

24467  
2012.0045



633.15  
C957m  
2011

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Milho e Sorgo  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento



## ***O produtor pergunta, a Embrapa responde***

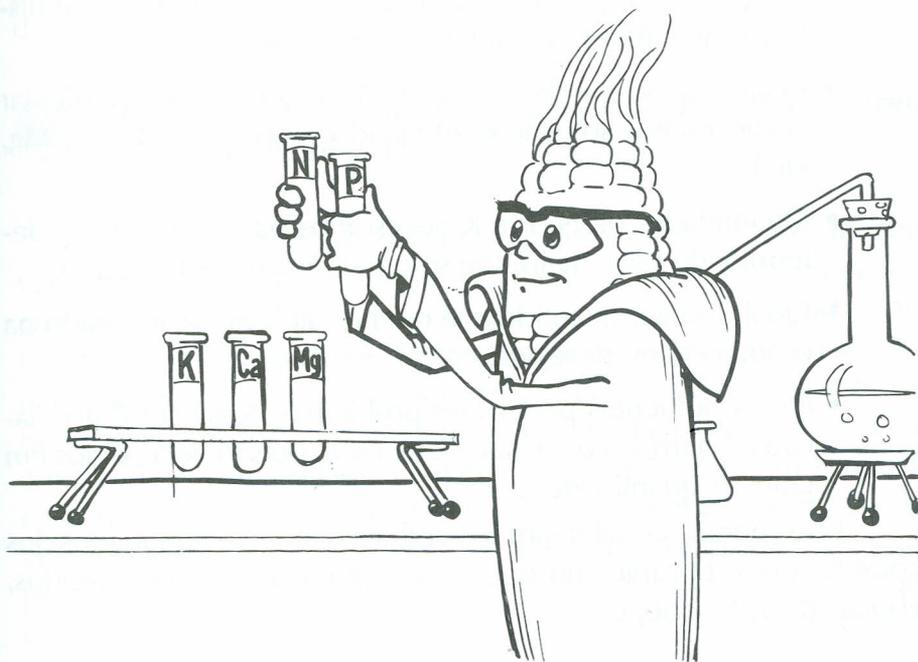
*José Carlos Cruz  
Paulo César Magalhães  
Israel Alexandre Pereira Filho  
José Aloísio Alves Moreira*

Editores Técnicos

**Embrapa Informação Tecnológica**  
Brasília, DF  
2011

# 6

## Exigências Nutricionais e Adubação



*Antônio Marcos Coelho  
Álvaro Vilela Resende  
Flávia Cristina dos Santos*

### **Quais as etapas a serem seguidas para o estabelecimento de um programa de recomendação e manejo da adubação para o milho?**

Para que o objetivo do manejo racional da fertilidade do solo e adubação do milho seja atingido, é imprescindível a utilização de uma série de instrumentos de diagnose de possíveis problemas nutricionais que, uma vez corrigidos, aumentará as probabilidades de sucesso com a cultura.

O agricultor, ao planejar a adubação do milho, deve levar em consideração os seguintes aspectos:

- Diagnose adequada dos problemas – análise de solo e histórico de calagem e adubação das glebas.
- Quais nutrientes devem ser considerados nesse particular caso? (muitos solos têm adequado suprimento de Ca, Mg, etc.).
- Quantidades de N, P e K necessários na semeadura? – determinado pela análise de solo e removido pela cultura.
- Qual a fonte, quantidade e quando aplicar N? (baseado na produtividade desejada).
- Quais nutrientes podem ter problemas nesse solo? (lixiviação de nitrogênio em solos arenosos, ou são necessários em grandes quantidades).

Esses pontos possibilitam a escolha e o manejo adequados dos corretivos e fertilizantes no que se referem a doses, tipos, modos, épocas de aplicação, etc.

### **Quais são os procedimentos utilizados para a diagnose da necessidade de adubação para o milho?**

Para o estabelecimento de um programa de calagem e adubação do milho, as seguintes ferramentas têm sido normalmente utilizadas: diagnose visual, análise química do solo e análise foliar.

Com relação aos parâmetros para diagnose do potencial produtivo dos solos e suas capacidades no suprimento de nutrientes, têm sido amplamente utilizadas análises químicas e físicas. Por sua vez, o monitoramento dos níveis de suficiência nutricional por meio da diagnose foliar (visual, análises químicas das folhas, sensores, etc.) constitui-se também em uma ferramenta auxiliar para o uso eficiente dos fertilizantes. Os sintomas de deficiência podem constituir, no âmbito do campo, em elemento auxiliar na identificação da carência nutricional.

No entanto, para a identificação da deficiência com base na sintomatologia, é necessário que o técnico tenha razoável experiência de campo, uma vez que deficiências nutricionais, sintomas de doenças e distúrbios fisiológicos podem ser confundidos.

