

PROBLEMAS EM NUTRIÇÃO MINERAL, CALAGEM E ADUBAÇÃO DO ALGODOEIRO

Ciro A. Rosolem¹

INTRODUÇÃO

Embora o assunto comporte talvez um livro específico, no presente capítulo serão tratados apenas alguns aspectos da nutrição mineral, calagem e adubação do algodoeiro. A implantação da cultura em áreas com solos de fertilidade marginal traz problemas antes não contemplados, principalmente na literatura nacional. Alguns problemas atuais mais ligados à exploração da cultura algodoeira nas áreas de cerrado brasileiras serão tratados no presente texto, com ênfase nos trabalhos desenvolvidos no Brasil.

NUTRIÇÃO MINERAL

Considerando-se que a prática de arrancar e queimar as soqueiras de algodoeiro, embora recomendável do ponto de vista do controle de pragas, não vem sendo adotada pela maioria dos cotonicultores, a cultura não mais se enquadra entre as mais esgotantes do solo. Entretanto, altas produtividades de algodão extrairão do solo quantidades apreciáveis de nutrientes, o que deverá ser considerado no programa de adubação.

Encontram-se na Tabela 1 as exigências em nitrogênio, fósforo e potássio para a produção de 1.000 kg.ha⁻¹, ou aproximadamente 67 @.ha⁻¹. Para produções mais altas, a exigência crescerá proporcionalmente.

Tabela 1. Acúmulo de nutrientes em variedades de algodão (parte aérea), em condições de campo, obtido por diversos autores, nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Valores calculados para uma produção de 1.000 kg.ha⁻¹.

Variedade/Autor/Estado	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	----- kg/ha -----		
IAC 22/FURLANI Jr. et al. (2000)/MS	69	25	60
ITA 90/FUNDAÇÃO MT (1997)/MT	48	22	43
ITA 90/STAUT (1996)/MS	85	13	47
Média de exportação (%)	43	50	35

A exigência mineral é um pouco diferente quando se consideram diferentes variedades, locais e condições de condução da cultura, variando a acumulação de N de 48 a 85, a de P₂O₅ de 13 a 25 e a de K₂O de 43 a 60 kg.ha⁻¹.t, o que dificulta um pouco o planejamento da adubação com base no esgotamento do solo pela cultura do algodão. Embora ROSOLEM et al. (1997) tenham concluído que ITA 90 seria mais exigente que as IAC em potássio, os resultados da Tabela 1 mostram que ITA 90 é um pouco menos exigente que IAC 22, tanto em potássio como em fósforo. Entretanto, a experiência tem

mostrado que as variedades mais modernas, com genótipos importados, têm-se mostrado mais sensíveis à deficiência de K, talvez por serem menos eficientes na absorção do nutriente do solo.

As quantidades absorvidas dão uma idéia dos níveis de adubação que possivelmente deverão ser utilizados, mas a marcha de acumulação dos nutrientes fornece informações mais precisas de quando o nutriente estará realmente sendo utilizado pela planta. A marcha de acumulação de nutrientes das cultivares IAC 22 e ITA 90 estão representadas nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

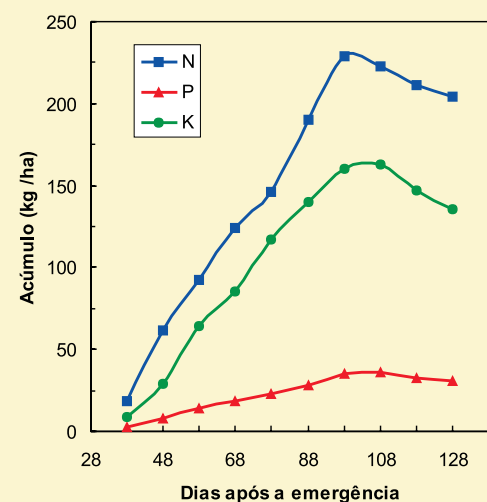


Figura 1. Acúmulo de N, P₂O₅ e K₂O pelo algodoeiro, cv. IAC 22, em função do tempo, considerando-se uma produtividade de 3.000 kg.ha⁻¹, ou 200 @.ha⁻¹. Resultados adaptados de FURLANI Jr. et al. (2000).

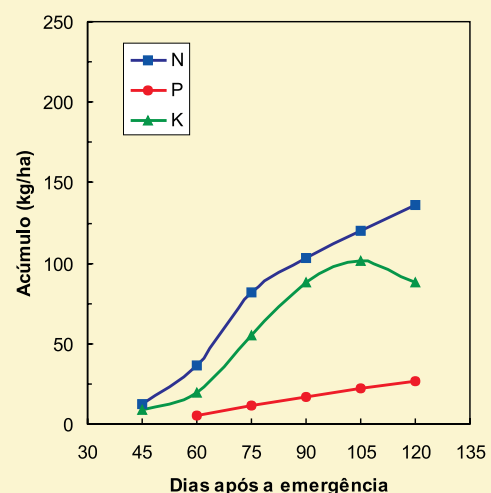


Figura 2. Acúmulo de N, P₂O₅ e K₂O pelo algodoeiro, cv. ITA 90, em função do tempo, considerando-se uma produtividade de 3.000 kg.ha⁻¹, ou 200 @.ha⁻¹. Resultados adaptados de FUNDAÇÃO MT (1997).

¹ Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP. Telefone: (14) 6802-7100. E-mail: rosolem@fca.unesp.br

Nas Figuras 3 e 4 são apresentadas as velocidades de absorção de N, P e K pelo algodoeiro, em função da idade da planta. Nestas figuras fica claro que o algodoeiro apresenta uma grande demanda por nutrientes durante boa parte do seu ciclo, diferente das variedades antigas, como no trabalho de MENDES (1960).

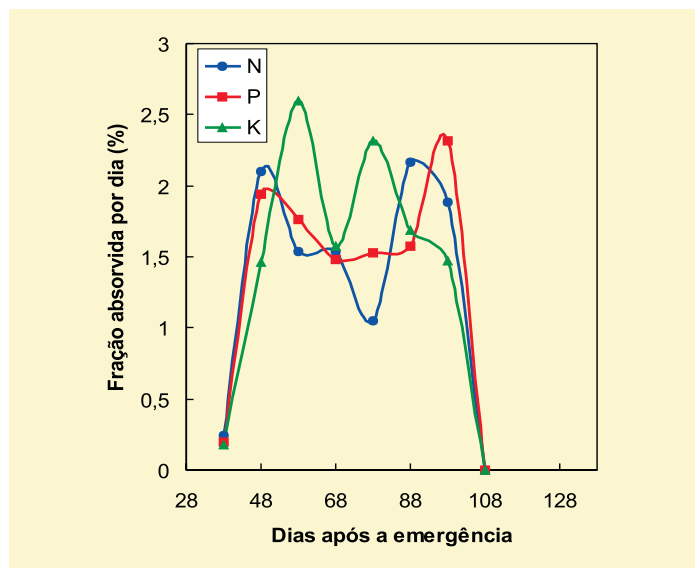


Figura 3. Fração dos nutrientes N, P e K acumulados por dia. Cultivar IAC 22. Dados adaptados de FURLANI Jr. et al. (2000).

