

# Fontes de potássio na adubação de cobertura do algodoeiro II – Avaliação do estado nutricional da cultura<sup>1</sup>

## Potassium sources in covering fertilization on cotton II – Nutritional status evaluation of crop

Fábio Rafael Echer<sup>2\*</sup>; José Salvador Simoneti Foloni<sup>3</sup>; José Eduardo Creste<sup>4</sup>

### Resumo

Conduziu-se um experimento de campo, em Sapezal – MT, no ano agrícola de 2007/2008, com o objetivo de avaliar o efeito das fontes de potássio sobre o estado nutricional do algodoeiro. Os tratamentos constaram da aplicação em cobertura via solo na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, parcelada em duas aplicações, nas fontes KCl, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub> e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.2MgSO<sub>4</sub>. Avaliou-se os teores de nutrientes nas folhas de algodão no florescimento, sendo interpretados pelo método do nível crítico e pelo DRIS. O teor de S nas folhas de algodão e o Índice S foram maiores com a utilização do adubo K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.2MgSO<sub>4</sub>. O IBN apresentou coerência entre os seus valores e as produtividades dos tratamentos, sendo as maiores produtividades obtidas com o menor IBN na adubação potássica de cobertura na fonte K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.2MgSO<sub>4</sub>.

**Palavras-chave:** *Gossypium hirsutum*, nível crítico, DRIS

### Abstract

A field experiment was conducted in Sapezal, Mato Grosso state, Brazil, in the 2007/2008 agricultural season, with the aim of determining the effect of potassium sources on cotton nutritional status. The treatments consisted of application in covering, via soil, at rate of 100 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O, in two split applications, with KCl, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub> and K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.2MgSO<sub>4</sub> sources. Nutrients concentration in leaf tissues at bloom stage was evaluated, being interpreted by the critical level and the DRIS methods. S content in cotton leaves and the S index was higher when used K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.2MgSO<sub>4</sub> fertilizer. The Nutritional Balance Index (NBI) values were coherent with cotton yield, being the highest yields obtained with the smallest NBI in the covering fertilization with K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.2MgSO<sub>4</sub>.

**Key words:** *Gossypium hirsutum* L., critic level, DRIS

<sup>1</sup> Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup>Agro<sup>o</sup>, Doutorando em Agricultura – FCA/Unesp, Departamento Produção Vegetal, Rua José Barbosa de Barros, 1780. Cx Postal 237 – Botucatu-SP, CEP: 18610-307 fabioecher@fca.unesp.br

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup>Agro<sup>o</sup>, Doutor, Pesquisador do IAPAR, Instituto Agrônomo do Paraná, Rodovia Celso Garcia Cid, km 375 - Caixa Postal 481, CEP. 86.001-970 - Londrina-PR. E-mail: sfoloni@iapar.br

<sup>4</sup> Pró-Reitor Acadêmico da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), Campus I, Bongiovani, 700 – CEP 19050-920 – Presidente Prudente – SP. E-mail: jcreste@unoeste.br.

\* Autor para correspondência.

## Introdução

O Brasil foi o quinto maior produtor mundial de algodão na safra 2007/2008, o que representou cerca de 6% da produção mundial. A maior parte da produção brasileira está localizada no centro-oeste brasileiro e na Bahia, sendo que os 20 municípios maiores produtores estão localizados em solos sob cerrado, os quais apresentam baixa fertilidade natural, sendo imprescindível o fornecimento de nutrientes via adubação (CONAB, 2009).

De acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), os métodos utilizados para avaliação do estado nutricional são a diagnose visual, a diagnose foliar e testes bioquímicos, entre outros. Dentre esses, a diagnose foliar se destaca, devido sua aplicabilidade, pois a planta funciona como solução extratora do solo.

Os critérios mais utilizados para interpretação dos resultados da diagnose foliar são o nível crítico (NC), faixas de suficiência (FS) e o sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). O DRIS foi originalmente proposto por Beaufilet (1973) e incorpora o conceito de balanço nutricional entre os nutrientes no tecido vegetal, baseado nas relações binárias de macro e micronutrientes como modelo para identificação de fatores limitantes de produtividade.

