

A CALAGEM NA REAÇÃO DO ALGODOEIRO À ADUBAÇÃO COM SUPERFOSFATO SIMPLES (1)

NELSON MACHADO DA SILVA (2), LUIZ HENRIQUE CARVALHO (2, 4),
RUTER HIROCE (3) e JOSÉ ANTONIO QUAGGIO (3, 4)

RESUMO

Após o quarto ano de condução de um ensaio permanente de calagem e de adubação mineral com o algodoeiro, iniciado em 1974 em um latossolo roxo ácido, argiloso (66%) e rico em matéria orgânica (4,1%), no município de Guafrá, SP, reaplicou-se o calcário. Utilizaram-se as mesmas doses da primeira fase (1,5, 3,0 e 6,0 t/ha), exceto nas parcelas testemunhas, onde se fez uma calagem mínima com 1,5 t/ha. A adubação mineral teve continuidade com aplicações anuais de 60 kg/ha de N (sulfato de amônio) e P x K, em esquema fatorial, nas doses de 0, 60 e 120 kg/ha de P_2O_5 (superfosfato simples) e 40 e 80 kg/ha de K_2O (cloreto de potássio). Por falta de resposta significativa do algodoeiro a potássio, não se considerou o efeito do referido nutriente. No tratamento com a dose máxima de calcário, foi possível estabilizar o pH em H_2O na camada arável do solo, ao redor de 6,0 e, em função da lixiviação de bases (Ca + Mg), na faixa de 5,5 na camada subsuperficial, que representariam condições adequadas para o desenvolvimento da cultura em apreço. O índice pH, os valores de Ca e de Mg da análise de terra e a produtividade das plantas cresceram significativamente com a reaplicação do calcário. A resposta do algodoeiro à aplicação acumulada de superfosfato simples diminuiu com a correção da acidez do solo,

(1) Trabalho apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, realizado em Curitiba (PR), de 17 a 27 de julho de 1983. Recebido para publicação em 27 de janeiro de 1987.

(2) Seção de Algodão, Instituto Agrônomo (IAC), Caixa Postal 28, 13001 Campinas (SP).

(3) Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, IAC.

(4) Bolsista do CNPq.

configurando típica interação negativa entre a adubação fosfatada e a calagem. O método da resina trocadora de ânions mostrou-se mais adequado na extração do fósforo do solo do que o do ácido sulfúrico diluído, tendo em vista não só a boa repetitividade dos resultados analíticos observada durante os quatro anos de estudos como também a estreita correlação obtida entre os teores de P-resina e os valores do índice pH da análise de terra. Decréscimos significativos na concentração de macronutrientes e de micronutrientes do limbo foliar do algodoeiro, devidos à calagem e à adubação fosfatada, confirmam a necessidade de se prevenir contra prováveis problemas que possam ocorrer, representados especialmente por deficiências de K e B, na correção de solos ácidos e de baixa fertilidade.

Termos de indexação: calcário dolomítico; superfosfato simples; calagem e fósforo, correlação; lixiviação de bases e análise foliar.

1. INTRODUÇÃO

A correção de solos ácidos para faixa de pH entre 6,0 e 7,0 tem sido comumente aceita como um importante fator para aumentar a disponibilidade de fósforo às plantas (TISDALE & NELSON, 1975, e MENGEL & KIRKBY, 1978). No caso do algodoeiro, observou-se que ele pode tornar-se menos exigente à adubação fosfatada após a devida correção do solo (MIKKELSEN et al., 1963) ou, ainda, que a eficiência dessa adubação pode dobrar em faixa adequada de pH (JONES & BARDSLEY, 1968). Na cultura de soja, VIDOR & FREIRE (1972) demonstraram a possibilidade de substituição de altas adubações fosfatadas por adequadas calagens. Em acréscimo a esse inter-relacionamento, QUAGGIO et al. (1982) sugerem que a correção de camadas subsuperficiais do perfil do solo, através da calagem, possa proporcionar condições para maior aprofundamento das raízes das plantas e à exploração de um volume maior de solo em termos de absorção de nutrientes.

Na primeira fase do estudo de um ensaio permanente de calagem e adubação mineral do algodoeiro, SILVA et al. (1980) destacaram o efeito da aplicação de corretivo sobre o comportamento do algodão em solo ácido e pobre em fósforo. A despeito da dose máxima de calcário (6 t/ha) ter sido calculada para elevar o pH do solo à faixa de 6,0-7,0, esse índice não chegou a ser alcançado, observação confirmada por RAIJ et al. (1983). Por essa razão, talvez, não se tenha obtido valor estatístico significativo para a interação calagem x adubação fosfatada, embora freqüentemente as plantas tenham reagido menos a fósforo na presença de calcário. Decidiu-se, então, pela reaplicação do calcário após o quarto ano agrícola, dando prosseguimento ao estudo da referida inter-relação. Neste trabalho apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos nos quatro anos subsequentes à segunda calagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

No ano agrícola de 1977/78, considerou-se encerrado o primeiro ciclo do estudo de efeitos da calagem e da adubação mineral sobre o algodoeiro cultivado em latossolo roxo, ácido, num ensaio permanente iniciado em 1974. Embora detalhes sobre material e métodos empregados se encontrem em trabalhos publicados por SILVA et al. (1980) e RAIJ et al. (1983), deve-se destacar que os tratamentos foram dispostos no campo experimental em parcelas subdivididas (calagem nas parcelas e fatorial P x K nas subparcelas), com quatro repetições.