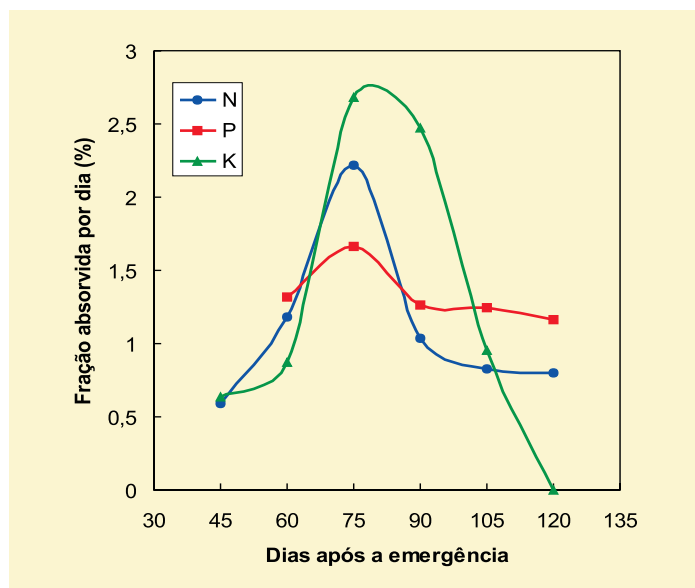


Figura 4. Fração dos nutrientes N, P e K acumulados por dia. Cultivar ITA 90. Dados adaptados de FUNDAÇÃO MT (1997).

No caso da IAC 22 (Figura 3), nota-se que a velocidade de absorção aumenta drasticamente a partir dos 40 dias, permanecendo alta até os 90 dias, para os três nutrientes considerados.

Isso significa que, estritamente do ponto de vista da marcha de absorção, será possível obter resposta ao N e ao K em cobertura, ou foliar, por um período longo do ciclo. Significa também que esses nutrientes deverão estar disponíveis pelo menos até os 90 dias após a emergência das plantas, nas condições de Selvíria (MS), onde o experimento foi conduzido. Os diversos picos que se observa na figura provavelmente se devem às condições meteorológicas, proporcionando fluxos de crescimento.

No caso da ITA 90, os picos de absorção são mais definidos (Figura 4), talvez refletindo as condições locais do experimento, com chuvas melhor distribuídas. Mesmo assim, as exigências são altas desde os 50-60 dias até os 100 dias. A fase de maior exigência ocorre mais tardiamente em relação à da IAC, provavelmente refletindo o estágio fisiológico das plantas, pois quanto mais baixa a temperatura média do local, mais vagaroso o crescimento do algodoeiro. São válidas para esta cultivar as mesmas considerações a respeito da adubação em cobertura e foliar feitas para IAC 22.

É importante notar que, a partir dos 90-95 dias, a velocidade de absorção de K diminui rapidamente, chegando a zero. Nesta fase a planta está em processo importante de enchimento dos frutos e maturação de fibras, que exigem quantidades apreciáveis de K, que, no caso, deve ser suprido aos frutos por translocação. Daí a importância das plantas acumularem quantidades apreciáveis de K antes dos 90 dias da emergência.

CALAGEM

É muito conhecido o efeito da calagem na melhoria da disponibilidade dos macronutrientes e do Mo, bem como na diminuição da disponibilidade dos micronutrientes Zn, Mn, B, Fe e Cu.

Em estudos conduzidos no Estado de São Paulo foi mostrado claramente que são obtidas altas produções de algodão quando o solo mostra, na camada arável, pelo menos uma saturação por bases da ordem de 60% (SILVA et al., 1995a). Os mesmos autores mostraram que há forte interação da calagem com a adubação potássica, sendo as maiores produtividades obtidas com a aplicação de calcário e potássio.

Na Figura 5 é mostrada a produção relativa de algodão em função das saturações por bases do solo, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Na figura evidencia-se que as maiores produções dependem não só de uma saturação por bases de 60% na camada arável, mas também é necessária uma saturação mínima de 45 a 50% nas camadas subsuperficiais.

À luz destes resultados é possível inferir que o sistema radicular do algodoeiro somente encontra condições para um bom crescimento se não houver Al tóxico presente. Em saturações por bases da ordem de 45-50% não se espera a presença de Al tóxico. Por outro lado, fica claro que isso não é suficiente para que a produtividade seja máxima, pois na camada arável há necessidade de maiores saturações. Assim, além da neutralização do Al tóxico, na camada superficial há necessidade de neutralização do Mn tóxico, que embora não prejudique o crescimento radicular, prejudica a produtividade do algodoeiro.

Assim, fica muito claro que, nas condições do Estado de São Paulo, com variedades paulistas, há necessidade absoluta de correção do solo até que seja atingida as saturações por bases de 60% na superfície e, pelo menos, 40-45% em subsuperfície. Estes dados foram obtidos principalmente com a cultivar IAC 20. Mas, outras cultivares, em outros locais, reagiriam da mesma forma?

ROSOLEM et al. (1997) e ROSOLEM & FERELLI (1999) estudaram este problema.

Na Figura 6 encontram-se os comprimentos de raízes das cultivares IAC 20, IAC 22 e ITA 90, em função da saturação por bases do solo. Nota-se que quando a saturação por bases do solo era da ordem de 50% todas as cultivares atingiram o máximo comprimento radicular. Isso demonstra que o sistema radicular do algodoeiro é muito sensível ao Al tóxico, uma vez que a saturação em

que o crescimento foi máximo corresponde aproximadamente à saturação em que não mais se observa Al em concentrações tóxicas. Não foram observadas diferenças entre as cultivares nesse ponto.

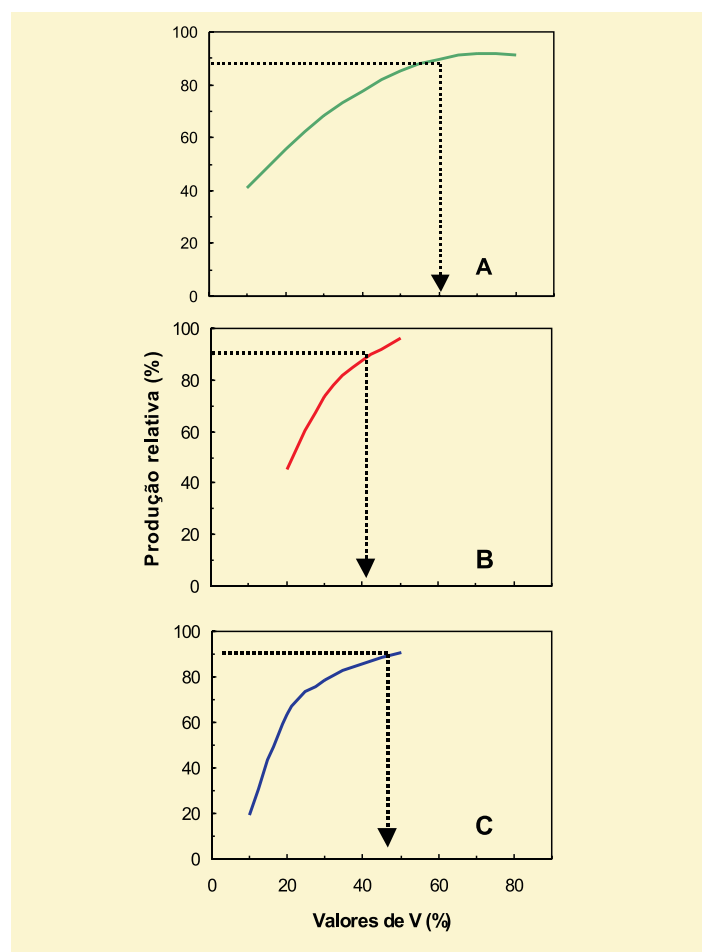


Figura 5. Produtividade de algodão em função da saturação por bases do solo nas profundidades de 0-20 cm (A), 20-40 cm (B) e 40-60 cm (C). Média de cinco anos (adaptada de SILVA et al., 1995a).

