

NUTRIÇÃO E CRESCIMENTO DO ALGODOEIRO EM LATOSSOLO SOB DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS E MANEJO DE CALAGEM¹

Cotton nutrition and growth in a latosol under different vegetable covers and liming management

Tullio Raphael Pereira de Pádua², Carlos Alberto Silva³, Bruno de Oliveira Dias⁴

RESUMO

O algodoeiro (*Gossipium hirsutum* L.) é muito sensível à toxidez de alumínio, sendo exigente em correção de solo. O manejo da calagem em plantios direto e semi-direto, na presença de palha na superfície, tem sido pouco estudado para essa cultura. Nesta pesquisa, avaliaram-se o estado nutricional e a matéria seca do algodoeiro em função da calagem em latossolo sob diferentes coberturas vegetais (mata, eucalipto, pinus e pastagem). O experimento foi conduzido em casa de vegetação, durante 45 dias e os tratamentos estudados consistiram da combinação de quatro métodos de manejo da calagem (testemunha, sem calagem, SC; carbonato de cálcio aplicado em superfície, CS; carbonato de cálcio incorporado na camada de 0-10 cm, C10; e carbonato de cálcio incorporado na camada de 0-20 cm, C20) com as coberturas vegetais do latossolo estudado. Foram avaliados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea e a matéria seca da parte aérea e de raiz. A correção da acidez do solo em superfície ou a incorporação do calcário a 10 cm de profundidade causaram uma supercalagem na camada de solo de 0-5 cm. A calagem propiciou maior acúmulo da maioria dos nutrientes analisados, aumentou a produção de matéria seca de raízes e da parte aérea do algodoeiro em todos os sistemas de cobertura vegetal dos solos avaliados. As maiores produções de matéria seca foram observadas nas áreas onde o corretivo de acidez foi incorporado ao solo. Em áreas já cultivadas (pastagem), a aplicação do corretivo em superfície do solo propicia produção de biomassa similar à obtida com a correção da camada arável.

Termos para indexação: acidez do solo, extração de nutrientes, calagem superficial, *Gossipium hirsutum* L.

ABSTRACT

Cotton tree (*Gossipium hirsutum* L.) is very susceptible to aluminum toxicity, demanding the soil acidity correction. The management of liming in no tillage and minimum tillage systems, with the presence of straw in the soil surface, is little studied for this crop. The nutritional status and the cotton dry matter production were evaluated in function of liming methods in a latosol (Oxisol) under different previous vegetable covers (forest, eucalyptus, pine and pasture). The experiment was carried out in greenhouse conditions during 45 days, and the treatments evaluated consisted of the combination of four liming methods (without lime - WL; surface liming - SL; liming at 0-10 cm soil depth - L10; liming at 0-20 cm soil depth - L20) with four latosol vegetable covers. The contents of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn were evaluated in the cotton plants and root and aerial part dry matter of this crop. Surface liming and the incorporation of liming at 0-10 cm soil layer caused an overliming in the 0-5 cm soil depth. The use of liming increased the extraction of most of nutrients analyzed and the production of cotton root and aerial part dry matter. The highest dry matter production was observed when lime was incorporated to the soil. The biggest productions of dry matter were observed in the areas where the lime was incorporated to the soil. In the area already cultivated (pasture), the application of liming on the soil surface allows to reach similar dry matter as that one verified in the soil where soil acidity correction was done in all arable layer.

Index terms: Soil acidity, nutrient extraction, surface liming, *Gossipium hirsutum* L.

(Recebido em 21 de dezembro de 2006 e aprovado em 6 de novembro de 2007)

INTRODUÇÃO

A presença de alumínio trocável na solução, a baixa reserva de cátions básicos e a reduzida disponibilidade de P são os principais fatores limitantes da produtividade agrícola em solos ácidos. Sob essas condições de cultivo, o crescimento do sistema radicular do algodoeiro é reduzido, a ponto de o rendimento de matéria seca dessa cultura aumentar de duas (ROSOLEM et al., 2000) a mais de 30

vezes (SILVA et al., 1998) nos solos onde é realizada a calagem, em relação à biomassa produzida em solos com elevada acidez. As maiores produções de algodoeiro são notadas em solos cuja camada de aração apresenta níveis de saturação por bases próximos a 60% (ROSOLEM et al., 1998). Além de proporcionar melhor ambiente para o crescimento radicular do algodoeiro (SILVA et al., 1998), a correção da acidez pode resultar também em acréscimo na

¹Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas do DCS/UFLA.

²Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Fitotecnia – Departamento de Agricultura/DAG – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – trpp2000@yahoo.com.br

³Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Professor Adjunto – Departamento de Ciência do Solo/DCS – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – csilva@ufla.br

⁴Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Ciência do Solo – Departamento de Ciência do Solo/DCS – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – b2dias@yahoo.com.br

disponibilidade de N mineral (SILVA et al., 1994), P, Ca e Mg e redução nos teores de alumínio tóxico (BISSANI et al., 2004).

