylus variegatus* (Germar, 1824) e *A. sexmaculatus* (Perty, 1830) (Coleoptera: Dasytidae) em alguns municípios do Estado de Minas Gerais. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v.19, n.2, p. 373-382, 1990.
- NAULT, L. R. Evolution of insect pest: maize and leafhopper, a case study. Maydica, v.35, p.165-175, 1990.
- NASR, EL-SAYED.; NAGUIB, M. A. Contribution to the biology of the greasy cutworm *Agrotis ipsilon* Rott. (Lepidoptera: Noctuidae). Bulletin of the Society of Entomology of Egypt, v. 47, p.197-200, 1964.
- OMOTO, C.; RISCO, M. D. M., SCHMIDT, J. B.; ZUCCHI, T. D. Resistência de pragas a inseticidas no MIP na cultura do milho. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 24°. Florianópolis, 01 a 05 de setembro de 2002. CR-ROM.
- OSTLIE, K. R.; HUTCHISON, W. D.; HELLMICH, R. L. *Bt* corn and European corn borer. NCR pub. 602, University of Minesota, St. Paul. MN. 1997.
- PILCHER, C. D.; RICE, M. E.; OBRYCKI, J. J.; LEWIS, L. C. Field and laboratory evaluations of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn on secondary lepidopteran pests (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Economic Entomology, v.90, p.669-678, 1997.
- PIZANO, M. A. Controle de cupins de cana-de-açúcar. In: BERTI FILHO, E.; FONTES, L. R. (Eds). Aspectos atuais da biologia e controle de cupins. Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 115-120.
- RAGA, A., SILOTO, R. C., SATO, M. E. Efeito de inseticidas sobre o percevejo castanho *Scaptocoris castanea* (Hem.: Cydnidae) na cultura algodoeira. Arquivos do Instituto Biológico. São Paulo, v.67, n.1, p.93 - 97, 2000.
- RAGA, A., SOUZA FILHO, M. F.; RAMIRO, Z. A.; THOMAZINI, M. J. Controle químico do percevejo castanho, *Scaptocoris castanea* (Het.: Cydnidae) em cultura de milho. In: Reunião Sul Brasileira sobre Pragas de Solo, 6, 1997, Santa Maria, Resumos. Santa Maria: 1997. p.92-94.
- RAGA, A.; SOUZA FILHO, M. F.; SILOTO, R. C.; RAMIRO, Z. A. Eficiência de inseticidas sobre o percevejo castanho, *Scaptocoris castanea* (Hem.: Cydnidae) em cultura de milho safrinha. In: Reunião Anual do Instituto Biológico, 11, 1998, São Paulo,

- Resumos. Arquivos do Instituto Biológico, v.65, p.36, 1998. Suplemento.
- REIS, L. L.; OLIVIERA, L. J.; CRUZ, I. Biologia e potencial de *Doru luteipes* no controle de *Spodoptera frugiperda*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.23, n.4, p.333-42. 1988.
- REZENDE, M. A. A.; CRUZ, I.; DELLA LUCIA, T. M. C. Aspectos biológicos do parasitóide *Chelonus insularis* (Cresson) (Hymenoptera, Braconidae) criados em ovos de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). Revista Brasileira de Zoologia, v.12, n.4, p.779-784. 1995.
- REZENDE, M.A.A.; CRUZ, I.; DELLA LUCIA, T.M.C. Consumo foliar de milho e desenvolvimento de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) parasitadas por *Chelonus insularis* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v.23, n.3, p. 473-478. 1994.
- SALVADORI, J. R. Manejo de corós em cereais de inverno. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, Comunicado Técnico. 8p.1997.
- SANTOS, H. R.; NAKANO, O. Dados biológicos sobre a lagarta-roscas *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1776) (Lepidoptera, Noctuidae). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v. 11, n. 1, p.23-32, 1982.
- SILOTO, R. C.; RAGA, A. Percevejo castanho nas culturas de soja e milho safrinha (*Scaptocoris castanea* e *Atasrocoris brachiariae*). In: Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico, 1., 1998, Miguelópolis. Anais. Miguelópolis: 1998. p. 79-84.
- SILOTO, R. C.; SATO, M. E.; RAGA, A. Efeito de inseticidas sobre percevejo castanho em cultura de milho-safrinha. Revista de Agricultura. Piracicaba, São Paulo. v.75, n.1, p.21 - 27, 2000.
- SILVA, M. T. B. Controle de larvas de *Diloboderus abderus* Sturn (Coleoptera: Melolonthidae) através do tratamento de sementes de milho com inseticidas em plantio direto. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v.25, n.2, p.281-286, 1996.
- SILVA, M. T. B.; COSTA, E. C. Nível de controle de *Diloboderus abderus* em aveia preta, linho, milho e girassol. Ciência Rural, Santa Maria, v.32, n.1, p.7-12, 2002.
- STEFFEY, K. L; GRAY, M. E.; WEINZIERL, R. A. Insect management. p. 67-74. In: Conservation tillage systems and management. Midwest Plan Service Pub. 45, Iowa State University. Ames. 1992.
- SUTTER, G. R.; BRANSON, T. F.; FISHER, J. R.; ELLIOT, N. C.; JACKSON, J. J. Effect of insecticide treatments on root damage ratings of maize in controlled infestations of western corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae). Journal of Economic Entomology, College Park, v. 82, p.1792-1798, 1989.

- SUTTER, G. R.; FISHER, J. R.; ELLIOT, N. C.; BRANSON, T. F. Effect of insecticide treatments on root lodging and yield in maize controlled infestations of western corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology*, College Park, v. 83, p.2414-2420, 1990.
- VALICENTE, F.H.; CRUZ, I. Controle biológico da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com o baculovírus. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1991. 23p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 15).
- VIANA, P. A.; MAROCHI, A. I. Controle químico da larva de *Diabrotica* spp. Na cultura do milho em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 1, n. 2, p. 1-11, 2002.
- WILLIAMS, W. P.; DAVIS, F. Response of corn to artificial infestation with fall armyworm and southwestern corn borer. *Southwestern Entomologist*, Dallas, v.15, p.163-166. 1990.
- WILLINK, E.; OSORES, V. M.; COSTILLA, M. A El gusano cogollero del maíz. *Avance Agroindustrial*, San Miguel de Tucuman, v.12, p.3-7, 1991.

MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DE MILHO

Ramiro López-Ovejero

Engenheiro Agrônomo, Pós-graduando do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo

Pedro Jacob Christoffoleti

Professor Associado, Departamento de Produção Vegetal, Área de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo

Marcelo Nicolai & Juliano F. Barela

Engenheiro Agrônomo, Pós-graduando do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo

Introdução

O milho representa uma das principais culturas da agricultura brasileira, não somente no aspecto quantitativo, como também no que diz respeito à sua importância estratégica por ser a base da alimentação animal e, conseqüentemente, humana. O plantio e a condução de uma lavoura de milho visam obter alta produtividade e o almejado lucro com a venda do produto colhido. Além de condições naturais favoráveis, como a melhor época de semeadura, condições de clima e solo propícias, requer ainda muitas e oportunas decisões do agricultor, em geral baseadas nas recomendações técnicas oriundas das pesquisas. Cada operação tem seu tempo certo de execução, inclusive a colheita. No intervalo que vai do plantio e germinação até a colheita, diversas outras providências têm que ser tomadas. É o caso de controle das plantas daninhas que, conforme a situação, poderão ser muito prejudiciais à cultura diminuindo seu rendimento.

Importância do controle de plantas daninhas

Estima-se que a redução causada por plantas daninhas na produção das culturas no Brasil seja da ordem de 20 a 30%, podendo chegar até 90% em casos extremos. Para minimizar essas perdas, na maioria dos casos, tem sido usado o controle químico (Bianchi, 1998). A redução do rendimento de produção na cultura de milho, devido à competição estabelecida com as plantas daninhas,

pode alcançar até 70% da produtividade potencial, variando em função da espécie e do grau de infestação das plantas daninhas, do tipo de solo, das condições climáticas reinantes no período, bem como do espaçamento, variedade e do estágio fenológico da cultura em relação a convivência das plantas daninhas (Fancelli & Dourado-Neto, 2000). Portanto, o controle de plantas daninhas é uma necessidade de ordem econômica.

Período Crítico De Prevenção Da Interferência Na Cultura De Milho

De todos os fatores que influenciam o grau de interferência, o mais importante é o período em que a comunidade infestante e as plantas cultivadas estão disputando os recursos do meio, denominado período crítico de prevenção da interferência (PCPI) (Pitelli, 1985). Para Fancelli et al. (1998a), a partir da emissão da quinta folha, 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 e finaliza na décima folha. Em experimento conduzido por Kozłowski (2002), o PCPI ocorreu entre os estádios fenológicos de duas a sete folhas, e a interferência das plantas daninhas reduziu em média 87% o rendimento de grãos da testemunha. Para Halford et al. (2001), o período crítico pode mudar de um ano para outro e de local para local. Em experimento conduzido pelo autor, o PCPI em plantio direto, foi estável quando comparado ao convencional, usualmente começando no estágio de seis folhas, sendo que, o final foi mais variável ocorrendo entre a nona e décima-terceira folha. Para Bulher (1995) a mudança de sistema altera a composição florística, a quantidade total, e o padrão de emergência das plantas daninhas, e esses fatores determinam o sucesso de competição das plantas daninhas e modifica a relação planta daninha-cultura.

Estratégias De Controle Das Plantas Daninhas Na Cultura De Milho

O controle de plantas daninhas na cultura de milho pode ser realizado em dois momentos durante o ciclo da cultura, antes e depois da semeadura do milho, em função principalmente da forma de plantio adotada na área, da disponibilidade de máquinas e dos herbicidas que se pretende usar.

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

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, sendo o glyphosate o mais utilizado para esse fim (Penckowski, 2002).

O glyphosate é um herbicida não seletivo, de ação sistêmica usado no controle de plantas daninhas anuais e perenes e, aparentemente, não tem atividade residual no solo (Rodrigues & Almeida, 1998). O herbicida é utilizado nas culturas para manejo da vegetação antes do plantio da cultura, principalmente nas áreas de plantio direto. O herbicida glyphosate, é derivado de aminoácidos, e têm como mecanismo de ação a inibição da enol-piruvil-shikimato-fosfato sintetase (EPSPs), enzima responsável por uma das etapas de síntese dos aminoácidos aromáticos como triptofano, fenilalanina e tirosina. Uma das conseqüências da inibição da enzima é a elevação dos níveis de amônia fitotóxica, bem como de glutamina e glutamato, além de inibir a síntese dos aminoácidos fenilalanina, tirosina e triptofano e de compostos secundários, como algumas vitaminas e hormônios (Christoffoleti et al., 2001a; Kissmann, 2003a).

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. Para Marochi (2002) o manejo químico da vegetação, constituída de espécies como *Avena strigosa* (aveia-preta), *Lolium multiflorum* (azevém) ou *Raphanus sativus* (nabo-forrageiro), com a finalidade de formação de palha para cobertura do solo, para áreas em sistema de produção em plantio direto, no pré-plantio da cultura de milho, é uma prática usual entre os produtores; no entanto, dependendo da época em que é realizada a dessecação das coberturas verdes, pode haver interferência no armazenamento de água no solo, na dinâmica das populações de pragas, na eficiência das semeadoras, nas relações alelopáticas e no desenvolvimento das culturas implantadas a seguir.

Para Bianchi (1998), o intervalo de tempo entre o manejo das culturas de cobertura do solo e a semeadura do milho interfere na densidade de plantas daninhas que germinam após implantação da cultura. Sendo assim, observou em experimento, que o efeito de três épocas de manejo das coberturas de solo (zero, 10 e 20 Dias Antes da Semeadura (DAS)) na densidade do capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*), na linha e na entrelinha de semeadura, aos 20 dias após a emergência das plantas de milho, foi maior na linha e entrelinha de semeadura, quando o manejo foi aos 20 DAS (144,8 e 64,8 pl/m², respectivamente) quando comparado aos 10 DAS (134,4 e 48,0 pl/m²) e 0 DAS (88,4 e 29,2 pl/m²). Observou-se também que ocorreu maior germinação de capim-marmelada na linha, devido à mobilização do solo causada pela semeadura mecanizada, do que na entrelinha, devido a proteção do solo pelas coberturas.

Algumas indicações de pesquisa, e mesmo de observações a campo, dão conta também 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/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 (2002), 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 (*Pseudoletia* spp.) como da lagarta do milho (*Spodoptera frugiperda*); sendo que, a

época de aplicação do dessecante pode determinar a maior o menor incidência dessas pragas.

Para Gassen (2002), a dessecação mais eficiente do azevém ocorre com a prática de aplicação sequencial 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 sequencial de herbicidas apresenta resultados melhores na dessecação. As doses mais indicadas são de $1,00$ a $1,25 \text{ Lha}^{-1}$, seguido de $1,00 \text{ Lha}^{-1}$, duas semanas após a primeira aplicação. Na fase de floração das plantas de azevém, o glyphosate aplicado na dose de $1,5 \text{ Lha}^{-1}$ é eficaz na dessecação.

Marochi (2002ab), com o objetivo de avaliar a melhor época para dessecação de Aveia-preta e Azevém para semeadura da cultura de milho, instalou um experimento no Centro de Pesquisa e Tecnologia da Monsanto, Ponta Grossa, PR, safra agrícola 2000/2001. Os tratamentos utilizados foram glyphosate (Roundup Transorb) a 1080 g e.a./ha , 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 (Roundup WG) a 360 g e.a./ha no dia do plantio. O milho DKB 214 foi semeado em 10/10/2000 com adubação de 400 kg/ha da fórmula 08-20-20, e para controle de plantas daninhas na pós-emergência utilizou-se atrazine a $2500 \text{ g i.a. ha}^{-1}$. 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 (*Braquiaria plantaginea* (BRAPL), *Euphorbia heterophylla* (EPHHL), *Sida rhombifolia* (SIDRH) e *Bidens pilosa* (BIDPI)) na aplicação em pós-emergência do milho, quando comparados a aplicação realizada aos 7 ou 0 DAP. Para rendimento de grãos houve diferença estatística entre os períodos de dessecação, obtendo 11947, 11436, 11221 e 11121 kg/ha 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 a aplicação realizada aos 7 ou 0 DAP. Para rendimento de grãos houve diferença estatística entre os períodos de dessecação, obtendo 11673, 10392, 10183 e 9543 kg/ha, respectivamente para 21, 14, 7 e 0 DAP.

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, 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, 2003a). 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 herbicídica nas plantas daninhas da classe das dicotiledôneas (Christoffoleti et al., 2001a).

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.

Seletividade dos herbicidas utilizados na cultura de 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., 2001a).

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 aquelas que são de interesse (culturas) (Oliveira jr., 2001a).

Entre 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 à translocação diferencial e; seletividade associada ao metabolismo diferencial (destoxificação); iii) antídotos (Oliveira Jr., 2001a).

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 eficiência 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, para a cultura do milho o rendimento de grãos depende da população, prolificidade, número médio de fileiras de grãos por espiga, número médio de grãos por fileira e da massa média por unidade de grão (ou semente). A população e prolificidade devem ser otimizadas considerando-se a arquitetura da planta, condições edafoclimáticas e tecnologia empregada. Por ocasião da plena expansão da quarta a sexta folha, o meristema apical finaliza sua fase vegetativa e inicia seu processo de diferenciação floral, o qual origina os primórdios da(s) espiga(s) e da panícula, culminando na definição do potencial de produção da planta (Dourado-Neto & Fancelli, 1997). Após o início da diferenciação da panícula, quando a planta se encontra com sete a nove folhas definitivas e plenamente expandidas, começa o processo de diferenciação floral da gema que dará origem à espiga; sendo que, logo após esta diferenciação, rapidamente (8 e 12 folhas), a planta determina o número de fileiras por espiga e o número de grãos por fileira que comporão a futura espiga (Andrade et al., 1996). O número médio de grãos por fileira é afetado pelo tamanho da espiga, a qual é definida a partir das 12 folhas até o florescimento da planta. A massa média por unidade de grão ou semente é marcadamente afetada a partir do estágio

fenológico 6 (grãos leitosos), principalmente pela disponibilidade de água (Dourado-Neto & Fancelli, 1997).

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 10ª folha definitiva 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 folha do referido cereal.

Seletividade dos pós-emergentes para a cultura de milho

Até 1995 só existiam herbicidas recomendados em pré-plantio incorporado e de pré-emergência para o controle de plantas daninhas na cultura de milho, 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 sulfoniluréias 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 na fase inicial do processo metabólico, catalizando uma reação de condensação (Christoffoleti et al., 2001a). 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. 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 paralização na síntese dos aminoácidos leva a uma interrupção na divisão celular e paralização do crescimento (Kissmann, 2003a). A morte das ervas ocorre dentro de 7 a 21 dias, dependendo do estágio na época da aplicação (Rodrigues, 1998).

Sulfoniluréias

Com as entradas de nicosulfuron (Sanson) e foramsulfuron + iodosulfuron (Equip Plus) no mercado brasileiro, pertencentes ao grupo das sulfoniluréias, foi facilitado o controle em pós-emergência de plantas daninhas especialmente as do grupo das folhas estreitas na cultura de milho (Franco, 2003). Esse grupo de herbicidas permite maior flexibilidade e eficiência no controle de plantas daninhas em doses muito baixas, baixa toxicidade para mamíferos e boa seletividade para culturas de importância econômica (Oliveira Jr., 2001b; 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 para corrigir 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 organo-fosforados; v) observar intervalo de 7 dias entre as adubações de cobertura nitrogenada e a aplicação do herbicida.

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., 2001b). 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. Sendo assim, o efeito do herbicida na redução do número médio de espigas de milho produzidas é reflexo da diminuição do estande final causado pelo herbicida. Essa diferença tem indicado restrições na recomendação desse herbicida em alguns casos, já que a fitotoxicidade pode ser observada no milho (Damião Filho et al., 1996).

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 ha⁻¹) isolado ou em mistura com atrazina, principalmente quando os mesmos foram aplicados após a emissão da sexta ou sétima folha de referido cereal, provocaram a alteração do número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, e massa de mil grãos (Fancelli et al., 1998b; López-Ovejero, 2000). Buzatti (2000), na safra 97/98, utilizando Nicosulfuron nas doses de 0,0; 0,5; 0,75 e 1,0 L ha⁻¹ no híbrido de milho P3063, no estádio até 6 folhas expandidas, não observou redução do rendimento. No entanto, quando a aplicação foi realizada a partir da sétima folha expandida, foi constatada redução do rendimento de grão.

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 Carambei-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.

Diversos experimentos foram conduzidos nas últimas safras, em diferentes regiões do país (Ponta Grossa; Marechal Cândido Rondon; Maringá; Londrina; Bandeirantes – PR; Selvíria, Campo Grande-MS; Paranapanema, Paulínia-SP; Santa Maria –RS; Uberlândia-MG), com o objetivo de avaliar a eficácia e a seletividade dos herbicidas inibidores da ALS na pós-emergência da cultura de milho. Os herbicidas estudados foram nicosulfuron (40; 50 ou 60 g i.a. ha⁻¹) e/ou foramsulfuron + lodosulfurom methyl sodium (36 + 2,4 e 45 + 3 g i.a. ha⁻¹) isolados ou mistura com atrazina, aplicados entre 2 a 5 folhas totalmente expandidas, em diferentes híbridos. Nenhum produto provocou qualquer injúria ao milho que comprometesse a produção. Os mesmos foram seletivos a uma série de híbridos de milho ou causaram dano a cultura, porém, não afetaram a produtividade. Os tratamentos avaliados não afetaram o número de espigas, estande da cultura na pré-colheita, altura e rendimento. Todos os tratamentos promoveram temporariamente sinais leves de fitotoxicidade, porém não interferiram no seu rendimento, os quais foram estatisticamente semelhantes a testemunha mantida no limpo (Conteiro & Lopes, 2002; Pereira et al., 2002; Adoryan et al., 2002; Fagliari et al., 2002; Carvalho et al., 2002; Alves et al., 2002; Almeida et al., 2002; Osipe et al., 2002; Dornelles et al., 2002; Pasinatto et al., 2002; Franco et al., 2002; Pinto et al., 2002). 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.

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). O produtor, as vezes comete o erro de utilizar atrazina quando as plantas daninhas se apresentam em estágio avançado de crescimento, ou seja, quando a

cultura de milho já esta fora de estágio ideal de aplicação (além de 5 folhas completamente expandidas do milho; efeito “bombeiro”) provocando fitotoxicidade na cultura e indiretamente perda de rendimento.

A utilização de inseticidas é uma prática comum na cultura de milho, onde a frequência de aplicação pode ser de uma até várias aplicações. Alguma dessas aplicações pode coincidir com a aplicação dos herbicidas em pós-emergência. Devido a essa prática, questionamentos têm sido frequentes por parte dos produtores de milho. Vários trabalhos relatam a interação negativa entre herbicidas pertencentes ao grupo dos inibidores da enzima ALS (nicosulfuron, foramsulfuron + iodosulfuron, imazaphyr + imazapic) com inseticidas fosforados na cultura de milho. Efeitos fitotóxicos severos de nicosulfuron foram observados quando terbufós foi aplicado no sulco de plantio (Morton et al., 1991). Quando foram utilizados os inseticidas chloripirifos, tefluthrin e carbofuran os efeitos foram pouco significativos quando comparado ao terbufós e phorate (Morton, 1994). Uma explicação para esse fenômeno é que os metabólitos do terbufós na planta de milho inibem a enzima citocromo P-450, responsável pela metabolização do nicosulfuron, sendo assim, o mesmo se acumula provocando injúrias. O chloripirifos inibe a enzima em menor intensidade que o terbufós (Baerg & Barrett, 1993). Vários fatores afetam a interação potencial entre duas classes de defensivos. No caso dos inseticidas, talvez o fator mais importante seja a forma como eles são absorvidos e translocados dentro da planta de milho. O terbufós é o inseticida mais sistêmico quando comparados a outros aplicados no solo, sendo assim, esse inseticida apresenta alto risco de interação. Outros fatores que influenciam a interação de inseticidas aplicados no solo e herbicida incluem o método de aplicação, a formulação, tipo de solo (teor de matéria orgânica) e a precipitação (Hartzler, 2002). Com isso, se recomenda, um intervalo de 7 a 10 dias entre as aplicações dos herbicidas inibidores da ALS e de inseticidas organofosforados (Peixoto & Ramos, 2002).

Também deve ser observado um intervalo de aplicação de 7 a 10 dias para o caso de alguns herbicidas e de adubos nitrogenados. Algumas considerações como quantidade de nitrogênio aplicado, que em demasia aumenta a carência e a fonte de nitrogênio que foi aplicada (os nitratos e sulfatos são fontes mais lentas quanto à absorção e podem requerer um maior prazo de carência). Esses aspectos são agravados sob condições de estresse térmico e de umidade (Peixoto & Ramos, 2002). É de fundamental

importância o estudo dessa interação e para isso alguns experimentos foram instalados na ESALQ/USP para seu estudo.

Os fatores ambientais, principalmente aqueles ocorridos durante o intervalo de 7 a 10 dias entre as aplicações são fundamentais para a metabolização dos herbicidas. Quando as condições são adequadas para o desenvolvimento da cultura, os possíveis problemas são reduzidos ou ausentes. Para Peixoto & Ramos (2002), em regiões mais frias, a metabolização do herbicida pela cultura é mais lenta, devendo se atentar mais para os fatores e prazos para os manejos de nitrogênio e controle de pragas. A falta de chuvas logo após a aplicação de nitrogênio, deve-se considerar o prazo a partir da retomada das condições fisiológicas da lavoura, uma vez que o milho em condições de seca paralisa quase que completamente suas funções.

Imidazolinonas

Linhas de milho tolerantes as imidazolinonas foram desenvolvidas, cujas quais apresentam elevada capacidade de metabolização desse tipo de herbicidas (Lee et al., 1994). Os híbridos tolerantes a imidazolinonas apresentam um alelo semi-dominante. Em híbridos IT o gene provem de um dos pais, sendo que no IR o gene de tolerância é de ambos parentais. Os híbridos IR apresentam tolerância a 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).

O sistema Clearfield consiste na utilização do herbicida imazaphyr + imazapic (On Duty) pertence ao grupo das imidazolinonas, recomendado em pós-emergência na dose de 100 gha⁻¹ 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 Clearfield 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 (Callisto) 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 apo-simplástica. 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). Até o momento não se têm informações sobre possíveis restrições para híbridos de milho e práticas culturais.

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: 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). Uma planta é susceptível aos herbicidas inibidores da fotossíntese se o herbicida se acoplar ao composto Q_B 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 $NADPH_2$.

Na cultura do milho, as triazinas simétricas como atrazine, são amplamente utilizadas na pós-emergência do milho. 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 nunca chegue ao cloroplasto para causar injúrias. Essa molécula, nas doses recomendadas, é totalmente seletiva ao milho, sem restrição a qualquer híbrido.

Em experimentos conduzidos por Moraes et al. (2002) e Caetano et al. (2002) mostraram que a mistura de (em gha^{-1}): atrazine (2500); atrazine + simazine (1200 + 1200), atrazine + alachlor (1560 + 1560), atrazine + óleo vegetal (2000 + 1500) e os inseticidas novaluron (15 gha^{-1}) e cypermetrina (25 gha^{-1}) não mostraram antagonismo, sendo que o controle das espécies daninhas e da *Spodoptera frugiperda* não diferiram das aplicações dos herbicidas e inseticidas isolados.

Herbicidas mimetizadores das auxinas

O 2,4-D pode ser empregado na pós-emergência da cultura de milho. As gramíneas são, em grande parte, tolerante a herbicidas desse grupo. As gramíneas que eventualmente são afetadas desenvolvem enrolamento de folhas e má formação de estruturas vegetativas e reprodutivas. De modo geral, a tolerância das gramíneas é determinada por um somatório de fatores como penetração (muito baixa), translocação (limitada), estruturas anatômicas (nós e meristema intracalar) os quais favorecem reações de conjugação. No entanto algumas considerações devem ser realizadas para utilizar esse tipo de herbicida.

A aplicação deve ser realizada em área total até o estágio de 3 a 4 folhas (ponto de crescimento abaixo do solo). Como pode ser observado é um período curto e merece especial atenção, principalmente com relação ao tamanho da área a ser tratada e à estrutura de aplicação existente (Peixoto & Ramos, 2002). Antes de utilizar o 2,4-D deve-se consultar a empresa de sementes o comportamento do híbrido em relação ao herbicida. Recomenda-se usar preferencialmente a formulação amina.

Seletividade de pré-emergentes para a cultura de milho

Para utilizar os herbicidas aplicados em pré-emergência sem provocar fitotoxicidade a cultura alguns cuidados são necessários como: i) profundidade de plantio (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 podem ocorrer após aplicação dos herbicidas pré-emergentes podem levar o herbicida para a linha de semeadura, aumentando a concentração e conseqüentemente provocar fitotoxicidade a cultura.

Os “safeners”, também conhecidos como antídotos ou protetores, são considerados uma ferramenta importante por aumentar os níveis de seletividade e segurança dos herbicidas. Maciel (2002) com o objetivo de viabilizar a seletividade do herbicida isoxaflutole para híbridos sensíveis de milho instalou um experimento a campo com os híbridos de milho 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 gha⁻¹) 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.

Eficácia Dos Herbicidas Utilizados Na Cultura De Milho

Além da seletividade, para obter sucesso no controle de plantas daninhas, é importante observar a eficácia dos herbicidas sobre as mesmas. As plantas daninhas podem ser agrupadas, de forma simples, em duas classes: as de folhas estreitas e as de folhas largas. Existem herbicidas com ação específica contra cada uma dessas classes, bem como aqueles de ação mais ampla sobre as duas classes, embora apresentem menor eficácia, de modo absoluto contra uma dessas classes. Nisso reside, em parte, a decisão quanto a escolha do herbicida a ser utilizado em função da infestação esperada: se esta for predominantemente de uma das classes de plantas ou uma população mista. A última é mais provável ocorrer, ao se usar pela primeira vez herbicidas.

As plantas daninhas de folhas estreitas mais frequentes encontradas nas áreas de plantio de milho são: *Digitaria horizontalis* (Capim colchão), *Brachiaria plantaginea* (Capim-marmelada), *Cenchrus echinatus* (Capim-carrapicho), *Eleusine indica* (Capim-pé-de-galinha), *Panicum maximum* (Capim colônio) e *Sorghum halepense* (Capim-massambará) e as de folha larga são *Amaranthus* spp. (Caruru), *Bidens pilosa* (picão-preto), *Ipomea* spp. (Corda de viola), *Portulaca oleracea* (Beldroega), *Acanthospermum hispidum* (Carrapicho-de carneiro), *Euphorbia heterophylla* (Amendoim-bravo), *Sida rhombifolia* (Guanxuma), *Ageratum conyzoides* (Mentrasito), *Commelina* sp. (Trapoeiraba), *Richardia brasiliensis* (Poaia-branca), *Galinsoga parviflora* (Picão branco), entre outras.

Eficácia dos herbicidas aplicados na pré-emergência da cultura de milho

A aplicação 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, destorroado) e com boas condições de umidade no solo ou da ocorrência de precipitação imediatamente após a sua aplicação (48

horas). Dentre os herbicidas, alguns apresentam maior eficiência no controle de folhas estreitas, outros possuem maior eficiência no controle da folhas largas, além daqueles que atuam sobre ambas. Esse grupo de herbicidas devem 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 nasce no limpo até que o efeito residual do herbicida acabe, o que deve ocorrer preferencialmente no pendoamento do milho. É muito importante antes de escolher a dosagem 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 (Dual Gold), acetochlor (Kadett) e suas misturas como inibidores do fotossistema II como metoalachlor + atrazina (Primestra) e alachlor + atrazine (Agimix e Boxer). 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., 2001a). 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, 2001a).

O metolachlor apresenta controle de capim colchão, pé-de-galinha e caruru na dose de 2,5 a 3,0 Lha^{-1} . 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 Lha^{-1} (solos arenoso e médio) e 4 Lha^{-1} (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 metoalachlor + atrazine é recomendado em pré e pós-precoces para controle de capim-colchão, capim-marmelada, capim-pé-de-galinha, capim-carrapicho e folhas largas na dose de 6,0 a 7,0 Lha^{-1} . O alachlor + atrazine pode ser aplicado em pré-emergência e pós-inicial para controle de folhas largas e estreitas nas doses de 7,0 Lha^{-1} (solo arenoso) 8,0 Lha^{-1} (solo médio) e 9,0 Lha^{-1} (solo pesado). Algumas das plantas controladas por esse herbicida são capim-colchão, capim-marmelada capim-pé-de-galinha, capim-carrapicho e folhas largas.

Podem ainda ser utilizados os inibidores da fotossíntese como Atrazina (várias marcas) em pré-emergência e pós-precoco para controle de capim-marmelada e folhas largas nas doses de 3,0-6,0 Lha⁻¹. Também pode ser utilizado atrazina + simazina, em pré-emergência e pós-precoco, para controle de capim colchão, capim marmelada, trapoeraba, corda-de-viola, guanxuma e picão-preto nas doses de 3,5 Lha⁻¹ (solo leve), 5,0 Lha⁻¹ (solo médio) e 6,0 Lha⁻¹ (solo pesado). Ainda pode ser utilizado atrazina + óleo (Primóleo e Pósnil) na pré-emergência e pós-inicial de 3,0 a 7,0 Lha⁻¹ para controle de capim-marmelada e folhas largas.

O isoxaflutole pertence ao grupo dos inibidores de caroteno e é aplicado em pré-emergência, na dose de 80 gha⁻¹ (solos médio e argiloso), para controle de *Brachiaria decumbens*, capim-colchão, capim-carrapicho, capim-é-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 tem 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.

Outra estratégia de controle é a utilização de pré-emergentes com complementação em pós-emergência com atrazina (observar o estágio da erva) ou atrazina + sulfoniluréias (Sanson ou Equip Plus).

Eficácia dos herbicidas aplicados na pós-emergência da cultura de milho

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, 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). No caso de herbicidas seletivos, é realizada em cobertura total sobre a cultura e as plantas daninhas, em aplicação única ou seqüencial. Na aplicação seqüencial, a primeira aplicação faz-se 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, 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 (Sanson) e o foramsulfuron + iodosulfuron (Equip Plus) para controle de folhas estreitas e folhas largas. A ocorrência de chuvas uma a duas horas após a aplicação não afeta a eficiência 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 (50 a 60 g i.a.ha⁻¹). Para nicosulfuron não se adiciona adjuvante à calda. A dose recomendada para as folhas estreitas até o perfilhamento é de 1,25 Lha⁻¹ e até 2 perfilhos de 1,50 Lha⁻¹. Para as folhas largas de 2 a 4 folhas aplicar 1,25 Lha⁻¹ e de 4 a 6 folhas 1,50 Lha⁻¹. Para capim colchão até perfilhamento, trapoeraba e amendoim-bravo entre 2 a 4 folhas aplicar 1,50 Lha⁻¹. O nicosulfuron pode ser aplicado em mistura com atrazina para maior espectro de controle (1+2 Lha⁻¹).

Carpinetti et al. (1993), com o objetivo de avaliar a eficiência do nicosulfuron no controle de plantas daninhas, conduziu 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 eficazmente (acima de 95%) com 60 gi.a.ha⁻¹ nos estágios citados anteriormente; sendo que nesta pode haver uma pequena rebrota em condições de seca após a aplicação, nesse caso necessita-se usar a dose de 80 gi.a.ha⁻¹. Com relação as dicotiledôneas, tivemos como seguinte espectro estudado: *Acanthospermum hispidum*, *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus spinosus*, *Amaranthus* s.p., *Bidens pilosa*, *Casia 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 gi.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 gi.a.ha⁻¹, o controle de *I. acuminata*, *I. aristolochiaefolia* e *S. rhombifolia* cresceu para 80%, enquanto que a *C. benghalensis* permaneceu em torno de 50%, visto que o produto não controlou mais as novas emergências dessa erva.

Dario et al. (1993) visando avaliar a praticabilidade e eficiência agrônômica 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 gi.a.ha⁻¹, em pós-emergência inicial (plantas daninhas

com 2 - 4 folhas); 50, 60 e 80 gi.a.ha^{-1} 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 gi.a.ha^{-1} foi eficiente nas três épocas avaliadas, enquanto que as doses (50 e 60 gi.a.ha^{-1}), foram eficientes a partir dos 28 DAA e a menor dose, 40 gi.a.ha^{-1} não apresentou eficiência 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

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

Na safra 2001/2002 foram conduzidos diversos ensaios para avaliar a eficácia do herbicida Equip Plus na cultura do milho. Adoryan et al. (2002) concluiu que as doses de 120, 130 e 150 gha^{-1} foram eficientes no controle de *Bidens pilosa* (30 plm^{-2} , BIDPI); *Brachiaria plantaginea* (78 plm^{-2} , BRAPL); *Digitaria horizontalis* (53 plm^{-2} , DIGHO) e *Euphorbia heterophylla* (25 plm^{-2} , EPHHL) quando as mesmas se encontravam com 3 folhas a 1 perfilho. Almeida et al. (2002), conclui que o herbicida na dose de 150 gha^{-1} foi eficiente (>95%) no controle das plantas daninhas BRAPL (até 1 perfilho, 19 plm^{-2}); *Cenchrus echinatus* (até 1 perfilho, 15 plm^{-2} , CCHC) e BIDPI (2 a 4 folhas, 11 plm^{-2}). Para Carvalho et al. (2002), o herbicida na dose de 150 gha^{-1} foi eficiente no controle de BIDPI, *Commelina benghalensis* (COMBE) e DIGHO. Na mesma dose, Contiero et al. (2002) concluiu que o herbicida foi eficiente no controle de EPHHL (59 plm^{-2}); *Sida rhombifolia* (23 plm^{-2} , SIDRH), BIDPI (25 plm^{-2}) e BRAPL (33 plm^{-2}). O herbicida nas doses de 120 e 150 g ha^{-1} foi eficiente no controle de BIDPI, *Richardia brasiliensis* (RCHBR) e *Ipomoea grandifolia* (IAGOR) (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 atingiu controles de 95% para ambas (Pinto et al., 2002; Franco, 2002).

Imidazolinonas

On Duty é um herbicida de pós-emergência, com 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 folhas 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-braquiaria, capim-carrapicho, tiririca e folhas largas (amendoim-bravo, corda de viola, guanxuma, picão branco e preto e trapoeraba).

Herbicidas inibidores da biossíntese de caroteno

O mesotrione (Callisto) é aplicado em pós-emergência, sendo a molécula bastante ativa sobre espécies dicotiledôneas mesmo a doses baixas (120-144 g i.a.ha⁻¹). Apresenta também atividade sobre capim-colchão e trapoeraba (*C. benghalensis*). A combinação de mesotrione + atrazina (+ óleo) pode ser recomendado 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. (2002) os resultados mostraram que o herbicida mesotrione a 0,25 e 0,30 (p.c.Lha⁻¹); 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*. Conclui-se também, 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 a cultura de milho não apresentando sintomas aparentes de fitotoxicidade, de redução no desenvolvimento (altura) ou estande e foi eficiente no controle de *Digitaria horizontalis*, *Eleusine indica*, *Brachiaria plantaginea* entre outras, nas doses de mesotrione a 120 e 144 (gi.a.ha⁻¹) com óleo mineral (0,5% v/v) e 120 + 1600 (mesotrione + atrazina). Para Zagonel (2002) a mistura de tanque de mesotrione + atrazina foi excelente para *Brachiaria plantagiens*, e quando isolado excelente para *Digitaria* e *Euphorbia heterophylla*.

Herbicidas inibidores do fotossistema II (isolados ou em mistura)

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

Herbicidas mimetizadores das auxinas

O herbicida 2,4-D pode ser utilizado em pós-emergência na dose de 0,5 a 1,5 Lha⁻¹ para o controle de folhas largas.

Manejo De Plantas Daninhas Resistentes Na Cultura De Milho

A cultura de milho é uma excelente alternativa para a rotação de culturas com soja, principalmente, quando se trata de prevenção ou manejo da resistência. Para *Brachiaria plantaginea* e *Digitaria ciliaris*, resistentes aos herbicidas inibidores da ACCase, a rotação com o milho pode ser uma alternativa de manejo já que os herbicidas empregados são eficiente no seu controle e apresentam mecanismos de ação diferentes como nicosulfuron, foramsulfuron + iodosulfuron, imazapyr + imazapic, para ambas e mesotrione para *Digitaria*. Para o caso de *Euphorbia* e *Bidens* resistente aos inibidores da ALS, a aplicação de atrazina (+ óleo) é o mais eficaz e recomendado para esta situação (Penckowski, 2002).

Conclusão

O controle de plantas daninhas na cultura de milho deve ser realizado para evitar as perdas por mato-competição, além disso, o controle deve ser realizado cedo (máximo 4 folhas) com herbicidas seletivos à cultura. Para alguns herbicidas de pós-emergência devem ser considerados alguns fatores para seu uso sem prejudicar a cultura. Ainda, a cultura apresenta um bom número de herbicidas, que aplicados em diferentes momentos, permitem o gerenciamento do controle de plantas daninhas na propriedade. Sendo assim, e a cultura poder manifestar seu potencial de produção, evitar os problemas de fitotoxicidade, realizando uma aplicação com segurança, economia, eficácia e seletividade.

Referências bibliográficas

ADORYAN, M.L.; GELMINI, G.A.; VICTÓRIA FILHO, R. Eficiência do herbicida equip plus no controle de plantas daninhas na cultura do milho. Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas,

- 23, 2002. Resumos. Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p. 347
- ALMEIDA, J.C.V.; LEITE, C.R.F.; FONTES, A. Eficácia agrônômica dos herbicidas foramsulfuron e foramsulfuron + Iodosulfurom methyl, aplicados em pós-emergência para o controle de plantas daninhas na cultura de milho. Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 23, 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.
- ALVES, R.F.; OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; MARCHIORI JR, O.; CARREIRA, S.A.M. Avaliação dos novos herbicidas foramsulfuron + Iodosulfurom para cultura do milho. Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 23, 2002. Resumos. Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p. 368
- ANDRADE, F.; CIRILO, A.; UHART, S.; OTEGUI, M. Ecofisiologia del cultivo de maíz. Balcarce: La Barrosa, 1996. 292p.
- BACHIEGA, A.L.; SOARES, J.E. Callsito (mesotrione) – Novo herbicida para o controle de plantas daninhas em pós-emergência, na cultura do milho. Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 23, 2002. Resumos. Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p.655.
- BAERG, R.J.; BARRET, M. Insecticide modifications of cytochrome P450 mediated herbicide metabolism. Proc. North Cent. Weed Sci. Soc. v. 48, p.70, 1993.
- BAUMAN, T.T.; OWEN, M.D.K.; LIEBL, R.A. Evaluation of garst 8532 IT corn for herbicide tolerance. Weed Sci. Soc. Am., Abstr. p.15, 1992.
- BIANCHI, M.A. Manejo integrado de plantas daninhas. In: A cultura do milho em plantio direto. Coord. B.C. de Campos. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 1998. p.125-142.
- BUZATTI, W.J.S. Seletividade dos híbridos de milho aos herbicidas. Informativo Fundação ABC. Ano 2, n. 8, 2000. p.8-10.
- CAETANO, E; FORNAROLLI, D.A.; MORAES, V.J. Comportamento de herbicidas pós-emergentes aplicados na mistura em tanque com inseticidas na cultura do milho. Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 23, 2002. Resumos. Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002.p369
- CAREY, J.B.; PENNER, D.; KELLS, 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. Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 23, 2002. Resumos. Londrina: SBPCD/Embrapa Clima Temperado, 2002.p. 366
- CHRISTOFFOLETI, P.J. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. In: I SIMPÓSIO SOBRE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, Dourados – MS, EMBRAPA, p. 75-94, 1997.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; CORTEZ, M.G.; MONQUEIRO, P.A.. Bases da Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas. In: III Seminário Nacional sobre Manejo e Controle de Plantas Daninhas em Plantio Direto, 2001, Passo Fundo, RS. Resumo de Palestras. Editora Aldeia Norte, Passo Fundo, RS. p.39-53, 2001a.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; MENDONÇA, C.G. de. Controle de plantas daninhas na cultura de milho: Enfoque atual. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. (Coord.) Milho: Tecnologia e Produtividade. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2001. p. 60-95.
- CONTEIRO, R.L. LOPES, M.C. Eficiência e toxicidade de herbicidas no controle de plantas daninhas em pós-emergência na cultura do milho. Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 23, 2002. Resumos. Londrina: SBPCD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p. 328
- DAMIÃO FILHO, C.F.; MÔRO, F.V.; TAVEIRA, L.R. Respostas de híbridos de milho ao Nicosulfuron. I – Aspectos biológico e da produção. Planta Daninha, v.14, n.1, p.3-13, 1996.
- 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.
- DORNELLES, S.H.B.; DEBORTOLI, M.P.; CAPITANIO, J.; BRONDANI, D.; ABREU, M.R.; BORTOLOTTI, R.P. Eficiência da mistura foramsulfuron + Iodosulfurom methyl no controle de plantas daninhas na cultura de milho. Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 23, 2002. Resumos. Londrina: SBPCD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p.385

- EMBRAPA. Plantio direto: 500 perguntas e 500 respostas. Disponível: <http://www.embrapa.gov.br>. Acesso em 14 de dezembro de 2002.
- FAGLIARI, J.R.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR, R.S.; MARCHIORI JR, O. Utilização de testemunhas duplas na avaliação da seletividade de herbicidas aplicados na cultura do milho. Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 23, 2002. Resumos. Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p.353
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Fenologia do milho. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. (Coord.) Tecnologia da produção de milho. Piracicaba: Publique, 1997a. p.131-140.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Milho: ecofisiologia e rendimento. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. (Coord.) Tecnologia da produção de milho. Piracicaba: Publique, 1997b. p.157-170.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D.; OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Determinação do período de interferência de plantas daninhas em milho fundamentado nos estádios fenológicos da cultura. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., Recife, 1998. Resumos. Recife, 1998a.
- FANCELLI, A.L.; OVEJERO, R.F.; DOURADO-NETO, D.; VOCURCA, H. 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, 1998b. p.245.
- FOLONI, L.L. Callisto (mesotrione) – um novo herbicida pões-emergente para a cultura do milho (*Zea mays* L.). Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 23, 2002. Resumos. Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p.308
- FRANCO, G. Equip plus (foramsulfuron + iodosulfurn) – Novo conceito em herbicidas sulfoniluréias na cultura do milho. Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 23, 2002. Resumos. Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p.659
- FRANCO, G.V. Controle de plantas daninhas. Correio Agrícola (janeiro/Junho). 1/2003. p. 6-7.
- GASSEN, D. N. Plantas daninhas: Manejo e controle de azevém em lavouras sob plantio direto. In: Informativos técnicos Cooplantio. Aldeia Norte Editora, 2002. p.122-123

- HAGER, A; MCGLAMERY, M. Herbicide/inseticide precautions. Disponível: <http://www.ag.uiuc.edu/cespubs/pest/articles/v983f.html>. Acesso em 14 de dezembro de 2002.
- HARTZLER, B.; PRINGNITZ, B.; OWEN, M. Interactions between ALS-herbicides and organophosphate insecticides (5/22/2000). Disponível em: <http://www.ipm.iastate.edu/ipm/icm/2000/5-22-2000/interaction.html>. Acesso em 17 de dezembro de 2002.
- KISSMANN, K.G. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. Disponível: http://www.hrac-br.com.br/arquivos/texto_reisitencia_herbicidas.doc. 01/05/2003a.
- 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.
- KRUSE, N.D. Inibidores da síntese de carotenóides. Herbicidologia/Vidal, R.A., Merotto Jr, A.(Editores) –Porto Alegre: 2001. p.113 - 122.
- LAUER, J.; BOERBOOM, C. Does An Imidazolinone Tolerant Corn Hybrid Yield Less Than It's Nontolerant Isoline?. Disponível: <http://corn.agronomy.wisc.edu/Publications/AAdvice/1994/IMIDA Z.html>. Acesso em 14 de dezembro de 2002.
- LEE, D.; WILCUT, J.W.; RICHBURG III, J.S.; WILEY, G. AC 263,222 and imazethapyr for weed management in IR corn. Proc. South. Weed Science Soc., v. 47, p. 219, 1994.
- MACIEL, C.D.G.; NEGRISOLI, E.; TOFOLI, G.R.; VELINI, E.D.; MARTINS, D. 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
- MAROCHI, A.I. Influência da época de dessecação da aveia strigosa em sistema de plantio direto no desenvolvimento da cultura do milho. Congresso Nacional de milho e sorgo, 24., 2002, Florianópolis, SC. Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo: Resumos. Sete Lagoas: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/Epagri, 2002. p. 286a.
- MAROCHI, A.I. Influência da época de dessecação da *Lolium multiflorum* em sistema de plantio direto no desenvolvimento da cultura do milho. Congresso Nacional de milho e sorgo, 24., 2002, Florianópolis, SC. Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo: Resumos. Sete Lagoas: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/Epagri, 2002. p. 287.

