



CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO ALGODEIRO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO COM FÓSFORO, POTÁSSIO E MAGNÉSIO NO CERRADO BAIANO, SAFRA 2003/2004*

Gilvan Barbosa Ferreira (Embrapa Roraima / gilvan@cpafr.embrapa.br); João Batista dos Santos (EBDA), João Luis da Silva Filho (Embrapa Algodão), Murilo Barros Pedrosa (Fundação Bahia), Rosa Maria Mendes Freire (Embrapa Algodão), Arnaldo Rocha de Alencar (Embrapa Algodão), Welinton Pereira Oliveira (Fundação Bahia), Adeilva Rodrigues Valença (Embrapa Algodão), Larissa Caldeira Patrício da Silva (UEPB), Daíse Ribeiro de Farias (UEPB), Lígia Rodrigues Sampaio (UEPB), Rúbia Rafaela Ferreira Ribeiro (UEPB), João Sales de Souza Filho (UEPB), José T. Fernandes Neto (UEPB), Ana Karla Crispim Soares (UEPB)

RESUMO - Teores adequados de fósforo, potássio e magnésio no solo são vitais para crescimento, equilíbrio fisiológico e máxima produtividade do algodoeiro. Os solos de cerrado são pobres nestes nutrientes e devem ser corrigidos até que alcancem níveis em que a probabilidade de resposta em produtividade seja nula ou muito baixa. Com este objetivo, implantou-se este ensaio na Fazenda Acalanto, São Desidério-BA, em Latossolo Vermelho-Amarelo franco-arenoso, cultivado a mais de 10 anos com algodão e soja. Os tratamentos foram arranjados no fatorial de 4 x 4 + 1 + 3, sendo quatro doses de P₂O₅ (40, 80, 160 e 320 kg/ha), quatro doses de K₂O (40, 80, 160 e 320 kg/ha), uma testemunha absoluta e três doses de MgO (30, 60 e 120 kg/ha), em delineamento em blocos ao acaso, com três repetições. Os resultados mostram que o algodoeiro responde em melhoria do estado nutricional e crescimento vegetativo ao uso de P, K e Mg, porém não necessariamente em produtividade e qualidade de fibra. Em solos com teores de K trocável superiores a 37,9 mg/dm³ e falha no controle do crescimento do algodoeiro, doses elevadas de potássio podem reduzir a produtividade e aumentar as perdas por lixiviação.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum* L., regulador de crescimento, nutrição mineral, produtividade.

INTRODUÇÃO

O algodoeiro extrai do solo 26, 73 e 27 kg de P, K₂O e MgO para cada tonelada de algodão em caroço produzido (FERREIRA e CARVALHO, 2005). Essa extração implica na necessidade de correção inicial do solo e manutenção de doses adequadas ao pleno desempenho produtivo da cultura.

O nível crítico de P disponível no solo é variável, dependendo do poder tampão do solo, que pode ser estimado pelo teor de argila. Barbosa et al. (2003) mostraram, em ensaio montado em vaso, que o nível crítico no extrator Mehlich-1, para o algodoeiro varia de 9 a 73 mg/dm³ de P disponível, respectivamente, quando se cultiva solos argiloso (488 g/kg) e muito arenoso (51 g/kg). Para solos franco-arenosos, os teores devem estar acima da faixa 20-25 mg/dm³ para que a cultura possa alcançar patamares de produtividade superiores a 90% de seu potencial (SOUSA et al., 2004). Solos com teores abaixo de 20 mg/dm³ são mais comum na Bahia, havendo, portanto, possibilidade de elevação da produtividade com a adubação fosfatada.

* Financiado pelo Fundo para o Desenvolvimento do Agronegócio do Algodão na Bahia - FUNDEAGRO/BA, em parceria com Embrapa, Fundação Bahia e EBDA.

