

Nitrogênio, zinco e boro e suas respectivas interações no desempenho da cultura de milho

Márcio Augusto Soares¹; Durval Dourado Neto¹
e Paulo Augusto Manfron²

¹ Departamento de Produção Vegetal.
Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP.

² Departamento de Fitotecnia.
Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS.

1. Introdução

O fornecimento adequado de nutrientes à cultura de milho torna-se fundamental para o ótimo desenvolvimento e crescimento da cultura e obtenção de altas produtividades. Assim, o estudo contínuo desse assunto pode ser considerado fundamental para o aprimoramento de técnicas de cultivo, sendo que a contribuição dos órgãos de pesquisa torna-se imprescindível uma vez que, grande parte dos produtores se mantém atentos e seguem as novas tecnologias e indicações desenvolvidas e preconizadas por estas Instituições.

Apesar dos inúmeros trabalhos desenvolvidos com micronutrientes no Brasil, muitas dúvidas ainda surgem a respeito do efeito das fontes de nutrientes aplicadas, bem como das doses ideais, do modo e do local mais adequado de aplicação. Assim, muitos prejuízos ainda têm ocorrido devido à utilização incorreta de determinados nutrientes na cultura de milho, principalmente devido à utilização de doses inadequadas, o que pode resultar em danos provocados tanto por toxidez como por deficiência (Malavolta et al., 1991).

Entre os micronutrientes, o boro (B) e o zinco (Zn) são considerados extremamente importantes para a cultura de milho, sendo que a deficiência desses elementos é muito comum nos solos brasileiros, manifestando-se em grande parte das áreas

ocupadas com a cultura (Malavolta et al., 1987). Cabe salientar que, apesar das incontestáveis vantagens proporcionadas pela adição de B e Zn na adubação da cultura de milho, muitos autores citam a existência de riscos perante o uso de doses elevadas desses elementos, principalmente se concentrados no sulco de semeadura. Muitos trabalhos não recomendam a aplicação de maiores doses de B no solo, que as atualmente praticadas, por afirmarem que a faixa entre a deficiência e a toxidez de B na planta seria muito estreita. Porém, na literatura científica existem trabalhos que colocam em dúvida esse dogma, mostrando que não há evidência que suporte a ideia da faixa estreita entre deficiência e toxidez de B (Chapman et al., 1997).

Quanto à interação entre os elementos nitrogênio (N), B e Zn, alguns trabalhos foram realizados no intuito de verificá-la. O crescimento das plantas de milho, promovido pela aplicação de doses elevadas de N, resulta na diluição de Zn na planta, provocando a deficiência do referido elemento e a necessidade de seu uso na adubação da cultura (Ferreira, 1997). Ferreira (1997), ao estudar a interação entre os elementos N e Zn, através do uso de quatro doses de N (0, 70, 140 e 210 kg.ha⁻¹) e de duas doses de Zn (0 e 3,0 kg.ha⁻¹) aplicado no sulco de semeadura, em que usou como fontes o sulfato de amônio e o sulfato de Zn, concluiu

que a aplicação de Zn e suas interações com o N não influenciaram nenhuma das variáveis analisadas, inclusive a produtividade de grãos. O referido autor destaca que observou respostas da cultura de milho (aumento no número de espigas por planta, no peso de espigas com palha, no peso de mil grãos e na produtividade de grãos) apenas às doses crescentes de N aplicadas, sendo que a melhor representação foi alcançada pelas curvas de resposta de efeito quadrático, obtendo-se a máxima produtividade na dose de 200 kg.ha⁻¹ de N. Sendo que B e Zn são essenciais para o funcionamento ótimo da ATPase e que na ausência de B pode haver redução na eficiência de Zn na planta, e vice-versa.

É de fundamental importância a avaliação da influência dos elementos Zn, B e N aplicados em diferentes doses, uma vez que a determinação das mesmas para obtenção da máxima produtividade de grãos de milho e a verificação da existência ou não de toxidez à cultura provocada por altas doses de B e Zn, em combinação com diferentes doses de N, poderão auxiliar sobremaneira no planejamento da adubação. Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre a influência de N, Zn e B e de suas respectivas interações no desempenho da cultura do milho.

