



Sete Lagoas, MG
Dezembro, 2008

Autores

Antônio Marcos Coelho
Pesquisador da Embrapa
Milho e Sorgo

CPostal 151, 35701-970
Sete Lagoas, MG
amcoelho@cnpmc.embrapa.br

Álvaro Vilela de Resende

Pesquisador da Embrapa
Milho e Sorgo

CPostal 151, 35701-970
Sete Lagoas, MG
alvaro@cnpmc.embrapa.br



Exigências Nutricionais e Adubação do Milho Safrinha

Introdução

O milho safrinha, cultivado sem irrigação no período compreendido entre o verão e o outono (semeadura nos meses de fevereiro a meados de março) em sucessão a outras culturas, principalmente a da soja, possui algumas características peculiares. Nesta época, o potencial de produtividade é menor e os riscos aumentam em virtude das menores precipitações pluviais, das baixas temperaturas e da menor radiação solar na fase final do ciclo da cultura. Nestas condições, os principais questionamentos levantados pelos agricultores são: (i) é viável adubar a cultura do milho semeada em sucessão, em uma condição com problemas de deficiência hídrica?; (ii) quais os parâmetros para a tomada de decisão?; (iii) quais as doses recomendadas e como manejar esta adubação? Para responder a esses questionamentos, aspectos relacionados às exigências nutricionais do milho, de acordo com o potencial de produtividade e o nível de fertilidade dos solos, devem ser considerados.

Exigências nutricionais

Dados médios de experimentos conduzidos na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG, ilustram a extração de nutrientes pelo milho cultivado para a produção de grãos e silagem (Tabela 1). Observa-se que a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumenta linearmente com o aumento da produtividade da cultura e que as maiores exigências nutricionais do milho referem-se ao nitrogênio (N) e ao potássio (K), seguindo-se o cálcio (Ca), o magnésio (Mg) e o fósforo (P).

Em relação aos micronutrientes, as quantidades requeridas pelas plantas de milho são muito pequenas. Para uma produtividade de nove toneladas 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 destes elementos pode provocar a desorganização de processos metabólicos e a redução na produtividade, além de contribuir para a deficiência de macronutrientes como, por exemplo, o nitrogênio.

Na cultura do 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%), seguido pelo nitrogênio (70% a 77%), pelo enxofre (60%), pelo magnésio (47% a 69%), pelo potássio (26% a 43%) e pelo cálcio (3% a 7%). Isso implica que a manutenção dos restos culturais do milho na lavoura 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 é também removida, havendo conseqüentemente alta extração e exportação de nutrien-

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

Deve-se também levar em consideração os diferentes esquemas de rotação e de sucessão de culturas utilizados nas propriedades agrícolas, técnicas que acarretam em diferenças nas exigências nutricionais e na reciclagem dos nutrientes (Tabela 2) e, conseqüentemente, no requerimento de fertilizantes para adubação das culturas componentes dos sistemas de produção.

Níveis de fertilidade dos solos

Os solos apresentam diferenças quanto à capacidade de fornecimento de nutrientes, dependendo da quantidade de reservas totais, da dinâmica de mobilização e fixação e da disponibilidade dos nutrientes para as raízes. Desse modo, para dimensionar corretamente as quantidades de corretivos e fertilizantes que a lavoura precisa, é necessário quantificar, por meio de análises químicas, o potencial dos solos em fornecer os nutrientes, bem como o estado nutricional das culturas. Esta quantificação é um

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

Tipo de Exploração	Produtividade ----- t/ha -----	Nutrientes extraídos ^{1/}				
		N	P	K	Ca	Mg
		-----kg/ha -----				
Grãos	4	77	9	83	10	10
	6	100	19	95	17	17
	8	167	33	113	27	25
	10	217	42	157	32	33
Silagem (matéria seca)	12	115	15	69	35	26
	16	181	21	213	41	28
	17	230	23	271	52	31
	19	231	26	259	58	32

^{1/} Para converter P em P_2O_5 ; K em K_2O ; Ca em CaO e Mg em MgO , multiplicar por 2,29; 1,20; 1,39 e 1,66; respectivamente. Fonte: modificado de Coelho & França (1995).