Os teores adequados de potássio, para solos com menos de 40 cmol/dm³ de CTC a pH 7,0, variam de 31 a 40 mg/dm³ (VILELA et al., 2004); em solos mais argilosos e de maior CTC, 51-80 mg/dm³, são considerados adequados. Carvalho et al. (2005) observaram que a produtividade do algodoeiro aumentou até o nível de 98 mg/dm³ e começou a cair por volta de 135 mg/dm³ ou na relação molar de (Ca+Mg)/K > 33. Relações de 10-25 vezes são consideradas adequadas. Doses elevadas de até 216 kg/ha de K₂O são aplicadas corriqueiramente no cerrado da Bahia, mesmo em solos submetidos a muitos anos de cultivo intensivo. Encontrar a dose mais adequada para a adubação de manutenção em solos arenosos é um desafio, devido à intensa lixiviação esperada.

Os teores de Mg considerados adequados no solo são aqueles que superam os 7-9 mmol/dm³. É comum a recomendação técnica de se manter um equilíbrio catiônico no complexo sorativo do solo, onde o Mg possa contribuir com até 13% da CTC a pH 7,0, numa relação não muito ampla com o cálcio, no limite de 1:3 a 1:5 (MALAVOLTA, 1987). Dados de campo para confirmar essas suposições nos solos brasileiros para o algodoeiro ainda estão faltando. Raij et al. (1996) defendem que o valor absoluto de Mg superior a 8 mmol/dm³ é suficiente para bom crescimento e boa produtividade da maioria das culturas, sendo 9 mmol/dm³ considerado o teor mínimo para o algodoeiro. Solos do cerrado da Bahia têm, comumente, 5 a 8 mmol/dm³ de Mg e espera-se resposta à aplicação desse nutriente.

Este trabalho teve por objetivo verificar se há resposta em produtividade em área já corrigida e cultivada com o algodoeiro e, em havendo, calibrar as melhores doses para uso em manutenção nestas áreas.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi montado na Fazenda Acalanto, em São Desidério-BA, na safra 2003/2004, tendo sido plantado em 25/11/2003. O solo da área experimental era um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura franco-arenosa, cuja análise de fertilidade pode ser vista na Tabela 1.

Tabela 1. Fertilidade do solo da área experimental. Fazenda Acalanto, São Desidério, safra 2003/2004

Prof. cm	pH água	M.O. g/dm ³	P mg/dm ³	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	S	Al ³⁺	H+Al	T	V %
0 - 20	6,3	10,1	10,5	0,6	0,3	17,0	6,0	23,9	0,0	9,9	34	71
20 - 40	5,5	9,6	8,4	0,4	0,3	8,0	3,0	12,1	1,0	14,9	27	45
40 - 60	4,9	6,1	1,8	0,4	0,3	4,0	2,0	6,7	3,0	14,9	22	31

Obs.: Extratores: Matéria orgânica (M.O.), por Walkey-Black; P, K⁺ e Na⁺ – Mehlich-1; ; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - KCl 1 mol/L; H+Al, acetato de cálcio 0,5 mol/L, pH 7,0 (Embrapa, 1997). O solo apresentou 117, 160 e 172 g/kg de argila nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm.

Foi utilizada a variedade Delta Opal no espaçamento de 0,76m e densidade de plantio de 8-10 plantas/m. Utilizou-se parcelas de 7,0 x 6,0, com oito linhas, sendo os cinco metros centrais das seis linhas internas consideradas como parcela útil. Os tratamentos foram arranjados em um fatorial 4 x 4 + 1 + 3, em blocos ao acaso, com três repetições. Foram estudados doses de P₂O₅ e K₂O de 40, 80, 160 e 320 kg/ha, uma testemunha absoluta e as doses de MgO de 30, 60 e 120 kg/ha. Todo o fósforo e magnésio foi posto na linha de plantio, acompanhados de 20 kg/ha de N (sulfato de amônio) e 20, 30, 40 e 60 kg/ha de K₂O. O potássio restante foi aplicado em três parcelas, aproximadamente iguais, juntamente com mais 150 kg/ha de nitrogênio, aos 20, 40 e 55 dias da emergência (dae).