96

### **Quais os procedimentos necessários para uma correta amostragem de solos?**

Para que os resultados de uma análise química de solo tenham validade e representatividade, é indispensável o máximo cuidado e critério na coleta de amostras que deverão ser enviadas aos laboratórios. Os esquemas de amostragem podem ser divididos em duas categorias: ao acaso e sistematizada. Amostragem ao acaso: nesse esquema de amostragem, a propriedade ou a área a ser amostrada deve ser dividida em glebas de até 10 ha, numerando-se cada uma delas. As glebas devem ser homogêneas quanto ao uso anterior, tipo de solo e aspecto geral da vegetação. As glebas são percorridas em ziguezague, retirando-se 20 amostras simples, que devem ser misturadas, separando-se uma amostra composta de 1 kg para ser enviada ao laboratório.

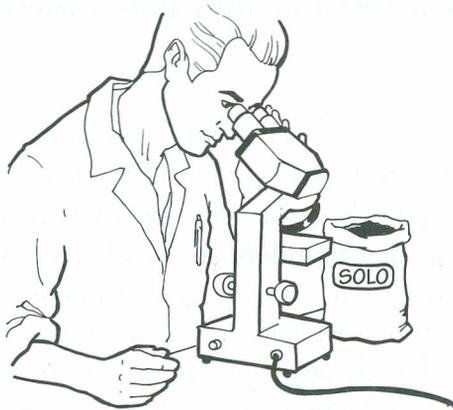
Com a introdução dos conceitos e tecnologias da Agricultura de Precisão (AP), a amostragem sistematizada das áreas tem sido recomendada. O procedimento que tem sido mais utilizado para a amostragem sistematizada dos solos (registrada com o uso do GPS) é o estabelecimento de grades espaçadas regularmente no campo. O tamanho da grade de amostragem é influenciado pela magnitude

da variabilidade dos atributos dos solos. Assim, a recomendação do espaçamento das grades pode variar em função da resolução desejada (precisão) associada aos custos. Empresas prestadoras de serviços em AP têm adotado grades amostrais variando entre 2,5 ha e 10 ha.

É importante mencionar que, para que os objetivos da análise de solo sejam atingidos, é necessário que essa prática esteja interligada com outras etapas, quais sejam: análises de laboratório, interpretação dos resultados, recomendação de calagem e adubação, sendo todos esses segmentos extremamente importantes.

97

### **Qual a melhor época para se fazer a amostragem de solo para análises químicas?**



A análise química de solo pode ser feita em qualquer época do ano, mas é importante realizar a amostragem com antecedência mínima de 120 dias antes da semeadura do milho. Isso porque o processo de análises em laboratório, interpretação dos resultados, compra de calcário e adubo demanda algum tempo. Havendo necessidade de se realizar a calagem, é preciso um período de cerca de 90 dias após a aplicação do calcário para que este possa reagir no solo, corrigindo a acidez.

98

### **Em que profundidade devem ser coletadas as amostras de solo e com que frequência a análise de solo deve ser realizada?**

No caso de lavouras cultivadas no sistema de preparo convencional do solo, são recomendadas amostragens das camadas de 0 cm a 20 cm e de 20 cm a 40 cm. Para lavouras sob sistema

plantio direto consolidado ( $\geq 5$  anos), as camadas amostradas devem ser de 0 cm a 10 cm e de 10 cm a 30 cm. A coleta de amostras de solos na camada subsuperficial (20 cm a 40 cm) é indicada para uma caracterização inicial da área (na primeira vez que se analisa o solo) e sempre que se queira detectar a necessidade ou não de aplicação de gesso agrícola. Em áreas já cultivadas, é importante que as amostras simples sejam coletadas em pontos distribuídos nas entrelinhas e nas linhas de semeadura da cultura anterior.

As linhas adubadas em cultivos anteriores apresentam resíduos de fertilizantes que podem levar a uma superestimativa da disponibilidade de nutrientes, por isso é preciso mesclar os pontos de coleta das amostras.

As ferramentas mais comumente utilizadas para a coleta de amostras de solo são: a enxada, o enxadão, a pá de corte, os trados e as sondas. Atualmente, existem no mercado empresas de prestação de serviços que realizam a amostragem georreferenciada de solos, análises químicas e físicas, elaboração de mapas e aplicações de corretivos e fertilizantes a taxas variáveis, utilizando equipamentos munidos de dispositivos automatizados.

Quando as amostragens de solos são adequadamente realizadas e as análises efetuadas corretamente, as informações obtidas para determinação das necessidades de calcário, gesso, fósforo e potássio são frequentemente utilizadas por um período de 3 a 4 anos. Por sua vez, a coleta e a análise de solo podem ser necessárias sempre que houver indicativos de alteração na fertilidade do solo ou na produtividade da lavoura.