Tabela 2. Quantidades de nutrientes reciclados nas palhadas de milheto e aveia utilizadas como cobertura do solo em plantio direto e nas palhadas de milho e soja após a colheita dos grãos.

Culturas	Produtividade (matéria seca) ^{1/} ----- (t/ha) -----	Quantidades de nutrientes na palhada				
		N	P	K	Ca	Mg
		----- kg/ha -----				
Milheto	7,10	122	16	124	26	17
Aveia	3,10	62	8	60	12	4
Milho	7,65	78	16	90	34	12
Soja	5,42	54	8	77	28	15

^{1/}Matéria seca a 65 °C das palhadas. Fonte: Modificada de Marques et al. (2002).

importante instrumento para o uso eficiente de corretivos e fertilizantes.

A Figura 1 ilustra os conceitos de classificação da fertilidade dos solos utilizados para interpretação da capacidade de suprimento de nutrientes e, na Tabela 3, são apresentados exemplos de resultados de análises química e física frequentemente utilizados para diagnósticos da fertilidade dos solos.

encontra-se o solo B, de textura arenosa e extremamente pobre em nutrientes. Nesta condição, a sua exploração inicial com a cultura do milho safrinha seria uma atividade de alto risco.

Do ponto de vista de fertilidade dos solos e de nutrição do milho, resultados de pesquisas e a própria experiência têm demonstrado que altas

CLASSES DE INTERPRETAÇÃO	FONTES RELATIVAS DE NUTRIENTES EM DIFERENTES NÍVEIS DE FERTILIDADE DOS SOLOS	NÍVEIS DE SUFICIÊNCIA
MUITO ALTA	SOLO -----	100%
ALTA	SOLO ----- FERT*	90 - 100 %
MÉDIA	SOLO ----- FERTILIZANTE	70 - 90 %
BAIXA	SOLO ----- FERTILIZANTE -----	50 - 70 %
MUITO BAIXA	SOLO ----- FERTILIZANTE -----	< 50 %
	NUTRIENTES DISPONÍVEIS NO SOLO	NECESSIDADE DE ADUBAÇÃO

*Solos com níveis de fertilidade nas classes média, alta e muito alta: adubação de arranque ou manutenção

Figura 1. Conceito esquemático do estabelecimento de critérios para interpretação dos indicadores da fertilidade nas análises de solo.

Para exemplificar a interpretação de resultados de análise do solo e de sua capacidade potencial de suprimento de nutrientes às culturas, definidos na Figura 1, será feita uma avaliação comparativa dos dois solos contrastantes caracterizados na Tabela 3. O solo A enquadra-se na classe de fertilidade muita alta (nível de suficiência 100%) enquanto o solo B pode ser associado à classe de fertilidade muita baixa (nível de suficiência inferior a 50%). O solo A, com textura argilosa, caracteriza-se por apresentar perfil de fertilidade de 40 cm, sem problemas de toxidez de alumínio, com altos teores de matéria orgânica, macro (P, K, Ca, Mg) e micronutrientes (Zn, Cu, Fe e Mn), o que o caracteriza como um solo altamente produtivo, sendo considerado como ideal para o cultivo do milho safrinha. Em posição oposta,

produtividades somente são possíveis em solos cuja fertilidade encontra-se em níveis classificados como de médio a alto (Figura 1). Em solos com fertilidade classificada como baixa e muito baixa, seja devido às condições naturais ou por processos de degradação, é bastante difícil obter altas produtividades de milho no primeiro ano de cultivo (Figura 2). Exemplos típicos ocorreram em tempos passados, por ocasião da abertura dos Cerrados, ou recentemente, com utilização da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas. Em ambas as situações, a introdução do milho sem os devidos cuidados na construção da fertilidade dos solos foi frustrante, com baixos níveis de produtividades.

Tabela 3. Resultados de análise de atributos indicadores da fertilidade de dois solos do estado de Mato Grosso do Sul.