Aos 60 e 95 dias do plantio, foram colhidas folhas para medição dos teores de potássio, no pecíolo, e de macronutrientes, na lâmina foliar. Ao final do ensaio, a parcela útil foi colhida e foram medidas as alturas de 10 plantas/parcela, contado o estande final, pesado um metro linear de resteva e as amostras-padrão de fibras foram enviadas ao laboratório para análise tecnológica. Todas as variáveis foram analisadas estatisticamente e, onde pertinente, fez-se análise de regressão e teste de



Tukey para comparação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adubação com P, K e Mg alterou os teores de P, K e Ca na camada superficial do solo, mas exceto pelo enriquecimento de potássio no pecíolo da planta, medido aos 60 dae, na média de todos os dados não houve efeito enriquecimento dos tecidos nestes elementos (Tab. 2). Quando comparados com os tratamentos PK, o uso de MgO permitiu maior absorção de Mg, constatado pelos maiores teores na lâmina foliar aos 60 e 95 dae. A adubação fosfatada elevou fortemente os teores de P presentes no solo, de um modo linear; houve também variação linear e quadrática dos teores de Ca e K trocáveis, respectivamente. Em consequência, os teores de K no pecíolo e de P, K, Ca e Mg foliares foram aumentados linear ou quadráticamente. A elevação das doses de potássio, por outro lado, não teve nenhum influênciaria sobre os teores de P, mas aumentou fortemente os teores de potássio e diminuiu os de cálcio no solo e na planta. Sabe-se que esses elementos competem entre si, tanto pelas cargas do solo, como pelas posições de absorção na membrana,(Fonte) e isto explica os dados obtidos. Curiosamente, a aplicação de 320 kg/ha de K₂O elevou a concentração de K trocável de 0,97 para apenas 1,83 mmol_c/dm³ (ou 37,9 para 71,6 mg/dm³), apesar da dosagem indicar um fornecimento de 3,41 mmol_c/dm³ (cerca de 133,3 mg/dm³). Cerca de 240 kg/ha de K₂O pode ter sido absorvido pela planta e/ ou se perdido por lixiviação. Esses teores correspondem a uma variação percentual de 2,85 para 5,38% da CTC. A diferença de teores de K trocável na testemunha (Tab. 2) e na média da área (Tab.1) indica uma intensa variação horizontal para esse atributo do solo.

Tabela 2. Teores de K no pecíolo (KP60) e de K, Mg e P na planta aos 60 e 95 dae e teor de P, K, Ca e Mg na camada superficial do solo logo após no cultivo do algodoeiro. São Desidério, BA, 2003/2004

(%)

CV (%)	16,3	13,2	14,3	9,9	14,9	14,1	11,3	28,4	55,2	26,1	11,0	22,1
--------	------	------	------	-----	------	------	------	------	------	------	------	------

Obs.: °, *, **, ***: significativo a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade ($p < \alpha$) pelo teste F. EL, efeito linear; EQ, efeito quadrático.

Por sua vez, os teores de K na folha, aos 60 dae, foi elevado pela aplicação do MgO, que não afetou nenhuma outra variável medida (Tab. 2).

O algodoeiro, melhor nutrido em P, K e Mg, respondeu fortemente em crescimento vegetativo à aplicação das doses desses nutrientes (Tab. 3). Na médias dos dados, não se observa variação na produtividade, porém ela tendeu a decrescer com o aumento das doses de fósforo e foi reduzida significativamente pela elevação das doses de potássio. Aparentemente, houve crescimento excessivo que provocou “shedding” excessivo, além de apodrecimento de maçãs. Isto provocou tendências opostas entre o crescimento vegetativo e o produtivo, com consequente redução do índice de colheita em campo. Observa-se que esse fenômeno foi mais intenso com a adubação potássica do que com a fosfatada e a magnesiana. Com a aplicação do potássio, as plantas chegaram a atingir 141 cm de altura, 13,6 t de resteva e produtividade inferior a testemunha em 388 kg/ha. Mais uma vez fica evidenciado que em condições de solos com teores adequados de potássio e ocorrência de forte período chuvoso, o controle deficiente do crescimento da planta pode levar a perdas de produtividade com a elevação da adubação aplicada na cultura.