99

### **Quais análises devem ser solicitadas ao laboratório para se conhecer a fertilidade do solo?**

As principais determinações que precisam ser feitas são: análises químicas de rotina (pH, alumínio, hidrogênio + alumínio, teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio). Também é importante determinar o teor de matéria orgânica e a granulometria ou textura do solo (teores de argila, silte e areia).

Atualmente, tem assumido grande importância a solicitação das análises de enxofre e micronutrientes (boro, cobre, ferro, manganês e zinco). É importante mencionar que, atualmente no Brasil, a maioria dos estados tem programas de controle de qualidade que asseguram que os laboratórios estão realizando as análises corretamente e apresentam eficiência nos procedimentos utilizados.

### **100** Como interpretar a análise de solo?

Embora existam publicações na forma de tabelas de interpretação de análise de solo, seu uso correto depende de conhecimentos técnicos de um agrônomo ou outro especialista. Da mesma forma, existem tabelas de recomendação de adubação que são mais bem utilizadas com auxílio de um profissional qualificado. Um requisito importante para definir os requerimentos nutricionais para obter um rendimento máximo de milho é o de identificar o potencial de rendimento da cultura em um ambiente de interesse.

Do ponto de vista de fertilidade dos solos e nutrição do milho, resultados de pesquisas e a experiência têm demonstrado que altas produtividades, aqui definidas como sendo aquelas acima de 8 mil kg/ha, só têm sido possíveis em solos cuja fertilidade encontra-se em níveis classificados como de médio a alto. Em solos cuja fertilidade encontra-se nas classes baixa e muito baixa, seja em virtude das condições naturais ou dos processos de degradação, mesmo com aporte de corretivos e fertilizantes em doses adequadas, é bastante difícil, já no primeiro ano, obter altas produtividades de milho.

Assim, para atender as exigências nutricionais de lavouras de milho de alta produtividade, é preciso otimizar as condições de desenvolvimento das plantas, melhorando a fertilidade do solo com o tempo, por meio de plantio direto, manejo do resíduo da cultura, etc.

## Quando e como utilizar a análise foliar como diagnóstico do estado nutricional do milho?

Para o milho, a folha inteira oposta e abaixo da primeira espiga (superior), excluída a nervura central, coletada por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina (embonecamento) é comumente utilizada para avaliar seu estado nutricional. Normalmente, recomenda-se a coleta de 30 folhas por hectare ou talhão homogêneo. Não se devem coletar amostras das folhas quando, nas semanas antecedentes, fez-se uso de adubação no solo ou foliar, após uso de defensivos ou após períodos intensos de chuva. O ideal é que as amostras cheguem ao laboratório ainda verdes, no mesmo dia da coleta, acondicionadas em sacos de plástico, identificadas e transportadas em caixas com gelo. Caso isso não seja possível, é aconselhável que as folhas sejam rapidamente lavadas com água corrente e enxaguadas com água filtrada ou destilada, acondicionadas em sacos de papel reforçados e postas para secar ao sol ou em estufa a 70 °C. A identificação da amostra deve conter o seu número, cultura, localidade, data da coleta, nutrientes para analisar e endereço para resposta. A interpretação dos resultados das análises foliares deve estar relacionada com padrões locais que permitam comparações.

Para a cultura do milho, essas referências podem ser fornecidas pelo nível crítico, faixa de suficiência do nutriente na folha e pelo sistema integrado de diagnose e recomendação (Dris). O diagnóstico nutricional, obtido pela análise foliar, não pode ser considerado como uma avaliação definitiva e deve integrar um conjunto de outros métodos, como: análises químicas de solos, histórico das adubações usadas, diagnóstico visual, consulta a resultados experimentais, comparação com a experiência de outros agricultores e avaliação da produtividade, que devem confirmar ou não as necessidades de correção indicadas pelo diagnóstico nutricional.

## **Qual é o nível de acidez do solo tolerado pelo milho e como deve ser corrigido?**

As recomendações de calagem objetivam corrigir a acidez do solo e tornar insolúvel o alumínio, o que, aliadas a outras práticas de manejo da fertilidade, têm a função de elevar a capacidade produtiva dos solos. As quantidades de corretivos da acidez do solo são determinadas por diferentes metodologias e visam ao retorno econômico das culturas em médio prazo (4 a 5 anos). Como a calagem é uma prática que envolve sistemas de rotação e sucessão de culturas, na sua recomendação, deve-se priorizar a cultura mais sensível à acidez do solo.

