

CULTIVO DO MILHO

Nutrição e Adubação

Antônio Marcos Coelho¹
Gonçalo Evangelista de França
Gilson Villaça Exel Pitta
Vera Maria Carvalho Alves
Luiz Carlos Hernani

Introdução

Nos últimos anos, a cultura do milho, no Brasil, vem passando por importantes mudanças tecnológicas, resultando em aumentos significativos da produtividade e produção. Entre essas tecnologias, destaca-se a necessidade da melhoria na qualidade dos solos, visando uma produção sustentada. Essa melhoria na qualidade dos solos está geralmente relacionada ao adequado manejo, o qual inclui, entre outras práticas, a rotação de culturas, o plantio direto e o manejo da fertilidade, por meio da calagem, gessagem e adubação equilibrada com macro e micronutrientes, utilizando fertilizantes químicos e/ou orgânicos (esterços, compostos, adubação verde, etc.).

Para que o objetivo do manejo racional da fertilidade do solo seja atingido, é imprescindível a utilização de uma série de

instrumentos de diagnose de possíveis problemas nutricionais, que, uma vez corrigidos, aumentarão as probabilidades de sucesso na agricultura.

Assim, o agricultor, ao planejar a adubação do milho, deve levar em consideração os seguintes aspectos: a) diagnose adequada dos problemas - feita pela análise de solo e histórico de calagem e adubação das glebas; b) quais nutrientes devem ser considerados neste caso particular (muitos solos têm adequado suprimento de Ca, Mg, etc.); c) quantidades de N, P e K necessárias na semeadura – determinadas pela análise de solo e considerando o que foi removido pela cultura; d) qual a fonte, quantidade e quando aplicar N (baseado na produtividade desejada); e) quais nutrientes podem ter problemas nesse solo (lixiviação de nitrogênio em solos arenosos ou se são necessários em grandes quantidades).

¹ Eng. Agr., PhD, Embrapa Milho e Sorgo. Caixa Postal 151 CEP 35 701-970 Sete Lagoas, MG.
E-mail: amcoelho@cnpmc.embrapa.br

Exigências Nutricionais

Dados médios de experimentos conduzidos em Sete Lagoas e Janaúba, MG, e reportados por Coelho & França (1995) dão uma idéia da extração de nutrientes pelo milho, cultivado para produção de grãos e silagem (Tabela 1). Observa-se que a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumenta linearmente com o aumento na produtividade, e que a maior exigência da cultura refere-se a nitrogênio e potássio, seguindo-se cálcio, magnésio e fósforo.

Com relação aos micronutrientes, as quantidades requeridas pelas plantas de milho são muito pequenas. Para uma produtividade de 9 t de grãos/ha, são extraídos: 2.100 g de ferro, 340 g de manganês, 400 g de zinco, 170 g de boro, 110 g de cobre e 9 g de molibdênio. Entretanto, a deficiência de um deles pode ter tanto efeito na desorganização de processos metabólicos e redução na produtividade quanto a deficiência de um macronutriente, como, por exemplo, o nitrogênio.

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 (Tabela 1). Assim, problemas de fertilidade do solo se manifestarão mais cedo na produção de silagem do que na produção de grãos.

Acumulação de Nutrientes e Manejo da Adubação

Definida a necessidade de aplicação de fertilizantes para a cultura do milho, o passo seguinte, e de grande importância no manejo da adubação, visando a máxima eficiência, é o 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. Essa informação, associada ao potencial de perdas por lixiviação de nutrientes nos diferentes tipos de solos e a sua eficiência, são fatores importantes a considerar na aplicação parcelada de fertilizantes, principalmente nitrogenados e potássicos.

Tabela 1. Extração média de nutrientes (kg/ha) pela cultura do milho destinada à produção de grãos e silagem, em diferentes níveis de produtividade. (Fonte: Coelho & França 1995).

| Tipo de exploração | Produtividade (t/ha) | Nutrientes extraídos 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 |

¹Para converter P em P₂O₅; K em K₂O; Ca em CaO e Mg em MgO, multiplicar por 2,29; 1,20; 1,39 e 1,66; respectivamente.

O milho apresenta períodos diferentes de intensa absorção, com o primeiro ocorrendo durante a fase de desenvolvimento vegetativo (V12 a V18, o que corresponde a 12 a 18 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 produções, mínimas condições de estresses devem ocorrer durante todos os estádios de desenvolvimento da planta.

A absorção de potássio apresenta um padrão diferente quando comparado do nitrogênio e ao fósforo. A máxima absorção do potássio ocorre no estágio vegetativo (30 a 40 dias de desenvolvimento), com taxa de absorção superior à do nitrogênio e do 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.