A adubação com PKMg não alterou significativamente as condições de qualidade das fibras do algodoeiro, mostrando que plantas cultivadas em níveis adequados de fertilidade não alteram seu padrão interno de qualidade de fibra pelo efeito da adubação.

Os teores de fósforo medidos na linha de plantio (Tab. 2) estiveram acima dos 18 mg/dm³, valor tido como adequado; os teores de potássio, sempre acima de 37,9 mg/dm³, estão dentro do critério de adequado a alto; e o Mg, apesar de médio em termos absolutos na camada arável, perfaz de 15,7 a 18,6% da CTC e pode ser lixiviado para as camadas mais profundas de onde pode ser absorvido pelas plantas. Assim, os teores de P e K confirmam as recomendações presentes na literatura (fonte), onde se recomenda repor os nutrientes extraídos (caso do P) pela cultura ou exportado (caso do K) no algodão colhido na área para manter a produtividade. Já para o Mg, os dados indicam a necessidade de se repensar os critérios de interpretação. Possivelmente, em solos arenosos com o perfil corrigido, os teores de Mg de 5 a 8 sejam adequados, desde que perfaça cerca de 15% da CTC a pH 7,0.

Tabela 3. Produção de algodão em caroço (PROD, kg/ha), em pluma (@/ha), altura (cm), peso residual de parte aérea (PRES, kg/ha), número de maçãs por planta (NMP) e índice de colheita a campo (IC, %) em função de doses de fósforo, potássio e magnésio no solo. São Desidério, BA, safra 2003/2004

Fatores em estudo	PROD	PARPL	ALT	PRESHA	NM1P	IC
Contraste da Testemunha vs PKMg						
Testemunha	3816	108	122	8076	6,7	33,2
PKMg	3727	106	135	11895	8,2	24,8
Significância		*		**	*	**
Contraste das doses de PK vs. Mg						
PK	3747	106	135	11959	8,3	24,7
Mg	3621	102	137	11552	7,8	24,9
Significância				***1		
Efeito geral de P₂O₅						
40	3907	112	133	11290	7,6	26,6
80	3750	106	138	12417	8,5	23,7
160	3692	105	132	11668	8,5	24,8
320	3640	103	138	12461	8,6	23,8
Significância	EL p<0,14	EL°	EC°			
Efeito geral de K₂O						
40	3958	113	129	10799	8,1	27,3

	80	3798	108	136	11833	8,2	25,5
	160	3805	108	134	11595	8,4	25,1
	320	3428	97	141	13609	8,4	21,0
Significância		EL**	EL**	EL*	EL*		EL***
Efeito geral de MgO							
	0	3947	112	133	11306	8,9	26,4
	30	3538	99	136	13652	8,1	20,7
	60	3582	103	142	12074	7,0	24,5
	120	3743	106	132	8931	8,2	29,5
Significância					EL*		EL*

Obs.:º, *, **, ***: significativo a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade ($p<\alpha$) pelo teste F. EL, efeito linear; EQ, efeito quadrático; E.C., efeito cúbico.

Tabela 4. Variação nas características tecnológicas de fibra em função das doses de P, K e Mg. São Desidério, BA, safra 2003/2004

