

3. CALAGEM, NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO

Luiz Alberto Staut¹
Carlos Hissao Kurihara²

3.1. Análise de solo

O conhecimento da disponibilidade de nutrientes e da presença de elementos tóxicos às plantas, através da análise química do solo, é essencial para o uso racional de corretivos e adubos.

O sucesso das ações definidas com base nos resultados de análise do solo depende da correta amostragem, pois os valores analíticos determinados expressam o nível de fertilidade da amostra e, portanto, não corrigem erros cometidos no processo de obtenção da mesma.

Dessa forma, a amostra analisada deve representar fielmente a área a ser trabalhada. Para tanto, a área a ser amostrada deve ser dividida em glebas homogêneas quanto à topografia, cor e textura do solo, cobertura vegetal, condições e histórico de uso e drenagem.

Definidas as glebas, deve-se, em cada uma, percorrer toda a área caminhando em ziguezague, coletando quinze a 20 porções de terra ou subamostras de mesma quantidade. Deve-se evitar a coleta nas linhas de cultivo anterior, bem como próxima a formigueiro, cupinzeiro ou depósitos de materiais que podem mascarar os resultados da análise. As subamostras devem ser depositadas em um recipiente limpo e, após serem bem misturadas, retira-se uma porção de cerca de 500g, que é chamada amostra composta. Esta, antes de ser enviada ao laboratório, deve ser seca à sombra, acondicionada em saco de plástico limpo e identificada.

Em área sob manejo do solo tradicional, as amostras de terra devem ser coletadas a profundidade de 0-20 e 20-40cm, utilizando-se pá de corte ou trado. Em áreas sob manejo no Sistema Plantio Direto, recomenda-se amostrar o solo em quatro profundidades: 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40cm. Para um bom monitoramento das condições de

¹ Eng. Agr., M.Sc., CREA nº 1175/D-MS, *Embrapa Agropecuária Oeste*, Caixa Postal 661, 79804-970 – Dourados-MS. E-mail: staut@cpao.embrapa.br

² Eng. Agr., M.Sc., CREA nº 4128/D-MS, *Embrapa Agropecuária Oeste*. E-mail: kurihara@cpao.embrapa.br

fertilidade, deve-se realizar a análise do solo no mínimo a cada dois anos.

Para a recomendação de adubação, deve-se considerar, também, o histórico da área (calagem e adubações anteriores, manejo do solo, rotação de culturas e produtividade obtida).

3.2. Diagnose foliar

A análise de tecido foliar é uma importante ferramenta para a avaliação do estado nutricional das plantas e da disponibilidade de nutrientes no solo.

As informações fornecidas pela análise foliar não permitem a indicação de doses de fertilizantes, quando avaliadas isoladamente. Porém, associadas aos resultados de análise de solo e ao histórico da área, possibilitam recomendação mais criteriosa, pois permitem detectar a ocorrência de desbalanços nutricionais entre os nutrientes. Como exemplo, as plantas podem apresentar deficiência induzida de potássio mesmo com boa disponibilidade desse nutriente no solo, em função do excesso de magnésio. Relações antagônicas também podem ocorrer entre outros nutrientes, como Ca x Mg, P x Zn e Mg x Mn.

A coleta de amostras de folhas deve seguir uma padronização, visto que a concentração de nutrientes pode variar em função de fatores externos, que determinam a sua disponibilidade no solo, e também por fatores internos, da própria planta, como seu estágio de desenvolvimento e a idade fisiológica da parte a ser amostrada.

A diagnose foliar do algodoeiro deve ser feita no florescimento (80 a 90 dias após a emergência), devendo-se coletar 30 folhas por área considerada homogênea. Coleta-se a quinta folha totalmente formada a partir do ápice da haste principal, e interpreta-se os resultados segundo os dados da Tabela 1.

TABELA 1. Teores adequados de nutrientes na matéria seca de folhas de algodoeiro, no período de florescimento.

Macronutrientes	Teores (g/kg)	Micronutrientes	Teores (mg/kg)
N	35-43	B	30-50
P	2,5-4,0	Cu	5-25
K	15-25	Fe	40-250
Ca	20-35	Mn	25-300
Mg	3-8	Zn	25-60
S	4-8		

Fonte: Silva et al. (1995).

3.3. Correção da acidez

O algodoeiro é extremamente sensível à presença de alumínio no solo e, portanto, a prática da calagem é imprescindível para que se consiga sucesso com a cultura em solos ácidos.

Em solo com pH (em água) inferior a 5,5 o algodoeiro sofre uma série de problemas nutricionais, que limitam sua produtividade, sendo que abaixo do índice 5,2 tendem aparecer deficiências de fósforo, nitrogênio, enxofre, magnésio e potássio. As plantas apresentam desenvolvimento reduzido tanto das raízes quanto da parte aérea, as hastes ficam finas, pouco ramificadas, de coloração avermelhada, internódios curtos e superbrotamento. As folhas apresentam-se pequenas, com pontos avermelhados e limbos, às vezes encarquilhados. O florescimento é deficiente.