Em junho de 1978, procedeu-se à nova calagem nas parcelas maiores, empregando-se as mesmas doses utilizadas anteriormente: 1,5, 3,0 e 6,0 t/ha de calcário dolomítico. Nas parcelas testemunhas, dessa vez, foi efetuada uma aplicação de 1,5 t/ha de calcário, visando dar condições mínimas de sobrevivência ao algodoeiro.

Como na primeira etapa, empregou-se calcário dolomítico cuja análise revelou os seguintes resultados:

CaO	25,9%
MgO	18,3%
Material retido na peneira 10	2,4%
Material retido na peneira 50	47,0%
Material que passou na peneira 50	50,3%
PRNT	63,0% CaCO ₃

Nas subparcelas, P e K continuaram a ser fornecidos anualmente, em esquema fatorial, nas mesmas doses – 0, 60 e 120 kg/ha de P₂O₅ e 40 e 80 kg/ha de K₂O – pela aplicação de superfosfato simples e cloreto de potássio no sulco de plantio. Manteve-se constante a adubação nitrogenada, na base anual de 10 kg/ha de N, cedidos no plantio, e 50 kg/ha no desbaste, em cobertura, na forma de sulfato de amônio. O experimento foi semeado com a variedade IAC 18.

Anualmente, coletaram-se amostras de solo por dose de calcário e por repetição, em duas e/ou três profundidades (0–20, 20–40 e 40–60 cm), para se observar a evolução da correção da acidez e a lixiviação de bases no solo, através do tempo. Durante a fase de intenso florescimento, aproximadamente aos 80 dias de idade das plantas, procedeu-se à coleta de limbos foliares para análise química, apenas no segundo e terceiro cultivos. A colheita de algodão em caroço, por sua vez, foi efetuada em duas etapas: antes da primeira, procedeu-se à amostragem casual de capulhos para estudos de laboratório, envolvendo sementes e fibra, cujos resultados deverão ser tema de outro trabalho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Resultados de análise de solo

Determinações de pH em água, efetuadas em amostras de terra colhidas periodicamente, a duas profundidades, desde seis meses antes da segunda aplicação de calcário, permitiram avaliar, de certa forma, os efeitos da calagem através do tempo de ação do corretivo. A figura 1 apresenta as variações observadas no índice pH médio e os resultados de análises conjuntas de dados correspondentes a cinco amostragens de solo colhidas no período.

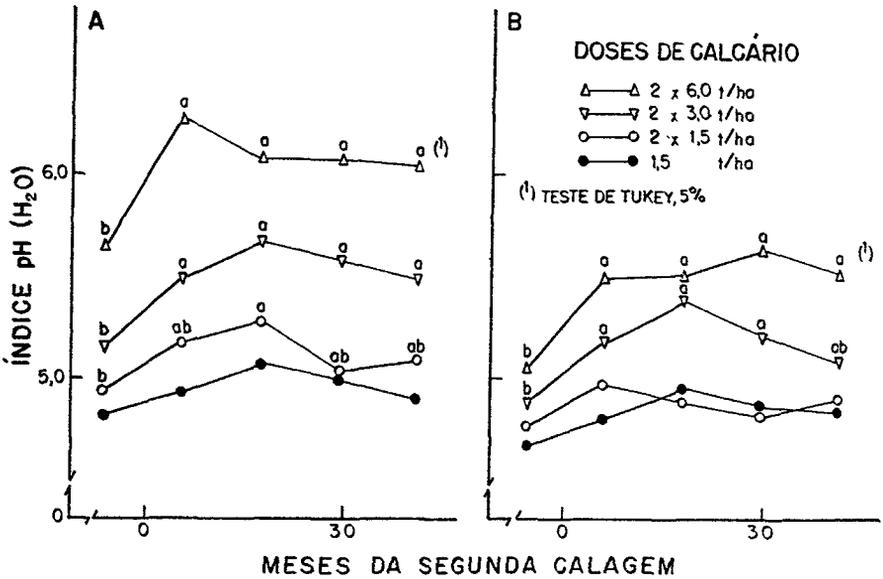


FIGURA 1. Variações nos valores médios de pH em H₂O do solo devidas à reaplicação de calcário, observadas através dos anos de condução do ensaio permanente de calagem com o algodoeiro: A: profundidade de 0–20 cm (CV = 2,6%); e B: profundidade de 20–40 cm (CV = 2,4%). Teste de Tukey a 5%.

Trabalhos anteriores (SILVA et al., 1980, e RAU et al., 1983) relatam que na camada superficial do solo, ao final da primeira fase do estudo, observaram-se os seguintes resultados analíticos, respectivamente, para as doses de 0, 1,5, 3,0 e 6,0 t/ha de calcário: 4,8, 4,9, 5,2 e 5,7 para o índice pH em H₂O, e 17, 26, 38 e 56% para a saturação por bases (V%). Tendo em vista as quantidades