Algumas tentativas têm sido feitas para incorporar solos ácidos ao sistema agrícola através da correção da acidez com a prática da calagem. No sistema plantio direto (PD), a correção da acidez é realizada mediante a aplicação de calcário em superfície, sem incorporação (CAIRES et al., 2006). A baixa solubilidade dos materiais corretivos limita a mobilidade dos produtos de reação do calcário em solo, o que restringe o efeito da calagem à camada de solo onde o corretivo é incorporado (RITCHEY et al., 1982). Quando o calcário não é devidamente incorporado ao solo, aumentam-se os riscos de supercalagem em superfície e de correção inadequada da acidez nas camadas mais profundas de solo.

Mesmo sendo incorporado de modo adequado, há sempre a necessidade de o calcário aplicado na camada de aração movimentar para o subsolo que, em geral, é muito ácido, e essa condição restringe fortemente o crescimento de raízes de algodoeiro (SILVA et al., 1998). Em áreas com maior presença de matéria orgânica no solo, é maior a chance de haver movimentação de calcário aplicado em superfície (OLIVEIRA & PAVAN, 1996). Nesses locais, a não incorporação de calcário pode não implicar necessariamente em supercalagem, em razão de o maior estoque de matéria orgânica conferir maior poder tampão ao solo, o que se traduz em melhoria do ambiente de crescimento de raízes no perfil do solo. A correção da acidez em camadas mais profundas de solo é vantajosa, uma vez

que possibilita ao algodoeiro aumentar a absorção de água e nutrientes do subsolo (SILVA et al., 1998). Algumas tentativas têm sido feitas para incorporar solos ácidos ao sistema agrícola com calagem superficial e plantio direto, PD (PÖTTKER, 2000; RHEINHEIMER et al., 2000). Na recalagem do PD, o estudo de Pöttker (2000) confirma a eficiência da calagem superficial em neutralizar a acidez do solo e garantir produtividades adequadas das culturas.

Neste estudo, objetivou-se avaliar o estado nutricional e a produção de matéria seca do algodoeiro em função de práticas de manejo da calagem em Latossolo sob diferentes coberturas vegetais.

MATERIALE MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais, na latitude de 21°13'35" Sul, longitude 44°58'43" W Gr. e altitude de 919 metros, utilizando-se amostras de Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), cujos atributos químicos foram previamente caracterizados (Tabela 1). Os teores médios de areia, silte e argila, na camada de 0-20 cm do Latossolo estudado, são, respectivamente, 220 g kg⁻¹, 120 g kg⁻¹ e 660 g kg⁻¹. As amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, em áreas sob usos anteriores de mata, pastagem, pinus e eucalipto. Na área de mata, predomina a vegetação do tipo floresta tropical subcaducifólia; na área sob pastagem, foi implantada, a cerca de 15 anos, a *Brachiaria decumbens* L.; a floresta de

Tabela 1 – Características químicas das quatro amostras de Latossolo estudadas, sob condições naturais, para as duas profundidades de coleta do solo.

Cobertura vegetal	pH em água ⁽¹⁾	P ⁽²⁾	K ⁺⁽²⁾	Ca ²⁺⁽³⁾	Mg ²⁺⁽³⁾	Al ³⁺⁽³⁾	H + Al ⁽⁴⁾	V	m	MO ⁽⁵⁾
		mg dm ⁻³	-----	-----	mmolc dm ⁻³ -----	-----	-----	% -----	-----	g kg ⁻¹
0 – 10 cm										
Eucalipto	4,3	1,2	0,2	4	1	17	123	4	77	24
Mata	4,1	1,4	1,2	5	2	19	153	5	70	38
Pastagem	5,7	2,3	3,5	15	8	3	40	40	10	24
Pinus	4,5	1,2	0,3	4	1	13	98	5	71	25
10 – 20 cm										
Eucalipto	4,4	1,2	0,2	4	1	15	98	5	74	24
Mata	4,2	0,6	0,7	4	1	14	110	5	71	27
Pastagem	5,4	1,7	1,8	8	2	4	50	19	25	19
Pinus	4,5	0,6	0,3	4	1	12	98	5	69	21

⁽¹⁾ pH em água; ⁽²⁾ Extrator: solução de Mehlich-1; ⁽³⁾ Extrator: KCl 1 mol L⁻¹; ⁽⁴⁾ Extrator: acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0; ⁽⁵⁾ MO, matéria orgânica pelo método de Walkley-Black (EMBRAPA, 1997).

pinus (*Pinus elliottii* Engelm.) foi implantada a cerca de 20 anos, o mesmo ocorrendo com a área de eucalipto (*Eucalyptus grandis* Hill, ex-Maiden). Nas áreas avaliadas, não há registro de aplicação de fertilizantes e corretivos após a implantação das florestas, entretanto, a área sob pastagem recebeu calcário (calagem visando V igual a 50%) há cerca de 6 anos e aplicações anuais de fertilizantes (nitrogênio, 100 kg ha⁻¹; fósforo, 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e potássio, 60 kg ha⁻¹ de K₂O).

Os tratamentos consistiram na combinação de quatro sistemas de manejo da calagem com as coberturas vegetais anteriores do Latossolo (mata, pastagem, pinus e eucalipto). Em relação ao manejo da calagem, foram avaliados os tratamentos: testemunha, sem calagem (SC); carbonato de cálcio aplicado em superfície (CS); carbonato de cálcio incorporado a camada de 0-10 cm (C10); e carbonato de cálcio incorporado a camada de 0-20 cm (C20).