Indicadores da fertilidade dos solos	Solo A - Dourados		Solo B - Cassilândia
	0-20 cm	20 - 40 cm	0 - 30 cm
Indicadores do potencial produtivo			
pH_CaCl ₂	5,42	5,30	4,50
H+Al (cmol _c /dm ³)	3,54	2,48	2,80
Alumínio (cmol _c /dm ³)	0,00	0,00	0,30
Matéria Orgânica (dag/dm ³)	3,47	2,42	0,80
Soma de Bases (cmol _c /dm ³)	9,38	6,12	1,04
CTC_pH7 (cmol _c /dm ³)	12,92	8,60	4,20
Saturação por Bases (%)	72,60	71,16	24,76
Saturação por Alumínio (%)	0,00	0,00	22,40
Argila (%)	52,00	-	8,80
Indicadores da disponibilidade de macronutrientes			
Cálcio (cmol _c /dm ³)	6,35	4,20	0,80
Magnésio (cmol _c /dm ³)	2,40	1,80	0,20
Potássio (mg/dm ³)	245,70	46,80	15,60
Fósforo - Mehlich1 (mg/dm ³)	24,54	5,70	3,00
Enxofre (mg/dm ³)	10,10	34,70	3,00
Indicadores da disponibilidade de micronutrientes			
Zinco (mg/dm ³)	4,20*	-	0,90**
Cobre (mg/dm ³)	11,00*	-	0,80**
Manganês (mg/dm ³)	51,60*	-	3,10**
Ferro (mg/dm ³)	27,50*	-	27,00**
Boro (mg/dm ³)	0,22	-	0,14

*Extrator Mehlich1. **Extrator DTPA. Boro - extrator água quente. Fonte: modificada de Ranno & Broch (2007); Lima Negro et al. (2007).



a) Solo de baixa fertilidade



b) Solo de alta fertilidade

Figura 2. Aspecto de desenvolvimento de plantas de um híbrido moderno de milho cultivado em solos com diferentes níveis de fertilidade. Fotos do autor.

Acidez do solo, toxidez de alumínio e necessidade de calagem

O milho é classificado como sendo de tolerância mediana às condições de acidez e de toxidez por alumínio. Solos com saturação por alumínio na CTC efetiva (valor **m**) maior do que 20%, representam limitações ao rendimento do milho. Reduções na produtividade de híbridos de milho, variando de 7% a 47% em função do aumento da saturação por alumínio no solo, foi verificada em experimento conduzido em Uberaba-MG em um Latossolo Vermelho, textura muito argilosa, com quatro anos de plantio direto (Tabela 4). Assim, recomenda-se efetuar o plantio de milho safrinha em solo com acidez já corrigida. Para haver tempo suficiente para as reações do calcário no solo, a calagem deve ser feita antes da cultura de verão.

Recomendações de adubação de semeadura e de cobertura

Na recomendação de adubação para o milho safrinha, deve-se levar em consideração que os maiores riscos limitam às doses econômicas e a pluviosidade decrescente pode afetar o parcelamento da adubação, principalmente com o nitrogênio e o potássio. Em razão dos riscos existentes, deve-se, preferencialmente, implantar a lavoura em solos de boa fertilidade, com necessidades de aplicação de fertilizantes em doses suficientes para a reposição das quantidades exportadas nos grãos ou na forragem.

Tabela 4. Produtividade média de grãos de híbridos de milho em solo com dois níveis de saturação por alumínio na profundidade de 0 a 20 cm.

Híbridos	Produtividade de grãos (t ha ⁻¹)		Redução ^{1/} (%)
	Sat. Al ³⁺ = 5 %	Sat. Al ³⁺ = 23 %	
P 3071	7,97	4,21	47,18
Z 8474	7,28	4,39	39,70
Exceller	6,49	4,14	36,21
BR 3123	5,81	5,31	8,60
C 333	5,47	5,52	0,00
AG 122	5,36	5,00	6,71
DINA 652	5,34	4,17	21,90
Média	6,25	4,67	25,28
CV (%)	8,70	12,10	

^{1/}Redução na produtividade de grãos em função do aumento na saturação por alumínio. Fonte: modificada de Prado (2001).

Em áreas com subsolos ácidos, que apresentam saturação de alumínio maior que 20% ou com teores de cálcio abaixo de 0,5 cmol dm⁻³, há limitação para o desenvolvimento do sistema radicular e para a absorção de água, fatores críticos para o milho safrinha. Nestas condições, a utilização de cultivares que apresentam certo grau de tolerância ao alumínio (Tabela 4) pode ser uma alternativa para amenizar o problema. Em solos arenosos, com baixa capacidade de armazenamento de água, os riscos do cultivo de milho safrinha aumentam.