2. Nitrogênio, boro e zinco

Um elemento é considerado essencial à cultura quando satisfaz tanto os critérios diretos, como os critérios indiretos de essencialidade. De acordo com o autor, critério direto é quando o elemento participa de algum composto ou de alguma reação, sem o qual a planta não vive. Sendo assim, na ausência do elemento a planta não completa o seu ciclo de vida. Critério indireto é quando o elemento apresenta efeito na

vida da planta, porém sua ação não consiste na anulação de condições físicas, químicas ou biológicas desfavoráveis presentes no substrato. Para o elemento ser considerado essencial, ele deve estar diretamente envolvido no metabolismo da planta, como constituinte de um composto essencial, ou ser necessário para a ação de um sistema enzimático (Malavolta et al., 1997).

Se um elemento é essencial para a vida vegetal, sem ele as plantas não completam o seu ciclo de vida. Destaca também que os nutrientes essenciais estão divididos em macronutrientes e micronutrientes, de acordo com o teor nas plantas e com a quantidade em que é exigido pelas mesmas. Assim, denomina-se macronutrientes aqueles que as plantas exigem em maiores quantidades para exercerem suas funções, enquanto micronutrientes são aqueles que a cultura requer em menores quantidades. Dentre os nutrientes considerados essenciais para as plantas, seis são macronutrientes (N, K; P; Ca; Mg e S) e sete são micronutrientes (B; Cl; Cu; Fe; Mn; Mo e Zn), sendo que a falta de qualquer um deles pode limitar o crescimento e o desenvolvimento da planta, mesmo que todos os outros estejam presentes em quantidades adequadas. As quantidades relativas de nutrientes no solo determinam a sua disponibilidade e devem ser consideradas tanto quanto as quantidades absolutas de cada um (Raij, 1991).

A agricultura brasileira passa por uma fase em que a produtividade, a eficiência, a lucratividade e a sustentabilidade dos processos produtivos são extremamente relevantes, uma vez que os micronutrientes passaram a ser utilizados de modo mais rotineiro nas adubações da cultura de milho, em todas as regiões brasileiras e para as mais variadas condições de solo e clima. De acordo com o autor, os principais motivos que despertaram o interesse dos produtores brasileiros de milho, pela utilização de fertilizantes contendo micronutrientes foram:

a) O início da ocupação da região dos cerrados, formada naturalmente por solos deficientes em micronutrientes;

b) O aumento da produtividade da cultura com maior remoção e exportação de todos os nutrientes;

c) A falta de critérios para a aplicação de calcário, no que diz respeito a doses e metodologias de aplicação, o que induziu o aparecimento de deficiências de vários elementos, como Zn, por exemplo;

d) A preferência por aplicações apenas de macronutrientes, como N, fósforo e potássio, reduzindo o uso de micronutrientes por muitos anos;

e) O aprimoramento das técnicas de análise de solos e análise foliar como instrumentos de diagnóstico de deficiências de micronutrientes (Lopes, 1999).

Por ocasião da semeadura, a viabilidade da aplicação de fontes de micronutrientes combinadas a fontes de macronutrientes é muito maior do que aplicá-los separadamente, uma vez que, devido às baixas doses utilizadas, a uniformidade de distribuição dos micronutrientes no sulco de semeadura pode ser prejudicada. Dessa maneira, as fontes de macronutrientes e micronutrientes podem estar combinadas através de mistura de grânulos (em que cada grânulo da mistura é constituído de uma única fonte, como sulfato de Zn e uréia, por exemplo) ou de fertilizantes granulados (um único grânulo apresenta em sua composição todos os elementos desejados, como N, fósforo, potássio, B e Zn). O uso de fertilizantes granulados propicia maior uniformidade na distribuição de todos os elementos no sulco de semeadura, uma vez que, ao misturar grânulos de diferentes fontes, como ácido bórico e sulfato de Zn misturados a alguma formulação de NPK, ocorre segregação devido à desuniformidade no tamanho dos grânulos (Lopes, 1999).

a) Nitrogênio

Além de ser constituinte de diversas moléculas de proteína, o N

apresenta importante função como integrante da molécula de clorofila (Büll, 1993). O aumento de produtividade na cultura de milho proporcionado pelo N pode ser atribuído aos efeitos positivos sobre o crescimento radicular e sobre o aumento do comprimento da espiga. O N é um elemento constituinte de moléculas de proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos e citocromos, sendo o nutriente que a cultura de milho mais responde em produtividade de grãos.

