

NUTRIÇÃO, CORREÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO

Walkyria Bueno Scivittaro¹

INTRODUÇÃO

No Brasil, o milho apresenta posição de destaque entre as culturas alimentares. O País figura como um dos maiores produtores mundiais do cereal, porém a produtividade nacional ainda é muito baixa, inferior a 3 t ha⁻¹. Porém, com um bom nível tecnológico, associado ao uso de material genético de boa qualidade, é possível obter produtividades que superam, normalmente, em duas ou três vezes a média nacional.

A nutrição mineral adequada da cultura, através de implementação de programas racionais de correção do solo e adubação, baseados no diagnóstico da fertilidade do solo e que considerem as quantidades e o balanço entre nutrientes, associada a condições climáticas favoráveis, principalmente em termos de precipitação pluviométrica, constituem-se em condições básicas para elevar a produtividade de milho. Em áreas de várzea, acresce-se a esses fatores, o requerimento da drenagem eficiente do solo.

EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES

As necessidades nutricionais da cultura do milho são determinadas pelas quantidades totais de nutrientes absorvidos. O conhecimento dessas quantidades permite estimar as taxas com que serão exportados pela colheita dos grãos e as que poderão ser restituídas através dos restos culturais. Vale ressaltar que as quantidades de nutrientes extraídos guardam estreita correlação com a produtividade alcançada pela cultura. Desta forma, lavouras mais produtivas condicionam maior extração de nutrientes, relativamente às menos produtivas. Por sua vez, as quantidades de nutrientes exportadas dependem, fundamentalmente, do objetivo do cultivo. Em lavouras destinadas à produção de silagem, a exportação de nutriente é menor que naquelas que visam, exclusivamente, a produção de grãos, uma vez que nestas há reposição de parte dos nutrientes absorvidos através dos resíduos remanescentes da colheita.

As quantidades de nutrientes extraídos e exportados pela cultura do milho decrescem nas seguintes ordens:

Extração: N = K > Cl > Mg > Ca = P > S > Fe > Zn = Mn > B > Cu > Mo.

Exportação: N > K > P > S = Mg > Cl > Ca > Zn > Fe > Mn > B > Cu > Mo.

¹ Pesquisador da **Embrapa** - **Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado, Pelotas, RS.**
Cx. Postal, 403, CEP: 96001-970, Pelotas, RS. Email: wbscivit@cpact.embrapa.br

ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E DE NUTRIENTES

O conhecimento dos padrões normais de acumulação de matéria seca por uma cultura permite compreender os fatores relacionados à sua nutrição e adubação. A Figura 1 ilustra o padrão médio de acumulação de matéria seca da cultura do milho ao longo do tempo. Nota-se que o acúmulo de matéria seca pela planta é aproximadamente linear dos 40 aos 80 dias, com valor máximo sendo obtido no período compreendido entre 100 e 110 dias. A partir de então, este decresce, provavelmente em razão da queda das folhas senescentes.

A fertilidade do solo, através do nível de disponibilidade de nutrientes, influencia a acumulação de matéria seca pelas plantas, sendo que maiores taxas de crescimento são obtidas em plantas cultivadas sob condições adequadas de suprimento de nutrientes.

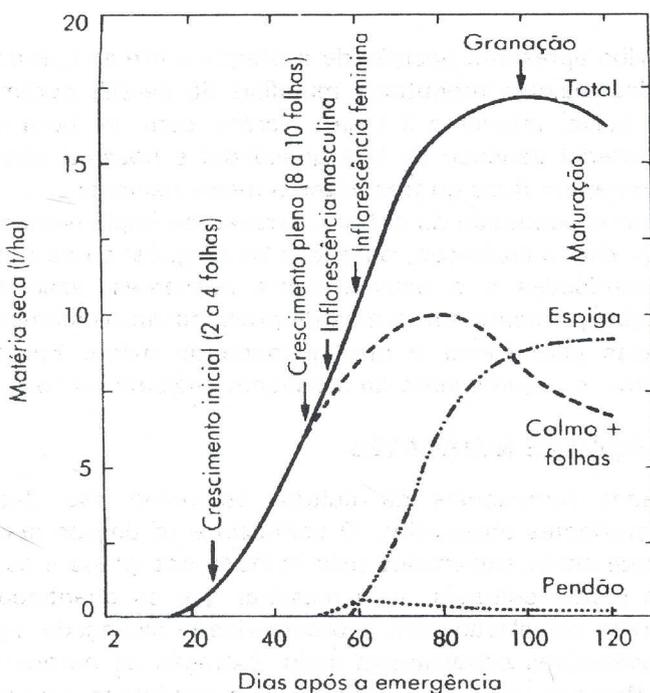


Figura 1. Acúmulo médio de matéria seca por plantas de milho (Büll, 1975).

