

# Alavanca da lavoura

Charles Echer

*Boas produtividades e a garantia da sustentabilidade despertam produtores para a importância do correto manejo do solo e da cultura, analisando exigências da plantas, doses e épocas de aplicação dos principais nutrientes*

**N**os 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 conscientização dos produtores da necessidade da melhoria na qualidade dos solos, visando uma produção sustentada. Essa melhoria na qualidade dos solos está geralmente relacionada ao manejo adequado, o qual inclui entre outras práticas, a rotação de culturas, plantio direto, manejo da fertilidade através da calagem, gessa-

gem 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:

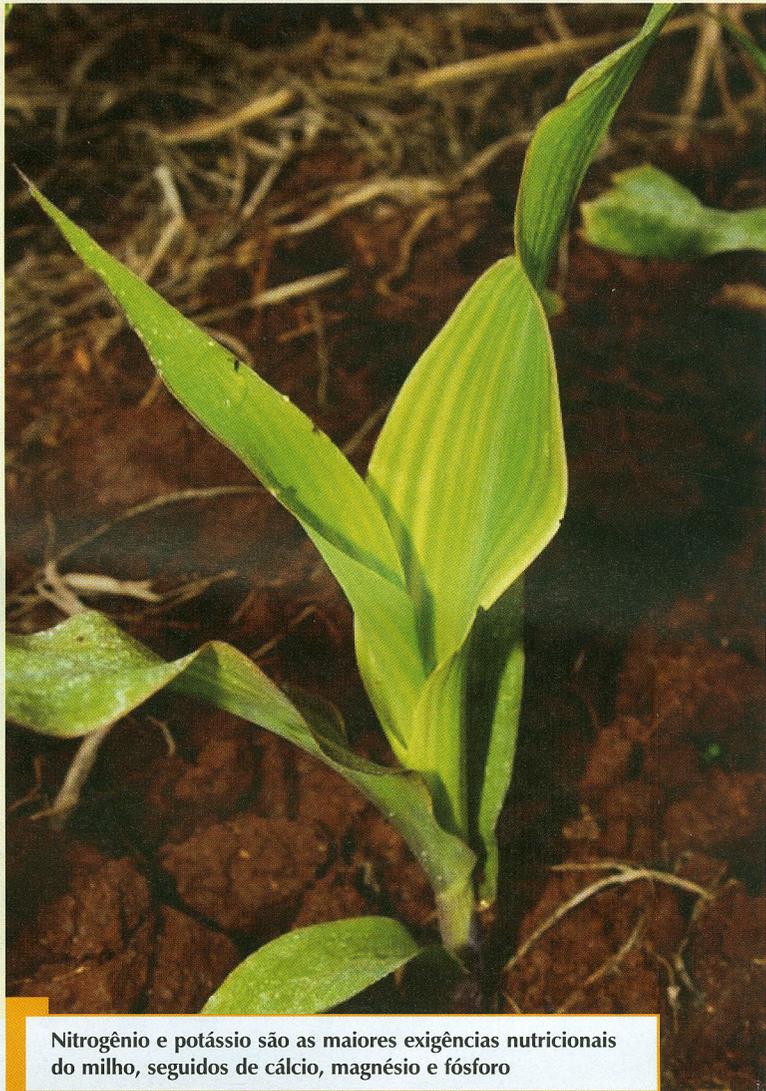
- a) diagnose adequada dos problemas – análise de solo e histórico de calagem e adubação das glebas;
- b) quais nutrientes devem ser considerados nesse particular caso? (muitos solos têm adequado suprimento de Ca, Mg etc.);
- c) quantidades de N, P e K necessários na semeadura? - determinadas pela análise de solo e removidas pela cultura;
- d) qual a fonte, a quantidade e quando aplicar N ? (com base na produtividade desejada);
- e) quais nutrientes podem ter problemas nesse solo ? (lixiviação de nitrogênio em solos arenosos, ou são necessários em grandes quantidades).

### EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS

Dados médios de experimentos conduzidos na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas (MG), 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 do milho refere-se a nitrogênio e potássio, seguindo-se de 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 na redução da produtividade, como na 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 %),



Dirceu Gassen

**Nitrogênio e potássio são as maiores exigências nutricionais do milho, seguidos de cálcio, magnésio e fósforo**



**Palhada do milho devolve ao solo grande parte do K extraído durante o desenvolvimento da cultura**

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 consequentemente 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. Na Fi-

gura 1 são apresentadas a reciclagem (restituição) e a exportação de nutrientes por milho destinado à produção de grãos e forragem.

De acordo com os dados apresentados na Figura 1, para alcançar produção de 9,20 t de grãos/ha, a cultura do milho absorveu um total de 185 kg/ha de N, dos quais 138 kg/ha (75 %) foram exportados nos grãos e 47 kg/ha encontravam-se na palhada; 132 kg/ha de K, dos quais apenas 42 kg/ha (32 %) foram exportados nos grãos e 90 kg/ha de K (68 %) encontravam-se na palhada (Figura 1). Pode-se afirmar, portanto, que a manutenção dos restos culturais na área devolve ao solo grande quantidade de K, caracterizando a cultura do milho destinada à produção de grãos como uma “bomba” recicladora de K, com uma reciclagem de 12 kg de K por tonelada de palha. O milho destinado à produção de forragem tem recomendações especiais, porque todo mate-

rial é cortado e removido do campo antes que a cultura complete o seu ciclo. Com isso, a remoção de nutrientes é muito maior quando comparada com a cultura destinada à produção de grãos (Figura 1). Essas informações têm implicações na recomendação de adubação tanto para o milho como para as outras culturas semeadas em rotação ou em sucessão a este cereal. Assim, ao se planejar a adubação para cultura do milho é importante considerar, além dos resultados das análises de solo, a extração dos nutrientes pela cultura, a finalidade de exploração (grãos ou forragem) e a estimativa do potencial de produtividade a ser alcançado.

#### ACÚMULO DE NUTRIENTES E MANEJO DA ADUBAÇÃO

Definida a necessidade de aplicação de fertilizantes para a cultura do milho, o passo seguinte, de grande importância no manejo da adubação, visando à 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, é fator importante a se 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, V12 a V18 folhas, quando o número potencial de grãos está sendo definido; e o segundo, durante a fase reprodutiva ou de formação da espiga, quando o potencial produtivo é atingido (Figura 2). 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 em relação à de nitrogênio e fósforo (Figura 2), com a máxima absorção ocorrendo no período de desenvolvimento vegetativo, com elevada taxa de acúmulo nos primeiros 30 a 40 dias de desenvolvimento e taxa de absorção superior à 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 (Figura 2).

#### 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 do milho à adubação nitrogenada. Em geral, 70 a 90 % dos ensaios de adubação com milho realizados a campo no Brasil apresentaram respostas à aplicação de nitrogênio.

#### NECESSIDADE DE N

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 à 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 60 a 100 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 120 a 160 kg/ha podem ser



Fotos Charles Echer

Conhecer o processo de absorção e acúmulo de nutrientes é fundamental para identificar a época de maior exigência pela planta e sua aplicação

necessárias para 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 (plântio 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; d) a expectativa da eficiência de recuperação do N disponível das diferentes fontes (solo, resíduo de cultura, fertilizante mineral). A Figura 3 ilustra a complexidade envolvida, por exemplo, para recomendação de N para a cultura do milho, baseando-se em informações obtidas em solo sob cerrado.

Como critério para recomendação a ser avaliado, em condições específicas, parece-nos adequado considerar a técnica da estimativa das necessidades de nitrogênio ilustrada na Figura 3, onde temos 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 0,7 % 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

Figura 1. Recidagem (restituição) e exportação de nutrientes pelo milho destinado a produção de grãos e forragem

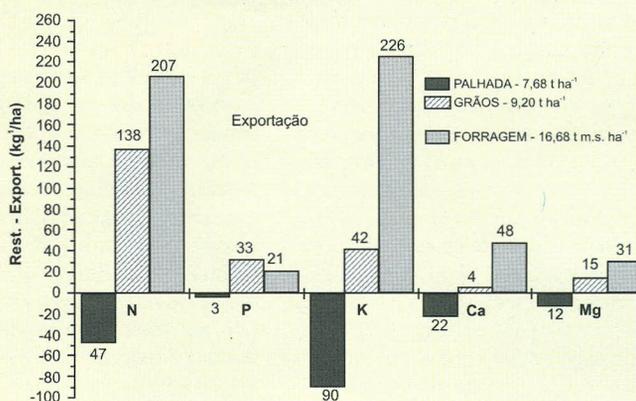


Figura 2. Acúmulo de matéria seca, nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea de plantas de milho