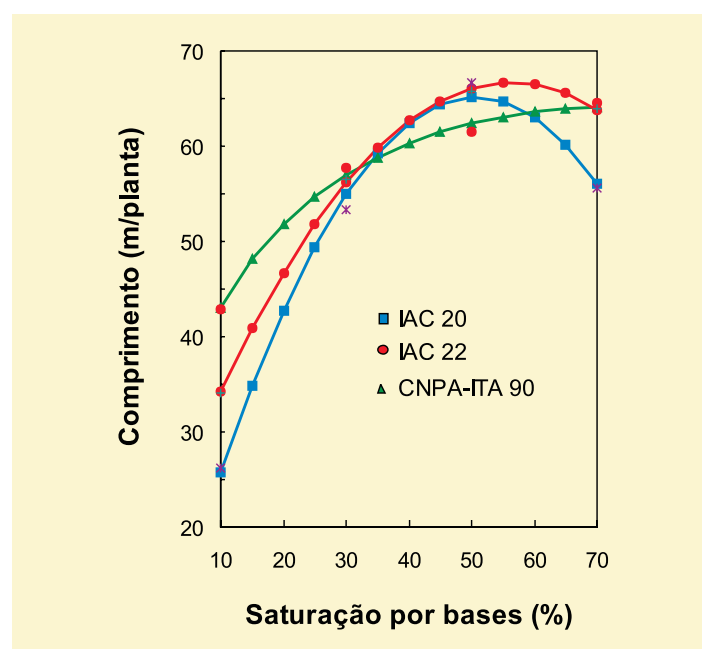


Figura 6. Comprimento radicular de variedades de algodão em função da cultivar e da saturação por bases do solo. Adaptada de ROSOLEM et al. (1997).

Por outro lado, na Figura 7 encontram-se as respostas comparativas das cultivares IAC 20, IAC 22 e ITA 90 à calagem, em termos de produção de matéria seca. Pode-se observar que, neste caso, enquanto a produção das IAC é máxima em saturações próximas de 70%, a produção de ITA 90 já começa a diminuir a partir da saturação por bases do solo de 50%.

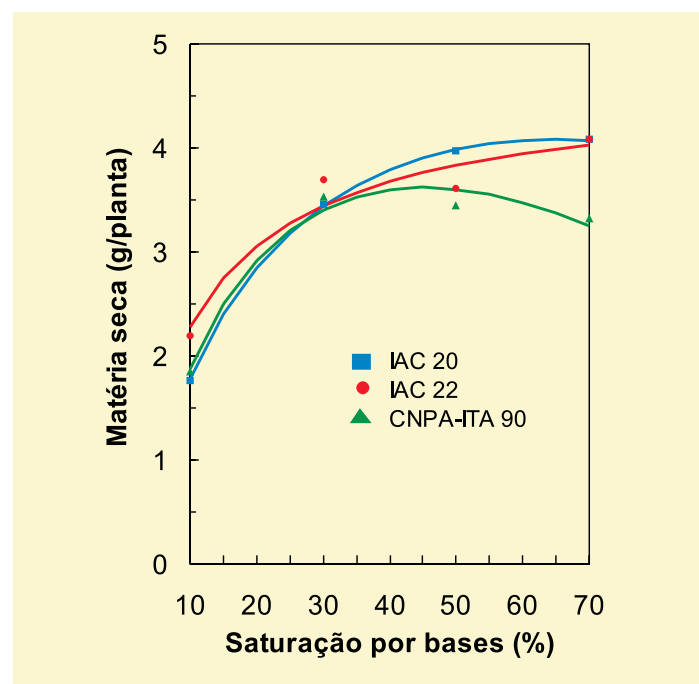


Figura 7. Produção de matéria seca de plantas de algodão das cultivares IAC 20, IAC 22 e ITA 90 em função da saturação por bases do solo. Adaptada de ROSOLEM et al. (1997).

É possível inferir desses resultados que o Al afeta o crescimento radicular das três cultivares do mesmo modo. Quanto ao Mn, como tem pouco efeito no sistema radicular mas grande efeito no crescimento da parte aérea, as IAC se mostraram mais sensíveis à toxidez de Mn, como demonstrado na Figura 7, pois somente apresentaram a máxima produção em saturação suficiente para neutralizar o Mn tóxico, ao passo que ITA 90 parece ser mais sensível à deficiência do nutriente.

É interessante notar como esses resultados obtidos em casa de vegetação são completamente compatíveis com os resultados de cinco anos de campo obtidos por SILVA et al. (1995a) e apresentados na Figura 5.

Na Figura 8 confirma-se essa hipótese, pois com os menores teores de Mn na solução nutritiva o aumento em altura das cultivares Coodetec 401 e ITA 90 são mais pronunciados que o da IAC 22. Por outro lado, com os maiores teores de Mn na solução nutritiva a altura da IAC 22 diminuiu, ao contrário das alturas das cultivares Coodetec 401 e ITA 90.

Deste modo, ao passo que as IAC necessitam correção do solo a 60-70%, ITA 90 e Coodetec 401 não suportam saturações tão altas, pois podem apresentar deficiência de Mn. Assim, se estes últimos materiais forem cultivados em solos com saturação por bases acima de 50%, certamente haveria necessidade de se fazer adubação com Mn. Embora estes resultados tenham sido obtidos em vasos, há fortes indicações de que não há necessidade de se efetuar calagem para elevar a saturação por bases do solo a 70% nos casos em que não se utiliza cultivares IAC.