Nitrogênio

O milho é uma cultura que remove grandes quantidades de nitrogênio e usualmente requer o uso de adubação nitrogenada em cobertura para complementar a quantidade suprida pelo solo, quando se desejam produtividades elevadas. Resultados de experimentos conduzidos no Brasil, sob diversas condições de solo, clima e sistemas de cultivo, mostram resposta generalizada da cultura à adubação nitrogenada. Em geral, 70 a 90 % dos ensaios de adubação com milho realizados em campo, no Brasil, apresentaram respostas à aplicação de nitrogênio.

Avaliação da necessidade de adubação nitrogenada

Do ponto de vista econômico e ambiental, a dose de N a aplicar é, para muitos, a mais importante decisão no manejo do fertilizante

A crescente adoção do sistema de plantio direto no Brasil e a necessidade de utilizar culturas de cobertura e rotação de culturas, visando a sustentabilidade desse sistema, são aspectos que devem ser considerados na otimização da adubação nitrogenada.

As recomendações atuais para a adubação nitrogenada em cobertura são realizadas com base em curvas de resposta, histórico da área e produtividade esperada. A recomendação da adubação nitrogenada em cobertura para a cultura do milho de sequeiro, de modo geral, varia de 40 a 80 kg de N/ha. Em agricultura irrigada, onde prevalece o uso de alta tecnologia, para a obtenção de elevadas produtividades, essa recomendação seria insuficiente. Nessas condições, doses de nitrogênio variando de 100 a 150 kg/ha podem ser necessárias para a obtenção de elevadas produtividades (Tabela 1).

Na tomada de decisão sobre a necessidade de adubação nitrogenada, alguns fatores devem ser considerados, tais como: condições edafoclimáticas, sistema de cultivo (plantio direto e convencional), época de semeadura (época normal e safrinha), responsividade do material genético, rotação de culturas, época e modo de aplicação, fontes de nitrogênio, aspectos econômicos e operacional. Isso enfatiza a regra de que as recomendações de nitrogênio devem ser cada vez mais específicas e não generalizadas.

Dentre as informações requeridas para otimizar essa recomendação, incluem-se: a) a estimativa do potencial de mineralização do N do solo; b) a quantidade de N mineralizado ou imobilizado pela cultura de cobertura; c) o requerimento do N pela cultura, para atingir um rendimento projetado e d) a expectativa da eficiência de recuperação do N disponível das diferentes fontes (solo, resíduo de cultura, fertilizante mineral). A Figura 1 ilustra a complexidade envolvida, por exemplo, para a recomendação de N para a cultura do milho, baseando-se em informações obtidas em solo sob cerrado (Coelho et al., 1992).

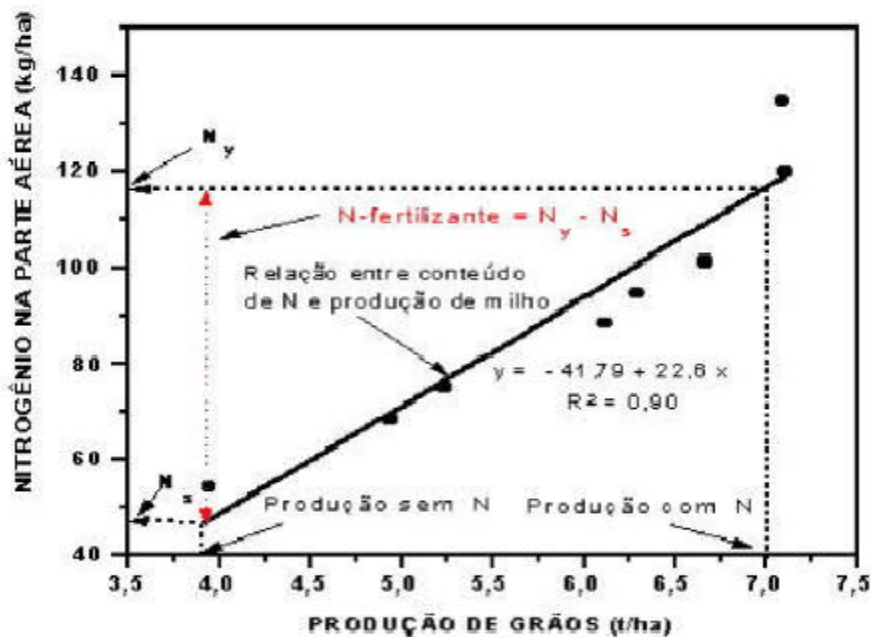


Figura 1. Parâmetros envolvidos na estimativa da necessidade de aplicação de fertilizante nitrogenado para a cultura do milho.