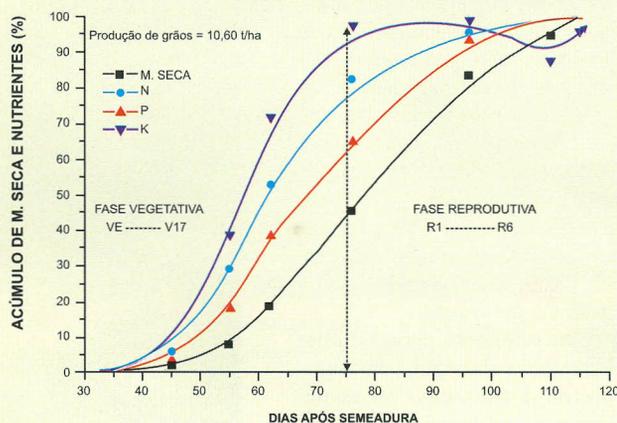
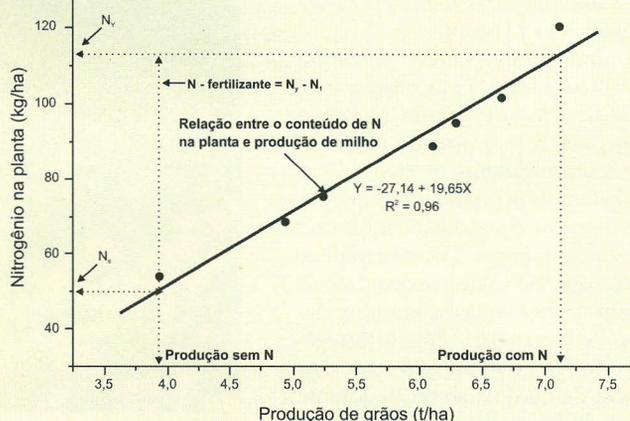


Figura 3 - Parâmetros envolvidos na estimativa da necessidade de aplicação de fertilizante nitrogenado para a cultura do milho



por unidade de fertilizante aplicado. Valores variam de 0,5 a 0,7).

Por exemplo, utilizando-se desses conceitos, podemos calcular a necessidade de nitrogênio para uma cultura do milho, para uma produtividade estimada de 7,10 t/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 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, 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 e 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 e c) plantio intensivo, sem o uso de irrigação, em que a distribuição do fertilizante é feita mecanicamente. Como exemplo, o esquema de par-

celamento 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 lanco 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 e 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



Única aplicação de nitrogênio na fase inicial da cultura, em solos de textura média e argilosa, não difere em produtividade quando comparada à aplicação parcelada

Charles Echer

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

| Tipo de exploração        | Produtividade | Nutrientes extraídos <sup>1/2</sup> |    |     |    |    |
|---------------------------|---------------|-------------------------------------|----|-----|----|----|
|                           |               | N                                   | P  | K   | Ca | Mg |
| Grãos                     | t/ha          |                                     |    |     |    |    |
|                           | 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 |
| Silagem<br>(matéria seca) | 10,15         | 217                                 | 42 | 157 | 32 | 33 |
|                           | 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 |

<sup>1/2</sup> Para converter P em P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; K em K<sub>2</sub>O; Ca em CaO e Mg em MgO, multiplicar por 2,29; 1,20; 1,39 e 1,66, respectivamente

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

| Necessidade da cultura para produzir:             |        |
|---|--------|
| Grãos, 7,10 t ha <sup>-1</sup> x 1,4 % de N       | 100 kg |
| Palhada, 7,00 t ha <sup>-1</sup> x 0,7 % de N     | 49 kg  |
| Total   | 149 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          | 15 kg  |
| N aplicado na semeadura                           | 10 kg  |
| Total   | 85 kg  |
| Necessidade de adubação <sup>1/2</sup> :          |        |
| $N_f = (149 - 85)/0,60^*$                         | 110 kg |
| *fator de eficiência da N = 60 %                  |        |

<sup>1/2</sup> Para os plantios em sucessão e/ou em rotação com a cultura da soja, reduzir 20 kg de N/ha, da recomendação de adubação em cobertura.