À semelhança do que ocorre para a matéria seca, o acúmulo de nutrientes varia nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura; o conhecimento do padrão de absorção e de acúmulo dos nutrientes possibilita a identificação das épocas de maior exigência dos mesmos, contribuindo, conseqüentemente, para o estabelecimento de programas de adubação que visem o fornecimento de nutrientes em quantidades suficientes e nas épocas em que são requeridos pelas plantas.

Na Figuras 2 e 3 encontram-se representados, respectivamente, os padrões médios de acumulação de macronutrientes primários e secundários pela parte aérea de plantas de milho, em confronto com a produção de matéria seca.

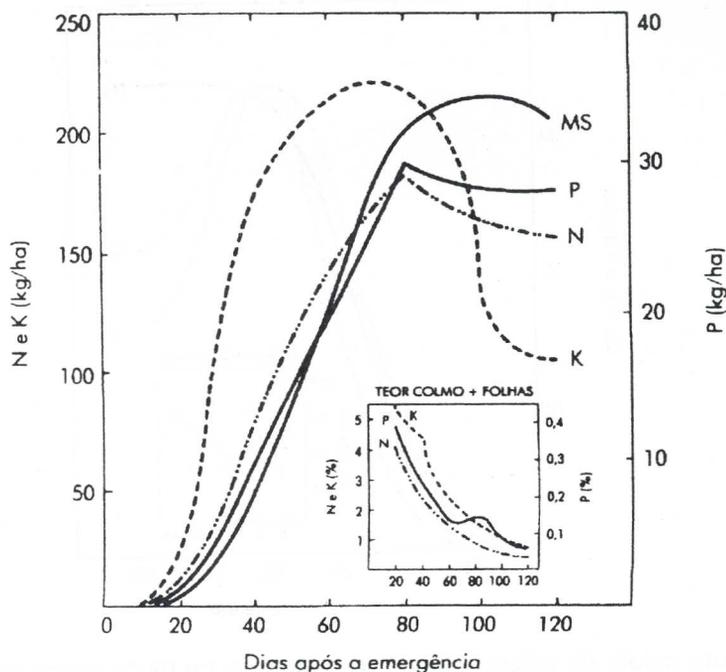


Figura 2. Acúmulo médio de nitrogênio, fósforo e potássio pela parte aérea de plantas de milho (Büll, 1993).

Durante a maior parte do período de desenvolvimento da cultura, a absorção de nitrogênio e de fósforo acompanha o padrão de acúmulo de matéria seca da planta. As exigências desses nutrientes são pequenas nos estádios iniciais de desenvolvimento, aumentando com a elevação da taxa de crescimento e atingindo valores máximos no período compreendido entre o florescimento e o início da formação de grãos, para o nitrogênio, e por ocasião do pendoamento, para o fósforo. É importante notar, porém, que tanto a quantidade acumulada quanto o teor no tecido foliar são bem menores para o fósforo.

Para o potássio, a taxa de absorção é elevada já nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura, indicando ser esse um nutriente de "arranque". A taxa máxima de acúmulo do nutriente ocorre próximo ao pendoamento, sendo que grande parte da acumulação de potássio pela planta ocorre até o florescimento.

Na figura 3, verifica-se um paralelismo no acúmulo de cálcio e enxofre pelas plantas de milho, com picos de absorção ocorrendo aproximadamente no estágio de grãos leitosos. Para ambos os nutrientes, ocorre uma intensa redução na quantidade acumulada por ocasião da maturação.

Para o magnésio, à semelhança do que ocorre para o nitrogênio e o fósforo, o acúmulo ocorre paralelamente à matéria seca, com máxima acumulação ocorrendo entre os estádios de florescimento e de grãos leitosos, mantendo-se constante até a maturação.