utilizadas na segunda calagem e uma relação média entre pH e V%, de $\text{pH} = 4,5 + 0,025V$, conforme propõe RAUJ (1981), era esperado que o índice pH pudesse atingir, por nível de calagem, valores máximos de 5,2, 5,4, 6,0 e 7,0. Na figura 1-A, observa-se que nas parcelas anteriormente mais ácidas, com pH abaixo de 5,0 onde se usou dose de 1,5 t/ha de calcário, as correções esperadas (de 5,2 e 5,4, para pH) foram praticamente alcançadas na segunda amostragem, com valores respectivos de 5,1 e 5,3. Entretanto, nas parcelas menos ácidas, com pH igual ou acima de 5,2, os valores máximos obtidos (5,7 e 6,3) estiveram abaixo dos níveis esperados (6,0 e 7,0). Provavelmente a explicação para esse fato esteja na redução da solubilidade do CaCO_3 e MgCO_3 em faixas de pH mais alto, associada à granulometria do calcário empregado. Isso explicaria, também, a maior estabilidade do pH nas doses máximas ao longo dos anos. Com efeito, somente nas doses mais elevadas a reaplicação do calcário proporcionou, através do tempo, elevações estatisticamente significativas do pH, tanto na camada arável do solo (Fig. 1-A) como na subsuperficial (Fig. 1-B). Ademais, nas parcelas que receberam dose máxima (2 x 6,0 t/ha de calcário), o pH da camada superficial permaneceu, durante todo o tempo, na faixa de 6,0, e ao redor de 5,5 na profundidade de 20–40 cm, condições comumente consideradas adequadas para bom desenvolvimento do sistema radicular do algodoeiro, conforme ADAMS (1968) e ADAMS et al. (1967).

As alterações nos valores de Ca e de Mg no perfil do solo foram acompanhadas por análises de amostras colhidas inicialmente até à profundidade de 20–40 cm e, a partir do segundo ano agrícola (1979/80), até à de 40–60 cm. Na figura 2 acham-se os resultados de quatro diferentes períodos do estudo.

Antes da reaplicação do calcário (Fig. 2-A), o efeito residual da primeira calagem sobre os teores das referidas bases, na camada arável do solo, ainda era bem visível. Já análises efetuadas sete meses após a segunda aplicação destacaram, também, o efeito da calagem na profundidade de 20–40 cm, conforme valores respectivos de Ca + Mg (Fig. 2-B).

Somente a partir do segundo ano (1979, ou seja, dezenove meses após a segunda aplicação de calcário, coletaram-se amostras de terra até à faixa de 40–60 cm, constatando-se aumento sensível nos teores de bases, até a referida profundidade, em especial devido à maior dose de corretivo (Fig. 2-C). Essas diferenças praticamente persistiram até o quarto ano agrícola, 1981/82 (Fig. 2-D).

A lixiviação de bases através do perfil e a melhoria do pH em profundidade devem ter possibilitado um desenvolvimento maior do sistema radicular, segundo ADAMS (1968), ADAMS et al. (1967) e QUAGGIO et al. (1982). Em consequência, mais intenso aproveitamento de água e de nutrientes na faixa subsuperficial do solo acabou concorrendo para aumento da produtividade das plantas, como se verá.

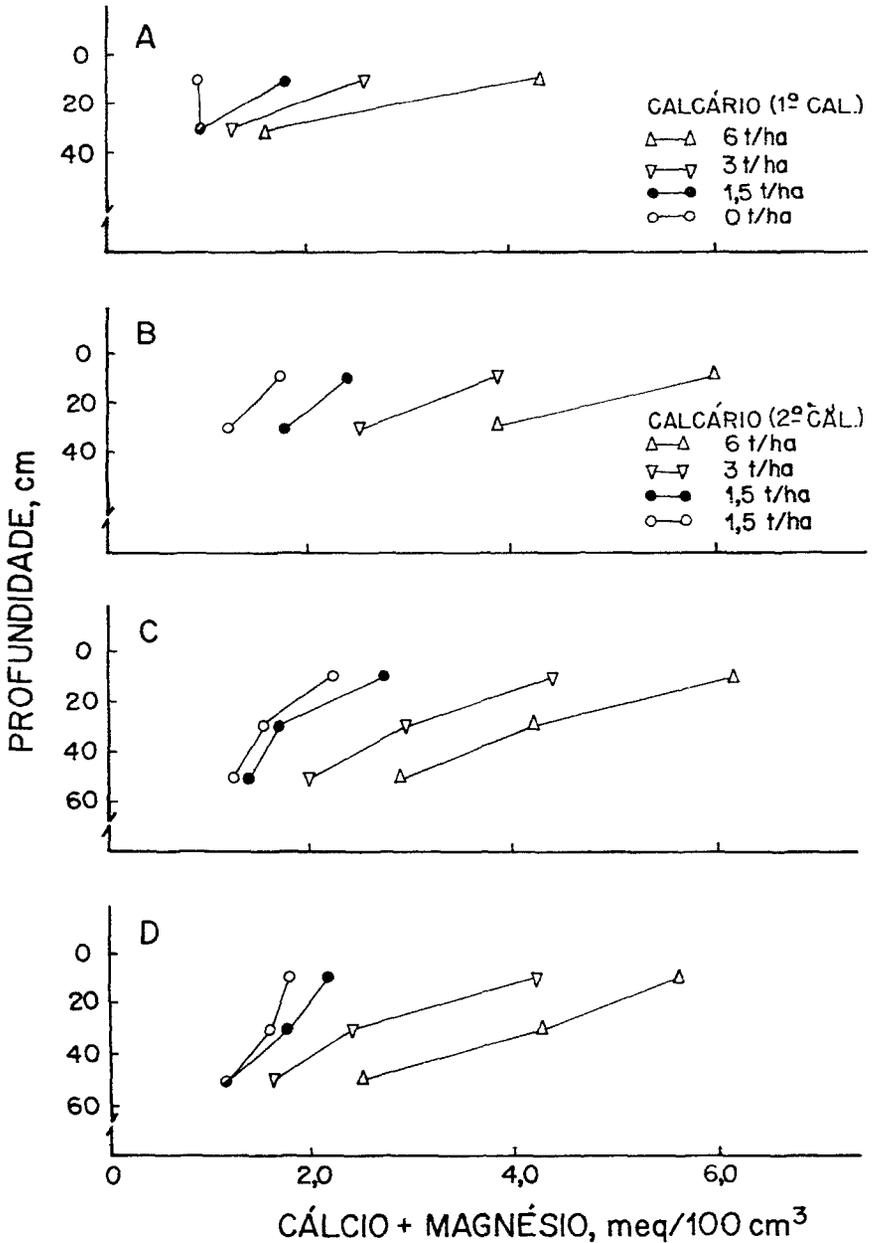


FIGURA 2. Lixiviação de cálcio mais magnésio no perfil do solo, em várias épocas de amostragem, em função da calagem: A: 1978, antes da 2ª calagem; B: 1979, 7 meses após a 2ª calagem; C: 1980, 19 meses após a 2ª calagem; D: 1982, 43 meses após a 2ª calagem.