Como critérios para recomendação a serem avaliados, em condições específicas, parece-nos adequado considerar a técnica da estimativa das necessidades de nitrogênio ilustrada na Figura 1, em que:

$$N_f = (N_y - N_s) / E_f$$

Sendo que:

N_f = corresponde à quantidade de nitrogênio requerida pela planta;

N_y = representa a quantidade de nitrogênio que pode ser acumulada na matéria seca da parte aérea da planta (palhada + grãos), para uma determinada produção de grãos (valores variam de 1,0 % de N na palhada a 1,4 % de N nos grãos);

N_s = representa o nitrogênio suprido pelo solo (20 kg de N para cada 1% de matéria orgânica do solo ou valores que variam de 60 a 80 kg de N/ha por cultivo);

E_f = é o fator de eficiência ou aproveitamento do fertilizante pela planta (calculado em função do aumento do conteúdo de nitrogênio da parte aérea por unidade de fertilizante aplicado. Valores variam de 0,5 a 0,7).

Utilizando esses conceitos, pode-se calcular a necessidade de nitrogênio para uma cultura

do milho, para uma produtividade estimada de 7.000 kg/ha, em uma área cuja cultura anterior era o milho, conforme ilustrado na Tabela 2.

Parcelamento e época de aplicação

No Brasil, existe o conceito generalizado entre técnicos e produtores de que, aumentando-se o número de parcelamento da adubação nitrogenada, aumenta-se a eficiência do uso do nitrogênio e reduzem-se as perdas, principalmente por lixiviação. Como consequência, e devido às facilidades que os sistemas de irrigação oferecem para a aplicação de fertilizantes via água, é comum o parcelamento do fertilizante nitrogenado em quatro ou até seis ou oito vezes durante o ciclo da cultura.

Entretanto, experimentos conduzidos no Brasil evidenciaram que a aplicação parcelada de nitrogênio em duas, três ou mais vezes para a cultura do milho, com doses variando de 60 a 120 kg/ha, em solos de textura média e argilosa, não refletiram em maiores produtividades em relação a uma única aplicação na fase inicial de maior exigência da cultura, ou seja, 30 a 35 dias após a semeadura. É importante salientar que as informações apresentadas anteriormente

foram obtidas em solos de textura argilosa a média, com teores de argila variando de 30 a 60 %, não sendo, portanto, válidas para solos arenosos (80 a 90 % de areia), cujo manejo do nitrogênio irá necessariamente requerer cuidados especiais.

Para as condições do Brasil, de acordo com as informações disponíveis, Coelho et al. (1991) mencionam que, em geral, deve-se usar maior número de parcelamento sob as condições:

- a) altas doses de nitrogênio (120 a 200 kg/ha);
- b) solos de textura arenosa;
- c) áreas sujeitas a chuvas de alta intensidade. Uma única aplicação deve ser feita sob as seguintes condições:
 - a) doses baixas ou médias de nitrogênio (60 a 120kg/ha);
 - b) solos de textura média e/ou argilosa;
 - c) plantio intensivo, sem o uso de irrigação, em que a distribuição do fertilizante é feita mecanicamente.

Um esquema de parcelamento do nitrogênio para a cultura do milho, em função da textura do solo, é apresentado na Tabela 3.

A alternativa de aplicar todo o N a lanço ou em sulcos, na pré - semeadura do milho, tem despertado grande interesse, porque apresenta

algumas vantagens operacionais, como maior flexibilidade no período de execução da adubação, racionalização do uso de máquinas e mão-de-obra. Entretanto, devido à extrema complexidade da dinâmica do nitrogênio no solo, a qual é fortemente influenciada pelas variáveis ambientais, os resultados de experimentos de campo não são consistentes o bastante para que se possa generalizar a recomendação dessa prática. Por outro lado, a aplicação de N em cobertura quase sempre assegura incrementos significativos no rendimento de milho, independente de a precipitação pluvial ser normal ou excessiva, principalmente no período inicial de desenvolvimento da cultura.

Fósforo

Embora as exigências do milho em fósforo sejam em quantidades bem menores do que em relação ao nitrogênio e ao potássio (Tabela 1), 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

Tabela 2. Estimativa da necessidade de adubação nitrogenada para a cultura milho.

| | |
|---|---------------|
| Necessidade da cultura para produzir | |
| Grãos, 7.000 kg ha ⁻¹ x 1,4 % de N ----- | 98 kg |
| Palhada, 7.000 kg ha ⁻¹ x 1,0 % de N ----- | 70 kg |
| Total ----- | 168 kg |
| Fornecimento pelo solo | |
| 20 kg de N por 1 % de M.O. (solo com 3 % de M.O.) ----- | 60 kg |
| Resíduo de cultura, 30 % de N da palhada ----- | 21 kg |
| Total ----- | 81 kg |
| Necessidade de adubação¹ | |
| $N_i = (168 - 81)/0,60^*$ ----- | 145 kg |
| *Fator de eficiência do N = 60 % | |

¹Para os plantios em sucessão e/ou em rotação com a cultura da soja, reduzir 20 kg de N/ha, da dose recomendada, a ser aplicada em cobertura.

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.

