



Circular Técnica

Sete Lagoas, MG
Novembro, 2001

Autores

C.A. Vasconcellos¹
Vera M.C. Alves¹
Israel A.P. Filho¹
Gilson V. Exel Pitta¹
Pesquisador da Embrapa
Milho e Sorgo. Caixa
Postal, 151. 35701-970
Sete Lagoas, MG. E-mail:
carlos@cnpms.embrapa.br

Nutrição e Adubação do Milho Visando Obtenção do Minimilho

Introdução

O cultivo do minimilho é uma atividade nova no cenário agrícola do Brasil e, como tal, carente de uma série de informações. Sendo assim, o fator “Nutrição mineral” é considerado de suma importância para a obtenção de alto índice de produtividade de minimilho comercial

Dentre os fatores que devem ser levados em consideração no estudo nutricional e na adubação, destacam-se aqueles relativos à cultura (remoção de nutrientes em função do tempo e do desenvolvimento; quantidade e forma de absorção desses nutrientes; produtividade, etc.), ao solo (elementos “disponíveis” e suas interações com características químicas, físicas e biológicas; interações com as exigências nutricionais da cultura, etc.) e aos fertilizantes (aspecto econômico; características químicas e físicas; época e forma de aplicação; mobilidade no solo, etc.).

Aliados a esses fatores diretamente relacionados à fertilidade do solo e à nutrição mineral, estão os fatores climáticos (temperatura, luminosidade, umidade, etc), os manejos culturais e as metodologias de análise, que devem ser observados para um perfeito entendimento e interpretação do processo produtivo.

Esses aspectos serão discutidos dentro da nutrição do milho, procurando orientar as recomendações para a fertilização do minimilho.

O minimilho (babycorn) tem um tempo de exploração do solo e dependência da sua fertilidade e da adubação menor que o da cultura do milho para grão ou silagem. Nesse aspecto, grandes aportes de fertilizantes não serão traduzidos em produtividades e lucros. Com apenas 70 a 80 dias após a germinação, as espiguetas são colhidas e preparadas para o consumo. Nesse período, apenas o K estaria com sua exigência total quase completa (Tabela 1); o N e o P estariam com aproximadamente 50%.

Tabela 1. Distribuição percentual da exigência total de NPK em função do tempo de desenvolvimento das plantas.

Disponibilidade de P	Doses para a adubação de plantio P ₂ O ₅ kg/ha	
	Com permanência dos resíduos culturais	Com a retirada dos Resíduos culturais
Baixa	100	120
Média	70	90
Alta	40	40

Nesse período (70 a 80 dias após a germinação), portanto, apenas parte da nutrição da planta estará completa. Contudo, o que sobra na lavoura (colmo, folhas e brácteas) significa muito para a

fertilidade do solo. A exploração dessa sobra será, em última instância, a base para o equilíbrio das produções futuras.

Normalmente, o resíduo é aproveitado na alimentação animal, quando serão exportados todos os nutrientes contidos nessa massa vegetal. O equilíbrio (e a economia com fertilizantes e corretivos), logicamente, será obtido com o retorno do esterco para a área de produção.

Por outro lado, é possível que, em áreas de plantio direto, esteja-se trabalhando na formação de palhada residual. Nesse caso, o retorno da palhada ao solo terá benefícios no aporte dos minerais nela contidos, o que poderá diminuir o aporte de fertilizantes a adubação das culturas subseqüentes.

É nesse aspecto que o entendimento dos fatores inerentes ao acúmulo e à exigência nutricional se faz importante para o manejo da adubação do minimilho.

Acumulação de Nutrientes pela Cultura do Milho

As plantas necessitam de 16 elementos considerados essenciais.

Para o início do entendimento da essencialidade dos elementos, pode-se começar pela necessidade de água e dos diferentes compostos orgânicos para a sua sobrevivência. Nesses compostos, encontram-se o H, C e o O₂. Normalmente, o tecido vegetal possui 42% de C, 44% de O₂ e 6% de H.