Modelos estatísticos têm sido ajustados para descrever o relacionamento entre índices DRIS e teores de nutrientes no tecido vegetal de várias culturas (REIS JÚNIOR; MONNERAT, 2003; KURIHARA, 2004; SILVA, 2006; GUINDANI, 2007), com a finalidade de aprimorar a interpretação de teores de nutrientes em tecidos vegetais.

Dentre os nutrientes, o potássio (K) merece destaque na lavoura algodoeira, pois as fibras têm suas características qualitativas afetadas

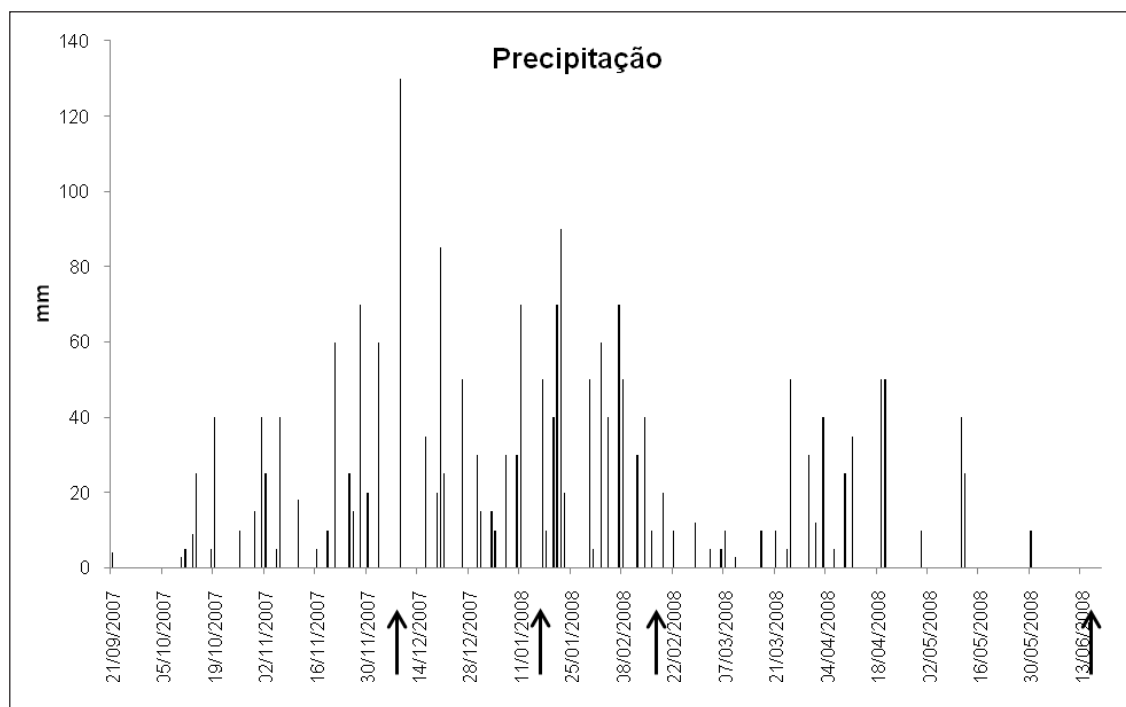
positivamente pelo suprimento adequado de K, e os solos do cerrado do Centro-Oeste brasileiro são pobres em nutrientes, cujas quantidades de K são geralmente baixas e não suprem a demanda das culturas. A adubação potássica em relação às doses, modos, épocas e fontes deve ser considerada em função da necessidade da cultura, do preço do fertilizante, de problemas fitotóxicos e do potencial de perdas nos solos tropicais (CARVALHO; BERNARDI, 2005).

O cloreto de potássio (KCl) predomina como fonte de fertilizante potássio na agricultura brasileira, devido a maior disponibilidade no mercado de fertilizantes e da alta concentração de K no KCl, o que diminui o custo por unidade de  $K_2O$  aplicada. Além do KCl, o sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ), o nitrato de potássio ( $KNO_3$ ) e o sulfato de potássio e magnésio ( $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ ) são outras fontes potássicas utilizadas em diversos segmentos da agricultura brasileira e mundial (ERNANI et al., 2007). A eficiência das fontes de K na cultura do algodoeiro foram mostradas por Pervez, Ashraf e Makdum (2004a, 2004b), onde o K aplicado na forma de sulfato propiciou maior produção aliada à melhor qualidade da fibra.