A quantidade de calcário a ser aplicada (NC) pode ser estimada pelo método que visa a neutralização do alumínio trocável, conforme a expressão:

$$NC \text{ (t/ha)} = Al^{3+} \times 2$$

Quando o teor de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ for inferior a $2 \text{ cmol}_c/dm^3$, a quantidade de calcário pode ser calculada pela fórmula:

$$NC \text{ (t/ha)} = Al^{3+} \times 2 + [2 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]$$

Outro método que pode ser utilizado é o que visa elevar a saturação por bases no solo (V_1) até o valor desejado (V_2), de acordo com as exigências da cultura. Rosolem et al. (1997), em experimento conduzido em vasos com latossolo vermelho-escuro de textura média, concluiu que, para um crescimento de raiz adequado, bom desenvolvimento da parte aérea e aumento de produção, a aplicação de calcário deve visar uma saturação por bases de 50 a 60%. A necessidade de calcário é calculada pela expressão:

$$NC \text{ (t/ha)} = \frac{(V_2 - V_1) \times T}{100}$$

Sendo:

S = soma de bases trocáveis ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+}$), em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$;

T = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0 = $[\text{S} + (\text{H} + \text{Al}^{3+})]$, em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$;

V_2 = percentagem de saturação por bases recomendada;

V_1 = percentagem de saturação por base atual do solo, calculada pela fórmula: $(100 \times \text{S}) / \text{T}$

As doses obtidas pelos diferentes critérios citados referem-se a calcário com PRNT de 100%. Quando o PRNT do calcário disponível for diferente de 100%, deve-se corrigir a dose recomendada, utilizando-se a fórmula:

$$\text{Dose a ser aplicada (t/ha)} = \frac{\text{dose recomendada} \times 100}{\text{PRNT do calcário}}$$

A eficiência da calagem não é afetada pelo uso de um calcário calcítico ou dolomítico, desde que a dose recomendada seja aplicada (Braga, 1991). Porém, a escolha correta é importante para suprir as necessidades da planta, bem como para restabelecer o equilíbrio catiônico no solo, eventualmente desajustado por cultivos sucessivos. De maneira geral, recomenda-se o uso de calcário dolomítico ou magnesiano quando o teor trocável de Mg no solo for inferior a $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e/ou quando a saturação desse nutriente na CTC for menor do que 13%. A aplicação do tipo e da quantidade de calcário indicada pela análise de solo evita que a produção seja limitada por desbalanços nutricionais provocados pela ocorrência de antagonismo entre os nutrientes.

Como exemplo, a disponibilidade muito alta de Mg no solo pode induzir à deficiência de potássio na planta, em função desses nutrientes competirem entre si na absorção pela raiz. O excesso de calcário pode induzir à deficiência de manganês e zinco, principalmente devido à indisponibilidade desses nutrientes no solo. O uso de corretivo abaixo da quantidade necessária reduz a resposta da cultura à adubação, principalmente com fósforo, enxofre e boro

Considerando que os corretivos demandam certo tempo para sua solubilização, o calcário deve ser incorporado com, no mínimo, dois meses de antecedência ao plantio, lembrando que sua ação depende da disponibilidade de água no solo e da granulometria do calcário utilizado.

No sistema convencional, para melhor incorporação do produto, quando a dose de calcário for superior a 5 t/ha, aplicar metade da dose, arar, aplicar o restante e gradear. A quantidade de calcário calculada por qualquer dos métodos anteriormente citados é recomendada para a incorporação na camada de 0 a 20cm. A incorporação da dose recomendada a profundidades inferiores a 20cm pode induzir à redução da disponibilidade de micronutrientes. Por outro lado, caso se pretenda proceder uma incorporação mais profunda, deve-se aumentar a quantidade a ser aplicada, de forma proporcional ao volume de solo a ser corrigido.

No Sistema Plantio Direto já estabelecido, resultados de pesquisa obtidos no Paraná têm demonstrado a eficácia da aplicação superficial (sem incorporar) de calcários. Esse procedimento permite que o teor de alumínio trocável no solo seja mantido em nível não detectável pela análise química, na camada de 0-5cm de profundidade e em níveis não prejudiciais na camada de 5-10cm. Segundo Sá (1996), a ação do corretivo aplicado em superfície pode ocorrer pelas seguintes formas:

- a) deslocamento de partículas finas de calcário através do movimento descendente de água pelos canalículos de raízes de culturas anteriores e galerias de organismos (micro, meso e macrofauna);
- b) deslocamento de cálcio no perfil, acompanhado pelos ânions nitrato e sulfato, liberados pela mineralização da matéria orgânica; e
- c) transporte de resíduos culturais com partículas de calcário pela ação da fauna do solo, formando "sítios de matéria orgânica".

A recomendação de calagem superficial adotada no Paraná consiste da aplicação, em solos argilosos, de 1/3 a 1/2 da dose

calculada pelo método de saturação por bases para a profundidade de amostragem de 0 a 20cm, até o limite de 2,5 t/ha. Em solos argilo-arenosos e arenosos, aplicar metade da dose estimada pelo mesmo critério até o limite de 1,5 a 2,0 t/ha. Em áreas onde antes da adoção do sistema a acidez foi devidamente corrigida, a aplicação do calcário deve voltar a ser feita após o quarto ano ou quando se detectar problemas de acidez.

O crescimento radicular do algodoeiro em profundidade pode ser limitado pela acidez subsuperficial. Esta limitação no crescimento radicular é potencialmente importante em regiões caracterizadas pela distribuição irregular de chuva e baixa capacidade de retenção de água dos solos.

A incorporação de calcário a profundidades superiores a 30cm é limitada por dificuldades operacionais e econômicas. Pelas suas características químicas, o gesso apresenta a capacidade de reduzir a saturação de alumínio nas camadas mais profundas e elevar os teores de cálcio, magnésio e potássio. Com isso, criam-se condições para o aprofundamento do sistema radicular das plantas e o aproveitamento com maior eficiência da água disponível, minimizando os efeitos de veranicos. Além disso, permite que as raízes explorem um volume maior de solo e, conseqüentemente, aproveitem melhor os nutrientes. Deve ficar claro, no entanto, que o gesso não neutraliza a acidez do solo.

A aplicação de gesso é indicada quando se detectar, na camada subsuperficial (30 a 50cm de profundidade), saturação de Al maior que 20% e/ou saturação de cálcio menor que 60% (cálculo feito com base na capacidade de troca de cátions efetiva). Nessas condições, aplicar gesso nas doses de 700, 1.200, 2.200 e 2.300 kg/ha para os solos de textura arenosa (>15% de argila), média (15 a 35% de argila), argilosa (36 a 60% de argila) e muito argilosa (>60% de argila), respectivamente.

O efeito residual esperado é de, no mínimo, cinco anos. Como fonte de cálcio e enxofre, a aplicação de gesso deve-se restringir as doses em torno de 200 kg/ha/ano.

3.4. Nutrição

A exigência nutricional de qualquer planta é determinada pela quantidade de nutrientes que ela extrai durante o seu ciclo para a

obtenção de produções econômicas. Para se fazer uma adubação equilibrada, entre outros parâmetros a ser considerados, é de fundamental importância conhecer a extração total de nutrientes, a quantidade exportada (caroço) e o que fica nos restos de cultura e retorna ao solo (Tabela 2).

TABELA 2. Quantidades de nutrientes extraídos, exportados e retornados ao solo pelo algodoeiro com uma população de 88.800 plantas e produtividade de 2.500 kg/ha.

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Mn	Cu	Fe	Zn
	kg/ha					g/ha				
Extraído	212	32	118	44	19	10	131	41	147	155
Exportado	152	21	35	5	10	6	26	22	18	111
Retornado	60	11	83	39	9	4	105	19	128	44

Fonte: Staut (1996).

3.4.1. Nitrogênio

O nitrogênio é o nutriente que o algodoeiro retira do solo em maior proporção. É fundamental no desenvolvimento da planta, principalmente dos órgãos vegetativos. Quando em doses adequadas, estimula o crescimento e o florescimento, regulariza o ciclo da planta, aumenta a produtividade e melhora o comprimento e a resistência da fibra. Em doses elevadas, verifica-se elevado desenvolvimento vegetativo da planta em detrimento da produção e a formação tardia da carga do algodoeiro.

A resposta da cultura ao nitrogênio está estreitamente ligada à presença de potássio no solo. Em ensaios conduzidos em solos deficientes em potássio, utilizando doses de 30 e 60 kg/ha de nitrogênio, Silva et al. (1974) observaram efeitos apenas sobre o peso de capulhos, que apresentaram aumento de 5%; já em solos bem supridos de potássio, verificaram aumentos médios significativos de 7, 4 e 3%, respectivamente para peso de capulho, de sementes e porcentagem de fibras.

O parcelamento da adubação nitrogenada, de uma maneira geral, é a forma mais adequada para aumentar a eficiência do uso de nitrogênio pelas culturas e aumentar a produtividade. O momento mais

adequado para proceder à adubação nitrogenada em cobertura é variável em função de fatores como cultura, tipo de solo, quantidade e intensidade de chuvas. Segundo Lopes (1996), deve-se parcelar a aplicação de nitrogênio em três a quatro vezes, principalmente quando se aplica doses elevadas (120 a 150 kg/ha de N), em solos de textura arenosa (menos de 15% de argila), em áreas com grande intensidade de chuvas ou quando se cultiva variedades de ciclo longo. Por outro lado, pode-se parcelar em uma ou duas vezes quando se aplica pequenas doses (40 a 80 kg/ha), em solos de textura média (15 a 35% de argila) ou argilosa (mais de 35% de argila), em áreas com menor intensidade de chuvas ou se utiliza variedades de ciclo curto.

Geralmente, a aparência da folhagem fornece boa indicação sobre o estado nutricional da planta no que se refere ao nitrogênio, uma vez que a falta deste se traduz em clorose e menor desenvolvimento da parte aérea. Em plantas deficientes em nitrogênio, ocorre ainda diminuição do número de sementes por capulho.

Os sintomas de carência de nitrogênio são: clorose uniforme, acentuando gradativamente nas folhas mais velhas, que secam e provocam a queda prematura das mesmas; menor número de folhas com limbo e pecíolos reduzidos; plantas de menor porte com internódios curtos; número reduzido ou ausência completa de ramos vegetativos laterais; ramos produtivos curtos e escassos; queda anormal de botões florais, de flores e de frutos novos; pequeno número de flores; maçãs esparsas, posicionadas nos primeiros ramos frutíferos inferiores e maturação precipitada dos frutos. A anomalia pode atingir grandes áreas, sendo mais freqüente em solos intensamente cultivados ou arenosos.

3.4.2. Fósforo

O fósforo se concentra principalmente nas flores e frutos, sendo considerado o principal responsável pela boa polinização e frutificação das plantas. Ao contrário do nitrogênio, que prolonga a fase vegetativa, o fósforo regulariza a maturação e a abertura dos frutos. Tem como função proporcionar bom desenvolvimento do sistema radicular, estimulando a formação e o crescimento das raízes, especialmente das secundárias, que têm importante função na absorção de água e nutrientes. Quantidades adequadas de fósforo em forma disponível no solo aceleram a formação e a maturação dos frutos e proporcionam

maior resistência às doenças, por contribuir para a melhor constituição da célula. Possui relações importantes com outros nutrientes, contribuindo para melhorar o aproveitamento do potássio.

O uso de fósforo na adubação, freqüentemente, beneficia o tamanho do fruto do algodoeiro, uma vez que a concentração do nutriente nas sementes é quase três vezes superior àquela encontrada nas folhas, em termos de peso de fósforo por 100 gramas de matéria seca. A maioria das transformações energéticas dos processos vitais das plantas é realizada à custa da interferência do fósforo. Este nutriente é rapidamente mobilizado nas plantas e, quando há deficiência, o mesmo se transloca dos tecidos mais velhos para as regiões meristemáticas ativas.

O fósforo é requerido em maiores proporções nos estádios iniciais e a absorção máxima desse nutriente ocorre entre 30 e 50 dias após a emergência, com o pique de absorção se concentrando aos 40 dias; daí em diante e até 120 dias é absorvido em proporções moderadas, reduzindo-se a exigência da planta somente depois de 130 dias de ciclo

Para o algodoeiro, a necessidade quantitativa de fósforo é menor que a necessidade de nitrogênio (Tabela 2). Entretanto, as quantidades de P_2O_5 utilizadas na cultura são geralmente mais elevadas que as de nitrogênio, em decorrência da alta capacidade de fixação de fosfatos nos solos, especialmente os de cerrado e, de maneira geral, os solos argilosos (Lopes, 1984), resultando, assim, em baixa recuperação pela planta do fósforo aplicado ao solo.

No algodoeiro, a deficiência de fósforo atrasa o desenvolvimento e as plantas crescem pouco; reduzem a frutificação, retardando a colheita, o que afeta a qualidade da fibra; as folhas mostram-se mais escuras e menores do que as normais e a produtividade é reduzida. Podem aparecer manchas ferruginosas nos bordos foliares, que evoluem para crestamento em casos severos de deficiência (Silva et al. 1995).

Como fonte de fósforo podem ser utilizados os adubos solúveis em água (superfosfatos e fosfatos de amônio) ou em ácido cítrico (termodifosfatos e fosfato natural reativo). A escolha por uma dessas fontes deve levar em consideração a necessidade de outros nutrientes (nitrogênio, enxofre, cálcio, magnésio ou micronutrientes) e a relação custo/benefício, tendo em vista o preço do produto e a diferença na qualidade da aplicação entre um adubo cujos nutrientes são formulados no próprio grânulo de fósforo e uma mistura de adubos. Em geral, o

fosfato natural reativo tem demonstrado eficiência agronômica semelhante ao superfosfato triplo, em áreas com média à alta disponibilidade de fósforo. Nessas condições, o uso dessa fonte torna-se interessante pelo seu menor custo por ponto de fósforo total no adubo. Em áreas de baixa disponibilidade de fósforo, o fosfato natural reativo pode ser usado na adubação de correção, desde que se use uma fonte mais solúvel na adubação de manutenção.

3.4.3. Potássio

A função do potássio na planta parece ser de natureza catalítica, mas é, também, considerado essencial para diversas funções vitais da planta. Participa direta ou indiretamente da fotossíntese e da respiração. A sua ação caracteriza-se por ser ativador de um grande número de enzimas; regula a turgidez do tecido, a abertura, o fechamento dos estômatos e o transporte de carboidratos; confere maior resistência às pragas e doenças e ao acamamento e produtos de melhor qualidade.

O uso de doses adequadas de K_2O na adubação do algodoeiro aumenta o número de maçãs com maior diâmetro, o peso de capulhos e o peso de 100 sementes e reduz o número de maçãs atacadas por pragas e doenças; conseqüentemente, observa-se aumento considerável na produtividade (Staut, 1996).

Com relação à qualidade da fibra, o potássio, por proporcionar a manutenção da folhagem e regularizar o ciclo do algodoeiro, dando condições para maior deposição de celulose nas paredes internas da fibra, melhora acentuadamente o índice Micronaire (finura + maturidade). O comprimento médio de fibras é, no geral, menos beneficiado. No entanto, o número de fibras mais curtas (uniformidade de comprimento) diminui, formando fibras de melhor qualidade, dando origem a fios mais resistentes (Silva et al., 1994).

Segundo Silva & Carvalho (1998), em solos com bom teor de fósforo o algodoeiro responde mais positivamente à adubação potássica, se estiver bem nutrido de cálcio e magnésio. A resposta à adubação potássica depende estreitamente da relação entre o teor de cálcio mais magnésio e de potássio existente no solo. Quando a relação $(Ca+Mg)/K$ for igual a 10, a planta não responderá às adubações com potássio. Quando esta relação for igual ou maior que

36, haverá maior probabilidade de resposta à adubação potássica em presença de teores adequados de outros nutrientes, inclusive o fósforo.

O potássio é requerido em maiores proporções em dois períodos do ciclo do algodoeiro: o primeiro entre os 30 e 50 dias após a emergência e o segundo por volta dos 90 dias; no final do ciclo, a absorção é reduzida e aumenta-se a translocação do mesmo para as sementes.

Plantas deficientes em potássio não conseguem usar água ou outros nutrientes de solos eficientemente e são menos tolerantes a estresses ambientais, tais como secas, excesso de água, vento e temperaturas altas e baixas.

No algodoeiro, a deficiência de potássio é caracterizada pela clorose entre as nervuras das folhas do "baixeiro" que evolui para o bronzeamento. Com o desenvolvimento dos frutos, os sintomas se deslocam para os "ponteiros", enquanto as folhas mais velhas começam a secar e a cair. As plantas carentes apresentam ciclo curto e queda de praticamente todas as folhas, sendo que a maturação dos frutos é antecipada e muitas maçãs não se abrem. Em casos severos, a seca é tão intensa que as plantas parecem ter sido queimadas pelo fogo (Silva et al., 1995).

3.4.4. Cálcio

Tem papel importante no metabolismo do nitrogênio e no poder germinativo das sementes. Elemento constitutivo da estrutura vegetal, a qual empresta solidez. Relativamente imóvel, não se redistribui com facilidade no vegetal; por isso, a carência desse nutriente no solo pode provocar na planta anomalias que se manifestam principalmente nos órgãos mais novos.

Apesar de ser um nutriente bastante exigido pelo algodoeiro, a deficiência de cálcio não é muito comum, mesmo em solos ácidos ou arenosos. Merece destaque especial a importância que o cálcio desempenha no crescimento radicular, através do seu papel na divisão e alongação celular.

Sintomas de deficiência de cálcio estão associados a solos extremamente pobres e ácidos; em condições de campo, raramente são observados. Nessas condições, no entanto, as plantas paralisam o crescimento, seguido de murchamento das folhas, curvatura e colapso de pecíolos, fato que resulta em elevada desfolha. As poucas folhas

remanescentes tornam-se avermelhadas. O desenvolvimento radicular é prejudicado, podendo ocorrer apodrecimento. O número de flores também é reduzido e a queda de maçãs é muito intensa.

3.4.5. Magnésio

O magnésio é pouco exigido pelas plantas. Considerando que a disponibilidade de magnésio é satisfatória na maioria dos solos, a deficiência desse nutriente não é muito comum. Entretanto, podem surgir problemas com o suprimento de magnésio nas situações:

- a) em solos ácidos altamente intemperizados;
- b) em solos arenosos;
- c) em solos cuja acidez vem sendo corrigida com calcário calcítico; e
- d) em cultivo com adubações pesadas de potássio.

Até o florescimento, o algodoeiro absorve relativamente pouco magnésio; posteriormente ele retira do solo cerca de 75% da quantidade total removida, sendo que 65%, aproximadamente, é absorvido após a formação das maçãs.

Da mesma forma que o cálcio, distúrbios nutricionais com magnésio ocorrem com freqüência em solos ácidos. As plantas desenvolvem-se lentamente, surgindo nas folhas do "baixeiro" uma clorose internerval que, de modo rápido, evolui para um vermelho-púrpura, que contrasta nitidamente com o verde normal das nervuras. Os sintomas evoluem para as folhas mais novas, enquanto as mais velhas afetadas caem rapidamente. Resultam em plantas pequenas e pouco produtivas. Confunde-se muito com o problema do "vermelhão", doença causada por vírus e transmitida pelo pulgão. Nesse caso, a coloração avermelhada das folhas é desuniforme (manchada) e não ocorre de modo obrigatório no "baixeiro" das plantas; a doença, que é muito freqüente, induz à deficiência de magnésio. Outro tipo de amarelecimento e vermelhão, que pode se confundir com a deficiência de magnésio, é causado pelo ataque de broca-da-raiz. Esta anomalia é acompanhada por murchamento das folhas e pela presença de galerias feitas pelas lagartinhas do besouro na região do coleto que, freqüentemente, provoca a quebra do caule e o tombamento da planta afetada. Outro vermelhão semelhante, que ocorre em reboleiras na lavoura, é devido ao ácaro rajado, que se inicia entre as nervuras e próximo a elas, em reboleiras na lavoura, sendo que a presença da

praga pode ser observada no verso da folha atacada (Silva et al., 1995).

A principal fonte de magnésio é o calcário magnesiano ou dolomítico. Contudo, em áreas sem limitações por problemas relacionados à acidez do solo, o nutriente pode ser suprido na forma de óxido ou pela aplicação de termofosfatos.

3.4.6. Enxofre

O algodoeiro requer um suprimento contínuo de enxofre e em solos de baixa fertilidade responde bem à aplicação desse nutriente. Após alguns anos de cultivo, com calagem e adubação com NPK, podem surgir sintomas de deficiência desse elemento, uma vez que no solo o mesmo forma pares iônicos com cálcio, magnésio e potássio e tende a movimentar-se para camadas subsuperficiais.

O máximo de absorção de enxofre pelo algodoeiro ocorre em torno de 50 dias após a emergência, quando se concentra o aparecimento dos botões florais das plantas; após esse período, a absorção é diminuída, voltando a subir aos 80 dias.

As plantas deficientes apresentam crescimento prejudicado, com poucos ramos vegetativos e com clorose uniforme em folhas novas. Diferencia-se da carência de nitrogênio pelo fato de o amarelecimento ser restrito, no início, às partes jovens (ponteiros) das plantas, onde pequenas folhas são verde-claras, brilhantes, com aspecto semelhante ao das folhas novas dos citros (verde-limão). Há queda excessiva e prematura de formações jovens e de folhas, diminuindo o ciclo da planta.

3.4.7. Boro

Dos micronutrientes exigidos pela cultura do algodoeiro, o boro é um dos mais importantes. É de absorção rápida, porém com translocação lenta. Quando aplicado às folhas, tende a se acumular, podendo atingir níveis tóxicos. O limite entre a toxidez e a deficiência é muito estreito. Geralmente, o boro não ocorre em altas concentrações na solução dos solos cultivados, a menos que tenham sido realizadas adubações pesadas. Portanto, deve-se ter o cuidado com aplicações foliares excessivas.

Sua deficiência é aumentada em presença de calagem excessiva e em solos pobres em matéria orgânica, principalmente em regiões sujeitas a períodos de chuvas intensas e solos arenosos. Nessas condições, torna-se interessante o uso de adubos de menor solubilidade, como a ulexita (8% de B), pois o uso de fontes solúveis, como o bórax (11% de B) ou o ácido bórico (17% de B) podem suprir a planta no estágio inicial do seu desenvolvimento, mas resultar em deficiências na floração. Em condições de baixa disponibilidade no solo, deve-se preferir as aplicações por ocasião da semeadura, uma vez que as plantas se ressentem da falta de boro já nas primeiras fases de desenvolvimento.

Em solos pobres em boro, os sintomas de deficiência podem aparecer no início do florescimento do algodoeiro, manifestando-se como manchas isoladas na lavoura, plantas com ponteiros cloróticos e folhas novas disformes e com limbos enrugados. Os botões florais apresentam-se levemente deformados, as brácteas são cloróticas e podem envolver totalmente a corola atrofiada. As pétalas crescem menos, dobram as extremidades para dentro e apresentam manchas pardas na face interna. O "baixeiro" das plantas, no entanto, tem coloração verde normal em contraste nítido com a clorose do "ponteiro".

Os frutos geralmente são menores, disformes e com freqüência apresentam descoloração (mancha escurecida) interna em sua base. Ocorre queda excessiva de botões florais, de flores e até mesmo de frutos novos. As plantas afetadas costumam apresentar crescimento do caule principal em zigue-zague, internódios curtos e número anormal de brotos novos (superbrotamento). Em carências mais severas, ocorre rachadura do caule nos nós, com exudação de líquido e morte do "ponteiro". Em pleno período de frutificação podem aparecer anéis concêntricos, mais escuros e pilosos, nos pecíolos de folhas maduras, com correspondente escurecimento interno da medula. As plantas rebrotadas têm o ciclo prolongado, o que prejudica a operação de colheita mecânica.

Quando a anomalia ocorre no início do desenvolvimento, surgem plantas bifurcadas pelo dano causado aos "ponteiros", aspectos semelhantes ao proporcionado por ataque de tripes. O superbrotamento devido à deficiência de boro difere da conhecida ramulose, uma vez que essa doença pode aparecer cedo na lavoura e é acompanhada de manchas pardas, estreladas, nas folhas novas que, ao secarem, deixam os limbos perfurados.

3.4.8. Manganês

Sob condições de campo, a deficiência de manganês aparece quando o solo originalmente apresenta baixo conteúdo deste micronutriente ou após adição de quantidades muito elevadas de corretivos de acidez do solo. Os sintomas aparecem primeiro nas folhas novas do "ponteiro", como uma clorose internerval e dobramento do limbo foliar, com as nervuras permanecendo bem verde. Como a disponibilidade de manganês está bastante relacionada com o pH do solo, em condição de alta acidez pode-se tornar tóxico. Os sintomas de toxicidade nas plantas caracterizam-se por clorose mosqueada no limbo, com pontos necróticos entre as nervuras, e as folhas apresentam-se enrugadas e distorcidas.

3.4.9. Zinco

Segundo Hinkle & Brown, citados por Quaggio et al. (1991), os sintomas de deficiência de zinco no algodoeiro ocorrem mais freqüentemente nas folhas, que se apresentam menores do que as normais, com clorose internerval espessa e com bordos dobrados para cima. Os lóbulos das folhas novas podem se alongar, tomando aspectos de dedos. Plantas afetadas precocemente apresentam internódios curtos, tornando-se enfezadas, atrofiadas; quando a deficiência ocorre tardiamente, o porte é normal, mas as folhas revelam clorose e os frutos não se desenvolvem a contento.

Embora nem sempre o uso de elevadas doses de calcário conduzam a problemas com zinco, a utilização de solos de pH elevado e a prática da calagem em solos ácidos têm sido relacionadas como influentes fatores de disponibilidade do micronutriente. Em solos ácidos corrigidos por calagem e adubação mineral, a omissão do micronutriente chegou a deprimir em 28% a produção do algodoeiro (Moclung et al., 1961).

3.5. Adubação de manutenção

O fósforo e o potássio devem ser recomendados em função da análise do solo. As Tabelas 3 e 4 indicam as doses a ser usadas na adubação de manutenção para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso,

respectivamente, visando produtividade ao redor de duas toneladas de algodão em caroço por hectare.

TABELA 3. Doses de fósforo e de potássio usadas na adubação de manutenção do algodoeiro em Mato Grosso do Sul.

P- resina	P ₂ O ₅	K	CTC ou T (cmol _c /dm ³)		
			0-4	4-8	>8
mg/dm ³	kg/ha	cmol _c /dm ³	-----K ₂ O (kg/ha)-----		
0-6	100	0-0,07	60	60 ^a	80 ^a
7-15	80	0,08-0,15	60	60	60 ⁽¹⁾
16-40	60	0,16-0,30	40	60	60
41-80	40	0,31-0,60	20	40	60
>80	20	>0,60	20	20	40

Fonte: Silva et al. (1995).

^a Complementar com cobertura de 25 kg de K₂O/ha.

CTC ou T = capacidade de troca de cátions a pH 7,0.

Nota: mg/dm³ = ppm; cmol_c/dm³ = meq/100 cm³.

TABELA 4. Doses de fósforo e de potássio usadas na adubação de manutenção do algodoeiro em Mato Grosso.

P Mehlich-1 mg/dm ³	pH (em água)			K (cmol _c /dm ³)	CTC ou T (cmol _c /dm ³)		
	< 5,5	5,5-6,0	>6,0		<2,5	2,5-5,0	>5,0
	----- P ₂ O ₅ (kg/ha)-----				----- K ₂ O (kg/ha)-----		
<5	70-80	60-70	50-60	<0,10	40-50	50-60	60-80
6-10	60-70	50-60	40-50	0,10-0,20	30-40	40-50	50-60
11-20	50-60	40-60	30-40	0,20-0,30	20-30	30-40	40-50
>20	40-50	30-40	20-30	>0,30	20	20-30	30-40

Fonte: EMPAER-MT (1991).

CTC ou T = Capacidade de troca de cátions a pH 7,0.

Nota: mg/dm³ = ppm; cmol_c/dm³ = meq/100 cm³.

O nitrogênio deve participar em dose mínima (10 a 15 kg de N/ha) na adubação básica. Com relação ao enxofre, por falta de informações experimentais quanto às análises de solo e de planta, é conveniente uma aplicação em dose mínima (20 a 30 kg de S/ha), no

plantio; para tanto, há necessidade de uso de adubos nitrogenado e/ou fosfatado que o contêm. Na impossibilidade de ser aplicado na base, o enxofre poderá ser aplicado em cobertura, juntamente com o nitrogênio, através do uso de sulfato de amônio.

A adubação de manutenção representa, no caso dos micronutrientes boro e zinco, a forma mais eficiente de fornecimento. As doses de boro, zinco e enxofre usadas na adubação do algodoeiro encontram-se na Tabela 5.

TABELA 5. Doses de boro, zinco e enxofre usadas na adubação do algodoeiro.

Nutriente	Modo de aplicação	Ingrediente ativo (kg/ha) ^a	Fonte (kg/ha)
Boro	Sulco de plantio	0,5-1,2 ^a	4,5-10 Bórax
Zinco	Sulco de plantio	4,5-5,5	20-24 Sulfato de Zinco
Enxofre	Cobertura	25-30	104-125 Sulfato de Amônio

Fonte: EMPAER-MT (1991); ^aSilva et al. (1995).

^a As maiores doses referem-se aos solos de Cerrado.

As recomendações da pesquisa devem ser consideradas como orientações, mas não como quantidades rígidas e imutáveis. A experiência do técnico que atua na região, o histórico da área e o conhecimento da cultura a ser implantada, a disponibilidade de capital do agricultor, entre outros fatores, deverão ser considerados, antes da tomada de decisão sobre as doses de calcário e adubos a serem aplicadas sobre uma determinada área. A análise de solo é um instrumento válido nas tomadas de decisões, mas é apenas um componente de um complexo sistema (Lopes, 1984).

3.6. Adubação de cobertura

Grande número de resultados experimentais de campo têm demonstrado a possibilidade de se relacionar a resposta do algodoeiro a nitrogênio com a intensidade do uso da terra. Desse modo, Silva et al. (1995) recomenda complementar a adubação básica com a aplicação em cobertura de:

- a) 30 a 50 kg de N/ha, em solos intensamente cultivados e adubados, ou desgastados e erodidos;
- b) 20 a 40 kg de N/ha, em solos ácidos ou em vias de correção, moderadamente adubados; e
- c) 15 a 25 kg de N/ha, em solos de derrubada recente, ou em pousio prolongado ou, ainda, após rotação com leguminosas.

A época mais adequada para a cobertura é entre 30 a 40 dias após a emergência das plantas. Quando a dose requerida for maior que 20 kg de N/ha, em solos arenosos, e maior que 30 kg/ha em solos argilosos, a adubação deve ser parcelada. Nesse caso, aplicar 2/3 da quantidade na primeira cobertura e o restante após o intervalo de 20 dias. Doses mais elevadas de nitrogênio podem ser usadas em solos arenosos, em anos ou locais muito chuvosos quando as plantas crescem pouco. Adubações tardias tentem a prolongar o ciclo do algodoeiro, dificultando o controle de pragas tardias e atrapalhando a maturação dos frutos.

Na primeira cobertura, deve-se aplicar o adubo nitrogenado em filete ao lado das plantas, distante cerca de 10 a 20cm. Na segunda, não há necessidade de precisar a colocação do fertilizante, uma vez que o sistema radicular das plantas já está bem desenvolvido. Dar preferência, em qualquer dos casos, a solos úmidos, evitando, no entanto, ocasiões muito chuvosas, devido ao risco de perda do nutriente por lixiviação.

Em solos arenosos, com baixa CTC efetiva, muito permeáveis ou intensamente cultivados, o potássio pode ser colocado de forma parcelada, principalmente quando as doses recomendadas forem superiores a 60 kg/ha; nessa situação, efetuar a aplicação em cobertura, conjugada à de nitrogênio.

3.6.1. Pulverização foliar

O boro é prontamente assimilado pelas folhas do algodoeiro, devendo ficar claro, porém, que esse tipo de adubação não tem a mesma eficiência que os métodos tradicionais. Recomenda-se a pulverização foliar apenas como medida corretiva de deficiências, caso estas apareçam durante o desenvolvimento do algodoeiro.

Bórax e ácido bórico são os produtos mais comuns no mercado, para fornecerem boro, cuja concentração não deve exceder 0,2 kg de B/ha, por aplicação. Os adubos boratados devem ser aplicados a baixo

volume, em pelo menos três vezes, espaçadas de cinco a sete dias, durante o florescimento (Silva et al. 1995).

3.7. Referências bibliográficas

- BRAGA, J.M. Aspectos qualitativos do calcário. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.15, n.170, p.5-11, 1991.
- EMPAER-MT (Cuiabá, MT). **Diretrizes técnicas do algodão: região Cerrados**. Cuiabá, 1991. 45p. (EMPAER-MT. Diretrizes Técnicas- Algodão, 2)
- LOPES, A.S. **Guia das melhores técnicas agrícolas**. São Paulo: ANDA, 1996. 27p.
- LOPES, A.S. **Solos sob cerrado: características, propriedades e manejo**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1984. 162p.
- MCCLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M.; MISSELSSEN, D.S.; LOTT, N.L. **A adubação do algodoeiro em solos de campo cerrado no Estado de São Paulo**. São Paulo: IBEC Research Institute, 1961. 35p. (Boletim, 27).
- QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M. da; BERTON, R.S. Culturas oleaginosas. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1., 1988, Jaboticabal, SP. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFÓS/CNPq, 1991. p.445-484.
- ROSOLEM, C.A.; GIOMMO, G.S.; LAURENTI, R.L.B. Crescimento radicular e nutrição de cultivares de algodão em resposta a calagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro, RJ. **Informação de solos na globalização do conhecimento sobre o uso das terras: anais**. Rio de Janeiro: SBCS/EMBRAPA-CNPS/EMBRAPA-CNPAB, [1997?]. 4p. CD ROM. Seção trabalhos.

- SÁ, J.C. de M. Calagem em solos sob plantio direto da região dos Campos Gerais, Centro-Sul do Paraná. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1995, Castro, PR. **Anais**. Castro: Fundação ABC, 1996. p.73-107.
- SILVA, N.M. da. Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.81, p.7, mar. 1998.
- SILVA, N.M. da; CARVALHO, L.H.; CIA, E.; FUZATTO, M.G.; CHIAVEGATO, E.J.; ALLEONI, L.R.F. Seja doutor do seu algodoeiro. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.69, mar. 1995. Arquivo do Agrônomo, Piracicaba, n.8, p.1-24, mar. 1995. Encarte.
- SILVA, N.M.; FERRAZ, C.A.M.; GRIDI-PAPP, I.L.; CIA, E.; SABINO, N.P. Efeitos da aplicação de N e de K sobre características gerais do algodoeiro cultivado em latossolos não deficientes em potássio. **Bragantia**, Campinas, v.33, n.13, p.129-138, 1974.
- SILVA, N.M. da; KONDO, J.I.; SABINO, N.P. Importância da adubação na qualidade do algodão e outras plantas fibrosas. In: EUSTÁQUIO, M. de S.; BUZZETI, S., coord. **Importância da adubação na qualidade de produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p.189-215.
- STAUT, L.A. **Fertilização fosfatada e potássica nas características agronômicas e tecnológicas do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), na região de Dourados, MS**. Jaboticabal: UNESP-Campus de Jaboticabal, 1996. 124p. Dissertação Mestrado.