Além desses três elementos, outros seis são absorvidos em quantidades elevadas (ao nível de %): N, P, S, K, Ca e Mg. São os chamados macronutrientes.

Os nutrientes exigidos em menores quantidades (mg/kg), Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo e Cl, são denominados micronutrientes. Essa separação entre macro e micronutrientes é didática, pois, em alguns casos, alguns

desses micronutrientes (Cl e Fe, por exemplo) podem ser absorvidos em quantidades elevadas, sem acarretar problemas de toxicidade.

A Tabela 2 indica a extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos e de silagem. Esses dados demonstram que o esgotamento do solo é menor quando o milho é cultivado apenas para grãos. Os problemas de fertilidade do solo deverão ser mais evidentes, portanto, quando o milho for cultivado para silagem, com exportação total de toda a massa vegetal para a alimentação animal. Este fato também assemelha-se ao cultivo do minimilho, em que todas as plantas são exportadas após a colheita das espiguinhas.

Tabela 2. Extração de nutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos e de silagem.

Classificação	Níveis de K (mg kg ⁻¹)
Baixo	< 40
Médio	41 - 70
Bom	> 71

Fonte: (Alvarez et al., 1999).

É necessário, portanto, para manter a fertilidade do solo, que se procure efetuar a restituição dos elementos extraídos pelas culturas, bem como dos nutrientes lixiviados e perdidos pelos processos de erosão. Este é o princípio da restituição e foi discutido pela primeira vez por Voisin (1973). A adubação de restituição deve restituir ao solo as quantidades de nutrientes que as plantas retiram. Ela deve ser, preferencialmente, adotada para restituir as quantidades de micronutrientes retiradas pelas colheitas. É uma quantidade pequena e essa prática evita que o solo se esgote ou que se torne deficiente. Deve-se, ao adotar esse critério, ter conhecimento da análise completa dos fertilizantes e corretivos empregados, sendo possível efetuar um balanço entre a quantidade aplicada e a extraída.

Outrossim, existem casos em que os teores desses micronutrientes são elevados e caracterizam um desperdício de recursos quando da sua aplicação para restituição. É, por exemplo, o caso do ferro nos latossolos vermelho-escuros e nas terras roxas.

Na Tabela 1 são apresentados os dados referentes à extração (e exportação) de nutrientes em escala de tempo superior à exploração do minimilho estão na Tabela 2, contudo. Portanto, é fundamental que se avalie quantifique essa extração (e exportação) em escala de tempo inferior para o manejo e a exploração do minimilho. Esses dados estão sendo apresentados com o objetivo de mostrar a magnitude da extração de nutrientes pela cultura do milho e a importância econômica do resíduo vegetal.

Dentro da nutrição mineral, outros raciocínios devem ser elaborados. A lei do mínimo, por exemplo, estabelecida por Liebig, em 1843, estabelece que a produção é limitada pelo nutriente que se encontra em menor disponibilidade, mesmo que os demais estejam em quantidades adequadas. Estabelece uma proporcionalidade direta entre os nutrientes e a produtividade, ou seja, a produção crescerá linearmente até o limite de um outro. Seriam estabelecidos vários platôs de produção à medida em que os fatores limitantes fossem corrigidos. Na verdade, existem interações entre os nutrientes, o que limita a aplicabilidade da lei do mínimo. Essa seria a lei das interações, ou seja, cada fator de produção é mais eficaz quando os outros estão mais perto do seu ótimo. É válido mencionar que a insuficiência de um nutriente reduz a eficiência de outros e a produtividade é comprometida.

Cada fator deve ser considerado como parte de um conjunto que exprimirá a nutrição equilibrada e a sustentabilidade do sistema produtivo.

O inverso poderia ser definido como a lei do máximo, ou seja, o excesso de um

nutriente no solo reduzindo a eficácia de outros, com comprometimento da produtividade e da qualidade da colheita.

Há, também, a lei do rendimento decrescente. Quando o nutriente deficiente é adicionado ao solo, a produtividade aumenta rapidamente no início. A equação apresenta um estágio em que a relação entre o fertilizante e a produção tem um comportamento linear. Após esta etapa, a produção decresce com o aumento do nutriente até um determinado patamar.