A análise do solo se mostra útil para discriminar potenciais de respostas do milho à adubação fosfatada. A interpretação da análise de solo e a recomendação da

adubação fosfatada, para milho grão, com base no rendimento esperado, são apresentadas nas Tabelas 4 e 5. Essas doses devem ser aplicadas no sulco de semeadura e serem ajustadas para cada situação, levando-se em conta, além dos resultados da análise de solo, o potencial de produção da cultura na região e o nível de tecnologia utilizada pelos agricultores.

Tabela 3. Sugestões para aplicações parceladas de nitrogênio em cobertura na cultura do milho.

| Classe textural do solo | Doses de nitrogênio (kg/ha) | Número de folhas totalmente emergidas | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-------|--------|---------|
| | | 4 a 6 | 7 a 8 | 8 a 10 | 10 a 12 |
| Argilosa (36 a 60% de argila) | 60 a 120 ¹ | | 100 % | | |
| | > 120 | 50 % | | 50 % | |
| Média (15 a 35% de argila) | 60 a 120 | | 100 % | | |
| | > 120 | 50 % | | 50 % | |
| Arenosa (< 15% de argila) | 60 a 120 | 50 % | | 50 % | |
| | > 120 | 40 % | | 40 % | 20 % |

¹Se as plantas apresentarem sintomas de deficiência, pode-se fazer aplicação suplementar de nitrogênio, em período anterior ao indicado. Aplicar na semeadura de 10 a 30 kg de N/ha.

Tabela 4. Interpretação das classes de disponibilidade de fósforo no solo, de acordo com o teor de argila e disponibilidades de potássio.

| Características Argila % | Classes de P disponível no solo ¹ | | |
|--------------------------|--|--------------------|-----------------------|
| | Baixo ³ | Médio ³ | Adequado ³ |
| | (mg dm ⁻³) ² | | |
| 60-100 | < = 5,5 | 5,5 - 8,0 | > 8,0 |
| 35-60 | < = 8,1 | 8,1 - 12,0 | > 12,0 |
| 15-35 | < = 12,1 | 12,1 - 20,0 | > 20,0 |
| 0-15 | < = 20,1 | 20,1 - 30,0 | > 30,0 |
| | Classes de K disponível no solo ¹ | | |
| | Baixo | Médio | Adequado |
| | < = 41 | 41 - 70 | > 70 |

¹Método Mehlich - 1, ²mg dm⁻³ = ppm (m/v); ³Nestas classes, apresentam-se os níveis de acordo com o teor de argila. O limite superior desta classe indica o nível crítico. Fonte: adaptado de Alvarez et al. (1999).

Tabela 5. Recomendação de adubação para milho grãos com base na análise de solo e na produtividade esperada.

| Produtividade (t/ha) | Dose de N no plantio | Disponibilidade de P | | | Disponibilidade de K | | | Doses de N na cobertura |
|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------|----------|--------------------------|-------|----------|-------------------------------|
| | | -Baixa | Média | Adequada | Baixa | Média | Adequada | |
| | | Dose de P ₂ O ₅ | | | Dose de K ₂ O | | | |
| | | kg/ha | | | | | | |
| 4 - 6 | 10 - 20 | 80 | 60 | 30 | 50 | 40 | 20 | 60 |
| 6 - 8 | 10 - 20 | 100 | 80 | 50 | 70 | 60 | 40 | 100 |
| > 8 | 10 - 20 | 120 | 100 | 100 | 90 | 80 | 60 | 140 |

Fonte: Alves et al. (1999)

Quando o solo apresentar teores de fósforo acima do nível crítico (Tabelas 4 e 5), ou seja, valor acima do qual não se espera resposta do milho a esse nutriente, a manutenção desse valor é feita pela reposição anual da quantidade removida no produto colhido. Para o milho, considera-se que, para cada tonelada de grãos produzida, são exportados 10 kg de P₂O₅. Esse mesmo valor pode ser considerado quando se cultiva o milho para produção de silagem, visto que, como mostrado na Tabela 1, a exportação de fósforo, quando se cultiva o milho para essa finalidade, é semelhante àquela para a produção de grãos, em que encontra-se mais de 80% do fósforo absorvido pela cultura.

Potássio

Depois do nitrogênio, o potássio é o elemento absorvido em maiores quantidades pelo milho, sendo que, em média, 30 % são exportados nos grãos. Até pouco tempo, as respostas ao potássio em ensaios de campo com o milho eram menos freqüentes e mais modestas que aquelas observadas para fósforo e nitrogênio, devido principalmente aos baixos níveis de produtividades obtidas. Entretanto, nos últimos anos, tem-se verificado uma reversão desse quadro, devido aos seguintes aspectos: a) uso freqüente de formulações de fertilizantes com baixos teores de potássio; b) sistemas de produção utilizados pelos agricultores, como a rotação soja - milho, uma leguminosa altamente exigente e exportadora de potássio; c) uso de híbridos de milho de alto potencial produtivo; d) conscientização dos agricultores da necessidade de recuperação da fertilidade do solo através de

uso de calcário e fertilizantes, principalmente nitrogênio; e) aumento do uso do milho como planta forrageira, altamente exigente e exportadora de potássio; f) ampliação das áreas irrigadas com uso intensivo do solo e maiores potenciais de produtividade das culturas.