- MORAES, V.J.; FORNAROLLI, D.A.; CAETANO, E.S. Estudo do comportamento de herbicidas aplicados na mistura em tanque com inseticidas, na cultura do milho. Congresso Nacional de milho e sorgo, 24., 2002, Florianópolis, SC. Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo: Resumos. Sete Lagoas: ABMS/Embrapa milho e Sorgo/Epagri, 2002. p.282.
- MORTON, C.A.; HARVEY, R.G.; KELLS, J.J.; LEUSCHEN, W.E.; FRITZ, V.A. Effect of DPX-V9360 and terbufos on field and sweet corn (*Zea mays*) under three environments. *Weed Technology*, v.5, p.130-136, 1991.
- MORTON, C.A.; HARVEY, R.G.; WEDBERG, J.L.; KELLS, J.J.; LANDIS, D.A.; LEUSCHEN, W.E. Influence of corn rootworm insecticides on the response of field corn (*Zea mays*) to nicosulfuron. *Weed Technology*, v.5, p.130-136, 1991.
- OLIVEIRA Jr., R.S. de. Mecanismos de ação de herbicidas. In: Plantas daninhas e seu manejo. In: Coord. Oliveira Jr., R.S. de e Constantin, J. Guaíba: Agropecuária, 2001. p.207-260b.
- OLIVEIRA Jr., R.S. de. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: Plantas daninhas e seu manejo. In:Coord. Oliveira Jr., R.S. de e Constantin, J. Guaíba: Agropecuária, 2001. p.291-314a.
- OSIPE, R.; OSIPI, E.F.; FERRAZ JR, J.R.; FONTES, A.R. Avaliação da eficiência e seletividade dos herbicidas foramsulfuron e foramsulfuron + lodosulfurom methyl, aplicados em pós-emergência da cultura de milho. Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 23, 2002. Resumos. Londrina: SBPCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p.379
- OSIPE, R.; SIGUINOLFI, C.A.A.; GODOY, C.V. Eficácia e seletividade dos herbicidas aplicados em pós-emergência da cultura do milho. Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 23, 2002. Resumos. Londrina: SBPCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p.380
- PASINATTO, P.; FONTES, A.R.; ZAGONEL, J. Controle de plantas daninhas na cultura do milho com a mistura pronta de foramsulfuron + lodosulfurom methyl sodium isolada e em mistura com atrazina. Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 23, 2002. Resumos. Londrina: SBPCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p.387
- PEIXOTO, C.de M.; RAMOS, A.A. Milho: Manejo de herbicida. Caderno Técnico, Cultivar Grandes Culturas nº42. Edição especial Pionner, 2002. 10p.

- PENCKOWSKI, L.H. Resistência de plantas daninhas. Qual será a próxima? Informativo fundação abc, n. 19, novembro, 2002. Castro, PR, p.13 –15.
- PENCKOWSKI, L.H. Importância da dessecação para semeadura de milho em plantio direto. In: Fundação ABC para assistência e divulgação técnica agropecuária. Ano 4, Num 18, Castro – PR. 2001. p. 11-13.
- PEREIRA, F.A.R.; BAZONI, R.; BUSATO, C.A.C.; GOES, L.C. Seletividade de herbicidas em cultivares de milho (*Zea mays*) nas condições ambientais de mato grosso do Sul. Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 23, 2002. Resumos. Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p.345
- PINTO, R.A.; ZAMBON, S.; SANCHEZ, G.A. Equip plus, o pós-emergente do milho de amplo espectro. Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 23, 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.
- RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. (ed.). Guia de herbicidas. Londrina: Edição dos autores, 1995. 675 p.
- RODRIGUES, B.N.; LIMA J. de; YADA, I.F.U.; FORNAROLLI, D.A. Utilização de acetochlor e atrazine aplicados em mistura de tanque com dessecantes no sistema de plantio direto. Planta Daninha, v.18, n.2, 2000.
- ROMAN, E. S. Quando controlar as plantas daninhas. Revista Plantio Direto. Nº66, Novembro/Dezembro, 2001.
- RUEDELL, J. Dessecação e controle de plantas infestantes no sistema plantio direto. In: Seminário internacional do sistema plantio direto, 1, 1995, Passo Fundo, RS. Resumos. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. p.21-27.
- SILVA, A.A. da; MELHORANÇA, A.L. Controle de plantas daninhas na cultura do milho. In: EMBRAPA. UEPAE - Dourados, MS. Milho: informações técnicas. Dourados, 1991. p.114-127. Dourados (Circular Técnica, 20).
- SKORA NETO, F. Tolerância de híbridos de milho de ciclo precoce e normal ao herbicida Nicosulfuron. Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 23, 2002. Resumos. Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p.357
- TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A. Herbicidas inibidores da ALS. Herbicidologia/Vidal, R.A., Merotto Jr, A.(Editores) –Porto Alegre: 2001. p. 25 – 36.

- VIDAL, R.A.; FLECK, N.G. Inibidores de crescimento da parte aérea. *Herbicidologia/Vidal, R.A., Merotto Jr, A.(Editores)* –Porto Alegre: p.123 – 130, 2001a.
- WILCUT, J.W.; EASTIN, E.F.; RICHBURG III, J.S.; VENCILL, W.K.; WALLS, F.R.; WILEY, G. Imidazolinone systems for southern weed management in resistant corn. *Weed Sci. Soc. Am. Abstr.* p.5, 1993.
- ZAGONEL, J. Eficácia do herbicida mesotrione isolado e em mistura com atarzine no controle de plantas daninhas na cultura do milho em plantio direto. *Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas*, 23, 2002. Resumos. Londrina: SBPCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p.658

Tabela 1. Classificação dos herbicidas recomendados para manejo pré-plantio (Dessecação) dependendo da modalidade de aplicação, grupo químico ao qual pertence, grupo de planta daninha que controla, nome comum e comercial.

Dessecação				
Folhas largas			Folhas estreitas	
Grupo	Herbicida	Grupo	Herbicida	
G	Glyphosate (Várias)	G	Glyphosate (Várias)	
D	Paraquat (Gramoxone); Diquat (Reglone)	D	Paraquat (Gramoxone); Diquat (Reglone)	
D + C2	Paraquat + Diuron (Gramocil)	D + C2	Paraquat + Diuron (Gramocil)	
O	2,4-D (Várias)			

Tabela 2. Classificação dos herbicidas recomendados na cultura de Milho dependendo da modalidade de aplicação, grupo químico ao qual pertence, grupo de planta daninha que controla, nome comum e comercial (Pré-plantio incorporado).

Pré-plantio incorporado			
Folhas largas			
Grupo	Herbicida	Grupo	Herbicida
K1	Trifluralina (Várias)	K1	Trifluralina (Várias)
Pré-emergência			
Folhas largas			
Grupo	Herbicida	Grupo	Herbicida
K1	Trifluralina (Várias), Pendimethalin (Herbadox)	K1	Trifluralina (Várias), Pendimethalin (Herbadox)
K3	Metolachlor (Dual), Alachlor (Laço), Acetochlor (Kadett)	K3	Metolachlor (Dual), Alachlor (Laço), Acetochlor (Kadett)
C1	Atrazina (Várias), Simazine (Várias), C1	C1	Atrazina (Várias), Simazine (Várias), Atrazina + Simazina (Primatop)
F2	Isoxaflutole (Provence)	F2	Isoxaflutole (Provence)
C1 + K3	atrazine + metolachlor (Primestra), atrazine + alachlor (Agimix, Boxer)	C1 + K3	atrazine + metolachlor (Primestra), atrazine + alachlor (Agimix, Boxer)

Tabela 3. Classificação dos herbicidas recomendados na cultura de Milho dependendo da modalidade de aplicação, grupo químico ao qual pertence, grupo de planta daninha que controla, nome comum e comercial (Pós-emergência).

Pós-emergência			
Folhas largas		Folhas estreitas	
Grupo	Herbicida	Grupo	Herbicida
B	Nicosulfuron (Sanson), foramsulfuron + iodosulfuron (Equip Plus), imazapyr + imazapic (Onduty)	B	Nicosulfuron (Sanson), foramsulfuron + iodosulfuron (Equip Plus), imazapyr + imazapic (Onduty)
C1	Atrazina (Várias), Atrazina + óleo C1 (Primóleo, Posmil), Atrazina + Simazina (Primatop), Cyanazine (Bladex)	C1	Atrazina (Várias), Atrazina + óleo (Primóleo, Posmil), Atrazina + Simazina (Primatop), Cyanazine (Bladex)
C1 + K3	atrazine + metolachlor (Primestra), C1 + K3 atarzine + alachlor (Agimix, Boxer)		atrazine + metolachlor (Primestra), atarzine + alachlor (Agimix, Boxer)
F2	Mesotrione (Callisto)	F2	Mesotrione (Callisto)
O	2,4-D (Várias)		
C3	Bentazon (Basagran)		
D	Paraquat (Gramoxone em jato-dirigido)	D	Paraquat (Gramoxone em jato-dirigido)

PLANTAS TRANSGÊNICAS

Ernesto Paterniani

Professor Titular, Departamento de Genética, Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo

*Os países em desenvolvimento têm duas opções:
a ciência ou a miséria (Bernardo Houssay)*

Agricultura e manipulação genética

A sobrevivência da espécie humana só foi garantida com a invenção da agricultura que ocorreu, pelo menos duas vezes independentemente no Velho e no Novo Mundo, há cerca de dez mil anos. Tendo o homem ou seus ancestrais mais próximos, surgido há um milhão e quinhentos mil anos, verifica-se que a agricultura é bastante recente. Isso pode ser melhor visualizado, utilizando uma escala de um ano de 365 dias, na qual o homem apareceu no dia 1º de janeiro, tendo a agricultura surgido às 16 horas e 30 minutos do dia 29 de dezembro. Durante a quase totalidade da sua história, o homem viveu essencialmente da caça e, quando disponível, da coleta de frutas. Estima-se que eram necessários 2500 ha de terra para alimentar uma pessoa. Conforme se verifica pela tabela 1, com o advento da agricultura, e subseqüentes progressos técnicos, houve um crescente aumento na eficiência para a produção de alimentos, sendo que atualmente, apenas 250 ha podem produzir alimentos para cerca de 3600 pessoas. Todo esse progresso ocorreu em função da crescente domesticação e melhoramento genético das plantas juntamente com os avanços das técnicas agronômicas como nutrição e adubação, controle de pragas e enfermidades, irrigação e demais práticas agrícolas. Mas as modificações genéticas ocorridas nas plantas, sem dúvida, desempenharam um papel preponderante em todo esse processo.

As plantas silvestres, possuem uma série de atributos que as tornam adaptadas à vida na natureza, porém que são indesejáveis para a agricultura, tais como espinhos, dispersão de sementes, presença de substâncias tóxicas, dentre vários outros. Durante a domesticação, tais atributos foram eliminados pela seleção, representando as primeiras manipulações genéticas realizadas pelo homem. A domesticação trouxe, entretanto, alguns inconvenientes, sendo o mais sério, a maior vulnerabilidade das plantas às pragas e enfermidades. Desde tempos bíblicos existem relatos de desastres na produção de alimentos devidos a enfermidades, geralmente

atribuídos a desígnios divinos. Talvez o exemplo mais dramático seja a epidemia de requeima da batata causada pelo fungo *Phytophthora infestans*, que atingiu proporções catastróficas em 1845 na Irlanda, cuja população ficou reduzida quase à metade pela fome e emigração.

O Século da Genética

A redescoberta das leis de Mendel em 1900, estabelecendo as regras da transmissão hereditária dos caracteres entre as gerações, possibilitou o seu emprego no melhoramento com resultados mais previsíveis e seguros. Progressos subseqüentes tem sido tão relevantes para a ciência e o bem estar da sociedade, que o século 20 foi chamado "o século da Genética". O uso do vigor de híbrido, primeiramente empregado no milho, e depois em muitas outras espécies, talvez seja a maior contribuição da Genética para a produção de alimentos. Inúmeros métodos de melhoramento genético têm sido desenvolvidos, adaptados a diferentes situações, em função dos sistemas de reprodução das plantas (autogâmicas, alogâmicas, via assexual), bem como em função dos problemas e objetivos a serem alcançados.

Tabela 1. Valores da produção de alimentos comparados à caça e aos vários sistemas de agricultura. (Adaptado de Stork & Teague, 1952 e Borlaug, 1972).

Sistema	Área necessária (ha)	Nº de pessoas alimentadas
Caça (1)	2500	1
Pastoreio (2)	250	1
Agricultura de covas (3)	250	3
Agricultura de arado (4)	250	750
Agricultura de alta tecnologia (5)	250	3600

¹ Índios da América do Norte em época pré-colombiana

² Índios californianos anteriores à influência européia

³ Índios do Leste da América do Norte antes da influência européia

⁴ Agricultura do antigo Egito

⁵ Agricultura de alta tecnologia dos Estados Unidos

Uma excelente visão dos resultados obtidos pelo melhoramento genético nas principais espécies cultivadas no Brasil, pode ser apreciado em Vencovsky e Ramalho (2000). Muller (1927) e Stadler (1930) descobriram que mutações genéticas podiam ser produzidas por raios-X, o que lhe valeu a H. J. Muller o prêmio Nobel

de Medicina em 1946, dando início a uma nova área chamada de Radiogenética. Todas essas técnicas têm sido empregadas no melhoramento genético e têm sido denominadas genericamente de *métodos convencionais*.

A natureza do material genético

A ciência percorreu um longo caminho até chegar ao conhecimento da natureza molecular e estrutura do material genético. Por muito tempo se pensou que as proteínas deveriam ser as responsáveis pela informação genética, uma vez que são os componentes mais numerosos e variáveis nos seres vivos. Uma série de experimentos confirmaram que o responsável pela informação genética, é o ácido desoxirribonucléico, o DNA. A estrutura do DNA foi descoberta por Watson e Crick em 1953, na forma de uma hélice dupla, o que lhes valeu o Prêmio Nobel de Medicina de 1962. É o DNA formado por cadeias laterais de açúcar (desoxirribose) e fosfato, havendo entre essas cadeias quatro bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina e timina), que se dispõem ao longo da molécula em seqüências específicas para os diferentes genes. A base do código genético é, assim, determinada pelas seqüências das quatro bases identificadas como: A, G, C e T. Essa é a base do código genético, que levou ao desenvolvimento da técnica da Engenharia Genética, que possibilita a incorporação no genoma de uma espécie, de genes de outras espécies, sem o concurso da reprodução sexual, resultando nos chamados *transgênicos*, obtidos a partir de 1970. Assim, foi natural que as novas técnicas de Engenharia Genética fossem também empregadas para a obtenção de plantas com características mais desejáveis. Com o crescente desenvolvimento da Genética, novas técnicas de manipulação gênica têm sido pesquisadas.

A seguir, resumidamente são relacionadas, resumidamente as técnicas disponíveis, em função do emprego ou não da reprodução sexuada:

Com reprodução sexual

Seleção – Intra e interpopulacional.

Hibridação – Intra e interespecífica.

Heterose – Vigor de híbrido.

Sem reprodução sexual

Ploidia – Alterações no número de cromossomos.

Mutagenese – Indução artificial de mutações.

Variação somaclonal – Reprodução de indivíduos a partir de células somáticas

Hibridação somática – Fusão de protoplastos

Cíbridos – Citoplasma e organelas da espécie A e núcleo da espécie B

Transgenia – Transferência de genes exógenos

Transplastomia – Transferência de plástidos exógenos

Dentre as formas que não requerem reprodução sexual, a ploidia e a mutagênese vem sendo empregadas há muitas décadas. A transgenia é a que está mais em evidência no momento. As demais ainda se encontram em fase bastante experimental. A novidade, o desconhecimento e outros fatores não bem definidos levaram setores da sociedade a questionar o uso das plantas transgênicas em geral. A seguir, alguns dos principais questionamentos.

Por que os transgênicos?

Como foi visto, basicamente no melhoramento convencional, são utilizados primariamente processos de seleção visando a eliminar os genes e seus respectivos caracteres não desejáveis, aumentando, ao mesmo tempo a frequência dos atributos desejáveis. Em seqüência, cruzamentos entre variedades da mesma espécie permitem a incorporação de genes na variedade desejada. Numa etapa posterior, são produzidos cruzamentos inter-específicos, seja para transferência de genes, seja para a obtenção de novas espécies, como o *triticale* (trigo x centeio) e o *tritordeum* (trigo x aveia). Também tem sido amplamente utilizadas as técnicas de indução artificial de mutações por meio de radiações ionizantes e não ionizantes, além de fatores físicos e químicos, isso tudo, sob a denominação genérica de Radiogenética, onde como é evidente, não há reprodução sexual.

Como o código genético é universal, isto é, é idêntico para todos os seres vivos, os genes transferidos de uma espécie para outra, vão produzir as mesmas características que produziam na espécie doadora. É por isso que o gene da insulina, transferido para a bactéria *Escherichia coli*, faz com que esta produza essa substância amplamente empregada no tratamento de pessoas diabéticas. Muitas características desejáveis, como por ex, resistência a pragas e enfermidades, além de outras, não são encontradas numa determinada espécie cultivada, o que impossibilita o uso das técnicas convencionais nesses casos. Uma vez que esses atributos são identificados em outra espécie, é natural que a técnica de engenharia genética seja utilizada para a transferência dessas qualidades para a espécie de interesse agrícola resultando assim nas plantas transgênicas. Utilizando a técnica em questão, foram obtidas inicialmente plantas resistentes a herbicidas

e a insetos pragas. Inúmeras plantas transgênicas com maior teor de proteína de boa qualidade, ricas em vitaminas e sais minerais, ácidos graxos mais saudáveis, etc. já obtidas, encontram-se em experimentação.

O milho Bt

Trata-se de milho no qual foi incorporado no seu genoma gene da bactéria *Bacillus thuringiensis*, reponsável pela produção de toxina contra insetos. Dessa maneira, o milho Bt adquire resistência a insetos pragas, que ao ingerirem as folhas se intoxicam e morrem. Uma vez que pragas de insetos são importantes na cultura do milho, e que não tem sido possível encontrar na espécie milho fontes de resistência, recorreu-se à bactéria *B. Thuringiensis*. Trata-se bactéria que vive no solo e é fonte de genes que produzem toxinas contra insetos, sendo mesmo utilizada em pulverizações no combate a pragas. Como o código genético é universal, o gene inserido no genoma do milho, vai determinar a mesma toxina que determinava na bactéria. Existem mais de 140 genes no *B. thuringiensis* determinadores de toxinas contra insetos. Nem todos estão devidamente conhecidos. Já foram identificados genes responsáveis por toxinas contra lepidópteros, contra coleópteros, contra dípteros, etc. O modo de ação de proteínas (protoxinas) de Bt é como segue: (i) ingestão; (ii) digestão alcalina das protoxinas e conversão destas em toxinas (fragmentos tóxicos) com ação inseticida; (iii) ligação das toxinas a receptores específicos das células do intestino médio; (iv) formação de poros na membrana celular e morte da célula; e (vi) degradação do intestino médio, morte do inseto por fome.

A proteína Bt não melhora o potencial genético para produtividade, mas evita perdas de rendimento causadas pelas pragas específicas. O milho Bt é tóxico para pragas do grupo de lepidópteros como *Spodoptora frugiperda* (lagarta do cartucho), *Diatraea saccharalis* (broca do colmo), entre outras. É totalmente inócuo para peixes, pássaros, insetos benéficos, animais de sangue quente e humanos.

Resultados disponíveis de milhos Bt nos Estados Unidos e na Argentina, onde são aprovados para o cultivo e o consumo humano e animal, mostram ausência de qualquer efeito danoso para a saúde humana e animal, bem como para o meio ambiente. Como existem diferentes genes Bt, as suas proteínas também são diferentes. Por isso é que o milho Bt Star Link foi aprovado apenas para uso animal. Como a sua proteína não é degradada no aparelho digestivo, poderia ter uma potencialidade alergênica. Tendo esse milho sido usado em alimentação humana, foi o mesmo proibido, embora não se tenha registrado nenhum caso de alergia.

No tocante a aspectos agronômicos, comparações com milhos convencionais indicam que os milhos Bt apresentam significativa maior porcentagem de colmos sadios, maior produtividade, maior porcentagem de espigas sadias, menor infestação de *Fusarium* nas espigas e menor frequência de grãos com a micotoxina fumonisina.

Uma das preocupações com os milhos BT, é a possibilidade de desenvolvimento de insetos resistentes. Essa possibilidade existe, e por isso estudam-se metodologias para evitar ou pelo menos retardar o aparecimento dessas resistências. Atualmente, recomenda-se o plantio de áreas de refúgio, que são áreas plantadas com milhos convencionais susceptíveis às pragas. Dessa maneira, os insetos podem se reproduzir nessas áreas, os quais irão se cruzar com eventuais resistentes evitando, assim a sua proliferação. Tem sido utilizadas áreas de refúgio que consistem em fileiras de milhos convencionais representando 10 % da área total, intercaladas entre as fileiras de milhos Bt. Outra alternativa mais eficiente, consiste na inclusão no genoma do milho, de vários genes Bt, codificando para diferentes proteínas, o que tornará o eventual aparecimento de insetos resistentes altamente improvável.

Aspectos Gerais relativos aos Transgênicos

Segurança para a saúde

Todas as novas variedades, sejam transgênicas ou não, são adequadamente avaliadas pelos pesquisadores, antes da sua liberação. Neste aspecto, por constituir uma inovação tecnológica, os transgênicos têm sido avaliados com muito maior rigor (princípio da precaução). Uma vez obtida uma planta transgênica destinada ao consumo humano ou animal, é a mesma avaliada sob vários critérios. Assim, de início a composição química é determinada a qual é comparada com a correspondente não transgênica verificando-se se há equivalência substancial, o que indica semelhança em todos os seus componentes com exceção da nova proteína específica do gene inserido. A seguir testes com animais alimentados com altas doses da nova proteína são conduzidos. Finalmente, como segurança adicional para a saúde humana, os produtos transgênicos são digeridos *in vitro* com suco gástrico humano e comparados com a digestão dos correspondentes não transgênicos.

A experiência de vários anos com milhões de pessoas consumindo produtos transgênicos, não revelou um único caso de dano à saúde. Assim, os riscos que têm sido anunciados, são apenas hipotéticos. Uma preocupação dos pesquisadores, é com a

possibilidade de novos alimentos causarem efeitos alergênicos. Neste caso, também são conduzidos uma série de análises e testes específicos. Um feijão transgênico com melhor composição proteica, maior teor de metionina, um aminoácido essencial, foi obtido incorporando um gene da castanha do Pará. Devido à possibilidade de que certas pessoas alérgicas à castanha do Pará, também fossem alérgicas a esse feijão transgênico, a pesquisa foi interrompida e o produto nunca foi liberado ao público (princípio da precaução).

Vários transgênicos resistentes a pragas têm se mostrado mais livres de certas toxinas, o que os tornam mais saudáveis. Assim, em conclusão, os transgênicos são tão ou mais seguros do que os correspondentes não transgênicos.

Segurança para o meio ambiente

Até o presente, as variedades transgênicas liberadas resistentes a herbicidas e a insetos pragas, têm reduzido o uso de agroquímicos, como comprovam as estatísticas dos países onde essas plantas estão sendo cultivadas normalmente. Por exemplo, o milho Bt no qual foi incorporado um gene da bactéria *Bacillus thuringiensis*, produz uma toxina nas folhas que mata as lagartas, dispensando, ou diminuindo o emprego de inseticidas. Nos campos de algodão Bt nos Estados Unidos, observa-se uma grande quantidade de pássaros e insetos que batem nos pára-brisas dos carros. Por outro lado, nos campos de algodão não transgênico, os agricultores precisam usar inseticidas que matam tanto os insetos pragas como os úteis como as abelhas. Considerando que o consumo anual de agroquímicos no mundo, é da ordem de US\$35 bilhões e no Brasil é de US \$ 2,5 bilhões, os transgênicos podem representar significativa economia e proteção ao meio ambiente. Com relação às plantas resistentes a herbicidas, estas são as maiores aliadas da conservação do solo no sistema de plantio direto, onde o solo não é revolvido, evitando a erosão, o maior problema de conservação do solo em regiões tropicais.

Benefícios ao consumidor

Nenhuma inovação tecnológica beneficia o consumidor de imediato. Leva um certo tempo até que seja adotada por uma parcela dos produtores, quando, devido à maior eficiência e diminuição dos custos, pode resultar em benefício ao consumidor. Sempre tem sido desejável a redução dos custos de produção, que de início beneficia o produtor e, como tem sido regra geral, mais tarde o consumidor também é beneficiado. Além do mais, proibir uma tecnologia porque de início, beneficia apenas o agricultor,

parece uma posição demasiadamente fisiológica, representando uma grande falta de consideração para com o agricultor, o qual também é um consumidor que não deve ser desprezado pela sociedade. Novos transgênicos em fase experimental de avaliação, prometem benefícios mais evidentes para o consumidor, destacando-se o arroz dourado com elevado teor de caroteno precursor da vitamina A, oleaginosas com ácidos graxos mais saudáveis, alimentos mais nutritivos dentre outros.

Consenso entre os cientistas

Raramente na ciência há unanimidade. No caso dos transgênicos, é significativo que a quase totalidade dos geneticistas, considera os transgênicos um novo e importante auxiliar tanto na medicina, como na agricultura e na indústria, para promover uma melhor qualidade de vida para a sociedade. Mais de 3000 cientistas, inclusive Prêmios Nobel, assinaram declaração nesse sentido, destacando-se o seguinte trecho:

Nenhum produto alimentar, seja produzido por técnicas de DNA recombinante ou por métodos mais tradicionais, é totalmente sem risco. Os riscos apresentados por alimentos, são uma função das características biológicas dos alimentos e dos genes que foram utilizados e não do processo empregado para o seu desenvolvimento. Nosso objetivo como cientistas, é assegurar que qualquer novo alimento produzido com a utilização do DNA recombinante, seja tão ou mais seguro do que aqueles que já vem sendo consumidos.

A Associação Médica Americana (AMA) tem a seguinte posição:

É política da AMA apoiar e implementar programas que irão convencer o público e agentes governamentais, de que a manipulação genética não é inerentemente perigosa e que os benefícios do DNA recombinante, tanto em termos econômicos como para a saúde, excedem em muito qualquer risco anunciado para a sociedade. A idéia atual de que os organismos DNA-engenheirados representam maior perigo para o ambiente ou para a saúde humana, não são apoiados nem pela pesquisa científica e nem pela maioria da comunidade científica.

As principais academias de ciência, como a do Brasil, dos Estados Unidos, da Inglaterra, da Índia, do México, da China e Academia de Ciências do Terceiro Mundo, elaboraram um documento apoiando a tecnologia do DNA recombinante para a obtenção de plantas transgênicas.

A Academia de Ciências do Vaticano também se posicionou sobre o assunto, declarando que a nova tecnologia pode contribuir

para uma diminuição da fome no mundo, e que os países em desenvolvimento devem ter acesso à essa tecnologia.

Finalmente, o Dr. Norman E. Borlaug, pai da Revolução Verde e Prêmio Nobel da Paz de 1970, assim se expressou (Borlaug, E. N. 2000. Plant Physiology, v.124: p.487-490):

A questão mais pertinente no momento, é se os produtores poderão utilizar essa tecnologia. Os extremistas do movimento ambiental, principalmente de nações ricas e/ou de classes privilegiadas da sociedade de nações pobres, parecem estar fazendo todo o possível para impedir o progresso científico.

Referências bibliográficas

- Borlaug, N. E. 1972. Human population, food demands and wildlife needs. North American Wildlife and Natural Resource Conference, 37. Mimeo. 27 p.
- Muller, H. J. 1927. Artificial transmutation of the gene. Science, Washington, 66: 84 – 87.
- Stadler, L. J. 1930. Some genetic effects of X-rays in plants. Journal of heredity, Washington, 30: 3 – 19.
- Stork, J. e W. D. Teague. 1952. Flour for man's bread. Minnesota, Univ. Minnesota Press, 382p.
- Vencovsky, R. e M. A. P. Ramalho. 2000. Contribuição do melhoramento genético de plantas no Brasil. In Paterniani, E. (Ed.) Agricultura Brasileira e Pesquisa Agropecuária. Brasília: EMBRAPA: 57 – 89.

AGRICULTURA DE PRECISÃO: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS

José Paulo Molin

Engenheiro Agrícola, Ph.D., Professor no Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, jpmolin@ciagri.usp.br, Pesquisador do CNPq

Retrospectiva

O termo Agricultura de Precisão é ainda recente no nosso meio e tem gerado muito mal-entendido por parte dos milhões de potenciais usuários brasileiros. Há quem o associe a algum pacote de soluções mágicas que chegam até nós via satélite para resolver todos os problemas da agricultura, a partir da sua adoção. Esse conceito persistirá enquanto houver desinformação.

Quando surgiu, a tônica era de que a onda que se aproximava iria permitir se uniformizar as produtividades das lavouras, fazendo com que as manchas fossem abolidas e se nivelasse os talhões pelas altas produtividades e a aplicação de insumos em taxas variadas seria praticável para cada metro quadrado da lavoura. Em reportagens era descrita a simplicidade eletrônica de todo o processo e num toque de automação o agricultor tiraria da colhedora um cartão de memória com os dados de colheita e inseriria esse mesmo cartão em algum controlador de máquina acoplada ao trator no qual estivesse instalado um GPS e com isso ele poderia imediatamente executar a operação de adubação ou semeadura em taxa variada.

Passou-se a entender um pouco melhor a variabilidade existente nas lavouras, especialmente no centro-sul do Brasil, onde são disponíveis mais dados. Também, por conta desses primeiros dados, observa-se que para tornar o desafio ainda mais interessante, as correlações entre produtividade e fatores de produção individuais, são baixas.

Por outro lado, é fácil concluir-se que a agricultura de hoje é praticada “pela média”. Qualquer pequeno agricultor conhece em detalhes a sua lavoura. No entanto, numa grande propriedade, é pouco provável que haja um controle no mesmo nível de detalhamento. Na medida em que as propriedades cresceram de tamanho esse detalhamento foi sendo deixado de lado. Por isso, pode-se dizer que o que se pratica hoje é a agricultura “pela média”. Faz-se a amostragem de solo e um resultado vale para todo talhão ou até para a propriedade inteira, com recomendações padrão que

freqüentemente se estendem por várias fazendas em uma dada região e na colheita diz-se que a propriedade produziu tantos sacos por hectare, sem fazer-se referência às bruscas variações presentes dentro e entre os talhões.

Essa agricultura pela média deixa de considerar aspectos muito importantes. Um mapa de produtividade, que é um bom ponto de partida para se entender e praticar Agricultura de Precisão, mostra informações, via de regra, surpreendentes. As lavouras, em geral, apresentam manchas com produtividades extremamente variadas, levando a crer que o que se pratica nos dias de hoje é uma simplificação estritamente de ordem prática, por falta de recursos técnicos para maior detalhamento.

A proposta da Agricultura de Precisão é permitir que se faça em áreas extensas o que os pequenos agricultores sempre fizeram, que é o tratamento dos detalhes considerando as diferenças existentes em um talhão, sem desperdiçar o conhecimento acumulado pelas ciências agrárias até hoje. A idéia básica é de que o agricultor possa inicialmente identificar as manchas de altas e de baixas produtividades dos talhões e depois possa administrar essas diferenças. Para que isso seja possível é necessário um certo grau de automatização, que depende de tecnologias modernas, muitas delas apenas adaptadas para o meio agrícola é o caso do GPS, da informática e muitos dos sensores e controladores utilizados nas máquinas agrícolas.

A Agricultura de Precisão, que era vista inicialmente como um conjunto de ferramentas para o manejo localizado da lavoura, mais recentemente tem merecido uma definição mais sistêmica. É acima de tudo, uma nova forma de gestão ou de gerenciamento da produção agrícola. É um elenco de tecnologias e procedimentos utilizados para que as lavouras e os sistemas de produção sejam otimizados, tendo como elemento chave o gerenciamento da variabilidade espacial da produção e dos fatores nela envolvidos.

Como esse sistema de gerenciamento prescinde de muita informação, já se utiliza o termo “tecnologia da informação” como algo ainda mais amplo, já que a Agricultura de Precisão é o agente gerador de bases de dados de elevado valor gerencial, pouco conhecidas e compreendidas até então. Embora seu desenvolvimento e adoção tenham iniciado com as culturas de cereais em geral, o conceito tem se estendido a inúmeras culturas, sem exceção. A questão é apenas como monitorar a variabilidade e com que freqüência.

Nesse sentido, observa-se que há duas grandes frentes de ação com o mesmo grau de importância e com uma necessidade premente de se juntarem cada vez mais. De um lado está o

segmento representado pelos pesquisadores e empresas que vêm desenvolvendo soluções para se fazer Agricultura de Precisão e do outro estão os usuários e implementadores dessas soluções, ou seja, os profissionais ligados à produção.

O papel da mecânica e da eletrônica

No segmento relacionado às soluções, tem-se observado, num primeiro momento, um empenho muito grande de indústrias de máquinas agrícolas, fornecedores de sistemas eletrônicos e hidráulicos e de programas computacionais de toda ordem. Infelizmente, a visão de mercado, via de regra imediatista e segmentada, tem gerado produtos que não atendem a demanda do agricultor. Por outro lado, a falta de definições de direção do mercado com relação ao nível tecnológico a se adotar e fragilidade em alguns parâmetros de recomendação, especialmente ligados à inconsistência da variabilidade espacial e temporal nas lavouras e baixas correlações entre possíveis causas e efeito, têm levado muitos empreendimentos a serem revistos ou mesmo encerrados.

Na década passada, nos EUA e Europa foram vários os exemplos de empresas que foram constituídas para atuar no desenvolvimento e comercialização de soluções e tecnologia relacionadas a programas computacionais para Sistemas de Informação Geográfica dedicados à agricultura, sensores de vários princípios de funcionamento para a detecção direta de indicadores de solo, cultura ou presenças de componentes indesejados na lavoura. Também surgiram vários equipamentos dedicados ou genéricos para a automatização da regulação de máquinas aplicadoras de insumos em geral, sempre visando permitir ao agricultor o tratamento localizado das lavouras. Muitos desses produtos e suas empresas não resistiram ao desafio da inovação e não encontraram espaço para sobreviverem no mercado. As projeções eram otimistas demais e muitas das soluções não estavam adequadas ao momento e ao domínio que se tem da complexidade que é um sistema de produção agrícola com interações ainda não inteiramente dominadas. Com isso, alguns dos aspectos de ordem prática, planejados pelos proponentes de equipamentos e soluções, não se efetivaram. Mas isso é típico em qualquer área que esteja se desenvolvendo e alguns se estabeleceram e estão prosperando. Mais recentemente esse mesmo fato começou a ser visto aqui no Brasil, inclusive com algumas iniciativas de desenvolvimento de produtos nacionais, mas que passarão pelas mesmas provas que outros já passaram no exterior.

Outros produtos surgiram visando facilitar a vida do usuário e melhorar a qualidade das operações e um exemplo clássico e que deu certo, foram os sistemas de orientação para aplicação em faixas paralelas orientados por DGPS, aqui no Brasil conhecidos como "barra de luz". Mais recentemente surgiram os sistemas automatizados de esterçamento de veículos, também orientados por DGPS com boa aceitação no mercado já no seu primeiro ano, especialmente nos EUA. Esses dois casos, e para o Brasil, especialmente o primeiro, com bastante aceitação em aplicações de pulverização e mais recentemente para calcário e fertilizantes a lancha, demonstra que o usuário sabe selecionar o que lhe atende e representa solução para problemas imediatos. O mercado brasileiro de sistemas de orientação para faixas paralelas tem crescido e já é destaque mundial. Com relação aos sistemas de esterçamento automático, também se vislumbra um mercado brasileiro, lembrando que a especificação desses sistemas, dependendo da forma de correção diferencial de GPS, é de acurácia da ordem de 7 a 10 cm. Acredita-se que haverá espaço especialmente para aplicações como semeadura direta em áreas extensas e com semeadoras de grande porte, onde os marcadores de linhas terão mais dificuldades do que já têm hoje para a marcação de linhas sobre palhada. Na área de cereais, outra aplicação poderá ser a colheita. Também há um potencial grande de sua aplicação na área de cana-de-açúcar, tanto em operações de sulcação como na colheita mecanizada, para evitar tráfego sobre soqueiras. Esse recurso, adaptado aos tratores, pulverizadores autopropelidos e colhedoras, oferece o conforto da direção automatizada e que libera o operador da responsabilidade de dirigir, permitindo que se concentre nos demais controles.

É importante ressaltar que todos esses produtos, incluindo os monitores de produtividade, controladores de taxa variada, receptores de GPS, etc, têm um custo adicional por serem importados. Este tem sido um dos entraves da adoção dessas tecnologias, por se tratar de valores, por vezes irrealistas, em função da baixa escala de produção e de comercialização no país, bem como de custos agregados associados às longas distâncias que, por sua vez, são associadas à instalação e assistência técnica desses equipamentos. Custo tem sido um dos grandes entraves e, em alguns dos segmentos, a falta de parâmetros para balizar o benefício, tem sido o outro limitador da adoção.

Abordando rapidamente os monitores de produtividade, assunto já bastante explorado até então, é importante se destacar que já existem boas soluções para cereais em geral, onde houve um empenho inicial maior devido às extensas áreas que ocupam. Hoje já há soluções em várias outras culturas como o algodão, tubérculos,

frutíferas em geral, feno, tomate industrial e mais recentemente, para a cana e em breve para o café, sempre com colheita mecanizada.

Sem dúvida, a melhor informação do resultado de uma lavoura é a colheita. Na agricultura pela média, essa informação se resume a um número. Na Agricultura de Precisão essa informação é o mapa de produtividade que mostra o total colhido para cada pequena porção da lavoura. É uma imagem que representa a variabilidade espacial da produção. Para se gerar os mapas de produtividade, no caso de grãos, é necessária a instalação de alguns dispositivos especiais na colhedora ou a aquisição de uma colhedora já equipada pela fábrica. A configuração básica de um sistema inclui um sensor de fluxo de grãos e um sensor de umidade da massa de grãos, ambos instalados no elevador de grãos limpos da máquina, um sensor de velocidade da máquina, um interruptor ou sensor de plataforma, GPS e o monitor com sistema para armazenamento de dados, instalado na cabine.

Várias outras ferramentas estão sendo propostas e testadas, visando sempre identificar as manchas existentes em um talhão, como as fotografias aéreas, as imagens de satélite, a videografia, a amostragem de solo em grade, a mensuração da condutividade elétrica do solo, etc. Todas merecem a devida atenção e fazem parte do sistema.

A técnica que tem se tornado bastante popular e que se soma às informações da cultura é a geração do mapa individual para cada indicador da fertilidade do solo. Para isso é necessário um certo investimento na coleta de amostras, cada uma localizada via GPS. Outras informações podem ser registradas, como por exemplo, a localização de focos de infestação de doenças, pragas ou invasoras.

Esse é apenas o campo da coleta de dados para um bom diagnóstico, que é a fase seguinte. Nessa, a interpretação e explicação para os fatos passa a ser a tarefa mais complexa. Na prática, deve-se identificar os fatores que podem causar as baixas produtividades onde elas se manifestarem. É a arte de fazer o que se faz hoje com base nas médias, porém em cada pequena porção da lavoura.