Os períodos de máxima exigência de manganês e zinco ocorrem entre 30 e 50 dias, e entre 70 e 90 dias, para cobre e ferro. Por sua vez, os picos de acúmulo de manganês e zinco e de cobre e ferro ocorrem, respectivamente, aos 80 e 100 dias (Figura 4).

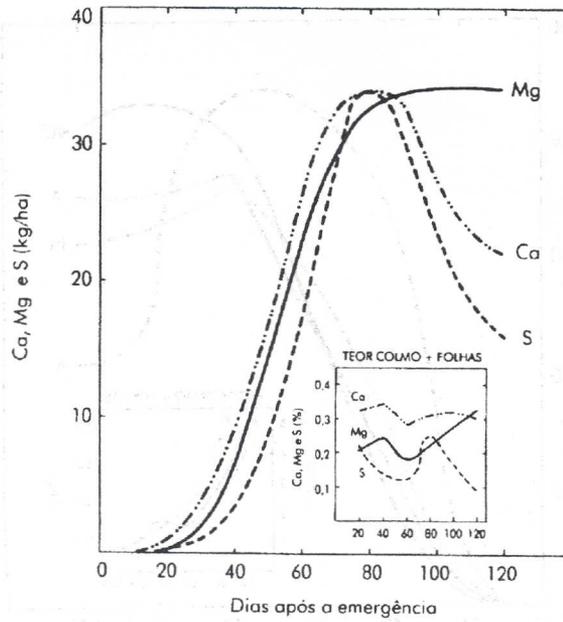


Figura 3. Acúmulo médio de cálcio, magnésio e enxofre na parte aérea de plantas de milho (Büll, 1993).

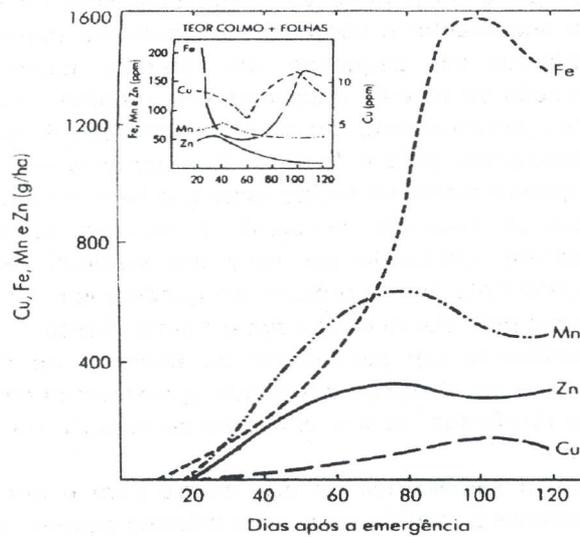


Figura 4. Acúmulo médio de cobre, ferro, manganês e zinco pela parte aérea de plantas de milho (Büll, 1993).

RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO E CALAGEM

A definição de programas de recomendação de correção do solo e adubação para as culturas deve basear-se, fundamentalmente, na avaliação da fertilidade do solo, que tem na análise de solo seu mais importante instrumento de diagnóstico, indicando a disponibilidade de nutrientes e a presença de elementos tóxicos ou prejudiciais às plantas.

Em algumas situações especiais, para algumas culturas ou mais especificamente para alguns nutrientes, critérios adicionais podem auxiliar na avaliação da fertilidade do solo e, por conseguinte, na definição de recomendações de fertilizantes e corretivos.

Correção do solo

O milho é uma cultura que se desenvolve melhor em solos com pH próximo à neutralidade, existindo, porém, diferenças varietais, quanto à tolerância à acidez do solo, o que permite opções de acordo com acidez do solo e com a adequação dos genótipos a situações específicas.

Portanto, a calagem é uma prática de grande importância para o cultivo de milho em solos ácidos que, além de neutralizar a acidez, reduz ou elimina os efeitos tóxicos do alumínio e/ou do manganês e melhora o ambiente radicular para a absorção de nutrientes, favorecendo a atividade microbiana e aumentando a disponibilidade de nutrientes.

A quantidade de corretivo a ser utilizada varia com o pH a ser atingido e em função de características do solo, em especial, do conteúdo de alumínio, argila e matéria orgânica, que constituem as principais fontes de acidez e de tamponamento do pH. Maiores quantidades de corretivo serão requeridas em solos onde esses atributos apresentarem valores mais elevados. Nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, a Comissão (1995) recomenda que a calagem para a cultura do milho seja realizada para atingir pH 6,0.