Um terceiro elemento relacionado com o problema de acidez do solo, que se deve considerar, é o alumínio trocável. Análises do período anterior (SILVA et al., 1980, e RAIJ et al., 1983) indicam baixo valor original na camada superficial, cerca de 1,0 meq de Al, e menor ainda nas camadas inferiores; indicam, também, que a menor dose de calcário empregada na primeira correção (1,5 t/ha) praticamente eliminou o Al tóxico. No quadro 1, acham-se os resultados obtidos após a reaplicação do corretivo, no primeiro, segundo e último ano do estudo.

Em linhas gerais, o panorama é semelhante ao da primeira fase. Na camada arável, o Al trocável mostrou-se inferior a 1,0 meq, mesmo no tratamento considerado testemunha, enquanto o efeito da calagem foi altamente significativo, eliminando por completo, e de forma persistente, o citado elemento nos níveis mais altos de correção. Entretanto, dose baixa de calcário (1,5 t/ha), aplicada em condição mais ácida, pouco alterou o valor do Al através dos anos, mesmo na camada arável. O valor médio de Al caiu nas camadas subsuperficiais do solo, mesmo nas parcelas testemunhas, o que deve representar uma característica natural do latossolo roxo em estudo.

O fósforo, por sua vez, foi extraído do solo pelo método do H_2SO_4 0,05N, descrito por RAIJ & ZULLO (1977) e, também, pela resina trocadora de ânions, de acordo com RAIJ et al. (1984), com 16 horas de tempo de extração. Alguns aspectos na análise comparativa dos dados obtidos – Quadro 2 – são a seguir considerados.

QUADRO 1. Efeitos da reaplicação de doses crescentes de calcário nos valores de Al trocável de amostras de solo extraídas em diversas camadas do perfil durante o período de permanência do ensaio de calagem, em Guafrá, SP

Calcário aplicado (1)	Al trocável, em análises anuais								
	1978/79			1979/80			1981/82		
	0-20 (2)	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
t/ha	meq/100cm ³								
0 + 1,5	0,9a (3)	0,7a	-	0,9a	0,8a	0,5a	0,9a	0,7a	0,4a
1,5 + 1,5	0,5ab	0,7a	-	0,5b	0,7a	0,5ab	0,6a	0,6a	0,4a
3,0 + 3,0	0,0b	0,2b	-	0,1c	0,3b	0,3bc	0,1b	0,3b	0,3a
6,0 + 6,0	0,0b	0,0b	-	0,0c	0,1b	0,2c	0,0b	0,0c	0,0b

(1) Primeira calagem: 1974; segunda: 1978.

(2) Profundidade de amostragem do solo, em centímetro.

(3) Teste de Tukey a 5%, sendo as médias comparáveis no sentido vertical, dentro de ano agrícola; espaços em branco representam falta de amostragem.

QUADRO 2. Valores médios de P no solo, por nível de calcário e por ano agrícola, obtidos no ensaio permanente com o algodoeiro, em Guafrá, SP

Calcário aplicado (1)	P no solo, em análises anuais									
	1978/79		1979/80		1980/81		1981/82		Médias	
	(a) (2)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
t/ha	$\mu\text{g}/\text{cm}^3$									
0 + 1,5	5,5	18,8c (3)	5,3	19,0b	7,5	20,3b	8,5	20,0	6,7	19,5c
1,5 + 1,5	5,3	20,8b	5,5	20,8b	7,3	20,8b	6,8	21,2	6,2	21,0b
3,0 + 3,0	4,3	21,3b	4,8	21,5b	6,8	22,3ab	6,5	23,8	5,6	22,2b
6,0 + 6,0	5,3	26,0a	5,0	26,8a	7,0	27,0a	7,0	27,0	6,1	26,7a
Médias	5,1B (3)	21,7	5,1B	22,0	7,1A	22,6	7,2A	23,3	6,1	22,3
CV%	30,9	4,9	12,6	10,1	15,7	10,6	18,6	14,9	19,8	10,9

(1) Primeira calagem: 1974; segunda: 1978.

(2) Fósforo extraído do solo pelo método do H_2SO_4 0,05N (a) e pela resina trocadora de ânions, com 16 horas de exposição (b).

(3) Teste de Tukey a 5%: letras minúsculas diferentes discriminam médias entre níveis de calcário (sentido vertical) e, letras maiúsculas, médias entre amostragens (sentido horizontal).

O teor de fósforo extraído pela resina mostrou-se acentuadamente mais elevado, superando em cerca de quatro vezes aquele retirado pelo ácido sulfúrico diluído. O P-resina nas análises das parcelas com dose máxima de calcário sempre foi superior aos demais tratamentos. Na análise conjunta dos quatro anos, notou-se nítida tendência para crescimento do P-resina com o uso de calcário, além de boa repetitividade dos resultados analíticos.