Antes do plantio do algodoeiro (cultivar IAC 23), foi realizada a correção da acidez do solo, sendo as amostras incubadas por 30 dias com carbonato de cálcio p.a. A necessidade de calagem para cada tratamento foi calculada pelo método do IAC (RAIJ et al., 1996), que se baseia na elevação da saturação por bases a um valor ideal para a cultura a ser instalada. Foi utilizado o CaCO₃ p.a. com o objetivo de se elevar a saturação por bases a 80%, exceto para a testemunha, em que não foi realizada a calagem. Optou-se pela V igual a 80% tendo em vista que, em estudo de calibração anterior, foi verificado que esse nível teórico de V é o que permite alcançar no solo estudado o valor ideal de saturação por bases para o pleno crescimento do algodoeiro, no caso 70%, conforme a tabela de adubação para o Estado de São Paulo (RAIJ et al., 1996). O carbonato de cálcio foi aplicado em uma única vez, para os diferentes tratamentos estudados, sendo adicionada, nas diferentes profundidades de incorporação, a dose total calculada para a camada de solo de 0-20 cm. No solo sob eucalipto, foram aplicados 6,85 g/vaso, considerando-se o volume do vaso de 1,6 litro, nos primeiros vinte centímetros de solo na coluna de PVC; na área sob mata, foram aplicados 8,16 g/vaso; na área sob pastagem, 2,55 g/vaso e, naquela sob cobertura de pinus, 6,06 g/vaso. O teor de água no solo foi mantido próximo da capacidade de campo, por meio da reposição da água evapotranspirada, que foi estimada pela pesagem diária dos vasos. Na Tabela 2, são apresentados alguns atributos químicos do solo após 30 dias da reação com o calcário; para maiores detalhes e discussão dos dados apresentados nessa Tabela, consultar Pádua et al. (2006). Os dados referentes às amostras de solo com cobertura vegetal anterior de pinus, com calagem em superfície (CS), não são apresentados,

em razão de essas amostras terem sido perdidas após o período de incubação do solo com carbonato.

Após o período de incubação do solo com carbonato, o algodoeiro foi implantado nas parcelas experimentais. Durante o cultivo do algodoeiro, o teor de água no solo foi mantido por meio de pesagens diárias dos vasos de cultivo (3,14 L), mantendo-se a umidade próxima da capacidade de campo. Nas parcelas experimentais e na testemunha (ausência de calagem), aplicou-se, logo após a calagem e antes do plantio do algodoeiro, 0,64 g kg⁻¹ de fosfato de cálcio p.a., no sentido de atender à exigência nutricional do algodoeiro em fósforo. Após o plantio do algodoeiro, foram realizadas duas adubações de cobertura com nitrogênio (sulfato de amônio p.a., 300 mg kg⁻¹ de N; aos 15 e 30 dias após a germinação, sendo aplicado 150 mg kg⁻¹ de N em cada cobertura) e potássio (KCl p.a., 300 mg kg⁻¹ de K, também em duas aplicações iguais, aos 15 e 30 dias após a germinação) e uma aplicação de solução com micronutrientes, sendo utilizados H₃BO₃ (0,52 mg kg⁻¹), ZnSO₄·7H₂O (5,27 mg kg⁻¹) e CuSO₄ (1,57 mg kg⁻¹), em aplicação única no plantio do algodoeiro.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em colunas de PVC de 10 cm de diâmetro e 40 cm de altura, sendo as colunas empacotadas com amostras deformadas de solo, oriundas das quatro áreas sob diferentes coberturas vegetais. Foram deixados 3 cm livres na superfície para conter a água de irrigação. As temperaturas médias (mínima e máxima) no interior da casa de vegetação estiveram dentro da faixa de 16 a 29°C, com picos de temperatura nas horas mais quentes do dia (em torno das 14 h.) de 36°C. Ao término da etapa de cultivo, as plantas foram cortadas rente à superfície do solo, lavadas e secas, para posterior quantificação da matéria seca da parte aérea (MSPA). A seguir, as raízes foram separadas do solo, lavadas em água destilada e secas, para determinação da matéria seca de raiz (MSR). A massa de raízes foi separada para as seguintes camadas de solo: 0-5, 5-10 e 10-20 cm. A matéria seca de raiz total (MSRtotal) engloba, assim, a soma das massas de raízes presentes nas três profundidades de solo ora citadas. Na análise do tecido foliar, foram avaliados na parte aérea do algodoeiro os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, sendo o acúmulo de nutrientes por vaso calculado com base nos teores de nutrientes e na matéria seca da parte aérea (SILVA, 1999).

O delineamento experimental utilizado no estudo foi o de blocos ao acaso, em três repetições. Consistiram em fatores de análise os diferentes tratamentos, avaliando-se a interação entre os sistemas de manejo da calagem e uso anterior do solo, para os diferentes atributos avaliados.

Tabela 2 – Atributos de acidez do solo sob influência de coberturas vegetais anteriores em combinação com modos de manejo da calagem, após um mês de incubação do solo com carbonato de cálcio, antes do plantio do algodoeiro.