A calagem apresenta uma persistência de 3 a 5 anos, dependendo da quantidade e do tipo de corretivo utilizado, do manejo do solo e da cultura etc. Em razão de sua prolongada persistência, a prática de correção do solo deve ser realizada visando o sistema de produção, definindo-se a dose em função da cultura de maior exigência, desde que isso não resulte em prejuízos significativos ao desenvolvimento das demais espécies.

No campo, a eficiência da calagem dependerá da quantidade e do tipo de corretivo utilizado, da homogeneidade da mistura, da umidade e do tempo de contato com o solo. O pH atinge um valor máximo entre 3 e 12 meses após a aplicação do corretivo. Em função da absorção pelas plantas e da lixiviação natural de cátions básicos (Ca, Mg e K) e das reações de acidificação do solo, decorrentes, principalmente, da adição de fertilizantes nitrogenados, o efeito da calagem começa a diminuir a partir do terceiro ao quinto ano da aplicação. Neste caso, uma nova análise de solo indicará a quantidade de corretivo a ser reaplicada. Amostras de solo realizadas em período inferior a 3 anos da última calagem não devem ser consideradas para uma nova recomendação de corretivo, uma vez que parte do calcário aplicado (frações mais grosseiras) ainda pode estar reagindo com o solo.

Em situações em que tenha-se optado pelo parcelamento da aplicação da dose de corretivo recomendada pela análise de solo, o somatório das quantidades parciais aplicadas não deve ultrapassar a dose inicialmente recomendada.

Adubação fosfatada

As respostas à adubação fosfatada em milho têm sido altas e freqüentes devido, principalmente, à baixa disponibilidade desse elemento na maior parte dos solos brasileiros.

Maior intensidade de aumento em produtividade da cultura é obtida em solos com teores muito baixo do nutriente, diminuindo a medida que o teor no solo aumenta.

No Brasil, em geral, as quantidades de fósforo recomendadas para a cultura do milho são menores que as recomendadas em países onde obtêm-se produtividades bastante elevadas. No entanto, são compatíveis com as expectativas de produção da cultura propostas pelas tabelas de adubação em uso.

Pelo fato de as doses recomendadas não serem muito altas, as mesmas destinam-se à aplicação localizada, no sulco de semeadura, onde as respostas à adubação com o nutriente são maiores. Em situações onde o fósforo é o elemento limitante, existe, porém, a opção de se fazer uma adubação corretiva, com incorporação de fosfatos em área total, anteriormente ao plantio, visando aumentar o potencial de produtividade da cultura, desde o primeiro ano de cultivo. A decisão sobre a adoção ou não dessa prática deve basear-se em análise econômica.

Um outro aspecto que determina a forma de aplicação do fertilizante fosfatado é a relação solubilidade x dose. Para fontes solúveis, granuladas, as aplicações a lanço na cultura do milho têm, geralmente, a mesma eficiência da localizada no sulco. No entanto, para doses maiores pode haver vantagem na aplicação a lanço, enquanto que para doses mais baixas, como as normalmente recomendadas no Brasil, a aplicação no sulco tende a ser mais eficiente, especialmente em solos mais pobres, pois mantém uma zona de alta concentração do nutriente próximo das raízes.

Em adubações localizadas no sulco de semeadura, a cultura não responde bem ao uso de fontes pouco solúveis, como os fosfatos naturais de baixa reatividade. Mesmo os fosfatos de maior reatividade são menos eficientes quando empregados no sulco e sua granulação reduz a eficiência de absorção do fósforo.

Os fosfatos de alta solubilidade em ácido cítrico, como os termofosfatos e alguns fosfatos naturais, especialmente em aplicações a lanço, apresentam eficiência semelhante às fontes solúveis, quando considerado seu efeito residual.

Adubação potássica

Muito embora o potássio seja o segundo elemento mais absorvido pela cultura do milho, sendo superado apenas pelo nitrogênio, as respostas à adubação com o nutriente são menos freqüentes e intensas que as observadas para o nitrogênio e o fósforo. Isso se deve, principalmente, ao fato de a maior parte do nutriente absorvido ser devolvida ao solo após a colheita, com os restos culturais.