Outro segmento importante é o que permite a aplicação dos insumos na dose certa em cada local. De nada serviria o diagnóstico dos problemas localizados se não houvesse como fazer o tratamento também localizado. Já existem veículos de aplicação de fertilizantes capazes de carregar um ou vários produtos separados para a composição da aplicação localizada da devida mistura. Em outros países essa tarefa normalmente é feita por prestadores de serviços ou cooperativas que se especializaram nessa tarefa. Também são

disponíveis equipamentos para variar a densidade de semeadura automaticamente. A aplicação localizada de defensivos agrícolas com dosagens variadas e circuito de injeção direta do princípio ativo no fluxo de água ou diretamente nos bicos, também já é disponível. Nesse contexto já são oferecidos produtos e serviços ao agricultor brasileiro. No entanto, o domínio das técnicas passa por uma avaliação e adaptação às nossas particularidades.

Um passo importante que está sendo dado é o desenvolvimento de controladores e atuadores para regulação de vazão de sólidos e de líquidos, com ou sem o gerenciamento automático via mapas de aplicação. Um segmento que demandava solução era o responsável pela aplicação de calcário e que, finalmente, começa a ser visto pela indústria com bons olhos. Já existem soluções no mercado e outras virão para a aplicação de calcário em taxa variada, governada automaticamente por mapa de aplicação ou pelo próprio operador, fazendo simplesmente variar a vazão do produto com base em definições de unidades de gerenciamento diferenciado marcadas por algum recurso simplificado, ou mesmo por GPS de navegação.

O papel do usuário

Uma tarefa difícil para o usuário é coletar muitos e bons dados que lhe permitam gerar informações úteis. Porém, mais desafiador do que isso é chegar a um diagnóstico correto para a tomada de decisão e intervenções. As correlações entre efeito e as possíveis causas da variabilidade espacial em uma lavoura têm sido exaustivamente estudadas por muitos pesquisadores e os valores, via de regra, são baixos e, por vezes, conflitantes. Basicamente, o que é necessário é a definição do quadro que expressa o grau de importância de cada fator para uma dada condição (talhão, ambiente, cultura) como mostrado na Figura 1. No entanto, muitas das prováveis causas são do tipo que não permitem intervenções, mas sim exigem a convivência, o que já é uma informação de grande utilidade.

Causas da variabilidade e grau de dificuldade para a sua intervenção

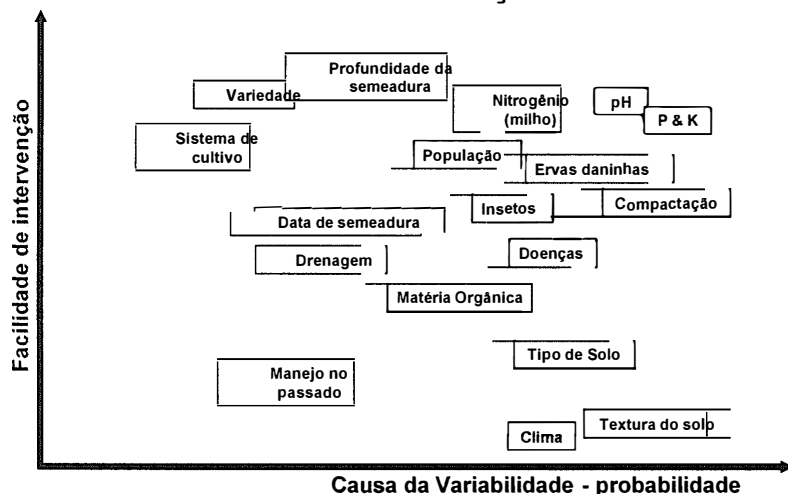


Figura 1. Exemplo de um caso de análise de fatores envolvidos na variabilidade espacial de uma lavoura com seus diferentes graus de probabilidade e de facilidade de correção e que devem ser definidos para cada caso.

Esse processo exige empenho e conhecimento e poucos usuários agricultores têm habilidade para conduzir um gerenciamento de informações com esse nível de detalhamento. Daí a importância e necessidade de se atentar para a formação de pessoal capacitado, que tenha o perfil adequado para atender essa nova demanda.

Se de um lado estão os fornecedores de soluções, de outro estarão os seus usuários, porém entre os dois há uma interface grande, porque muitos dos usuários são, de fato, prestadores de serviços. Esta é uma das peculiaridades da Agricultura de Precisão. É difícil se conceber que essas técnicas serão dominadas pelo usuário final e de forma generalizada. É nesse meio que surge a necessidade de profissionais autônomos ou associados, para levar ao agricultor o que já é disponível e fazer com que isso lhe proporcione maior rentabilidade.

É perceptível que o papel da assistência técnica privada na agricultura brasileira está em franca expansão, porém ainda representa minoria nas áreas cultivadas. O profissional que atua em contato direto com o agricultor, vendendo o seu conhecimento, tem

uma gama enorme de tarefas e de conhecimentos a dominar e que não cessam de crescer e se complexar. A inclusão de mais essa área do conhecimento, com nuances totalmente fora da sua rotina, devem acarretar dificuldades e necessidade de investimento, tanto de equipamentos quanto de conhecimento.

Uma saída para esse profissional é associar-se a outro especializado no assunto e que lhe auxiliará na tarefa de levar esses benefícios ao seu agricultor. Este outro profissional, para se viabilizar no mercado tem que desenvolver parceria com vários assistentes técnicos e assim atuando de forma ágil e à distância, permitir praticar custos compatíveis. Esse modelo (Figura 2) exige do profissional especialista uma infraestrutura de análise de dados e de comunicação, enquanto que dos assistentes técnicos é necessário um conhecimento mínimo para interação e alguns recursos de coleta de dados em campo, especialmente de amostragem de solo em grade e de comunicação. Hoje, com os níveis de acurácia obtidos em GPS sem correção diferencial, é possível fazer toda a tarefa de navegação em campo com um receptor de GPS de baixo custo. É importante salientar que não se pode confundir essa tarefa com atividades de topografia. Levantamento de contornos de talhões e navegação a pontos de amostragem com erros da ordem de 6 a 15 m são esperados com essa prática. O fato de serem aceitáveis ou não, dependerá do grau de exigência do usuário.

Com relação ao nível de complexidade com que o usuário/consultor irá conduzir a adoção das técnicas de tratamento localizado, é necessário fazer uma abordagem ampla do contexto em que está inserido. A sofisticação é aliada da precisão, porém incorpora custo. Uma tendência bastante recente e muito provável de se tornar o caminho do futuro é a definição de unidades de gerenciamento diferenciado. Na medida em que o agricultor passa a trabalhar a propriedade não mais como única, ou seja, isola cada talhão e os considera como unidades gerenciais, o nível de desuniformidade surge. Isso leva ao tratamento individualizado de cada talhão em todos os sentidos; desde a amostragem de solo, passando pela colheita, até a contabilidade. Esse é o início do processo de gerenciamento por unidades diferenciadas. O que falta é definir essas unidades dentro de cada talhão. Assumindo que as manchas existem e que as conhecendo pode-se melhorar as técnicas de manejo da lavoura, deve-se lançar mão de ferramentas que permitam defini-las e identificá-las como unidades. Para isso podem ser utilizados os mapas de produtividade, as fotos aéreas ou videografia em infravermelho, a amostragem de solo em grade e outras técnicas mais recentes.

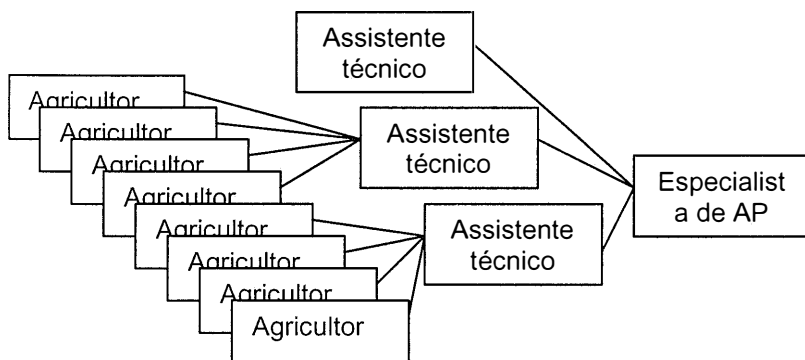


Figura 2. Estrutura organizacional de uma rede de serviços de assistência técnica privada que atenda o agricultor em suas demandas de Agricultura de Precisão com agilidade e custos compatíveis.

Definidas essas unidades, passa-se a criar subdivisões virtuais nos talhões que são as bordas dessas unidades que são diferenciadas entre si por algum critério ou fator. Desse ponto para frente as táticas de gerenciamento devem ser mudadas e todos os princípios da Agricultura de Precisão podem ser aplicados, porém sem tanta sofisticação, especialmente no que concerne a equipamentos. A própria delimitação e demarcação dessas unidades de gerenciamento pode ser feita com tecnologias apropriadas. Em função das dificuldades ligadas ao alto custo bem como ausência de boas correlações que expliquem as causas das variabilidades locais, a tendência da adoção das unidades de gerenciamento diferenciado vem crescendo.

No entanto, para que a adoção dessas tecnologias venha a acontecer numa marcha que gere mais volume, tanto de negócios quanto de experiências para todos, deve haver esforço concentrado em duas grandes frentes. Por um lado a pesquisa, com recursos públicos e privados, deve acelerar o processo do entendimento dos fenômenos associados à variabilidade existente nos campos e as formas de intervir ou conviver com essa variabilidade. A outra frente, também de primeira importância, deve atacar a redução do custo de adoção. Há uma demanda reprimida que se frustra com os valores dos equipamentos hoje disponíveis. Sabe-se que os preços praticados são decorrentes de falta de escala de produção e de

nacionalização. Na medida em que a tecnologia evolui e as técnicas se adaptam à realidade, a marcha de inserção dos agricultores vai aumentando naturalmente. No futuro isso será uma realidade tão próxima como já é o plantio direto que nos anos 80 parecia ser algo para poucos e totalmente desfocado da nossa realidade.

As novas tecnologias trazem consigo as dúvidas e os encantos. É conhecido o fato de que essas novidades têm sua fase de euforia acompanhada de adoção um tanto desordenada; segue uma fase de desapontamento e abandono. Somente depois é que ocorre o ressurgimento com equilíbrio. Esse modelo é bastante conhecido e o exemplo mais próximo é exatamente a história do plantio direto no Brasil. Se esse for o caminho da Agricultura de Precisão, a fase da euforia já passou.

O que mais falta ao usuário é informação. A obtenção dessa informação é lenta e cara e quem começa tem o sabor e o ônus do pioneirismo. A implantação de projetos nesse sentido deve sempre ser gradual e com a consciência de que ainda temos pouco domínio dos conceitos de variabilidade espacial da produção e de suas causas. É importante lembrar que o usuário de países mais desenvolvidos encontra muitas informações já disponíveis para começar a trabalhar com Agricultura de Precisão. Exemplos são os mapas de solo, as redes de dados climatológicos, o sinal de GPS diferencial público e gratuito, p.e.

O aspecto econômico envolvido perturba o potencial usuário e esse tem sido o lado em que o sistema menos avançou. Os americanos e europeus têm alertado para o fato de que em grãos em geral, como culturas de baixo valor agregado, a rentabilidade da Agricultura de Precisão é menos evidente que em culturas mais nobres e que a mensuração da relação entre custo e benefício é bastante complexa e intuitiva. Porém, para a agricultura brasileira, que é ainda jovem e carente de ajustes, o gerenciamento que leve em consideração as grandes desuniformidades existentes dentro dos talhões pode oferecer vantagens bem maiores que aquelas oferecidas aos agricultores de outros países, e que estão bem mais próximos dos seus respectivos limites.

BIORREGULADORES E BIOESTIMULANTES NA CULTURA DO MILHO

Paulo Roberto de Camargo e Castro

Professor Titular do Departamento de Ciências Biológicas,
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de
São Paulo, Piracicaba, SP

Elvis Lima Vieira

Professor Adjunto do Departamento de Fitotecnia, Escola de
Agricultura, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, BA

Introdução

Os biorreguladores são compostos orgânicos que, em pequenas quantidades, inibem, promovem ou modificam de alguma forma processos fisiológicos e morfológicos do vegetal. Segundo Castro & Vieira (2001), na atualidade reconhecem-se cinco grupos de reguladores vegetais: as auxinas, as giberelinas, as citocininas, os retardadores e inibidores, e o etileno (Tabela 1). Essas substâncias naturais ou sintéticas, podem ser aplicadas diretamente nas plantas (folhas, frutos e sementes), provocando alterações nos processos vitais e estruturais, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade e facilitar a colheita. Através destas substâncias pode-se interferir em diversos processos, tais como a germinação, enraizamento, floração, frutificação e senescência. Esta interferência pode ocorrer pela aplicação dessas substâncias via semente, via solos ou via foliar, para isso elas precisam ser absorvidas a fim de que possam exercer sua atividade (Castro & Melotto, 1989).

Com a descoberta dos efeitos dos reguladores vegetais sobre as plantas cultivadas e os benefícios promovidos por estas substâncias de crescimento, muitos outros compostos e combinações desses produtos têm sido pesquisados com a finalidade de melhorar qualitativa e quantitativamente a produtividade das culturas.

A mistura de dois ou mais reguladores vegetais ou de reguladores vegetais com outras substâncias (aminoácidos, nutrientes e vitaminas), é designada de bioestimulante. Esse produto químico pode, em função da sua composição, concentração e proporção das substâncias, incrementar o crescimento e desenvolvimento vegetal, estimulando a divisão celular, a diferenciação e o alongamento das células, favorecer o equilíbrio

hormonal da planta, podendo também aumentar a absorção e a utilização de água e dos nutrientes pelas plantas.

O Stimulate é um bioestimulante líquido composto por três reguladores vegetais: 0,009% de cinetina (citocinina), 0,005% de ácido giberélico (giberelina) e 0,005% de ácido indolbutírico (auxina) da Stoller do Brasil (1998).

Tabela 1: Principais grupos de hormônios e reguladores vegetais.

IAA: ácido indolilacético; 2,4-D: ácido 2,4-diclorofenoxiacético; NAA: ácido naftalenacético; GA: ácido giberélico; 6-BA: 6-benziladenina; BAP: benzilaminopurina; CCC: chlormequat; SADH: daminozide; ABA: ácido abscísico; MH: hidrazida maleica; C₂H₄: etileno; ethephon: ácido (2-cloroetil) fosfônico.

Grupos	Endógeno	Sintético
Auxinas	IAA	2,4-D, NAA
Giberelinas	GA	-
Citocininas	Zeatina	6-BA, BAP
Retardadores	-	CCC, SADH
Inibidores	ABA	MH
Etileno	C ₂ H ₄	Ethephon

Os hormônios são ativos em concentrações micromolares ou submicromolares. Três aspectos devem estar envolvidos no sistema de resposta: a) os hormônios devem estar nas quantidades suficientes nas células adequadas; b) os hormônios devem ser reconhecidos e capturados com força por cada um dos grupos de células que respondem a eles. Existem proteínas localizadas na membrana plasmática de células vegetais, que capturam os hormônios, são as proteínas receptoras, que possuem estruturas complexas necessárias para o reconhecimento e captura; c) as proteínas receptoras causam e os mensageiros secundários conduzem a uma amplificação de efeito, podendo haver vários processos de amplificação em seqüência, antes que finalmente se dê a resposta ao hormônio (promoção, inibição e alterações metabólicas), segundo Salisbury & Ross (1994).

O processo germinativo requer participação ativa da complexa maquinaria de síntese da célula, consistindo de uma série de enzimas, fatores e cofatores, reguladores hormonais (giberelinas, auxinas e citocininas), ácidos nucléicos e caminhos outros ainda não bem identificados, com os aparatos para prover a energia necessária para as várias atividades de síntese.

O desenvolvimento do sistema radicular envolve estratégias que são comuns no desenvolvimento de órgãos de plantas e aspectos que são particulares das raízes. Todos os aspectos do desenvolvimento radicular são profundamente afetados pelos hormônios vegetais, com fortes efeitos atribuídos a auxina, citocinina e etileno. Existe grande evidência de que a maioria dos hormônios vegetais conhecidos, possuem na raiz sítios de síntese e que freqüentemente estas substâncias são exportadas via xilema e/ou via floema, para outras partes da planta. A importância deste órgão para o restante da planta, torna-se clara visto que a manipulação do sistema radicular, em sua forma, tamanho e fisiologia, por métodos genéticos, seleção e testes de campo, oferece um novo caminho para a melhoria do desenvolvimento e produtividade das plantas.

Biorreguladores e bioestimulantes em milho

Triacontanol é uma substância isolada de uma fração solúvel em clorofórmio de feno de alfafa (*Medicago sativa*), identificada por espectrometria de massa como um álcool primário de cadeia longa. O triacontanol foi identificado inicialmente em alfafa (Chibnall et al., 1933), mas ocorre em pequenas quantidades em extratos de muitas plantas, incluindo tritcale (Tullock & Hoffman, 1974). Tem sido verificado seu efeito estimulante no crescimento de plântulas de arroz (*Oryza sativa*), milho (*Zea mays*), tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) e cevada (*Hordeum vulgare*), segundo Ries et al. (1981). Este estimulante vegetal tem sido descrito como uma substância com a propriedade de aumentar o peso da matéria fresca e seca das plantas (Ries et al., 1977). Testes biológicos com explantes de feijoeiro não revelaram respostas ao triacontanol. Steffens & Worley (1980) efetuaram pulverizações em milho, tomateiro, sorgo e soja, com triacontanol, sob condições controladas. Observaram aumento no peso da matéria fresca em dois dos quinze ensaios realizados. A produção de soja, sob condições de campo, não foi alterada significativamente pelo tratamento com triacontanol. Concluiu-se através de respostas obtidas sob condições de laboratório, em vários sistemas de ensaios biológicos, somente pela atividade biológica ocasional desse álcool.

Castro et al. (1987b) verificaram que concentrações crescentes de triacontanol tenderam a aumentar o crescimento do hipocótilo do milho, 14 dias após a aplicação de 0,01, 0,10 e 1,00 mg.L⁻¹ do produto às sementes.

Castro et al. (1987c), trabalharam com os bioestimulantes: Agrostemin e Atonik e os reguladores vegetais: giberelina, chlormequat, hidrazida maleica, além do controle. Objetivaram avaliar os efeitos destas substâncias em sementes de milho (*Zea*

mays cv. C-525) e tomateiro (*Lycopersicon esculentum* cv. Kada), sob condições de laboratório. Para isso determinaram os comprimentos da radícula e do hipocótilo das plântulas, após sete e quinze dias da semeadura. Concluíram que a giberelina (100 mg.L^{-1}) e Agrostemin ($1,25 \text{ g.L}^{-1}$), promoveram aumentos no crescimento da radícula e do hipocótilo das plântulas de milho e tomateiro. A hidrazida maleica (1000 mg.L^{-1}), inibiu o desenvolvimento da radícula das plântulas de milho e reduziu o crescimento da radícula e do hipocótilo das plântulas de tomateiro. O Atonik ($0,5 \text{ mL.L}^{-1}$), demonstrou tendência de reduzir o crescimento da radícula e do hipocótilo das plântulas de *Lycopersicon esculentum*.

Castro et al. (1987a), pulverizaram plantas de milho (*Zea mays* cv. Cargill – 525), após 34 dias da semeadura, com giberelina 100 mg.L^{-1} , ethephon 600 mg.L^{-1} , Agrostemin $0,8 \text{ g.L}^{-1}$ e triacontanol $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$, visando alterações no desenvolvimento. Verificaram que a giberelina aumentou a altura das plantas, reduziu a massa seca e o número de folhas, e tendeu a diminuir a razão de área foliar das plantas de milho. As plantas tratadas com ethephon apresentaram aumento no número de folhas e na massa seca de raízes, colmo e folhas (Figura 1). O triacontanol promoveu reduções na taxa assimilatória líquida e na taxa de crescimento relativo das plantas.

O ethephon, a cinetina, a giberelina e a fusicoccina são citados para melhorar o índice de germinação sob condições de estresse causado por altas temperaturas, salinidade e muito alta ou baixa disponibilidade hídrica. Fusicoccina ou cinetina, combinadas com ethephon, melhoraram o crescimento do embrião em nível suficiente para conter a restrição imposta quando existe baixo potencial mátrico no solo (Khan et al., 1992).

A aplicação de giberelina em plantas de milho, durante o estágio vegetativo, resulta em maior desenvolvimento da parte aérea, sem afetar a produção de massa seca e o rendimento dos grãos (Castro & Kluge, 1999).

A aplicação de 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) não é recomendada na cultura do milho após o estágio de 4 folhas, pois provoca distúrbios fisiológicos que comprometem o rendimento de grãos, como o “encartuchamento” causado pela desorganização no crescimento das folhas, não permitindo a liberação do pendão e levando a perda do geotropismo positivo das raízes adventícias.

É de se esperar a aplicação de reguladores vegetais que proporcionem elevação da evapotranspiração, em condições de suprimento adequado de água, alterem positivamente o rendimento dos grãos. Em condições de seca, vislumbra-se a aplicação de biorreguladores, como o ethephon, com o objetivo de reduzir a evapotranspiração (Kasele et al., 1994; Sagaral & Parrish, 1990). A

altura da planta de milho pode também ser reduzida com a aplicação de ethephon, conforme Moro & Castro (1984).

Aplicação de giberelina em milho doce causou precocidade de germinação tanto em condições de laboratório como de campo (Wittwer & Bukovac, 1958).

Observou-se, no estudo da resposta de mutantes anões de *Zea mays* a aplicações de giberelinas e auxinas, que as plantas que respondem positivamente à giberelina contêm aproximadamente o mesmo nível de IAA endógeno que a planta normal. Aquelas que não reagem à giberelina contêm teores mais baixos de IAA, sendo que o tratamento com giberelina aumenta muito pouco a concentração de IAA endógeno (Bouillenne-Walrand, 1960). Tratamento de sementes de milho com GA produziu efeitos favoráveis no desenvolvimento de dois cultivares e desfavoráveis em um terceiro cultivar. Plantas pulverizadas com GA mostraram diminuição na produção de sementes e silagem (Zhuravlev & Smirnov, 1961). Aplicação de GA em diferentes estágios de crescimento do milho promoveu aumento na altura da planta, porém, não afetou o peso de silagem e das espigas (Alder et al., 1959).

Aplicação de CCC em milho provocou redução na produção de sementes. Este retardador de crescimento afeta a síntese de GA endógeno (Schenee, 1965). Verificou-se que aplicação de GA diminuiu a inibição no crescimento do milho causada pelo tratamento com hidrazida maleica. O GA ou hidrazida maleica, aplicados separadamente ou em combinação, aumentaram o nível de GA endógeno nas folhas. Por outro lado, aplicação de IAA não afetou os teores de IAA endógeno nas folhas de milho (Bouillenne-Walrand, 1958). Imersão das sementes de milho 'Hybrid-14' por 24 horas em soluções de 2,4-D, IAA e NAA (5, 10 e 20 mg.L⁻¹) revelou que nenhuma das três auxinas alterou a época de florescimento, mas aumentaram a altura e a produção das plantas tratadas, tendo sido mais eficientes as duas concentrações mais altas de 2,4-D (Khalil, 1965). Notaram-se que aplicações de GA aumentaram a altura do milho 'Piranão', sendo que este efeito foi verificado por um período de 30 dias após a pulverização do regulador vegetal, sendo que estas aplicações não modificaram outras características do cultivar. Tratamentos com CCC, BNOA e IAA não alteraram as características morfológicas e a produtividade do milho (Mitidieri et al., 1974).

Tratamento de milho híbrido nos estágios de 8 e 13 folhas com 0,2, 0,4 e 1,6 kg.ha⁻¹ de ethephon foi realizado na Jugoslávia. Aplicação de ethephon 1,6 kg.ha⁻¹ reduziu o crescimento do colmo em 33%, mostrando 269 cm no controle e 180 cm nas plantas tratadas. A altura da espiga foi também diminuída de 108 para 72 cm

do solo. A produção de sementes por planta foi reduzida de 225 para 207 g (8%), mas a diferença não se mostrou significativa (Georgiev, 1971). Aplicação de 1,5 e 3,0 kg.i.a. ethephon/ha, em milho irrigado, reduziu a altura do colmo e inibiu o desenvolvimento do ápice, produzindo um colmo mais vigoroso, sem afetar o número de folhas, espigas e a produção de sementes (Anônimo, 1971).

Aplicação de 600 g.ha⁻¹ de ethephon em milho, reduziu a alongação dos entrenós, promoveu o desenvolvimento de raízes adventícias, modificou o pendão, diminuiu a ocorrência de acamamento e aumentou a produção de sementes. A produtividade aumentou de 8 a 12% com aplicação de 6 a 25 g de ethephon/ha, antes do lançamento do pendão (Hatley, 1974). Dois cultivares de milho foram semeados em uma densidade de 60 mil plantas por hectare, sendo fornecida adubação com NPK e mantida umidade adequada no solo. Sete e oito semanas após a emergência foi aplicado 0,7 kg de ingrediente ativo de ethephon/ha de maneira uniforme ou deixando-se linhas sem o tratamento. Ethephon aumentou a produção de sementes, eliminou o acamamento, incrementou a taxa assimilatória líquida e a taxa de crescimento da cultura, reduziu porém o índice de área foliar (Marais & Graven, 1974).

Milho sob densidade de 64030 plantas/ha foi tratado com ethephon 36 e 48 kg.ha⁻¹, misturado ou não com uréia 10 e 15 kg.ha⁻¹. Verificou-se acamamento de 95,2% das plantas controle, reduzindo a produção de colmos em 40,6% e a produção de sementes de 12,93 t/ha nas plantas tratadas com ethephon sem acamamento, a 7,72 t/ha. As diferentes concentrações de ethephon e uréia aplicadas, não afetaram a produção de sementes. Ensaios com dois cultivares, sob altas e baixas densidades de plantio, mostraram que ethephon não deve ser aplicado em baixas densidades de plantio, exceto quando ocorre muito acamamento ou quando o espaçamento é reduzido e se deseja diminuir a altura do colmo e o acamamento (Lindert & Thomas, 1976).

Foi observado o efeito de ethephon 3000 mg.L⁻¹ de 10 a 37 dias após a germinação das plantas de milho, na morfologia e nos componentes da produção. A altura da planta e da espiga foram diminuídas com aplicações no 19º dia e posteriores. A redução em altura foi promovida pela diminuição no comprimento dos entrenós que foi mais evidente com aplicação de ethephon 34 dias após a germinação. A produção de sementes foi também reduzida, estando relacionada com a altura da planta. O regulador vegetal não evitou a ocorrência do acamamento (Efron & Pollak, 1978). Moro & Castro (1984) verificaram que TIBA e ácido giberélico não afetaram o crescimento do milho 'ESALQ PB-I', sendo que ethephon 400 e 800

mg.L⁻¹ reduziu a altura das plantas. Ethephon diminuiu o peso das sementes produzidas, sendo que o ácido giberélico não afetou a produção. Castro (1982) observou que ethephon promoveu precocidade no alongamento da inflorescência masculina da planta de milho 'Piranão VF-2', sendo que o regulador vegetal também causou diminuição no comprimento dos entrenós apicais.

Ação de stimulate em milho

Dario & Baltieri (1998), não observaram diferenças significativas entre os tratamentos com Stimulate (250 mL.ha⁻¹) em sementes de milho (*Zea mays*) e o controle, para os parâmetros: emergência de plântulas, altura de plantas, número de espigas/metro, tamanho das espigas, número de grãos/espiga e produção. Por outro lado, os tratamentos com o produto no estágio de semente (250 mL.ha⁻¹), semente mais 4 folhas (250 mL.ha⁻¹ e pulverização de 750 mL.ha⁻¹) e semente mais 8 folhas (250 mL.ha⁻¹ e pulverização de 750 mL.ha⁻¹), apresentam-se significativamente superiores aos demais tratamentos. A aplicação do Stimulate na semente mais 4 folhas (250 mL.ha⁻¹ e pulverização de 750 mL.ha⁻¹), proporcionou incremento de produção da ordem de 13,81%. Observou-se também, que nas concentrações e estádios de aplicação avaliadas, o produto não apresentou fitotoxicidade à cultura.

Milléo (2002), com o objetivo de avaliar a eficiência agrônômica do produto Stimulate, quando aplicado no tratamento de sementes e no sulco de plantio, na cultura do milho (*Zea mays* L. cv. Zeneca 8474), trabalhou com seis concentrações do produto (100; 150; 200; 250; 300 e 350 L.ha⁻¹), em tratamento de sementes e no sulco de plantio, em um total de treze tratamentos, com o controle. O bioestimulante proporcionou maior velocidade na emergência, maior produção de massa seca, maior número de fileiras de grãos por espiga e maior produção de grãos na cultura do milho. O tratamento 350 mL.ha⁻¹ apresentou um ganho de produtividade de 68,03% em relação ao controle, na análise da produtividade as concentrações de 300 mL.ha⁻¹ e 350 mL.ha⁻¹ no tratamento de sementes e em aplicação no sulco de plantio, foram as que apresentaram os melhores resultados (Tabela 2).

Com a finalidade de avaliarem os efeitos do Stimulate (0,009% de cinetina, 0,005% de ácido giberélico, 0,005% de ácido indolbutírico) sobre a germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento radicular de plantas de milho (*Zea mays* cv. Cargill – 929), Vieira & Castro (2000) instalaram experimentos no Laboratório de Fisiologia Vegetal e no Horto Experimental de Botânica, ambos do Departamento de Ciências Biológicas da Escola Superior de

Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP). As concentrações avaliadas foram de 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 e 12,5 mL de Stimulate/0,5 kg de sementes e 7,5 mL de água destilada como controle; o produto foi aplicado diretamente sobre as sementes acondicionadas em sacos plásticos. As avaliações referentes a germinabilidade das sementes e vigor de plântulas foram efetuadas em germinadores e, as relacionadas com o crescimento radicular das plantas de milho, foram executadas em 24 rizotrons instalados em condições de casa de vegetação. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com 6 tratamentos (concentrações) e 4 repetições. Os resultados foram submetidos a análise de regressão. Avaliaram-se a porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais, porcentagem de plântulas anormais, comprimento e massa seca de plântulas, crescimento radicular vertical, comprimento radicular total e velocidade de crescimento radicular vertical.

Concluiu-se que a concentração de 5,3 mL de Stimulate proporcionou a máxima porcentagem de germinação de sementes de milho (95,5%), promovendo um aumento de 6,1% em relação ao controle (Figura 2). Incremento de 46,9% na porcentagem de plântulas normais, foi observado na concentração de 4,9 mL de Stimulate (Figura 3) com 58,2% de normalidade, em relação a concentração zero com 39,6% de plântulas normais. Stimulate na concentração de 5,2 mL promoveu uma redução de 27% na porcentagem de plântulas anormais, em relação ao controle, segundo a Figura 4.

A concentração de 12,5 mL de Stimulate, causou acúmulo máximo de massa seca nas plântulas de milho, superando o controle de 47,5%. O crescimento radicular vertical de 34,7 cm foi máximo na concentração de 6,6 mL de Stimulate, provocando um aumento de 17% em relação a concentração zero com 29,6 cm (Figura 5). A concentração de 6,4 mL de Stimulate (Figuras 6 e 7) conferiu o comprimento radicular total máximo de 430,3 cm de raízes, superior em 165,5% ao valor registrado no controle, de 162,0 cm de raízes.

A aplicação de Stimulate sobre as sementes se mostrou eficiente no que se refere a promoção de um melhor desempenho das sementes no processo germinativo, proporcionando maior número de plântulas normais e reduzindo significativamente as anormalidades de plântulas. Também, registrou-se melhor resposta dos sistemas radiculares das plantas originadas de sementes pré-tratadas com o bioestimulante, aumentando significativamente o crescimento e o comprimento das raízes dos sistemas radiculares.

Tabela 2: Número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, produtividade e massa de 1000 grãos, obtidos no ensaio com milho realizado na Fazenda Escola “Capão da Onça” UEPG. Ponta Grossa – PR, 2001/2002 (Milléo, 2002).

Tratamentos	Dose do produto ha ⁻¹	Modo de aplicação	Nº de fileiras de grãos por espiga	Nº de grãos por fileira	Produtividade kg.ha ⁻¹	Massa de 1000 grãos (gramas)
1- Controle			14,70 b	34,35 a	4.456 b	220,3 a
2- Stimulate	500ml/100kg de semente	TS ¹	16,30 a	37,10 a	5.463 a	225,5 a
3- Stimulate	1000ml/100kg de sementes	TS	16,30 a	36,90 a	5.517 a	232,9 a
4- Stimulate	1500ml/100kg de sementes	TS	16,10 ab	38,45 a	5.933 a	229,1 a
5- Stimulate	500ml/ha ⁻¹	SP ²	16,30 a	37,95 a	5.665 a	228,4 a
6- Stimulate	1000ml/ha ⁻¹	SP	16,40 a	38,15 a	5.819 a	223,8 a
7- Stimulate	1500ml/ha ⁻¹	SP	16,40 ab	36,05 a	5.720 a	226,3 a
8- Stimulate	250ml/ha ⁻¹	FL ³	15,50 ab	38,65 a	5.775 a	229,9 a
9- Stimulate	500ml/ha ⁻¹	FL	15,60 ab	36,85 a	5.764 a	226,5 a
10- Stimulate	750ml/ha ⁻¹	FL	16,00 ab	36,95 a	5.884 a	233,9 a
CV (%)			3,76	NS	4,49	NS

Médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey: NS – não houve diferença estatística entre os tratamentos pelo teste F; ¹Tratamento de sementes; ²Pulverização dirigida na linha de semeadura, no momento da semeadura; ³Pulverização foliar no estágio 1; CV(%) = coeficiente de variação.

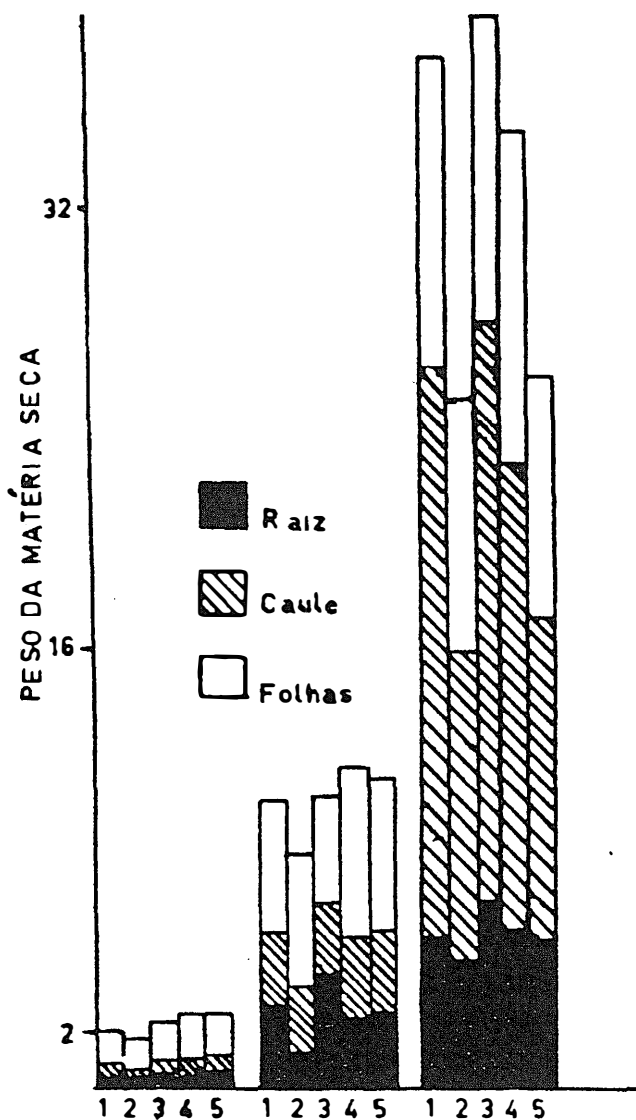


Figura 1 - Massas da matéria seca (g) de raiz, caule e folhas das plantas de milho 'Cargill-525', tratadas 13 dias após a semeadura (DAS), giberelina 100 mg.L⁻¹ (2), ethephon 600 mg.L⁻¹ (3), Agrostemin 0,8 g.L⁻¹ (4) e triacontanol 0,5 mg.L⁻¹ (5) em relação ao controle (1), determinados 27, 41 e 55 DAS.

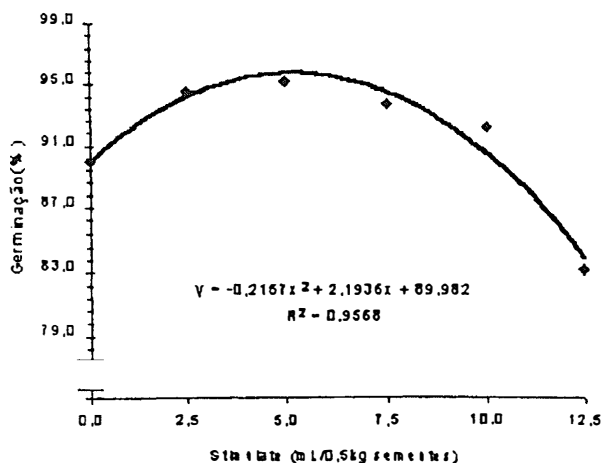


Figura 2 - Modelo de regressão quadrática para a variável germinação de sementes de milho (*Zea mays*) sob seis concentrações de Stimulate.

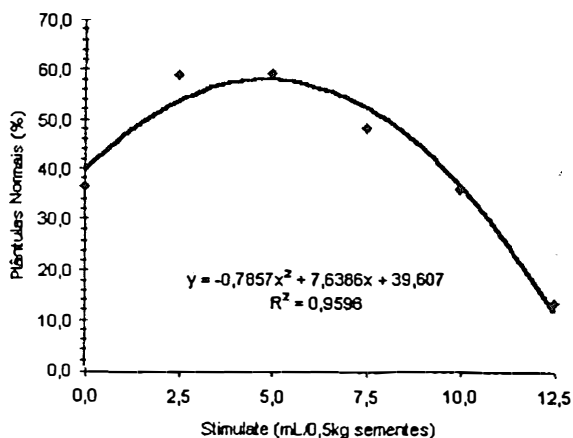


Figura 3 - Modelo de regressão quadrática para a variável plântulas normais de milho (*Zea mays*) sob seis concentrações de Stimulate.

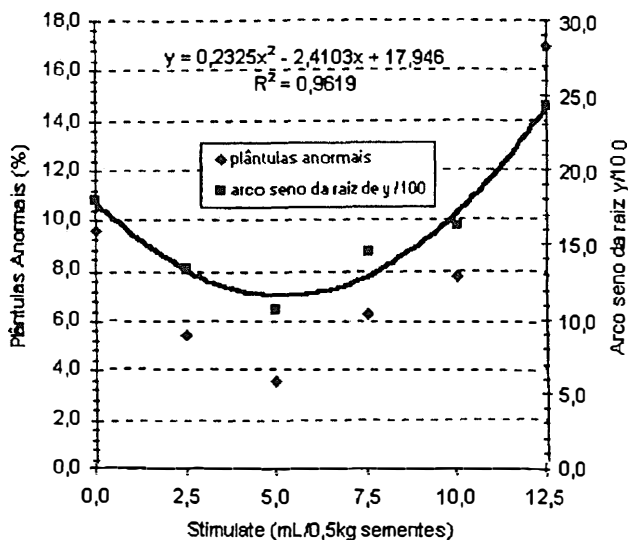


Figura 4 - Modelo de regressão quadrática para a variável plântulas anormais de milho (*Zea mays*) sob seis concentrações de Stimulate.

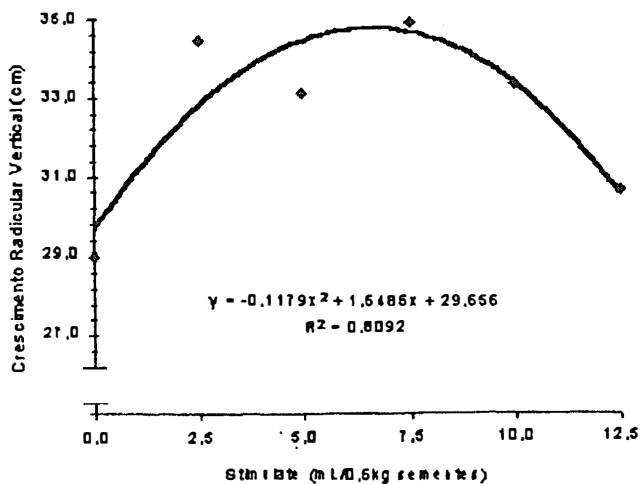
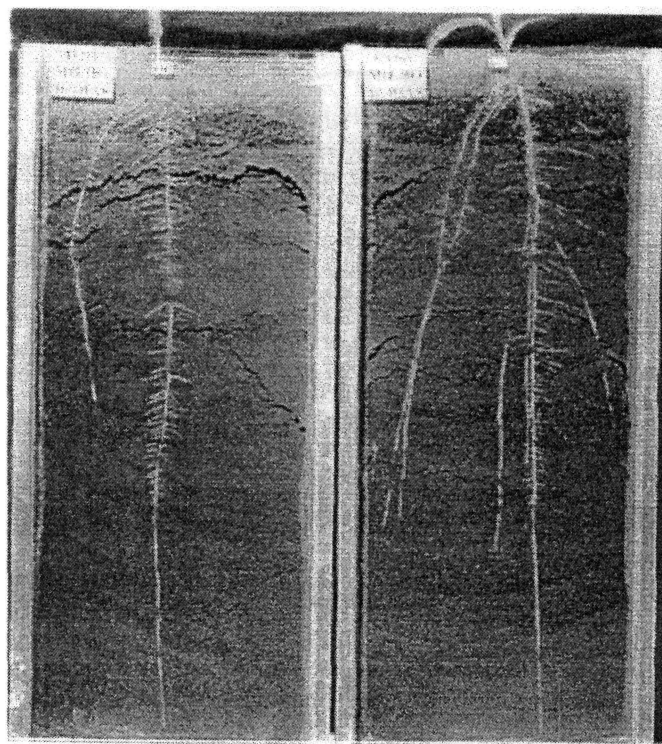


Figura 5 - Modelo de regressão quadrática para a variável crescimento radicular vertical milho (*Zea mays*) sob seis concentrações de Stimulate.



Controle

5,0 mL Stimulate

Figura 6 - Vista da face plana frontal e transparente do rizotron, apresentando o sistema radicular de plantas de milho (*Zea mays*) controle em relação ao tratamento com 5,0 mL de Stimulate/0,5 kg de sementes.

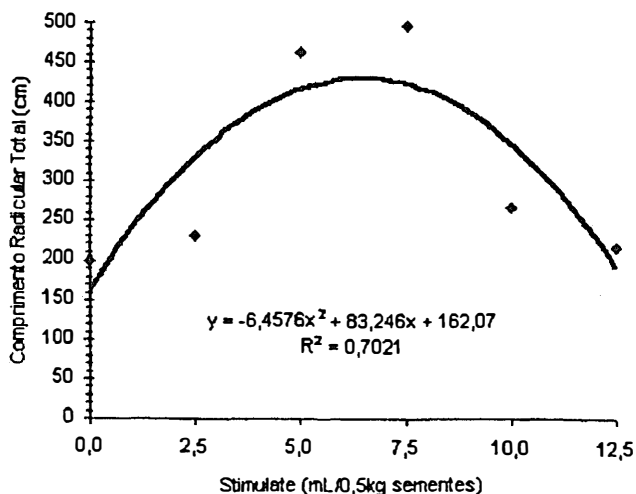


Figura 7 - Modelo de regressão quadrática para a variável comprimento radicular total de milho (*Zea mays*) sob seis concentrações de Stimulate.