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

| Classe textural do solo       | Doses de nitrogênio<br>(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 <sup>1/2</sup>        | 50 %                                  | 100 % | 50 %   |         |
|                               | > 120                          |                                       |       |        |         |
| Média (15 a 35% de argila)    | 60 a 120                       | 50 %                                  | 100 % | 50 %   |         |
|                               | > 120                          | 50 %                                  |       | 50 %   |         |
| Arenosa (< 15% de argila)     | 60 a 120                       | 40 %                                  |       | 40 %   | 20 %    |
|                               | > 120                          |                                       |       |        |         |

<sup>1/2</sup> Se 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

| Classes de P disponível no solo <sup>1/2</sup> |          |             |
|--|----------|-------------|
| CARACTERÍSTICAS                                |          |             |
| Baixa  | Média    | Adequada    |
| (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>2/3</sup>          |          |             |
| Argila %                                       |          |             |
| P disponível <sup>3/4</sup>                    |          |             |
| 60-100   | <=5,4    | 5,5 - 8,0   |
| 35-60  | <=8,0    | 8,1 - 12,0  |
| 15-35  | <=12,0   | 12,1 - 20,0 |
| 0-15   | <=20,0   | 20,1 - 30,0 |
| Classes de K disponível no solo <sup>1/2</sup> |          |             |
| Baixa  | Média    | Adequada    |
| < 75   | 76 - 100 | > 100       |

<sup>1/2</sup>Método Mehlich - 1, <sup>2/3</sup>mg dm<sup>-3</sup> = ppm (m/v), <sup>3/4</sup>Nesta classe apresentam-se os níveis de acordo com o teor argila. O limite superior desta classe indica o nível crítico

menores do que as em nitrogênio e as em potássio (Tabela 1), as doses normalmente recomendadas são altas, em função da baixa eficiência (20 a 30%) de aproveitamento desse nutriente pela cultura. Isso decorre da alta capacidade de fixação do fósforo adicionado ao solo através de mecanismos de adsorção e precipitação, reduzindo sua disponibilidade às plantas. Outro fator que deve ser levado em conta é a demanda de fósforo pela cultura. Plantas de intenso desenvolvimento, de ciclo curto, como o milho, requerem maior nível de fósforo em solução e reposição mais rápida do P-adsorvido do que as plantas de culturas perenes. A análise do solo se mostra útil para discriminar 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 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.

Quando o solo apresentar teores de fósforo acima do nível crítico (Tabela 4), 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 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. 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, onde 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 apenas, em média, 30% são exportados nos grãos. Até pouco tempo, as respostas ao potássio em ensaios de campo com o milho eram, em geral, menos frequentes e mais modestas que aquelas observadas para fósforo e nitrogênio, devido principalmente aos baixos níveis de produtividades obtidas.

Assim, nos últimos anos tem-se verificado reversão desse quadro, devido aos seguintes aspectos: uso de híbridos de milho de alto potencial produtivo, como a introdução de germe-

Tabela 5 - Recomendação de adubação para milho destinado à produção de grãos com base nos resultados das análises de solo e na produtividade esperada

| Produtividade | Dose de N<br>Plantio | Disponibilidade de P                      |       |          | Disponibilidade de K         |       |          | Dose de N<br>Cobertura |
|---------------|----------------------|---|-------|----------|------------------------------|-------|----------|------------------------|
|               |                      | Baixa                                     | Média | Adequada | Baixa                        | Média | Adequada |                        |
|               |                      | — Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> — |       |          | — Dose de K <sub>2</sub> O — |       |          |                        |
| t/ha          |                      | kg/ha                                     |       |          |                              |       |          |                        |
| 4-6           | 10-30                | 80  | 60    | 30       | 50                           | 40    | 20       | 60                     |
| 6-8           | 10-30                | 100                                       | 80    | 50       | 70                           | 60    | 40       | 100                    |
| >8            | 10-30                | 120                                       | 100   | 100      | 90                           | 80    | 60       | 140                    |