A exemplo do fósforo, a análise do solo tem se mostrado útil para discriminar respostas do milho à adubação potássica. Aumentos de produção em função da aplicação de potássio têm sido observados em solos com teores muito baixos e com doses de até 120 kg de K₂O/ha. Nos solos do Brasil Central, a quantidade de potássio disponível é normalmente baixa e a adubação com esse elemento produz resultados significativos. Aumentos de produção de 100%, com a adição de 120 a 150 kg de K₂O/ha, são comuns nesses solos. A interpretação da análise de solo e a recomendação da adubação potássica, para milho grão, com base no rendimento esperado, são apresentadas nas Tabelas 4 e 5. As quantidades de potássio recomendadas na adubação do milho para produção de forragem, em função do teor do nutriente no solo, são apresentadas na Tabela 6.

Parcelamento e época de aplicação

Conforme discutido anteriormente no tópico referente à acumulação de nutrientes e manejo da adubação, a absorção mais intensa de potássio pelo milho ocorre nos estádios iniciais de crescimento. Quando a planta acumula 50% de matéria seca (60 a 70 dias), cerca de 90 % da sua necessidade total de potássio já foi absorvida. Assim, normalmente

recomenda-se aplicar o fertilizante no sulco por ocasião da semeadura do milho. Isso é mais importante para solos deficientes, em que a aplicação localizada permite manter maior concentração do nutriente próximo das raízes, favorecendo maior desenvolvimento inicial das plantas. Entretanto, em anos com ocorrência de déficit hídrico após a semeadura, a aplicação de dose alta de potássio no sulco pode prejudicar a germinação das sementes. Quando o solo for arenoso ou a recomendação exceder 80 kg/ha de K_2O , deve-se aplicar metade da dose no plantio e a outra metade junto com a cobertura nitrogenada. Entretanto, ao contrário do nitrogênio, em que é possível maior flexibilidade na época de aplicação, sem prejuízos na produção, o potássio deve ser aplicado no máximo até 30 dias após o plantio.

Enxofre

A extração de enxofre pela planta de milho é pequena e varia de 15 a 30 kg/ha, para produções de grãos em torno de 5 a 7 t/ha. 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 concentrados, sem enxofre, as respostas a esse elemento tendem a aumentar.

O teor de enxofre no solo, na forma de sulfato, tem sido usado para prever respostas ao elemento. Assim, em solos com teores de enxofre inferiores a 10 mg/dm³ (extração com fosfato de cálcio), o milho apresenta grande probabilidade de resposta a esse nutriente. Neste caso, recomenda-se a aplicação de 30 kg de S/ha.

As necessidades de enxofre para o milho são geralmente supridas via fornecimento de fertilizantes carregados de macronutrientes primários e também portadores de enxofre. O sulfato de amônio (24% de enxofre), o superfosfato simples (12% de enxofre) e o gesso agrícola (15 a 18% de enxofre) são as fontes mais comuns desse nutriente.

Micronutrientes

A necessidade de alcançar elevados patamares de produtividade tem levado a uma crescente preocupação com a aplicação de micronutrientes. A sensibilidade à deficiência de micronutrientes varia conforme a espécie de planta. O milho tem alta sensibilidade à deficiência de zinco, média à de cobre, ferro e manganês e baixa à de boro e molibdênio.

No Brasil, o zinco é o micronutriente mais limitante à produção do milho, sendo a sua deficiência muito comum na região central do país, onde predominam solos sob vegetação de cerrado. Nessa condição, a quase totalidade das pesquisas realizadas mostra resposta do milho à adubação com zinco, o mesmo não ocorrendo com os outros

Tabela 6. Recomendação de adubação para milho forragem com base em análise de solo e na produtividade esperada.

| Produtividade de matéria verde (t/ha) | Dose de N no plantio | Disponibilidade de P | | | Disponibilidade de K | | | Doses de N na cobertura |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|-------|----------|----------------------|-------|----------|-------------------------|
| | | Baixa | Média | Adequada | Baixa | Média | Adequada | |
| | | Dose de P_2O_5 | | | Dose de K_2O^1 | | | |
| | | kg/ha | | | | | | |
| 30 - 40 | 10 - 20 | 80 | 60 | 30 | 100 | 80 | 40 | 80 |
| 40 - 50 | 10 - 20 | 100 | 80 | 50 | 140 | 120 | 80 | 130 |
| > 50 | 10 - 20 | 120 | 100 | 100 | 180 | 160 | 120 | 180 |

¹ Em solos com teores de K muito baixos ou para doses de cobertura ≥ 80 kg de K_2O /ha, é aconselhável transferir a adubação potássica de cobertura para a fase de pré-semeadura, a lanço. Fonte: Alves et al. (1999)

nutrientes. As recomendações de adubação com zinco para o milho, no Brasil, variam de 2 kg de Zn/ha para solos com Zn (Mehlich-1) de 0,6 a 1,0 mg/dm³ a 4 kg de Zn/ha para solos com Zn (Mehlich-1) menor que 0,6 mg/dm³. Quando a deficiência ocorre com a cultura em desenvolvimento, a correção pode ser feita com pulverização de 400 l/ha de solução a 0,5 % de sulfato de zinco, neutralizada com 0,25 % de cal extinta.