Referências bibliográficas

- ALDER, E.F.; LEBEN, C.; CHICHUK, A. Effects of gibberellic acid on corn (*Zea mays*). *Agronomy Journal*, v. 51, n. 5, p. 307-308, 1959.
- ANÔNIMO. Annual Report 1970-1971. Department of Research and Specialist Services. Henderson Research Station. Salisbury, Rhodesia, 46p. 1971.
- BOUILLENNE-WALRAND, M. Gibberellins, auxin factors in higher plants. *Bull. Soc. Roy. Sci., Liège*, v. 27, p. 227-245, 1958.
- BOUILLENNE-WALRAND, M. Concerning the response of dwarf mutant of *Zea mays* to applications of gibberellic acid, gibberellin, and beta-indoleacetic acid. *Mededel. Landbouwhogeschool in Opzoekingsta. Staat Gent*, v. 25, p. 1159-1163, 1960.
- CASTRO, P.R.C. Efeitos de ethephon e uréia na morfologia e produtividade do milho (*Zea mays* L.). *An. Esc. Sup. Agr. "Luiz de Queiroz"*, v. 39, p. 89-100, 1982.
- CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. *Ecofisiologia de cultivos anuais*. São Paulo: Nobel, 1999. 126p.
- CASTRO, P.R.C.; MELOTTO, E. Bioestimulantes e hormônios aplicados via foliar. In: BOARETO, A.E.; ROSOLEM, C.A. *Adubação foliar*. Campinas: Fundação Cargill, 1989. v. 1, p. 191-235.

- CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária Ltda, 2001. 132p.
- CASTRO, P.R.C.; CONFORTO, E.; NICOLINI, E.M.; GABRIEL, J.L.C.; ISMAEL, J.J. Efeitos de reguladores e estimulantes vegetais no desenvolvimento do milho (*Zea mays* L. cv. C-525). An. Esc. Sup. Agr. "Luiz de Queiroz", v. 94, p. 1079-1105, 1987a.
- CASTRO, P.R.C.; HENRIQUE, A.A.; FUMIS, T.F.; BABBONI JR., A.C.; MINARELLI, A.M.; DI STASI, L.C.; RODRIGUES, J.D. Efeitos do triacontanol na germinação de milho e tomateiro. An. Esc. Sup. Agr. "Luiz de Queiroz", v. 44, p. 891-899, 1987b.
- CASTRO, P.R.C.; HENRIQUE, A.A.; FUMIS, T.F.; BABBONI JR., A.C.; MINARELLI, A.M.; DI STASI, L.C.; RODRIGUES, J.D. Ação de reguladores e estimulantes vegetais na germinação de milho e tomateiro. An. Esc. Sup. Agr. "Luiz de Queiroz", v. 94, p. 359-367, 1987c.
- CHIBNALL, A.C.; WILLIAMS, E.F.; LATENER, A.L.; PIER, S.H. The isolation of n-triacontanol from lucerne wase. Biochemistry Journal, v. 27, p. 1885, 1933.
- 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: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1998. 12p. (Relatório Técnico).
- EFRON, Y.; POLLAK, D. The effect of Ethrel on morphology and yield in maize. Hassadeh, v. 58, p. 1735-1738. 1978.
- GEORGIEV, T.M. Effect of Ethrel for decreasing stem length in maize. Rasteviev dni Novki, v. 8, p. 23-28, 1971.
- HATLEY, O.E. The response of corn, *Zea mays* L., and soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill, to soil and foliar applications of growth regulating compounds. Diss. Abstr. Inter., v. 34, p. 3582, 1974.
- KASELE, I.N.; NYRENDA, F.; SHANAHAN, J.F.; NILSEN, D.C.; D'ANDRIA, R. Ethephon alters corn growth, water use, and grain yield under drought stress. Agronomy Journal, v. 86, n. 2, p. 283-288, 1994.
- KHALIL, A.I. Effects of 2,4-D, IAA and NAA upon yield of *Zea mays* Linn. Indian J. Agric. Sci., v. 35, p. 29-31, 1965.
- KHAN, A.A.; ANDREOLI, C.; PRUSINSKI, J.; ILYAS, S. Enhanced embryo growth potential as a basis for alleviating high temperature and osmotic stress. Adaption of food crops to temperature and water stress. Proceeding of International Symposium. Taiwan, 13-18 de agosto, 1992.

- LINDERT, M.J.A. VAN, THOMAS, P.E.I. Maize growth regulator experiment. Annual Report, Weed Research Team 1974-1975. p. 30-33, 1976.
- MARAIS, J.E.; GRAVEN, E.M. A preliminary investigation into the effects of modified canopy architecture by means of Ethrel on yields of maize. *Crop Production*, v. 3, p. 75-78, 1974.
- MILLÊO, M.V.R. Avaliação da eficiência agrônômica do produto Stimulate aplicado no tratamento de sementes e no sulco de plantio sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.). Ponta Grossa – Paraná: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2002. 18p. (Relatório Técnico).
- MITIDIERI, J.; CASTRO, P.R.C.; MALAVOLTA, E.; MORAES, R.S. Efeitos da aplicação de reguladores de crescimento e características do milho (*Zea mays* L. cv. Piranão). *An. Esc. Sup. Agr. "Luiz de Queiroz"*, v. 31, p. 51-61, 1974.
- MORO, J.R.; CASTRO, P.R.C. Ação de reguladores vegetais na morfologia e produtividade do milho (*Zea mays* L.). *Revista de Agricultura*, v. 59, n. 3, p. 301-311, 1984.
- RIES, S.K.; WERT, V.; HOUTZ, R. Rapid *in vivo* and *in vitro* effects of triacontanol. *Proc. Plant Growth Regul. Soc. Amer.*, Florida, v. 137, 1981.
- RIES, S.K.; WERT, V.; SWELLEY, C.C.; LEAVITT. Triacontanol: a new naturally occurring plant growth regulator. *Science*, v. 195, p. 1339-1341, 1977.
- SAGARAL, E.G.; PARRISH, D.J. Effects of ethephon and Tigrrr on the growth and yield of corn. Annual Meeting of Plant Growth Regulator Society of America, 16th. Proceedings. The Plant Growth Regulator Society of America, v. 17, 123p., 1990.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. Fisiologia vegetal. Trad. de Virgilio González Velázquez. México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1994. 759p.
- SCHENEE, M. The effects of chlorocholine chloride (CCC) on the growth and development of grain. *Albrecht-Thaer Arch.*, v. 9, n. 8, p. 731-747. 1965.
- STEFFENS, G.L.; WORLEY, J.F. Triacontanol evaluation several plant assays. *Proc. Plant Growth Regul. Work. Group*, Texas, v.137, 1980.
- STOLLER DO BRASIL. Stimulate Mo em hortaliças. Informativo Técnico. Stoller do Brasil. Cosmópolis, 1998.
- TULLOCK, A.P.; HOFFMAN, L.L. Epicuticular waxes of *Secale cereale* and triticate hexaploid leaves. *Phytochemistry*, v. 13, p. 2535-2540, 1974.
- 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).
- ZHURAVLEV, A.A.; SMIRNOV, M.N. The effect of gibberellin on the growth and development of corn. *Agrobiologiya*, v. 3, p. 390-396, 1961.

POPULAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE PLANTAS DE MILHO

Durval Dourado Neto & Antonio Luiz Fancelli

Departamento de Produção Vegetal, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, C.P. 9, CEP 13.418-900, Piracicaba, SP, dourado@carpa.ciagri.usp.br, Bolsista CNPq & fancelli@carpa.ciagri.usp.br,

Paulo Augusto Manfron

Professor Titular, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS

Marcos Palhares

Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Monsanto do Brasil, Rua João Vicentini, 118, CEP 18.706-340, Avaré, SP, palhares@monsanto.com.br

Pedro Abel Vieira

Pesquisador, M.Sc., Embrapa SNT EN Sete Lagoas, C.P. 151, CEP 35.900-470, Sete Lagoas, MG, pavieira@cnpmc.embrapa.br

Introdução

O milho é das espécies mais eficientes para a produção de grãos, dotado de considerável área foliar, com abundante sistema radicular e eficiente sistema vascular (Company, 1984). Apesar do elevado potencial produtivo, apresenta sensibilidade a estresses em geral, pelo que seu cultivo exige rigoroso planejamento e manejo a fim de maximizar a sua produção. A produtividade de uma cultura de milho depende diretamente da relação intrínseca estabelecida entre a planta e o ambiente físico em que se encontra, com ênfase para a temperatura, luz, ventos e disponibilidade hídrica, o que determina a adaptação de diferentes genótipos para diferentes ambientes, em função do manejo adotado (Andrade, 1995).

A alta produtividade de grãos observada na cultura de milho decorrem de seu mecanismo fotossintético, planta C4, pelo qual praticamente não apresenta saturação por radiação solar, cuja resposta fisiológica é crescente (Ehleringer et al., 1997). Existem características intrínsecas à planta que diminuem a interceptação de luz pelas folhas, sendo a mais importante a natureza alternada e oposta das folhas ao longo do perfil da planta, o que promove o auto-sombreamento das folhas inferiores (Magalhães & Paiva,

1993). O aumento da produtividade é consequência da interceptação da radiação incidente, resultante, principalmente, da distribuição espacial das plantas, do ângulo de inserção das folhas em relação ao colmo, da extensão da área foliar e permanência das folhas em atividade fisiológica.

Para o milho, as maiores exigências em água se concentram na fase de emergência, florescimento e formação do grão, sendo o maior consumo de água verificado por ocasião do florescimento, uma vez que, nessa fase, o índice de área foliar das plantas é máximo (Bergonci & Bergamaschi, 2002). O desenvolvimento dos órgãos reprodutivos requerem pronta disponibilidade de nutrientes na forma assimilável no solo, cuja viabilidade está condicionada à disponibilidade hídrica (Company, 1984).

A quantidade de água disponível à planta está condicionada ao desenvolvimento do sistema radicular e o volume de solo explorado pela planta, fatores determinados pelo genótipo, características do solo e arranjo espacial utilizado, sendo o último resultante da combinação entre o espaçamento entre fileiras e o número de plantas por metro de linha (Fancelli & Dourado-Neto, 2000).

Segundo Andrade et al. (1991), citados por Fancelli & Dourado-Neto (2000), os aspectos fisiológicos e fenológicos da planta de milho estabelecem que a produtividade da cultura do milho depende de: (i) época de semeadura, localização geográfica e altitude da área, as quais determinam a radiação disponível; (ii) eficiência de interceptação da luz, a qual depende da idade da planta, da arquitetura foliar e do arranjo espacial e população de plantas, determinados pela capacidade de suporte do meio; (iii) temperatura do ar à qual as plantas são expostas, disponibilidade de água e nutrientes, os quais determinam a eficiência na conversão da radiação; (iv) genótipo, o qual responde pela partição dos fotoassimilados.

O surgimento de novos genótipos e técnicas de manejo para a cultura de milho, tem impulsionado estudos para a determinação do melhor espaçamento e densidade de semeadura (Pereira Filho et al., 1998). Em contraposição, Sangoi et al. (2002) e Molin (2000) consideram essenciais, e ao mesmo tempo escassos no Brasil, trabalhos que visam quantificar o efeito do aumento da população de plantas sobre a cultura do milho cultivado em diferentes épocas, assim como identificar características morfológicas, fisiológicas, fenológicas e alométricas.

Para Argenta (2001), justifica-se reavaliar as recomendações de espaçamentos e densidades de semeadura para a cultura de

milho, em virtude das modificações introduzidas nos genótipos, tais como menor estatura das plantas e estaturas de inserção de espiga, menor esterilidade de plantas, angulação mais ereta de folhas e elevado potencial produtivo.

Em trabalho realizado nos Estados Unidos da América, no qual foi analisado o rendimento de grãos em três populações (60.000, 70.000 e 80.000 plantas.ha⁻¹) sob três espaçamentos (0,58; 0,76 e 0,96 m), verificou-se que, sob a população de 80.000 plantas.ha⁻¹, a produtividade no espaçamento de 0,58 m foi maior que a 0,96 m, indicando a redução de estresse ambiental pelo arranjo espacial das plantas (Farnham et al., 2002).

No Brasil, um híbrido com características modernas, cultivado com 72.000 plantas.ha⁻¹ sob quatro espaçamentos (0,46; 0,71; 0,82 e 0,93 m), apresentou, sob o menor espaçamento, maior estatura da planta em relação aos demais espaçamentos. Para o número médio de fileiras de grãos por espiga e grãos por espiga, não foram obtidas diferenças, entretanto, a produtividade de grãos sob o menor espaçamento foi 19,4% superior à obtida no espaçamento de 0,82 m (Vazquez & Silva, 2002).

A interceptação da radiação solar por área é diminuída em baixas densidades de plantas favorecendo a produção de grãos por planta, mas reduz a produtividade por área (Sangoi, 2001). Com o aumento da população de plantas há diminuição do tamanho das espigas e do índice por planta, entretanto, existe compensação na produção pelo aumento do número de plantas por área. O adensamento excessivo incrementa a competição intra-específica, principalmente no estágio de florescimento, o que estimula a dominância apical, aumentando a esterilidade feminina e limitando a produção de grãos por área (Fornasier Filho, 1992; Pereira et al., 1993). O comportamento descrito pode ser observado na Figura 1, onde a produção de grãos (kg.ha⁻¹) aumenta linearmente com o aumento da população de plantas, até um ponto denominado “ponto crítico”, o qual varia entre 30 e 90.000 plantas.hectare⁻¹ (Sangoi, 2001), devido à produção de grãos por planta permanecer constante, nessa faixa de população não há competição intra-específica. Acima da população crítica, a produção por planta decresce determinando um ponto de máxima produção por unidade de área (Dourado Neto et al., 2001).

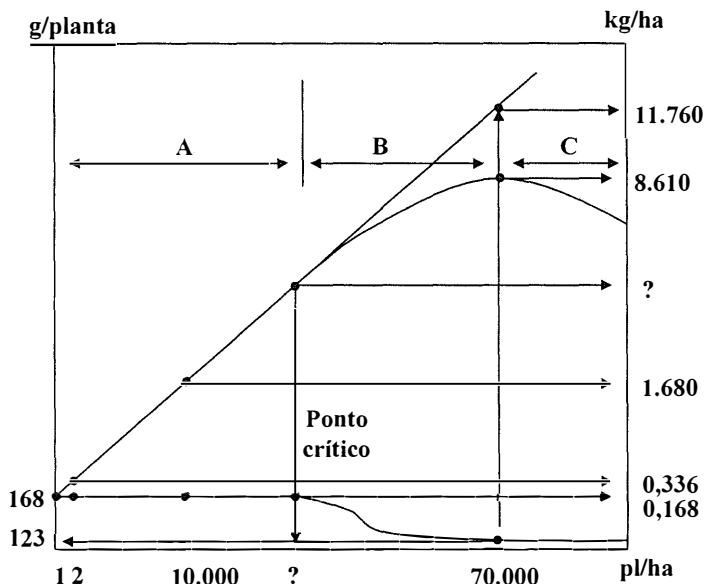


Figura 1. Variação da produção por unidade de planta ($g.pl^{-1}$) e por unidade de área ($kg.ha^{-1}$) em função da população (Dourado Neto et al., 2001).

Em experimento de campo realizado na área da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba/SP, num solo classificado como NITOSSOLO VERMELHO EUTROFÉRICO LATOSSÓLICO textura argilosa, avaliaram-se os materiais: (i) AG 1051: Híbrido Duplo de arquitetura foliar aberta, ciclo semi-precoce (soma térmica $875^{\circ}C.dia$) com recomendação de semeadura entre 15 de outubro a 20 de dezembro e população final de 50.000 plantas. ha^{-1} ; (ii) AG 7575: Híbrido Simples modificado de arquitetura foliar semi-ereta, ciclo precoce (soma térmica $837^{\circ}C.dia$) com recomendação de semeadura entre 20 de setembro e 20 de fevereiro e população final de 55.000 plantas. ha^{-1} ; e (iii) DKB 911: Híbrido Simples de arquitetura foliar ereta, ciclo precoce (soma térmica $830^{\circ}C.dia$) com recomendação de semeadura entre 1 de outubro a 30 de novembro e população final de 55.000 a 60.000 plantas. ha^{-1} .

Foram estabelecidos dezoito tratamentos com três repetições, distribuídas em blocos ao acaso, em fatorial de $2 \times 3 \times 3$, resultantes da combinação entre dois espaçamentos (0,40 e 0,80 m),

três densidades populacionais (30; 60 e 90 mil plantas por hectare) pelos três genótipos DKB 911, AG 7575 e AG 1051.

Os resultados mostram que durante a fase vegetativa não houve diferença de ciclo, entretanto, na fase reprodutiva, o híbrido DKB 911 foi mais precoce, apresentando 23 folhas no florescimento, seguido dos híbridos AG 7575, com 23 folhas, e AG 1051, com 24 folhas. Para a determinação de graus-dia, foi considerada a temperatura basal (T_b) de 10°C.

Observou-se pequena tendência de aumento na manifestação da natureza protândrica nos arranjos espaciais que proporcionaram maior competição intra-específica, conforme relata Sangoi et al. (2002), de maneira que a soma térmica necessária para o início do florescimento para cada genótipo, sob os diferentes arranjos, foi praticamente a mesma, variando exclusivamente em função do genótipo.

A estatura do genótipo AG 1051 foi superior à dos genótipos AG 7575 e DKB 911, independente dos espaçamentos e populações utilizadas, da mesma forma que a estatura do genótipo DKB 911 foi superior à do genótipo AG 7575, sob todos os arranjos espaciais. Essas diferenças estão associadas à característica genética dos híbridos. O DKB 911 apresentou maior estatura de plantas na população mais elevada e no menor espaçamento, já que o espaçamento de 0,40 m, quando comparado com o de 0,80 m, propicia menor competição intra-específica por água e nutrientes. Nas menores populações (30.000 e 60.000 plantas.ha⁻¹) não se observou o efeito do arranjo espacial entre plantas para estatura da planta.

Independentemente da população e do espaçamento entre plantas utilizados, o AG 7575 foi o que apresentou o menor diâmetro de colmo, enquanto que o maior diâmetro foi observado no AG 1051. De maneira geral, exceto para o AG 7575, na população de 60.000 plantas.ha⁻¹ e no contraste 40x80, não houve diferença em altas populações, independentemente do genótipo, o diâmetro do colmo aumentou com a diminuição do espaçamento. Já para populações menores, foi observada redução do diâmetro de colmo sob a redução do espaçamento. Por outro lado, a redução da população de plantas, independentemente dos genótipos e espaçamentos utilizados, resultou em aumento no diâmetro do colmo.

O AG 1051 apresentou maior comprimento de espiga nas menores populações, quando comparado com AG 7575 e DKB 911, independentemente da distribuição. Em alta população, aconteceu o inverso, quando comparado com o AG 7575. Com 90.000 plantas.ha⁻¹, apresentou maior comprimento quando comparado com o DKB

911, no espaçamento de 0,80 m. No espaçamento de 0,40 m não apresentou diferença.

O AG 7575, em 30.000 plantas.ha⁻¹ apresentou menor comprimento de espiga, quando comparado com o DKB 911, independentemente do espaçamento. O inverso ocorreu em 90.000 plantas.ha⁻¹. Em 60.000 plantas.ha⁻¹, o AG 7575 apresentou menor comprimento de espiga no espaçamento de 0,40 m. O inverso aconteceu no espaçamento de 0,80 m.

Nas populações de 30.000 e 60.000 plantas.ha⁻¹, para todos os genótipos, houve aumento do comprimento de espigas pela redução do espaçamento de 0,80 m para 0,40 m, provavelmente devido aos efeitos da distribuição de plantas. Por outro lado, ocorreu o inverso a todos os genótipos sob a população de 90.000 plantas.ha⁻¹, condição em que a competição intra-específica por água, nutrientes e luz superou os efeitos do melhor arranjo espacial entre as plantas.

À exceção do AG 575, no espaçamento de 0,80 m e contraste 30.000x60.000 plantas.ha⁻¹, houve aumento no comprimento de espigas para todos os genótipos e espaçamentos, para as menores populações de plantas.

Considerando-se os três genótipos e os dois arranjos (0,40 e 0,80 m), observa-se uma tendência geral de diminuição da massa de matéria seca de raiz por unidade de planta com o aumento da população de 30.000 para 90.000 plantas.hectare⁻¹, sendo a mesma tendência observada para as massas de matéria seca de parte aérea e total.

A quantidade relativa de raiz no florescimento, em relação à massa de matéria seca total, diminui de 26% para 19% com o aumento da população de 30.000 para 90.000 plantas por hectare. A parte aérea da planta aumenta de 74% para 81%, o que explica, parcialmente, porque populações elevadas apresentam maior porcentagem de quebra e de tombamento de plantas.

Se computados todos os genótipos e arranjos, pode-se verificar que quando a população é triplicada, a produção de massa de matéria seca total da parte aérea por unidade de planta reduz 1,6 vezes, ou seja, a produção, por unidade de área, para esse caso específico aumenta 82%. Analogamente, pode-se explicar o fato da população ser um dos principais fatores de produção na cultura do milho, pois, a produção de grãos por unidade de área aumenta devido o aumento da população ocorrer numa proporção superior à queda de produção por unidade de planta. Sendo assim, a população ideal é a correspondente à maior produção por unidade de área.

Em termos relativos, o aumento de população alterou a produção dos diferentes órgãos, variando, respectivamente, para pendão, folha, colmo, espiga e raiz de 1%, 13%, 25%, 35% e 26% para 1%, 17%, 27%, 36% e 19%. Em valores absolutos, observa-se a mesma tendência de diminuição de produção de massa de matéria seca por unidade de planta com o aumento da população.

Em relação ao DKB 911, o AG 1051 comportou-se de maneira semelhante, porém não havendo diferenças na maior população, nos dois espaçamentos. Em geral, o número de grãos por fileira no AG 7575 foi menor que no DKB 911, independentemente do espaçamento e da população.

A redução do espaçamento de 0,80 m para 0,40 m, de maneira geral, não influenciou o número de grãos por fileira dos três genótipos, nas três populações, exceto para o AG 1051, em que houve redução desse componente, provavelmente devido à variabilidade genética do híbrido.

As menores populações de plantas proporcionaram aumento significativo no número de grãos por fileira para todos os genótipos e espaçamentos, exceto nos contrastes de 30.000x60.000 do AG 7575, nos dois espaçamentos.

Em relação ao DKB 911, comportou-se de maneira semelhante somente nas combinações de 0,40 m x 60.000 plantas.ha⁻¹ e 0,80 m x 90.000 plantas.ha⁻¹. Por outro lado, houve uma tendência de ocorrer maior número de fileiras no DKB 911 em relação ao AG 7575, em todos os tratamentos.

A redução do espaçamento promoveu aumento do número de fileiras por espigas para o DKB 911 sob 30.000 plantas.ha⁻¹, bem como para o AG 1051 à população de 60.000 plantas.ha⁻¹. Por outro lado, este último teve seu número de fileiras reduzido na combinação de 0,40 m x 90.000 plantas.ha⁻¹. Observou-se que a natureza tropical do AG 1051, que lhe confere porte alto, folhas largas, compridas e angulação com o colmo próxima de 90°, propiciou a intensificação da competição intra-específica por luz, a partir da décima segunda folha, principalmente na condição de espaçamento reduzido, fato que pode explicar a redução do número de fileiras por espiga, observada no experimento, nesta condição.

A análise dos componentes de produção referente ao AG 7575 demonstra, da mesma forma, que o aumento de estatura de planta correlacionou-se positivamente com maiores diâmetros de colmo, comprimentos de espiga e grãos por fileira. Ainda, maiores diâmetros de colmo influenciaram o aumento do comprimento de espiga, grãos por fileira e fileiras por espiga, enquanto que espigas mais compridas apresentaram maior número de grãos por fileira e

fileiras por espiga. Não houve correlação entre número de grãos por fileira e número fileiras por espiga (Figura 7).

O DKB 911 foi o que apresentou todas as correlações positivas entre os componentes de produção mencionados, possivelmente devido à sua uniformidade genética.

As Figuras 2, 6 e 10 demonstram que, para todos os genótipos, a maior estatura de plantas e o menor diâmetro de colmo ocorreram sob a maior população, relação esta que inverteu-se à medida em que a população diminuiu.

As Figuras 3 e 7, para o AG 1051 e o AG 7575, indicam não ter havido aumento do número de fileiras por espiga em função do aumento do número de grãos por fileira, embora este tenha sido maior nas menores populações. A Figura 14 demonstra que para o DKB 911 o maior número de grãos por fileira e o maior número de fileiras por espiga ocorreram sob a menor população, relação esta que inverteu-se à medida em que a população aumentou.

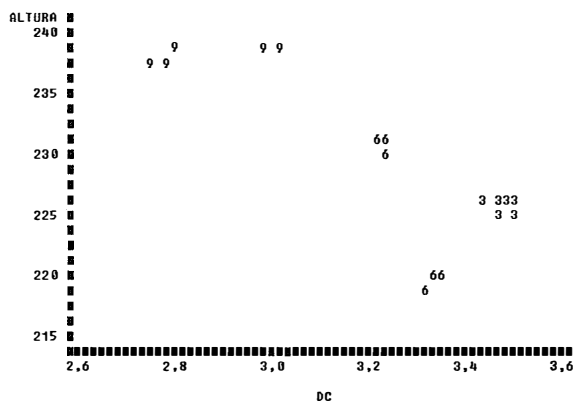


Figura 2 - Correlação entre estatura de planta (cm) e diâmetro do colmo (DC, cm). AG 1051.

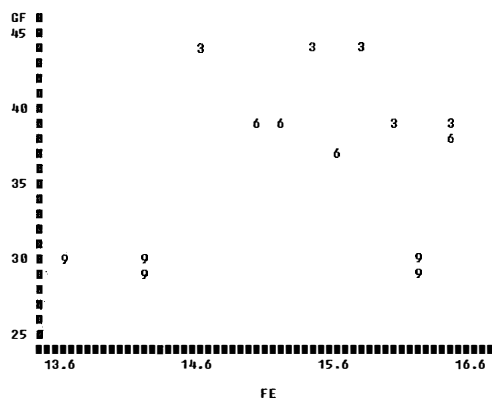


Figura 3 - Correlação entre número de grãos por fileira (GF) e número de fileiras por espiga (FE). AG 1051.

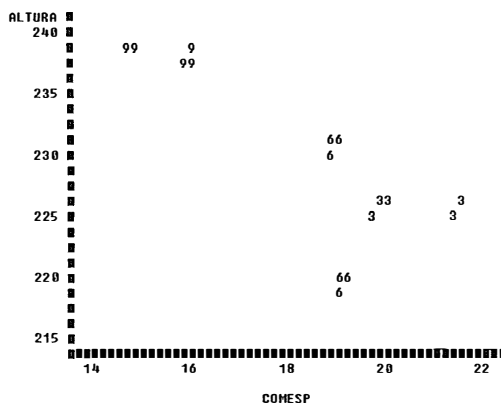


Figura 4 - Correlação entre estatura de planta (cm) e comprimento de espiga (COMESP, cm). AG 1051.

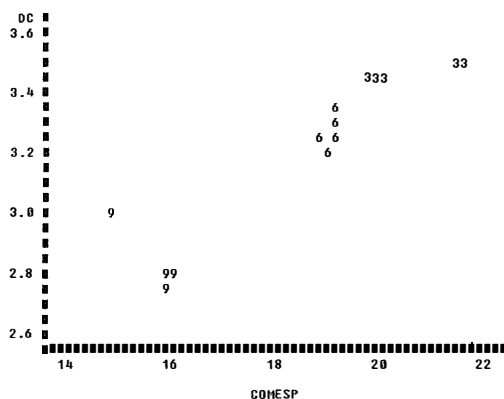


Figura 5 - Correlação entre diâmetro do colmo (DC, cm) e comprimento de espiga (COMESP, cm). AG 1051.

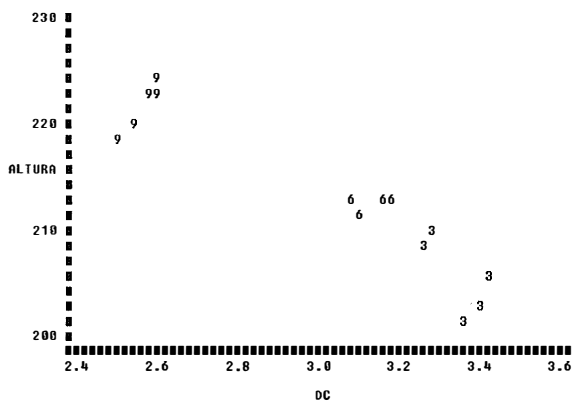


Figura 6 - Correlação entre estatura de planta (cm) e diâmetro do colmo (DC, cm). AG 7575.

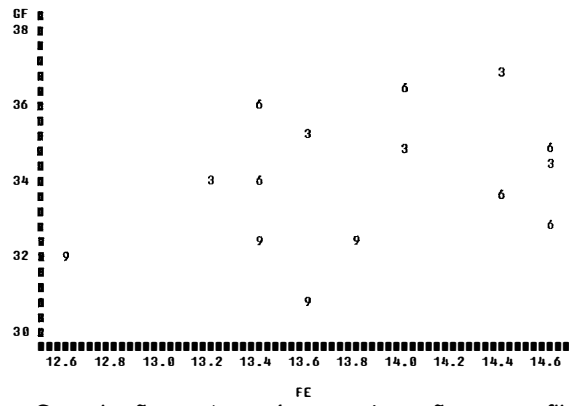


Figura 7 - Correlação entre número de grãos por fileira (GF) e número de fileiras por espiga (FE). AG 7575.

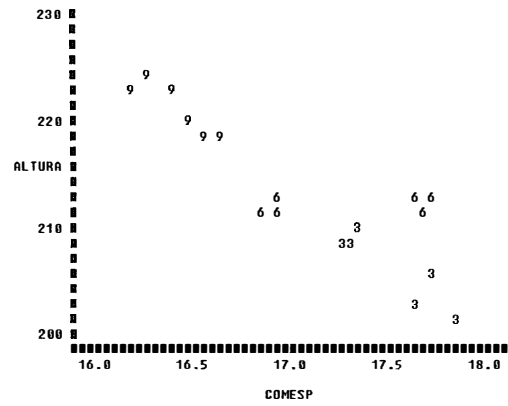


Figura 8 - Correlação entre estatura de planta (cm) e comprimento de espiga (COMESP, cm). AG 7575.

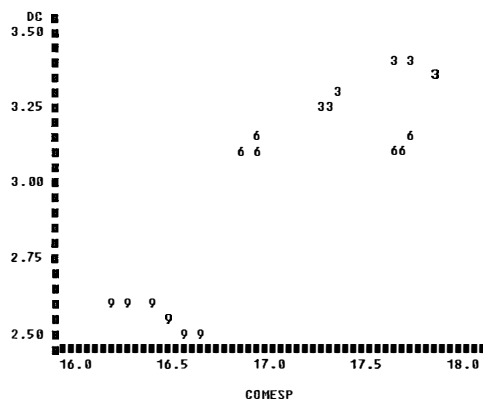


Figura 9 - Correlação entre diâmetro do colmo (DC, cm) e comprimento de espiga (COMESP, cm). AG 7575.

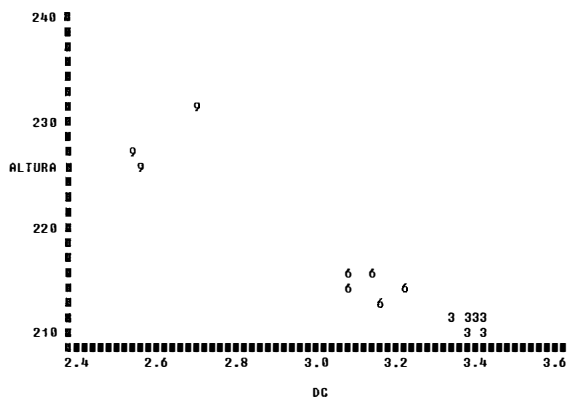


Figura 10 - Correlação entre estatura de planta (cm) e diâmetro do colmo (DC, cm). DKB 911.

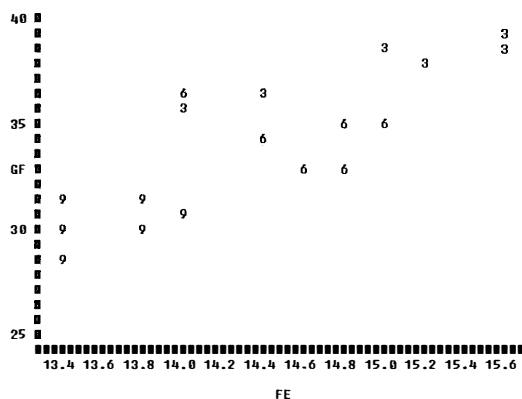
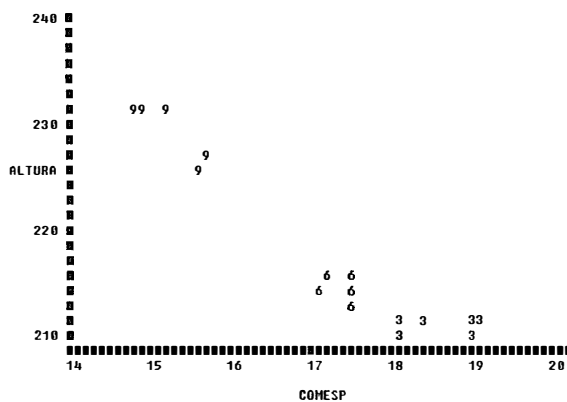


Figura 11 - Correlação entre número de grãos por fileira (GF) e número de fileiras por espiga (FE). DKB 911.



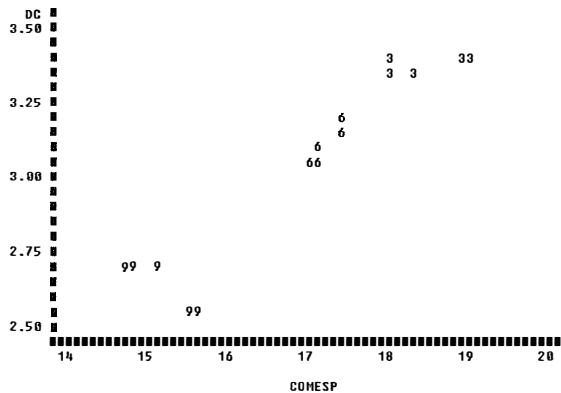


Figura 13 - Correlação entre diâmetro do colmo (DC, cm) e comprimento de espiga (COMESP, cm). DKB 911.

As Figuras 4, 8 e 12 demonstram que, em todos os genótipos, a maior estatura de planta e o maior comprimento de espiga ocorreram sob a maior população, relação esta que inverteu-se à medida em que a população diminuiu.

As Figuras 4, 9 e 13 demonstram que, para todos os genótipos, o maior diâmetro de colmo e o maior comprimento de espiga ocorreram sob a menor população, relação esta que inverteu-se à medida em que a população aumentou.

A Figura 14 refere-se às médias de produtividade de grãos, sendo o erro padrão da diferença entre médias igual a 0,59258 t.ha⁻¹.

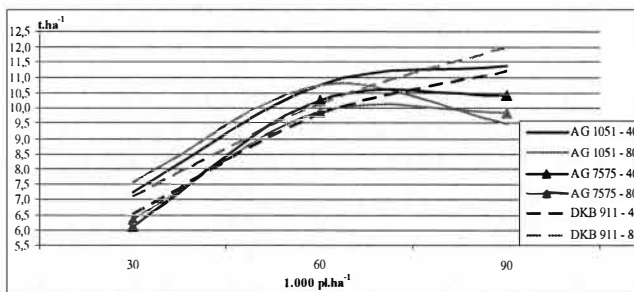


Figura 14 Produtividade média de grãos (t.ha⁻¹) referente aos diferentes tratamentos. $r^2 = 0,912$. CV = 7,83. produtividade média de grãos = 9.270,92 t.ha⁻¹.

As diferenças de produtividade entre os híbridos, em que o AG 1051 foi superior ao AG 7575 pela combinação do espaçamento

de 0,40 m e 90.000 plantas.ha⁻¹, enquanto o AG 7575 e o AG 1051 foram superiores ao DKB 911 na combinação entre o espaçamento de 0,80 m e 90.000 plantas.ha⁻¹. Para os demais contrastes entre genótipos, sob diferentes combinações entre espaçamento e população, não houve diferença.

A redução do espaçamento de 0,80 m para 0,40 m, demonstrou a ocorrência de efeito significativo na produtividade de grãos somente para o AG 1051 (folhas abertas), sob alta população. Por outro lado, a redução do espaçamento não proporcionou diferenças na produtividade dos híbridos de arquiteturas foliares semi-ereta e ereta, em nenhuma das populações avaliadas.

A produtividade do genótipo DKB 911 foi crescente à medida em que a população eleva-se, independentemente do espaçamento utilizado. O mesmo ocorre com outros genótipos, exceto para o AG 1051 com espaçamento de 0,40 m e para o AG 7575 no espaçamento de 0,80 m, em que a produtividade sob 60.000 plantas.ha⁻¹ foi maior que à população de 90.000 plantas.ha⁻¹.

Os resultados foram obtidos para a faixa de população de 30.000 a 90.000 plantas.ha⁻¹ em ambiente onde não houve limitação de água e nutrientes, e sugerem que o decréscimo de produtividade poderia ser obtido em população superior a 90.000 plantas.ha⁻¹ no caso genótipo de arquitetura foliar ereta (DKB 911), principalmente.

O menor espaçamento (0,40 m) entre fileiras de plantas, para a maior população (90.000 plantas.ha⁻¹), propicia aumento na produtividade (t.ha⁻¹) de grãos no genótipo de arquitetura aberta (AG 1051) devido à minimização da competição intra-específica por luz, assumindo que não houve limitação na disponibilidade de água e de nutrientes. O aumento de população ocasiona o aumento da estatura de planta e a diminuição do número de fileiras por espiga, grãos por fileira, grãos por espiga, diâmetro de colmo e comprimento da espiga.

A Figura 14 apresenta a variação da produtividade de grãos de milho em função da população de plantas. Para os genótipos AG 7575 e DKB 911 foram apresentados apenas os valores médios de produtividade em função da população, porque não houve efeito da distribuição (espaçamento) na produtividade. Para o AG 1051 foi apresentado os valores de produtividade em função da população para os dois espaçamentos utilizados, porque houve diferença entre as produtividades na população mais elevada. Isso permite levantar a seguinte hipótese, a ser comprovada em estudos futuros: devido a otimização de interceptação de luz, a redução do espaçamento entre fileiras de plantas tem efeito positivo na produtividade de grãos apenas em “alta” população, obedecendo a seguinte ordem: 1)

genótipo de arquitetura foliar ereta, 2) genótipo de arquitetura foliar semi-ereta, e 3) genótipo de arquitetura foliar aberta, desde que não haja limitação de água e nutrientes.

Considerações finais

O efeito da distribuição (espaçamento) de plantas na produtividade de grãos de milho em alta população (90.000 plantas.ha⁻¹) com redução do espaçamento (de 0,80 m para 0,40 m) entre fileiras de plantas, teve efeito positivo na produtividade de grãos no genótipo de arquitetura foliar aberta (AG 1051), devido a otimização de interceptação de luz. Já o efeito da população de plantas na produtividade de grãos de milho numa população de até 60.000 plantas.ha⁻¹, independentemente do genótipo, a produtividade de grãos foi crescente com o aumento da população de plantas. Com incremento da população de plantas de 60.000 para 90.000 plantas.ha⁻¹: (a) o genótipo de arquitetura ereta (DKB 911) apresenta incremento de produtividade de grãos de milho, (b) o genótipo de arquitetura semi-ereta (AG 7575) tende a estabilizar a produtividade de grãos, e (c) o genótipo de arquitetura aberta (AG 1051) tende a estabilizar (sob espaçamento reduzido – 0,40 m) ou reduzir (sob espaçamento de 0,80 m) a produtividade de grãos.

Referências bibliográficas

- ALMEIDA, D. P. F. Breves notas sobre arquitetura da vegetação. <http://www.dalmeida.com/ensino/arquitetura.htm>. (14 jan 2003).
- ANDRADE, F. H. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. *Field Crops Research*, v. 41, p.1-12, 1995.
- ARGENTA, G. S. Resposta de híbridos simples à redução do espaçamento entre linhas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, V. 16, n. 1, p. 71-78, jan. 2001.
- BARBOSA, J. A. Influência de espaçamento e arquitetura foliar no rendimento de grãos e outras características agrônômicas do milho (*Zea mays* L.). Lavras: UFLA, 1995. 48p.
- BERGER, J. Maize production and the manuring of maizes. *Center d'Estudo de l'Azote*. p.38-41. 1962.
- BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H. Ecofisiologia do milho. (compact disc). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., Florianópolis, 2002. Anais. Florianópolis: ABMS, 2002.
- BERLATO, M.A.; SUTILI, V. R. Determinação das temperaturas bases dos subperíodos emergência – pendoamento e emergência – espigamento de 3 cultivares de milho. In: XXI

- Reunião Técnica de milho e sorgo. Resumos. Porto Alegre. p.26.,1976.
- DOURADO-NETO, D.; FANCELLI, A. L.; LOPES, P. P. Milho: população e distribuição de plantas. In: MILHO: TECNOLOGIA E PRODUTIVIDADE. p. 120-125. 261 p. 2001.
- EHLERINGER, J.R.; CERLING, E.T.; HELLIKER, B.R. C4 photosynthesis, atmospheric CO₂, and climate. *Oecologia*, v.12, 112, p.285-299,1997.
- FANCELLI, A.L.; Influência do desfolhamento no desempenho de plantas e de sementes de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba. ESALQ/USP. 172 p. 1988 (Tese de Doutorado).
- FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. Milho: Ecofisiologia e rendimento. In: TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE MILHO. Piracicaba: Publique. 1997. 174 p.
- FARNHAM, D. E.; MYLI, J.; HADEN, D. Row width and effects on corn yield in Iowa. <http://www.reimangardens.org/farms/2000reports/NW/RowWidththanHybridEff-My.pdf>. (14 nov. 2002).
- FERRAZ, E.C. Fisiologia do milho. In: Cultura e adubação do milho. Instituto Brasileiro de Potassa. São Paulo, p.369-379, 1966.
- FORNASIERI FILHO, D. A cultura do milho. Jaboticabal: Funep, 1992. 273 p.
- FORNASIERI FILHO, D. Técnica cultural. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2000. 27p. Apostila do curso de Agronomia.
- KINIRY, J. R. Maize physics development. In: ASA-CSSA-SSSA. Modeling Plant and Soil systems. Madison, Agronomy Monographs, 31. Pp. 55-71. 1991.
- MAGALHÃES, P. C.; PAIVA, E. Fisiologia da produção de milho. In: RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS PARA O CULTIVO DO MILHO. Brasília: EMBRAPA-SPI. 1993. 204p.
- MAGALHÃES, A. C. N.; SILVA, W. J. Determinantes genético-fisiológicos da produtividade do milho. In: PATERNIANI, E. Melhoramento e produção de milho no Brasil Fundação Cargill. Campinas. p.346-379. 1978.
- MONTGOMERY, D.C., Design and Analysis of Experiments, John Wiley & Sons, New York, NY, 1997.
- MOLIN, R. Espaçamento entre linhas de semeadura na cultura de milho. Castro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária. 2000. p. 1-2.

- PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (ed.) Melhoramento e produção de milho no Brasil Fundação Cargill. Campinas. 795p., 1987. (2 volumes).
- PEREIRA FILHO, I. A. P.; OLIVEIRA, A. C.; CRUZ, J. C. Milho verde: espaçamentos, densidades de plantas, cultivares e épocas de semeadura, influenciando o rendimento e algumas características de espigas comerciais. (compact disc) In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO 22., Recife, 1998. Anais. Recife: EMBRAPA, 1998.
- PEREIRA FILHO, I. A. P.; CRUZ, J. C. Práticas culturais do milho. In: RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS PARA O CULTIVO DO MILHO. Brasília: EMBRAPA-SPI. 1993. 204p.
- RAIJ, B. van Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. (Boletim 100). São Paulo, 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, Fundação IAC, 1996, p. 60-61.
- SANGOI, L.; GRACIETTI, M. A.; BIANCHET, P. Híbridos contemporâneos são mais exigentes em população de plantas para maximizarem o rendimento de grãos. (compact disc). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., Florianópolis, 2002. Anais. Florianópolis: ABMS, 2002.
- SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. *Ciência Rural* v.31, p.159-168, 2001.
- SERGIO, G. R.; RENZO, G. V. P.; ANDRE, H. B. Alternativas para o arranjo de plantas na cultura do milho. (compact disc). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., Florianópolis, 2002. Anais. Florianópolis: ABMS, 2002.
- VAZQUEZ, G. H., SILVA, M. R. R. Influência de espaçamento entre linhas de semeadura em híbrido simples de milho. (compact disc). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., Florianópolis, 2002. Anais. Florianópolis: ABMS, 2002.
- VILLA NOVA, N. A.; PEDRO Jr., M. J.; PEREIRA, A. R.; OMETTO, J.C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máxima e mínima. *Caderno de Ciência da Terra*, Instituto de Geografia, USP, 1972. 8p.

DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DO SOLO E ADUBAÇÃO PARA ALTA PRODUTIVIDADE DE MILHO

Godofredo Cesar Vitti; Luciano Henrique B.Teixeira & Massimiliano C. Barros Jr.

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Caixa Postal 9, 13.418-900, Piracicaba, SP, gcvitti@carpa.ciagri.usp.br; luhte@yahoo.com.br

Introdução

Durante a safra 2002/2003, diante de um mercado fomentado por bons preços pagos pelo grão, a área colhida de milho alcançou os 12.720.100 ha (CONAB, 2003), 3,3% maior que a da safra anterior, marcada pelo baixo preço pago ao produto, superando em 7% a estimativa de área cultivada. Quanto ao rendimento médio, segundo a CONAB, houve acréscimo de 17% em relação a safra anterior, ou seja, a produtividade média nacional passou de 2.864 kg.ha⁻¹ (47,73sc.ha⁻¹), para 3.361 kg.ha⁻¹ (56,01sc.ha⁻¹). Porém, mesmo considerando este acréscimo de produtividade, esta ainda é considerada baixa quando comparada a média de outros países produtores, como os EUA, que tem apresentado nos últimos anos rendimento médio superior a 7.000 kg.ha⁻¹.

Analisando a produtividade média do Brasil, observa-se que a mesma está muito aquém do potencial produtivo atingido pela pesquisa ou por bons produtores, por volta de 10 t.ha⁻¹ (167sc) (Vitti & Favarin, 1997). Dentre os fatores de produtividade, o manejo químico do solo associado a fatores climáticos são ainda os que mais limitam a produtividade dessa cultura.

De modo geral, as perspectivas para a próxima safra de milho apresentam-se de forma bastante otimista. O mercado tem sinalizado taxa de câmbio favorável à exportação, enfrentando um quadro de redução no estoque final mundial a um dos níveis mais baixos desde a safra de 1997/98, além de ter-se criado demanda internacional firme para os produtos agrícolas brasileiros não geneticamente modificados (FNP, 2003).

Conceitos de adubação

Em termos práticos, a adubação pode ser definida pela seguinte expressão matemática:

$$\text{Adubação} = (\text{planta-solo}).f$$

ou seja, é necessário dimensionar três fatores básicos: (i) nutrição da planta, quanto ao elemento exigido e à quantidades necessárias para determinado nível de produtividade; (ii) época e local para o fornecimento dos nutrientes; e (iii) avaliação da fertilidade do solo, utilizando-se principalmente da diagnose visual, diagnose foliar, histórico e análise do solo.

A eficiência do fertilizante (f) é função do sistema de semeadura, práticas conservacionistas, fontes e parcelamento dos nutrientes e condições edafoclimáticas.

Em função do conhecimento desses fatores é estabelecido o manejo químico do solo, iniciando-se por práticas corretivas seguidas de práticas de manutenção.

Nutrição do milho

A fertilidade do solo é um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade do milho, seja para grãos ou para silagem. Esse fato deve-se ao solo e a elevada capacidade extrativa da cultura, combinada com a considerável demanda hídrica; fato este responsável pela baixa produtividade nas áreas de sequeiro, principalmente quando ocorrem impedimentos físicos e/ou químicos em sub-superfície, o que reduz o desenvolvimento radicular e a oferta de água (Vitti & Nussio, 1993).

Além dos macronutrientes orgânicos (C, H, O), fornecidos pela atmosfera (CO_2 , H_2O , O_2), o milho necessita de nutrientes fornecidos pelo solo, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn. As quantidades de nutrientes extraídas e exportadas, nos grãos ou na silagem, pela cultura do milho, em cada tonelada produzida, estão na Tabela 1.

Tabela 1. Extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos e silagem em diferentes níveis de produtividade.

Tipo de Exportação	Produtividade		Nutrientes extraídos (kg.ha ⁻¹)			
	t.ha ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg
Grãos	3,65	77	9	83	10	10
	5,80	100	19	95	17	17
	7,87	167	33	113	27	25
	9,17	187	34	143	30	28
	10,15	217	42	157	32	33
Silagem (matéria seca)	11,60	115	15	69	35	26
	15,31	181	21	213	41	28
	17,13	230	23	271	52	31
	18,65	231	26	259	58	32

Fonte: Coelho & França (1995)

Observa-se que a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumentam com o aumento da produção, e que a maior exigência do milho refere-se a nitrogênio e potássio, seguido por cálcio, magnésio e fósforo.

Com relação aos micronutrientes, as quantidades requeridas pelas plantas de milho são muito pequenas (tabela 2). Entretanto, a deficiência de um deles pode ter tanto efeito na desorganização de processos metabólicos quanto a deficiência de um macronutriente (Vitti & Favarin, 1997).

Tabela 2. Absorção e exportação de macro e micronutrientes na cultura do milho, para uma produção de 9.t.ha⁻¹ de grãos 6,5 t.ha⁻¹ de restos da cultura.

Macro-nutriente	Remoção (kg.ha ⁻¹)			Micro-nutrientes	Remoção (kg.ha ⁻¹)		
	Grãos	Restos	Total		Grãos	Restos	Total
N	115	55	170	B	40	120	160
P	28	7	35	Cl	4000	68000	72000
K	35	140	175	Cu	20	80	100
Ca	1,3	35	36,5	Fe	100	1800	1900
Mg	10	29	39	Mn	50	250	300
S	11	8	19	Mo	5	3	8
				Zn	170	170	340

Fonte: Barber & Olson (1968), citados por Faria (1986).

No que se refere à exportação dos nutrientes pelos grãos, o fósforo é quase todo translocado (80 a 90%), seguido pelo nitrogênio (75%), enxofre (60%), magnésio (50%), potássio (20 a 30%) e cálcio (10 a 15%). Isso implica que a incorporação dos restos da cultura do

milho devolve ao solo grande parte dos nutrientes, principalmente potássio e cálcio, contidos na palhada.

Quando o milho é colhido para silagem, além dos grãos, a parte vegetativa também é removida, havendo conseqüentemente alta exportação de nutrientes (ver tabela 1). Assim, problemas de fertilidade se manifestarão mais cedo na produção de silagem do que na produção de grãos, principalmente quando uma mesma área for utilizada por vários anos consecutivos e não tenha sido adotado sistema de manejo adequado. Um programa de calagem e adubação, visando a manutenção de altas produtividades, requer monitoramento periódico do índice de fertilidade do solo, através da análise química, para se evitar o empobrecimento e/ou o desbalanço de nutrientes, bem como de análises foliares para monitoramento desse programa.

Além da exigência total dos nutrientes, é importante conhecer como se processa a absorção e qual a exigência durante o ciclo da cultura (tabela 3). Analisando esses dados, verifica-se que durante os primeiros 30 dias, os elementos mais exigidos são K e Ca. Aos 90 dias toda a demanda da cultura por nutrientes, praticamente já foi atendida. A maior demanda de nutrientes ocorre entre 60 e 90 dias, época em que se processa o florescimento e o enchimento dos grãos (Daynard, 1978; Wallace, 1980; Harris, 1984; Johnson et al., 1985; Malavolta & Dantas, 1987 e Tamas, 1987).

Tabela 3. Absorção de nutrientes em termos percentuais, durante o ciclo vegetativo do milho

Elementos	Período (dias)			
	0-30	30-60	60-90	90-120
N	2,5	38,0	47,0	12,5
P	1,0	26,5	46,5	26,0
K	4,4	66,0	29,6	-13,3 ^(*)
Ca	4,6	49,2	46,2	-
Mg	1,5	46,5	42,0	10,0

Fonte: Malavolta & Dantas, 1987. ^(*) perdas

O acúmulo de matéria seca (MS) no milho ao longo do ciclo da cultura descreve uma curva sigmóide, tal como acontece com as culturas em geral (figura 1). A produção de MS é pequena logo após a emergência, aumentando rapidamente daí por diante até os 40-50 dias do ciclo, torna-se uniforme aos 50-60 dias seguintes e diminui perto da maturação. Entre 30-100 dias após a emergência, o acúmulo de MS é praticamente linear, admitindo taxas de 75 a 200 kg MS / ha / dia, em função da fertilidade presente no solo.

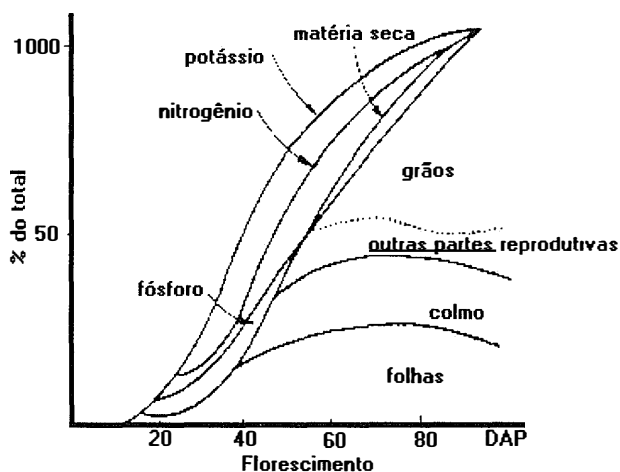


Figura 1. Acúmulo de matéria seca, nitrogênio, fósforo e potássio pelo milho (Malavolta, 1977).

Apesar da baixa produção de matéria seca até os primeiros 20 dias é coerente a preocupação com o fornecimento de maior quantidade de nitrogênio no sulco de plantio, pois sua disponibilidade depende da taxa de mineralização dos resíduos e do húmus do solo.

Estudos recentes mostram que há uma tendência de ritmo semelhante de acúmulo de MS, N, Ca e S, enquanto que para o K a exigência cresce em ritmo mais acentuado e para o P o ritmo é mais lento que o acúmulo de MS. Na fração de grãos, excepcionalmente, o acúmulo de N e K continua crescente, mesmo depois da redução na taxa de acumulação de nutrientes na planta toda, demonstrando uma característica redistributiva destes nutrientes (Viegas & Peeten, 1987; Malavolta & Dantas, 1987; Milho, 1988).

Os micronutrientes tendem a apresentar o pico de demanda mais tardiamente em relação aos macronutrientes, demonstrando uma concentração mais elevada na espiga (Malavolta & Dantas, 1987).

Os teores de macronutrientes primários, por tonelada de produto colhido, para uma produtividade normal são respectivamente de 28, 5 e 18 kg.t^{-1} e 16, 4 e 5 kg.t^{-1} de N, P e K para plantas inteiras e grãos respectivamente (Cantarella & Furlani, 1996).

Quanto a época e modo de aplicação dos nutrientes, as mesmas estão relacionadas aos estádios fenológicos da cultura (figura 02) e à dinâmica do nutriente no solo. Assim em pré-plantio, são realizadas as práticas corretivas, como a calagem, gessagem,

fosfatagem e potassagem, sendo esta última realizada em solos de textura mais argilosa; no sulco de plantio, o fornecimento de N, P_2O_5 , K_2O , S, B, Mn e Zn; em cobertura (estádio V4), o N e K_2O (solo de textura mais arenosa); via foliar, o Zn, Mn e Cu no estágio V4 ou em V4 e R1 e via semente, o Zn.

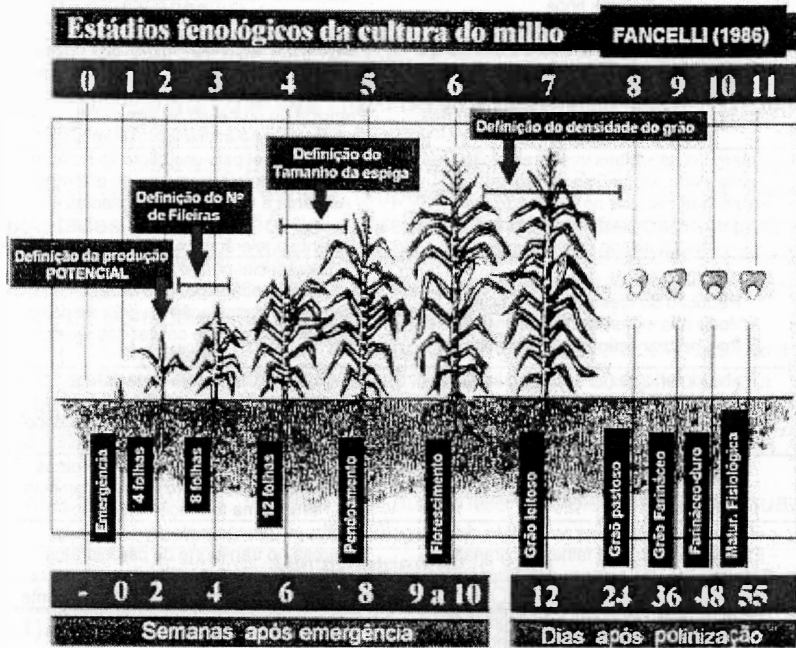


Figura 2. Estádios fenológicos da cultura do milho (Fancelli, 1986).

Avaliação da fertilidade do solo

As três técnicas normalmente utilizadas na avaliação da fertilidade de um solo são: Diagnose Visual, Diagnose Foliar e Análise do Solo.

Diagnose Visual

A técnica de diagnose visual baseia-se no princípio de que todas as plantas necessitam dos mesmos nutrientes, e se houver deficiência no solo elas apresentarão sintomas semelhantes (alterações morfológicas oriundas de alterações fisiológicas).

Tabela 4. Descrição sucinta dos sintomas de deficiência e importância nutricional de nutrientes para a cultura do milho.

	Sintoma de deficiência	Importância nutricional
N	- Amarelecimento das folhas mais velhas. (formato de "V" invertido)	- Está associado ao crescimento vegetativo das plantas
	- Morte prematura de folhas e/ou plantas	- Participa ativamente da fotossíntese
P	- Espigas pequenas	- Participa da síntese de proteínas
	- Grãos leves	- Aumenta peso (densidade) de grãos
K	- Colmos finos	- Aumenta porcentagem de óleo
	- Tombamento de plantas	
Ca	- Coloração púrpura ou arroxeada das folhas novas	- Estimula o desenvolvimento das raízes
	- Colmos frágeis e delgados	- Aumenta o teor de proteínas nos grãos
Mg	- Espigas pequenas e retorcidas (tortas) nas extremidades	- Atua na fotossíntese e respiração
		- Participa no processo de transferência de energia e no enchimento de grãos
S	- Margens das folhas inferiores (velhas) amarelada, alaranjada ou bronzeada	- É responsável pelo uso eficiente da água (regula abertura e fechamento de estômatos)
	- Manchas marrons no interior do colmo	- Aumenta a resistência das plantas ao acamamento
B	- Espigas com extremidade sem grãos e com sabugo afilado (pontigudo)	- Aumenta a tolerância à pragas e doenças
		- É essencial para o crescimento e aprofundamento das raízes
Zn	- Clorose nas folhas novas	- Vital para a germinação do grão de pólen
	- Redução do crescimento radicular	- Faz parte da parede celular dos tecidos vegetais
Mn	- Morte das extremidades das raízes	
	- Falhas de granação (afeta fecundação)	
Fe	Folhas inferiores (velhas) com listras esbranquiçadas (clorose) paralelas às nervuras	- É essencial para a fotossíntese
	Crescimento reduzido da planta	- É componente da clorofila (pigmento participante ativo do processo fotossintético)
Cu	Amarelecimento das folhas novas	- Auxilia na absorção de fósforo
	Crescimento reduzido da planta	- Participa na composição das proteínas
Mo	- Folhas avermelhadas no final do ciclo	- Auxilia na síntese de enzimas e vitaminas
	- Espigas pequenas e falhas na granação	- Participa na formação dos grãos
Mg	- Extremidade das espigas com aspecto de cortiça	- Atua no processo de divisão celular
		- Auxilia no transporte de carboidratos
Zn	- Folhas com coloração esbranquiçada próxima à região do "cartucho"	- Participa na formação dos grãos
	- Crescimento reduzido da planta	- Importante para a germinação da semente
Mn	- Encurtamento dos internódios	
	- Clorose interminal nas folhas novas (sintomas semelhante a deficiência de magnésio)	- Participa no crescimento das plantas
Cu	- Colmos finos	- É ativador de inúmeras enzimas
	- Menor crescimento das plantas	- Participa na formação dos grãos

Fonte: Fancelli (2000)

Os sintomas de deficiência ou de toxidez são característicos para cada elemento, levando-se em consideração sua função e mobilidade na planta. Assim, os elementos móveis (macronutrientes primários N, P, K e o macronutriente secundário Mg) provocam inicialmente sintomas nas partes mais velhas das plantas, enquanto que os parcialmente móveis e imóveis (macronutrientes secundários Ca e S e micronutrientes) inicialmente provocam sintomas nas partes novas da planta.

Para a caracterização do sintoma de deficiência ou toxidez de um elemento o mesmo deve ocorrer de modo generalizado e apresentar gradiente e simetria na planta, para se diferenciar de outras anomalias, como, por exemplo, as ocasionadas por pragas, doenças e clima.

Diagnose Foliar

A principal vantagem da técnica da diagnose foliar em relação a diagnose visual é que esta permite diagnosticar o problema antes que se manifeste o sintoma, isto é, permite identificar a "fome oculta" do elemento.

É utilizada para a diagnose foliar a folha inteira oposta e abaixo da primeira espiga (superior), excluída a nervura central, coletadas por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina (Coelho & França, 1995), ou segundo Raij & Cantarella, 1996, que recomendam o terço central da folha da base da espiga superior, na fase de pendramento (50% das plantas pendoadas).

Os teores foliares de macro e micronutrientes considerados adequados para culturas produtivas de milho, compiladas por Büll (1993) e os citados por Raij & Cantarella (1996) estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5. Teores foliares de nutrientes considerados adequados para a cultura do milho.

Macronutrientes (g.kg ⁻¹)						
	N	P	K	Ca	Mg	S
(1)	27,5-32,5	1,9-3,5	17,5-29,7	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
Micronutrientes (mg.kg ⁻¹)						
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
(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

Fonte: (1) Büll, 1993 (2) Raij & Cantarella, 1996

Análise do Solo

O sucesso do manejo nutricional ocorre em função da correta amostragem de solo, sendo todas as decisões de uso de correção e fertilização baseadas nos resultados das análises químicas; ou seja, a qualidade das amostras de solo influem diretamente no custo de produção e na produtividade da área. Por tanto, é indispensável a coleta de amostras de solo no período

adequado e, preferencialmente, utilizando instrumentos adequados como sondas ou trados.

Quanto as análises com fins de avaliação fertilidade do solo, além dos parâmetros analisados em rotina (pH, M.O., P, K, Ca, Mg), também é de fundamental importância a quantificação dos teores de Enxofre, Alumínio e Fósforo utilizando o extrator resina, uma vez que este método assemelha-se mais a capacidade de extração de fósforo pelas plantas.

Estado de São Paulo

Os limites de interpretação atualmente utilizados para o Estado de São Paulo, para os métodos de extração de P, K e Mg pela resina trocadora de íons, bem como para parâmetros de acidez do solo estão apresentados nas tabelas 6 e 7.

Tabela 6. Limites de interpretação de teores de potássio e de fósforo em solos

Teor	Produção relativa	K trocável	P resina	Mg
	%	mmol _c .dm ⁻³	mg.dm ⁻³	mmol _c .dm ⁻³
Muito Baixo	0-70	0,0-0,7	0-6	
Baixo	71-90	0,8-1,5	7-15	0-4
Médio	91-100	1,6-3,0	16-40	5-10
Alto	>100	3,1-6,0	41-80	>10
Muito Alto	>100	>6,0	>80	

Fonte: Rajj et al., 1996

Tabela 7. Interpretação de parâmetros de acidez

Acidez	pH	V
	CaCl ₂	%
Muito Baixa	até 4,3	0-25
Baixa	4,4-5,0	26-50
Média	5,1-5,5	51-70
Alta	5,6-6,0	71-90
Muito Alta	>6,0	>90

Fonte: RAJJ et al., 1996

A tabela 8 apresenta a interpretação dos teores de micronutrientes, sendo o boro extraído por água quente e os micronutrientes metálicos pelo DTPA (Rajj et al.,1996), e a tabela 9 a interpretação dos teores de S, extraído em NH₄OAc e Ca(H₂PO₄)₂ contendo 500 ppm P (Vitti, 1989).

Tabela 8. 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	0-1,2	0-0,5
Médio	0,21-0,60	0,3-0,8	5-12	1,3-5,0	0,6-1,2
Alto	>0,60	>0,8	>12	>5,0	>1,2

Fonte: Rajj et al., 1996

Tabela 9. Interpretação dos teores de S do solo em dois extratores (Vitti, 1989).

Teor	S (mg.dm ⁻³)	
	NH ₄ OAc	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ 500ppm
Muito Baixo	0,0-5,0	0-2,5
Baixo	5,1-10,0	2,5-5,0
Médio	10,1-15,0	5,1-10
Adequado	>15,0	>10

Cerrado

Os dados para interpretação da análise de solo para a extração de P e K pelo método Mehlich I bem como para extração de micronutrientes, atualmente utilizadas para as regiões do Cerrado, estão apresentadas nas tabelas 10 e 11.

Tabela 10. Interpretação da análise de solo para recomendação de adubação com fósforo e potássio (fósforo e potássio extraídos pelo método Mehlich I).

Teor de Argila (%)	61-80	41-60	21-40	<20	Teor de K
Classe	Teor de P (mg.dm ⁻³)				(mg.dm ⁻³)
Muito Baixo	0 a 1,1	0 a 3,0	0 a 5,0	0 a 6,0	0-25
Baixo	1,1 a 2,0	3,1 a 6,0	5,1 a 10,0	6,1 a 12,0	26-50
Médio	2,1 a 3,0	6,1 a 8,0	10,1 a 14,0	12,1 a 18,0	51-80
Bom	>3,0	>8,0	>14,0	>18,0	>80

Fonte: Adaptado de EMBRAPA-CPAC (Souza et al., 1997)

Tabela 11. Interpretação de resultados de análise de solo para micronutrientes para culturas anuais na região dos cerrados.

Micronutriente	Teor de nutrientes (mg.dm ⁻³)		
	Baixo	Médio	Bom
B ⁽¹⁾	<0,2	0,3 a 0,5	>0,5
Cu ⁽²⁾	<0,4	0,5 a 0,8	>0,8
Mn ⁽²⁾	<1,9	2,0 a 5,0	>5,0
Zn ⁽²⁾	<1,0	1,1 a 1,6	>1,6

⁽¹⁾ Extrator água quente. Fonte: EMBRAPA, 1984

⁽²⁾ Extrator Mehlich I (HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N). Fonte: CNPSO, 1998 e GALRÃO, 1998.

Rio Grande do Sul e Santa Catarina

Na tabelas 12, 13 e 14 estão apresentados os limites de interpretação dos teores de P, K, S e micronutrientes, bem como os parâmetros de acidez do solo, atualmente utilizados para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Tabela 12. Limites de interpretação dos teores de fósforo extraível do solo (CFS-RS/SC, 1994)

Faixas de teores de P no solo	Classe do solo ⁽¹⁾					
	1	2	3	4	5	6
Limitante	≤ 1	≤ 1,5	≤ 2	≤ 3	≤ 4	-
Muito baixo	1,1-2	1,6-3	2,1-4	3,1-6	4,1-8	-
Baixo	2,1-4	3,1-6	4,1-9	6,1-12	8,1-16	≤ 3
Médio	4,1-6	6,1-9	9,1-14	12,1-18	16,1-24	3,1-6
Suficiente	> 6	> 9	> 14	> 18	> 24	> 6
Alto	> 8	> 12	> 18	> 24	> 30	-

⁽¹⁾ **Classe 1: > 55% de argila e/ou solos** Erexim, Durox, Vacaria, Santo Angelo, Aceguá, Pouso Redondo, Boa Vista, etc.

Classe 2: 41 a 55% de argila e/ou solos Passo Fundo franco-argiloso, Estação, Oásis, Ciriaco, Associação Ciriaco-Charrua, São Borja, Vila, Farroupilha, Rancho Grande, Içara, etc.

Classe 3: 26 a 40% de argila e/ou solos Passo Fundo franco-arenoso e arenoso, Júlio de Castilhos, São Jerônimo, Alto das Canas, São Gabriel, Canoinhas, Jacinto Machado, Lages, etc.

Classe 4: 11 a 25% de argila e/ou solos Cruz Alta, Tupanciretã, Rio Pardo, Camaquã, Bagé, Bexigoso, Pelotas, São Pedro, Santa Maria, Pinheiro Machado, etc.

Classe 5: 10% de argila e/ou solos Bom Retiro, Tuia, Vacacaí, etc.

Classe 6: solos alagados

Nota: considerar como classe 2 os solos Ciriaco, Associação Ciriaco-Charrua, São Borja, Oásis, Farroupilha, etc., que apresentam elevado teor de silte.

Tabela 13. Interpretação do pH e de Ca e Mg.

Acidez	pH em água	Teor	Ca	Mg
			Cmol _c .dm ⁻³	
Muito baixa	≤ 5,0	Baixo	≤ 2,0	≤ 0,5
Baixa	5,1-5,5	Médio	2,1-4,0	0,6-1,0
Média	5,6-6,0	Alto	> 4,0	> 1,0
Alta	5,6-6,0			

Fonte: CFS-RS/SC, 1994

Tabela 14. Limites de interpretação dos teores de potássio, enxofre e micronutrientes extraível do solo (CFS-RS/SC, 1994).

Interpretação	Potássio	Enxofre	Cobre	Zinco	Boro
	mg.dm ⁻³				
Limitante	≤ 20				
Muito baixo	21-40				
Baixo	41-60	< 2,0	< 0,15	< 0,2	< 0,1
Médio	61-80	2,0-5,0	0,15-0,40	0,20-0,50	0,1-0,3
Suficiente	81-120	> 5,0	> 0,40	> 0,50	> 0,3
Alto	> 120				

Extratores: enxofre (fosfato de cálcio); cobre e zinco (HCl 0,1M); boro (água quente).

Paraná

Na tabelas 15, 16, 17 e 18 seguem apresentados as classes de interpretação para os valores de saturação por bases e por alumínio e pH, além das interpretações para os teores de Ca, Mg, K, P e micronutrientes. Quanto a interpretação dos teores de enxofre (S), pode-se adotar para esta região os critérios apresentados na Tabela 9.

Tabela 15. Níveis de interpretação de Saturação por bases e de alumínio, e pH do solo.

Classe	Saturação por bases (V%)	Saturação por Al ³⁺ (%)	Acidez	pH CaCl ₂ (0,01 M)
M. Baixa	≤ 25	≤ 5,0	M.Alta	≤ 4,3
Baixa	26 – 50	5,1 – 10,0	Alta	4,4 – 5,0
Média	51 – 70	10,1 – 20,0	Média	5,1 – 5,5
Alta	71 – 90	20,1 – 45,0	Baixa	5,6 – 6,0
M. Alta	> 90	> 45	M.Baixa	> 6,0

Fonte : COAMO-CODETEC/PR, 2001

Tabela 16. Níveis de interpretação dos teores de Cálcio, Magnésio e Potássio do solo .

Classes	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	K ⁺
	cmol _c .dm ⁻³			
M. Baixa	-	< 0,40	< 2,40	-
Baixa	< 2,00	0,40 – 0,60	2,40 – 2,60	≤ 0,10
Média	2,00 – 4,00	0,61 – 0,80	2,61 – 4,80	0,11 – 0,30
Alta	> 4,00	> 0,80	> 4,80	> 0,30
M. Alta	-	-	-	-

Fonte : COAMO-CODETEC/PR, 2001

Tabela 17. Níveis de interpretação dos teores Fósforo das análises de solo para a cultura do milho (COAMO-CODETEC/PR, 2001).

Classes	Argiloso*	Arenoso*
	mg.dm ⁻³	
Baixo	≤ 2,0	≤ 3,0
Médio	2,1 – 4,5	3,1 – 9,0
Alto	4,6 – 11,0	9,1 – 36,0
M. Alto	> 11,0	> 36

* Solos argilosos com teores de argila ≥ 360 g.kg⁻¹ e arenosos ≤ 360 g.kg⁻¹.

Tabela 18 : Níveis de interpretação dos teores de micronutrientes das análises de solo.

Classe	Cu	Fe	Mn	Zn	B (mg.dm ⁻³)
	Extrator DTPA – (mg.dm ⁻³)				Água Quente
Baixo	≤ 0,3	≤ 4,0	≤ 1,2	≤ 0,5	≤ 0,2
Médio	0,4 – 0,9	5,0 – 12,0	1,3 – 5,0	0,6 – 1,5	0,3 – 0,4
Alto	≥ 1,0	≥ 12,1	≥ 5,1	≥ 1,6	≥ 0,5
	Extrator Melich I – (mg.dm ⁻³)				HCl (0,05)
Baixo	≤ 0,4	≤ 15	≤ 4,0	≤ 0,8	≤ 0,2
Médio	0,5 – 1,5	16 – 40	5,0 – 8,0	0,9 – 1,5	0,3 – 0,6
Alto	≥ 1,6	≥ 40,1	≥ 9,0	≥ 1,6	≥ 0,7

Fonte : COAMO-CODETEC/PR, 2001

Minas Gerais

Nas Tabelas 19, 20 e 21 estão presentes os parâmetros para interpretação do resultado das análises de solos do Estado de Minas Gerais (Ribeiro et al, 1999).

Tabela 19. Classes de interpretação de fertilidade do solo para a matéria orgânica e para o complexo de troca catiônica (Ribeiro et al., 1999).

Característica	Unidade	Classificação				
		Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
Carbono orgânico (C.O.) ¹	dag.kg ⁻¹	≤ 0,40	0,41-1,16	1,17-2,32	2,33-4,06	> 4,06
Matéria orgânica (M.O)	dag.kg ⁻¹	≤ 0,70	0,71-2,00	2,01-4,00	4,01-7,00	> 7,00
Cálcio trocável (Ca ⁺²) ²	cmol _c dm ⁻³	≤ 0,40	0,41-1,20	1,21-2,40	2,41-4,00	> 4,00
Magnésio trocável (Mg ⁺²)	cmol _c dm ⁻³	≤ 0,15	0,16-0,45	0,46-0,90	0,91-1,50	> 1,50
Acidez trocável (Al ⁺³)	cmol _c dm ⁻³	≤ 0,20	0,21-0,50	0,51-1,00	1,01-2,00 ³	> 2,00 ³
Soma de bases (SB)	cmol _c dm ⁻³	≤ 0,60	0,61-1,80	1,81-3,60	3,61-6,00	> 6,00
Acidez potencial (H+Al)	cmol _c dm ⁻³	≤ 1,00	1,01-2,50	2,51-5,00	5,01-9,00 ³	> 9,00 ³
CTC efetiva	cmol _c dm ⁻³	≤ 0,80	0,81-2,30	2,31-4,60	4,61-8,00	> 8,00
CTC pH 7 (T)	cmol _c dm ⁻³	≤ 1,60	1,61-4,30	4,31-8,60	8,61-15,0	> 15,0
Saturação por Al ⁺³ (m)	%	≤ 15,0	15,1-30,0	30,1-50,0	50,1-75,0 ³	> 75,0 ³
Saturação por bases (V)	%	≤ 20,0	20,1-40,0	40,1-60,0	60,1-80,0	> 80,0

¹Método Walkley & Black; ²Método KCl 1mol/L; ³A interpretação destas classes deve ser alta e muito alta em lugar de bom e muito bom

Tabela 20. Classes de interpretação da disponibilidade para o fósforo de acordo com o teor de argila do solo ou do valor de potássio (Ribeiro et al., 1999).

Classificação					
	M. baixo	Baixo	Médio	Bom	M. bom
	mg.dm ⁻³				
Argila (%)	Fósforo disponível (P) ¹				
60-100	≤ 2,7	2,8-5,4	5,5-8,0	8,1-12,0	> 12,0
35-60	≤ 4,0	4,1-8,0	8,1-12,0	12,1-18,0	> 18,0
15-35	≤ 6,6	6,7-12,0	12,1-20,0	20,1-30,0	> 30,0
0-15	≤ 10,0	10,1-20,0	20,1-30,0	30,1-45,0	> 45,0
	Potássio disponível (K)				
	≤ 15,0	16-40	41-70	71-120	> 120

¹Método Mehlich 1; ²P-rem = Fósforo remanescente, concentração de fósforo da solução de equilíbrio após agitar 1h a TFSA com solução de CaCl₂ 10 mmol.L⁻¹, contendo 60 mg.L⁻¹ de P, na relação 1:10.

Tabela 21. Classe de interpretação da disponibilidade para os micronutrientes (RIBEIRO et al., 1999).

Micronutriente	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Alto
	mg.dm ⁻³				
Zinco disponível (Zn) ¹	≤ 0,4	0,5-0,9	1,0-1,5	1,6-2,2	> 2,2
Manganês disponível (Mn) ¹	≤ 2	3-5	6-8	9-12	> 12
Ferro disponível (Fe) ¹	≤ 8	9-18	19-30	31-45	> 45
Cobre disponível (Cu) ¹	≤ 0,3	0,4-0,7	0,8-1,2	1,3-1,8	> 1,8
Boro disponível (B) ²	≤ 0,15	0,16-0,35	0,36-0,60	0,61-0,90	> 0,90

¹ Método Mehlich 1; ² Método água quente

Manejo químico do solo

Práticas Corretivas

Calagem

A utilização racional da prática da calagem desempenha papel fundamental no desenvolvimento das culturas, pois promove diversas reações no solo de caráter benéfico às plantas: (i) promove a neutralização da acidez trocável e elevação do valor de pH; (ii) fornecimento de cálcio e magnésio; (iii) aumenta a disponibilidade de nutrientes, principalmente fósforo pelo efeito corretivo e conseqüente elevação do pH; (iv) aumenta a mineralização da palhada; (v) melhora a agregação do solo.

Existem três critérios principais para se determinar a necessidade de calagem.

Neutralização do alumínio e/ou elevação dos teores de cálcio e magnésio (Ribeiro et.al., 1999)

Minas Gerais

A fórmula para cálculo da necessidade de calagem (NC) em toneladas por hectare para a camada de 0-20cm, e considerando calcário com PRNT de 100%, é expressa do seguinte modo:

$$NC \text{ (t.ha}^{-1}\text{)} = [(I \times Y \times \text{cmol}_c\text{Al.dm}^{-3}) + (X - \text{cmol}_c\text{Ca} + \text{Mg.dm}^{-3})]$$

Onde:

I = 1,0 (milho)

Y=1,0 (solos arenosos); 2,0 (solos textura média); 3,0 (solos argilosos) e 4,0 (solos muito argilosos)
 X = 2,0 (milho)

Região do Cerrado

Argila > 200 g.kg⁻¹ e Ca + Mg < 2,0 cmol_cdm⁻³

NC (t.ha⁻¹) = [2 x cmol_cAl.dm⁻³ + (2 - cmol_cCa + Mg.dm⁻³)]

Argila > 200 g.kg⁻¹ e Ca + Mg > 2,0 cmol_cdm⁻³

NC (t.ha⁻¹) = 2 x cmol_cAl.dm⁻³

Argila < 200 g.kg⁻¹ (utilizar a expressão com maior recomendação)

NC (t.ha⁻¹) = 2 x cmol_cAl.dm⁻³, ou

NC (t.ha⁻¹) = 2 - (cmol_cCa + Mg.dm⁻³)

Método do tampão SMP

Esse método é utilizado apenas nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. As necessidades de calagem são calculadas através da correlação entre o pH SMP obtido no laboratório de análise de solo com as necessidades de calcário para elevar o pH em água a 6,0. Os dados para a correlação encontram-se na Tabela 22.

Tabela 22. Recomendação de calcário para elevar o pH do solo a 6,0, para os Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. (CFS-RS/SC, 1994).

pH SMP	Calcário (PRNT 100%) t.ha ⁻¹	pH SMP	Calcário (PRNT 100%) t.ha ⁻¹
6,7	0	5,6	5,3
6,6	0,5	5,5	6,0
6,5	1,0	5,4	6,6
6,4	1,5	5,3	7,3
6,3	1,8	5,2	8,1
6,2	2,3	5,1	8,9
6,1	2,7	5,0	9,8
6,0	3,2	4,9	10,6
5,9	3,8	4,8	11,5
5,8	4,2	< 4,7	12,0
5,7	4,7		

Método da saturação por bases

A fórmula para cálculo da necessidade de calagem leva em consideração atributos do solo, do corretivo e da cultura.

$$NC(t.ha^{-1}) = \frac{(V_2 - V_1)T}{10PRNT}$$

NC = Necessidade de calagem em t.ha⁻¹ para a camada de 0-20cm.

V₁ = Saturação por bases atual do solo

V₂ = Saturação por bases almejada para o milho

T = Capacidade de troca catiônica potencial do solo em mmol_cdm⁻³.

PRNT = Poder relativo de neutralização total do calcário (%)

São Paulo (Raij et al., 1996)

Para o Estado de São Paulo, Raij et al. (1996) recomendam elevar a saturação por bases V% para:

V₂=70%, ou

V₂=50%, se o solo possui mais do que 50g.ha⁻¹ de matéria orgânica.

Minas Gerais (Ribeiro et al, 1999)

Para Ribeiro et al. (1999) a saturação por bases (V%) não deve exceder 60%.

Paraná (COAMO/CODETEC, 2001)

De modo semelhante ao Estado São Paulo, COAMO/CODETEC (2001), recomendam para o Estado Paraná, elevar a saturação por bases para 70% em solos argilosos (≥ 360 g.kg⁻¹ de argila), ou elevar a 50% em solos arenosos (≤ 350 g.kg⁻¹ de argila).

Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (EMBRAPA, 1997)

A EMBRAPA recomenda elevar a soma de bases para no máximo 50% nos solos do Estado de Mato Grosso e Norte do Estado do Mato Grosso do Sul, elevando a 60% no restante do Estado do Mato Grosso do Sul.

Escolha do Calcário

Além dos fatores intrínsecos do corretivo, como poder de neutralização (PN), reatividade (RE), poder relativo de neutralização total (PRNT) e efeito residual (ER), também é importante observar os teores de MgO do calcário, ou seja, calcários calcíticos (MgO < 5%), magnesianos (MgO entre 5 e 12%) e dolomítico (MgO > 12%). Assim, quando da escolha de um desses três tipos de calcário, é importante atentar para os seguintes aspectos; (i) teor de Mg do solo; (ii) porcentagem de Ca (Ca%T) e de Mg (Mg%T) no solo; (iii) relação Ca/Mg no solo; (iv) quantidade de gesso utilizada (VITTI, 2000).

Teor de Mg do solo

Inicialmente, observar o teor de Mg do solo visando atingir um nível mínimo de $5,0 \text{ mmol}_e\text{dm}^{-3}$ ou $0,5 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$. Quando o teor estiver abaixo desse valor dar preferência para calcários mais ricos em Mg, como os dolomíticos. Porém em regiões com alta disponibilidade de calcário calcítico pode-se optar pela sua utilização para correção da acidez do solo e aplicação de Mg no sulco de plantio da cultura das seguintes maneiras: (i) utilização de calcário dolomítico “filler” ou magnesiano na 3ª caixa em doses variáveis de 250 a $400 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; e (ii) utilização de uma fonte de P_2O_5 contendo magnésio, como multifosfato magnesiano (3,5%Mg) ou termofosfato (9,0%Mg).

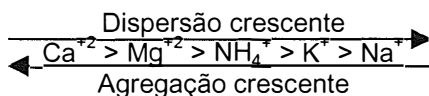
Porcentagem de Ca e de Mg do solo

Procura-se estabelecer um equilíbrio de bases no solo para atingir o máximo potencial de produtividade, sendo assim, é conveniente manter as relações K, Mg e Ca, dentro de um limite variável de 1:3:9 a 1:5:25, respectivamente para K, Mg e Ca.

Relação Ca/Mg no solo

Uma vez respeitado o teor de Mg no solo, citado anteriormente, observar a relação Ca/Mg do solo, principalmente quando a mesma apresentar valores de relação $\leq 2/1$, dando-se preferência a calcários calcíticos ou magnesianos.

Além dos efeitos químicos e nutricionais é importante ressaltar o maior efeito agregante do cálcio em relação ao magnésio, bastando para isso, observar a série liotrópica citada em Fassbender, 1978 e Brady, 1979.



Analisando essa série observa-se que, dentre os nutrientes, o Ca^{+2} é o que tem maior efeito agregante no solo, aumentando a permeabilidade e a infiltração de água e, conseqüentemente, os efeitos no desenvolvimento do sistema radicular.

Quantidade de gesso utilizada

Evidentemente, quando do uso do gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 26%CaO) como condicionador do subsolo, observar as doses utilizadas, dando-se preferência para calcários com maiores teores de Mg (dolomítico e magnesiano), lembrando-se que a adição de $1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de gesso, com cerca de 20% de umidade,

promove acréscimo de cerca de $5 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ de Ca^{++} (Vitti & Malavolta, 1985).