Fator	%FIBRA	P1CAP	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	MAT	RD	MB	CSP
Teste vs PKMg												
Teste	42,44	6,72	30,57	85,20	4,93	30,10	9,67	4,20	87,33	77,63	8,37	2317
PKMg	42,40	6,54	30,24	84,88	5,14	30,59	9,41	4,22	87,44	76,96	8,70	2290
PK vs. Mg												
PK	42,45	6,54	30,24	84,84	5,12	30,60	9,32	4,22	87,48	76,93	8,71	2288
Mg	42,10	6,49	30,20	85,04	5,24	30,56	9,89	4,20	87,22	77,11	8,62	2299
P₂O₅												
40	42,93	6,57	30,17	84,95	5,20	30,63	8,97	4,33	88,00	76,88	8,67	2278
80	42,18	6,52	30,13	84,63	5,24	30,38	9,38	4,21	87,33	77,01	8,81	2280
160	42,30	6,64	30,43	84,80	4,93	30,74	9,64	4,15	87,17	76,87	8,56	2306
320	42,40	6,44	30,24	84,99	5,11	30,65	9,29	4,21	87,42	76,96	8,81	2290
EQ***												
K₂O												
40	42,69	6,78	30,19	85,01	5,27	30,22	9,40	4,34	87,67	76,82	8,44	2281
80	42,43	6,43	30,22	84,68	5,03	31,07	9,26	4,11	87,25	77,00	8,78	2298
160	42,41	6,57	30,41	84,87	5,17	30,24	9,40	4,22	87,42	76,96	8,60	2295
320	42,28	6,40	30,16	84,83	5,02	30,87	9,22	4,23	87,58	76,94	9,03	2280
MgO												
0	42,61	6,45	30,07	84,30	5,13	31,07	10,03	4,07	86,67	75,93	8,97	2271
30	41,64	6,75	29,90	84,47	5,13	30,97	10,57	4,30	87,00	77,30	8,07	2293
60	42,57	6,28	29,87	84,97	5,40	31,43	9,50	4,10	87,33	77,50	8,67	2309
120	42,09	6,43	30,83	85,70	5,20	29,27	9,60	4,20	87,33	76,53	9,13	2296
CV (%)	2,1	7,7	1,7	0,9	12,0	5,7	9,0	5,4	0,7	1,4	6,2	2,0

Obs.:º, ***: significativo a 10 e 0,1% de probabilidade ($p<\alpha$) pelo teste F. EL, efeito linear; EQ, efeito quadrático.

CONCLUSÕES

Em solos fracos arenosos, com teor de P disponível > 18 mg/dm³ e K trocável > 37,9 mg/dm³, as adubações fosfatada e potássica podem até melhorar o “status” nutricional da cultura, mas nem sempre promovem ganhos de produtividade. O controle estrito do crescimento das plantas é necessário, especialmente em condições chuvosas, para evitar perdas de produção.

Teores de Mg no limite de 5 a 8 mmolc/dm³, em solo franco-arenoso de CTC baixa e perfil corrigido, não é inadequado para o algodoeiro. Entretanto, é bom assegurar 15% de saturação no complexo sortivo preenchido com este elemento.



Em condições de solo corrigido, a qualidade da fibra do algodoeiro não se altera com a adubação fostatada, potássica e magnesiana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, J.K.A.; MEDEIROS, J. da C.; FERREIRA, G.B.; BELTRÃO, N.E. de M.; BARRETO, A.F.; CARDOSO, G.D.; BRUNO, G.B. Calibração de extractores para a recomendação de adubação fosfatada no algodoeiro em solos do cerrado de Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 3., 2003, Goiânia. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. CD-ROM
- CARVALHO, M. da C. S.; BERNARDI, C. de C.; FERREIRA, G.B. O potássio na cultura do algodoeiro. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. (Eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAPOS, 2005. p.343-403.
- FERREIRA, G.B.; CARVALHO, M. da C. S. **Adubação do algodoeiro no cerrado:** com resultados de pesquisa em Goiás e Bahia. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 71p. (Embrapa Algodão. Documentos, 138)
- MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Ceres, 1987. Cap. 4, p.151-178.
- RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campina: Instituto Agronômico/ IAC, 1996. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100)
- SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E.; REIN, T.A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado:** correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.147-168.
- VILELA, L.; SOUSA, D.M.G. de; SILVA, J.E. da. Adubação potássica. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado:** correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.169-184.