Já o teor de fósforo extraído pelo ácido sulfúrico diluído não se relacionou de forma alguma com a calagem empregada, tendo demonstrado precária repetitividade de resultados através dos anos: as últimas análises efetuadas acusaram valores de P estatisticamente mais elevados do que os anteriores, a despeito de terem as amostras de solo sido coletadas sempre fora da faixa de adubação mineral.

3.2. Resultados de produção

As produções médias de algodão em caroço, observadas por nível de calcário e de adubação com superfosfato simples, são apresentadas no quadro 3, assim como os resultados de análises de variâncias obtidos por ano agrícola. Por falta de resposta significativa, não se consideraram os dados referentes à adubação potássica.

QUADRO 3. Resultados médios de produção de algodão em caroço (kg/ha), obtidos por nível de calagem e de adubação com superfosfato simples e dados de análises estatísticas na segunda fase do ensaio permanente de Guafrá, SP

Calcário aplicado (1)	Superfosfato simples (kg/ha/ano)			Médias
	0	300	600	
t/ha				
		1978/79		
0 + 1,5	496b (2)	1.006ab	1.181a	895D
1,5 + 1,5	1.000b	1.243ab	1.618a	1.287C
3,0 + 3,0	1.785b	2.329a	2.561a	2.216B
6,0 + 6,0	2.481a	2.629a	2.816a	2.642A
Média	1.434b	1.802a	2.044a	1.760
CV = 24,8%				
		1979/80		
0 + 1,5	454b	1.116a	1.294a	955D
1,5 + 1,5	1.243b	1.596ab	1.859a	1.566C
3,0 + 3,0	1.869b	2.549a	2.494a	2.304B
6,0 + 6,0	2.820a	3.180a	2.974a	2.991A
Média	1.596b	2.110a	2.155a	1.954
CV = 20,4%				
		1980/81		
0 + 1,5	359b	1.105a	1.434a	966D
1,5 + 1,5	945b	1.464a	1.695a	1.368C
3,0 + 3,0	1.504b	2.023a	2.434a	1.987B
6,0 + 6,0	2.170b	2.664a	2.426ab	2.420A
Média	1.244b	1.814a	1.997a	1.685
CV = 19,9%				
		1981/82		
0 + 1,5	234c	978b	1.334a	848C
1,5 + 1,5	625b	1.299a	1.603a	1.175C
3,0 + 3,0	1.140b	1.796a	2.036a	1.658B
6,0 + 6,0	1.811b	2.104ab	2.235a	2.050A
Média	953b	1.544a	1.802a	1.433
CV = 9,2%				

(1) Primeira calagem: 1974; segunda: 1978.

(2) Letras não comuns simbolizam classes estatísticas diferentes, pelo teste de Tukey a 5%. As médias gerais para superfosfato simples, ou suas médias dentro de níveis de calcário, são comparáveis no sentido horizontal por meio de letras minúsculas; as médias gerais para calcário, no sentido vertical, por letras maiúsculas.

Como se pode notar, o efeito da reaplicação do calcário sobre a produção de algodão foi de natureza linear durante todo o período de estudo, embora no quarto ano (1981/82), as duas menores doses, que sempre proporcionaram as mais baixas produtividades, não tenham diferido estatisticamente entre si. Pela figura 1, pode-se observar que as correções do índice pH proporcionadas pelas referidas doses também foram insuficientes, enquanto foram significativas para as doses maiores, à semelhança do que ocorreu com a produtividade do algodoeiro.

Ainda no quadro 3, nota-se que o efeito do acúmulo anual de superfosfato simples foi de natureza quadrática, uma vez que a dose máxima proporcionou, na maioria dos anos, apenas pequenos acréscimos de produtividade em relação à dose básica. Embora a testemunha sem superfosfato tenha quase sempre diferido estatisticamente dos tratamentos adubados, o algodoeiro reagiu pouco à aplicação do adubo no nível máximo de calagem, em especial nos dois primeiros cultivos. A análise conjunta dos quatro anos – Figura 3 – revela que, enquanto o acúmulo de superfosfato chega a triplicar a produção de algodão em solo ácido (nível 0 + 1,5t/ha de calcário), pode-se obter alto nível de produtividade das plantas em condições de adequada correção da acidez (nível 6 + 6t/ha), com pouco ou mesmo sem uso do adubo.