Tabela 6 - Recomendação de adubação para milho destinado a produção de forragem com base nos resultados das análises de solo e na produtividade esperada

| Produtividade<br>matéria<br>verde | Dose de N<br>Plantio | Disponibilidade de P                      |       |          | Disponibilidade de K                        |       |          | Dose de N<br>Cobertura |
|-----------------------------------|----------------------|---|-------|----------|---|-------|----------|------------------------|
|                                   |                      | Baixa                                     | Média | Adequada | Baixa                                       | Média | Adequada |                        |
|                                   |                      | — Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> — |       |          | — Dose de K <sub>2</sub> O <sup>1/2</sup> — |       |          |                        |
| t/ha                              |                      | kg/ha                                     |       |          |   |       |          |                        |
| 30-40                             | 10-30                | 80  | 60    | 30       | 100   | 80    | 40       | 80                     |
| 40-50                             | 10-30                | 100                                       | 80    | 50       | 140   | 120   | 80       | 130                    |
| >50                               | 10-30                | 120                                       | 100   | 100      | 180   | 160   | 120      | 180                    |

<sup>1/2</sup> Em solos com teores de K muito baixos ou para doses de cobertura = 80 kg de K<sub>2</sub>O/ha, é aconselhável transferir a adubação potássica de cobertura para a fase de pré- semeadura, a lanço

Tabela 7. Critérios para interpretação de análise de solos para micronutrientes na Região dos Cerrados

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

Extratores: <sup>1/2</sup> Água quente; <sup>2/2</sup> Mehlich-1.

Tabela 8. Fontes, doses e métodos de aplicação de zinco na cultura do milho em Latossolo Vermelho Escuro. Planaltina (DF)

| Fontes de zinco                 | Doses de zinco Kg/ha | Método de aplicação | Zinco no solo ppm | Produção de grãos t/ha |
|---------------------------------|----------------------|---------------------|-------------------|------------------------|
| Sulfato de zinco                | 0,4                  | a lanço             | 0,9               | 5,48                   |
| Sulfato de zinco                | 0,4                  | no sulco            | 0,4               | 4,91                   |
| Sulfato de zinco                | 1,2                  | a lanço             | 1,2               | 7,36                   |
| Sulfato de zinco                | 1,2                  | no sulco            | 1,0               | 5,89                   |
| Sulfato de zinco                | 3,6                  | a lanço             | 1,6               | 7,41                   |
| Óxido de zinco <sup>1/2</sup>   | 0,8                  | nas sementes        | 0,4               | 6,16                   |
| Sulfato de zinco <sup>2/2</sup> | 1 %                  | via foliar-2        | 0,4               | 7,18                   |
| Sulfato de zinco <sup>3/2</sup> | 1 %                  | via foliar-3        | 0,4               | 7,18                   |
| Testemunha                      | -                    | -                   | 0,3               | 3,88                   |

<sup>1/2</sup> Óxido de zinco (80% de Zn): 1 kg de ZnO/20 kg de sementes.

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

<sup>3/2</sup> Solução a 1% de sulfato de zinco (23% de Zn): 3<sup>o</sup>, 5<sup>o</sup> e 7<sup>o</sup> semanas após a emergência.

plasmas de clima temperado de porte baixo, de ciclo precoce e maior índice de colheita, permitindo o uso de maior densidade de semeadura; redução do espaçamento e aumento da população de plantas por área para a maioria dos novos híbridos, com maior demanda de nutrientes; sistema de produção utilizado pelos agricultores como rotação e/ou sucessão soja-milho, uma leguminosa altamente exigente e exportadora de K; uso freqüente de formulações de fertilizantes com baixo teores de K; conscientização dos agricultores da necessidade de recuperação da fertilidade dos solos através do uso de corretivos e fertilizantes, principalmente N; aumento do uso do milho como planta forrageira, altamente exigente e exportadora de K – estima-se que atualmente 1 milhão de hectares sejam cultivados com milho para produção de forragem; ampliação da área irrigada com o uso intensivo do solo e maiores potenciais de produtividade das culturas.

Sintomas típicos de deficiência de potássio em milho: necrose nas margens das folhas e acamamento devido ao quebramento de colmos.