Nitrogênio

O nitrogênio é um elemento de ciclo aberto e dinâmico, ou seja, tanto pode estar na forma gasosa como inorgânica e orgânica. Dentre as formas orgânicas, pode-se mencionar a biomassa (a parte viva da matéria orgânica (MO) que, em termos médios, corresponde a 3% dessa MO), aminoácidos, proteínas, etc.

É um elemento altamente móvel na planta, ou seja, é prontamente redistribuído no interior das plantas, saindo de um órgão mais velho para um órgão mais novo, deficiente e em crescimento. Como consequência lógica, os sintomas de sua deficiência irão ocorrer na fase aparente da deficiência, nas folhas mais velhas. Essa deficiência caracteriza-se pela formação de faixas cloróticas, amarelada e com tecido necrosado quando a deficiência se acentua.

As plantas absorvem preferencialmente o nitrogênio nas formas de NO_3 e NH_4 , cuja concentração na solução do solo depende do pH e do manejo que se adota.

A curva que descreve a dependência da planta com os nutrientes e o tempo apresenta o formato de um S, ou seja, o crescimento é lento inicialmente, seguindo-se uma fase de crescimento rápido entre os 35-50 dias após a germinação, e um período de estabilização, sem ganhos ou perdas.

Próximo à fase de coleta das espiguetas, o total de N acumulado pelas plantas de milho pode alcançar 180 kg/ha; destes, apenas 22 kg/ha serão exportados pelas espiguetas (Vasconcellos et al., 1998). Apesar dessa grande retirada de N, a exploração do minimilho, em função do estágio da colheita, não responde a altas doses de N. O ganho em relação à aplicação de 60 kg/ha de N, a aplicação de 120 kg/ha de N foi de apenas 110 kg/ha do produto. Com a escolha adequada da cultivar, esse ganho ultrapassou 1.000 kg/ha (Tabela 3).

Tabela 3. Rendimento médio de minimilho co-mercial (kg/ha) em função da adubação nitrogenada de cobertura (Pereira Filho et al., 2000).

Disponibilidade de K	Doses para a adubação de plantio (K ₂ O, kg/ha)	
	Com permanência dos resíduos culturais	Com a retirada dos resíduos culturais
Baixo	30	100
Médio	60	80

A adubação nitrogenada de plantio, junto com a formulação para suprir a necessidade de P e K, não deverá ultrapassar os 30 Kg/ha de N. Recomenda-se, como adubação de cobertura, 60 kg/ha de N. Essa adubação deverá ser efetuada no estágio de quatro a cinco folhas bem desenvolvidas, aos 25-30 dias após a germinação, por ocasião do cultivo. O adubo de cobertura deverá ser incorporado ao solo na profundidade de 10 cm. O tempo entre a adubação de cobertura e a colheita será de, aproximadamente, 35 dias, tempo que as plantas terão para absorver e incorporar o N aplicado.

Quanto ao tipo de fertilizante, observar que as adubações mais concentradas (exemplo, 4-30-10) não contêm o enxofre. Neste caso, dar preferência ao sulfato de amônio, apesar de apresentar custo mais elevado do que a uréia.

Fósforo

Diferentemente do N, é possível avaliar a disponibilidade do P através da análise de solo. É um fertilizante que deve ser aplicado todo no plantio, pois o fósforo possui pouca mobilidade no solo. Contudo, é altamente móvel na planta, sendo prontamente redistribuído ao sair de um órgão mais velho para um órgão mais novo, em crescimento e com deficiência.

Como consequência lógica, os sintomas de sua deficiência irão ocorrer nas folhas mais velhas. Essa deficiência caracteriza-se pela formação de coloração arroxeada nas lâminas das folhas, seguindo-se de necrose.

Os extratores irão definir o elemento “disponível”, ou seja, uma indicação parcial da quantidade do elemento que apresenta estreita relação com a produção, facilitando estabelecer classes de respostas e quantidades do fertilizante a ser aplicado. O critério de interpretação atualmente em uso e de acordo com Alvarez et al. (1999) pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4. Interpretação dos níveis de P disponível pelo extrator de Mehlich I atualmente em uso no Estado de Minas Gerais (ALVAREZ et al., 1999).