O N é o elemento mais exportado pelas plantas de milho, uma vez que a cada tonelada de grãos produzida são exportados aproximadamente 15 kg de N (Büll, 1993). Para uma produtividade esperada de 10 toneladas de grãos por ha, deve-se aplicar entre 150 e 200 kg.ha⁻¹ de N. A magnitude das respostas de N em ensaios conduzidos no Brasil tem sido variável, porém a maioria dos estudos indica respostas significativas entre 30 e 90 kg.ha⁻¹ de N, devido aos níveis de produtividade relativamente baixos (Büll, 1993).

Raij et al. (1985) conduziram 25 ensaios com N e conseguiram observar reação positiva das plantas de milho em 16 deles, sendo que, em alguns casos, o aumento da produtividade de grãos com a aplicação de 120 kg.ha⁻¹ de N atingiu 5.000 kg.ha⁻¹. Nesse trabalho, o aumento médio de produtividade, para o conjunto de experimentos conduzidos, foi de aproximadamente 1500 kg.ha⁻¹ de grãos para aplicações de até 120 kg.ha⁻¹ de N.

A maioria dos estudos realizados mostra que os melhores resultados são obtidos com a aplicação de 30 kg.ha⁻¹ de N na semeadura e de 90 a 120 kg.ha⁻¹ entre 30 e 45 dias após a germinação, totalizando entre 120 e 150 kg.ha⁻¹ de N (Büll, 1993).

Quanto ao modo e à posição de aplicação do fertilizante nitrogenado na cultura de milho, parte deve ser aplicada por ocasião da semeadura, posicionado 5 centímetros abaixo e 5 centímetros ao lado da semente, e o restante em cobertura após a emergência das plantas, pois, de acordo

com o trabalho desenvolvido por Zublena & Anderson (1994), o fertilizante nitrogenado, se aplicado muito próximo das sementes, pode reduzir a emergência devido à salinidade ou à toxidez por amônia. A aplicação em cobertura de N deve ser localizada em faixa, na entrelinha da cultura, e não a lanço, a fim de evitar o contato do fertilizante com as folhas da planta o que pode provocar a desidratação e morte das células da epiderme e, conseqüentemente, o aparecimento de lesões.

b) Zinco

O Zn é o micronutriente mais limitante à produtividade de milho no Brasil, sendo que os relatos de deficiência desse elemento para o milho provém, principalmente, de solo Argissolo Vermelho-Amarelo ou Latossolos altamente intemperizados e ácidos da região dos cerrados (Büll, 1993).

É considerado um elemento de grande importância para a cultura de milho, uma vez que, de acordo com Borkert (1989), uma das mais importantes funções desse elemento na planta de milho é participar como componente de um grande número de enzimas como as desidrogenases, proteinases, peptidases e fosfotransferases, sendo que as funções básicas na planta estão relacionadas ao metabolismo dos carboidratos, das proteínas e dos fosfatos, e na formação da estrutura das auxinas, RNA e ribossomos. O Zn também está relacionado ao metabolismo de fenóis, à formação de amido, ao aumento no tamanho e multiplicação celular e à fertilidade do grão de pólen (Malavolta et al., 1991). Decaro et al. (1983) citam que resultados obtidos por diversos autores mostram efeitos positivos do Zn perante a cultura de milho, o qual proporciona aumento da altura das plantas, do número de folhas, da produção de forragem e de grãos, bem como aumento do conteúdo total de proteína nos grãos. Dessa maneira, vários trabalhos conduzidos em casa-de-vegetação e campo têm de-

monstrado que a adição de Zn promoveu aumentos significativos na produtividade de milho (Souza et al., 1998; Galvão, 1995).