O milho é classificado como sendo de tolerância mediana às condições de acidez e toxidez de alumínio. Solos com saturação de alumínio da Capacidade de Troca de Cátion (CTC) efetiva (valor m) maior do que 20% causam limitações no rendimento do milho. Entretanto, deve-se acrescentar que isso é dependente da ocorrência de déficit hídrico, teores de matéria orgânica e fósforo no solo e híbrido de milho. Altas produtividades de milho têm sido possíveis em solos que apresentam perfil de fertilidade nos primeiros 40 cm, com saturação de alumínio da CTC efetiva menor do que 20% e saturação de bases da CTC a pH 7 de 50% a 60%.

## **Como definir a quantidade e o tipo de corretivo da acidez do solo a ser aplicado?**

A partir dos resultados da análise do solo, podem ser utilizadas diferentes fórmulas de cálculo, de acordo com a região do País. Algumas regiões e estados possuem boletins específicos que contêm fórmulas e detalham os procedimentos para recomendação de calagem. Uma vez determinada a necessidade de calagem, a quantidade de calcário a ser aplicada na lavoura depende ainda de outros aspectos, como as características do corretivo (poder relativo de neutralização total (PRNT) e profundidade de incorporação no solo.

Vários produtos têm ação corretiva da acidez, tais como calcários, cal virgem, cal hidratada, silicatos e escórias de siderurgia. Porém, o calcário é o corretivo mais comumente encontrado nas diversas regiões produtoras do País.

Existem diferentes tipos de calcário que variam quanto à natureza física (granulometria) e à composição química. Calcários finos reagem mais rapidamente que os de granulometria grosseira, mas têm menor efeito residual no solo. Os calcários classificados como calcíticos possuem teores de magnésio mais baixo que os calcários dolomíticos.

No Brasil, existe o conceito generalizado para o uso em sua maioria de calcários dolomíticos visando manter no solo uma relação cálcio/magnésio de 3:1 a 5:1. Entretanto, para a cultura do milho, essa relação pode ser mais ampla ( $\text{Ca/Mg} = 10/1$ ), sem prejuízo da produtividade, desde que o teor de magnésio no solo esteja acima de  $0,5 \text{ cmol/dm}^3$  de solo.

Na tomada de decisão sob os aspectos técnicos e econômicos, em relação à escolha do(s) corretivo(s) a ser(em) usado(s) na calagem, devem ser considerados:

- A análise química.
- O poder relativo de neutralização total (PRNT).
- O preço por tonelada efetiva, o qual pode ser calculado pela fórmula:  $\text{Preço por tonelada efetiva} = \text{Preço na propriedade} \times 100/\text{PRNT}$ .

104

### **Como deve ser realizada a calagem em plantio convencional?**

Os efeitos da calagem se restringem à camada de incorporação do calcário. A utilização de arado ou grade aradora em sistema plantio convencional possibilita que o calcário distribuído a lanço seja incorporado até 20 cm de profundidade, ou um pouco mais. No caso de profundidade de incorporação diferente de 20 cm, a quantidade de corretivo a aplicar deverá ser corrigida para mais

(profundidade maior que 20 cm) ou para menos (profundidade menor que 20 cm), de modo a evitar o excesso ou a falta de calcário. Visando uma melhor distribuição do calcário na camada de incorporação, para doses maiores que 3 t/ha, recomenda-se aplicar metade da dose antes da aração e a outra metade após a aração e antes da gradagem niveladora.

105

### **Como deve ser feita a calagem em plantio direto estabelecido?**

Como no sistema plantio direto não deve haver revolvimento do solo, o manejo da calagem precisa ser muito bem feito quando da implantação do sistema. Nesse caso, o processo é idêntico ao indicado para o sistema de preparo convencional.

Em áreas com o plantio direto estabelecido ( $\geq 5$  anos) não é feita a incorporação do calcário, que é simplesmente aplicado a lanço, na superfície do solo. É importante considerar que a dose aplicada deverá ser menor, podendo-se considerar a correção numa camada de 0 cm a 10 cm no primeiro ano. Há certo consenso de que no plantio direto o uso de calcário deve ser feito em quantidades menores e com maior frequência que no sistema convencional. Em ambos os sistemas, a calagem deve ser realizada, preferencialmente, com antecedência de 90 dias do plantio.

106

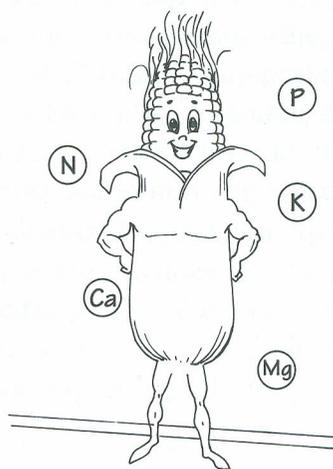
### **Se a calagem apenas corrige a acidez da camada superficial, como corrigir a acidez da camada subsuperficial?**

Como já mencionado, o efeito da calagem é restrito à camada de incorporação do calcário que normalmente atinge a profundidade de 20 cm. Entretanto, muitos solos apresentam acidez subsuperficial (abaixo de 20 cm). Nessas condições, o gesso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) é um composto que apresenta maior mobilidade que o calcário ( $\text{CaCO}_3$ ) no solo, alcançando camadas mais profundas. Assim, a gessagem possibilita o fornecimento de cálcio e a redução

da toxidez por alumínio abaixo da camada de 20 cm. É importante ressaltar que a gessagem não substitui a calagem e não propicia elevação do pH do solo. O gesso pode ser também utilizado como fonte de cálcio e enxofre para o milho.