Cobertura vegetal	Manejo da calagem	pH em água			Saturação por bases (%)			Saturação por alumínio (%)		
		Profundidade de solo (cm)								
		0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
Eucalipto	SC*	4,6	4,7	4,8	15	15	18	37	36	31
	C10	6,5	6,8	5,5	88	88	32	0	0	13
	C20	5,8	6,0	6,1	72	71	71	1	1	1
	CS	6,7	5,2	5,0	87	24	22	0	29	29
Mata	SC	4,1	4,3	4,4	14	16	16	37	38	32
	C10	6,4	6,7	4,8	90	90	26	0	5	19
	C20	5,4	5,7	5,7	73	72	72	1	1	1
	CS	6,4	4,9	4,8	87	30	33	0	18	12
Pastagem	SC	5,7	5,9	5,6	53	55	43	4	2	5
	C10	6,3	6,6	6,1	84	85	58	0	0	2
	C20	6,0	6,2	6,3	73	74	74	2	2	2
	CS	6,8	6,8	6,1	85	60	48	0	5	5
Pinus	SC	5,1	4,9	5,0	17	19	19	35	32	26
	C10	6,6	6,7	5,3	85	86	33	0	0	12
	C20	5,7	6,0	6,0	67	69	73	1	1	0
	CS	..**	-	-	-	-	-	-	-	-

* SC – (sem calagem); C10 – (incorporação do carbonato nos primeiros 10 cm de profundidade do solo); C20 – (incorporação do carbonato na profundidade de solo de 0-20 cm); CS – (aplicação de carbonato em superfície). ** Amostras perdidas durante a fase de incubação do solo com carbonato.

Nas interações significativas pelo teste F, foram comparadas as médias em cada tratamento pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para se avaliar o grau de associação entre as variáveis estudadas, foi utilizada a análise de correlação simples, e o teste de t ($p < 0,05$) para os coeficientes de correlação obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acúmulo de nutrientes na parte aérea do algodoeiro é apresentado na Figura 1. O algodoeiro, em geral, acumulou mais N nas áreas onde a acidez do solo foi corrigida, principalmente nas condições de calagem incorporada (C10 e C20), para as amostras de solo coletados nas áreas de eucalipto, mata e pinus. Na área de pastagem, o manejo da calagem não exerceu influência sobre o N acumulado, o que, possivelmente, se explica pelo fato de a correção da acidez já ter sido realizada nesta área antes da coleta das amostras. Segundo Silva et al. (1997), em condições de adequada correção da acidez do solo, as plantas, em função da maior proliferação do sistema radicular, podem absorver mais N do solo.

As quantidades acumuladas de P, K, Ca e Mg pelo algodoeiro aumentaram com o uso da calagem. Dentro de cada modo de manejo da calagem, foi verificado que o P e K acumulam em maiores quantidades nas plantas cultivadas em solo sob uso anterior de pastagem. Em relação ao acúmulo de K nas plantas, não houve diferença estatística significativa entre a testemunha e o tratamento com calagem na superfície no solo com cobertura anterior de eucalipto, pastagem e pinus. Este resultado pode ser explicado, possivelmente, em consequência da supercalagem ocorrida nesses tratamentos, uma vez que a elevação da saturação de bases e os aumentos dos teores de Ca e Mg no solo reduzem a absorção de K, por existir uma inibição competitiva entre esses elementos químicos na fase de absorção (ANDREOTTI et al., 2000). O balanço entre cátions no solo é importante para a nutrição do algodoeiro, uma vez que há uma redução na absorção de potássio, quando a relação $(Ca+Mg)/K$ é superior à faixa de 20–25 (CARVALHO et al., 2005; SILVA, N., 1999). Nos solos sob uso anterior de pastagem, apenas a incorporação de calcário na camada 0-20 cm (C20) favoreceu o acúmulo de S no algodoeiro, em relação à testemunha.