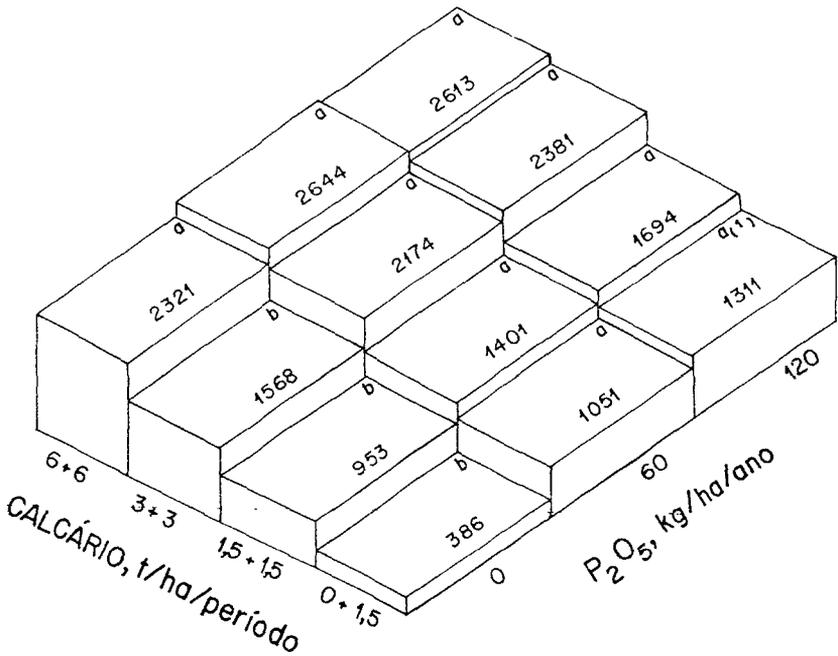


FIGURA 3. Influência da interação entre calagem e adubação com superfosfato simples sobre a produtividade do algodoeiro, observada na média de quatro cultivos sucessivos, no ensaio permanente de Guafrá, SP. (1) Teste de Tukey a 5% (Δ = 350 kg/ha).

Relações de substituição semelhantes foram detectadas por MIKKELSEN et al. (1963), trabalhando com algodão, e por VIDOR & FREIRE (1972), com soja. QUAGGIO et al. (1982), por sua vez, consideram que, além do acesso a mais fósforo solúvel, as plantas em solo corrigido podem explorar maior volume de solo. Embora no presente trabalho não se tenha acompanhado o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, um estudo de correlação entre o teor de P e o índice pH, efetuado com dados médios de análises de terra, considerando ano como repetição, vem reforçar o primeiro aspecto, qual seja, o de maior solubilidade do fósforo no solo corrigido. A figura 4 mostra que o teor de P-resina, na média dos quatro anos de estudo, cresceu de forma linear e significativa com o valor do pH em água ($r = 0,812^{**}$), independentemente da adubação, uma vez que as amostras foram colhidas fora das linhas de plantio. Considerando que tal relacionamento possa constituir eficiente controle prático na avaliação do fósforo disponível às plantas, conforme propõem FUZZATTO & CAVALERI (1966), o método da resina mostra-se, nesse aspecto, superior ao do ácido sulfúrico diluído ($r = -0,399ns$), pelo menos no latossolo roxo rico em sesquióxidos e em matéria orgânica do presente trabalho.

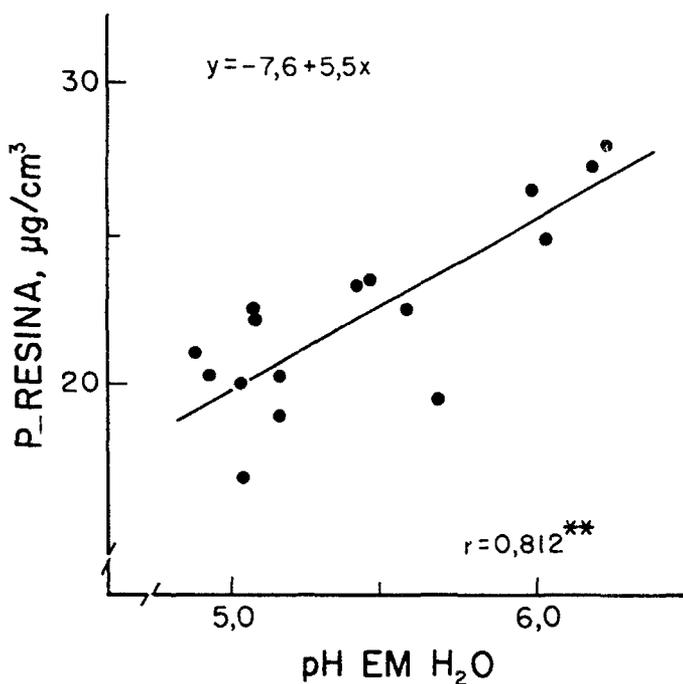


FIGURA 4. Relação entre P extraído pela resina trocadora de ânions e pH em H₂O da análise química de amostras de solo colhidas durante os quatro anos sucessivos, no ensaio permanente de calagem com o algodoeiro, em Guafrá, SP.

3.3 Resultados de análise foliar

Em função do bom desenvolvimento das plantas obtido, inclusive no tratamento testemunha, foi possível coletar folhas para análise química em todas as parcelas nos cultivos de 1979/80 e 1980/81, ou seja, no segundo e no terceiro ano da reaplicação de calcário. Nos quadros 4 e 5, encontram-se os teores médios de macronutrientes e micronutrientes e os resultados de suas análises estatísticas.

O calcário dolomítico concorreu para aumentar sensivelmente as concentrações de Mg e Ca do limbo foliar, e para diminuir os teores de K, Fe e Mn, nos dois anos de estudo. Quanto à concentração de P, embora o calcário tenha proporcionado acréscimos superiores aos da própria adubação fosfatada, seu efeito só foi significativo no segundo ano agrícola (1979/80). Confirmam-se, em linhas gerais, resultados obtidos na primeira fase desse estudo (SILVA et al., 1980) e em trabalho recentemente concluído de calagem e de adubação potássica (SILVA et al., 1984).