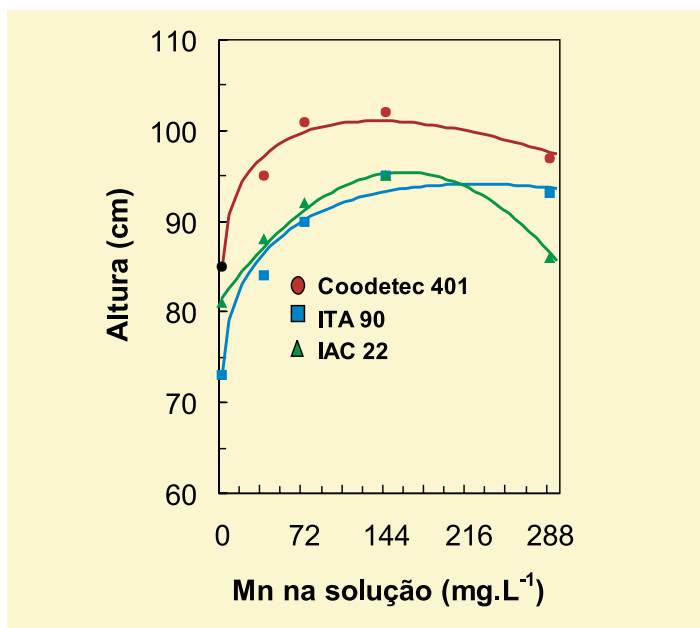


Figura 8. Altura de plantas de algodão em função da concentração de Mn na solução nutritiva em diferentes cultivares. Adaptada de ROSOLEM & FERELLI (1999).

ADUBAÇÃO NITROGENADA

Com relação à adubação nitrogenada, há que se chamar atenção para, principalmente, três aspectos: dose, época de aplicação e interação com regulador de crescimento.

Na maioria dos trabalhos consultados, mesmo quando existe resposta a doses de N acima de 100 ou 120 kg.ha⁻¹, em cobertura, estas doses não são econômicas. Na Figura 9, somente houve respostas a doses maiores de N quando não foi aplicado regulador, pois a altura da planta estava limitando a produtividade. No caso, sem regulador, as plantas tinham de 1,10 a 1,30 m de altura; com 16,5 g.ha⁻¹ de regulador a altura variou de 0,80 a 0,90 m, e com 33 g.ha⁻¹ a altura variou de 0,60 a 0,70 m. Assim, a adubação nitrogenada e a aplicação de regulador de crescimento devem ser tratadas como práticas independentes, calculando-se a dose de N para máxima economicidade e a dose de regulador em função do desenvolvimento da planta para cada situação em particular.

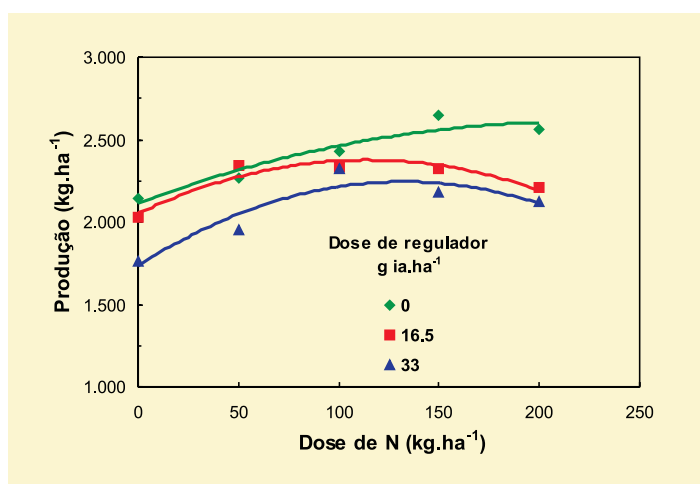


Figura 9. Resposta do algodoeiro Coodetec 401 ao nitrogênio e ao regulador de crescimento.

A intensidade de absorção é muito baixa nos primeiros 40-45 dias, até o aparecimento dos botões florais (Figura 4). A partir deste ponto a intensidade de absorção aumenta muito, até atingir valores da ordem de 5,5 kg.ha⁻¹.dia, por volta dos 75-80 dias após a emergência, declinando a seguir. Assim, de pouca valia será a aplicação tardia de N, por exemplo, após os 80 dias da emergência das plantas.

ROSOLEM & MIKKELSEN (1989) concluíram que enquanto houver um número significativo de maçãs se desenvolvendo pode existir potencial para resposta ao nitrogênio; entretanto, o N absorvido após os 90 dias da emergência é acumulado principalmente nas folhas da parte mediana e do ponteiro da planta. Em plantas bem nutridas, menos de 30% do N absorvido nesta época será destinado aos frutos.

Por outro lado, não é possível se pensar em adubação nitrogenada sem levar em consideração o desenvolvimento vegetativo da planta. Sempre que houver aumento na disponibilidade de N haverá crescimento vegetativo, muitas vezes em detrimento do crescimento reprodutivo. Foi demonstrado que até os 70 dias após a emergência existe uma correlação positiva entre aumento da altura do algodoeiro e produtividade, ao passo que após os 70 dias essa correlação torna-se negativa. Assim, não é interessante induzir crescimento vegetativo após os 70 dias, a não ser em condições especiais. Portanto, não se justifica o parcelamento tardio da cobertura nitrogenada.

Muitos agricultores têm realizado três ou mesmo quatro coberturas nitrogenadas até 90-110 dias após a emergência, embora a experimentação em regiões mais tradicionais não recomendassem essa prática (SILVA, 1999).

Recentemente foram divulgados resultados que comprovam não ser aconselhável a realização de mais que duas coberturas na cultura do algodão (FUNDAÇÃO MT, 2001), sendo até contraproducente a aplicação de N aos 80 ou 100 dias após a emergência da cultura (Figura 10). Por outro lado, há muito foi demonstrado que a deficiência de N antes do aparecimento do primeiro botão floral tem como efeito um atraso significativo no ciclo da cultura (MALIK et al., 1978), o que aumenta o custo de produção.

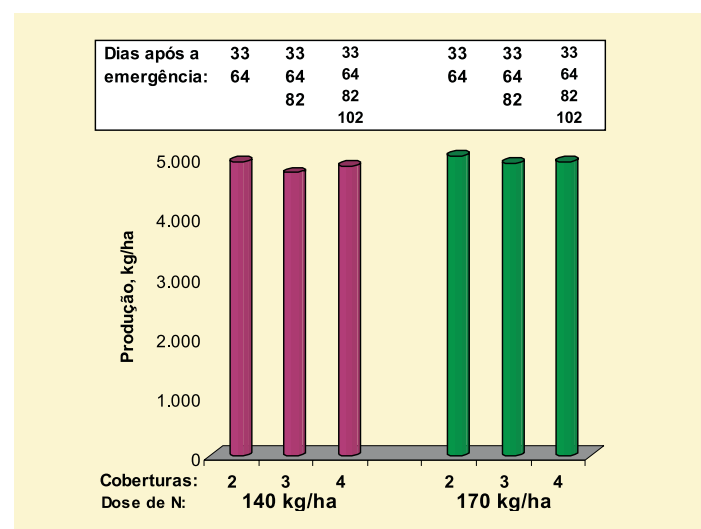


Figura 10. Produção de algodão em função de doses e do parcelamento da adubação nitrogenada. Dados adaptados de FUNDAÇÃO MT (2001).