Em geral, maiores respostas à adubação potássica ocorrem em solos com teores muito baixos e para aplicações de doses não muito altas do nutriente. No entanto, em locais onde a intensidade de uso do solo é intensa e com a utilização de materiais genéticos de maior potencial de produtividade, a tendência é de que a resposta à adubação potássica aumente.

No Brasil, normalmente, a recomendação da adubação potássica destina-se à aplicação localizada, no sulco de semeadura, o que é particularmente eficiente para solos com baixo teores do elemento ou para a aplicação de doses pequenas de fertilizante. A aplicação a lanço de doses maiores ou em áreas sem limitação intensa de potássio pode apresentar eficiência semelhante a de aplicações no sulco de plantio. Também neste caso, como para o fósforo, a opção pela adubação corretiva deve considerar o aspecto econômico.

No caso da aplicação de fertilizante potássico no sulco de plantio, um outro fator deve ser considerado, o aumento da pressão osmótica próximo às sementes decorrente da utilização de dosagens elevadas de fertilizante, que pode afetar o estande, especialmente

em anos secos. Alternativas para evitar esse problema seriam o parcelamento da adubação potássica, quando a dose recomendada for superior a 60 kg ha^{-1} de K_2O , aplicando-se uma parte da dose em cobertura, conjuntamente à primeira aplicação de nitrogênio (5 a 8 folhas desdobradas), ou então a aplicação de parte dose a lanço.

Uma outra situação onde o parcelamento da adubação potássica pode ser interessante ocorre em solos muito arenosos, onde podem ocorrer perdas do nutriente por lixiviação, quando da realização de adubações pesadas com potássio. Contudo a aplicação de nutriente não pode ser tardia, uma vez que a absorção do nutriente é mais intensa nos períodos iniciais de desenvolvimento da planta.

Adubação nitrogenada

A cultura do milho, como os demais cereais, caracteriza-se pela grande resposta a nitrogênio, devida, principalmente, aos avanços da genética e melhoramento vegetal. A exigência pelo nutriente é também bastante elevada, havendo dados que indicam o consumo de cerca de 140 kg ha^{-1} de N para a produção de 5 t ha^{-1} de grãos.

A recomendação da adubação nitrogenada baseia-se no conteúdo de matéria orgânica do solo, bem como em outros indicadores, como a expectativa de produtividade, sendo que doses maiores do nutriente são requeridas para a obtenção de produtividades mais elevadas.

A definição da dose de nitrogênio deve considerar, ainda, cultivos anteriores. A rotação com espécies leguminosas ou adubos verdes pode reduzir a necessidade de adubação nitrogenada mineral, variando em função da cultura antecessora, sua produtividade e contribuição em nitrogênio. Para um segundo cultivo, em geral, o efeito residual desses materiais, como fonte de nitrogênio, é bastante reduzido, em virtude da rapidez com que se decompõem.

Em razão da intensa dinâmica do nitrogênio no sistema solo-planta, tornando-o extremamente suscetível a perdas, e visando elevar a eficiência das adubações, tradicionalmente recomenda-se que as aplicações do nutriente sejam realizadas de forma parcelada, uma parte na semeadura e o restante, em cobertura.

A dose a ser aplicada na semeadura não deve ser muito alta, variando de 10 a 30 kg ha^{-1} de N, em função da produtividade esperada. A adubação em cobertura deve ser aplicada a lanço ou, preferencialmente, ao lado das plantas, quando estas apresentarem-se com de 5 a 8 folhas totalmente desdobradas, em quantidade de até 80 kg ha^{-1} de N, o restante deve ser aplicado quando as plantas apresentarem de 10 a 12 folhas totalmente desdobradas.

A supressão ou o parcelamento da adubação em cobertura pode ser necessário em função das condições climáticas e do desenvolvimento da lavoura. Em cultivos sob condições climáticas desfavoráveis, baixo estande ou com grande crescimento vegetativo, as doses de nitrogênio podem ser reduzidas, eliminando-se uma ou mais coberturas com o nutriente. Por outro lado, sob condições de chuva intensa ou em lavouras irrigadas, pode-se realizar o parcelamento da adubação nitrogenada em duas ou mais vezes até o florescimento, evitando perdas do nutriente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A.G.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D. Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.). I. Acumulação de macronutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.32, p.115-149, 1975.

- BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H., eds. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.63-145.
- CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H., eds. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.147-196.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1995. 224p.
- DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.
- RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., eds. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996. 285p.