### 107 Quais são as exigências nutricionais do milho?

Como qualquer outra cultura, o milho demanda diversos elementos químicos considerados nutrientes essenciais: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn). Os seis primeiros (N, P, K, Ca, Mg e S) são requeridos em maiores quantidades e por isso são chamados de macronutrientes. Os demais são requeridos em quantidades muito pequenas, sendo chamados de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn).



### 108 Qual a quantidade de nutrientes extraída e exportada pela cultura do milho?

Durante o desenvolvimento, a planta de milho acumula nutrientes na parte aérea (folhas, colmo e pendão) e nos grãos. Em média, para cada tonelada de grãos colhida, são removidos 17 kg/ha a 23 kg/ha de N, 4 kg/ha a 6 kg/ha de P, 4 kg/ha a 7 kg/ha de K, e 1 kg/ha a 2 kg/ha de S. É importante atentar para o fato de que, quando a planta inteira é colhida, como é o caso do milho para produção de forragem, a remoção de nutrientes é bem maior, da ordem de 25 kg/ha a 35 kg/ha de N, 5 kg/ha a 7 kg/ha de P, 18 kg/ha a 35 kg/ha de K, e 2,5 kg/ha a 4 kg/ha de S, para cada tonelada de matéria seca produzida.

Com relação aos micronutrientes, as quantidades requeridas pelas plantas de milho são muito pequenas. Entretanto, a deficiência de um deles pode ter tanto efeito na desorganização de processos metabólicos e redução na produtividade, como a deficiência de um macronutriente, como, por exemplo, o nitrogênio. Em milho, os nutrientes têm diferentes taxas de translocação entre os tecidos (colmos, folhas e grãos).

No que se refere à exportação dos nutrientes, o fósforo é quase todo translocado para os grãos (77% a 86%), seguindo-se o nitrogênio (70% a 77%), o enxofre (60%), o magnésio (47% a 69%), o potássio (26% a 43%) e o cálcio (3% a 7%). Isso implica que a incorporação dos restos culturais 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 extração e exportação de nutrientes. Assim, problemas de fertilidade do solo se manifestarão mais cedo na produção de silagem do que na produção de grãos.

109

### **Considerando os estádios fenológicos de desenvolvimento da cultura do milho, quais as maiores exigências nutricionais?**

Definida a necessidade de aplicação de fertilizantes para a cultura do milho, o passo seguinte, e de grande importância no manejo da adubação, visando à máxima eficiência, é o conhecimento da absorção e acumulação de nutrientes nos diferentes estádios de desenvolvimento da planta, identificando as épocas em que os elementos são exigidos em maiores quantidades. Essa informação, associada ao potencial de perdas por lixiviação de nutrientes nos diferentes tipos de solos, são fatores importantes a considerar na aplicação parcelada de fertilizantes, principalmente nitrogenados e potássicos.

O milho apresenta períodos diferentes de intensa absorção, com o primeiro ocorrendo durante a fase de desenvolvimento

vegetativo, V4 a V12 folhas, quando o número potencial de grãos está sendo definido; e o segundo, durante a fase reprodutiva ou formação da espiga, quando o potencial produtivo é atingido. Isso enfatiza que, para altas produtividades, mínimas condições de estresses devem ocorrer durante todos os estádios de desenvolvimento da planta. A absorção de potássio apresenta um padrão diferente em relação ao nitrogênio e ao fósforo, com a máxima absorção ocorrendo no período de desenvolvimento vegetativo, com elevada taxa de acúmulo nos primeiros 30 a 40 dias de desenvolvimento, com taxa de absorção superior ao de nitrogênio e fósforo, sugerindo maior necessidade de potássio na fase inicial como um elemento de 'arranque'.

Para o nitrogênio e o fósforo, o milho apresenta dois períodos de máxima absorção durante as fases de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo ou formação da espiga, e menores taxas de absorção no período compreendido entre a emissão do pendão e o início da formação da espiga.