Assim, de acordo com a marcha de absorção de nitrogênio, e também de acordo com demonstração experimental, a adubação nitrogenada em cobertura deve ser realizada até os 55-60 dias após a emergência das plantas, divididas em, no máximo, duas aplicações. Aplicações mais tardias, além de não resultarem em maior produtividade, podem induzir maior crescimento vegetativo e alongar o ciclo da planta (ROSOLEM, 1999), tendo como consequência maior custo, maior queda de estruturas reprodutivas, havendo então maior porcentagem de carimãs ou capulhos apodrecidos na parte mais baixa da planta.

Com relação às respostas a doses de N, ROSOLEM (2000) relatou que dificilmente doses acima de 100-120 kg.ha⁻¹ seriam econômicas, com base principalmente em resultados obtidos em regiões tradicionais de cultivo no Brasil. SILVA et al. (1993), concluiu que doses acima de 70 kg.ha⁻¹ não seriam econômicas no Estado de São Paulo. Por outro lado, um excesso de adubação nitrogenada faz com que seja aumentado o tamanho dos frutos na parte superior da planta, com um aparente aumento na produtividade. No entanto, ao mesmo tempo que os frutos da parte superior da planta são aumentados, o excesso do nutriente faz com que o tamanho dos frutos da parte de baixo e da parte mediana da planta seja diminuídos, sem efeito significativo na produção (BOQUET et al., 1994).

Um experimento conduzido no Estado de Mato Grosso levou aos resultados apresentados na Figura 11. Tanto Pedra Preta como Itiquira são regiões de alto potencial produtivo; entretanto, a resposta a N foi diferente nos dois locais. Em Itiquira a resposta foi pequena (da ordem de 300-400 kg.ha⁻¹, ou pouco mais que 10%) até 100 kg.ha⁻¹. Considerando-se a uréia a US\$ 220,00.t⁻¹ e o algodão a US\$ 0,50.lb⁻¹, esta resposta seria econômica nos níveis de produtividade obtidos.

Em Pedra Preta o algodão respondeu a 170 kg.ha⁻¹ de N, passando de 3.100 kg.ha⁻¹ a aproximadamente 5.000 kg.ha⁻¹. Por que teria ocorrido essa diferença de resposta? A resposta encontra-se na Figura 12.

Em Itiquira o solo encontra-se em melhores condições físicas, permitindo melhor exploração das reservas pelas raízes. É evidente, neste caso, o efeito vaso, ou seja, com as chuvas o nitrogênio aplicado pode ter sido lixiviado para uma região do solo pobre

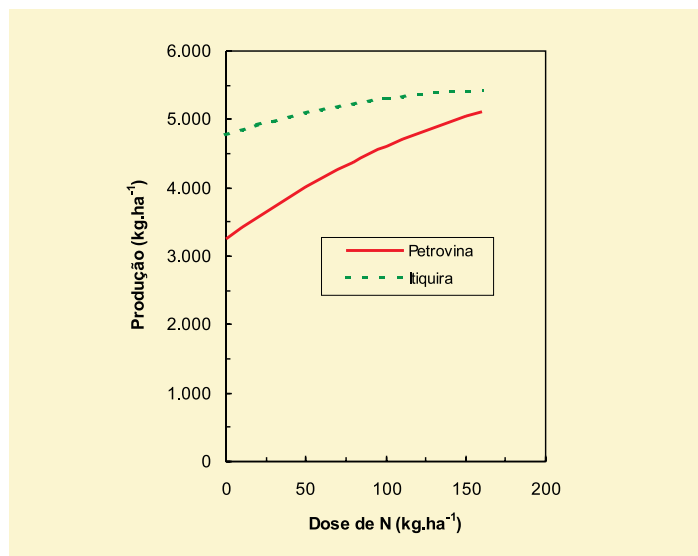


Figura 11. Resposta do algodoeiro a nitrogênio em dois locais do Mato Grosso. Dados modificados de FUNDAÇÃO MT.

em raízes, prejudicando o aproveitamento do fertilizante aplicado. ROSOLEM et al. (1998) demonstraram que o algodoeiro é muito sensível à compactação do solo. Um aumento da resistência do solo à penetração de até 20 kgf.cm⁻² reduz o crescimento radicular do algodoeiro a menos de 5% do crescimento que ocorreria se não houvesse limitação. É importante ressaltar ainda que, neste caso, o N lixiviado, não sendo aproveitado pela planta, pode ser levado para zonas mais profundas do perfil, aumentando o problema de acidificação do perfil pela perda de nitrato.

Outro problema que tem ocorrido com frequência é a desuniformidade de aplicação do fertilizante em cobertura. A utilização de máquinas para distribuição a lanço deve ser cercada de cuidados para que a deposição seja uniforme, de modo a evitar falta de adubo em algumas faixas e excesso em outras. Há que se considerar ainda que a uréia aplicada a lanço, dependendo das condições, pode levar a perdas consideráveis do N aplicado, por volatilização.

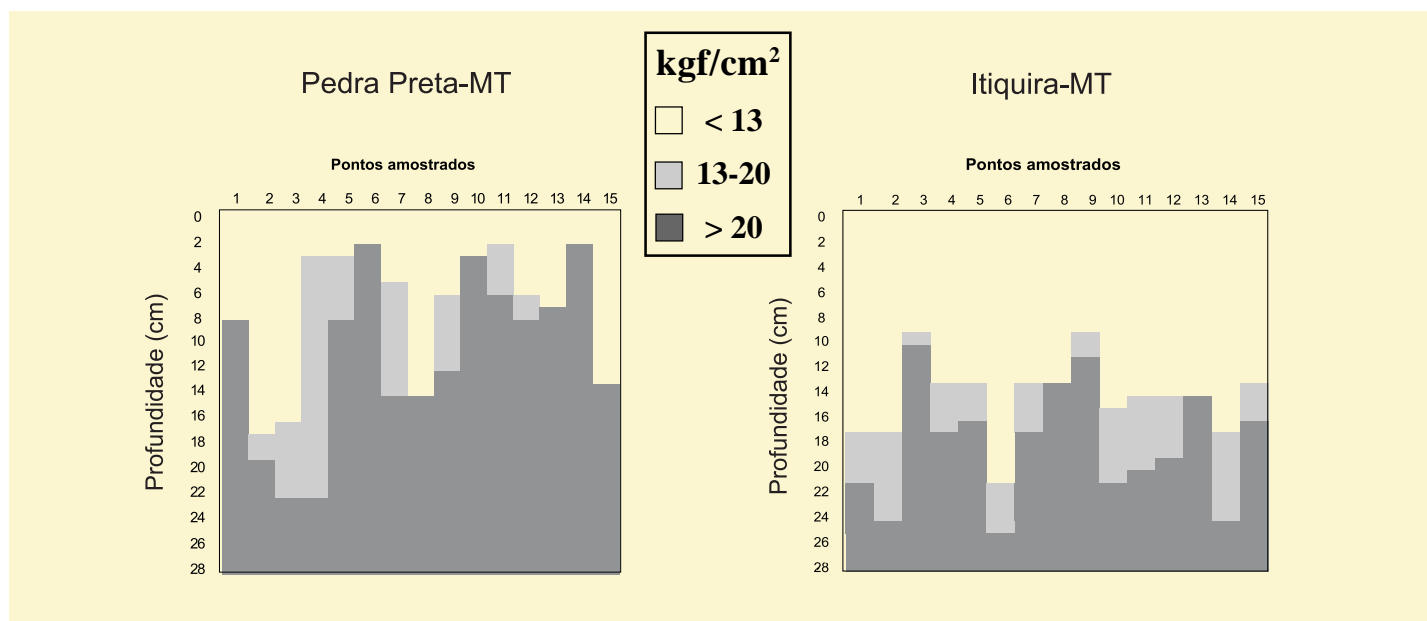


Figura 12. Resistência do solo à penetração em diversos pontos amostrados em culturas de algodão em Pedra Preta e Itiquira, MT, em função da profundidade. Dados originais da FUNDAÇÃO MT.