Argila (%)	Classificação (mg/dm ³)			
	Baixa	Média	Bom	Muito Bom
60-100	2,0-5,1	5,2-8,0	8,1-12	>12
35-60	3,1-8,0	8,1-12	12,1-18	>18
15-35	6,1-12	12,1-20	20,1-30	>30
0-15	10,1-20	20,1-30	30,1-45	>45

A Tabela 5 indica as quantidades de P₂O₅ recomendadas em função da faixa de fertilidade. Em confronto com a necessidade total das plantas até a época de colheita (46 kg/ha de P₂O₅), apenas 7 kg/ha de P₂O₅ serão exportados pelas espiguetas (Vasconcellos et al., 1998). Normalmente, mesmo com a retirada da palhada residual para a alimenta-

ção animal, há aumento da fertilidade do solo com as constantes adubações fosfatadas; contudo, este fato não exclui a necessidade de se repor os resíduos animais nas áreas de produção.

Potássio

O potássio é um ativador de numerosas enzimas e é altamente móvel na planta, sendo prontamente redistribuído no interior das plantas, saindo de um órgão mais velho para um órgão mais novo, em crescimento. Como consequência lógica, os sintomas de sua deficiência irão ocorrer, quando na fase aparente da deficiência, nas folhas mais velhas. Esta deficiência caracteriza-se pela formação de uma necrose nas margens das folhas, que aumenta em direção à nervura central.

Tabela 5. Recomendações para a adubação fosfatada na cultura do minimilho com permanência da palhada residual na área (adaptado de Freire et al., 1999).

Disponibilidade de P	Doses para a adubação de planta (kg/ha)	
	Com permanência dos resíduos culturais	Com a retirada dos resíduos culturais
Baixo	700	120
Média	70	80
Alto	40	40

É sempre bom lembrar que a fome do potássio também pode ser oculta ou aparente. Na oculta, não existe o desenvolvimento da deficiência; contudo, a produção cai e as plantas não se desenvolvem adequadamente.

A exigência total de K pelas plantas de milho, até a colheita das espiguetas é de 190 kg ha⁻¹ de K, sendo exportados através das espiguetas aproximadamente 20 kg ha⁻¹ de K.

Para as análises de rotina, determina-se o potássio “disponível” para as plantas através de um extrator químico que retira, de modo análogo aos extratores para fósforo, uma determinada quantidade de K, sem especi-

car a forma deste solo. Normalmente, este extrator deve retirar, predominantemente, as formas de K-trocável e o K- na solução do solo. Muitos extratores químicos podem ser adotados para medir esta disponibilidade de potássio. Entretanto, para uniformização dos resultados, utiliza-se o extrator Mehlich I.

Diversos trabalhos, em diferentes regiões e culturas (Braga & Brasil Sobrinho, 1973), Raji (1973); Ritchey et al, 1979, demonstram que o nível crítico para K disponível, determinado pelo método Mehlich I, está situado entre 50 e 60 mg Kg⁻¹ e a interpretação da análise de solo pode ser avaliada pela Tabela 6.

Na Tabela 7 estão as recomendações para a adubação potássica. Quando se retira toda a planta da área, deve-se aumentar a adubação com K; contudo, esta adubação pode causar excesso de salinidade no sulco de plantio, prejudicando a germinação das plântulas. Quando esta adubação for superior a 60 kg de K₂O/ha, parcelar a adubação aplicando-se metade no plantio e metade junto com o nitrogênio de cobertura. Neste caso, a formulação 20-0-20 pode ser uma opção tanto pela facilidade de aplicação como pelo preço. Junto com a adubação de plantio, aplicar anualmente 1 kg/ha de Zn.

Tabela 6. Classificação do potássio (K disponível”).

Classificação	Níveis de K (mg kg ⁻¹)
Baixo	< 40
Médio	41 - 70
Bom	> 71

Fonte: (Alvarez et al., 1999).