Com relação aos métodos de aplicação, os micronutrientes podem ser aplicados no solo, na parte aérea das plantas, através da adubação foliar, nas sementes e através da fertirrigação. Galvão (1994), comparando métodos de aplicação de zinco na cultura do

milho, verificou maior eficiência da aplicação do sulfato de zinco a lanço incorporado ao solo e da pulverização foliar. Entretanto, a aplicação nas sementes, em doses menores, também mostrou-se eficiente na produção de grãos (Tabela 8).

É importante ressaltar que a não resposta aos outros micronutrientes pode estar relacionada com níveis adequados de disponibilidade no solo ou o fornecimento indireto destes através de outras fontes, como, por exemplo, a aplicação de calcário. Contudo, não se exclui a possibilidade de vir a ocorrer resposta do milho aos demais micronutrientes, principalmente em solos arenosos e com baixos teores de matéria orgânica e cultivos irrigados com altos níveis de produtividade.

Tabela 7. Critérios para a interpretação de análise de solos para micronutrientes na região dos Cerrados (Fonte: adaptada de Lopes, 1999)

| Micronutrientes | Disponibilidade no solo | | |
|--------------------------------|-------------------------|-----------|-------|
| | Baixa | Média | Alta |
| | mg/dm ³ | | |
| Boro ¹ | < 0,5 | 0,6 a 1,0 | > 1,0 |
| Cobre ² | < 0,8 | 0,8 a 2,4 | > 2,4 |
| Ferro ² | < 5 | 5 a 12 | > 12 |
| Manganês ² a pH 6,0 | < 5 | 5 a 15 | > 15 |
| Manganês ² a pH 5,0 | < 2 | 2 a 6 | > 6 |
| Zinco ² | < 1 | 1 a 3 | > 3 |

Extratores: ¹ Água quente; ² Mehlich-1.

Tabela 8. Fontes, doses e métodos de aplicação de zinco na cultura do milho em Latossolo Vermelho Escuro. Planaltina - DF. (Fonte: adaptada de Galvão, 1994).

| Fontes de zinco | Doses de de zinco kg/ha | Método de aplicação | Zinco no solo mg/dm ³ | Produção de grãos kg/ha |
|-------------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| 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 | 5.898 |
| Sulfato de zinco | 3,6 | a lanço | 1,6 | 7.408 |
| Óxido de zinco ¹ | 0,8 | nas sementes | 0,4 | 6.156 |
| Sulfato de zinco ² | 1 % | via foliar-2 | 0,4 | 7.187 |
| Sulfato de zinco ³ | 1 % | via foliar-3 | 0,4 | 7.187 |
| Testemunha | - | - | 0,3 | 3.880 |

¹ Óxido de zinco (80% de Zn): 1 kg de ZnO/20 kg de sementes.

² Solução a 1% de sulfato de zinco (23% de Zn): 3ª e 5ª semanas após a emergência.

³ Solução a 1% de sulfato de zinco (23% de Zn): 3ª, 5ª e 7ª semanas após a emergência.

Um exemplo típico dessa situação pode estar ocorrendo com o manganês, cuja importância tem se destacado mais pela sua toxicidade do que pela sua deficiência. Entretanto, com a tendência atual em aumentar o uso da aplicação de calcário e sua incorporação incorreta, muito superficial (0 a 10 cm), ou a aplicação na superfície do solo em sistema de plantio direto, a situação está se invertendo e, em algumas lavouras, sobretudo de soja, têm surgido problemas de deficiência de manganês. Embora considerado menos sensível à deficiência deste elemento do que a soja, o milho, cultivado na mesma área, no sistema de rotação e sem o manganês nos programas de adubação, poderá apresentar problemas de deficiência, como mostram os resultados apresentados na Tabela 9. Neste experimento, o milho foi plantado em solo anteriormente cultivado com soja e que apresentou sintomas de deficiência de manganês.

Adubação de milho safrinha

O milho safrinha, cultivado sem irrigação no período de janeiro a abril, possui algumas características peculiares. Nessa época, o potencial de produtividade é menor e os riscos aumentam, em virtude das menores precipitações e baixas temperaturas e radiação solar no fase final do ciclo da cultura. Quando

o milho safrinha começou a ser cultivado em grande escala, no início dos anos 90, muitos agricultores não investiam em adubação. Posteriormente, uma série de ensaios experimentais conduzidos principalmente no Estado de São Paulo, mostrou respostas consistentes à adubação e bom retorno econômico.