QUADRO 4. Concentrações médias de macronutrientes e de micronutrientes nas quintas folhas coletadas no segundo ano de cultivo do algodoeiro após a reaplicação de calcário, e resultados de análises estatísticas respectivas, obtidas no ensaio de calagem em Guafra, SP

Tratamentos	Nutrientes									
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
Calcário t/ha/período	%					ppm				
0 + 1,5	3,65	0,266b	2,12a	2,02b	0,47c	225a	339a	6,7	27,8	41
1,5 + 1,5	3,68	0,276b	2,18a	1,91b	0,52c	133b	247b	6,4	28,1	37
3,0 + 3,0	3,63	0,290b	2,06b	2,11b	0,59b	119b	173c	6,5	28,9	33
6,0 + 6,0	3,68	0,324a	1,99b	2,62a	0,74a	124b	174c	6,8	30,0	37
d.m.s. (Δ , 5%)	0,25	0,028	0,08	0,28	0,07	72	55	0,9	5,0	15
CV%	8,1	10,7	12,6	14,4	14,7	53,3	26,3	15,7	19,1	40,6
Superfosfato simples kg/ha/ano										
0	3,62	0,271b	2,26a	2,06b	0,57	200a	230	6,9a	30,3a	41a
300	3,61	0,295a	2,03b	2,16ab	0,58	131b	241	6,6b	28,6ab	36b
600	3,74	0,301a	1,96b	2,28a	0,59	120b	228	6,4b	27,1b	34b
d.m.s. (Δ , 5%)	0,21	0,011	0,16	0,16	0,04	23	25	0,3	1,7	4
CV%	9,5	6,1	12,6	12,3	10,7	25,5	17,5	7,3	10,0	16,8

QUADRO 5. Concentrações médias de macronutrientes e de micronutrientes nas quintas folhas coletadas no terceiro ano de cultivo do algodoeiro após a reaplicação de calcário, e resultados de análises estatísticas respectivas, obtidas no ensaio de calagem em Guaíra, SP

Tratamentos	Nutrientes									
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
Calcário t/ha/período	%					ppm				
0 + 1,5	4,62	0,340	2,31a	2,41b	0,51c	589a	458a	8,1	27,4	28
1,5 + 1,5	4,69	0,367	2,32a	2,31b	0,54c	394ab	397a	8,1	29,1	28
3,0 + 3,0	4,33	0,357	2,13ab	2,36b	0,64b	369b	271b	7,6	28,5	30
6,0 + 6,0	4,33	0,360	1,90b	2,67a	0,79a	354b	314b	7,3	27,8	29
d.m.s. (Δ , 5%)	0,43	0,061	0,24	0,14	0,08	200	66	2,8	4,1	5
CV%	10,5	19,1	12,0	6,4	13,3	52,0	19,9	40,5	16,0	19,8
Superfosfato simples kg/ha/ano										
0	4,28b	0,355	2,35a	2,27b	0,57b	518a	343b	8,3a	29,5a	30
300	4,60a	0,351	2,15b	2,46a	0,63a	427ab	382a	7,6ab	28,3b	27
600	4,60a	0,362	1,99c	2,58a	0,66a	335b	369ab	7,4b	26,8c	29
d.m.s. (Δ , 5%)	0,25	0,024	0,13	0,14	0,04	179	35	0,8	1,2	3
CV%	9,4	11,4	10,0	9,7	11,7	70,0	15,8	17,8	6,8	14,6

A adubação com superfosfato simples, em geral, proporcionou aumento no teor de Ca e diminuição em K, Fe, Cu e Zn; em um ano ou outro, aumentou significativamente, também, as concentrações de P, Mg e Mn, e diminuiu as de B. Quanto aos macronutrientes, resultados similares foram obtidos em trabalhos anteriores, o que confirma a importância de se utilizar o superfosfato simples como fornecedor de P e Ca e estimulador da absorção de Mg, conforme trabalhos de SILVA et al. (1979, 1981). Quanto à análise de micronutrientes, nota-se um efeito geral depressivo da adubação, que, na primeira fase do estudo, limitou-se a Fe e Al (SILVA et al., 1984), mas que, com o acúmulo anual da adubação, estendeu-se a Zn, B, Cu e Mn. Aparentemente, esse efeito foi mais consistente do que o da própria calagem. Entretanto, sintomas iniciais de deficiência de K e B em plantas foram observados apenas em algumas parcelas bem adubadas com fósforo e calcariadas, coincidentemente no segundo e terceiro anos agrícolas, os de mais alta produtividade. Trabalhos anteriores, conduzidos em solos mais pobres em argila e matéria orgânica, já indicavam a necessidade de adequar as adubações potássica e boratada, quando da correção de terras ácidas para o algodoeiro (CARVALHO, 1980, e SILVA, 1983).

4. CONCLUSÕES

Do exposto, podem-se ressaltar os seguintes aspectos:

1) O latossolo roxo estudado, rico em argila (66%) e em matéria orgânica (4,1%) apresentou alta resistência em alterar o valor analítico de seu pH em função da calagem, quando o valor original era igual ou superior a 5,2.

2) Desde o primeiro ano agrícola, detectou-se lixiviação de Ca e de Mg do calcário para camadas subsuperficiais de solo, com conseqüente melhoria do pH em profundidade, proporcional à quantidade de corretivo utilizada.

3) A produtividade das plantas cresceu linearmente com a reaplicação de calcário, até a dose de 6 t/ha, e o efeito do acúmulo anual de superfosfato simples, até à dose de 120 kg/ha/ano, foi de natureza quadrática.

4) A resposta do algodoeiro à adubação fosfatada diminuiu com a quantidade de corretivo adotada, configurando a já conhecida interação negativa entre as duas práticas.

5) O método da resina trocadora de ânions mostrou-se mais adequado do que o do ácido sulfúrico diluído na extração do fósforo do solo, tendo em vista a boa repetitividade dos resultados analíticos durante os quatro anos de estudo e a estreita correlação que apresentou com o índice pH da análise de terra.