ADUBAÇÃO FOSFATADA

ROSOLEM et al. (1999) demonstraram que a baixa mobilidade de P no solo limita a absorção do nutriente pelo algodoeiro. Portanto, é fundamental que haja disponibilidade de P em quantidade suficiente perto das raízes. Considerando ainda sua grande adsorção às partículas do solo, tem sido recomendada sua aplicação no sulco de semeadura, abaixo e ao lado das sementes. A menos que se trate de solo corrigido, a aplicação localizada dará melhores resultados.

Da mesma forma, a substituição de fontes solúveis em água por outras fontes de P deve ser feita com muito cuidado, considerando-se sempre o teor inicial do nutriente no solo. Em solos pobres, é fundamental a aplicação de fontes de P solúveis em água.

ADUBAÇÃO POTÁSSICA

Não se espera resposta significativa do algodoeiro ao K quando o solo tem acima de $2,5 \text{ mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ de K trocável e quando a relação $(\text{Ca} + \text{Mg})/\text{K}$ for menor que 20 (SILVA et al., 1984). Embora ROSOLEM et al. (1999) tenham mostrado que a variedade ITA 90 tem maiores teores de K na parte aérea que as variedades IAC 20 e IAC 22, outros trabalhos em que se estudou o assunto não confirmaram tal tendência (STAUT, 1996; FURLANI Jr. et al., 2000). Fica assim esta questão em aberto, pois a experiência mostra que cultivares com genótipo importado parecem responder melhor ao K.

Sabe-se que altas doses de K aplicadas junto à semente causam problemas na emergência das plantas. SILVA et al. (1984) demonstraram que em solos mais deficientes a aplicação parcelada do K oferece melhores respostas (Figura 13). Isso ocorre porque à medida que aumenta a disponibilidade de K no solo, aumentam a proporção de raízes finas e também a proporção do nutriente que entra em contacto com a raiz por fluxo de massa, facilitando o contato íon-raiz e proporcionando maior absorção do nutriente (SANTOS et al., 1999). A Figura 13 mostra que quando não há deficiência de K é indiferente o modo de aplicação, mas em solos deficientes, as melhores respostas foram conseguidas quando se aplicou 1/3 ou 1/2 da dose por ocasião da semeadura e o restante por ocasião da adubação de cobertura, juntamente com o N. É importante ressaltar que esta cobertura com K deve ser efetuada antes do aparecimento da primeira flor, quando aumenta a velocidade de absorção de K (Figuras 3 e 4). Se esta aplicação for atrasada, corre-se o risco da planta não aproveitar todo o fertilizante que for aplicado.

Por outro lado, SILVA et al. (1995b) demonstraram que quando a quantidade de potássio requerida for alta, em solo pobre no nutriente, a adubação corretiva com K, efetuada a lanch, antes mesmo da semeadura (potassagem), pode elevar de forma significativa o teor de potássio no solo e a produtividade do algodoeiro, já no primeiro ano. Em solo com $0,8 \text{ mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ de K, a maior produtividade foi obtida com a aplicação de $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de K_2O , ao passo que em um solo com $2,5 \text{ mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ não houve resposta ao fertilizante aplicado.

Em algumas situações tem ocorrido deficiência tardia de potássio durante o período de maior enchimento das maçãs. Essa síndrome tem sido atribuída ao fato das variedades modernas serem mais precoces, mais produtivas e terem florescimento mais concentrado, além de mostrarem menor capacidade de “estocar potássio” durante o crescimento vegetativo (OOSTERHUIS, 1997), além

do que há um significativo declínio na absorção de potássio pelo algodoeiro a partir de 80-90 dias após a emergência (Figuras 3 e 4).

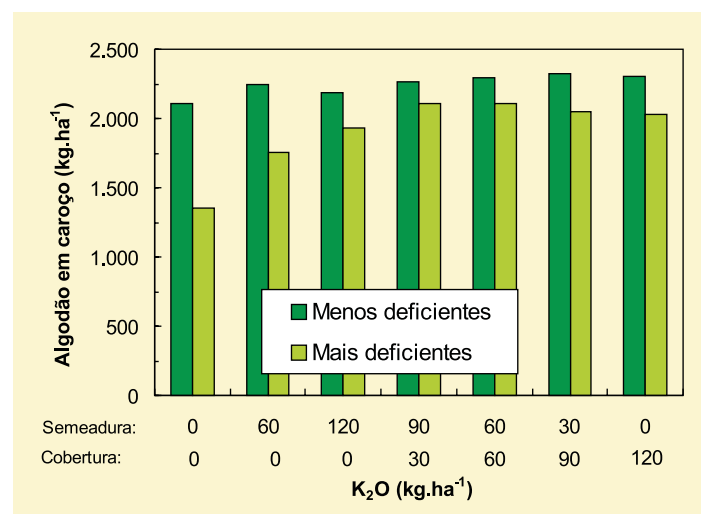


Figura 13. Resposta do algodoeiro à aplicação parcelada de K, na semeadura e em cobertura, em solos com deficiências variadas do nutriente (adaptado de SILVA et al., 1984).

Nessas condições, tem sido obtido, em alguns casos, resposta à aplicação de KNO_3 via foliar, conseguindo-se melhoria na qualidade da fibra, inclusive com altos teores de K no solo (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito da aplicação foliar de fontes de potássio na produção de algodão e peso das maçãs.

Fonte de potássio	Produção	Peso da maçã
	$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	$\text{g} \cdot \text{maçã}^{-1}$
Sulfato	2.838 bc*	4,20 ab
Nitrato	3.117 a	4,33 a
Tiosulfato	2.939 b	4,28 ab
Cloreto	2.702 bc	4,27 ab
Carbonato	2.717 c	4,12 b
Testemunha	2.886 b	4,24 ab

* Números seguidos da mesma letra na coluna não são significativamente diferentes.

Os resultados mostrados na Tabela 2 foram obtidos com aplicações de $4,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de K, em cada aplicação, seis, sete e oito semanas após o início do florescimento.

ADUBAÇÃO COM ENXOFRE

Em solos ácidos, a decomposição da matéria orgânica é lenta. Além disso, o íon SO_4 , forma pela qual o enxofre é absorvido pelas plantas, pode ser adsorvido aos óxidos de ferro e alumínio presentes nos solos caulínicos. Devido à tendência de se utilizar menos calagem em sistemas de semeadura direta nos cerrados do Centro-Oeste, e ao uso uréia como principal fonte de N, a ocorrência de deficiência não é rara. Assim, a resposta do algodoeiro ao enxofre torna-se muito provável. Embora não se disponham de resultados específicos, a aplicação anual de 25 a $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de S deve prevenir o aparecimento de deficiência.