Tabela 7. Recomendações para a adubação potássica na cultura do minimilho (adaptado de Freire et al., 1999).

Disponibilidade de K	Doses para a adubação de planta (K ₂ O, kg/ha)	
	Com permanência dos resíduos culturais	Com a retirada dos resíduos culturais
Baixo	80	100
Médio	60	80
		60

Fatores Relativos aos Fertilizantes

Os nutrientes nos fertilizantes são expressos em termos de teor total e o solúvel em água. Ao se adquirir uma formulação (4-30-16, p.e.) estão expressos apenas os valores solúveis em água, que são as formas disponíveis para as plantas. Parte do fósforo total, não solúvel em água, porém, solúvel em ácido cítrico e em citrato neutro de amônio, são também disponíveis para as plantas.

No conceito de granulometria, pode-se ter misturas de grânulos e todos os nutrientes no mesmo grânulo. No primeiro caso, o produtor pode observar cores diferenciadas no adubo: branca para o nitrogênio, cinza para o fósforo e vermelha para o potássio, por exemplo. Nesse caso, em função da diferença de peso dos grânulos (densidade diferente), é possível haver sedimentação diferenciada das partículas devido ao transporte, afetando a uniformidade quando da sua aplicação no campo. As partículas mais pesadas irão ficar no fundo e serão aplicadas primeiro; as mais leves, na superfície da caixa, e serão aplicadas no final. Como implicação prática, em caso de deficiência, haverá plantas com diferentes estádios de desenvolvimento no sulco de plantio.

Quando o adubo vem na forma de pó, sua distribuição fica mais difícil, em função de constantes entupimentos dos tubos que o levam aos sulcos de plantio. Deve-se observar, constantemente, o fluxo de saída desses fertilizantes.

Outro aspecto a considerar é o uso de formulações concentradas, 4-30-16, 4-30-10, 4-20-20, etc. Nessas formulações não existe o enxofre. Ganha-se no transporte e perde-se na quantidade de nutrientes que acompanham o

NPK. O uso constante dessas formulações leva à deficiência de S.

No caso do milho, pode-se optar pelo sulfato de amônio em cobertura; contudo, vale a pena investir em pequenas aplicações (500 kg/ha) de gesso agrícola para o fornecimento de S e facilitar a aplicação de formulações mais concentradas, com menor gasto de energia para sua aplicação e transporte.

Referências Bibliográficas

- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F. de; BARROS, N.F. de; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados de análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Eds). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª. Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-30
- BRAGA, J. M.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C. Formas de potássio e estabelecimento de nível crítico para alguns solos de Minas Gerais; I Potássio disponível. **Revista Ceres**, Viçosa, v.20, n.107, p.53-64, 1973a.
- FREIRE, F.M.; FRANÇA, G.E.; VASCONCELLOS, C.A.; PEREIRA FILHO, I.A.; ALVES, V.M.C.; PITTA, G.V.E. Milho verde. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Eds). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª. Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.195-196
- RAIJ, B. van. Calibração do potássio trocável em solos para feijão, algodão e cana-de-açúcar. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.26, n.6, p.575-579, 1973.
- RITCHEY, K. D.; SOUZA, D. M. G. de.; LOBATO, E. Potássio em solo de cerrado. I. Resposta à adubação potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.3, p.29-32, 1979.
- VASCONCELLOS, C.A.; VIANA, M.C.M.; FERREIRA, J.J. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período inverno-primavera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.11, p.1835-1845, 1998.

**Circular
Técnica, 09**



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Milho e Sorgo
Endereço: Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3779-1000
Fax: (31) 3779-1088
E-mail: sac@cnprms.embrapa.br

1ª edição
1ª impressão (2001): 500 exemplares

**Comitê de
publicações**

Presidente: Ivan Cruz
Secretário-Executivo: Frederico Ozanan M. 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
Tratamento das ilustrações: Tânia Mara A. Barbosa
Editoração eletrônica: Tânia Mara A. Barbosa