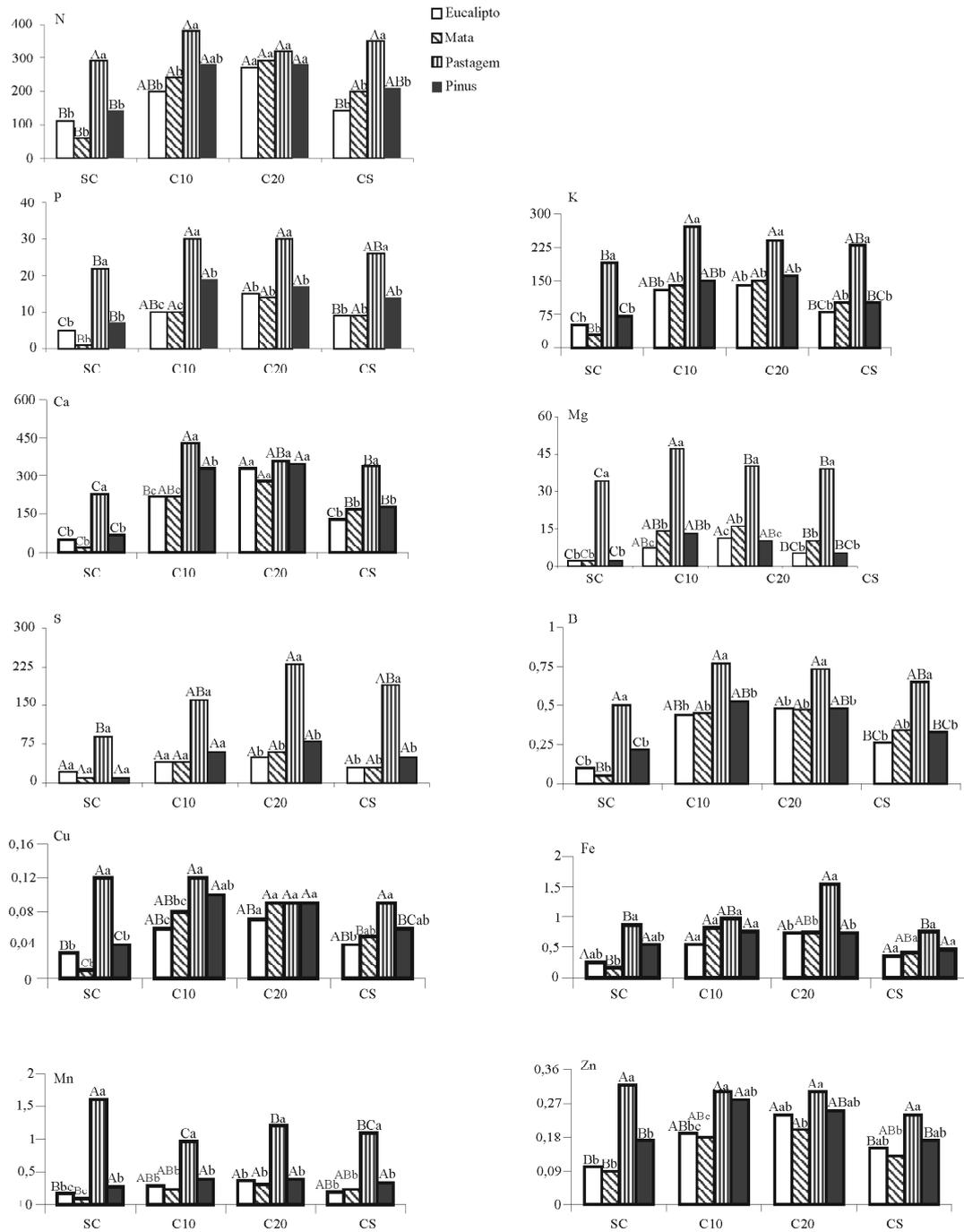


Figura 1 – Quantidades de macro e micronutrientes acumuladas na parte aérea do algodoeiro (mg/vaso), após 45 dias de cultivo em Latossolo Vermelho distroférrico sob influência de quatro coberturas vegetais e diferentes modos de manejos de calagem. Médias seguidas por mesmas letras minúsculas para cada média de cobertura vegetal do solo, dentro de cada modo de manejo da calagem, e maiúsculas, para cada média de modo de manejo da calagem, dentro de cada cobertura vegetal, para cada nutriente, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). SC, sem calagem; C10, calagem na camada de solo de 0-10 cm; C20, calagem na camada de solo de 0-20 cm; CS, calagem na superfície do solo.

O manejo da calagem exerceu influência sobre o acúmulo de micronutrientes pelo algodoeiro. Na área sob eucalipto, pinus e mata, a calagem favoreceu o acúmulo de B e Cu pelas plantas. Na área sob pastagem, os modos de manejo da calagem não exerceram influência sobre o acúmulo desses dois micronutrientes. Nos tratamentos onde se realizou a calagem superficial, não houve diferença estatística significativa nos teores de micronutrientes em relação à testemunha, exceto no solo sob cobertura anterior de mata. Nessa área, pode ter havido maior liberação de B e Cu da matéria orgânica, presente no solo sob mata em teor mais elevado (Tabela 1).

Para o teor de Fe, a calagem só foi positiva nos tratamentos onde se fez a incorporação do corretivo (C10), na área de mata e, no tratamento C20, na área de pastagem, não ocorrendo diferença entre os demais tratamentos. Essa maior absorção de Fe nos tratamentos onde se realizou a correção da acidez do solo está relacionada ao aumento na produção de matéria seca da parte aérea, que, possivelmente, compensou a redução da disponibilidade desse nutriente no solo, que é comumente observada em solos com pH na faixa próxima da neutralidade, uma vez que, com a correção da acidez, há um decréscimo nos teores solúveis de Fe no solo (BISSANI et al., 2004).

A calagem, na área de pastagem, reduziu as quantidades de Mn acumuladas pelo algodoeiro, principalmente nas áreas onde se realizou a incorporação do calcário na camada de 0-10 cm. No estudo de Rosolem et al. (2000), o acréscimo da saturação por bases de 10 para 70% resultou em aumento nos teores de Ca e Mg e em decréscimo nos teores de Mn por plantas de algodoeiro, em função da menor disponibilidade do último nutriente na solução do solo. Nas amostras de solo sob uso de pinus e eucalipto, a calagem com incorporação do corretivo causou um maior acúmulo de zinco nas plantas. Entretanto, no solo sob uso anterior de pastagem, os modos de manejo da calagem não exerceram influência nas quantidades acumuladas desse nutriente pelo algodoeiro.

Na Figura 2, são apresentadas as médias de produções de matéria seca da parte aérea e de raiz, como subsídio à discussão dos efeitos principais dos modos de manejo da calagem sobre esses atributos de planta. A menor produção de MSPA foi verificada no tratamento onde não houve correção da acidez (SC). A incorporação de corretivo no solo propiciou as maiores produções de MSPA e o uso de carbonato em superfície limita o crescimento do algodoeiro, superando em produção de matéria seca apenas a testemunha. O maior crescimento de raízes foi observado no solo onde o corretivo foi incorporado na camada de 0-20 cm. À exceção da MSR produzida na camada de solo 10-

20 cm, a produção de matéria seca de raiz seca em função da calagem segue a seguinte ordem: MSR-C20>MSRC10>MSR-CS>MSR-SC.