O objetivo do trabalho foi avaliar o estado nutricional da cultura pelos métodos do nível crítico e pelo DRIS em razão de fontes de K aplicadas na adubação de cobertura.

## Material e métodos

O trabalho foi conduzido em lavoura comercial de algodão manejada no Sistema Plantio Direto (SPD) por 10 anos consecutivos na rotação algodão/milheto/soja, situada na Fazenda Santa Luzia, município de Sapezal – MT, com coordenadas geográficas de 13°37'14,2" Sul, 58°50'47,4" Oeste e 581 m de altitude. A precipitação pluvial diária na fazenda supracitada, ocorrida no decorrer da condução do trabalho (setembro de 2007 a junho de 2008), está apresentada na (Figura 1).



**Figura 1.** Precipitação pluvial durante a condução do experimento, e datas da semeadura do algodão, primeira e segunda adubação potássica de cobertura, e colheita. (Fonte: Fazenda Santa Luzia, Sapezal-MT, 2008).

0,1 mg dm<sup>-3</sup> de Zn e 0,13 e 0,13 mg dm<sup>-3</sup> de B.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 1999), de textura muito argilosa, com relevo plano, boa drenagem e horizontes bem desenvolvidos. A análise granulométrica do solo (EMBRAPA, 1997), de amostras coletadas na profundidade de 0-20 cm, apresentou 76 g kg<sup>-1</sup> de areia, 116 g kg<sup>-1</sup> de silte e 808 g kg<sup>-1</sup> de argila.

No início de setembro foram coletadas amostras de solo da área experimental para análise química (RAIJ et al., 2001), com os seguintes resultados para as profundidades de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente: pH (CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>) 4,7 e 4,4; 40 e 22 g dm<sup>-3</sup> de MO; 15 e 3 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>resina</sub>; 56 e 45 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de H+Al; 2 e 1,7 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K; 52 e 15 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 30 e 10 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; 84 e 27 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de SB; 140 e 72 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de CTC; saturação por bases (V) de 60% e 37%; 19,7 e 75,7 mg dm<sup>-3</sup> de S; 1,3 e 0,2 mg dm<sup>-3</sup> de Mn; 48,5 e 27,6 mg dm<sup>-3</sup> de Fe; 1,2 e 0,5 mg dm<sup>-3</sup> de Cu; 0,7 e

A área recebeu calagem superficial a lanço antes da instalação do experimento em setembro de 2007, com a utilização de 2 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (85% de PRNT). Na primeira semana de outubro de 2007, realizou-se também uma fosfatagem corretiva a lanço em área total, com aplicação superficial de 333 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples + micronutrientes (60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 6,6 kg ha<sup>-1</sup> de Zn, 6,6 kg ha<sup>-1</sup> de Mn, 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de Cu e 2 kg ha<sup>-1</sup> de B).

Em 09/10/2007 semeou-se o milheto (*Pennisetum glaucum* L. cv. comum) a lanço, em área total com 27 kg ha<sup>-1</sup> de sementes e incorporação com grade niveladora, para a formação de palhada para a instalação subsequente do algodão no SPD. Aos 50 dias após a emergência do milheto, fez-se a dessecação química para instalação da lavoura comercial.

A semeadura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) cultivar FMT 701 (porte de 1,3 m; arquitetura moderna; ciclo de 170 dias; resistente a viroses

e bacterioses e moderadamente resistente á ramulose e ramulária) foi realizada em 13/12/2007 com semeadora-adubadora motomecanizada desenvolvida para o SPD, utilizando-se 131.578 sementes viáveis por hectare, no espaçamento entrelinhas de 0,76 m, com tratamento prévio de sementes com fungicidas, inseticidas e protetor de semente. A emergência da lavoura ocorreu em 18/12/2007, e por ocasião da colheita determinou-se a densidade final de 107.887 ( $\pm$  6836) plantas por hectare, de acordo com a média populacional das unidades experimentais.