Com relação aos níveis de Zn nas folhas de milho, Rosolem & Franco (2000) consideram como ideais níveis entre 20 e 70 mg.kg⁻¹. Malavolta et al. (1997) coloca que o ideal é que as folhas das plantas de milho apresentem entre 15 e 50 mg.kg⁻¹, por ocasião do florescimento. O valor de 18,5 mg.kg⁻¹ como sendo o nível crítico de Zn nas folhas da cultura de milho (Galvão, 1995). O nível crítico para a cultura de milho é de 17 mg.kg⁻¹ de Zn na matéria seca de folhas maduras recém expandidas e que, de acordo com Jones Júnior (1972), sintomas de toxidez podem surgir para níveis acima de 400 mg.kg⁻¹ de Zn na matéria seca (Furlani & Furlani, 1996). Apesar dessas afirmações, Rosolem & Franco (2000), ao estudarem a relação entre a translocação do Zn e o crescimento radicular de plantas de milho, observaram que níveis de Zn iguais ou maiores que 12 mg.kg⁻¹ foram suficientes para proporcionar crescimento normal às raízes. É importante ressaltar que Malavolta et al. (1991) destacam que para cada tonelada de grãos de milho produzidos, são exportados 85 gramas de Zn.

Fancelli & Dourado Neto (2000) consideram adequados para a cultura de milho o teor de Zn no solo entre 0,5 e 1,0 mg.kg⁻¹. Esses valores concordam com os apresentados por Brown et al. (1971), Cox & Kamprath (1972) e Buzetti et al. (1991). Cabe salientar que, de acordo com Abreu (1996), os níveis ideais de Zn no solo (extraído através da solução de ácido Dietileno-Triamino-Penta-Acético - DTPA) estão situados entre 0,5 e 1,2 mg.dm⁻³.

No Brasil, o primeiro relato de deficiência de Zn na cultura de milho foi efetuado por Igue & Gallo em 1960. Os sintomas de deficiência de Zn em plantas de milho são caracterizados por internódios curtos (redução na altura das plantas) e faixas brancas ou amarelas entre a nervura principal e as bordas das folhas no-

vas, principalmente nas folhas que estão se desenrolando na região de crescimento, uma vez que tais folhas podem, posteriormente, apresentar tons roxos e necrose. Os sintomas de deficiência de Zn em plantas de milho aparecem nas folhas mais novas, as quais ficam com tamanho reduzido e formam roseta, devido ao encurtamento dos internódios (Furlani & Furlani, 1996). Os referidos autores, ao estudarem diferentes doses de Zn aplicadas em 24 genótipos de milho, durante 30 dias, constataram alta correlação entre a altura das plantas e o teor de Zn na parte aérea, concluindo que a altura de plantas é a variável que melhor reflete o estresse provocado por baixos níveis do elemento nas plantas de milho. De acordo com Borkert (1989), a deficiência de Zn reduz o crescimento das plantas de milho e diminui a síntese de clorofila na lâmina foliar, como também o metabolismo do N.

O Zn é um elemento cuja forma mais comum em solução é a do cátion Zn²⁺ e que, conforme relatado por Lopes (1999), movimenta-se por difusão no solo, ou seja, dos pontos de maior concentração para os pontos de menor concentração, sendo que a maior disponibilidade ocorre na faixa de pH de solo entre 5,0 e 6,5. Há relatos de que quando o pH é elevado para valores acima de 6,0, foram observados sintomas de deficiência de Zn nas plantas. Büll (1993) relatou que ao elevar o pH do solo, a solubilidade do Zn diminuiu e os sintomas de deficiência aumentaram, principalmente em plantas cultivadas em solos pobres. Tal fato pode ser explicado através da afirmação de Raij (1991) que coloca que sob condições de pH elevado, o Zn precipita na forma de hidróxido de Zn insolúvel e se torna indisponível para as plantas. A disponibilidade de Zn no solo é diretamente afetada pelo pH, uma vez que ao elevar o pH do solo a disponibilidade do referido micronutriente é diminuída, devido ao aumento da retenção no complexo coloidal ou à redução da solubilidade de suas fontes.

O Zn pode ser fortemente adsorvido pelos colóides do solo, o que ajuda a diminuir as perdas por lixiviação, porém pode dificultar a absorção pelas plantas em alguns casos e também provocar deficiências (Lopes, 1999). Rosolem & Franco (2000) colocam que tal adsorção pode ser influenciada por várias propriedades e características do solo como pH, CTC, teor de matéria orgânica, teor de cátions e ânions solúveis, tipo de argila e teor de argila, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. É válido ressaltar que vários trabalhos citam que a deficiência de Zn tem sido observada em solos com alto teor de argila devido à ação quelante que a mesma exerce sobre íons metálicos como o Zn, resultando em complexos organo-minerais que não podem ser absorvidos pelas plantas. Quanto aos teores de argila, sabe-se que a adsorção de Zn pelo solo é maior à medida que aumentam os teores de argila, salientando que esse processo não ocorre igualmente em todos os solo argilo-minerais. Em geral, argila do tipo 2:1 apresenta maior capacidade de retenção de Zn devido à penetração do referido íon na camada octaédrica dos argilo-minerais.

A resposta da cultura de milho à aplicação de Zn via foliar nem sempre é positiva, sendo que, muitas vezes é necessária a aplicação do referido elemento via solo (Galvão, 1994). O referido autor efetuou um estudo com diferentes formas de aplicação de sulfato de Zn na cultura de milho e observou que, para uma mesma dose ($1,2 \text{ kg.ha}^{-1}$ de Zn) a produtividade de grãos foi maior (7.365 kg.ha^{-1}) quando se aplicou o referido fertilizante a lanço do que no sulco de semeadura (5.598 kg.ha^{-1}).

O Zn é o micronutriente que apresenta as maiores respostas de produtividade de grãos na cultura de milho e que, geralmente, as doses recomendadas são de 2 a 4 kg.ha^{-1} (Melarato, 2000). Esses valores são semelhantes aos descritos por Raij et al. (1985), que recomendam de $2,5$ a $5,0 \text{ kg.ha}^{-1}$ de Zn para a cultura de milho no Brasil. Galvão (1994) veri-

cou aumento na produtividade de grãos de milho mediante a aplicação de $1,2 \text{ kg.ha}^{-1}$ de Zn num Latossolo Vermelho Escuro, tanto a lanço como no sulco de semeadura. Souza et al. (1998), ao avaliarem a resposta da cultura de milho à adição de doses crescentes de Zn no sulco de semeadura, observaram que a adição de Zn promoveu incrementos significativos na produtividade de grãos e nos teores de micronutriente nas folhas, porém não verificaram vantagens em aplicar doses superiores a 5 kg.ha^{-1} de Zn. No referido trabalho, os autores destacam que aplicaram doses de até 20 kg.ha^{-1} de Zn no sulco de semeadura de milho e não verificaram nenhum sintoma visível de toxidez ou queda da produtividade de grãos.

Sulfato de Zn, óxido de Zn ou fritas têm a mesma eficiência quanto à produção de matéria seca, desde que aplicados corretamente. O teor de Zn no solo aumentou em função do aumento das doses aplicadas (0 , $1,25$, $2,5$, $5,0$ e $10,0 \text{ mg.kg}^{-1}$), independentemente das fontes utilizadas (sulfato, óxido ou FTE) e da dose de calcário aplicada ($1,0$ ou $2,6 \text{ t.ha}^{-1}$). Malavolta et al. (1987), ao avaliarem a eficiência relativa das fontes de Zn para o milho, observaram que em solos arenosos as plantas responderam diferentemente às fontes utilizadas (óxido de Zn, sulfato de Zn e fritas FTE Br-12), sendo que a aplicação de altas doses de sulfato de Zn (maior que $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$) provocou toxidez à cultura e reduziu a produção de matéria seca, enquanto as outras fontes estudadas não mostraram tendência para toxidez. Os referidos autores destacam que não se observou efeito tóxico provocado pelas duas fontes insolúveis (fritas FTE Br-12 e óxido de Zn) quando fornecidas na mesma dose que a fonte solúvel (sulfato de Zn), o que pode ser explicado devido à alta disponibilidade inicial do elemento para a planta, quando fornecido através de fonte solúvel, o qual elevou-se exageradamente nos tecidos (atingiu níveis de 40 mg.kg^{-1}). Os autores relatam ainda que não verificaram efeito tó-

xico à cultura de milho mediante a aplicação de altas doses (até 10 mg.kg^{-1}) de sulfato de Zn, o que pode ser explicado devido ao fato terem utilizado solo argiloso.

b) Boro

O B é considerado um micronutriente essencial e sua deficiência, juntamente com a de Zn, é a mais freqüente no Brasil. O B é absorvido pelas plantas na forma de ácido bórico ou de borato, sendo que é um elemento considerado imóvel no floema (Mengel & Kirkby, 1987).