Eficiência da Calagem

O efeito da aplicação de calcário apresenta-se interagido à fatores relacionados ao manejo e aos atributos do corretivo. Os fatores relacionados à atributos do corretivo (tipo de calcário), já discutidos, são correspondentes ao teor de magnésio do solo, porcentagem de Ca ($\text{Ca}\%\text{T}$) e de Mg ($\text{Mg}\%\text{T}$) do solo, relação Ca/Mg do solo, uso e quantidade de gesso agrícola.

Quanto aos fatores relacionados ao manejo, estes correspondem à dose de aplicação, em função das análises de solo; uniformidade da aplicação, atentando-se para o tipo de implemento distribuidor, características do corretivo e desempenho da aplicação; antecedência de aplicação, os corretivos tem solubilização lenta devendo ter a aplicação antecedendo 2 a 3 meses antes do plantio; profundidade de incorporação do calcário. A aplicação mais profunda do corretivo implica na exploração de maior volume de solo pelas raízes, resultando em melhor aproveitamento de água e de nutrientes. Em sistema de plantio direto já estabelecido, aplicar o calcário superficialmente sobre a palhada.

Gessagem

Em solos sob vegetação de cerrado, principalmente naqueles com maior capacidade de infiltração de água, como os Latossolos e as Areias Quartzozas (Neossolos Quartzarênicos), o gesso agrícola tem apresentado excelentes resultados como condicionador de solo de subsuperfície.

Recomenda-se a utilização de gesso agrícola quando as análises de solo (20 a 40 cm e 40 a 60 cm de profundidade), revelarem as seguintes situações:

$\text{Ca} \leq 4,0 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ou $0,4 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, ou

$\text{Al} \geq 5,0 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ou $0,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, ou

$\text{m\%} \geq 30\%$ (CFSEMG, 1999)

As doses de gesso recomendadas quando da ocorrência de uma das três alternativas citadas pode ser calculada através da seguinte expressão:

NG ($\text{kg}.\text{ha}^{-1}$) = $5 \times \text{g}.\text{kg}^{-1}$ de argila, ou através da tabela 23, segundo a classe de textura do solo (Souza et al., 1996).

Tabela 23. Recomendação de gesso agrícola em função da classificação textural do solo para culturas anuais (Souza et al., 1996).

Textura do solo	Argila (%)	Gesso (kg.ha ⁻¹)
Arenosa	< 15	700
Média	16 a 35	1200
Argilosa	36 a 60	2200
Muito argilosa	> 60	3200

A aplicação do gesso é feita após a calagem, em área total, utilizando-se de preferência equipamentos com dosador volumétrico tipo esteira, com distribuidor centrífugo de dois discos.

Fosfatagem

A fosfatagem é utilizada principalmente em solos sob vegetação de cerrado quando da implantação do plantio direto, com objetivo de elevar os teores de fósforo do solo, potencializando a adubação fosfatada do sulco de plantio. Esta técnica é baseada nos teores de P do solo, adotando-se essa prática quando os teores desse nutriente no solo estiverem classificados nas classes de muito baixo e baixo, conforme dados apresentados nas tabelas 6 e 10. São apresentados duas filosofias para recomendação de adubação fosfatada corretiva: (i) a correção do solo de uma vez (a lanço) com manutenção do nível de fertilidade atingido através de adubação no sulco de plantio; e (ii) a correção gradativa através de aplicações anuais no sulco de semeadura, conforme dados apresentados na tabela 24.

Tabela 24. Recomendação fosfatada corretiva, a lanço, e adubação fosfatada corretiva gradual, no sulco de semeadura, de acordo com a classe de disponibilidade de P e o teor de argila.

Teor de Argila (%)	Adubação fosfatada (kg de P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)			
	Corretiva total		Corretiva gradual	
	P muito baixo	P baixo	P muito baixo	P baixo
61 a 80	240	120	100	90
41 a 60	180	90	90	80
21 a 40	120	60	80	70
< 20	100	50	70	60

Fonte: EMBRAPA-CPAC, SOUZA et al., 1987

Segundo Novais (1999), a aplicação de fósforo (P) em sulco de plantio tem objetivo de suprir a planta desse nutriente em sua

fase inicial de crescimento e desenvolvimento. Com o aumento da idade, a planta passa a extrair menores quantidades de P, sendo o solo a principal fonte deste nutriente, sendo assim, espera-se que este tenha quantidades suficientes para suprir a planta nesta fase de menor exigência.

A indisponibilidade de fósforo no solo também pode comprometer a absorção de outros nutrientes pela planta. Segundo Rufty et al. (1990, 1991, 1993), citado por Novais, 1999, há relação de compatibilização entre N-P. Desta forma, o suprimento adequado de P no solo otimiza a absorção de nitrogênio (N) pela planta, sendo que esta também requer a presença de P em concentrações mais elevadas no local de absorção de N. Em ensaios realizados por Alves (1994), houve redução de 34 a 38% dos teores foliares de nitrogênio em plantas de milho, quando estas foram submetidas a omissão de P, embora a solução nutritiva contivesse concentrações satisfatórias de nitrogênio.

Potassagem

A adubação corretiva com potássio, em solos sob vegetação de cerrado, deve ser feita a lanço somente em solos com teores de argila acima de 20% e com teores de potássio menor que 50 mg.dm⁻³, conforme a tabela 25.

Tabela 25. Adubação corretiva de potássio para solos de cerrado com teor de argila > 20%, de acordo com dados de análise de solo (EMBRAPA, 1998).

Teor de K mg.dm ⁻³	K ₂ O	
	cmol _c .dm ⁻³	kg.ha ⁻¹
0-25	< 0,06	100
26-50	0,07-0,13	50
>50	> 0,13	0 ^(*)

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

Adubação de Manutenção

Nitrogênio

A definição do rendimento potencial do milho que ocorre entre a emissão da 4ª e 6ª 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 semeadura (ou em pré-semeadura) e, por essa razão, a recomendação atual refere-se ao fornecimento de 30 a 45 kg.ha⁻¹ desse elemento no adubo de semeadura (ou em pré-

semeadura), sendo a dose de 30 kg de $N \cdot ha^{-1}$ utilizada após o cultivo de leguminosas e 45 kg de $N \cdot ha^{-1}$ após o cultivo de gramíneas ou crucíferas.

Segundo Yamada (2000), em ensaios realizados em Londrina – PR, avaliando-se aplicação de nitrogênio, durante a safra 1996/97, os melhores resultados foram obtidos com a utilização de 40 $kg \cdot ha^{-1}$ de N em ocasião do plantio. O mesmo fato foi observado por Souza (2002), em ensaios realizados na Universidade Federal de Lavras, em sistema de plantio direto, durante a safra 1999/00. Tais fatos demonstram uma maior eficiência da utilização de N quando se aumenta sua disponibilidade no desenvolvimento inicial do milho (Yamada, 2000).

Contudo, convém salientar que a utilização de doses elevadas de nitrogênio (maior que 60 $kg \cdot ha^{-1}$), no sulco de semeadura, poderá favorecer a salinização e/ou a alcalinização da rizosfera, reduzindo a taxa de absorção de micronutrientes, principalmente. Esse fato tem sido constatado em algumas situações onde a quantidade total de N foi ofertada na semeadura, objetivando a eliminação da prática de adubação de cobertura. (Fancelli, 2001).

Quase todo nitrogênio do solo se faz presente na forma orgânica, por isso é importante considerar também o nitrogênio mineralizado durante o ciclo da cultura. As principais formas de nitrogênio disponíveis para as plantas são amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), as quais representam menos de 2% do nitrogênio total do solo. Entretanto, deve-se dar preferência à utilização de N amoniacal (NH_4^+), uma vez que, nesta forma, o nitrogênio não irá promover a elevação do pH da rizosfera, demandando menos energia por parte da planta para metabolizar o nitrogênio, além de manter o equilíbrio eletrolítico da rizosfera. Segundo Magalhães (1996), citado por Novaes (1999), a absorção de NH_4^+ foi preferencial em relação NO_3^- , por plantas de milho em situação de baixa disponibilidade de P.

Para se estimar a adubação nitrogenada a ser aplicada em cobertura deve-se levar em consideração os seguintes parâmetros: (i) Produtividade Esperada, a concentração de N na planta considerada como adequada para produção máxima esta na faixa de 1% (Grove et al., 1980 e Coelho et al., 1992). Assim para produtividade de 16 t de massa seca/ha, equivalente a 9 t de grãos/ha, a planta retira do solo em torno de 160 kg de N/ha. Em linhas gerais, conforme citado em Vitti & Nussio, 1993, 1kg de N equivale à produção de 40 a 50 kg de grãos ou 100 kg de matéria seca/ha, assim, pode-se sugerir a aplicação de 120 a 150 kg de N/ha; (ii) Quantidade de Nitrogênio que o solo é capaz de fornecer para a cultura. Em termos médio os solos tropicais fornecem cerca de 60 a 80 kg de N/ha (Grove, 1979 e Coelho et al., 1992),

quantidade suficiente para produzir 6 a 8 t de massa seca/ha (3 a 4 t de grãos/ha); e (iii) Eficiência de aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados pelas plantas: Dados realizados por Coelho et al., 1991, indicam que, em média, 50 a 60% do N aplicado como uréia foram aproveitados pelas plantas.

Para as condições do Estado de São Paulo (Raij & Cantarella, 1997), recomendam a adubação nitrogenada de plantio na faixa de 10 a 30 kg.ha⁻¹ de N, de acordo com a produtividade esperada, bem como a adubação mineral de cobertura na faixa de 10 a 140 kg.ha⁻¹ de N, de acordo com a produtividade esperada e a classe de resposta a nitrogênio, conforme dados apresentados na tabela 26.

Tabela 26. Adubação nitrogenada de plantio e cobertura para o milho grão e silagem.

Produtividade esperada (t.ha ⁻¹)	N plantio	N cobertura (kg.ha ⁻¹)		
		1- Alta	2-Média	3- Baixa
2-4	10	40	20	10
4-6	20	60	40	20
6-8	20	100	70	40
8-10	30	120	90	50
10-12	30	140	110	70

Alta resposta esperada: solos corrigidos, com muitos anos de plantio contínuo de milho ou outras culturas não-leguminosas; primeiros anos de plantio direto; solos arenosos sujeitos a altas perdas por lixiviação.

Média resposta esperada: solos muito ácidos, que serão corrigidos; ou com plantio anterior esporádico de leguminosas; solo em pousio por um ano; ou uso de quantidades moderadas de adubos orgânicos.

Baixa resposta esperada: solo em pousio por dois ou mais anos, ou cultivo de milho após pastagem (exceto em solos arenosos); cultivo intenso de leguminosas ou plantio de adubos verdes antes do milho; uso constante de quantidades elevadas de adubos orgânicos.

Nummer Filho & Hentschke (2002), propõe, para recomendação da adubação nitrogenada do milho, disponibilizar à cultura de 1,0 a 1,5 kg.ha⁻¹ de N por saco de grão almejado. Desta forma, para cálculo da dose final a ser utilizada determina-se um balanço deste nutriente, considerando as disponibilizações (entrada) e indisponibilizações (saídas) deste no sistema, sendo o saldo final a quantidade a ser adicionada via fertilizante. De forma simplista, os

autores consideram o incremento de 20 a 30 kg.ha⁻¹ de N por percentual de M.O. determinada pela análise de solo e de 15 a 30 kg.ha⁻¹ de N o pré-cultivo de espécie. recicladoras/fixadoras de N; e como imobilização estes consideram a quantidade de 25 a 35 kg.ha⁻¹ de N, dependendo da relação C/N da cultura anteriormente cultivada.

Outro método utilizado para a recomendação da adubação nitrogenada (total) é aquele proposto pela Universidade de Illinois/USA, adaptado por Fancelli (2000), no qual a dose total de N a ser aplicada é calculada pela seguinte expressão matemática:

$$Nt = [(Rm + 5\%) 18,5 - (Cn_1 + Cn_2 + Cn_3)]$$

em que Nt se refere à quantidade total de Nitrogênio (semeadura + cobertura, kg.ha⁻¹); Rm ao rendimento médio do milho obtido nos últimos 3 anos (t.ha⁻¹); 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 kg.ha⁻¹; cada unidade percentual de matéria orgânica do solo, a partir de 2%, contribuirá com 15 kg.ha⁻¹ de N; adubação verde com leguminosas produzindo 20 a 40 t.ha⁻¹ de fitomassa agregará cerca de 30 a 40 kg.ha⁻¹ de Nitrogênio ao sistema).

Quanto ao parcelamento da adubação de cobertura, Raij & Cantarella (1996), recomendam a aplicação com 6 a 8 folhas totalmente desdobradas (25-30 dias após a germinação), em quantidades de até 80 kg.ha⁻¹ de N, e o restante cerca de 15-20 dias após, bem como citam que em áreas irrigadas, o N pode ser parcelado em 3 ou mais vezes até o florescimento, e aplicado com a água de irrigação.

Segundo Fancelli (1997), para determinar o número de adubações de coberturas a serem realizadas na cultura do milho deve-se levar em consideração a textura do solo, o clima e a técnica utilizada na produção. Assim sendo:

1 aplicação	entre 4 a 6 folhas	Solos argilosos (>35% argila) e regiões não muito chuvosa
2 aplicações	3 a 4 folhas e 6 a 7 folhas	Solos arenosos e condições de alta percolação de N
3 aplicações	4 folhas 7 a 8 folhas 10 a 12 folhas	Sistema de produção sob agricultura irrigada (pivô central)

Trabalhos recentes têm evidenciado respostas significativa ao nitrogênio (N), por parte do milho, no período compreendido entre

a 4ª e a 12ª folha. Aplicações tardias de nitrogênio à cultura (próximo ao pendoamento e florescimento) pode contribuir para a maior incidência de doenças à cultura, principalmente esferulina, complexo das ferrugens, helmintosporioses e cercosporiose (Fancelli, 2001).

Por outro lado, no sistema de plantio direto Sá, 1996 sugere a aplicação de 90 kg.ha^{-1} de nitrogênio, antes do manejo químico da cobertura de inverno e no plantio (30 kg.ha^{-1} de N). Uma comparação entre o método acima citado e a aplicação tradicional de 30 kg.ha^{-1} de N no plantio e 90 kg.ha^{-1} na cobertura, as produções médias foram respectivamente de 7429 e 7959 kg.ha^{-1} , bem como gerou uma economia na mão de obra, pois a aplicação antecipada do insumo substituiu aquela que seria feita quando a planta apresentasse aproximadamente seis folhas. Contudo Pace (2000), concluiu que a resposta a adubação nitrogenada de pré-plantio depende da espécie cultivada no inverno. Assim, o mesmo autor, não encontrou resposta a adubação nitrogenada de cobertura do milho no tratamento que continha tremoço como cultura de inverno (Figura 3). Porém, nos tratamentos com aveia preta e milheto a cultura do milho respondeu a adubação nitrogenada de cobertura, mesmo nos tratamentos que receberam nitrogênio em pré-plantio.

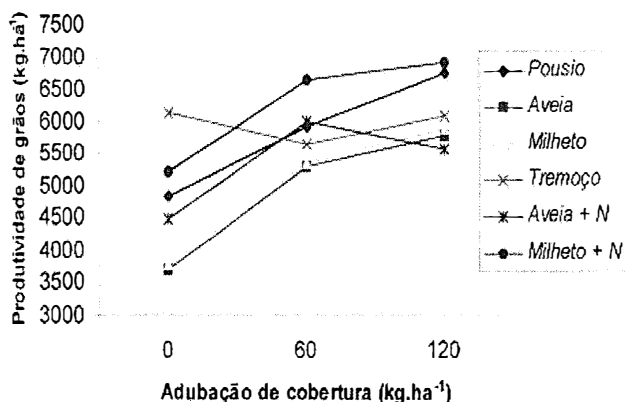


Figura 3. Produtividade do milho (13% de umidade) para os tratamentos em função da adubação nitrogenada de cobertura (Pace, 2000).

A alternativa de aplicar o N em pré-semeadura do milho tem despertado grande interesse porque, além de evitar a imobilização temporária do N do fertilizante, apresenta algumas vantagens operacionais, como maior flexibilidade no período de execução da adubação, racionalização do uso das máquinas e mão-de-obra e redução do custo de aplicação (Ceretta, 1997).

Segundo Basso, 1999, em anos de pluviosidade mais elevada (550 mm de chuva em outubro e 350 mm em novembro) a aplicação de N em pós-semeadura foi melhor que em pré-semeadura. Porém, em safra de menor precipitação, as melhores produtividades foram obtidas com a aplicação de 60, 30 e 30 kg.ha⁻¹ de N e com a aplicação de 90, 30 e zero kg.ha⁻¹ de N, respectivamente em pré-semeadura, semeadura e pós-semeadura.

Quando da utilização da uréia como fonte de N, principalmente no sistema de plantio direto, deve-se promover a incorporação superficial ao solo, ou aplicar juntamente com a água de irrigação, minimizando assim, as perdas de amônia por volatilização. No entanto, hoje existe a possibilidade da mistura de uréia com outras fontes de N, minimizando as perdas por volatilização, como o sulfonitrato de amônio (mistura de nitrato de amônio (76%) + sulfato de amônio (21%) + 3% de condicionador) e a mistura de 500 kg de uréia com 500 kg de sulfato de amônio, originando a formulação 32-00-00 + 12% S.

Assim, observa-se que para a definição da adubação nitrogenada é fundamental avaliar o sistema produtivo como um todo.

Fósforo

A exemplo do nitrogênio, as respostas à aplicação de fósforo em milho têm sido altas e freqüentes devido ao baixo teor de fósforo “disponível” na maioria dos solos brasileiros.

Embora as exigência do milho em fósforo sejam em quantidades bem menores do que as de nitrogênio e potássio (tabela 2), as doses normalmente recomendadas são altas, em função da baixa eficiência (20 a 30%) de aproveitamento desse nutriente pela cultura. Isto decorre da alta capacidade de fixação do fósforo adicionado ao solo através de mecanismos de adsorção e precipitação, reduzindo sua disponibilidade às plantas. Outro fator que deve ser levado em conta é a demanda de fósforo pela cultura. Plantas de intenso desenvolvimento, de ciclo curto como o milho, requerem maior nível de fósforo em solução e reposição mais rápida do P adsorvido que as plantas de culturas perenes Coelho & França, 1995.

A análise do solo é fundamental para discriminar respostas do milho à adubação fosfatada, bem como o potencial de produção da cultura na região e o nível de tecnologia utilizada pelos agricultores. Com base na proposta de alta produtividade deve-se procurar instituir como níveis mínimos iniciais no solo, teores de P em torno de 15 mg.dm⁻¹ (extraído pela resina), tendo como objetivo

geral, dentro da concepção de alta produtividade, atingindo de 30 a 40 mg.dm⁻¹ de P (resina), conforme citado por Vitti & Nussio, 1993.

Coelho & França, 1995 citam as quantidades de P recomendadas na adubação do milho em função do teor do nutriente no solo e da classe textural, conforme apresentado na Tabela 28.

Tabela 28. Interpretação das classes de teores de fósforo no solo e doses de P₂O₅ recomendadas para o milho.

Classe textural do solo	Extrator de fósforo	Classes de teor (ppm) de fósforo no solo		
		Baixo	Médio	Alto
Argilosa (36 a 60%)	Mehlich 1	< 5	6 a 10	> 10
Média (15 a 35%)	Mehlich 1	< 10	11 a 20	> 20
Arenosa (<15%)	Mehlich 1	< 20	21 a 30	> 30
	Resina	< 15	16 a 40	> 40
Doses de P ₂ O ₅ recomendadas (kg.ha ⁻¹)		80 a 100	50 a 70	30 a 60

Esses autores também recomendam quando o solo apresentar teores de P no nível crítico, proceder a adubação de manutenção, ou seja, a reposição anual da quantidade removida no produto colhido, considerando que para cada tonelada de grãos produzida são exportados 10 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, aplicando-se o mesmo valor para a produção de forragem.

Raij & Cantarella (1996) recomendam para o Estado de São Paulo doses de P₂O₅ levando-se em consideração os teores de P revelados pela análise de solo, bem como a produtividade esperada, conforme dados apresentados na Tabela 29.

Tabela.29. Adubação fosfatada de plantio de milho para grãos e silagem.

Produtividade esperada t.ha ⁻¹	P – resina (mg.dm ⁻¹)			
	0-6	7-15	16-40	> 40
	P ₂ O ₅ kg.ha ⁻¹			
2-4	60	40	30	20
4-6	80	60	40	30
6-8	90	70	50	30
8-10	(*)	90	60	40
10-12	(*)	100	70	50

(*) Improvável a obtenção de altas produtividades de milho em solos com teores muito baixos de P, independentemente da dose de fertilizante empregada.

Potássio

O potássio é depois do nitrogênio o nutriente mais absorvido pela cultura do milho, sendo que 20% são exportados nos grãos. Além dos efeitos do K na produção de grãos e na produção e na qualidade da silagem, vários trabalhos tem mostrado efeito desse nutriente na resistência à acamamento da planta, pela maior rigidez da base do colmo. Deve-se prestar atenção especial a sucessão de culturas exigentes em K, como é o caso da aveia forrageira sucedida por milho ou sorgo.

O potássio é um nutriente decisivo na produção de silagem, pois quando deficientes em potássio as plantas apresentam-se geralmente folhas amareladas e secamento prematuro das folhas basais, e portanto em estágio de maturação fisiológica aquém do desejado, resultando em silagem úmida e de baixa qualidade. O aspecto externo do secamento das folhas, tem levado o produtor a antecipar o momento da colheita pela falsa impressão visual causada. Plantas bem nutridas permanecem com praticamente todos seus pares de folhas verdes, mesmo as basais, até o momento correto da ensilagem (Vitti & Nussio, 1993). Outro aspecto importante é a interação positiva entre o N e o K₂O, no que diz respeito não só a produção de grãos, mas também a outros parâmetros como qualidade do produto colhido, eficiência na utilização dos nutrientes, resistência a doenças, ao acamamento, e bom desenvolvimento do colmo, órgão de reserva, de onde será drenado os nutrientes quando do enchimento de grãos. Coelho & França (1995) apresentam na tabela 30 as quantidades de K₂O recomendadas na adubação do milho para a produção de grãos e forragem, em função do teor do nutriente no solo.

Tabela 30. Recomendação de adubação potássica para a cultura do milho, com base na análise do solo.

Classe de teor no solo	K no solo meq.100cm ⁻³	Doses de K ₂ O recomendadas (kg.ha ⁻¹)	
		milho-grão	milho-forragem
Muito baixa	< 0,07	90 – 120	150 – 180
Baixa	0,08 – 0,15	60 – 90	120 – 150
Média	0,16 – 0,30	30 – 60	60 – 120
Alta ⁽¹⁾	> 0,30	30	60

⁽¹⁾Quando o milho for destinado à produção de grãos, a adubação potássica pode ser dispensada, a critério técnico. Fonte: Coelho & França, 1995.

Porém, quanto à adubação potássica, recomenda-se muito critério na definição da quantidade a ser aplicada na semeadura, pois a fonte 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, Fancelli (2001) recomenda 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 31.

Tabela 31. Recomendação de adubação potássica em pré-semeadura, semeadura e cobertura.

Condição	Época de aplicação
Solos corrigidos, com capacidade de troca catiônica de, pelo menos, 4,5 meq.100cm ⁻³ (ou 45 mmol _c .dm ⁻³) e com participação máxima do potássio na CTC de 1,8 a 2,0 %	pré –semeadura (1 a 6 semanas antes da semeadura)
Aplicar, no máximo, 50 kg.ha ⁻¹ de K ₂ O	Semeadura
àlance, antes das plantas emergirem, ou na superfície, em faixas até a sexta folha, ou incorporado, até a oitava folha.	cobertura ⁽¹⁾

⁽¹⁾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.

Fonte: Fancelli, 1998

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 6ª e a 10ª folhas. Desta forma, quanto mais tempo a raiz levar para atingir seu tamanho ideal, maior será o comportamento do desempenho da planta. A salinização do sulco de semeadura afeta sobremaneira a taxa de crescimento e a distribuição das raízes.

Desta forma, Raij & Cantarella (1996) recomendam a seguinte adubação potássica para o plantio de milho para grãos e silagem, levando-se em consideração a produtividade esperada e o teor de K da análise do solo, conforme dados da Tabela 32.

Tabela 32. Adubação potássica de plantio de milho para grãos e silagem.

Produtividade esperada (t.ha ⁻¹)	K ⁺ trocável (mmol _c dm ⁻³)			
	0 – 0,7	0,8 – 1,5	1,6 – 3,0	> 3,0
grãos silagem	K ₂ O (kg.ha ⁻¹)			
2 – 4	50	40	30	0
4 – 6 (4 – 8)	50 (60)	50 (60)	40 (40)	20 (20)
6 – 8 (8 – 12)	50 (60)	50 (60)	50 (60)	30 (40)
8 – 10 (12 – 16)	50 (60)	50 (60)	50 (60)	40 (60)
10 – 12 (16 – 20)	50 (60)	50 (60)	50 (60)	50 (60)

Fonte: Raij & Cantarella, 1996

Quanto ao parcelamento e época de aplicação da adubação potássica, Coelho & França (1995) citam que a aplicação parcelada do K₂O pode ser feita nas seguintes situações: a) solos altamente deficientes nesse nutriente, em que são necessárias altas doses de fertilizantes e b) quando o milho for cultivado para produção de forragem, em que normalmente são necessárias doses mais altas de K devido a maior exportação desse nutriente. Entretanto, Raij & Cantarella (1996), além dos teores de K no solo, levam em consideração também a produtividade esperada, conforme apresentado na tabela 33.

Tabela 33. Doses recomendadas de K_2O em cobertura para a cultura do milho (grão e silagem) em função da produtividade esperada e dos teores de K no solo.

Produtividade esperada (t.ha ⁻¹) grãos silagem	K ⁺ trocável (mmol _c dm ⁻³)			
	0 – 0,7	0,8 – 1,5	1,6 – 3,0	> 3,0
	K ₂ O (kg.ha ⁻¹)			
2 – 4	0	0	0	
4 – 6 (4 – 8)	20 (20)	0 (0)	0 (0)	(0)
6 – 8 (8 – 12)	60 (60)	20 (20)	0 (0)	(0)
8 – 10 (12 – 16)	90 ⁽¹⁾ (100) ⁽¹⁾	60 (60)	20 (40)	(0)
10 – 12 (16 – 20)	110 ⁽¹⁾ (160) ⁽¹⁾	80 ⁽¹⁾ (100) ⁽¹⁾	40 (60)	(20)

⁽¹⁾Em solos argilosos o K aplicado em cobertura pode não ser eficiente. Assim principalmente nesses solos, quando os teores de K forem muito baixo ou baixo (< 1,5 mmol_cdm⁻³) e as doses recomendadas em cobertura, igual ou superior a 80 kg.ha⁻¹ de K₂O para milho grão e 100 kg.ha⁻¹ de K₂O para milho silagem, é aconselhável transferir a adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço e incorporando-o ao solo. Nesse caso, acrescentar mais 20 kg.ha⁻¹ de K₂O à dose recomendada.

Essa prática da aplicação de potássio à lanço, numa operação denominada de potassagem, foi sugerida por Vitti & Nussio (1993) visando elevar a porcentagem de K na CTC, para um valor de cerca de 4%. Assim, num solo com CTC = 7,0 a necessidade de KCl foi de 300 kg.ha⁻¹ para elevar o K%T de 1,0 para 4,0.

Quanto a época de aplicação, o K₂O deve ser fornecido juntamente com a primeira cobertura de N, no máximo 30 dias após a germinação, para que não haja prejuízos na produção.

Enxofre

A deficiência de enxofre, além de afetar a produtividade do milho, também irá afetar negativamente a qualidade da silagem, pois irá promover a redução no conteúdo de aminoácidos essenciais (metionina e cistina), redução na taxa de síntese de proteínas e aumento na quantidade de nitratos e de componentes orgânicos e inorgânicos solúveis de N (Spencer, 1959).

A extração de enxofre pela planta de milho é pequena e varia de 15 a 30 kg.ha⁻¹, para produções de grãos em torno de 5.000 a 7.000 kg.ha⁻¹. Em anos passados, o cultivo do milho em solos ricos em matéria orgânica, o uso de fórmulas de fertilizantes menos concentradas, contendo enxofre, e os baixos níveis de produtividade contribuíram para minimizar problemas de deficiência desse nutriente. Atualmente, com o uso mais intensivo dos solos e de fórmulas de adubos mais concentradas, sem enxofre, as respostas a esse elemento tendem a aumentar (Coelho & França, 1995).

As necessidades de fornecimento de S poderão ser satisfeitas desde que seja fornecido pelo menos uma vez no programa regular de adubação, seja através de uma fonte de N

(sulfato de amônio = 24%S), ou de P_2O_5 (superfosfato simples = 12%S, multifosfato magnésiano = 4,2 a 8,0%S, ou termofosfato = 4 a 6%S). Outra alternativa para o fornecimento de S, é a utilização de gesso agrícola em pré-plantio e em área total, na dosagem de 500 kg.ha⁻¹. Porém, após utilização de gesso agrícola como condicionador de sub-solo, a adubação sulfatada pode ser dispensada devido ao fato desta prática corretiva fornecer quantidade de enxofre (S) suficiente por dois anos agrícolas.

Adubação com micronutrientes

Aspectos gerais

A ocorrência de deficiência de micronutrientes na cultura do milho limitando a produtividade e influenciando na qualidade e nos aspectos fitossanitários tem aumentado de modo preocupante.

Os fatores associados à deficiência e disponibilidade dos micronutrientes podem ser (Vitti, 1999); (a) material de origem do solo, (b) Reação do solo (pH), (c) textura do solo, (d) aeração do solo (ferro, manganês e cobre), (e) práticas culturais (calagem, adubação fosfatada, plantio direto e ação dos implementos), (f) características genéticas da planta e (g) desbalanceamento entre cátions metálicos (Fe, Cu, Mn e Zn).

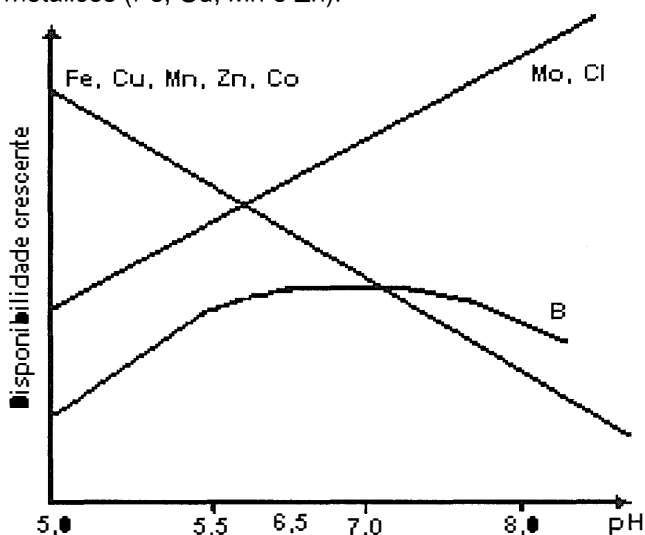


Figura 4. Relação entre pH (H_2O) do solo e disponibilidade de micronutrientes.

Quanto ao **material de origem do solo** e à **textura**, fatores não controlados pelo homem, tem-se que solos originários de arenito

e solos de textura grosseira apresentam maiores probabilidades de resposta a aplicação de micronutrientes, em relação, por exemplo, a solos originários de basalto e solos de textura mais fina. A influência da **reação do solo** na disponibilidade de micronutrientes está apresentada na Figura 4.

Analisando-se essa figura observa-se que a calagem aumenta linearmente a disponibilidade do molibdênio (MoO_4^{-2}) e diminui a dos cátions metálicos (Fe^{+2} , Cu^{+2} , Mn^{+2} , Zn^{+2} e Co^{+2}), enquanto o boro (H_3BO_3 ou $\text{H}_2\text{BO}_3^{-1}$) apresenta efeito quadrático, ou seja, baixa disponibilidade em reação ácida (falta de mineralização da matéria orgânica) e queda na disponibilidade em pH próximo da neutralidade (aumenta a lixiviação pelo aumento da CTC do solo e pelo aumento na relação Ca/B).

Além da calagem, outras práticas culturais tendem a afetar a disponibilidade dos micronutrientes, como: (i) adubação fosfatada (H_2PO_4^- vs. Zn^{+2} ou Cu^{+2} ou Mn^{+2}), isto é, formação de precipitados pouco solúveis do H_2PO_4^- com cátions metálicos; (ii) plantio direto, pela formação de quelados estáveis dos micronutrientes metálicos com a matéria orgânica, seguindo a seguinte ordem decrescente de estabilidade: $\text{Cu}^{+2} > \text{Fe}^{+2} > \text{Co}^{+2} > \text{Zn}^{+2} > \text{Mn}^{+2}$; (iii) desbalanceamento entre cátions metálicos, causando a chamada inibição competitiva, na qual a presença de um íon A diminui a absorção do íon B por competirem pelo mesmo carregador, conforme abaixo exemplificado:

íon A	íon B (afetado)
Cu^{+2}	Zn^{+2}
Fe^{+2}	Mn^{+2}
Cu^{+2}	Fe^{+2}
Mn^{+2}	Zn^{+2}

Aplicação de micronutrientes

Os micronutrientes podem ser fornecidos ao milho através de três vias principais: (i) aplicação via solo: correção lenta, gradual e preventiva; (ii) mistura de grânulos: mais econômica, porém apresenta problemas de segregação; (iii) mistura granulada: mais cara, porém mais eficiente; (iv) micro na base, agregado principalmente ao superfosfato simples; (v) fontes de P_2O_5 contendo micro, como termofosfato e multifosfatos; (vi) aplicação via folha: correção rápida, menos duradoura e corretiva; e (vii) aplicação via semente.

Zinco

É no Brasil o micronutriente que mais limita a produção do milho. As principais causas da deficiência de Zn são: baixos teores no material de origem do solo, excesso de calagem e de adubação fosfatada, entre outros.

Porém, Souza et al. (1998) e Santos (2000), citados por Da Silva (2000) em estudos recentes não verificaram efeitos antagônicos do fósforo em relação ao zinco, quando variaram as doses de P entre 0 e 320 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e as doses de zinco de 0 a 6 kg.ha⁻¹ de Zn.

Com relação a métodos de extração e interpretação da análise do solo, Coelho & França (1995) citam que respostas à adubação com zinco são freqüentes obtidas quando o teor desse micronutriente no solo for inferior a 1,0 ppm pelo método Mehlich 1, recomendando doses de 2,0 a 4,0 kg.ha⁻¹ de Zn. Raij & Cantarella (1996) recomendam aplicar 4,0 kg.ha⁻¹ de Zn em solos com teores de Zn (DTPA) inferior a 0,6 mg.dm⁻³ e 2,0 kg.ha⁻¹ de Zn quando os teores estiverem entre 0,6 e 1,2 mg.dm⁻³.

Além da aplicação de uma fonte de Zn no sulco de plantio (oxi-sulfatos), pode ser também interessante a aplicação de Zn via semente, principalmente devido à utilização de adubos na forma de mistura de grânulos, que pode resultar na segregação desse micronutriente, embora hoje é possível a incorporação do zinco no mesmo grânulo do adubo fosfatado. É importante ressaltar que quando do uso de produtos via semente, verificar sua compatibilidade com defensivos aplicados conjuntamente; assim, têm-se verificado incompatibilidade de certos produtos com Furadan. Atualmente estão disponíveis no mercado produtos para tratamento de sementes contendo micronutrientes em sua composição, conforme apresentado na Tabela 34.

Tabela 34. Aplicação de Zn via semente através de produtos fitossanitários.

Produto	Garantia g.L ⁻¹	Dose mL.20kg ⁻¹⁽¹⁾	Quantidade g.ha ⁻¹
Futur 300	250ZnO/ 2B/ 10Mo	400	78Zn/ 4Mo/ 0,8Mo
Furazin 310 TS	210 Zn	450	95 Zn
Furazin 310 TS + Vitavax	210 Zn	500	105
Thiran 200 SC			

⁽¹⁾ semente

Quanto a resultados referentes à métodos de aplicação desse nutriente na cultura do milho Galvão (1994) verificou maior eficiência da aplicação das maiores doses de zinco à lanço incorporado ao solo e da pulverização foliar, entretanto, a aplicação via semente, também mostrou-se eficiente na produção de grãos, conforme dados apresentados na tabela 35. É importante ressaltar que no caso do tratamento via foliar o autor não cita o volume de solução por unidade de área.

Tabela 35. Fontes, doses e métodos de aplicação de zinco na cultura do milho em Latossolo Vermelho Escuro em Planaltina – DF.

Fonte de Zinco	Doses de Zinco kg.ha ⁻¹	Método de aplicação	Zinco no solo ppm	Produção de grãos kg.ha ⁻¹
Sulfato de zinco	0,4	a lanço	0,9	5.478
Sulfato de zinco	0,4	no sulco	0,4	4.913
Sulfato de zinco	1,2	a lanço	1,2	7.365
Sulfato de zinco	1,2	no sulco	1,0	5.598
Sulfato de zinco	3,6	a lanço	1,6	7.408
Óxido de zinco	0,8	nas sementes	0,4	6.156
Sulfato de zinco	1%	via foliar – 2x	0,4	7.187
Sulfato de zinco	1%	via foliar – 3x	0,4	7.187
Testemunha	-	-	0,3	3.880

Fonte: adaptada de Galvão (1994).

De acordo com Fancelli, 2001 o zinco pode ser aplicado via foliar, juntamente com o inseticida para controle da lagarta do cartucho (entre a 4^a e 6^a folhas) e, nesse caso, a dose recomendada pode variar entre 100 a 400 g.ha⁻¹ (quelatizado/sal).

Segundo observações de Vitti & Luz (informação pessoal), em áreas que apresentam teores médios deste nutriente, na região do Triângulo Mineiro, têm-se encontrado resultados satisfatórios na combinação de aproximadamente 1,0 kg.ha⁻¹ de Zn via solo, utilizando fontes de média solubilidade (oxisulfatos) e da aplicação foliar de 50 g.ha⁻¹ de Zn, na forma de cloreto quelatizada.

O excesso de zinco, na planta, poderá afetar o aproveitamento de outros nutrientes metálicos, principalmente o

cobre (Cu), o que poderá predispor a planta à incidência de doenças (Fancelli, 2000).

Manganês

A situação normal é a ocorrência de excesso de manganês em nossos solos, principalmente em condições de acidez excessiva. Entretanto, com a tendência atual do aumento do uso do calcário e sua incorporação muito superficial, principalmente em sistemas de plantio direto, tem ocorrido problemas de deficiência de Mn (Coelho & França, 1995). Assim, recomenda-se observar atentamente o desenvolvimento da cultura e havendo ocorrência de sintomas visuais de sua deficiência, proceder a aplicação foliar, na forma de sais ou de um produto quelatizado, uma vez que é baixa a recuperação do manganês aplicado ao solo, com consequente impacto sobre o custo de produção. A boa eficiência da aplicação foliar induz a utilização desse método como alternativa de fornecimento do nutriente para atender as necessidades das diferentes espécies (Castro, 1997). Na tabela 36 são apresentados resultados da correção da deficiência de Mn, pela aplicação foliar.

Tabela 36. Efeito de doses e número de aplicações foliares de manganês em diferentes estádios de desenvolvimento do milho, na produção de grãos.

Doses de manganês (kg.ha ⁻¹)	Época de aplicação 4 folhas (n.º de aplicações)	8 folhas	Produtividade de grãos (kg.ha ⁻¹)	Massa de espiga (g)
0,0	-	-	2.210	89
0,6	1	-	5.100	143
1,1	1	-	5.330	144
0,6	-	1	6.030	168
1,1	-	1	6.690	182
0,6	1	1	8.230	218
1,1	1	1	8.400	211

Fonte: adaptada de MASCAGNI J.R. & COX, 1984.

Analisando os dados da tabela observa-se que duas aplicações foliares de sulfato de manganês nas doses de 0,6 kg.ha⁻¹ de Mn, na época de 4 e 6 folhas promoveram aumentos na produção de grãos de cerca de 270% em relação à testemunha (sem manganês), bem como resultou em maior peso de espiga (Mascagni JR. & Cox, 1984).

Segundo Fancelli (2001), o manganês, em decorrência da baixa capacidade da planta em extrair-lo do solo, na taxa requerida para altos rendimentos de grãos, aliado à sua significativa interação

com o meio (indisponibilização), deverá ser fornecido, via foliar, por ocasião da emissão da 6ª folha.

Assim, quanto à aplicação de manganês via foliar na cultura do milho, recomenda-se a dose de 150 g.ha^{-1} de Mn (quelatizado, na forma de nitrato ou cloreto), 200 g.ha^{-1} de Mn (quelatizado, na forma de sulfato) e 300 g.ha^{-1} de Mn (sulfato de manganês).

Boro

O boro (B), por apresentar baixa mobilidade na planta, deverá ser aplicado, preferencialmente, via solo, de forma corretiva (área total), devendo-se evitar sua proximidade em relação às sementes. As quantidades normalmente exigidas pelo milho, objetivando rendimentos elevados, variam entre 3 a 10 kg.ha^{-1} de boro aplicados via solo em área total, ou $0,7$ a $1,0 \text{ kg.ha}^{-1}$ de boro localizado na linha de plantio. Trabalhos recentes, incluindo Favarin (informações pessoais), citado por Fancelli (2000), tem demonstrado que fontes de solubilidade média a baixa, ulexita por exemplo, tem proporcionado melhores resultados.

Cobre

Pelo fato do cobre ser o íon metálico com maior facilidade em formar complexos estáveis com a matéria orgânica ($\text{Cu}^{+2} > \text{Fe}^{+2} > \text{Co}^{+2} > \text{Zn}^{+2} > \text{Mn}^{+2}$), em áreas antigas de plantio direto, com elevado teor de matéria orgânica e/ou zinco no solo, deve-se dobrar o cuidado com a falta de cobre, suprimindo as necessidades, neste caso, com aplicação foliar. Loman F.^o et al (2001), observaram resposta positiva a aplicação parcelada de Cu via foliar, na forma de sulfato de cobre (total 400 g.ha^{-1} de Cu) sobre a produção de grãos em cultura de milho cultivada em solos de várzeas.

Resultados de Pesquisas – Aplicação de micronutrientes

Segundo resultados de ensaios envolvendo micronutrientes realizados em ambiente de cerrado, Vitti, Luz, Teixeira & Marquez JR. (informação pessoal), têm observado resultados significativos na combinação de aplicação de Zinco via solo (fontes de média solubilidade) e foliar (fontes quelatizadas). Para o Boro, têm-se destacado a aplicação em sulco de plantio, também utilizando fontes de média solubilidade (ulexita); e para o Manganês a aplicação foliar via fontes quelatizadas, sendo que o parcelamento das adubações foliares em duas aplicações; uma em V4 e outra mais tardia, têm apresentado maior eficiência na elevação dos teores foliares deste nutriente.

Referências bibliográficas

- BASSO, C.J.; Épocas e aplicação de nitrogênio para milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo no sistema de plantio direto. Santa Maria, 1999. 91p. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, RS.
- BULL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. BULL, L.T. e CANTARELLA, H. Piracicaba. Potafos: 63-131p. 1993.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van & CAMARGO, C.E., OLIVEIRA de. 13. Ceres. In: Boletim 100 (RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. (Ed) Instituto Agrônomo. Campinas.1996. p.43-47.
- CASTRO, J.R. Micronutrientes: fatores que afetam a disponibilidade e a absorção, e respostas das culturas. In: Curso sobre Aspectos Básicos de Fertilidade e Microbiologia do Solo no Sistema Plantio Direto. Passo Fundo. Aldeia Norte Editora. 11-20p. 1997.
- COAMO/CODETEC. Fertilidade do solo e nutrição de plantas. 2ª ed. 93p. 2001.
- COELHO, A.M. & FRANÇA, G.E.de. Seja o doutor do seu milho. Arquivo do Agrônomo. nº 2 Informações Agrônomicas nº 71. Setembro, 1995. P.1-24.
- COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.de; BAHIA F.º, A.F.C.; GUEDES, G.A.A. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. Rer. Bras.Ci.Solo. Campinas. 16(2): 61-7. 1992.
- DAYNARD, T.B. Practices affecting quality and preservation of whole-plant com silage. Can. J. Plant Sci., 58:651-659. 1978
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Fisiologia de produção e manejo de água e nutrientes na cultura de milho de alta produtividade. Piracicaba, POTAFOS, Departamento de Agricultura/ESALQ/USP, 1996. P.1-29.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D.(coord.) Tecnologia da produção de milho. Piracicaba, ESALQ/USP, Departamento de Agricultura, 1997. 174p.
- FANCELLI, A.L. Nutrição e adubação do milho. In: Curso de atualização em manejo racional do solo e nutrição de plantas ALOISI, R.R.(coord.). Módulo III. 11ª aula. 18p.2001.
- FARIA, V.P. Técnicas de produção de silagem. Anais do Congresso Brasileiro de Pastagens. 1986. p.79-144. FEALQ/Piracicaba.
- GALRÃO, E.Z. Métodos de correção da deficiência de zinco para o cultivo de milho num Latossolo Vermelho-Escuro sob cerrado. Rer. Bras. Ci. Solo. 18(2):225-260. 1994.

- GROVE, L.T.; RITCHEY, K.D.; NADERMAN, J.R.; G.C.. Nitrogen fertilization of maize on oxisol of the cerrado of Brazil. *Agronomy Journal*. Madison. 27(2):261-5. 1980.
- HARRIS, J.G. Silage management in Queensland. Queensland Department of primary industries: Information series. 1984. Ed. Leigh Wishart – Smith.
- JOHNSON, J.C.; MONSON, W.G.; PETTIGREEN, N.T. Variation in nutritive value of corn hybrids for silage. *Nutrition Re. Int.* 32(4):953-8. 1985.
- LOMAN FILHO, E.J.; PAULETTI, V.; TESSARO, L.C.; COSTA, L.C. Resposta do milho (*Zea mays* L.) a adubação foliar com cobre em área de várzea nos campos gerais –PR. XXVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 2001.
- MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação do milho e do sorgo. *Disciplina de Nutrição e Adubação de Plantas Cultivadas. Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal – FCAV/UNESP. Jaboticabal.* 1977. 4p. (mimiografado).
- MALAVOLTA, E. & DANTAS, J.P. Nutrição e adubação do milho. In: *Melhoramento e produção do milho. Fundação Cargil.* 2:539-93. 1987.
- MASCAGNI, J.R. & COX, F.R. Diagnosis and correction of manganese deficiency in corn. *Communications in Science Plant Analysis.* New York. 15(11):1323-33. 1984.
- MILHO. Projeto de produtividade agrícola Petrofértil Fertilizantes (2). 1998.
- NUMMER FILHO, I. & HENTSCHE, C. Adubar para crescer. In : *Revista Cultivar – Especial, Setembro de 2002*
- RAIJ, B van & CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagens. In: *Boletim Técnico.* 100. RAIJ, B.van. CANTARELLA, H.; QUAGGIO J.A. & FURLANI A.M.C. (Ed.). Instituto Agrônômico. Campinas. 1996. P.56-59.
- NOVAES, R.F. de; Fósforo em solo e planta em condições tropicais / Roberto Ferreira de Novais, T. Jot Smyth. —Viçosa, MG : UFV, DPS, 1999. 399p.
- RHOADES, F.M. & STANLEY Jr., R.L. Yield and nutrient utilization efficiency of irrigated corn. *Agronomy J.* 76:219-23. 1984.
- SÁ, J.C. de M; Manejo de Nitrogênio na cultura do milho no sistema de Plantio Direto. *Passo Fundo – Aldeia Norte Editora.* 24p. 1996.
- SILVA, E.J. da; Avaliação da distribuição e disponibilidade de zinco para três cultivares de milho. *Tese Doutorado. UNESP/Jaboticabal.* 74p.2000.

- SOUZA, L.O.V. de. Sistemas de cultivo, épocas de semeadura e doses de nitrogênio na produção de grãos de milho / Luiz Otávio Viana de Souza. – Lavras : UFLA, 2002. 44p.
- SPENCER, K. Growth and chemical composition of white clover as affected by sulphur supply. Australian J. of Agric.. Res. Melbourne. 10:500-9. 1959.
- TAMAS, L. Effect of climatic and agronomic factors on the dry matter and crudeprotein yields na annual fodder crops. Analele Institutului de Cercetari pentru cereali si plante thnice (Romênia). 41:325-31. 1976.
- TEIXEIRA, L.H.B.; MARQUEZ Jr.; BARROS Jr.,M.C.; VITTI,G.C.; LUZ, P.H. de C. Estudo de épocas de aplicação foliar conjunta de micronutrientes quelatizados em relação à aplicação isolada de manganês e zinco. In Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2002.
- VITTI, G.C. & NUSSIO, L.G. Correção do solo e adubação da cultura do milho e sorgo de alta produtividade para ensilagem. In: Anais do 4º Simpósio sobre Nutrição de Bovinos. Piracicaba. FEALQ. 1991. P.1-58.
- WALLACE, A. Evaluation of interaction in a factorial greenhouse experiement with corn grown with combinations of N, P, K e S fertilizers. J. of Plant Nutrition . 13(3):399-409. 1980.
- YAMADA, T. & ABDALLA, S.R.S. Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho. POTAFOS – Informações Agrônômicas. Setembro. 2000.

MILHO: AMBIENTE E PRODUTIVIDADE

Antonio Luiz Fancelli

Engenheiro Agrônomo. MSc, Dr. e Docente do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. Caixa Postal: 09 – Piracicaba/SP – 13418-900 – fone: (19) 3429-4115 –ramal:25 - fancelli@esalq.usp.br

Introdução

A planta de milho é considerada como sendo uma das mais eficientes na conversão de energia radiante e, conseqüentemente, na produção de biomassa, visto que uma semente que pesa, em média, 260mg, resulta, em um período de tempo próximo a 135 dias, cerca de 0,8 a 1,25 kg de biomassa por planta e 180 a 250 g de grãos por planta, multiplicando, aproximadamente, 1000 vezes o peso da semente que a originou.

Ainda, apesar do elevado potencial produtivo, o milho apresenta acentuada sensibilidade a estresse de natureza biótica e abiótica, que aliada a sua baixa plasticidade foliar, acentuada interação ambiental, reduzida prolificidade e baixa capacidade de compensação efetiva, seu cultivo necessita ser rigorosamente planejado e criteriosamente manejado, objetivando a manifestação de sua capacidade produtiva.

Influência dos principais elementos de ambiente

Independentemente da tecnologia empregada na cultura de milho, o ambiente de produção a que planta é submetida constitui em preponderante condicionador de desempenho e produtividade. Dentre os elementos de ambiente, a atmosfera e o solo são os mais utilizados para a avaliação da viabilidade técnica e econômica concernente às mais diversas atividades agrícolas.

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 translocação de fotoassimilados dependem decisivamente da disponibilidade de água e nutrientes do solo, sendo seus efeitos mais pronunciados em condições de temperaturas ótimas e ausência de restrição luminosa.

Atmosfera

A camada ou o manto de ar que envolve o planeta Terra, denominada de Atmosfera, fornece o gás carbônico para as plantas

e o oxigênio para todos os seres vivos. Atualmente, o ar da troposfera contém, aproximadamente, em volume, 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio, 0,95% de gases nobres e 0,035% de dióxido de carbono. A esses gases somam-se o vapor d'água, pequenas quantidades de metano, dióxido de enxofre, gases halógenos, ozônio de origem terrestre, aerossóis, cinza, poeira e fuligem (Larcher, 2000).

O oxigênio consumido pelas diferentes formas de vida é continuamente repostado pela fotossíntese realizada pelas plantas e, sobretudo pelo fitoplâncton dos mares. Todavia, o oxigênio gerado pela vegetação terrestre não constitui, a longo prazo, um ganho líquido no balanço global de oxigênio na atmosfera; pois o oxigênio liberado é respirado, aproximadamente, em igual quantidade pelos microrganismos detritívoros durante a oxidação de substâncias orgânicas. Nos ambientes aquáticos, os restos orgânicos descem ao fundo, onde predomina a decomposição anaeróbica da matéria orgânica e, portanto, sem consumo de oxigênio.

A concentração de dióxido de carbono (CO_2) na baixa atmosfera corresponde, atualmente, a um valor médio de $350 \mu\text{l}^{-1}$ (correspondente a 35 Pa de pressão parcial); porém, em função da crescente atividade humana, sua concentração vem aumentando continuamente, favorecendo a configuração do efeito "estufa". Neste contexto, a agricultura e, principalmente sistemas de produção fundamentado no plantio direto, pode contribuir significativamente para a minimização desse problema, mediante o processo conhecido como seqüestro de carbono.

Toda a vida na Terra é mantida por um fluxo de energia proveniente do sol e que passa pela biosfera, assegurando o funcionamento efetivo dos ecossistemas. Assim, por meio da fotossíntese, a energia radiante é transformada em energia química ou metabólica e utilizada por todos os componentes da cadeia alimentar objetivando a concretização de seus processos vitais. A radiação também se constitui na fonte primária de energia para a reposição da matéria orgânica consumida, bem como regula o balanço hídrico e de energia do planeta.

A energia radiante, em um determinado local na superfície terrestre, é função da posição do sol (declinação solar) e da época do ano. A radiação que banha uma região é, portanto, muito dependente dos movimentos de rotação e translação da Terra, os quais impõem mudanças periódicas entre o dia e a noite, resultando em ritmos diários e anuais que exercem significativa influência na vida dos diferentes organismos.

Temperatura

Inúmeras evidências experimentais apontam que a temperatura constitui-se em um dos fatores de produção mais importante e decisivo para o desenvolvimento do milho, embora a água e demais componentes climáticos exerçam diretamente sua influência no processo (Tollenaar et al., 1979 e Andrade, 1992).

Regiões cujo verão apresenta temperatura média diária inferior a 19°C e noites com temperaturas médias abaixo de 12,8°C, não são recomendadas para a referida cultura.

Temperaturas do solo inferiores 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 desencadeamento dos processos de germinação das sementes e emergência das plântulas.

Ainda, a semeadura do referido cereal não é recomendada quando o solo estiver úmido (capacidade de campo) e sua temperatura for inferior a 15°C, pois essa combinação implicará no aumento da taxa de plântulas anormais e redução de estande, sobretudo se essa condição coincidir com a fase de embebição das sementes.

Contudo, em épocas frias (regiões com latitude e/ou altitude elevadas), se houver necessidade da semeadura de milho, com solo apresentando temperatura inferior a 18°C, Fancelli (2000) sugere a implementação das seguintes medidas: (i) Reforçar o tratamento de sementes, valendo-se de fungicidas específicos; (ii) Não efetuar a semeadura profunda (profundidade máxima de semeadura = 3 cm); (iii) Utilizar sementes íntegras (sem fissuras ou danificações) e vigorosas (obtenção de valor satisfatório no teste de frio) e (iv) em sistemas de plantio direto, utilizar qualquer tipo de estrutura ativa ou passiva acoplada à semeadora, de forma a permitir a retirada da palha de cima do sulco de semeadura (faixa de 2 a 4 cm de largura), objetivando o rápido aquecimento do solo.

Temperaturas superiores a 30-34°C, resultam na maior dificuldade de desenvolvimento de plantas de milho bem como na anulação da relação linear existente entre taxa de desenvolvimento e temperatura. Outras evidências experimentais demonstram que a cada grau de temperatura média diária superior a 21°C, nos primeiros 60 dias após a semeadura, pode acelerar a etapa de florescimento em dois a três dias. Por outro lado, temperaturas correspondentes a 40-44 °C provocam a paralisação do desenvolvimento da planta, conforme determinado por Kiniry & Bonhomme (1991).

A temperatura também regula a emissão das folhas de milho, durante todo o seu ciclo vital. Assim, segundo Jones et al., (1985), as duas primeiras folhas demandam, aproximadamente, 20-30 graus-dia para o seu desdobramento, a partir do aparecimento do coleóptilo na superfície do solo.

Trabalho similar realizado nas condições de Balcarce (Argentina), Cirillo (1994) determinou que o requerimento térmico médio estimado por folha (a partir da 3ª/4ª) correspondeu a 51,2 graus-dia.

Híbridos de regiões mais quentes necessitam apresentar maior número de folhas.

Em regiões produtoras de milho correspondentes a latitudes mais elevadas, o atraso da época de semeadura expõe a planta a temperaturas mais altas e fotoperíodo mais longos durante o período de sensibilidade. Essas condições podem estar associadas com uma iniciação antecipada dos primórdios reprodutivos, devido ao efeito predominante da temperatura sobre a velocidade de desenvolvimento (Cirillo, 1994).

Por ocasião do período de florescimento e maturação, temperaturas médias diárias superiores a 26°C podem promover a aceleração dessas fases, da mesma forma que temperaturas inferiores a 15,5°C podem retardá-las, significativamente (Berger, 1962). Ainda, o rendimento do milho pode ser reduzido, bem como ser alterada a composição protéica dos grãos, quando da ocorrência de temperaturas acima de 35°C.. Tal efeito está relacionado à diminuição da atividade da reductase do nitrato e da taxa fotossintética, dificuldade de remobilização de nutrientes e carboidratos, bem como ao processo de assimilação do nitrogênio por parte da planta.

Assim, temperaturas elevadas, superiores a 24°C, prevalentes no período noturno, promovem um consumo energético elevado, em função do incremento da respiração celular, ocasionando menor saldo de fotoassimilados, amplificação da soma térmica e redução da área foliar, com conseqüente queda no rendimento da cultura. Da mesma maneira, temperaturas acima de 32°C reduzem, sensivelmente, a germinação e a sobrevivência do grão de pólen, por ocasião de sua emissão.

Na primeira semana após a fecundação, os grãos fecundados acumulam pouco peso (densidade), pois se encontram na fase de acentuada atividade mitótica, na qual se determina o número de células endospermáticas. A taxa de crescimento do grão é função direta da temperatura, com um aumento de 0,3 mg.dia⁻¹,

para cada grau de incremento de temperatura dentro da amplitude térmica correspondente a 15 e 26°C (Cirillo & Andrade, 1996).

A maioria dos genótipos atuais não se desenvolve em temperaturas inferiores a 10°C, que pode ser considerada a temperatura basal para a espécie. Outros autores, citados por Andrade et al. (1996), relatam que a temperatura basal pode variar entre 6 e 10°C, bem como ser específica para os diferentes estádios fenológicos. Ainda, outros trabalhos de pesquisa, apontam que a temperatura basal para genótipos de ciclo tardio é maior do que aqueles correspondentes aos de ciclo precoce (Berlato & Sutili, 1976).

O milho, em função de suas etapas de desenvolvimento, necessita acumular quantidades distintas de energia térmica ou calor, que são designadas como unidades calóricas (U.C.), unidades térmicas de desenvolvimento (U.T.D) ou graus-dia (GD).

Graus-dia, segundo Villa Nova et al. (1972), é definido como sendo a diferença entre a temperatura média diária e a temperatura mínima ou temperatura base exigida por uma espécie, cuja expressão matemática básica empregada para o seu cálculo é:

$$G.D. = [T^{\circ}C \text{ máxima } (< 35^{\circ}C) + T^{\circ}C \text{ mínima } (> 10^{\circ}C)]/2 - T^{\circ}C \text{ basal } (8 \text{ a } 10^{\circ}C)$$

Radiação Solar

A energia solar que atinge a Terra é constituída por um conjunto de radiações cujos comprimentos de ondas variam de forma, aproximadamente, contínua desde 0,2 a 4 *micra*. O referido conjunto de radiações é denominado de espectro solar. A radiação fotossinteticamente ativa é aquela que induz resposta ao processo fotossintético, sendo geralmente relacionada aos limites de 0,4 a 0,7 *micron*.

As radiações que possuem valor fisiológico presentes no espectro usado na fotossíntese, são absorvidas, primariamente, pela clorofila (A e B) e, em seguida, utilizada na transformação de CO₂ em carboidratos.

O pigmento primário, a clorofila A, é um composto de cadeia tetra-pirrólica unida ao íon magnésio, a qual encontra-se concentrada nos grana dos cloroplastos. A clorofila B (pigmento acessório) possui estrutura semelhante, porém seu teor de clorofila A corresponde a 1/3, na maioria dos vegetais.

Com relação à luz, a cultura do milho responde com altos rendimentos a crescentes intensidades luminosas, em virtude de pertencer ao grupo de plantas "C₄", o que lhe confere alta produtividade biológica.

Ainda, o mencionado cereal é, originalmente, uma planta de dias curtos, embora os limites dessas horas de luz não sejam idênticos e nem bem definidos para os diferentes tipos de genótipos. A ocorrência de dias longos pode promover o aumento de sua fase vegetativa e do número de folhas, ocasionando o atraso no florescimento (Ferraz, 1966).

Segundo alguns autores, o milho apresenta resposta ao fotoperíodo quando cultivado em latitudes superiores a 33°. No Brasil, por essa razão, a referida espécie apresenta comportamento fotoneutro, visto que o alongamento ou o encurtamento da fase vegetativa é resultante da disponibilidade de calor (soma térmica) e não do número de horas de luz (ou de escuro) a que a planta estiver submetida.

Todavia, de acordo com a redução de 30 a 40% da intensidade luminosa, na cultura do milho ocasiona um atraso na maturação dos grãos, principalmente em materiais genéticos de ciclo tardio, que se mostram mais sensíveis à carência de luz. A maior sensibilidade à variação de luminosidade é verificada no início da fase reprodutiva, ou seja, no período correspondente aos primeiros 10-15 dias após o florescimento. Nessa fase, a redução da disponibilidade de radiação luminosa ocasiona a redução drástica da densidade dos grãos (massa específica).

Resultados obtidos por Cirillo & Andrade (1996) com sombreamento artificial, simulando tempo nublado, durante o período de enchimento de grãos, mostraram menor duração do período efetivo de enchimento e menor densidade de grãos, sem nenhuma influência na taxa de crescimento de grãos. Essa constatação confirma a possibilidade da participação real do colmo no enchimento de grãos mediante a remobilização de suas reservas. (Fancelli, 2000).

A disponibilidade de luz para a cultura pode também ser reduzida pela presença de estruturas não fotossintetizadoras, como as panículas do milho que, segundo Duncan et al. (1967), podem interceptar até 9% da radiação luminosa em lavouras apresentando 50.000 plantas.ha⁻¹.

Assim, o aproveitamento efetivo da luz por parte do milho é decisivamente influenciado pela distribuição espacial das plantas na área, pelo arranjo das folhas na planta e pela extensão (duração) da área foliar presente. Evidências experimentais têm demonstrado que, quando o Índice de Área Foliar (IAF) é baixo, plantas com arquitetura foliar horizontal são mais eficientes no acúmulo de matéria seca. Em contrapartida, plantas com folhas mais eretas podem contribuir significativamente para o incremento da

produtividade biológica, em função do aumento da área foliar por unidade de terreno, desde que a população empregada seja elevada (Magalhães & Silva, 1978). Ainda, o aproveitamento efetivo do espectro solar pode ser incrementado pela melhor distribuição espacial de plantas na área, mediante combinações adequadas entre o espaçamento entre linhas e o número de plantas na linha (Fancelli, 1994).

Em regiões com possibilidade de se configurar problemas de fonte (redução significativa da taxa fotossintética), deve-se maximizar, mediante estratégias de manejo, o índice de área foliar, a eficiência de conversão de radiação solar em biomassa e a capacidade de remobilização de reservas do colmo no enchimento de grãos.

Quanto maior for a limitação por fonte, maior será o efeito de desfolhação provocado por granizos, geada, pragas ou doenças, durante o período de enchimento de grãos.

Com relações fonte-dreno satisfatórias se produz grãos mais graúdos e o milho atinge a maturidade fisiológica com maior concentração de açúcares no colmo e, conseqüentemente, apresenta menor probabilidade de tombamento e quebramentos. Por outro lado, relações fonte-dreno desfavoráveis, além da redução da produtividade, pode-se constatar o aumento da probabilidade de ocorrência de grãos ardidos e de micotoxinas, bem como poderá exigir colheitas antecipadas.

Água

A água constitui-se num dos mais importantes elementos de seleção do tipo de vegetação que se desenvolve numa região. Desta forma, a necessidade de adequado suprimento hídrico para o pleno desenvolvimento dos vegetais, decorre das múltiplas funções que ela desempenha na fisiologia das plantas, pois, praticamente todos os processos metabólicos são influenciados pela sua presença. Assim, se deficiências hídricas iniciais podem afetar sensivelmente o processo germinativo comprometendo o estabelecimento da cultura, deficiências posteriores poderão paralisar o crescimento, bem como retardar o desenvolvimento reprodutivo das plantas.

Para o milho, as maiores exigências em água se concentram na fase de emergência, florescimento e formação do grão. Todavia, no período compreendido entre 15 dias antes e 15 dias após o aparecimento da inflorescência masculina, o requerimento de um suprimento hídrico satisfatório aliado a temperaturas adequadas tornam tal período extremamente crítico. Daí, a razão pela qual a mencionada fase deve ser criteriosamente planejada, com o intuito

de assegurar sua coincidência com o período estacional que apresente temperaturas favoráveis (25 a 30°C) e chuvas frequentes (Frattini, 1975).

A cultura do milho exige um mínimo de 350-500mm de precipitação para a manifestação de seu potencial produtivo, sem a necessidade da utilização da prática de irrigação. A falta de água está associada à interferência nos processos de síntese de proteína e RNA, resultando no aumento da quantidade de aminoácidos livres, além da redução da síntese de fitoalexinas, resultando na maior suscetibilidade a insetos-praga e patógenos. Da mesma forma, estresses hídricos podem ocasionar a redução no vigor vegetativo, no índice de área foliar e na altura da planta, bem como na produção e fertilidade do pólen, além de alterar sobremaneira o sincronismo de florescimento das inflorescências masculinas e femininas.

Para alguns autores, a ocorrência de estresses hídricos pouco intensos, no início do desenvolvimento da cultura, pode concorrer para o estímulo de maior desenvolvimento radicular das plantas, desde que o solo abaixo de 15-20cm da superfície apresente-se abastecido com água disponível.

Condições de estresse representadas pela ocorrência de déficit hídrico, além de nebulosidade prolongada, deficiências nutricionais e elevada população de plantas, afetam o sincronismo pendão-espiga, com conseqüente redução do número final de grãos por espiga, principalmente pelo retardamento da emissão dos estilos-estigma (Tollenaar, 1977). Assim, pode-se inferir que, para regiões de comportamento climático muito variável, o emprego de genótipos protoginicos, poderá contribuir para a melhoria do desempenho produtivo de plantas de milho.

Períodos de deficiência hídrica de uma semana por ocasião do início do florescimento podem promover, queda de produção ao redor de 40-50%, ao passo que sob as mesmas condições, deficiência hídrica posterior à plena fecundação acarretará danos da ordem de 25 a 32%.

O consumo de água por parte do milho, num clima quente e seco, raramente excede $4,0\text{mm.dia}^{-1}$, enquanto a planta estiver com menos de 7-8 folhas. Todavia, durante o período compreendido entre o emborrachamento e grãos leitosos (incluindo o florescimento), o consumo pode se elevar para 5,5 a 7,5 mm diários. Outras observações experimentais referentes a essa cultura, evidenciam índices diários de consumo de água próximos a 10 mm, quando as plantas forem submetidas a condições de intenso calor e baixa umidade relativa do ar (Daker, 1970). Para fins de planejamento e manejo, recomenda-se considerar 4 mm.dia^{-1} , como

sendo o consumo médio diário de água por parte do milho, independentemente do estágio fenológico considerado.

Cumpra também ressaltar, que a quantidade de água disponível para a cultura, encontra-se na dependência da profundidade explorada pelas raízes, da capacidade de armazenamento de água do solo e da arquitetura radicular da planta. Assim, o manejo racional do solo e da cultura, reveste-se de suma importância para o crescimento e distribuição do sistema radicular, favorecendo o aproveitamento eficiente da água no processo produtivo.

Entretanto, para estimar a disponibilidade de água de uma região, não bastam as informações de precipitação pluvial, é indispensável considerar as perdas hídricas através da evapotranspiração.

A evapotranspiração pode ser considerada como potencial e real. A primeira implica na perda natural da água para a atmosfera, de um solo inteiramente vegetado, sem restrições de umidade; ao passo que a segunda diz respeito à quantidade real de água que retorna à atmosfera, conforme o estado de umidade do solo.

O cálculo da evapotranspiração potencial pelo método de Thornthwaite (1948) é baseado em dados de temperatura média e da latitude do lugar, valendo-se para tanto de monogramas e tabelas apropriadas.

Assim, um balanço entre esses processos meteorológicos opostos - a precipitação e a evapotranspiração - denominado Balanço Hídrico, pode indicar de forma mais consistente a disponibilidade hídrica de uma região, no decorrer do ano. Sua implementação contribuirá, efetivamente, no planejamento da cultura, além de propiciar o fornecimento de valiosas informações concernentes à prática da irrigação.

Solo

O solo, sob o ponto de vista agrônomo, é o substrato natural de plantas ou o produto da natureza resultante do intemperismo de rochas e da decomposição de resíduos orgânicos, aliado à ação de síntese e reorganização de partículas de natureza diversa. Ainda, para Buckman & Brady (1974), o solo pode ser definido como sendo um corpo natural, sintetizado em forma de perfil, composto de uma mistura variável de minerais, divididos em partículas, e de matéria orgânica em decomposição, que cobre a terra com uma camada delgada e que fornece, quando portadores de quantidades necessárias de ar e de água, amparo mecânico e nutricional para os vegetais.

Assim, os solos minerais são constituídos de quatro componentes principais como: minerais, matéria orgânica, ar e água; os quais, encontram-se tão intimamente interligados que torna extremamente difícil a sua plena separação. Esse fato favorece tanto as reações simples quanto as mais complexas, quer dentro dos grupos, quer entre si, possibilitando a criação de um ambiente ideal para o crescimento vegetal.

Todavia, muitos autores apresentam a sua composição volumétrica aproximada, baseando-se num solo de barro siltico, de superfície, com condições adequadas para o crescimento vegetal. Nesse tipo de solo, os minerais representam 45% de sua composição, enquanto que a matéria orgânica, ar e água, representam, respectivamente, cerca de 5%, 25% e 25% (Buckman & Brady, 1974).

Ainda, cumpre ressaltar que a composição volumétrica dos subsolos é, de certo modo, diferente das camadas superficiais (camada arável), pois apresentam teor mais reduzido de matéria orgânica e de cálcio, bem como quantidade reduzida de macroporos, resultando no maior adensamento e menor disponibilidade de ar. Por essa razão, o desempenho satisfatório das plantas cultivadas implica na construção de fertilidade em subsuperfície, bem como na facilitação do crescimento radicular em profundidade.

Neste contexto, Fancelli (2000) relata que o desenvolvimento, crescimento, arquitetura (*distribuição de raízes individuais no espaço tridimensional*) e funcionamento do sistema radicular poderão ser significativamente favorecidos por:

a) concentração de nutrientes (V%) nas camadas superficiais do solo não superiores a 65%, sobretudo se estiverem acompanhadas de baixa concentração de nutrientes em camadas mais profundas;

b) minimização do revolvimento excessivo do solo (*desestruturação do solo*);

c) aeração satisfatória (*ou ausência de encrostamento e/ou compactação e/ou encharcamento do solo, resultando na baixa disponibilidade de oxigênio para as raízes*);

d) baixa concentração de alumínio tóxico (*impedimento químico*);

e) temperaturas no ambiente radicular inferior a 39°C, aliadas a amplitudes térmicas não muito acentuadas;

f) disponibilidade satisfatória de fósforo ao longo do ciclo (*ênfase ao uso de fontes de fósforo com solubilidade gradual*);

g) disponibilidade adequada de nitrogênio nos estádios iniciais de desenvolvimento das plantas (*principalmente na forma amoniacal*);

h) teores adequados de boro (*via solo*);

i) disponibilidade efetiva de cálcio ao longo do perfil do solo (*sobretudo na forma de sulfato de cálcio*) e

j) baixos índices de salinidade de sulco (*proporcionado pelo uso de baixas quantidades de cloreto de potássio na semeadura, aliado ao seu correto posicionamento em relação às sementes*).

Ainda, o desenvolvimento e o crescimento vegetal exigem a disponibilidade satisfatória de todos os nutrientes, não apenas em quantidade, porém em relações específicas de equilíbrio, de forma a favorecer o seu pleno aproveitamento.

Quando os requerimentos nutricionais de natureza quantitativa e qualitativa não são atendidos, verifica-se nítida redução da área foliar e da eficiência de conversão da radiação interceptada, além de outros distúrbios, com conseqüente redução do potencial produtivo da cultura.

Dentre os nutrientes exigidos pelo milho, o nitrogênio merece especial destaque, em função de sua influência positiva ou negativa no metabolismo e performance da planta.

Deficiências de nitrogênio reduzem a densidade de grãos entre 9 e 25%, e o rendimento em grãos entre 14 e 80%, pois o referido elemento, além de afetar a determinação do número de células endospermáticas e de grânulos de amido, pode reduzir a fonte de fotoassimilados, devido à redução do índice e duração de área foliar.

Assim, trabalhos recentes determinaram que o emprego de 25 a 45 kg/ha de nitrogênio na semeadura, acompanhado da aplicação desse elemento em pré-plantio e/ou em cobertura, próxima ao momento de semeadura, tem proporcionado produtividades compensadoras.

Por outro lado, o fornecimento tardio desse elemento, pode acarretar maior incidência de doenças e pragas, sobretudo pinta branca, cercosporiose, tripes e ácaros. Ainda, salienta-se que o fornecimento do nitrogênio em estádios avançados não se faz necessário, pois o milho possui acentuada capacidade de remobilização de nitrogênio até 15 dias após o florescimento (grãos leitosos).

Em trabalho desenvolvido por Uhart & Andrade (1995a) foi determinado que o milho remobilizou entre 28 e 100 kg/ha de nitrogênio, representando 18 a 42 % do nitrogênio presente na biomassa (planta), 15 dias após a floração. Do total remobilizado,

cerca de 46-50% foi proveniente das folhas e 54-55% proveniente do colmo.

Rizosfera

No solo, uma camada exígua de acentuada interação com as raízes das plantas, denominada de rizosfera, pode ser considerada o palco de inúmeros processos bioquímicos, representados pela absorção e imobilização de nutrientes, síntese e decomposição de produtos orgânicos, bem como pela troca ativa de materiais de natureza diversa entre os microrganismos e as raízes de plantas vasculares.

Em ecossistemas intactos, a mineralização e a decomposição da matéria orgânica encontram-se em equilíbrio dinâmico; ou seja, os minerais liberados são prontamente utilizados na construção de nova vida. Porém, a interferência indiscriminada no solo poderá afetar significativamente o funcionamento da rizosfera.

A taxa de mineralização da matéria orgânica pode variar mesmo em locais muito próximos, em função da composição da microflora, aeração, umidade e *pH* do solo, bem como da quantidade e do tipo de resíduo (relação C/N) presente no sistema.

A taxa de mineralização é mais elevada em solos úmidos, próximos à neutralidade (ou levemente básicos) e com adequado nível de material decomponível, aliado a épocas quentes. Ainda, a ausência de rotação de culturas também poderá contribuir significativamente para o incremento da taxa de decomposição, pois favorece a seleção de microrganismos específicos para o resíduo predominante.

Solos tropicais, permanentemente aquecidos, podem apresentar baixa disponibilidade de oxigênio, devido à intensa atividade microbiana. Esse fato poderá ser minimizado pela presença de cobertura morta recobrando toda a superfície do solo. Por outro lado, a concentração de CO₂ da fase gasosa do solo, pode se apresentar muitas vezes superior em relação à atmosfera, sendo dependente da atividade biológica e de sua difusividade.

Assim, o balanço entre a disponibilidade de oxigênio e dióxido de carbono determina o ritmo de vida dos organismos presentes no solo, bem como afeta consideravelmente as reações e trocas entre o solo e as raízes.

As raízes mais finas absorvem água e nutrientes e, concomitantemente, cedem compostos orgânicos (produtos de excreção /secreção ou células mortas da rizoderme) ao solo, ao passo que as raízes mais grossas (1ª e 2ª ordem) apresentam a função rastreadora (bombeamento de água) e de sustentação.

Na rizosfera encontra-se uma comunidade ativa de microrganismos, principalmente representada por bactérias e actinomicetos. Esta comunidade constitui o rizoplane, que atua intensivamente na atividade de raízes, a qual é favorecida pela presença de carboidratos solúveis, oligossacarídeos, ácidos orgânicos, enzimas, vitaminas, bioestimulantes e hormônios. Ainda, o muco que envolve a coifa das raízes, contém substância coloidal (muscigel), resultante da mistura de sua secreção com a massa de microrganismos mortos, que pode servir de substrato para a proliferação da microflora próxima às raízes, bem como para o aumento da estabilidade de agregados do solo.

O rizoplane é favorecido pela disponibilidade de oxigênio, água e pH ($CaCl_2$) em torno de 4,8 a 5,4; bem como pela ausência significativa de alternância de condições físico-químicas relacionadas à utilização indiscriminada de corretivos, fertilizantes e insumos, além de equívocos de manejo.

As plantas são favorecidas por meio de troca recíproca com o rizoplane de material nutritivo (nutrientes, fontes de energia e bioestimulantes) e de secreções de antibióticos (substâncias de defesa) oriundos da atividade microbiana.

Ainda, as plantas vascularizadas podem estabelecer uma relação associativa com fungos micorrízicos, ampliando significativamente a sua superfície de absorção em centenas a milhares de vezes. As *micorizas* são capazes de complexar metais pesados, ligando-os as suas paredes celulares e mitigando o efeito desses elementos danosos na planta. O tipo mais importante de associação planta-fungos micorrízicos é representada pela micorriza vesicular-arbuscular (VA), produzidas por zigomicetos.

A *micorriza* é influenciada pelas condições de solo e de rizosfera, sendo significativamente reduzida pela presença de elevada concentração de fósforo solúvel (Cardoso, 1996) e por excesso de nitrogênio mineral (Larcher, 2000).

Outros organismos residentes na rizosfera mostram-se importantes para o desempenho das plantas cultivadas, principalmente de gramíneas (poáceas). Dentre esses organismos, merecem especial destaque aqueles pertencentes ao gênero *Azospirillum* e *Pseudomonas*. Os *Azospirillum* são microrganismos que apresentam a capacidade de fixação de nitrogênio, de forma livre, ao passo que as *Pseudomonas* são excelentes promotoras de crescimento de raízes. A sobrevivência e atividade desses microrganismos, na rizosfera, dependem do tipo de manejo imposto ao sistema de produção.

Fisiologia da produção *versus* manejo

O milho (*Zea mays* L.) possui elevado potencial e acentuada habilidade fisiológica na conversão de carbono em compostos orgânicos, os quais são translocados das folhas e de outros tecidos fotossinteticamente ativos (**fonte**) para locais onde serão estocados ou metabolizados (**dreno**).

As relações fonte-dreno podem ser alteradas sobremaneira pelas condições de solo, clima, estágio fisiológico e nível de estresse da planta. (Tollenaar & Daynard, 1977).

O rendimento dos grãos de uma cultura de milho, segundo Andrade (19991), citado por Fancelli & Dourado-Neto (2000) pode ser expresso pela seguinte expressão:

$$y = R_i.E_i.E_c.p$$

em que **R_i** refere-se à Radiação incidente,

E_i à Eficiência de interceptação da radiação incidente,

E_c à Eficiência de conversão da radiação interceptada pela biomassa vegetal e

p à Partição de fotoassimilados.

Assim a radiação incidente é função da localização geográfica da área de produção (latitude, longitude e altitude), bem como da época de semeadura ao longo do ano. Esse fato é evidenciado por Alfonsi (1991), através da Tabela 1, na qual observa-se a quantidade diferencial de radiação solar que atinge a Terra, em função da inclinação do eixo terrestre.

Tabela 1. Valores médios de energia incidente ($\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), em área plana, no hemisfério sul, em função da época do ano.

latitude	solstício de verão (dezembro)	equinócio (setembro/outubro)	solstício de inverno (junho)
0°	840	880	790
20° S	1000	820	570
40° S	1050	620	300
60° S	1030	400	50

A eficiência de interceptação depende da idade da planta, da arquitetura foliar, do arranjo espacial de plantas e da população empregada, ao passo que a eficiência de conversão, dentre outros fatores, depende, principalmente, da temperatura, do estado nutricional e do equilíbrio hídrico das plantas. A partição dos fotoassimilados, sobretudo, é função do genótipo e das relações de fonte-dreno prevaletentes.

Assim, em decorrência da temperatura afetar a eficiência de conversão, é preferível utilizar a taxa de crescimento por unidade de tempo térmico como medida de desempenho de genótipos de milho, conforme observado na Tabela 2. Da mesma forma, Hawkins & Cooper (1981) relatam a existência de estreita correlação positiva entre o parâmetro anteriormente mencionado e a produção de grãos/m².

Tabela 2. Radiação total incidente diária, soma térmica, radiação total incidente por unidade de tempo térmico para a floração e o rendimento do milho em zonas distintas. (Andrade et al., 1991; Andrade, 1995).

Local	Radiação total (cal.cm ² .dia ⁻¹)	Soma térmica ¹ (°C.dia ⁻¹)	Radiação total por unidade de tempo térmico (cal.cm ⁻² .°C ⁻¹)	Rendimento (kg.ha ⁻¹)
Terras Baixas México	440	15,0	29,3	5.500
Terras Altas México	550	11,5	47,8	9.000
Greenfield Califórnia/US A	542	9,6	56,5	10.600
Davis Califórnia/US A	729	11,2	65,1	13.450
Pergamino Argentina	650	11,3	57,5	11500
Balcarce Argentina	600	9,0	66,7	13.800

¹ Soma térmica de um dia: [(Temperatura Máxima + Temperatura Mínima) / 2 - 10° C].1 dia

Pela avaliação dos resultados presentes na tabela 2 verifica-se que a vantagem relativa à maior incidência de radiação solar em Davis (Califórnia/EUA), foi em parte anulada pela elevada soma térmica característica da referida região, culminando na redução do potencial produtivo do milho, quando comparado com aquele relacionado à Balcarce (Argentina). Nessa última região mencionada, a menor intensidade de radiação foi compensada (ou melhor aproveitada) pela menor soma térmica inerente ao local considerado, resultando em unidade de tempo térmico maior (66,7 cal.cm⁻².°C⁻¹).

Trabalho similar foi desenvolvido por Sangoi et al (2001), na região Sul do Brasil, no qual foi comparado o potencial produtivo de Eldorado do Sul/RS (30°05'52"LS e 46 m de altitude) e Lajes/SC (27°52'30"LS e 930 m de altitude). Concluíram os autores que o maior potencial de produção da cultura do milho esteve relacionado à Lajes/SC e o incremento de produção se deveu aos menores valores de temperatura atmosférica registrados no Planalto Catarinense, em comparação com a depressão Central do Rio Grande do Sul.

O aumento da temperatura, principalmente noturna, além de incrementar o processo respiratório, contribui para a aceleração da acumulação de graus-dia, favorecendo o encurtamento do ciclo da cultura, reduzindo o aparato fotossintético e, conseqüentemente, a quantidade de radiação interceptada, bem como o efetivo potencial de produção.

O rendimento de grãos de uma cultura pode ser definido como sendo o produto do rendimento biológico e índice de colheita (IC). O rendimento biológico é comumente determinado pelo peso total da matéria seca da planta, perfazendo medida integrada dos efeitos combinados da fotossíntese e respiração, durante a fase de crescimento. A fotossíntese, por sua vez, é dependente da extensão da área foliar e da permanência das folhas em plena atividade. O índice de colheita, que se constitui na fração dos grãos produzidos em relação à matéria seca total da planta, pode ser empregado em programas de melhoramento genético e de avaliação de desempenho de genótipos submetidos a diferentes condições climáticas (Donald & Hamblin, 1976). Ainda, o índice de colheita poderá identificar a habilidade de um genótipo em combinar elevada capacidade de produção total e de destinar a matéria seca acumulada a componentes de interesse econômico.

O IC máximo, para a cultura do milho, encontra-se próximo de 0,58 obtido em regiões de clima temperado e elevada latitude. Em contrapartida, os menores índices de colheita mencionados na literatura referem-se àqueles oriundos de alguns países da África, como o Quênia, IC = 0,10 e Gana, IC = 0,27. No Brasil, os índices de colheita, obtidos para diferentes híbridos e regiões, têm variado entre 0,42 e 0,48.

Para Durães et al. (1993) as características morfo-fisiológicas associadas ao elevado rendimento de grãos variam para diferentes tipos de genótipos; contudo, a precocidade conferiu aos materiais testados os maiores índices de partição. Porém, Fancelli (1986), ressalta que a maior habilidade de partição relacionada aos genótipos superprecoces e precoces somente poderá se manifestar,

quando forem satisfeitas as exigências climáticas e nutricionais relativas aos materiais genéticos considerados. Portanto, IC obtido em um determinado local não deverá ser extrapolado para outras regiões, pois tal parâmetro está intimamente correlacionado com a interação genótipo-ambiente.

Em ocasiões em que os indivíduos de uma comunidade se submetam a relações de competição por recursos materiais e energéticos, sobreviverão aqueles que detiverem características adaptativas superiores de natureza morfológica, fisiológica e comportamental. A capacidade de destinar, prioritariamente, recursos para a reprodução, sobrevivência, desenvolvimento, crescimento e defesa é considerada como sendo uma das características adaptativas mais importantes definidas pelo "princípio de alocação" (Cody, 1966).

Genótipos tropicais de milho, segundo Goldsworthy & Colegrove (1974) e Fisher & Palmer (1984), apresentam partição da matéria seca de forma deficiente e variável, o que pode explicar o baixo rendimento da cultura em condições tropicais, quando comparada à de clima temperado. Relata, ainda, o mesmo autor que o rendimento do milho é limitado pela amplitude do dreno. Essa limitada capacidade de dreno, característica de genótipos tropicais, é atribuída à competição entre as distintas estruturas vegetativas da planta (folhas, colmos e brácteas) e a espiga.

Para Evans (1975) o porte exuberante, excessivo número de folhas, maturação tardia, pendão avantajado, maior nível de dominância apical e baixo índice de colheita, foram importantes para a adaptação ao ambiente tropical. Plantas com essas características poderiam competir, eficientemente, com outras espécies de rápido crescimento, bem como ser submetidas à intensa desfolha ocasionada por insetos. Ainda, as reservas de açúcar no colmo podem ser, evolutivamente, resultado da resistência à seca, bem como à tolerância a podridões da haste.

Atualmente, essas características tem sido submetidas a exaustivos estudos, por parte do melhoramento genético e da fisiologia da produção, objetivando a melhoria do desempenho da planta, quanto à adaptação a diferentes regiões, ao efetivo aproveitamento de fatores de produção e à melhoria no processo de partição de fotoassimilados.

O milho difere dos demais cereais, pois sua espiga é proveniente de uma gema axilar e, por essa razão, está sujeita à ação de dominância apical. Portanto, a redução da atividade metabólica do pendão antes da antese pode contribuir para o aumento no crescimento do tamanho da espiga (Messiaen, 1963).

A redução no rendimento do milho, nas mais variadas condições está associada à duração do período de enchimentos de grãos. Em regime de elevadas temperaturas diurnas ($>35^{\circ}\text{C}$) e noturnas ($> 24^{\circ}\text{C}$) a taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos e a duração do período de enchimento de grãos são reduzidos (Frey, 1981). Tal período também poderá ser encurtado, segundo Afuakwa et al. (1984), em decorrência da redução do suprimento de sacarose das folhas, provocado pela desfolha ou pela elevação do nível de estresse imposto à planta.

Para Fancelli (1988), a retirada de folhas superiores das plantas de milho, quando a cultura apresentava 50% das panículas em fase de polinização, ocasionou queda na produção provocada pela redução do peso de espigas, redução do peso de grãos e encurtamento do período de enchimento de grãos, bem como o referido estresse afetou a qualidade fisiológica das sementes.

O incremento diário de matéria seca nos grãos pode variar, também, de acordo com o genótipo, ou seja, linhagens de grãos dentados apresentam maior taxa de acúmulo quando comparado a materiais genéticos portadores de grãos duros ou "flint" (Chengel, 1986).

Levantamento de dados realizados em Indiana, EUA, mostrou que a duração do período entre a emergência das plantas até a maturidade fisiológica, tem aumentado nos últimos 30 anos, com reflexos no alongamento do período de enchimento de grãos. Durante esse tempo, de acordo com alguns pesquisadores, o melhoramento genético de milho direcionado para a resistência a doenças e para o incremento no teor de óleo e proteína dos grãos, inconscientemente, pode ter contribuído para o prolongamento do referido período.

O número de grãos por planta e por unidade de área constitui-se num dos mais importantes componentes determinantes do rendimento da cultura, o qual é influenciado por eventos ocorridos entre a emissão da 4ª e 12ª folhas, além daqueles evidenciados no florescimento (fecundação). Em áreas tropicais este é o parâmetro que, normalmente, concorre para as maiores oscilações de rendimento da cultura. A obtenção do maior número de grãos possível é função da população, da taxa de fertilização de óvulos e do número de espigas encontradas por planta (prolifidade) e por área. Erroneamente, valoriza-se, em demasia, o tamanho da espiga, conferindo a este componente acentuado peso na definição do potencial produtivo. Ainda, reconhece-se que a planta de milho por não possuir capacidade compensatória efetiva, o tamanho da espiga muito pouco contribuirá para a definição da produção quando o

número de espigas presentes na área for pequeno. Conclui-se, portanto, que em primeira instância, o número de espigas é mais importante que o tamanho das mesmas.

O número de espigas por planta (prolificidade) é dependente do genótipo e do ambiente (temperatura, luz, água e nutrientes), sendo notadamente relevante para a sua determinação as condições prevalecentes nas duas semanas antecedentes ao florescimento (Jacobs & Pearson, 1991) ou no período compreendido entre a 12 e 16 folhas (Fancelli, 2001).

Na primeira semana após a fertilização, os grãos fecundados acumulam pouco peso (densidade), pois se encontram na fase de acentuada atividade mitótica, na qual se determina o número de células endospermáticas. A taxa de crescimento do grão é função direta da temperatura, apresentando um aumento de $0,3 \text{ mg.dia}^{-1}$, para cada grau de incremento de temperatura dentro da variação entre 15 e 28°C (Cirillo & Andrade, 1996).

Resultados obtidos por Cirillo & Andrade (1996) mediante sombreamento artificial, simulando tempo nublado, durante o período de enchimento de grãos, evidenciaram menor duração do período efetivo de enchimento e menor densidade de grãos, sem nenhuma influência na taxa de crescimento de grãos. Essa constatação confirma a possibilidade da participação real do colmo no enchimento de grãos mediante a remobilização de suas reservas, mesmo em condições desfavoráveis de fotossíntese. (Fancelli, 2000).

Em regiões com possibilidade de se configurar problemas de “fonte”, na etapa de enchimento de grãos, deve-se maximizar o índice de área foliar, a eficiência de conversão de radiação solar em biomassa e a produção de excedentes de fotoassimilados nos estádios fenológicos iniciais destinados à reserva de colmo. Ainda, quanto maior for a limitação por “fonte”, maior será o efeito de desfolhação provocado por granizos, geada, pragas ou doenças, durante o período de enchimento de grãos.

O estabelecimento de relações fonte-dreno satisfatórias resultam em grãos mais graúdos e densos, bem como permite que a planta atinja a maturidade fisiológica com maior concentração de açúcares no colmo e, conseqüentemente, apresente menor probabilidade de tombamento e quebramento. Por outro lado, relações fonte-dreno desfavoráveis, além de ocasionar a redução da produtividade, pode contribuir para o aumento da probabilidade de ocorrência de grãos leves, ardidos e com micotoxinas, bem como poderá exigir colheitas antecipadas.

O rendimento de grãos (e o número de grãos por área) aumenta, significativamente, com o incremento do índice de área foliar (IAF) variando de 4,5 a 6, segundo resultados obtidos no *Corn Belt* americano.

A maximização da produção dependerá da população empregada, que será função da capacidade suporte do meio e do sistema de produção adotado; do índice e da duração da área foliar fotossinteticamente ativa; da época de semeadura, visando satisfazer a cinética de desenvolvimento e crescimento; bem como da adequada distribuição espacial de plantas na área, em conformidade com as suas características genóticas.

No Brasil, rendimentos elevados têm sido obtidos com a utilização de 60.000 a 75.000 plantas / ha, adotando-se espaçamentos variáveis entre 50 e 80 cm, apresentando 2,5 a 4,5 plantas por metro linear, devidamente arranjadas de forma a minimizar as relações de competição por fatores de produção. Cumpre ressaltar que tais recomendações referem-se, normalmente, a sistemas de produção irrigados e mantidos sob contínua vigilância e orientação.

Considerações finais

A espécie *Zea mays* é considerada como uma das plantas mais bem dotadas fisiologicamente, bem como de elevada capacidade produtiva. Todavia, a manifestação desses atributos depende das condições presentes no ambiente de produção. Por essa razão, o conhecimento da fisiologia da planta, o respeito às exigências edafo-climáticas da espécie, a visão sistêmica da atividade, aliados ao estabelecimento de estratégias de manejo racionais e eficientes, assumem caráter imperioso, na garantia de rendimentos lucrativos e sustentáveis.

Referências bibliográficas

- AFUAKWA, J.J.; CROOKSTON, R.K.; JONES, R.J. Effect of temperature and sucrose availability on Kernel black layer development in maize. *Crop Science*. v. 24, n. 2, p.285-288, 1984.
- ALFONSI, R.R. Agrometeorologia: importância e aplicações. CPG-Fitotecnia, ESALQ/USP. Piracicaba. 23p., 1991.
- ALLISON, J.C.S.; WATSON, D.J. The production and distribution of dry matter in maize after flowering. *Annals of Botany*, v. 30, n. 119, p.366-381, 1966.
- ANDRADE, F.H.; UHART, S.; ARGUISSAIN, G. Rendimento potencial de maíz en Balcarce: analisis de los factores que lo

- determinan. Instituto Nacional de tecnologia agropecuária. Balcarce, Argentina. 11p., 1991. (Boletín Técnico, 101).
- ANDRADE, F.H. Radiación y temperatura determinan los rendimientos máximos de maíz. Instituto Nacional de tecnologia agropecuária. Balcarce, Argentina. 34p. 1992. (Boletín Técnico, 106).
- ANDRADE, F.H. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. Field Crops Research, v. 41, p.1-12, 1995.
- Andrade, F; Cirillo, A.; Uhart, S.; Oteguí, M. Ecofisiología del cultivo del maíz. Dekalb Press. Balcarce. 1996. 291p.
- ARNON, I. Mineral nutrition of maize. International Potash Institute. Bern. Switzerland, 1975. 452p.
- BERGER, J. Maize production and the manuring of maizes. Center d'Estudo de l'Azote. p.38-41. 1962.
- BERLATO, M.A.; SUTILI, V.R. Determinação das temperaturas bases dos subperíodos emergência – pendoamento e emergência – espigamento de 3 cultivares de milho. In: XXI Reunião Técnica de milho e sorgo. Resumos. Porto Alegre. p.26., 1976.
- CANTRELL, R.G.; GEALDEMANN, J.L. Contribution of truss leaves to maize grain yield. Crop Science, v. 21, n. 4, p.544-546., 1981.
- CHENGEL, G. Process of grain filling in inbred maize lines. Seed Abstracts. v. 9, n. 11, p.366, 1986.
- CIRILLO, A. G. Desarrollo, crecimiento y partición de material seca en cultivos de maíz sembrados en diferentes fechas. Tesis magíster Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidade Nacional de Mar del Plata. Balcarce. Buenos Aires. Argentina. 86p. 1994
- CIRILLO, A. G.; ANDRADE, F.H. Sowing date and maize productivity: II. Kernel number determination. Crop Science, 36: 325-331. 1996
- CODY, M.L. General theory of dutch size. Evolution. Lawrence, vol.20, p.174-184, 1966.
- DAKER, A. A água na agricultura: manual de hidráulica agrícola - Irrigação e drenagem. 3ª. ed., Editora Freitas Bastos, 453p., 1970 (Vol. 3).
- DONALD, C.M.; HAMBLIN, J. The biological yield and harvest index of cereal as agronomic and plant breeding criteria. Advances in Agronomy. Madison, v. 28, p. 361-405, 1976.
- DUNCAN, W.G.; WILLIAMS, W.R.; LOOMIS, R.S. Maize production. Crop Science, v. 7, p.37, 1967.

- DURÃES, F.O.M.; MAGALÃES, P.C.; OLIVEIRA, A.C.; FANCELLI, A.L.; COSTA, J.D. Partição de fitomassa e limitações de rendimento de milho (*Zea mays* L.) relacionados com a fonte-dreno. In: Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 4, Fortaleza, SBFV/UFCE, 1993. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, São Carlos, vol.5, n.1, p.1-120, 1993.
- EVANS, L.T. The physiological basis of crop yield. Crop Physiology; some case histories. London. Cambridge Univ. Press. p.327-55., 1975.
- FANCELLI, A.L. Plantas Alimentícias: guia para aula, estudo e discussão. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz". ESALQ/USP, 1986. 131p.
- FANCELLI, A.L.; Influência do desfolhamento no desempenho de plantas e de sementes de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba. ESALQ/USP. 172 p. 1988 (Tese de Doutorado).
- FANCELLI, A.L. Escolha do tipo de cultivar de milho. Departamento de Agricultura/ESALQ/USP. Piracicaba. 8p. 1989.
- FANCELLI, A.L. Milho e feijão: Elementos para manejo em agricultura irrigada. Departamento de Agricultura/ESALQ/USP. Piracicaba. 14p. 1994.
- FERRAZ, E.C. Fisiologia do milho. In: Cultura e adubação do milho. Instituto Brasileiro de Potassa. São Paulo.p.369-379, 1966.
- FISCHER, K.; PALMER, F.E. Tropical maize. In: Goldsworthy, P.R.; Fischer,N.M. (ed.) the physiology of tropical field crops. Wiley. p.231-248.1984.
- FRATTINI, J.A. Cultura do milho. Instruções sumárias. CATI/COT. Campinas, 26p., 1975. Mimeografado.
- FREY, N.M. Dry matter accumulation in kernels of maize. Crop Science, v. 21, p.118-122,1981.
- GOLDSWORTHY, P.R.; COLEGROVE,M. Growth and yield of highland maize in Mexico. Journal of Agricultural Science. v. 83, p.223-330, 1974.
- GOODMAN, M.M.; SMITH, J.S.C. Botânica do milho. In: Melhoramento e produção de milho no Brasil. Fundação Cargill. Campinas. p.32-70, 1978.
- HAWKINS, R.C.;COOPER,P.J.M. Growth, development and grain yield of maize. Expl.Agric. v. 17, p.203-207,1981.
- JACOBS, B.C.; PEARSON, C.J. Potential yield of maize, determined by rates of growth and development of ears. Field Crops Research, 27:281-298. 1991
- JONES, C.A.; ROESSLER, J.; OUATTAR, S. Thermal environment during endosperm cell division in maize. Effects on number of

- endosperm cells and starch granules. *Crop Sciences*, 25: 830-834. 1985
- JOHNSON, R.R.; HERRERO, M.P. Corn pollination under moisture and high temperature stress. In: H. D. Loden; Wilkinson, D. (ed.) *Proceedings 36th Ann. Corn and Sorghum Industry Res. Conf.* Chicago, Illinois. 9-11. Dec. American Seed Trad. Ass., Whashington D.C./USA. 1981
- KINIRY, J.R.; BONHOMME. Predicting maize phenology. In: HODGES, C. (ed.) *Predicting crop phenology*. CRC press. Boca Raton, Ann. Arbor. Boston. p.115-131, 1991.
- KRAMER, P. J. Fifty years of progress in water relations research. *Plant Physiology*. v. 54, p.463-471., 1974.
- LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. Editora Rima Artes e Textos. São Carlos. 531p. 2000.
- LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. Maximum crop productivity: an estimate. *Crop Science*. v. 3, n. 1), p.67-72, 1963.
- MAGALHÃES, A.C.N.; SILVA, W.J. Determinantes genético-fisiológicos da produtividade do milho. In: PATERNIANI, E. *Melhoramento e produção de milho no Brasil Fundação Cargill*. Campinas. p.346-379. 1978.
- MESSIAEN, C.M. *Physiologie du development chez Zea mays L.* Ann. Epiphyties, vol. 14, hors serie 11, 1963.
- NEL, P.C.; SMIT, N.S.H. Growth and development stages in the growing maize plant. *Farming in South Africa*. p.1-7, 1978.
- PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (ed.) *Melhoramento e produção de milho no Brasil Fundação Cargill*. Campinas. 795p., 1987. (2 volumes).
- PURSEGLOVE, J.W. *Tropical crops. Monocotyledons*. I. John Wiley and Sons Inc., New York, 334p., 1972.
- SAAD, A.M. *Uso do tensiômetro no controle da irrigação por pivô central*. Piracicaba, ESALQ/USP, 141p., 1991 (Dissertação de Mestrado).
- SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development : na important issue to maximize grain yield. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria.v. 31,n. 1, p 159-168, 2001
- SANGOI, L.; SILVA,P.R.F.da;ARGENTA,G.; RAMPAZZO,C.; GRACIETTI, L.C.; FORSTHOFER, E.L.; STRIEDER, M.L.; TEICHMANN, L.L. Potencial de rendimento de grãos de milho em função do sistema de produção adotado em dois ambientes contrastantes.Reunião Técnica Catarinense de Milho e Feijão, 3, resumos, EPAGRI. p 53-57. 2001.

- THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate geographical review. New York, vol.38, n.1 p.55-94, 1948.
- TOLLENAAR, M.; DAYNARD, T.B. Relationship between assimilate source and reproductive sink in maize grown in a short season environment. *Agronomy Journal*. v. 70, p.219-23, 1977.
- TOLLENAAR, M. Sink-source relationships during reproductive development in Maize. A review. *Mandica*. 22:49-75.1977.
- TOLLENAAR, M.; DAYNARD, T.B.; HUNTER, T.B. Effect of temperature sensitive period for leaf number of maize. *Crop Science*, v. 23, p.457-460, 1979.
- UHART, S.A.; ANDRADE, F.H. Nitrogen and carbonum accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source/sink ratios. *Crop Science*, v. 35, p.183-190. 1995.
- VILLA NOVA, N.A.; PEDRO Jr., M.J.; PEREIRA, A.R.; OMETTO, J.C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máxima e mínima. *Caderno de Ciência da Terra, Instituto de Geografia, USP*, 1972. 8p.
- WILSIE, C.P. *Crop adaptation and distribution*. Ed. Freeman, 345p., 1962.

INFLUÊNCIA DA PALHA NA OCORRÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS E NA EFICIÊNCIA DE HERBICIDAS.

Edivaldo Domingues Velini; Maria Lúcia Bueno Trindade; Anderson Luis Cavenaghi & Eduardo Negrisoli

FCA / UNESP – BOTUCATU; velini@fca.unesp.br

Introdução

Nos últimos anos, tem-se observado, no Brasil, uma rápida expansão da área total cultivada em que é utilizada algum tipo de cobertura morta. O plantio direto, para culturas anuais, apresenta um nível de adoção alto e crescente. Em reflorestamentos, o cultivo mínimo, com manutenção da serapilheira sobre o solo, já é a tecnologia predominante em praticamente todas as regiões e empresas produtoras. Em cana-de-açúcar, a colheita sem queimada deixa sobre o solo uma espessa camada de palha que pode superar 20 t/ha. A palhada associada às modificações técnicas necessárias para implementar a colheita mecânica da cultura, criam um novo sistema de produção de cana-de-açúcar popularmente denominado de canacrúa.

As três condições mencionadas (plantio direto, cultivo mínimo em reflorestamento e canacrúa) são completamente distintas em termos de quantidade e composição da cobertura morta, além da periodicidade da produção dos resíduos que a compõem. Contudo, estes três sistemas de produção têm em comum o menor impacto ambiental; a redução do uso de máquinas; a menor movimentação do solo; o controle das plantas daninhas e a modificação da composição da comunidade infestante pela palha; o predomínio do uso de herbicidas aplicados em pós-emergência, como resultado da dificuldade de utilização de herbicidas de pré-emergência; a necessidade de adaptação de diversas tecnologias.

Quanto a plantas daninhas, poucos trabalhos têm sido feitos, no Brasil, procurando avaliar os efeitos da cobertura morta sobre a sua ocorrência e controle. A seguir discutiremos as poucas informações disponíveis.

Efeito das palhadas sobre a germinação de plantas daninhas

Quando se avalia o efeito de coberturas do solo sobre a germinação de plantas daninhas há a necessidade de procurar

determinar a origem dos mesmos. Infelizmente, não foram encontrados trabalhos feitos no Brasil, em que discriminou-se a contribuição de alterações físicas e químicas do ambiente para a ocorrência dos efeitos de coberturas mortas sobre as plantas daninhas. Na maioria das situações, as alterações na comunidade infestante têm sido creditadas aos efeitos de supostos compostos alelopáticos, que até o momento não foram isolados ou identificados. Adicionalmente, muitos dos trabalhos realizados visando estudar ou comprovar a presença de efeitos alelopáticos têm importantes limitações metodológicas que dificultam ou impossibilitam a extração de conclusões a partir dos mesmos.

Deve ser ressaltado que um efeito alelopático só pode ser aceito de modo incontestável, quando o agente causal é purificado e ao ser aplicado em plantas testes em concentrações compatíveis com as de campo, reproduz os sintomas inibitórios observados inicialmente.

Em termos de metodologias experimentais, as que têm promovido os maiores problemas de interpretação, são as fundamentadas no uso de extratos de plantas (aquosos, etanólicos, metanólicos e acetônicos, dentre outros). Normalmente tais extratos são utilizados para umedecimento do substrato para germinação de plantas indicadoras. Pequenos atrasos na embebição e desenvolvimento das plântulas, normalmente devidos a reduções no potencial osmótico das soluções (em função de sais, açúcares, ácidos e outros compostos liberados pela matéria seca ou fresca utilizada) podem ser tomados por potentes efeitos alelopáticos. Uma alternativa metodológica bastante interessante é o uso da solução de solo de unidades experimentais (mantidas em condições naturais) para umedecimento do substrato de germinação; tal método foi utilizado pela primeira vez por Velini et al. (1996) para avaliação dos efeitos alelopáticos de leguminosas utilizadas como adubos verdes.

A principal evidência prática contrária à existência de efeitos alelopáticos de coberturas mortas refere-se à seletividade dos possíveis compostos envolvidos. Ou seja, os supostos compostos alelopáticos têm demonstrado sistematicamente a capacidade de controlar a germinação de plantas daninhas apenas, sem qualquer efeito prejudicial em plantas cultivadas de diferentes hábitos de crescimento e famílias botânicas. O mesmo padrão de comportamento, bastante desejável em herbicidas, não foi encontrado, até o momento, nos vários milhões de moléculas já testadas.

A presença de efeitos exclusivamente nas plantas daninhas indica que os mesmos se devem, predominantemente, a efeitos físicos. As plantas cultivadas, melhoradas para germinar

prontamente em condições favoráveis, não são sensíveis a alterações provocadas pela palha nos regimes hídrico, térmico e luminoso. O oposto ocorre com as plantas daninhas.

Contudo, é de grande relevância a avaliação do potencial alelopático das palhadas mais importantes no Brasil. Existem duas situações em que estes efeitos poderão apresentar importantes implicações econômicas. A primeira refere-se ao próprio potencial de controle de plantas daninhas, que poderia ser incrementado em programas de melhoramento específicos. Em termos mundiais, já existem alguns programas de melhoramento procurando obter novas variedades que produzam compostos com capacidade de intoxicar e controlar plantas daninhas. Arroz, cevada e alguns adubos verdes são exemplos de espécies que estão sendo melhoradas para este fim.

A segunda situação refere-se à possibilidade de que os possíveis compostos liberados pelas palhadas intoxiquem a própria cultura. Em geral, quando os efeitos alelopáticos são suficientemente potentes para que possam ter utilidade prática, controlando plantas daninhas, deixam de apresentar seletividade, ocorrendo, com intensidade variável, em muitos tipos de plantas, incluindo-se a espécie que o gera.

Devem ser destacados os efeitos de fatores de estresse na produção de compostos e na intensidade de efeitos alelopáticos. O trabalho de Del MORAL (1972) foi um dos primeiros a tratar do assunto; o autor avaliou os efeitos de diversos tipos de estresse sobre a concentração de ácidos clorogênicos e isoclorogênicos em girassol e verificou que, quando as plantas foram submetidas a deficiência hídrica, deficiência de Nitrogênio, ou as duas combinadas a concentrações destes ácidos foram elevadas em até 15 e 16 vezes, para os dois tipos de compostos, respectivamente. O maior mérito deste e outros estudos similares é o de demonstrar que o efeito alelopático é uma característica fenotípica e não exclusivamente genotípica, como admitem, implícita e erroneamente, muitos pesquisadores. Ou seja, *o efeito alelopático não é característico de uma determinada espécie vegetal, mas sim de um determinado genótipo estudado, em uma determinada condição ambiental.*

Os efeitos físicos da cobertura morta sobre a comunidade infestante não podem ser negligenciados, pois a totalidade das espécies de plantas daninhas apresentam dormência ou algum tipo de controle da germinação. A importância da quantidade e qualidade da luz sobre a germinação de plantas daninhas é destacada por TAYLORSON & BORTHWICK (1969), FENER (1980) e ZIMDAHL (1993). Exemplificando, dentre dezoito espécies estudadas pelo

segundo autor, apenas duas, *Aschirantes aspera* e *Conyza bonariensis*, mostraram-se insensíveis aos efeitos da luz em termos de germinação. Outras sete espécies, incluindo *Ageratum conyzoides* e *Galinsoa parviflora*, apresentaram decréscimos nas taxas de germinação sempre que a quantidade de luz incidente sobre as sementes foi reduzida. Outras sete espécies, incluindo *Bidens pilosa* e *Richardia brasiliensis*, apresentaram capacidade de germinar na presença ou ausência de luz, mas as sementes entraram em dormência sempre que expostas à radiação filtrada por folhas; a absorção seletiva da clorofila modifica o balanço entre o vermelho (650 nm) e o vermelho distante (730 nm), condicionando dormência nestas espécies. Várias das espécies estudadas por FENER (1980) apresentam grande importância em diversas regiões do Brasil. Embora os mecanismos gerais de controle da germinação pela luz sejam relativamente bem conhecidos, não se sabe, com precisão, quais deles são operantes em cada espécie vegetal.

Os efeitos do regime térmico sobre a germinação de plantas cultivadas têm sido estudados por vários autores. Quanto às plantas daninhas, segundo EGGLEY & DUKE (1985), a amplitude térmica, um dos componentes do regime térmico, interfere de modo decisivo na germinação de muitas espécies. A exigência de maior ou menor amplitude térmica constitui-se no modo mais eficiente de controlar a profundidade de germinação no solo. Através deste mecanismo, algumas espécies de plantas daninhas conseguem suprimir a germinação quando as reservas são insuficientes para alcançar a superfície. Nas Figuras 1 e 2, são apresentadas informações referentes à variação da temperatura do solo a 1 e a 5 cm de profundidade em áreas sem cobertura ou com 7,5 ou 15 t/ha de palha. Observa-se que as duas quantidades de palha reduziram drasticamente a variação da temperatura a 1 e a 5 cm de profundidade. Este efeito certamente contribui de modo decisivo para a redução da germinação de plantas daninhas. Não se conhece exatamente quais espécies têm sua germinação controlada pela amplitude térmica, mas várias gramíneas forrageiras, como *Brachiaria spp.* e *Panicum spp.* que também podem ocorrer como daninhas, apresentam germinação ótima em temperaturas alternadas.

Em contraste com o que ocorre com as plantas daninhas, praticamente todos os mecanismos de dormência, ou controle da germinação, foram eliminados pelo processo de melhoramento genético das plantas cultivadas. É claro que luz, temperatura média, amplitude térmica e umidade, continuam limitando a germinação de plantas cultivadas, mas, normalmente, esta limitação não passa pela superação ou indução de dormência. Quando isto acontece, como

no gênero *Brachiaria*, trata-se, em geral, de espécies ainda pouco melhoradas geneticamente.

Tem sido criada a falsa impressão de que em áreas de plantio direto com palhada o controle de plantas daninhas será mais simples ou poderá, até mesmo, ser suprimido. Contudo, a maioria dos técnicos que tiveram oportunidade de trabalhar com controle de plantas daninhas em áreas com palhadas consideram que o controle é mais complexo nesta condição. A presença da palha pode reduzir a incidência de algumas espécies de plantas daninhas, mas limita o uso herbicidas de pré-emergência. Adicionalmente, os efeitos supressivos da palha sobre as plantas daninhas exigem quantidades mínimas de biomassa, nem sempre fáceis de serem alcançadas, sobre o solo. A capacidade de controle da palhada pode ser bastante reduzida se a mesma estiver distribuída de modo desuniforme na área de produção.

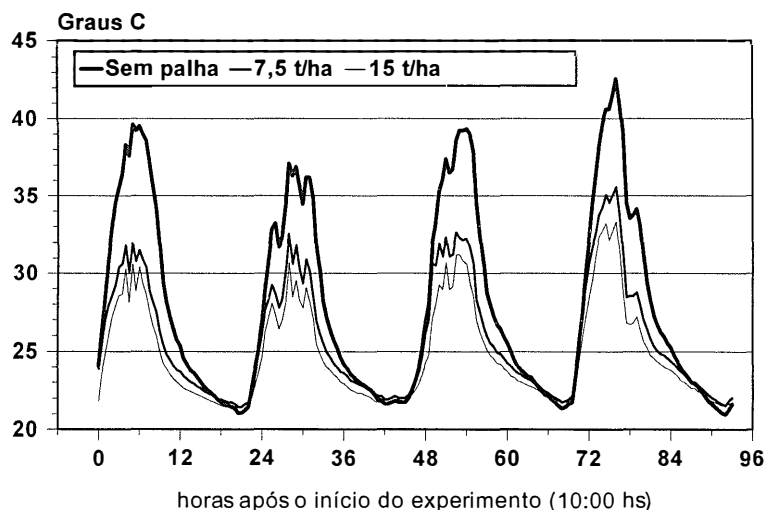


Figura 1 – Variação da temperatura do solo a 1cm de profundidade em função da cobertura com palha.

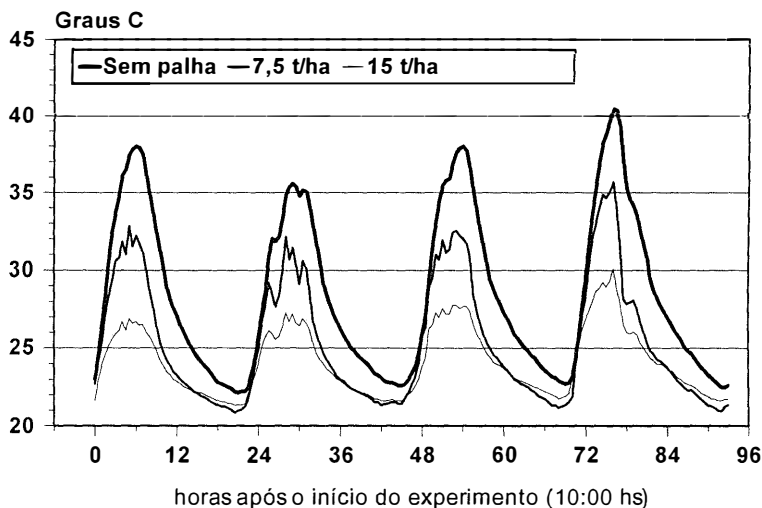


Figura 2 – Variação da temperatura do solo a 5cm de profundidade em função da cobertura com palha.

Quanto à avaliação dos efeitos da cobertura com palha sobre a germinação de plantas daninhas, VELINI et al (1998) e MARTINS et al (1999) estudaram os efeitos da cobertura do solo com 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 15 t/ha de palha de cana sobre a germinação das principais espécies de plantas daninhas. Resultados similares vêm sendo observados com outros tipos de palhadas (ex.: milho e aveia). As principais conclusões dos autores são apresentadas a seguir. As espécies *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis* e *Sida rhombifolia* apresentaram comportamentos bastantes similares frente à cobertura com a palha. Dentre estas quatro espécies, a *Sida rhombifolia* foi a menos sensível aos efeitos da cobertura do solo, havendo germinação desta espécie mesmo no tratamento com 15 t de palha / ha. As espécies *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria plantaginea* apresentaram germinação nula somente na maior quantidade de palha. A espécie *Digitaria horizontalis* mostrou-se a mais sensível aos efeitos da palha, apresentando germinação nula para os tratamentos com 10 e 15 t/ha e grandes reduções na germinação nos tratamentos com quantidades de palha entre 4 e 8 t/ha. Para *Panicum maximum*, houve estímulo à germinação, na primeira fase do experimento, quando o solo foi coberto com 2 t de palha/ha. Com 4 t / ha, o número de plantas foi similar ao verificado na testemunha (0 t/ha). Nos demais tratamentos, a germinação do capim-colonião

foi reduzida de modo intenso e significativo. Quanto à *Euphorbia heterophylla*, o efeito dos tratamentos foi não significativo indicando que a emergência da espécie não foi afetada por até 15 t / ha de palha. Para *Bidens pilosa*, houve aumentos da germinação nos tratamentos com 2 a 8 t de palha/ha e no tratamento com 10 t/ha os resultados foram similares aos verificados na testemunha; somente a maior quantidade de palha reduziu significativamente a germinação do picão-preto. Quanto à *Ipomoea grandifolia*, os tratamentos com quantidades de palha entre 2 e 10 t/ha, promoveram estímulos à sua germinação; somente no tratamento com 15 t/ha houve uma pequena redução na emergência da espécie. Estes trabalhos indicaram, ainda, que: 1) a palha constituiu-se excelente agente de controle de plantas daninhas gramíneas e dicotiledôneas de sementes pequenas (*Sida rhombifolia*); 2) dicotiledôneas com sementes grandes (*Ipomoea grandifolia* e *Euphorbia heterophylla*) mostraram-se pouco sensíveis à palhada.

Um outro desafio importante para a maximização da capacidade de controle da parte é o aumento da quantidade de biomassa de palha sobre o solo durante a fase do ciclo das culturas anuais que vai da germinação até o fechamento da cultura (cruzamento de folhas e sistemas radiculares). Uma alternativa é aumentar a capacidade de produção de biomassa pelas culturas utilizadas para cobertura do solo. Um extenso levantamento realizado por Maciel (2001) indicou valores iniciais médios de 5.718, 7.287, 5.886, 6.428, 4.697, 10.613, 7434 e 7825 kg/ha (avaliados quando da semeadura da cultura de verão) de biomassa de cevada, trigo, aveia colhida, aveia rolada, azevém, milho, milheto e capim-braquiária, respectivamente.

Uma segunda alternativa é priorizar o uso de palhadas de degradação mais lenta e, conseqüentemente, efeito mais longo sobre as plantas daninhas. Pereira (2001) observou valores de meia vida (tempo necessário para degradar a metade da quantidade inicial de palha) de 18, 27, 29, 31, 34, 26 e 18 dias para crotalaria, aveia-preta, feijão, milho safrinha, sorgo, quando milheto e Girassol, de modo respectivo.

Uma terceira alternativa corresponde ao atraso na aplicação do herbicida de manejo. Em algumas situações tal aplicação pode ser feita, com alguns riscos, até mesmo após a semeadura da cultura. O atraso no controle da cultura de cobertura pode gerar um importante atraso na liberação dos nutrientes da palhada para a cultura. Portanto, a decisão de atrasar ou não a operação de manejo deve considerar os possíveis efeitos sobre a liberação de nutrientes e nutrição da cultura.

Efeitos da palha sobre a dinâmica de herbicidas no solo

O que tem sido observado em todos os sistemas de produção com algum tipo de cobertura de solo é o predomínio do uso de herbicidas de pós-emergência. No caso de herbicidas de pré-emergência, normalmente são empregadas as mesmas técnicas de aplicação, as mesmas doses e as mesmas formulações utilizadas nos sistemas de produção sem palha. Em muitas situações em que o controle de plantas daninhas dever ser mantido por maiores períodos (ex.: algodão e milho) há urgência na procura de soluções que permitam o uso de herbicidas de ação residual mesmo em áreas com camadas espessas de palha.

A palha é apenas uma das barreiras para o uso de herbicidas com ação exclusiva ou preferencial no solo. O acréscimo do teor superficial de matéria orgânica no solo, tende a exercer forte sorção dos herbicidas limitando a sua eficiência.

Uma segunda limitação importante refere-se a problemas ambientais. É amplamente conhecido e divulgado que a cobertura com palha diminui a perda de água na superfície do solo e este aspecto associado à abertura de microcanais de drenagem pode facilitar a lixiviação de fertilizantes, herbicidas ou outros agrotóxicos. Há a necessidade de um constante monitoramento dos níveis destes compostos no lençol freático de áreas de plantio-direto. Infelizmente, este tipo de avaliação é praticamente inexistente no Brasil e se existe, as informações não vêm sendo divulgadas.

A palha ainda pode atuar retendo herbicidas, liberando-os lentamente ao solo. Este efeito seria bastante interessante, mas ainda não foi adequadamente avaliado para qualquer dos herbicidas disponíveis comercialmente.

A camada de palha limita, também, a quantidade de luz que incide sobre o solo, podendo reduzir a intensidade da degradação de herbicidas. Estudos recentes conduzidos no Laboratório de Matologia da FCA / UNESP têm indicado que praticamente toda a luz de comprimentos de onda entre 190 e 700 nm (luz ultravioleta e visível) é retida quando incide sobre uma única folha seca de diversos tipos de palhadas. Considerando que quantidades mínimas de palha podem praticamente extinguir a luz ultravioleta que atinge o solo, tanto a desintoxicação do solo quanto a persistência do controle de plantas daninhas poderiam ser drasticamente modificados pela presença da palhadas.

É consenso entre os técnicos que trabalham com controle de plantas daninhas em áreas com palhadas, que os herbicidas tradicionais de pré-emergência não conseguem atravessar a camada de palha deixada pela cultura e atingir o solo onde poderiam ser absorvidos pelas plantas daninhas gerando o processo de

intoxicação. Para melhor avaliar esta premissa, foi feito um estudo com aplicação do corante FDC-1 (simulando um herbicida) procurando determinar a porcentagem de interceptação do mesmo por camadas de palha de 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10 e 15 t/ha. Os resultados referem-se a médias para palhadas de aveia, milho e cana. Foram utilizados bicos XR 110.02 operando a 25psi e espaçados de 0,5m; a velocidade de aplicação foi de 3,6 km/h, condicionando um consumo de calda de 195 l/ha. As porcentagens do corante que conseguiram transpor as camadas de palha são apresentadas na Figura 3.

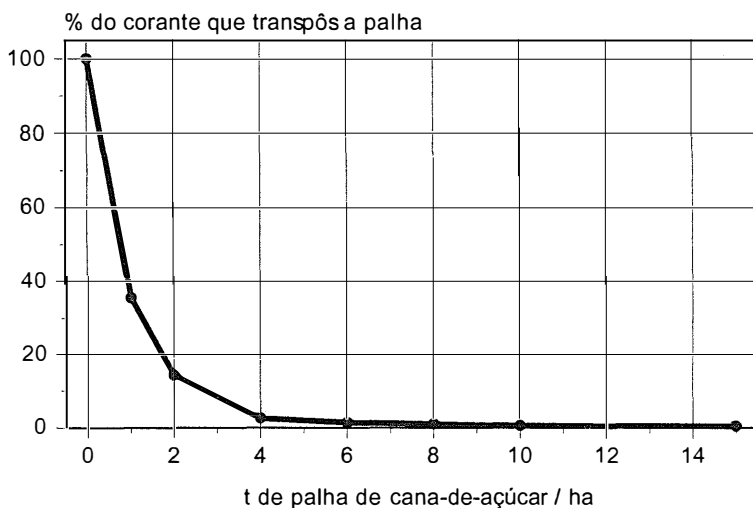


Figura 3 – Porcentagens da calda de pulverização que transpuseram camadas com diferentes quantidades de palha.

Os resultados indicam que com uma camada de palha de apenas 1 t/ha, 35,5% da calda de pulverização atinge o solo. Com 10 e 15 t/ha as porcentagens de interceptação da calda pela palha são de 99,4 e 99,5%, respectivamente. Nas condições normalmente encontradas em áreas de plantio direto, praticamente todo o herbicida aplicado sobre a palha é por ela interceptado.

É fundamental que as empresas e os órgãos de pesquisa estabeleçam rotinas de trabalho procurando estudar a dinâmica de herbicidas em palhadas. Estas pesquisas certamente conduzirão à seleção de ingredientes ativos ou formulações com menor afinidade com a palha, facilitando a sua remoção e carregamento para o solo

com um mínimo de chuvas. Provavelmente vários dos herbicidas utilizados em culturas anuais, após possíveis modificações nas formulações, poderão ser utilizados neste tipo de situação.

Especificamente para a cultura do milho, os valores para o período anterior às interferências (PAI) e período total de prevenção de interferências (PTPI) indicam a necessidade entre 15 e 45 dias para que a cultura apresente plena produtividade. Desse modo, torna-se indispensável o uso de herbicidas com ação residual, isoladamente ou de modo associado aos pós-emergentes. Infelizmente não existem informações disponíveis para o PAI e PTPI em culturas com espaçamento reduzido, que poderiam indicar a viabilidade do uso de herbicidas de pós-emergência sem efeito residual, com uso muito mais simples em áreas de plantio direto.

No caso de herbicidas de pré-emergência, o conhecimento da dinâmica em palhadas é fundamental para definição do nível de eficiência do herbicida. No caso de herbicidas de pós, a dinâmica na palhada é fundamental para a definição da dinâmica dos mesmos no ambiente.

As poucas informações disponíveis no Brasil, sendo a maioria obtida no Laboratório de Matologia da FCA / UNESP – Botucatu permitem estabelecer alguns padrões gerais de comportamento para os herbicidas aplicados em palhadas:

- Nas condições normalmente verificadas em áreas de plantio direto, praticamente todo o herbicida aplicado sobre a palhada é por ela interceptado.
- O carregamento do herbicida é feito pela água de chuva.
- A solubilidade é uma importante determinante da facilidade de transporte do herbicida da palha ao solo pela água de chuva.
- Quanto melhor o contato da calda de aplicação com a palha, pior é o transporte do herbicida pela água. Exemplificando, menores quantidades dos herbicidas são levados ao solo quando a aplicação é feita sobre palha molhada ou quando ocorre a formação de orvalho intenso após a aplicação e antes da primeira chuva.
- A primeira chuva é a mais importante para o transporte do herbicida para o solo. As demais chuvas praticamente não transportam os herbicidas.
- Os primeiros 20mm iniciais de chuva são os que apresentam máxima capacidade de transporte. Quantidades adicionais de chuva são menos efetivas em termos de transporte.
- A atrazina, um composto chave para a cultura do milho tem excelente dinâmica em palha. Resultados ainda não

publicados indicam que ~60% e ~90% deste herbicida transpõem a palha (na quantidade de 6t/ha) após precipitações de 20 e 65mm, respectivamente.

Palavras chave: plantas daninhas, herbicidas, plantio direto.

Literatura Citada

- Del MORAL, R. On the variability of chorogenic acid concentration. *Oecologia*, 9: 289-300, 1972.
- EGLEY, G.H. & DUKE, S. Physiology of weed seed dormancy and germination. In: DUKE, S.O. Weed Physiology. I. Reproduction and Ecophysiology. Florida, CRC Press, Inc., 1985. pp. 27-64.
- FENER, M. Germination tests of thirthy-two East African weed species. *Weed Research*, 20:135-138, 1980.
- MARTINS, D.; VELINI, E.D.; MARTINS C.C. & SOUZA, L.S. Emergência em campo de dicotiledôneas infestantes em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, 17(1):151-161, 1999.
- MACIEL, C. D. G. Simulação do caminhamento de herbicidas em diferentes tipos e quantidades de palhadas utilizadas no sistema de plantio direto. Botucatu, 2001. 89p. Tese (Doutorado em Agronomia – Programa em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista / UNESP.
- PEREIRA, F.A.R. Efeitos de sistemas de cultivo sobre as populações de plantas daninhas, em condições de cerrado. Botucatu, 2001. 87p. Tese (Doutorado em Agronomia – Programa em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista / UNESP.
- TAYLORSON, R.B. & BORTHWICK, H.A. Light filtration by foliar canopies: significance for light-controlled weed seed germination. *Weed Science*, 17(1):48-51, 1969.
- VELINI, E.D. & MARTINS, D. *Efeito da palha da cana-de-açúcar sobre a germinação das principais espécies de plantas daninhas desta cultura*. Relatório Técnico, Botucatu: FCA / UNESP, 1998.26p.
- ZIMDAHL, R.L. Fundamentals of Weed Science. 1° Ed. Academic Press, New York, 1993. 450p.

Impressão e Acabamento:
Copiadora “Luiz de Queiroz” – ESALQ – USP
Tel. (19) 34344838



Departamento de Produção Vegetal
ESALQ/USP - Caixa Postal: 09
13418-900 - Piracicaba, SP