A adubação de instalação do algodão seguiu os procedimentos da lavoura comercial, com a aplicação no sulco de semeadura de 27 kg ha<sup>-1</sup> de N, 45 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 2,4 kg ha<sup>-1</sup> de B (SOUSA; LOBATO, 2004). Em 15/12/2007, dois dias após a semeadura e antes da emergência da cultura, fez-se uma adubação potássica a lanço em área total com 80 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> na fonte KCl granulado, com equipamento motomecanizado.

A adubação nitrogenada de cobertura da área experimental foi realizada por meio de aplicações manuais a lanço sobre a palhada nas entrelinhas da cultura com a fonte uréia, em que foram parceladas duas doses de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N aos 21 estágio fenológico V4 de acordo com (MARUR; RUANO, 2001) e 48 dias após a emergência (DAE) do algodão (B3), e a terceira dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N aos 66 DAE (F2). Foi realizada uma aplicação foliar de Mn, na dose de 2,0 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial (10% de Mn), em 17/03/2008.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso, com cinco repetições, com os seguintes tratamentos: adubação potássica de cobertura com 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O nas fontes cloreto de potássio (KCl – 60% K<sub>2</sub>O e 48% Cl, índice salino (IS): 115), sulfato de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 50% K<sub>2</sub>O e 17% S, IS: 46), nitrato de potássio (KNO<sub>3</sub> – 44% K<sub>2</sub>O e 14% N, IS: 31) e sulfato de potássio e magnésio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.2MgSO<sub>4</sub> – 22% K<sub>2</sub>O, 11% MgO, 22% S, IS: 43).

Os adubos potássicos foram aplicados

manualmente a lanço sobre a cobertura morta nas entrelinhas da cultura, sendo parcelados em duas doses de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aos 33 e 66 DAE (B2 e F2). Dentre os nutrientes acompanhantes que foram adicionados nos tratamentos, apenas o N foi deduzido da adubação nitrogenada de cobertura nas parcelas que receberam KNO<sub>3</sub>, na época subsequente á aplicação do adubo potássico, devido à adubação de cobertura no algodoeiro preconizar apenas a aplicação de N e K (SOUSA; LOBATO, 2004).

As parcelas experimentais foram demarcadas com 6 linhas de semeadura de 6 m de comprimento, sendo avaliados os 4 m centrais das 4 linhas internas, deixando-se 1 m de bordaduras nas extremidades.

Os tratos culturais e o manejo fitossanitário das parcelas experimentais seguiram os procedimentos adotados na lavoura comercial de algodão, incluindo monitoramento de pragas e doenças, controle químico de plantas daninhas, aplicações de inseticidas, fungicidas e fitorreguladores (LORENZI, 2000; GALLO et al., 2002; ANDREI, 2005).

A coleta de folhas do algodoeiro para diagnose foliar foi realizada aos 86 DAE, seguindo metodologia de Silva e Rajj (1996), em que foi amostrado o limbo foliar de 30 plantas por parcela da 5ª folha da haste principal a partir do ápice, no estágio fenológico F3, e foram posteriormente submetidas à análise química (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

A colheita foi realizada aos 185 DAE, com a retirada manual das plumas contidas em todos os capulhos das plantas da área útil das parcelas. Retirou-se uma amostra de 100 g do algodão em caroço por parcela, que foram enviadas ao Laboratório da Fundação MT em Rondonópolis-MT, para serem descaroadas, obtendo-se assim a produtividade em pluma.

A avaliação do estado nutricional pelo método DRIS se deu com a utilização dos resultados de análise química de folhas (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) de algodão. Os dados referentes à produção originalmente foram apresentados em kg ha<sup>-1</sup>, sendo obtidos após a colheita do algodão.

Para a formação do banco de dados, o conjunto de dados foi dividido em duas sub-populações, a de alta (A) e a de baixa produtividade (B) (BEAUFILS, 1973). A sub-população A correspondeu àquelas que obtiveram produtividade igual ou superior a 4800 kg ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço e a sub-população B àquelas que obtiveram produtividades inferiores a 4800 kg ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço.