Adubação de semeadura

Em razão do baixo potencial de rendimento do milho safrinha, as doses de fósforo e de potássio a serem aplicadas, quando necessárias, são menores que as recomendadas para a safra normal. Em circunstâncias em que os teores de fósforo e de potássio no solo são altos e as probabilidades de respostas econômicas são baixas (eminência de ocorrer déficit hídrico durante o ciclo do milho), as quantidades a serem aplicadas devem compensar parte do que será retirado pelos grãos. Sugestões de doses para

adubação de semeadura do milho safrinha com nitrogênio, fósforo e potássio são apresentadas na Tabela 5.

questão. Condições em que o milho safrinha é cultivado em solo arenoso ou após outra gramínea cultivada no verão são enquadradas na classe de média/alta resposta a N. Quando o milho safrinha é cultivado após a soja ou outra

Tabela 5. Sugestões para adubação de semeadura do milho safrinha com nitrogênio, fósforo e potássio.

Potencial de produtividade (t/ha)	N (kg/ha)	Teor de Fósforo no solo				Teor 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 a 3	30	50	30	∕	∕	40	30	∕	∕
3 a 4	30	60	40	∕	∕	50	40	∕	∕
4 a 6	30	90	60	∕	∕	90	60	∕	∕

²Calcular a dose de acordo com a expectativa de produtividade, considerando as quantidades de fósforo e potássio removidos nos grãos ou na forragem, conforme descrito abaixo.

Quando o solo apresentar teores médios ou altos de fósforo e potássio (Tabela 5), a adubação para manutenção desses teores é feita pela reposição da quantidade removida no produto colhido.

De acordo com Coelho & Alves (2004), considera-se que para cada tonelada de grãos de milho produzida, são exportados de 6 a 10 kg de P₂O₅, sendo o maior valor para produtividades acima de 8 t/ha de grãos. Esses mesmos valores podem ser considerados quando se cultiva o milho para a produção de silagem, visto que a exportação de fósforo, quando se cultiva o milho para esta finalidade, é semelhante àquela para a produção de grãos.

Para o potássio, segundo Coelho (2005), os valores variam de acordo com a produtividade e a finalidade de exploração. Assim, para produtividades inferiores a 6 e acima de 8 t/ha de grãos, têm-se, respectivamente, exportações médias de 4 e 6 kg de K₂O por tonelada colhida. Quando o milho for destinado à produção de forragem, a extração média é de 13 kg de K₂O por tonelada de matéria seca produzida.

Adubação de cobertura

Para recomendação de nitrogênio em cobertura, além da produtividade esperada, considera-se a classe de resposta ao nutriente na lavoura em

leguminosa de verão tem-se a classe de baixa resposta à cobertura nitrogenada (Tabela 6).

É importante mencionar que a dose de 30 kg de N/ha, recomendada para aplicação na semeadura, possibilita dispensar aplicação de N em cobertura para produtividades de até 3 t/ha de grãos. Em algumas situações, como em solos de textura média e argilosa, é possível aplicar todo o nitrogênio na semeadura, não devendo a dose ultrapassar 60 kg/ha de N.

Adubação com micronutrientes

A sensibilidade à deficiência de micronutrientes varia conforme a espécie vegetal. 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 os solos originalmente sob vegetação de Cerrado. Nesta condição, a quase totalidade das pesquisas realizadas mostra resposta do milho à adubação com zinco, o mesmo não ocorrendo com os outros micronutrientes.

As recomendações de adubação com zinco para o milho no Brasil variam de 2 kg/ha de Zn, para teores de 0,6 a 1,0 mg/dm³ na análise de solo, a 4 kg/ha para solos com teores menores que 0,6 mg/dm³(extrator Mehlich1). Quando a deficiência é detectada na cultura em desenvolvimento, a correção pode ser feita com pulverização de 200 L/ha de solução com 0,5 % de sulfato de zinco, neutralizada com 0,25 % de cal extinta.

crescimento uniforme das plântulas. Esses procedimentos reduzem a ocorrência de plantas dominadas (atípicas). Altas produtividades requerem maior consistência no peso individual de espigas e tem-se constatado que a elevada incidência de plantas dominadas pode reduzir a produtividade em até 30%.