110

### **Qual o critério utilizado para definir as dose de nutrientes a serem aplicadas na cultura do milho?**

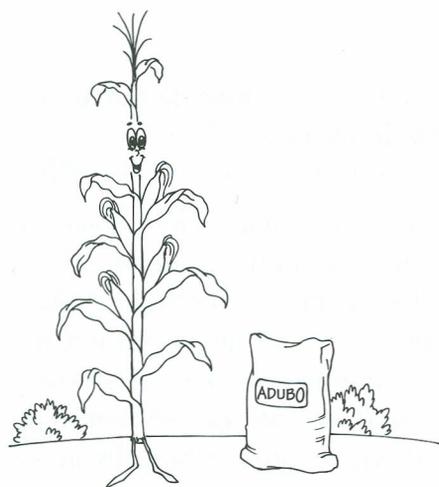
Ainda é muito comum a prática de definição das doses de aplicação de fertilizantes com base em experiências locais ou em dados gerais de requerimento das culturas. Embora sejam informações úteis para obtenção de níveis médios de produtividade, geralmente são pouco efetivas ou antieconômicas. Os solos apresentam diferenças em sua capacidade de fornecimento de nutrientes, dependendo da quantidade de reservas totais, dinâmica de mobilização e fixação e da disponibilidade dos nutrientes para as raízes. Desse modo, é necessário quantificar, por meio de análises químicas, o potencial dos solos em fornecer os nutrientes e o estado nutricional das plantas como instrumentos para o uso eficiente de fertilizantes.

Em virtude do fato de culturas com maiores rendimentos extraírem e exportarem maiores quantidades de nutrientes e,

portanto, necessitam de doses diferentes de fertilizantes, nas recomendações oficiais de adubação para a cultura do milho no Brasil, as doses dos nutrientes são segmentadas conforme a produtividade esperada. Isso se aplica mais apropriadamente a nutrientes como nitrogênio e potássio, extraídos em grandes quantidades, mas também é válido para o fósforo e, de certo modo, para o enxofre. O conceito é menos importante para o cálcio e o magnésio, cujos teores nos solos, com a acidez adequadamente corrigida, devem ser suficientes para culturas de milho com altas produtividades.

111

### Quais são as épocas adequadas para realizar a adubação do milho?



Com base nas informações sobre o potencial produtivo dos solos (fertilidade e textura) e as exigências nutricionais do milho durante o seu desenvolvimento, pode-se estabelecer, em geral, que duas épocas são importantes para aplicação de fertilizantes no milho: na semeadura e em cobertura durante estágio de desenvolvimento vegetativo.

A definição dessas épocas é baseada no conhecimento da absorção e acumulação de nutrientes nas diferentes fases de desenvolvimento da planta, identificando as épocas em que os elementos são exigidos em maiores quantidades, associada ao potencial de perdas por lixiviação dos nutrientes nos diferentes tipos de solos, os quais são fatores importantes a considerar na aplicação parcelada de fertilizantes, principalmente nitrogenados e potássicos.

**112**

## **Quais nutrientes devem ser aplicados na semeadura do milho?**

A princípio e de um modo geral, todos os nutrientes (macro e micronutrientes) poderiam ser aplicados por ocasião da semeadura do milho. Entretanto, dependendo da dose recomendada e em virtude de problemas de salinidade causando injúrias às raízes das plântulas de milho, perdas por lixiviação no perfil do solo, tipo de fertilizante e às vezes por questões operacionais, alguns nutrientes, como por exemplo o N e o K, têm suas doses normalmente parceladas, aplicando-se parte na semeadura e parte em cobertura. Para alguns micronutrientes, além da aplicação via solo ou nas sementes por ocasião da semeadura, aplicações via pulverizações foliares têm sido também utilizadas. Em algumas situações, como por exemplo em solos cuja fertilidade é classificada na classe média ou acima, e por questões operacionais, a adubação utilizando formulações contendo N-P-K+micronutrientes tem sido aplicada a lanço na superfície do solo antes da semeadura do milho, sendo posteriormente suplementada a adubação nitrogenada de cobertura.

**113**

## **Como definir as quantidades de nitrogênio e potássio a serem aplicadas em cobertura?**

O potencial produtivo da lavoura é o principal critério para dimensionar as quantidades de N e/ou K a serem fornecidas em cobertura. Para o potássio, além da análise de solo, deve-se também levar em consideração o tipo de exploração: produção de grãos ou forragem. Lavouras de alta produtividade (acima de 8 t/ha de grãos) exigem aportes adicionais de N e K proporcionalmente maiores que os dos demais nutrientes. O histórico de uso (adubações anteriores, tipos de culturas em rotação/sucessão, etc.) e de produtividade das lavouras, as condições climáticas e outros fatores que interferem no desenvolvimento das plantas durante o ciclo do milho podem ser utilizados para ajustes na adubação de cobertura. As doses variam de 60 kg/ha a 180 kg/ha de N, e de 60 kg/ha a 90 kg/ha de K<sub>2</sub>O,

para produtividade esperada variando de 8 t/ha a 12 t/ha de grãos. No caso do milho safrinha, a deficiência hídrica, que normalmente ocorre nas lavouras, limita fortemente o potencial de produção, fazendo com que a maioria dos produtores não utilize adubação de cobertura ou a faça em doses mínimas.

114

### **Em que época deve ser feita a adubação de cobertura com nitrogênio e potássio?**

O aporte significativo de nitrogênio na fase inicial de desenvolvimento do milho (até o estágio fenológico 5 a 6 folhas) proporciona um maior índice de área foliar e maior número de grãos por espiga. A utilização de 30 kg/ha a 40 kg/ha de N, na semeadura, permite que a adubação de cobertura possa ser efetuada até os estádios de 7 a 8 folhas, sem prejuízos consideráveis ao desempenho das plantas, e até a 10ª folha, sob irrigação. Porém, quando da ausência de N na semeadura, a cobertura deverá ser efetuada até os estádios correspondentes a 4 ou 5 folhas completamente expandidas, caso contrário as perdas em produção poderão ser significativas.

Em milho cultivado no outono/inverno, sob condições irrigadas, melhores resultados são obtidos parcelando o N via água de irrigação em três vezes (uma na semeadura e duas aplicações em cobertura nos estádios de V7 e V12, quando comparado à aplicação no solo em duas vezes. Isso poderia ser explicado pelo fato de que, no plantio de outono/inverno, o ciclo do milho é aumentado (150 dias), necessitando de aporte de N em estádios mais avançados de desenvolvimento da cultura.

Ao contrário da adubação com N, para o qual é possível maior flexibilidade na época de aplicação sem prejuízo na produção, o K deve ser aplicado em cobertura no máximo até 30 dias após a semeadura, o que geralmente corresponde ao estágio de desenvolvimento de 5 a 6 folhas totalmente desenvolvidas. A aplicação parcelada do K pode ser feita nas seguintes situações: solos altamente deficientes nesse nutriente, nos quais são necessárias altas doses de fertilizante; e quando o milho for cultivado para

produção de forragem, para o que normalmente são necessárias doses mais altas de K em razão da maior exportação desse nutriente e em solos arenosos.

115

### **Quais os principais fertilizantes nitrogenados e potássicos utilizados na adubação de cobertura e os principais métodos de aplicação?**

Os principais fertilizantes nitrogenados disponíveis no comércio são a ureia (N 45%), o sulfato de amônio (N 20%, S 24%) e o nitrato de amônio (N 32%), sendo a ureia, em função do menor custo, a fonte de N mais utilizada.

Dentre as fontes de fertilizantes minerais potássicos, disponíveis no mercado, o cloreto de potássio (KCl) predomina na agricultura brasileira. As razões para essa dominância do KCl são a alta concentração de nutriente ( $K_2O$  60%) e o abundante suprimento desse fertilizante, que responde por cerca de 95% de todo o K usado.

Os seguintes métodos, isoladamente ou combinados, têm sido utilizados para aplicação de N e K em cobertura na cultura do milho: aplicação em cobertura, localizada ou a lanço na superfície do solo, e aplicação via água de irrigação (fertirrigação). Para nutrientes com alta mobilidade no solo, como o N, acreditava-se que os métodos de aplicação teriam pouca ou nenhuma influência na eficiência agrônômica dos fertilizantes nitrogenados.

Entretanto, pelo fato de que as fontes de nitrogênio apresentam fórmulas químicas diferentes, tem sido observado que o método de aplicação tem influência na eficiência agrônômica entre as fontes. Essas diferenças são atribuídas, principalmente, ao potencial de perdas por volatilização de  $NH_3$  entre as fontes.

Embora a eficiência da aplicação de N a lanço, na superfície do solo, seja questionada, principalmente quando a fonte utilizada é a ureia, os resultados de pesquisas mostraram que esse método de aplicação apresentou eficiência semelhante à da aplicação localizada incorporada ( $\pm 5$  cm) e foi superior à da aplicação localizada na

superfície do solo. Esse é um aspecto importante, pois o método de aplicação a lanço possibilita maior rapidez na operação de distribuição dos fertilizantes.

As condições para uma melhor eficiência da ureia aplicada na superfície do solo são: solo seco por ocasião de sua aplicação e/ou ocorrência de uma significativa precipitação, provavelmente de 10 mm a 20 mm, dentro de 3 a 6 dias após sua aplicação.

116

### **Que condições levam a maiores perdas de nitrogênio fornecido na adubação de cobertura?**

O N é o nutriente sujeito a maiores perdas envolvendo processos de volatilização e lixiviação. No primeiro caso, o N aplicado via fertilizantes é convertido a formas gasosas que se perdem na atmosfera. A lixiviação consiste na movimentação do N em profundidade no perfil do solo, principalmente na forma de nitrato. O fertilizante nitrogenado com maior potencial de perdas por volatilização é a ureia, principalmente quando aplicada na superfície do solo, sobre a palhada de culturas anteriores, em condições de solos úmidos e sem a ocorrência de chuvas ou irrigação após sua aplicação. A estratégia mais comum para minimizar as perdas é adequar a aplicação do fertilizante nitrogenado às necessidades da cultura, levando em conta as características do produto usado.

Em relação à lixiviação, recomenda-se o parcelamento da adubação de forma que o N seja fornecido nos períodos que antecedem a maior demanda e quando as plantas já tenham um sistema radicular desenvolvido o suficiente para absorver o nutriente.

Para evitar as perdas por volatilização de  $\text{NH}_3$ , o meio mais eficiente é incorporar o fertilizante ao solo, a uma profundidade mínima de 5 cm, por meio mecânico ou irrigação. Outras alternativas estão relacionadas ao uso de fontes de N de liberação lenta ou controlada (baixa solubilidade) e fertilizantes estabilizados (contêm aditivos – inibidores de nitrificação e urease).

## Como definir a necessidade de adubação com micronutrientes?

Existem duas filosofias básicas para a aplicação de micronutrientes: prescrição e de restituição. A filosofia de prescrição utiliza a análise de solo e/ou foliar para avaliar a disponibilidade e definir doses a serem aplicadas. A filosofia de restituição vem sendo utilizada, principalmente nas áreas que têm atingido altos tetos de produtividade e intensificação de problemas de deficiências, pelas altas taxas de exportação. Um aspecto importante a observar em relação aos micronutrientes é que o intervalo de variação entre os teores considerados deficientes ou excessivos (tóxicos) para as plantas é muito pequeno. Portanto, é preciso tomar cuidado para não aplicar os micronutrientes em quantidades acima das recomendadas.

Os micronutrientes podem ser aplicados em adubações de manutenção via solo ou via foliar. A adubação no solo é feita simultaneamente com a adubação NPK de plantio. A maioria dos formulados NPK comercializados no País é enriquecida em Zn e outros micronutrientes. As áreas novas de cultivo no Brasil respondem à adubação com micronutrientes, sendo o Zn o que apresenta maior retorno para a cultura do milho. Com o passar do tempo de cultivo, os teores de micronutrientes no solo, principalmente de Zn e Cu, tendem a aumentar em razão de adubações sucessivas.

## Em que época deve ser feita a adubação foliar com micronutrientes?

A aplicação de micronutrientes na cultura do milho, via pulverização foliar, é realizada no período de desenvolvimento vegetativo de 4 a 7 folhas completamente desenvolvidas. Essa fase é conhecida como a janela para aplicação foliar de micronutrientes. Normalmente, para a maioria dos micronutrientes, são necessárias duas aplicações durante essa fase. O volume da calda pode variar

de 150 L/ha a 250 L/ha, sendo o maior volume utilizado quando os micronutrientes são aplicados com algum tipo de inseticida para o controle de pragas da parte aérea do milho.

119

### **Apliação de estimulantes: biorreguladores, aminoácidos e extrato de algas, proporciona aumentos na produtividade do milho?**

Nos últimos anos, os biorreguladores, os aminoácidos e os extratos de algas têm estado em evidência e despertado o interesse dos produtores, pelo potencial em promover aumentos de produtividade. Os biorreguladores ou reguladores vegetais são compostos orgânicos, naturais ou sintéticos que, em pequenas quantidades, promovem ações similares aos grupos de hormônios vegetais. Os aminoácidos são metabólitos primários das plantas, constituintes das proteínas e participam diretamente no metabolismo das plantas e suas funções estão relacionadas aos aspectos fisiológicos e biológicos.

Os produtos comerciais à base de algas (*Ascophyllum nodosum*, por exemplo) exibem ação semelhante aos hormônios vegetais. Os produtos à base de aminoácidos e extrato de algas são considerados aditivos pelo Mapa e têm seu uso aprovado em fertilizantes, em geral como estabilizantes da formulação.

O uso desses produtos em tratamento de sementes e pulverizações foliares está se tornando cada vez mais frequente. Os seguintes benefícios têm sido mencionados com a utilização de fertilizantes à base desses produtos: promovem uma melhor germinação das sementes; aumentam emissão de radículas; maior quantidade de absorção de nutrientes à uma velocidade mais alta; como têm função quelatizante, facilitam a penetração de outros componentes na planta; maior assimilação de nutrientes pelas células vegetais; estímulo ao crescimento, acelera a maturação e aumento da produtividade, sendo que as melhores respostas do milho à aplicação desses produtos têm sido em situações de estresses das plantas (nutricional, climático, fitotoxicológico, hídrico, etc.).