Houve uma maior produção de biomassa da parte aérea do algodoeiro em função da calagem, sendo as maiores produções de matéria seca observadas nas áreas onde o corretivo de acidez foi incorporado ao solo (Tabela 3). Assim, comparando os tipos de manejo da calagem, o uso de carbonato na superfície, em áreas cultivadas anteriormente com eucalipto, pastagem e pinus, afetou o crescimento do algodoeiro, restringindo a produção de matéria seca da parte aérea. Estes resultados estão de acordo aos obtidos por Rosolem et al. (2003), que verificaram que a produção máxima de matéria seca da parte aérea foi obtida quando o corretivo foi incorporado, não havendo resposta do algodoeiro à calagem superficial. Uma das explicações para o pouco crescimento do algodoeiro em área com calagem superficial poderia estar ligada ao aumento excessivo do pH, que atingiu valores acima dos normalmente recomendados para a cultura, principalmente na camada de solo de 0 a 5 cm (Tabela 2). Segundo Rosolem et al. (1998), o menor crescimento do algodoeiro em solos com valores altos de saturação por bases pode estar relacionado a menor disponibilidade de Zn no solo. Nas camadas de solo mais profundas, apesar de ter ocorrido uma elevação de pH, principalmente para o solo sob cobertura anterior de mata, esse acréscimo foi pequeno, insuficiente, portanto, para atingir o grau de acidez em solo necessário para o pleno crescimento do algodoeiro.

Foi verificada uma maior concentração de raízes do algodoeiro na camada de solo de 0-5 cm, independentemente do sistema de manejo da calagem e da cobertura vegetal analisados (Tabela 3). A não correção da acidez do solo limitou o crescimento do sistema radicular do algodoeiro, à exceção do solo sob cobertura anterior de pastagem, possivelmente em consequência da correção da acidez realizada nesse solo antes da implantação do experimento. Nessa camada superficial de solo, em geral, houve uma maior proliferação de raízes, quando o calcário foi incorporado à camada de 0-20 cm. O padrão de crescimento de raízes na camada de solo 5-10 cm é similar ao observado na camada de 0-5 cm, exceto para o solo cultivado anteriormente com pastagem, onde o manejo da calagem promoveu uma redução no sistema radicular. Entretanto, na camada de 10-20 cm, em alguns manejos da calagem, a MSR da área de pastagem foi igual à verificada nas áreas de mata e de pinus. Nessa mesma camada de solo, a aplicação do corretivo em superfície não se mostrou limitante à proliferação de raízes apenas na área de pinus.

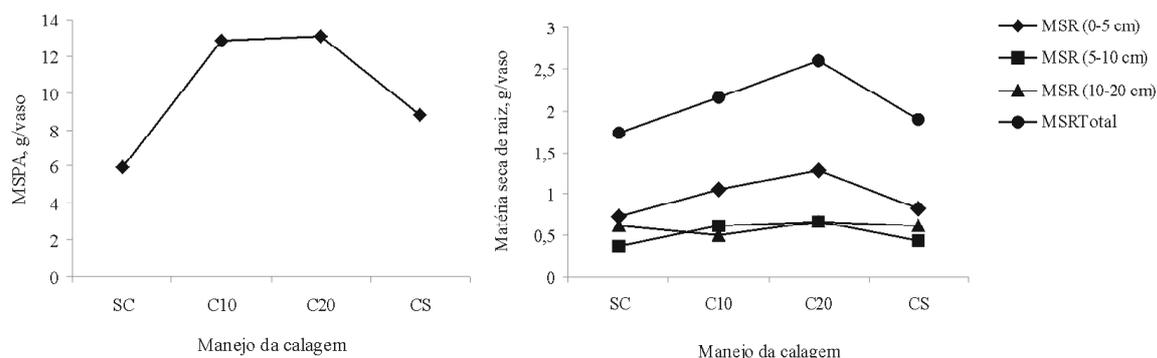


Figura 2 – Efeito principal do manejo da calagem sobre a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR) do algodoeiro, considerando-se, em cada ponto, a média do atributo, para as quatro coberturas vegetais anteriores do Latossolo, dentro de cada modo de manejo da calagem. MSR (matéria seca de raiz); SC, sem calagem; C10, calagem na camada de solo de 0-10 cm; C20, calagem na camada de solo de 0-20 cm; CS, calagem em superfície do solo.

Tabela 3 – Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR) do algodoeiro sob influência de combinações de práticas de manejo da calagem com coberturas vegetais anteriores de Latossolo Vermelho distroférico, após 45 dias de cultivo.