Em razão dos riscos existentes, deve-se, preferencialmente, implantar a lavoura em áreas de boa fertilidade, com necessidades de aplicação de fertilizantes em doses suficientes para a reposição das quantidades exportadas pelos grãos. Recomenda-se efetuar o plantio de milho safrinha em solo já corrigido, uma vez que não há tempo para a correção do solo com calcário antes do plantio da safrinha. A calagem deve ser feita antes da cultura de verão.

Áreas com subsolos muito ácidos, com altos teores de alumínio trocável ou baixos teores de Ca, podem limitar o desenvolvimento do sistema radicular e afetar a profundidade até onde as plantas podem absorver água, o que é crítico para a safrinha. Devido às condições de risco da cultura, recomenda-se o plantio do milho safrinha em solo de boa fertilidade, que exige menores investimentos. Em solo arenosos, com baixa capacidade de armazenamento de água, os riscos do milho "safrinha" aumentam.

Tabela 9. Efeito de doses e número de aplicações foliares de manganês em diferentes estádios de desenvolvimento do milho, no rendimento de grãos. (Fonte: adaptada de Mascagni Jr. & Cox, 1984)

| Doses de manganês (kg/ha) | Época de aplicação | | Rendimento de grãos (kg/ha) | Peso da Espiga (g) |
|------------------------------|------------------------------|----------|--------------------------------|-----------------------|
| | 4 Folhas | 8 Folhas | | |
| | ----- n° de aplicações ----- | | | |
| 0,0 | - | - | 2210 | 89 |
| 0,6 | 1 | - | 5100 | 143 |
| 1,1 | 1 | - | 5330 | 144 |
| 0,6 | - | 1 | 6030 | 168 |
| 1,1 | - | 1 | 6690 | 182 |
| 0,6 | 1 | 1 | 8230 | 218 |
| 1,1 | 1 | 1 | 8400 | 211 |

¹Sulfato de manganês diluído em 150 litros de água por hectare. Teor de Mn no solo (extrator Mehlich3) = 2,8 ppm, pH (H₂O) = 6,3.

Em situações em que os fatores climáticos não são limitantes, expressivas produções são obtidas com o milho safrinha. Em Maracaju, MS, em solos de alta fertilidade ($\text{pH}_{\text{água}}$: 6,0; P_{resina} : 20 mg dm^{-3} ; K : 0,26 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Sat. Bases: 56 %), após o cultivo de soja, observou-se resposta do milho à adubação de semeadura e cobertura (Tabela 10). Estudos conduzidos na região do Médio Vale do Paranapanema, SP, por Cantarella & Duarte (1997), para as condições de milho safrinha, após o cultivo da soja, mostram respostas econômicas à aplicação de nitrogênio, principalmente em solos arenosos. Em solos argilosos, as respostas foram baixas, porém constantes, até 40 kg/ha de nitrogênio. As respostas observadas para P e K foram baixas e as doses econômicas diminuíram com o aumento da disponibilidade dos mesmos. No caso do fósforo, quando o seu teor no solo se encontrava em nível médio, o aumento de produção foi equivalente ao custo do fertilizante.

Nas condições do Mato Grosso do Sul e do Mato Grosso, não existem estudos de calibração de níveis críticos e doses econômicas para o milho safrinha. No entanto, algumas indicações podem ser feitas visando auxiliar a tomada de decisão para a aplicação de fertilizantes na cultura. Os princípios usados na recomendação de adubação do milho safrinha são os mesmos da

época normal. Deve-se, ainda, levar em consideração os maiores riscos que limitam as doses econômicas e a pluviosidade decrescente, que pode afetar o parcelamento da adubação. A dose de N recomendada para o plantio permite dispensar aplicações em cobertura para produtividades de até 3 t/ha .

Na recomendação de nitrogênio em cobertura feita por Cantarella & Duarte (1977), além da produtividade esperada, considera-se a classe de resposta. Em área onde o milho safrinha é cultivado em solo arenoso ou após outra gramínea cultivada no verão, o mesmo é enquadrado na classe de média resposta ao elemento. Contudo, classifica-se o milho safrinha como de baixa resposta ao nitrogênio quando este é cultivado após soja ou outra leguminosa de verão (Tabela 11).

Em razão do baixo potencial de rendimento, as doses de fósforo e potássio a serem aplicadas, quando necessárias, são menores. Em solos onde os níveis de fósforo e potássio são altos e as possibilidades de respostas econômicas são baixas, as quantidades a serem aplicadas compensariam parte da retirada pelos grãos. Como orientação na tomada de decisão sobre a aplicação de fósforo e potássio, foi feita uma adaptação da recomendação de Cantarella & Duarte (1997), mostrada na Tabela 12.