Tabela 6. Sugestões de doses de nitrogênio na adubação de cobertura para o milho safrinha.

Potencial de produtividade (t/ha)	Classes de respostas ao nitrogênio	
	Média/Alta	Baixa
2 a 3	0	0
3 a 4	30	0
4 a 6	50	30

¹Aplicação em cobertura quando o milho apresentar no estágio de 5 a 7 folhas totalmente expandidas.

Considerações finais

Para maximizar o potencial de produtividade do milho safrinha, o produtor deve:

- 1) Entender a condição climática e maximizar o potencial da cultura, com a utilização de cultivares de ciclo precoce e adaptados à região, em épocas adequadas de semeadura;
- 2) Com relação à qualidade do solo, utilizar área que apresente, no mínimo, um perfil de 40 cm sem problemas de acidez, além de alto teor de matéria orgânica e teores adequados de fósforo e de potássio na camada superficial;
- 3) Considerar, no manejo da adubação, que o solo deve receber o que as plantas exportam nos grãos ou na forragem;
- 4) Buscar planejar e administrar corretamente o estabelecimento da cultura utilizando sementes de alta qualidade (germinação e vigor), realizar o tratamento de sementes com inseticidas para o controle de pragas iniciais e proceder a correta regulagem de máquinas para a distribuição uniforme de sementes e fertilizantes, visando o estabelecimento do estande adequado e o

Referências bibliográficas

- COELHO, A.M. O potássio na cultura do milho. In: YAMADA, T. & ROBERTS, T.L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 2005. p. 612-658
- COELHO, A.M.; ALVES, V.M.C. Adubação fosfatada na cultura do milho. In: YAMADA, T; STIPP e ABDALLA, S.R. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato; Piracicaba-SP, p.243-283. 2004.
- COELHO, A.M. & FRANÇA, G.E. de. Nutrição e Adubação. 2 ed. Aum. In: Arquivo Agrônomo, n.º 2, POTAFÓS. (Piracicaba, SP). Seja o doutor de seu milho. Piracicaba: 1995. p. 1-9.
- LIMA NEGRO, S. R.; BISCARO, G. A.; PERINI, C. G. H.; BRITO, R. R. Adubação, calagem e gessagem na cultura do milho safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 9., anais. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. p.241-245.

MARQUES, R.R.; DELAVALLE, F.G.; LAZARINI, E.; BUZETTI, S.; ARATANI, R.G. Quantidades de nutrientes restituídos ao solo através de plantas de cobertura e resíduos das culturas de soja e milho, em função da presença ou ausência de calcário na implantação do sistema de plantio direto. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 25.; Reunião Brasileira Sobre Micorrizas, 9.; Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo, 7.; Reunião Brasileira de Biologia do Solo, 4., 2002. Rio de Janeiro, RJ. **FertBio 2002**. Rio de Janeiro: SBCS/UFRRJ, 2002. Resumo 411, CD Rom.

PRADO, R. M. Saturação por bases e híbridos de milho sob sistema plantio direto. *Scientia Agrícola*, v.58, n.2, p.391-394, 2001.

RANNO, S. K. & BROCH, D. L. Resposta do milho safrinha a fontes de nitrogênio em cobertura em Mato Grosso do Sul. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 9., anais. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. p.264-268.

**Circular
Técnica, 111**

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Milho e Sorgo
Endereço: Rod. MG 424 km 45 - Caixa Postal 151
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
E-mail: sac@cnpmis.embrapa.br

1ª edição
1ª impressão (2008): 200 exemplares

**Comitê de
publicações**

Presidente: Antônio Álvaro Corsetti Purcino
Secretário-Executivo: Paulo César Magalhães
Membros: Andrea Almeida Carneiro, Carlos Roberto Casela, Cláudia T. Guimarães, Clelio Araujo, Flavia França Teixeira, Jurandir Vieira Magalhães

Expediente

Revisão de texto: Clelio Araujo
Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa

ERROR: undefined
OFFENDING COMMAND: DeleteMe

STACK: