

134

**Circular
Técnica**

Campina Grande, PB
Janeiro, 2013

Autores

Ana Luiza Dias Coelho Borin

Engenheira-agrônoma, D.Sc.
pesquisadora da Embrapa Algodão,
Núcleo de Pesquisa do Cerrado
ana.borin@embrapa.br

Gilvan Barbosa Ferreira

Engenheiro-agrônomo, D.Sc.
pesquisador da Embrapa Algodão,
gilvan.ferreira@embrapa.br

Maria da Conceição S. Carvalho

Engenheira-agrônoma, D.Sc.
pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão
maria.carvalho@embrapa.br

Alexandre Cunha de B. Ferreira

Engenheiro-agrônomo, D.Sc.
pesquisador da Embrapa Algodão,
Núcleo de Pesquisa do Cerrado
alexandre-cunha.ferreira@embrapa.br

Júlio César Bogiani

Engenheiro-agrônomo, D.Sc.
pesquisador da Embrapa Algodão,
Núcleo de Pesquisa do Cerrado
julio.bogiani@embrapa.br

Diagnose Visual de Deficiências Nutricionais do Algodoeiro



Foto: Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira

1. Função dos nutrientes para o algodoeiro

As plantas são organismos autotróficos capazes de usar a energia solar para sintetizar todos os seus componentes, a partir do dióxido de carbono, água e nutrientes minerais. Estudos de nutrição mineral têm mostrado que elementos minerais específicos são essenciais para a vida do vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2006). Os minerais essenciais

são denominados nutrientes e classificados, conforme as quantidades exigidas pelas plantas, em macronutrientes, que constituem aproximadamente 99,5% da massa seca, e micronutrientes, que constituem perto de 0,5% (EPSTEIN; BLOOM, 2006). De acordo com os critérios de essencialidade (ARNON; STOUT, 1939), são considerados macronutrientes: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre; e como micronutrientes: boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio, níquel e zinco. Os elementos H, C e O não são considerados nutrientes minerais porque são obtidos primariamente da água ou do dióxido de carbono.

O nitrogênio (N) é o elemento mineral que as plantas exigem em maior quantidade. Ele faz parte da composição de todos os aminoácidos e proteínas, estando presente também na molécula de clorofila e em outros pigmentos (SOUZA; FERNANDES, 2006; RAIJ, 2011). O seu fornecimento em quantidades adequadas estimula a formação e crescimento da parte vegetativa, das gemas floríferas, regulariza o ciclo da planta, aumenta a produtividade e melhora o comprimento, a resistência da fibra e o índice micronaire (CARVALHO et al., 2011). O excesso de N e água pode resultar em crescimento excessivo, perda de estrutura frutífera: "maçãs", alongamento do ciclo e atraso na maturação dos capulhos (SCARSBROOK et al., 1959; THOMPSON et al., 1976; HEARN, 1981).

O fósforo (P) é o nutriente envolvido nas transferências de energia na planta, sendo de vital importância para a síntese de proteínas, fotossíntese e transformação de açúcares (SHUMAN, 1994; CARVALHO et al., 2011; RAIJ, 2011). O P é componente integral de compostos importantes das células vegetais, incluindo fosfato-açúcares, intermediários da respiração e fotossíntese, bem como dos fosfolipídios que compõem as membranas vegetais. É também componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (como ATP) e no DNA e RNA (TAIZ; ZEIGER, 2006). No algodoeiro, estimula o crescimento das raízes, sendo importante para o florescimento e desenvolvimento dos frutos. Ao contrário do nitrogênio, que prolonga a fase vegetativa, o fósforo favorece a maturação dos capulhos, acelerando a abertura dos mesmos (CARVALHO et al., 2011).

O potássio (K) é o cátion mais abundante na planta; tem importante função no estado energético da planta, na translocação e armazenamento de assimilados

(produtos da fotossíntese). Não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula orgânica na planta; encontra-se predominantemente como cátion livre ou adsorvido e pode ser facilmente deslocado das células ou dos tecidos das plantas (RAIJ, 2011). Esse elemento catalisa a atividade de mais de 60 enzimas na planta, sendo importante também para a eficiência no uso da água. O potássio é um nutriente absorvido em grandes quantidades pelo algodoeiro e desempenha papel fundamental no desenvolvimento da planta, produção e qualidade da fibra (CARVALHO et al., 2011).

O cálcio (Ca) tem muitos efeitos sobre o crescimento e desenvolvimento da planta (TAIZ; ZEIGER, 2006). É essencial na manutenção da integridade estrutural das membranas e das paredes celulares, no processo de divisão celular, na absorção iônica, na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico (VITTI et al., 2006). Sua presença na solução do solo é fundamental para o desenvolvimento das raízes do algodoeiro (CARVALHO et al., 2011).

O magnésio (Mg) faz parte da molécula da clorofila (MALAVOLTA et al., 1997; VITTI et al., 2006; RAIJ, 2011), portanto, essencial para a fotossíntese. O Mg é ativador de todas as enzimas fosforilativas, que são responsáveis pela incorporação e transferência de fósforo inorgânico – Pi. O magnésio faz a ligação do ATP ou do ADP com a enzima. A transferência de energia do ATP e do ADP é fundamental nos processos da fotossíntese, respiração (glicólise e ciclo dos ácidos tricarboxílicos), reações de síntese de compostos orgânicos (carboidratos, lipídios, proteínas), absorção iônica (principalmente de P) e trabalho mecânico executado pela planta (VITTI et al., 2006).

O enxofre (S) faz parte da clorofila e da maioria das proteínas da planta. As funções que o S desempenha na planta podem ser classificadas em dois grandes grupos: estruturais e metabólicas (VITTI et al., 2006). Ele participa de aminoácidos essenciais: a cistina, a metionina e a cisteína (MALAVOLTA et al., 1997; VITTI et al., 2006; RAIJ, 2011); é constituinte de várias coenzimas, além de vitaminas (TAIZ; ZEIGER, 2006). O S desempenha funções que determinam aumentos na produção e na qualidade do produto colhido (VITTI et al., 2006).

Os micronutrientes são elementos essenciais para o crescimento das plantas e se caracterizam por serem absorvidos em pequenas quantidades. Eles não participam da estrutura da planta, mas da constituição ou ativação de enzimas (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

As funções do boro (B) na planta estão associadas com as do cálcio na regulação do funcionamento da membrana e parede celular, divisão e aumento das células, lignificação da parede celular, sendo essencial à formação dos tecidos meristemáticos. Ele influencia o desenvolvimento de raízes, a absorção de nutrientes e a germinação do grão de pólen; participa do metabolismo e do transporte de carboidratos por meio da formação de complexos açúcar-borato, sendo importante na síntese de proteínas; atua no metabolismo dos ácidos nucleicos e também no metabolismo e transporte de auxinas (DECHEN; NACHTIGALL, 2006; CARVALHO et al., 2011).

O cobre (Cu) e o zinco (Zn) são necessários para os processos de síntese de proteína e de detoxicação de íons superóxidos formados no metabolismo celular, dentre outras funções. Alguns autores têm mostrado que os teores no tecido foliar são reduzidos pela calagem e pela adubação com fósforo, porém sem provocar deficiência que comprometa a produtividade da cultura (CARVALHO et al., 2011).

O molibdênio (Mo) é componente de várias enzimas, incluindo nitrato redutase, bem como favorece o metabolismo de nitrogênio na planta (TAIZ; ZEIGER, 2006). O ferro (Fe) tem um importante papel como componente de enzimas envolvidas na transferência de elétrons (reações redox), como citocromos (TAIZ; ZEIGER, 2006) e também catalisa a biossíntese da clorofila (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

O manganês (Mn) é essencial à síntese de clorofila e sua função principal está relacionada com a ativação de enzimas (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). Dentre outras funções, o manganês é necessário para quebrar a molécula de água, evolução do O₂ e permitir o começo do fluxo de elétrons na fotossíntese (MARSCHNER, 1995).

2. Identificação dos sintomas de deficiência nutricional do algodoeiro

O estado nutricional da planta pode ser avaliado pela simples comparação entre uma amostra (planta ou conjunto de plantas) e um padrão, ou seja, planta que tem em seu tecido quantidades e proporções adequadas que garantem alta produtividade (Figura 1) (MALAVOLTA et al., 1997).

A diagnose visual é uma forma de avaliar o estado nutricional por meio da comparação de uma amostra com um padrão. As necessidades

Foto: Ana Luiza Dias Coelho Borin



Fig. 1. Algodoeiros com condição nutricional adequada.

de elementos minerais mudam ao longo do crescimento e do desenvolvimento de uma planta (TAIZ; ZEIGER, 2006), portanto, ao comparar as amostras, deve-se ter o cuidado de coletar folhas no mesmo estágio fenológico e na mesma posição na planta (quarta ou quinta folha a partir do ápice, por exemplo).

Geralmente a parte da planta que tem sido observada é a folha. No entanto, vários fatores podem ocasionar alterações nas folhas e serem confundidos com deficiência nutricional; portanto, antes de fazer o diagnóstico de deficiência ou toxidez de algum elemento, é necessário observar as seguintes características: incidência de pragas e doenças, sintomas generalizados, gradiente (grau de mobilidade) e simetria na planta (Figura 2), dentre outros fatores.

No caso de incidência de pragas e doenças, normalmente a sintomatologia não é generalizada, não tem simetria na folha e nem gradiente de mobilidade (das folhas mais velhas para as mais novas ou vice-versa); outro ponto é a presença do agente causador do dano (praga, doença ou nematoide). Um exemplo clássico é o avermelhamento das folhas do algodoeiro, que pode ser causado por ácaro ou vírus (vermelhão-do-algodoeiro), mas que pode ser confundido com a deficiência de magnésio. No caso de ocorrência de ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*) a coloração vermelha estará localizada na parte basal das nervuras, e com lupa será possível identificar a presença da praga na parte inferior do limbo foliar (Figura 3); a infestação inicialmente será em reboleiras, com disseminação progressiva para o resto da lavoura.

A sintomatologia ocasionada por virose ocorrerá em plantas isoladas ou em reboleira, sem simetria e sem gradiente (Figura 4); não obrigatoriamente se manifesta no baixeiro, podendo haver ou não a presença do inseto (*Aphis gossypii*) vetor da doença.

A sintomatologia de deficiência nutricional é generalizada, ou seja, o sintoma ocorre em grandes áreas, não aparecendo isolado em uma única planta (MALAVOLTA et al., 1997). Em alguns casos específicos, sintomas podem ocorrer em reboleira, como, por exemplo, locais onde foram depósitos de calcário, áreas com encharcamento, entre outros.

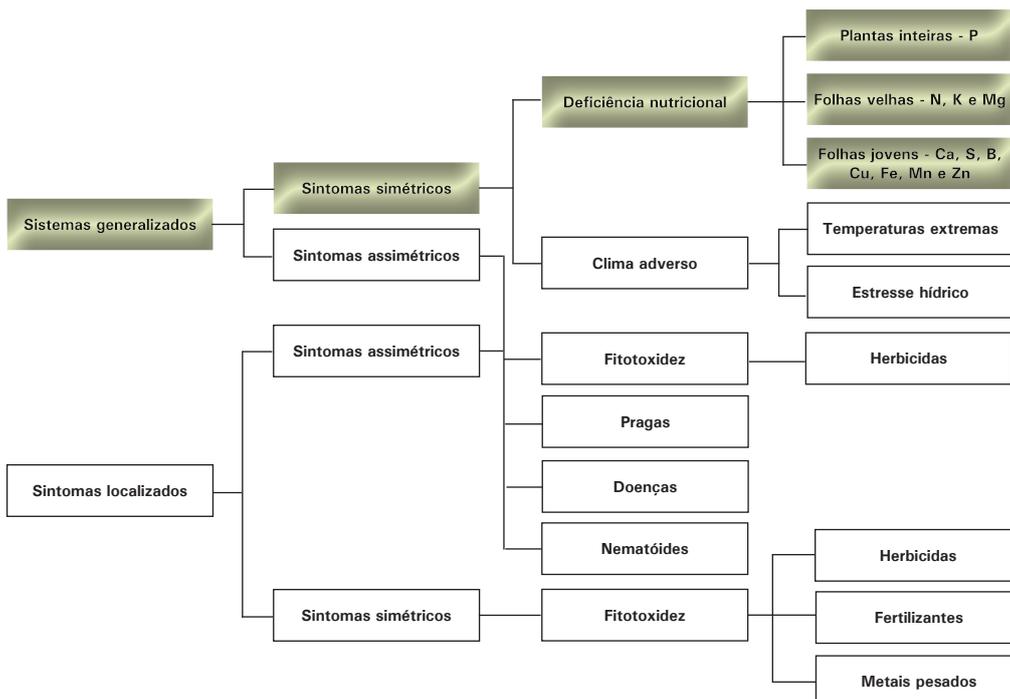


Fig. 2. Fatores que alteram as folhas do algodoeiro. Destaque para deficiência nutricional em áreas de produção de algodão.

Foto: Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira



Fig. 3. Danos ocasionados pelo ataque de ácaro-rajado em folha do algodoeiro.

Quando os sintomas de deficiência são relacionados a um elemento essencial em particular, uma pista importante é a extensão em que o elemento pode ser redistribuído de folhas mais velhas para folhas mais novas (TAIZ; ZEIGER, 2006), ou seja, relaciona-se ao gradiente de mobilidade. Alguns elementos móveis, como nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio, podem prontamente mover-se de folhas mais velhas para folhas mais jovens, dessa forma, os sintomas de deficiência tendem a aparecer primeiro nas folhas mais velhas. Assim, nutrientes de baixa mobilidade, como o cálcio, enxofre, boro, cobre, manganês e zinco, apresentam os sintomas nas folhas jovens. Em qualquer caso, há sempre um gradiente de intensidade do sintoma de deficiência, de baixo para cima (nutrientes móveis) e de cima para baixo (nutrientes de baixa mobilidade).

Outro ponto para confirmação de sintomatologia de deficiência nutricional é a presença de simetria;

Foto: Wirtton Macedo Coutinho



Fig. 4. Sintoma da virose “vermelhão-do-algodoeiro”, sem simetria e gradiente.

na folha, o sintoma ocorre tanto do lado direito quanto do lado esquerdo em relação à nervura principal; e no algodoeiro, a simetria acontece nos ramos vegetativos e produtivos em relação ao caule.

Dessa forma, quando há deficiência de determinado nutriente, os sintomas podem apresentar pequenas variações de uma para outra planta, mas ela será expressa em anormalidades visíveis típicas, uma vez que o nutriente exerce sempre as mesmas funções, qualquer que seja a espécie de planta.

Os principais sintomas de deficiências nutricionais do algodoeiro são descritos a seguir.

2.1. Nitrogênio

A deficiência de nitrogênio resulta em clorose, ou seja, perda da intensidade da cor verde em toda a planta, por causa da redução da clorofila (Figura 5). Por ser um elemento móvel dentro da planta, os primeiros sintomas de amarelecimento surgem nas folhas mais velhas do “baixeiro” (Figura 6). Sua deficiência diminui a velocidade de crescimento do algodoeiro, reduz o número e o comprimento dos internódios e conseqüentemente diminui o número de ramos vegetativos e reprodutivos. À medida que a deficiência vai se tornando mais severa, as folhas adquirem coloração bronzeada, secam e caem precocemente, adicionalmente, ocorre queda anormal de botões florais, flores e frutos novos, prejudicando a produtividade e a qualidade da fibra (CARVALHO et al., 2008, 2011).

Foto: Gilvan Barbosa Ferreira



Fig. 5. Sintoma de deficiência de nitrogênio em algodoeiro (plantas à esquerda) em comparação a algodoeiros com adubação nitrogenada (plantas à direita).

Fotos: Ana Luiza Dias Coelho Borin



Fig. 6. Sintomas iniciais de deficiência de nitrogênio nas folhas mais velhas do “baixeiro” em algodoeiro, à esquerda em campo e à direita em casa-de-vegetação.

2.2. Fósforo

Os sintomas de deficiência de fósforo não são tão marcantes como para outros macronutrientes, e o efeito mais evidente é a redução geral no crescimento da planta (Figura 7) (CARVALHO et al., 2008, 2011). A deficiência de P reduz a fotossíntese, o acúmulo e a translocação dos carboidratos para as maçãs do algodoeiro. Como resultado, as plantas se desenvolvem muito lentamente (Figura 7), as folhas mais velhas ficam avermelhadas (como consequência do acúmulo de antocianina) e com manchas ferruginosas nas bordas, evoluindo para o secamento; além disso, pode haver o avermelhamento do caule (Figura 8). Em situação de deficiência muito severa, há queda de botões florais, redução do tamanho das maçãs e baixa retenção das mesmas. Independentemente

Foto: Gilvan Barbosa Ferreira



Fig. 7. Diferença de crescimento em plantas semeadas no mesmo dia, com relação à adubação fosfatada. Sintoma de deficiência de fósforo em algodoeiro (plantas de porte reduzido) em comparação a algodoeiros com adubação fosfatada (plantas com crescimento normal).

Foto: Gilvan Barbosa Ferreira



Fig. 8. Deficiência severa de fósforo em algodoeiros caracterizada pela redução do crescimento, pelo avermelhamento do caule e folhas mais velhas com manchas ferruginosas nas bordas, evoluindo para o secamento.

da forma como os sintomas são expressos durante o ciclo da cultura, o resultado final é a redução da produtividade.

2.3. Potássio

O algodoeiro é considerado pouco eficiente na absorção de potássio do solo quando comparado a outras espécies. Dessa forma, a deficiência de K ocorre com maior frequência e intensidade que na maioria das espécies agrônômicas (KERBY; ADAMS, 1985). Sua deficiência tradicional, em pré-florescimento, é caracterizada pela clorose internerval das folhas do baixeiro, seguida de necrose nas margens e queda (Figuras 9 e 10); como consequência, há o encurtamento do ciclo, a má formação de capulhos, a redução da produtividade e da qualidade das fibras (CARVALHO et al., 2011).

Foto: Gilvan Barbosa Ferreira



Fig. 9. Evolução dos sintomas de deficiência de potássio nas folhas do algodoeiro (da esquerda para a direita).

Foto: Gilvan Barbosa Ferreira



Fig. 10. Sintoma tradicional de deficiência de potássio nas folhas mais velhas do "baixeiro" em algodoeiro.

Em situações de suprimento insuficiente de potássio durante o enchimento de maçãs ou do uso de cultivares de algodoeiro com alta capacidade produtiva e curto período de maturação das maçãs, os sintomas de deficiência se manifestam nas folhas mais novas do terço médio e superior da planta (Figura 11).

Foto: Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira



Fig. 11. Sintoma de deficiência de potássio expresso nas folhas do terço superior da planta.

2.4. Cálcio

A deficiência de cálcio (Ca) não é comum em campo. Em geral, os efeitos da acidez do solo e da pobreza dos demais nutrientes superam ou se expressam mais rápido do que o de deficiência desse nutriente nas lavouras (CARVALHO et al., 2011).

Os sintomas de deficiência de cálcio no algodoeiro são caracterizados pela diminuição do crescimento, pela curvatura das margens das folhas, pelo colapso dos pecíolos, pela redução do florescimento e frutificação e pela queda de maçãs (ROSOLEM; BASTOS, 1997).

2.5. Magnésio

Os sintomas de deficiência de magnésio se caracterizam pelo lento crescimento do algodoeiro. Por ser um nutriente de alta mobilidade na planta, os sintomas iniciais surgem nas folhas do baixeiro (Figura 12), caracterizados pela clorose internerval, ou seja, as nervuras e áreas adjacentes se mantêm verdes (Figura 13), enquanto o resto do limbo foliar em algumas cultivares torna-se vermelho-púrpura (CARVALHO et al., 2011) por causa do acúmulo de antocianina e perda de clorofila (Figura 14).

Foto: Gilvan Barbosa Ferreira



Fig. 12. Deficiência de magnésio nas folhas do "baixeiro" no algodoeiro.

Foto: Gilvan Barbosa Ferreira



Fig. 13. Sintoma de deficiência de magnésio no algodoeiro caracterizada pela clorose internerval nas folhas.

Foto: Gilvan Barbosa Ferreira



Fig. 14. Sintomas de deficiência de magnésio no algodoeiro caracterizados pela clorose, com acúmulo de antocianina.

A deficiência de magnésio no algodoeiro tem sido observada nas seguintes condições: a) em solos ácidos, que não foram corrigidos com calcário contendo Mg; b) em solos de textura arenosa, intensamente lixiviados; c) em solos corrigidos continuamente com calcário calcítico, sobretudo, quando se aplicam altas doses de potássio.

2.6. Enxofre

Com a deficiência de enxofre, a fotossíntese é reduzida, afetando a produtividade e a qualidade da fibra. As plantas deficientes em enxofre têm crescimento reduzido (Figura 15), emitem poucos ramos vegetativos e reprodutivos e apresentam folhas no ponteiro de cor verde-amarelada (Figura 16) (CARVALHO et al., 2011). Esse sintoma de deficiência se assemelha ao do nitrogênio, porém, por causa da baixa mobilidade no floema, ele aparece inicialmente no ponteiro, enquanto

Foto: Gilvan Barbosa Ferreira



Fig. 15. Sintoma de deficiência de enxofre em algodoeiro (plantas à frente) em comparação a algodoeiros adubados com enxofre (plantas ao fundo).

Foto: Gilvan Barbosa Ferreira



Fig. 16. Clorose verde-limão típica de deficiência de enxofre no algodoeiro.

o sintoma de deficiência do nitrogênio aparece no baixeiro. Tal semelhança decorre em virtude da participação de ambos nutrientes como constituintes de proteínas (TAIZ; ZEIGER, 2006).

2.7. Boro

Em virtude da baixa mobilidade do boro na planta, os primeiros sintomas ocorrem nas partes jovens, nos tecidos de condução e nos órgãos de propagação. Os sintomas de deficiência mais comuns no campo são: amarelecimento das folhas do ponteiro; no período de florescimento/frutificação aparecem anéis concêntricos verde-escuros nos pecíolos (Figura 17) e nas hastes, com necrose interna da medula. À medida que a carência aumenta, estes anéis surgem nos ramos e na haste principal (ROSOLEM; BASTOS, 1997; CARVALHO et al., 2011). Também ocorre queda excessiva de botões florais, de flores e mesmo de frutos novos (ROSOLEM et al., 2001), possivelmente pela inviabilização do grão

Foto: Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira



Fig. 17. Deficiência de boro caracterizada pela presença de anéis escuros no pecíolo das folhas do algodoeiro.

de pólen, que culmina em não fecundação do óvulo, ou pelos distúrbios causados no sistema vascular da região do pedúnculo, impossibilitando o transporte ideal de carboidrato para estes órgãos (ZHAO; OOSTERHUIS, 2002). A deficiência de boro, quando severa, provoca a morte da gema apical e surgimento anormal de brotos novos (superbrotamento da planta). Baixos teores no tecido durante o florescimento podem inviabilizar a germinação do grão de pólen, impedindo a fecundação dos óvulos e a formação das sementes e, por consequência, das fibras advindas delas. Estruturas formadas podem exibir anormalidades relacionadas à desintegração de tecidos internos (TAIZ; ZEIGER, 2006).

2.8. Outros micronutrientes

O sintoma típico de deficiência de manganês é a clorose internerval em folhas jovens, pois o manganês é pouco móvel na planta (HOCKING et al., 1977). Além deste sintoma, Rosolem e Bastos (1997) notaram clorose marginal das folhas mais novas, que eram enrugadas e tinham o limbo com bordas voltadas para baixo. Ohki (1973) descreveu, ainda, a ocorrência de entrenós mais curtos e queda de folhas em plantas deficientes.

Difícilmente os micronutrientes cloro, molibdênio, ferro, cobre e zinco apresentam deficiências visuais em campo.

2.9. Chave de identificação de sintomas de deficiência nutricional

De modo a facilitar possível diagnóstico, um resumo das principais características dos sintomas de deficiência de nutrientes é apresentado em chave de identificação (Figura 18).

3. Extração e exportação de nutrientes pelo algodoeiro

O algodoeiro é uma planta que extrai grandes quantidades de nutrientes do solo durante o seu ciclo (Figura 19), no entanto, não é uma planta com alta exportação de nutrientes, visto que somente cerca de 50% do total absorvido é exportado através das fibras e caroço (Figura 19). Dessa forma, se bem manejados, os restos culturais representam uma importante fonte de nutrientes por meio de sua decomposição e mineralização.

Em um programa de adubação, devem-se considerar as quantidades exigidas pela cultura, que, na maioria dos solos de áreas tropicais, não é suficiente, sendo importante suplementar

por meio de adubação. Caso isso não aconteça, muito provavelmente, sintomas de deficiências nutricionais poderão aparecer. Deve-se ter em mente que, antes de surgir o sintoma, o crescimento e a produção já poderão estar comprometidos, fato este conhecido como “fome oculta”.

4. Considerações finais

A diagnose visual de deficiência nutricional é uma ferramenta importante para conhecer o estado nutricional das plantas; no entanto, existem outros meios, como a análise de solo e a análise de folhas. A diagnose visual foliar tem como princípio reconhecer o problema nutricional atual, visando remediá-lo o mais rápido possível por meio de adubação complementar com o nutriente faltante, seja via solo, para os nutrientes móveis na planta, ou via pulverização foliar, para nutrientes de baixa mobilidade. A técnica da diagnose visual foliar apresenta algumas limitações: primeiro, porque os sintomas de deficiências podem ser confundidos com os ocasionados pelo ataque de pragas, doenças e estresses de origem abiótica (clima, toxidez de herbicidas); e segundo, porque os sintomas quando expressos já ocasionam perda da produtividade. Se houver condições climáticas, tempo para resposta em produtividade e o custo de aplicação for economicamente viável, a resposta à correção com qualquer nutriente é justificável.

Outro ponto importante é que uma recomendação de adubação mal feita pode ocasionar a deficiência de nutrientes. Por exemplo, o excesso de potássio pode ocasionar a deficiência de Mg; o excesso de calagem reduz a disponibilidade de alguns micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn); dessa forma, é importante manter o balanço entre todos os nutrientes.

Um programa correto de adubação se inicia com a análise de solo, que é uma técnica preventiva, ou seja, representa o primeiro passo para diagnosticar possíveis problemas nutricionais para as plantas e sustentará as decisões de adubação e correção do solo. A análise de folha, complementar à análise de solo, servirá para diagnosticar se a adubação recomendada com base na análise de solo foi eficiente, e, adicionalmente, servirá para ajustar as adubações para as safras seguintes.

Para concluir, é importante o acompanhamento periódico por meio de observações de campo como ferramentas para diagnosticar problemas e tomar decisões rápidas de correção para obter altas produtividades.

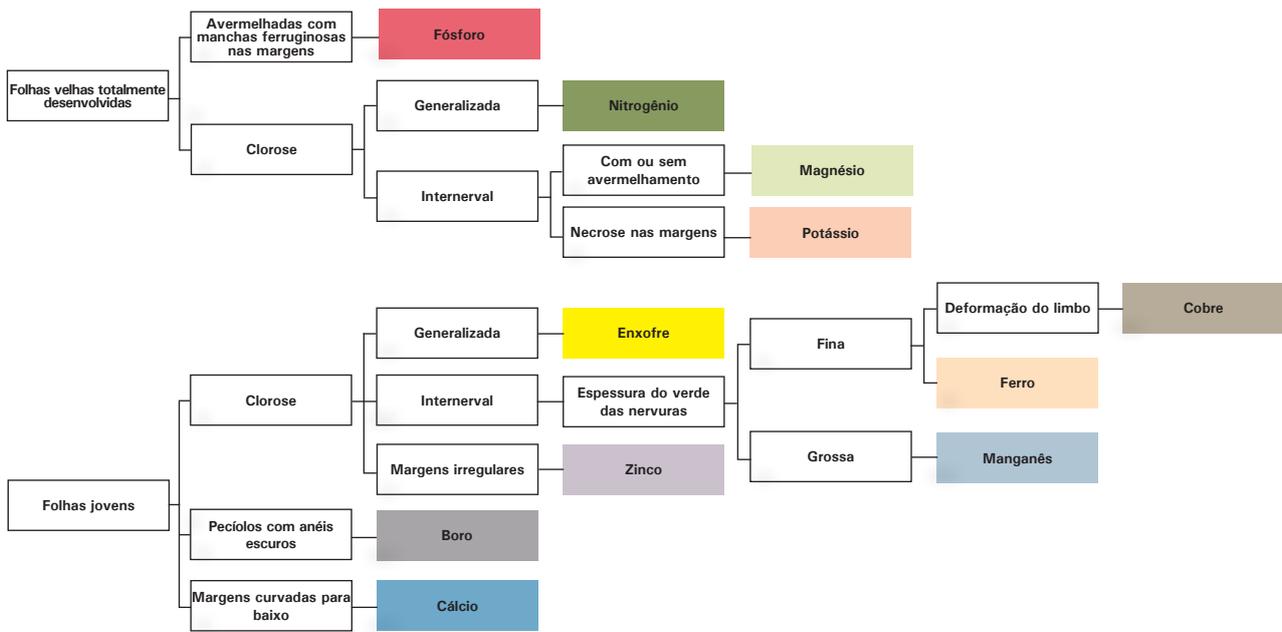


Fig. 18. Chave para diagnose visual da deficiência de nutrientes em algodoeiro.

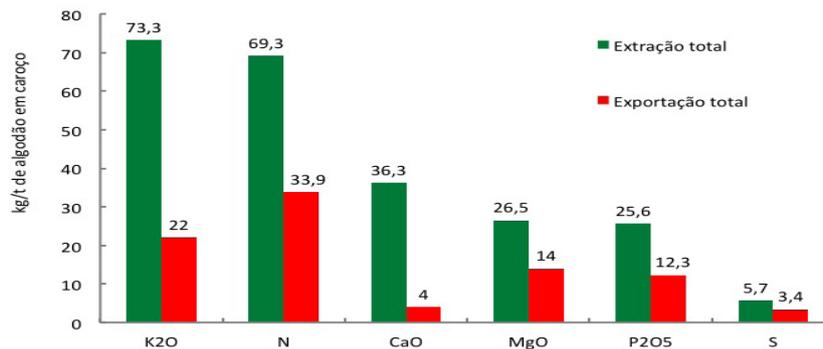


Fig. 19. Extração e exportação total de nutrientes pelo algodoeiro. Fonte: Adaptado de Carvalho et al. (2011).

5) Referências

- ARNON, D. I.; STOUT, P. R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 14, n. 2, p. 371-375, Apr. 1939.
- CARVALHO, M. da C. S.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, O. S.; SILVA, O. R. R. F. da; MEDEIROS, J. da C. Nutrição, calagem e adubação. In: BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de (Ed.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 2, p. 677-789.
- CARVALHO, M. da C. S.; FERREIRA, G. B.; STAUT, L. A. Nutrição, calagem e adubação do algodoeiro. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no cerrado do Brasil**. 2. ed. rev. ampl. Aparecida de Goiânia: Mundial Gráfica, 2011. p. 677-752.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 326-354.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Planta, 2006. 403 p.
- HEARN, A. B. Cotton nutrition. **Field Crop Abstracts**, Farnham Royal, v. 34, n. 1, p. 11-34, Jan. 1981.

- HOCKING, P. J.; PATE, J. S.; WEE, S. C.; McCOMB, A. J. Manganese nutrition of Lupins spp. especially in relation to developing seeds. **Annals of Botany**, London, v. 41, n. 174, p. 677-688, 1977.
- KERBY, T. A.; ADAMS, F. Potassium nutrition of cotton. In: MUNSON, R. D. (Ed.). **Potassium in agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1985. p. 843-860.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.
- OHKI, K. Manganese nutrition of cotton under two boron levels. I. Growth and development. **Agronomy Journal**, Madison, v. 65, n. 3, p. 482-485, May/June 1973.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.
- ROSOLEM, C. A.; BASTOS, G. B. Deficiências minerais no cultivar de algodão IAC 22. *Bragantia*, Campinas, v. 56, n. 2, p. 377-387, 1997.
- ROSOLEM, C. A.; QUAGGIO, J. A.; SILVA, N. M. Algodão, amendoim e soja. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. van; ABREU, C. A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq: FAPESP: POTAFOS, 2001. p. 321-354.
- SCARSBROOK, C. E.; BENNETT, O. L.; PEARSON, R. W. The interaction of nitrogen and moisture on cotton yield and other characteristics. **Agronomy Journal**, Madison, v. 51, n. 12, p. 718-721, Dec. 1959.
- SHUMAN, L. M. Mineral nutrition. In: WILKINSON, R. E. (Ed.). **Plant-environment interactions**. New York: Marcel Dekker, 1994. p. 149-182.
- SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 215-254.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2006. 719 p.
- THOMPSON, A. C.; LANE, H. C.; JONES, J. W.; HESKETH, J. D. Nitrogen concentration of cotton leaves, buds, and bolls in relation to age and nitrogen fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, n. 4, p. 617-621, Jul./Aug. 1976.
- VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 299-325.
- ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D. M. Cotton carbon exchange, nonstructural carbohydrates, and boron distribution in tissues during development of boron deficiency. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 78, n. 1, p. 75-87, Oct. 2002.

Circular Técnica, 134 Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Algodão
Endereço: Oswaldo Cruz, 1143 Centenário, CP 174
Fone: (83) 3182 4300
Fax: (83) 3182 4367
E-mail: cnpa.sac@embrapa.br

1ª edição:
1ª impressão (2013): On-line

 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

 GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO E PAÍS SEM POBREZA

Comitê de publicações Presidente: Odilon Reny Ribeiro Ferreira Silva
Secretário-Executivo: Geraldo Fernandes de S. Filho
Membros: Augusto Guerreiros Fontoura Costa, Gilvan Barbosa Ferreira, João Luis da Silva Filho, João Paulo Saraiva Moraes, Liziane Maria de Lima, Marleide Magalhães de Andrade Lima, Valdinei Sofiatti e Virgínia de Souza Columbiano Barbosa

Expediente Supervisão editorial: Geraldo Fernandes de S. Filho
Revisão de texto: Everaldo Correia da Silva Filho
Editoração eletrônica: Geraldo Fernandes de S. Filho
Normalização bibliográfica: Ana Lúcia D. de Faria