O B é considerado móvel no floema apenas em espécies de plantas que utilizam polióis (açúcares simples) como um metabólito fotossintético primário, pois nessas espécies (macieiras, amendoeiras e nectarinas, por exemplo) um complexo poliol-B-poliol é formado nos tecidos fotossintéticos e transportado no floema para drenos ativos, como meristemas vegetativos ou reprodutivos. Porém, o mesmo não acontece nas plantas de milho, as quais não produzem quantidades significativas de polióis. Nessas, o B é transportado pelo xilema, através do fluxo transpiratório, até um determinado órgão da planta onde permanece imóvel, não se redistribuindo para outras partes (Brown & Hu, 1998).

O B tem importante papel na organização e no funcionamento de membranas (atividade da ATPase e absorção iônica), no florescimento, na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico, bem como atua no metabolismo de auxinas (ácido indol acético, por exemplo), fenóis e lignificação da parede celular (Malavolta et al., 1991). Borkert (1989) relata que as funções do B na planta de milho são relacionadas a alguns processos básicos, como o metabolismo de carboidratos e o transporte de açúcares através das membranas, a síntese de ácidos nucleicos (ácido ribonucleico e ácido desoxiribonucleico) e de fitormônios, a formação de paredes celulares, a divisão celular e o desenvolvimento de tecidos. Des-

tacam que o B forma complexos açúcar-borato relacionados com a translocação de açúcares na planta, pois os complexos atravessam mais facilmente as membranas celulares, uma vez que as moléculas de açúcares possuem alta polaridade. O B é considerado elemento fundamental para o desenvolvimento radicular das plantas de milho, sendo necessária a sua presença no solo, em teores adequados, para que o sistema radicular se desenvolva plenamente.

Os teores críticos de B no solo para a cultura de milho estão compreendidos entre 0,1 e 0,3 mg.kg⁻¹ (Fancelli & Dourado Neto, 2000). Os teores ideais de B no solo (extraído pelo método de água quente) estão situados entre 0,20 e 0,60 mg.dm⁻³ (Abreu, 1996). Com relação aos teores de B nas folhas de milho, o ideal é que as mesmas apresentem entre 15 e 20 mg.kg⁻¹ por ocasião do florescimento (Malavolta et al., 1997).

As diferenças no local de acúmulo de B nas plantas, a qual é determinada pela mobilidade do elemento no floema, determinam em quais tecidos (jovens ou velhos) serão mais evidentes os sintomas de deficiência e de toxidez. Assim, em espécies em que o B é imóvel e não se transloca das partes mais velhas da planta para tecidos meristemáticos (raízes ou extremidades das partes aéreas), como na cultura de milho, normalmente, os sintomas de deficiência são observados primeiramente nas partes mais jovens, sendo caracterizado pela interrupção do crescimento das partes terminais e pela secagem de folhas novas (Raij, 1991). Mozafar (1987) demonstrou a ação pronunciada do B na formação de espigas na cultura de milho, e observou que a interrupção no fornecimento de B conduziu à má formação e ao atrofiamento das espigas, além de falhas na granação. Fancelli & Dourado Neto (2000) citam que plantas de milho deficientes em B apresentam espigas pequenas, falhas na granação, folhas avermelhadas no final do ciclo e extremidades das espigas com aspecto de cor-tiça.

Em um experimento envolvendo variações nas doses de diversos nutrientes, incluindo o B, com população entre 70.000 e 80.000 plantas por ha, Woodruff et al. (1987) observaram efeitos benéficos do B sobre a produtividade de grãos, sugerindo que aplicações de B podem ser necessárias quando se intensifica o uso de práticas para o aumento da produtividade associado a adubações elevadas, principalmente, com potássio. Por outro lado, Büll (1993) observa que, de forma geral, as respostas da cultura de milho a aplicações de B não são consistentes, sendo que Touchton & Boswell (1975) verificaram que aplicações de B, tanto via solo como foliar, não influenciaram a produtividade de grãos. Peck et al. (1969) obtiveram correlação negativa entre a produtividade de grãos e teores de B na folha.

Lopes (1999) ressalta que a disponibilidade do B é maior quando o pH do solo encontra-se na faixa compreendida entre 5,0 e 7,0, e que condições de seca podem interferir negativamente no aproveitamento do nutriente pelas plantas, uma vez que, sob condições de seca, a decomposição da matéria orgânica é diminuída, liberando menos B para o solo, e o crescimento radicular é afetado, explorando menor volume de solo e reduzindo o índice de absorção do referido nutriente. Pavan & Correa (1988), ao estudarem a adsorção do B pelo solo, verificaram que a mesma foi abruptamente aumentada quando o pH do solo era maior que 6,5. Os autores atribuíram esses resultados aos efeitos do pH no aumento do número de sítios trocáveis na superfície da argila e na distribuição relativa entre as formas iônicas de B presentes na solução do solo, sendo que todos os solos utilizados no estudo adsorveram menores quantidades de B em pH inferior a 6,5, provavelmente por causa do menor número de sítios de adsorção e pela maior proporção de ácido bórico molecular [B(OH)₃] em relação ao íon borato [B(OH)₄⁻] nessa faixa de pH, indicando menor afinidade da argila pelo íon [B(OH)₃], ou seja, quanto maior a pro-

porção do íon borato em relação ao ácido bórico molecular, maior adsorção do elemento B pelo solo. Pavan & Correa (1988) citam também que, ao contrário do observado por eles, Ribeiro & Braga (1974) não observaram correlação entre a adsorção de B, o tipo de argila e o teor de matéria orgânica em Latossolos de Minas Gerais.

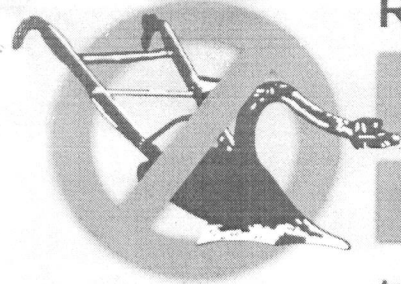
Quanto à necessidade de B pela cultura de milho, para cada tonelada de grãos produzida são exportados 13 gramas de B (Malavolta et al., 1991). As doses de B recomendadas para a cultura de milho são de 0,5 a 1,0 kg.ha⁻¹.

Em muitos casos, a adição de B na adubação da cultura de milho é vantajosa. Há risco relativo ao uso de doses elevadas desse elemento, principalmente quando concentrado no sulco de semeadura. Muitos trabalhos previnem a aplicação de maiores doses de B no solo, que as atualmente praticadas, por afirmarem que a faixa entre a deficiência e a toxidez de B na planta seria muito estreita. Woodruff et al. (1987) e Büll (1993) também relatam que o limite entre os teores de toxidez e deficiência de B para a cultura de milho é muito estreito. Por outro lado, não há evidência que suporte a idéia da faixa estreita entre deficiência e toxidez de B (Chapman et al., 1997).

Referências Bibliográficas

- ABREU, C.A. Análise de solo para micronutrientes. Tema de reuniões de laboratórios. **Informações Agrônomicas**, n.74, p.9, 1996.
- BORKERT, C.M. Micronutrientes na planta. In: BÜLL, L.T.; ROSOLEM, C.A. Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1989. p.309-329.
- BROWN, P.H.; HU, H. Manejo do boro de acordo com sua mobilidade nas diferentes culturas. **Informações Agrônomicas**, n.84, p.1-4, 1998.
- BROWN, A.L.; QUICK, J.; EDDINGS, J.L. A comparasion of analytical methods for soil zinc. **Soil**

- Science Society of America, v.35, n.1, p.105-107, 1971.
- BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.63-145.
- BUZETTI, S.; MURAOKA, T.; MAURO, A.O. Doses de zinco em diferentes condições de acidez de um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.6, p.913-918, 1991.
- CHAPMAN, V.J.; EDWARDS, D.G.; BLAMEY, F.P.C.; ASCHER, C.J. Challenging the dogma of a narrow supply range between deficiency and toxicity of boron. In: BELL, R.W.; RERKASEM, B. Boron in soils and plants. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. p.151-155.
- COX, F.R.; KAMPRATH, E.J. **Micronutrient soil tests**. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. (Ed.). Micronutrients in agriculture. Madison: Soil Science of America, 1972. p.289-317.
- DECARO, S.T.; VITTI, G.C.; FORNASIERI FILHO, D.; MELLO, W.J. Efeitos de doses e fontes de zinco na cultura de milho (*Zea mays* L.). **Revista de Agricultura**, v.58, n.1/2, p.25-36, 1983.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.
- FERREIRA, A.C.B. **Efeitos da adubação com N, Mo e Zn sobre a produção, qualidade de grãos e concentração de nutrientes no milho**. Viçosa, 1997. 73p. Tese (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa.
- FURLANI, A.M.C.; FURLANI, P.R. Resposta de cultivares de milho a zinco em solução nutritiva. **Bragantia**, v.55, n.2, p.365-369, 1996.
- GALRÃO, E.Z. Métodos de correção da deficiência de zinco para o cultivo de milho num Latossolo Vermelho-Escuro argiloso sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.229-33, 1994.
- GALRÃO, E.Z. Níveis críticos de zinco para o milho cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo, fase cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.255-60, 1995.
- IGUE, K.; GALLO, J.R. Deficiência de zinco em milho no Estado de São Paulo. São Paulo: IBEC Research Institute, 1960. 19p. (Boletim, 20)
- JONES JÚNIOR, J.B. Plant tissue analysis for micronutrients. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. (Ed.). Micronutrients in agriculture. Madison: Soil Science of America, 1972. p.319-346.
- LOPES, A.S. **Micronutrientes: filosofia de aplicação e eficiência agrônômica**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 1999. 70p.
- MALAVOLTA, E.; BOARETTO, A.E.; PAULINO, V.T. Micronutrientes: Uma visão geral. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. p.1-34.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MALAVOLTA, E.; PAULINO, V.T.; LOURENÇO, A.J.; MALAVOLTA, M.L.; ALCARDE, J.C.; CORRÊA, J.C.; TERRA, M.M.; CABRAL, C.P. Eficiência relativa de fontes de zinco para o milho (*Zea mays* L.). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.44, n.1, p.57-76, 1987.
- MELARATO, M. Micronutrientes no sistema plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., Ponta Grossa, 2000. Ponta Grossa: Associação de Engenheiros Agrônomos dos Campos Gerais, 2000. p.161-174.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1987. 667p.
- MOZAFAR, A. Effect of boron on ear formation and yield components of two maize (*Zea mays* L.) hybrids. **Journal of Plant Nutrition**, v.10, n.3, p.319-32, 1987.
- PAVAN, M.A.; CORREA, A.E. Reações de equilíbrio solo-boro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.3, p.261-269, 1988.
- PECK, T.R.; WALKER, W.M.; BOONE, L.V. Relationship between corn (*Zea mays* L.) yield and leaf levels of ten elements. **Agronomy Journal**, v.61, n.2, p.299-301, 1969.
- RAIJ, B. van. Geoquímica de micronutrientes. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. p.99-112.
- RAIJ, B. van; SILVA, N.M. da; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; DECHEN, A.R.; TRANI, P.E. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1985. 107p. (Boletim Técnico, 100).
- RIBEIRO, A.C.; BRAGA, J.M. Adsorção de boro pelo solo. **Experientiae**, v.17, 1974. p.293-310.
- ROSOLEM, C.A.; FRANCO, G.R. Translocação de zinco e crescimento radicular em milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.807-814, 2000.
- SOUZA, E.C.A.; COUTINHO, E.L.M.; NATALE, W.; BARBOSA, J.C. Respostas do milho à adubação com fósforo e zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.7, p.1031-1036, 1998.
- TOUGHTON, J.T.; BOSWELL, F.C. Boron application for corn grown on selected southeastern soils. **Agronomy Journal**, v.67, n.2, p.197-200, 1975.
- WOODRUFF, J.R.; MOORE, F.W.; MUSEN, H.L. Potassium, boron, nitrogen, and lime effects on corn yield and ear leaf nutrient concentrations. **Agronomy Journal**, v.79, n.3, p.520-524, 1987.
- ZUBLENA, J.P.; ANDERSON, J.R. **Soil facts: Starter fertilizers for corn production**. North Carolina Cooperative Extension Service, 1994. 8p.



Revista www.plantiodireto.com.br

PLANTIO DIRETO

ISSN 16778081

Ano XII - Número 76 - Julho/Agosto de 2003 - R\$ 10,00

Ciclos de preços
e prospecções sobre
o mercado da soja,
milho, trigo e algodão

Manejo de aveia em PD



Renovação de Pastagens

A NOVA CONTRIBUIÇÃO DO SISTEMA PLANTIO DIRETO

Plantio Direto movimenta o Estado de São Paulo