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 observado para solos com teores muito baixos e com doses de até 120 kg de K<sub>2</sub>O/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 adição de 120 a 150 kg de K<sub>2</sub>O/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.

Na adubação potássica de manutenção para a cultura do milho, em solos em que os teores de potássio “disponível” sejam iguais ou maiores ao limite superior da classe média (Tabela 4), pode-se utilizar o conceito da aplicação da dose de acordo com a quantidade removida no produto colhido. Assim, para produtividades inferiores a 6 t de grãos/ha, tem-se uma exportação média ao redor de 4 kg de K<sub>2</sub>O por tonelada de grãos e, para produtividades acima de 8 t de grãos/ha, de 6 kg de K<sub>2</sub>O por tonelada de grãos. Quando o

Tabela 9. Efeito de doses e número de aplicações foliares de manganês em diferentes estádios de desenvolvimento do milho, na produção de grãos

| Doses de manganês<br>kg/ha | Época de aplicação |          | Produção de grãos<br>t/ha | Peso da espiga<br>gramas |
|----------------------------|--------------------|----------|---------------------------|--------------------------|
|                            | 4 Folhas           | 8 Folhas |                           |                          |
|                            | n de aplicações    |          |                           |                          |
| 0,0                        | -                  | -        | 2,21                      | 89                       |
| 0,6                        | 1                  | -        | 5,10                      | 143                      |
| 1,1                        | 1                  | -        | 5,33                      | 144                      |
| 0,6                        | -                  | 1        | 6,03                      | 168                      |
| 1,1                        | -                  | 1        | 6,69                      | 182                      |
| 0,6                        | 1                  | 1        | 8,23                      | 218                      |
| 1,1                        | 1                  | 1        | 8,40                      | 211                      |

<sup>1/2</sup> Sulfato de manganês diluído em 150 litros de água por hectare.  
Teor de Mn no solo (extrator Mehlich3) = 2,8 ppm, pH (H<sub>2</sub>O) = 6,3

milho for destinado à produção de forragem, a extração média é de aproximadamente 13 kg de K<sub>2</sub>O por tonelada de matéria seca produzida.

#### 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

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. Assim, quando o solo for arenoso, ou a recomendação exceder 60 kg/ha de K<sub>2</sub>O, devem-se aplicar metade da dose no plantio e a outra metade



**Zinco: o milho é altamente sensível à deficiência deste micronutriente**

milho ocorre nos estádios iniciais de crescimento (Figura 2). 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

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 tor-

no 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 ppm (extração com fosfato de cálcio), o milho apresenta grande probabilidade de resposta a esse nutriente. Nesse 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 adubação com micronutrientes. A sensibilidade à deficiência de micronutrientes varia conforme a espécie de planta. O milho tem alta sensibilidade à deficiência de zinco, média a 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 os 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 nutrientes. As recomendações de adubação com zinco para o milho no Brasil variam de 2 kg de Zn/ha para solos com Zn (Mehlich1) de 0,6 a 1,0 mg/dm<sup>3</sup> a 4 kg de Zn/ha para solos com Zn (Mehlich1) menor que 0,6 mg/dm<sup>3</sup>. 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. Em experimentos que comparam métodos de aplicação de zinco na cultura do milho, realizados na Embrapa Cerrados, verificou-se maior eficiência da aplicação do sulfato de zinco a lãço 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 a níveis adequados de disponibilidade no solo ou ao 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 em cultivos irrigados com altos níveis de produtividade.

Um exemplo típico dessa situação pode estar ocorrendo com o manganês, cuja importância tem mais se destacado pela sua toxicidade do que pela sua deficiência. Entretanto, com a tendência atual em aumentar o uso da aplicação de calcário e a incorporação incorreta deste, 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 al-

gumas 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. 

**Antônio Marcos Coelho,**  
*Embrapa Milho e Sorgo*

Fotos Charles Echer



**Manejo inadequado do calcário aplicado na lavoura também pode prejudicar o desenvolvimento das plantas**

**Caderno Técnico:**  
Nutrição

Foto de Capa:  
**Charles Echer**

Circula encartado na revista Cultivar Grandes Culturas nº 79 - Novembro/05

Reimpressões podem ser solicitadas através do telefone: (53) 3028.2065

[www.grupocultivar.com](http://www.grupocultivar.com)