Cobertura vegetal	Manejo da calagem			
	SC	C10	C20	CS
-----g vaso ⁻¹ -----				
MSPA				
Eucalipto	3,0 B b	8,6 A b	10,9 A b	4,8 B b
Mata	2,0 B b	8,9 A b	10,3 A b	6,9 A b
Pastagem	14,8 C a	22,6 A a	19,4 AB a	16,8 BC a
Pinus	3,9 B b	11,4 A b	11,9 A b	6,7 B b
MSR (camada de solo de 0 a 5 cm)				
Eucalipto	0,20 C c	0,60 B c	0,80 A c	0,30 C d
Mata	0,40 C b	1,10 B b	1,30 A b	0,90 B b
Pastagem	2,00 A a	1,50 BC a	1,60 B a	1,40 C a
Pinus	0,30 D bc	1,00 B b	1,40 A b	0,72 C c
MSR (camada de solo de 5 a 10 cm)				
Eucalipto	0,08 C c	0,27 AB b	0,41 A c	0,13 BC c
Mata	0,36 BC b	0,40 B b	0,66 A b	0,24 C bc
Pastagem	0,90 C a	1,44 A a	1,23 B a	1,04 C a
Pinus	0,15 B c	0,37 A b	0,38 A c	0,37 A b
MSR (camada de solo de 10 a 20 cm)				
Eucalipto	0,17 B b	0,07 B b	0,68 A b	0,13 B c
Mata	1,00 A a	0,70 B a	0,99 A a	0,87 AB a
Pastagem	1,07 A a	0,69 B a	0,51 B b	1,04 A a
Pinus	0,23 B b	0,55 A a	0,50 A b	0,43 A b
MSRtotal (camada de solo de 0 a 20 cm)				
Eucalipto	0,45 C c	0,92 B c	1,89 A c	0,59 BC d
Mata	1,76 C b	2,17 B b	2,94 A b	2,02 BC b
Pastagem	4,04 A a	3,66 B a	3,32 B a	3,45 B a
Pinus	0,68 C c	1,92 A b	2,23 A c	1,52 B c

Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, em cada atributo e profundidade de solo analisados, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05). SC, sem calagem; C10, calagem na camada de solo de 0-10 cm; C20, calagem na camada de solo de 0-20 cm; CS, calagem em superfície do solo.

Analisando a produção total de raízes (MSRtotal) na camada de solo de 0-20 cm, é possível observar que a correção da acidez do solo otimizou a produção de matéria seca, sendo o tratamento C20 o que mais estimulou o desenvolvimento do sistema radicular nas áreas de eucalipto e mata. Na área de pinus, a incorporação do calcário na camada de 0-10 cm propiciou resposta de crescimento de raiz similar à observada para o tratamento C20. Esses resultados se explicam pelo fato de as raízes de algodoeiro serem sensíveis à acidez, notadamente no que diz respeito à baixa disponibilidade de cálcio e a toxidez provocada pelo alumínio. Um maior desenvolvimento radicular de algodoeiro também foi observado por Silva et al. (1987) em um ensaio de calagem e adubação com superfosfato simples, onde foi verificada maior lixiviação de bases no perfil, aumento do pH em profundidade e maior aproveitamento de água e nutrientes pelas plantas.

Os manejos realizados nos solos sob cobertura de eucalipto, mata e pinus são comparáveis às opções de correção da acidez em solo recém-desbravados para incorporação ao cultivo agrícola; o solo sob pastagem, por sua vez, se compara àqueles já corrigidos e cultivados, onde é necessário que se faça uma nova correção da acidez. Os dados indicam que, nos solos florestais, é necessária a correção total da acidez da camada arável, antes de sua incorporação ao sistema agrícola, especialmente, sob plantio direto; em solos já cultivados, por outro lado, a re-calagem pode ser feita em superfície, com pouca ou nenhuma perda para a cultura, quando comparado à incorporação do corretivo na profundidade de 20 cm (FERREIRA & CARVALHO, 2005). Por outro lado, há necessidade de mais de um ciclo produtivo para que o solo recém- incorporado ao

processo agrícola tenha seu potencial produtivo semelhante ao alcançado em solos já cultivados. Possivelmente, a maior absorção de fósforo e de outros nutrientes e sua distribuição homogênea na massa de solo expliquem a diferença nas produções máximas de matéria seca alcançadas.

Na Tabela 4, são apresentados os coeficientes de correlação entre os teores de cálcio e alumínio trocáveis em solo, em função dos diferentes manejos da calagem, com as produções de matéria seca de raiz e parte aérea, ou de ambas, obtidas em amostras de solo sob diferentes coberturas vegetais anteriores. O crescimento do algodoeiro mostrou-se positivamente regulado pelos teores de cálcio, uma vez que o acréscimo nos níveis desse nutriente em solo implica em maior produção de matéria seca, tanto de raiz quanto da parte aérea, exceto para a área de pastagem, onde a correlação com a matéria seca da raiz foi inversa. Por outro lado, o aumento na disponibilidade de Al tóxico em solo restringe fortemente o crescimento do algodoeiro. É sabido que o Al é um forte inibidor do sistema radicular, uma vez que, na presença desse cátion, as raízes se tornam grossas, curtas e poucas ramificadas e isso restringe a absorção de água e de nutrientes, o que resulta em pouco crescimento do algodoeiro (BISSANI et al., 2004; SILVA et al., 1998). O algodoeiro é uma das espécies mais sensíveis à deficiência de cálcio, sendo a produção de raízes reduzida quando a porcentagem de cálcio trocável é inferior a 17%, contudo, para que haja crescimento pleno da espécie, é preciso que, além do aumento da disponibilidade de cálcio no solo, o alumínio tóxico seja neutralizado e o pH aumentado, e isso só ocorre quando o nível de saturação por bases se encontra na faixa de 50-60% (ROSOLEM et al., 2000).