MICRONUTRIENTES

O algodoeiro tem respondido à aplicação de boro principalmente em solos arenosos, com pouca matéria orgânica, com pH corrigido e bem adubado com nitrogênio, fósforo e potássio. É importante notar que doses pouco acima das ideais podem ser fitotóxicas ao algodoeiro. Desta forma, o uso indiscriminado de fórmulas boratadas pode prejudicar mais que auxiliar na produtividade da cultura. No Brasil, problemas evidentes com excesso de adubo boratado têm sido constatados quando se aplicam doses acima de $2,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de boro (SILVA et al., 1979; 1982).

Embora o adubo boratado possa ser aplicado de diversas maneiras, ou seja, no sulco de semeadura, em cobertura, em pulverização do solo ou da planta (HEATHCOTE & SMITHSON, 1974), há diferenças na dose ideal e na resposta da planta.

Os resultados mostrados na Figura 14, adaptada de CARVALHO et al. (1996a), indicam que as aplicações foliares de B, embora muito efetivas em aumentar o teor do nutriente nas folhas, resultam em menor produtividade que a aplicação em cobertura, junto com a adubação nitrogenada.

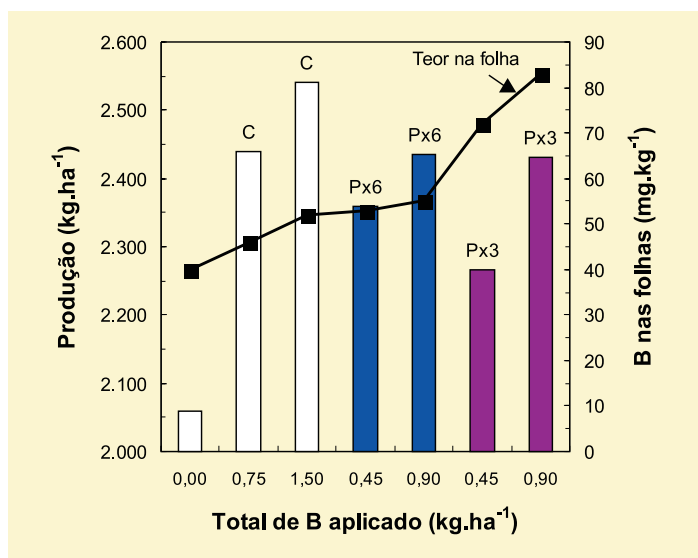


Figura 14. Teores de B nas folhas e resposta do algodoeiro ao boro aplicado em cobertura (C) e em pulverização (P). Adaptada de CARVALHO et al. (1996b).

Em outro trabalho, CARVALHO et al. (1996b) demonstraram que aplicações no sulco de semeadura, ou metade no sulco, metade em cobertura, proporcionam as melhores respostas da planta (Figura 15). A aplicação da mesma dose de adubo somente em cobertura, ou via foliar, proporcionou produtividades um pouco menores, apesar das aplicações foliares terem elevado bastante os teores de B nas folhas.

Embora no Brasil sejam esperados mais problemas com a toxidez que com a deficiência de Mn, em certos casos, doses altas de calcário, ou má incorporação do corretivo em solos com CTC baixa, podem concorrer para o aparecimento de deficiência do nutriente. SAWAN et al. (1993) observaram resposta do algodoeiro ao Mn aplicado como EDTA, às folhas, no abotoamento e no desenvolvimento das maçãs, em solo com $3,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de Mn (extraído pelo método de Olsen).

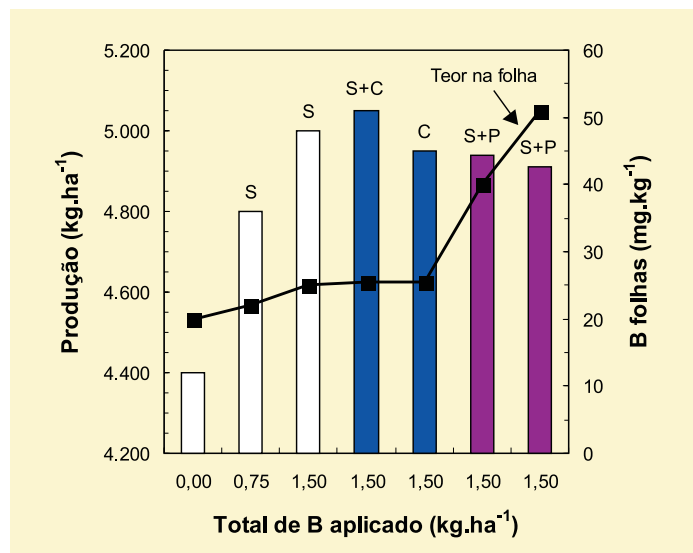


Figura 15. Teores de B nas folhas e resposta do algodoeiro ao boro aplicado no sulco de semeadura (S), em cobertura (C) e em pulverização (P). Adaptada de CARVALHO et al. (1996b).

São escassos os dados relativos a efeitos da adubação com zinco na cultura algodoeira. Em solo ácido, corrigido por calagem e adubação mineral, a omissão do micronutriente chegou a deprimir em 28% a produção (McLUNG et al., 1961). No exterior, LI et al. (1991) relataram que a aplicação de Zn a um solo com $0,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de Zn (extraído com acetato de amônio) aumentou o crescimento e a produtividade do algodão, melhorando a absorção dos outros nutrientes e tornando a colheita mais precoce, por aumentar o florescimento e a frutificação inicial.

A despeito da pouca experimentação, admite-se que quantidades entre 10 e $20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Zn, aplicadas ao solo, podem satisfazer a necessidade das plantas. Caso isso não seja feito, três a quatro pulverizações foliares com $1,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de sulfato de zinco devem ser efetuadas (HINKLE & BROWN, 1968).

SILVA & RAIJ (1996) recomendam, na fase de correção de solos de cerrado, aplicar $3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Zn se o teor no solo for inferior a $0,6 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, visando evitar o aparecimento de eventuais sintomas de deficiência.

No Brasil, não se tem notícia de resposta do algodoeiro ao cobre. Entretanto, existem informações experimentais, em outros países, sobre aumentos de produtividade devidos ao seu uso como sulfato, na adubação básica (10 a $55 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), ou em pulverizações foliares, na concentração de 0,5% (HINKLE & BROWN, 1968). SAWAN et al. (1993) tiveram resposta positiva em produtividade e qualidade da semente de algodão quando aplicaram Cu quelatizado (EDTA) às folhas de algodão, em solo com $0,45 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de Cu (extraído pelo método de Olsen).

Não se espera a ocorrência de deficiência de Fe na cultura do algodão no Brasil. Entretanto, uma eventual deficiência poderá ser corrigida através da aplicação de pulverização foliar com sulfato de ferro a 3% (HINKLE & BROWN, 1968).