6) Decréscimos significativos na concentração de K, Fe, Mn, Cu, Zn e B no limbo foliar do algodoeiro, devidos à calagem e à adubação fosfatada, confirmam a necessidade de se atentar para uma possível deficiência dos citados elementos, especialmente de K e de B, quando se busca corrigir solos ácidos e pobres em nutrientes para essa cultura.

SUMMARY

EFFECT OF LIMING UPON COTTON RESPONSE TO ORDINARY SUPERPHOSPHATE

After four years of the first lime application in a permanent field experiment with cotton, the liming was reapplied with the same previous levels (1.5, 3.0 and 6.0 t/ha) of dolomitic limestone, except for the test treatments where the lowest dose was used. Annual fertilizations of 60 kg N/ha, 0, 60 and 120 kg P₂O₅/ha and 40 and 80 kg K₂O/ha, were carried out. The experiment was conducted in an acid, clayey soil, rich in organic matter: a Dusky-Red Latosol. The pH value at the superficial soil layer was kept around 6.0, with the reapplication of 6.0 t/ha of limestone, and near the value of 5.5, at 20-40 cm depth, due to leaching of alkaline cations. Cotton yields and values of pH and Ca + Mg from the soil analysis increased linearly with liming. However, the effect of ordinary superphosphate upon cotton yield, decreased

with liming, showing a negative correlation. The data of phosphorus extracted by anion-exchange resin method showed low variability and high correlation with the soil pH values, during the four years of study. For this reason, the ion-exchange resin method was considered more adequate than the 0.05N H₂SO₄ method. Appreciable decreases in leaf concentrations of some macronutrients and micronutrients were observed with the high application of limestone and superphosphate, as a rule to recover acid soils, and indicated the need of readjusting the cotton fertilization with regard to the levels of K and B, specially.

Index terms: dolomitic limestone; ordinary superphosphate; correlation between liming and phosphorus; leaching of basic cations; and leaf blades analyses.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, F. Response of cotton to lime in field experiments. Alabama, Agr. Exp. Sta., 1968. 23p. (Bull, 376)
- ; PEARSON, R.W. & DOSS, B.O. Relative effects of acid subsoil on cotton yields in field experiments and cotton roots in growth-chamber experiments. Agronomy Journal, **59**(5):453-456, 1967.
- CARVALHO, L.H. Efeitos da calagem e da adubação boratada sobre o algodoeiro (*G. hirsutum* L.) cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1980. 64f. Dissertação (Mestrado).
- FUZATTO, M.G. & CAVALERI, P.A. Correlação entre a resposta do algodoeiro à adubação fosfatada e a análise química do solo, nas condições do Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, **25**:407-420, 1966.
- JONES, U.S. & BARDSLEY, C.E. Phosphorus nutrition. In: ADVANCES in production and utilization of quality cotton: principles and practices. Ames, The Iowa State University Press, 1968. p.213-254.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. Bern, International Potash Institute, 1978. 593p.
- MIKKELSEN, D.S.; FREITAS, L.M.M. & McCLUNG, A.C. Efeitos da adubação mineral na produção de algodão, milho e soja em três solos de campo cerrado. São Paulo, IBEC Research Institute, 1963. 48p. (Boletim, 29)
- QUAGGIO, J.A.; MASCARENHAS, H.A.A. & BATAGLIA, O.C. Resposta da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em Latossolo roxo distrófico de cerrado. II. Efeito residual. Revista Brasileira de Ciência do Solo, **6**(2):111-124, 1982.
- RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato. São Paulo, Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.
- ; CAMARGO, A.P.; CANTARELLA, H. & SILVA, N.M. Alumínio trocável e saturação em bases como critérios para recomendação de calagem. Bragantia, Campinas, **42**:149-156, 1983.

- RAIJ, B. van; FEITOSA, C.T. & SILVA, N.M. Comparação de quatro extratores de fósforo de solos. *Bragantia*, Campinas, **43**:17-29, 1984.
- & ZULLO, M.A.T. Métodos de análise de solos para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agrônomo, 1977. 16p. (Circular, 63)
- SILVA, N.M. Acidez do solo e calagem para o algodoeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15., Campinas, 1982. Simpósio sobre acidez e calagem no Brasil, coord. por Bernardo van Raij, Ondino Cleante Bataglia e Nelson Machado da Silva. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p.259-276.
- ; CARVALHO, L.H.; HIROCE, R. & KONDO, J.I. Resposta do algodoeiro à aplicação de calcário e de cloreto de potássio. *Bragantia*, Campinas, **43**:643-658, 1984.
- ; FERRAZ, C.A.M.; RODRIGUES FILHO, F.S.O. & HIROCE, R. Emprego de calcário e de superfosfato simples na cultura do algodoeiro em solo argiloso ácido. *Bragantia*, Campinas, **39**:39-50, 1980.
- ; GRIDI-PAPP, I.L.; CIA, E.; CARVALHO, L.H. & HIROCE, R. Comportamento das variedades de algodoeiro IAC 13-1, IAC 16 e IAC 17 em ensaio permanente de adubação com superfosfato simples. *Bragantia*, Campinas, **38**:71-81, 1979.
- ; RODRIGUES FILHO, F.S.O. & HIROCE, R. Uso de misturas de adubos contendo ou não enxofre na adubação do cultivar IAC 16 de algodoeiro. *Bragantia*, Campinas, **40**:167-178, 1981.
- TISDALE, S.L. & NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers. 3.ed. New York, Collier MacMillan International Editions, 1975. 430p.
- VIDOR, C. & FREIRE, J.R.J. Relação de substituição entre calcário e fósforo aplicados ao solo na cultura de soja. *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, **8**:187-193, 1972.