Tabela 4 – Coeficientes de correlação entre os teores médios de Ca^{2+} e de Al^{3+} em solo (0-20 cm) com a produções de matéria seca de raiz na camada de solo de 0-20 cm (MSRtotal), da parte aérea (MSPA) e total (MStotal, raiz + parte aérea), obtidas em amostras de solo sob diferentes coberturas vegetais anteriores.

Cobertura vegetal	Cálcio trocável			Alumínio trocável		
	MSR	MSPA	MStotal	MSR	MSPA	MStotal
Eucalipto	+0,79*	+0,92*	+0,90*	-0,79*	-0,95*	-0,94*
Mata	+0,69*	+0,97*	+0,95*	-0,85*	-0,97*	-0,97*
Pastagem	-0,67*	+0,92*	+0,88*	+0,49	-0,90*	-0,86*
Pinus	+0,97*	+0,99*	+0,99*	-0,98*	-0,99*	-0,99*

* Significativo pelo teste de t ao nível de 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

O algodoeiro acumulou mais N nas áreas onde a acidez do solo foi corrigida, principalmente nas condições de incorporação de carbonato em solos das áreas de mata e pinus. Em geral, a calagem propiciou maior acúmulo de P, K, Ca, Mg, B e Fe pelo algodoeiro.

A correção da acidez causou um maior crescimento de raízes do algodoeiro na camada de solo de 0-5 cm, independentemente do sistema de manejo da calagem, nas coberturas de eucalipto, mata e pinus.

A calagem aumentou a biomassa da parte aérea do algodoeiro, sendo as maiores produções observadas nas áreas onde o corretivo de acidez foi incorporado ao solo.

Na incorporação de solos ácidos (eucalipto, mata e pinus) ao cultivo do algodoeiro, a correção de toda camada arável permite o alcance das maiores produções de matéria seca; na re-correção da acidez de solos já cultivados (pastagem), a aplicação do calcário em superfície propicia a produção de matéria seca similar à obtida com incorporação do corretivo na camada arável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREOTTI, M.; SOUZA, E. C. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; RODRIGUES, J. B.; BULL, L. T. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho em razão da saturação de bases e da adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 2437-2446, 2000.
- BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. A. O. **Fertilidade do solo e manejo da adubação das culturas**. Porto Alegre: Gênese, 2004. 328 p.
- CAIRES, E. F.; GARBUIU, F. J.; ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 87-98, 2006.
- CARVALHO, M. da C. S.; BERNADI, C. de C.; FERREIRA, G. B. O potássio na cultura do algodoeiro. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2005. p. 343-403.
- FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. da C. S. **Adubação do algodoeiro no cerrado**: resultados de pesquisa em Goiás e Bahia. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 71 p. (Documentos, 138).
- OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 38, p. 47-57, 1996.
- PÁDUA, T. R. P.; SILVA, C. A.; MELO, L. C. A. Calagem em latossolo sob influência de coberturas vegetais: neutralização da acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 869-878, 2006.
- PÖTTKER, D. Correção da acidez do solo em lavouras sob plantio direto. In: KAMINSKI, J. (Ed.). **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul, 2000. p. 77-93.
- RAIJ, B. van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação, 1996. 285 p.
- RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, E. J. S.; KAMINSKI, J.; XAVIER, F. M. Aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto consolidado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, p. 263-268, 2000.
- RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E.; COSTA, U. F. Calcium deficiency in clayey B horizons of Savannah Oxisols. **Soil Science**, Baltimore, v. 133, p. 378-382, 1982.
- ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S.; OLIVIEIRA, R. H. Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 301-309, 2003.
- ROSOLEM, C. A.; GIOMMO, G. S.; LAURENTI, R. L. B. Crescimento radicular e nutrição de cultivares de algodoeiro em resposta à calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 827-833, 2000.
- ROSOLEM, C. A.; SCHIOCHET, M. A.; SOUSA, L. S.; WITACKER, J. P. T. Root growth and cotton nutrition as affected by liming and soil compaction. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 29, p. 166-177, 1998.
- SILVA, A. A.; VALE, F. R.; FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; MUNIZ, J. A. Efeitos de relações CaSO₄/CaCO₃ na mobilidade de nutrientes no solo e no crescimento do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 451-457, 1998.

SILVA, C. A.; VALE, F. R.; GUILHERME, L. R. G. Efeito da calagem na mineralização do nitrogênio em solos de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 18, p. 471-476, 1994.

SILVA, F. C. da (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

SILVA, N. M. da. Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. dos

(Eds.). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1999. p. 57-92.

SILVA, N. M.; CARVALHO, L. H.; HIROCE, R.; QUAGGIO, J. A. A calagem na reação do algodoeiro à adubação com superfosfato simples. **Bragantia**, Piracicaba, v. 46, p. 381-396, 1987.

SILVA, N. M.; RAIJ, B. van; CARVALHO, L. H.; BATAGLIA, O. C.; KONDO, J. I. Efeitos do calcário e do gesso nas características químicas do solo e na cultura do algodão. **Bragantia**, Piracicaba, v. 56, p. 389-401, 1997.