Como a disponibilidade de Mo aumenta com a elevação do pH e o algodoeiro é uma planta sensível à acidez do solo, não se espera a ocorrência de deficiência de Mo em lavouras algodoeiras que receberam calagem. Entretanto, se necessário, pode ser aplicado molibdato de sódio ou de amônio, no adubo de semeadura, na semente, ou mesmo em pulverização foliar.

LITERATURA CITADA

- BOQUET, D.J.; MOSER, E.B.; BREITENBECK, G.A. Boll weight and within-plant yield distribution in field-grown cotton given different levels of nitrogen. **Agronomy Journal**, v.86, p.20-26, 1994.
- CARVALHO, L.H.; SILVA, N.M.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; KONDO, J.I.; CHIAVEGATO, E.J. Aplicação de boro no algodoeiro, em cobertura e em pulverização foliar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.265-269, 1996a.
- CARVALHO, L.H.; SILVA, N.M.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; KONDO, J.I.; CHIAVEGATO, E.J. Modos de aplicação de boro na cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.271-275, 1996b.
- FUNDAÇÃO MT. **Boletim de Pesquisa de Algodão**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. 238p. (Boletim 4).
- FUNDAÇÃO MT. **O algodão no caminho do sucesso**. Rondonópolis: Fundação MT/EMBRAPA, 1997. 107p.
- FURLANI JR., E.; SILVA, N.M.; BUZZETTI, S.; SÁ, M.E.; ROSOLEM, C.A.; CARVALHO, M.A. Absorção de nutrientes e crescimento de algodão cv. IAC 22. **Bragantia**, 2000 (no prelo).
- HEATHCOTE, R.G.; SMITHSON, J.B. Boron deficiency in cotton in northern Nigeria. I. Factors influencing occurrence and methods of correction. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v.10, p.199-208, 1974.
- HINKLE, D.A.; BROWN, A.L. Secondary nutrients and micronutrients. In: **Advances in production and utilization of quality cotton: principles and practices**. Ames: The Iowa State University Press, 1968. 532p.
- LI, J.; ZHOU, M.; PESSARAKI, M.; STROEHLEIN, J.L. Cotton response to zinc fertilizer. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.22, p.1689-1699, 1991.
- MALIK, M.N.A.; EVENSON, J.P.; EDWARDS, D.G. The effect of level of nitrogen nutrition on earliness in upland cotton. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.29, p.1213-1221, 1978.
- McLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M.; MIKKELSEN, 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).
- MENDES, H.C. Nutrição do algodoeiro. II - Absorção mineral por plantas cultivadas em soluções nutritivas. **Bragantia**, v.19, p.435-458, 1960.
- OOSTERHUIS, D.M. Potassium nutrition of cotton in the U.S.A. with particular reference to foliar fertilization. In: EL-FOULY, M.M.; OOSTERHUIS, D.M.; KOSMIDOU-DIMITROPOULOU, K. **Nutrition and Growth Regulators in Cotton**. Cairo: FAO, 1997. p.101-124.
- ROSOLEM, C.A. Ecofisiologia do algodoeiro. In: **Mato Grosso, liderança e competitividade**. Rondonópolis: Fundação MT/EMBRAPA, 1999. p.49-69.
- ROSOLEM, C.A. Problemas em Nutrição e Adubação do Algodoeiro no Cerrado. Palestra proferida no Congresso Internacional do Algodão. Cuiabá: Fundação MT, 2000.
- ROSOLEM, C.A.; FERELLI, L. Resposta diferencial de cultivares de algodão ao manganês em solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2., Ribeirão Preto, 1999. **Anais...** Ribeirão Preto: EMBRAPA/Instituto Biológico, 1999. p.407-410.
- ROSOLEM, C.A.; MIKKELSEN, D.S. Nitrogen source-sink relationship in cotton. **Journal of Plant Nutrition**, v.12, p.1417-1433, 1989.
- ROSOLEM, C.A.; GIOMMO, G.S.; LAURENTI, R.L.B. Crescimento radicular e nutrição de cultivares de algodão em resposta à calagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. **Resumos...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. p.150.
- ROSOLEM, C.A.; SCHIOCHET, M.A.; SOUZA, L.S.; WHITACKER, J.P.T. Root growth and cotton nutrition as affected by liming and soil compaction. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.29, p.169-192, 1998.
- ROSOLEM, C.A.; WHITACKER, J.P.T.; VANZOLINI, S.; RAMOS, V.J. The significance of root growth on cotton nutrition in an acid low-P soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.212, n.2, p.185-190, 1999.
- SANTOS, R.C.; ESTEVES, J.A.F.; QUEIROZ, A.F.; SILVA, R.H.; ROSOLEM, C.A. Mecanismos de suprimento do íon K às raízes de algodoeiro em função da adubação com K e calagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Brasília, 1999. (CD-ROM).
- SAWAN, Z.M.; MADDAH, EL DIN; GREGG, B.R. Cotton seed yield, viability and seedling vigour as affected by plant density, growth retardants, copper and manganese. **Seed Science and Technology**, v.21, p.417-431, 1993.
- SILVA, N.M. Nutrição Mineral e Adubação do Algodoeiro no Brasil. In: CIA, E.; FREIRE, E.C.; SANTOS, W.J. (eds.). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1999. p.57-92.
- SILVA, N.M.; RAIJ, B.VAN. Fibrosas. In: RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. p.107-118. (Boletim, 100)
- SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H.; QUAGGIO, J.A. Ensaio de longa duração com calcário e cloreto de potássio na cultura do algodoeiro. **Bragantia**, v.54, p.353-360, 1995a.
- SILVA, N.M.; DUARTE, A.P.; RAIJ, B. VAN. Efeitos da potassagem e gessagem no algodoeiro. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 8., Londrina, 1995. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1995b. p.116.
- SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H.; BATAGLIA, O.C.; HIROCE, R. Efeitos do boro em algodoeiro cultivado em condições de casa de vegetação. **Bragantia**, Campinas, v.38, p.153-164, 1979.
- SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H.; CHIAVEGATTO, E.J.; SABINO, N.P.; HIROCE, R. Efeitos de doses de boro aplicadas no sulco de plantio do algodoeiro, em solo deficiente. **Bragantia**, Campinas, v.41, p.181-191, 1982.
- SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H.; CIA, E.; CHIAVEGATO, E.J.; SABINO, J.C. Estudo do parcelamento da adubação potássica do algodoeiro. **Bragantia**, v.43, p.111-124, 1984.
- SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H.; KONDO, J.I.; SABINO, J.C.; PETTINELLI JR., A.; LANDELL, M.G.A. Efeitos da adubação nitrogenada e de regulador de crescimento na cultura algodoeira. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 7., Cuiabá, 1993. **Resumos...** Cuiabá: EMPAER-MT/EMBRAPA/CNPA, 1993. p.215.
- STAUT, L.A. Fertilização fosfatada e potássica nas características agrônomicas e tecnológicas do algodoeiro na região de Dourados, MS. Jaboticabal, 1996. 124p. Dissertação (Mestrado) - UNESP, Campus de Jaboticabal.