Tabela 10. Produtividade do milho safrinha, em kg/ha , em resposta à adubação. Dados médios de seis repetições. Maracaju, MS. (Fonte: Broch & Fernandes, 2000).

| <i>Adubo de semeadura</i> (kg/ha) | <i>S. amônio cobertura (143 kg ha^{-1})</i> | | <i>Média</i> |
|--|---|-----------------|--------------|
| | <i>Ausência</i> | <i>Presença</i> | |
| 252 (10-20-10 + micro)^{1/2} | 5.150 | 5.823 | 5.487 |
| 250 (08-16-16 + micro)^{2/2} | 5.458 | 5.488 | 5.473 |
| 160 (Uréia - N: 45 %) | 4.694 | 4.972 | 4.833 |
| 248 (10-20-20 + Zn) | 4.522 | 4.953 | 4.737 |
| 100 (Uréia - N: 45 %) | 4.569 | 4.729 | 4.649 |
| 100 (MAP- N: 10 % e P₂O₅: 50 %) | 4.402 | 4.714 | 4.558 |
| <i>Testemunha (sem adubo)</i> | 4.141 | 4.669 | 4.405 |
| Média - para S. amônio | 4.705 | 5050 | 4.877 |

¹ 252 kg ha^{-1} de 10-20-10 + Ca: 8,5 %; S: 5,5 %; Zn: 0,32 %; B: 0,05 %; Cu: 0,06 %; Mn: 0,25 %; Mo: 0,006 %.

² 250 kg ha^{-1} de 08-16-16 + Ca: 8,0 %; S: 5,0 %; Zn: 0,5 %; B: 0,05 %.

Tabela 11. Doses de nitrogênio em cobertura para o milho safrinha.

| Produtividades Esperadas (t/ha) | Classes de respostas ao nitrogênio | |
|---------------------------------------|------------------------------------|-------|
| | média | Baixa |
| 2-3 | 0 | 0 |
| 3-4 | 20 | 10 |
| 4-6 | 30 | 20 |

Tabela 12. Sugestões para adubação do milho safrinha com fósforo e potássio.

| Produtividade esperada | N (kg/ha) | Nível de Fósforo no solo | | | | Nível de Potássio no solo | | | |
|---------------------------|--------------|---------------------------------------|-------|-------|------|---------------------------|-------|-------|------|
| | | Muito baixo | Baixo | Médio | Alto | Muito baixo | Baixo | Médio | Alto |
| | | P ₂ O ₅ (kg/ha) | | | | K ₂ O (kg/ha) | | | |
| 2-3 | 30 | 50 | 30 | 10 | 0 | 40 | 30 | 20 | 0 |
| 3-4 | 30 | 60 | 40 | 20 | 10 | 50 | 40 | 30 | 10 |
| 4-6 | 30 | * | 60 | 40 | 30 | * | 50 | 40 | 20 |

*É pouco provável que esse nível de produtividade seja atingido em solos com teores muito baixos de P e K.

Literatura Citada

BROCH, D.L.; FERNANDES, C.H.: Efeito da adubação de plantio e de cobertura na produtividade do milho safrinha. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.89, mar. 2000. p.1-3.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A.P. Tabela de recomendação de NPK para o milho safrinha no estado de São Paulo. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 4., 1997, Assis. **Anais...** Campinas: IAC/CDV, 1997. p.65-70.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. de; BAHIA FILHO, A.F.C. Nutrição e adubação do milho forrageiro. In: EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Milho para silagem: tecnologias, sistemas e custo de produção**. Sete Lagoas, 1991. p.29-73. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 14).

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. de; BAHIA FILHO, A.F.C.; GUEDES, G.A.A. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, p.61-67, 1992.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. Seja o doutor do seu milho: Nutrição e adubação. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.71, set. 1995. Arquivo do Agrônomo, Piracicaba, n.2, p.1-9, set. 1995. Encarte.

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**, Campinas, v.18, n.2, p.229-233, 1994.

LOPES, A.S. **Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agrônoma**. São Paulo: ANDA, 1999. 70p. (ANDA. Boletim Técnico, 8).

RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

Comunicado Técnico, 44

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Milho e Sorgo
Caixa Postal 151 CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: 0xx31 3779 1000
Fax: 0xx31 3779 1088
E-mail: sac@cnpmis.embrapa.br

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

Comitê de Publicações

Presidente: Ivan Cruz
Secretário-Executivo: Frederico Ozanan Machado Durães
Membros: Antônio Carlos de Oliveira, Arnaldo Ferreira da Silva, Carlos Roberto Casela, Fernando Tavares Fernandes e Paulo Afonso Viana

Expediente

Supervisor editorial: José Heitor Vasconcellos
Revisão de texto: Dilermando Lúcio de Oliveira
Editoração eletrônica: Tania Mara Assunção Barbosa