Feito isso, estabeleceram-se todas as relações binárias possíveis entre os nutrientes estudados, num total de 110 relações (n (n-1)), onde n representa o número de nutrientes estudados, então calculou-se a média ( $\bar{X}_A$  e  $\bar{X}_B$ ), o desvio padrão ( $Sd_A$  e  $Sd_B$ ), a variância ( $S^2_A$  e  $S^2_B$ ) para cada concentração de nutriente, como também para as relações entre estes, em cada sub-população, de acordo com Gomes (1981). Das 110 relações, foram escolhidas apenas 55, sendo conservadas àquelas que apresentaram a maior razão na variância entre as sub-populações (VB/VA) (WALWORTH; SUMNER, 1987).

Para o cálculo da relação normal reduzida dos teores de dois nutrientes, utilizou-se o método de JONES (1981), onde:  $f(A/B) = [(A/B) - (a/b)]/s$ .  $f(A/B) = \frac{(A/B) - (a/b)}{s}$ , em que  $f(A/B)$  é a função calculada da relação de nutrientes A e B;  $A/B$  é a relação de nutrientes da amostra a ser diagnosticada;  $a/b$  e  $s$  são a média e o desvio-padrão das relações  $A/B$  de nutrientes da população utilizada para definir as normas; e  $K$  é a constante de sensibilidade que, neste trabalho, foi igual a 1.

O índice DRIS de um nutriente representa a média aritmética dos quocientes do teor de determinado nutriente com os teores dos demais nutrientes, onde:  $\text{Índice } A = \{[f(A/B) + f(A/C) + \dots + f(A/N)]\}/n$ , em que  $n$  é o número de relações em que o nutriente em estudo aparece, sendo o sinal negativo utilizado quando o nutriente em estudo encontra-se no denominador e o sinal positivo quando no numerador. O índice de balanço nutricional – IBN consiste no somatório, em módulo, de todos os índices envolvidos e foi obtido pela seguinte expressão (SUMNER, 1977):

$$IBN = [\text{índice } A] + [\text{índice } B] + \dots + [\text{índice } N]$$

Os dados originais foram submetidos à análise de variância, e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste t de Student a 5% de probabilidade.

## Resultados e discussão

O enxofre (S) foi o único nutriente que apresentou diferença significativa. O teor de S nas folhas de algodão foi maior com a fonte  $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$  do que com KCl, sem diferenças entre os outros tratamentos (Tabela 1). O  $K_2SO_4$  e o  $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$  apresentaram teores de S dentro da faixa de suficiência indicada por Silva e Raij (1996). De acordo com os valores de referência para a cultura do algodão descritos por Malavolta; Vitti e Oliveira (1997), de 35-40, 2-2,5, 14-16, 30-40, 4-5 e 2-3 g kg<sup>-1</sup> para o N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, o N, P e S em todos os tratamentos obtiveram valores superiores, enquanto que os teores de K, Ca e Mg ficaram abaixo dos níveis de suficiência.

Silva e Raij (1996) informam valores de suficiência que variam de 35-43, 2,5-4, 15-25, 20-35, 3-8 e 4-8 g kg<sup>-1</sup> para N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. Nessa classificação, os teores de N e P de todos os tratamentos foram superiores e os teores de K e Ca foram inferiores aos níveis de suficiência. O teor de Mg no tratamento com  $K_2SO_4$  ficou abaixo da faixa de suficiência, sendo que nos demais tratamentos o teor de Mg ficou dentro da faixa considerada adequada.

Os teores de micronutrientes nas folhas não foram afetados pelos tratamentos (Tabela 1). De acordo com os padrões nutricionais relatados em Silva e Raij (1996), todos os tratamentos tiveram teores de Cu, Fe e Zn adequados, no entanto, para o B, todos os tratamentos apresentaram teores abaixo da faixa de suficiência, que é de 30-50 mg kg<sup>-1</sup>. Para o Mn, apenas o tratamento com  $K_2SO_4$  apresentou teor inferior à faixa de suficiência (SILVA; RAIJ, 1996).

**Tabela 1.** Teores de macronutrientes e de micronutrientes na diagnose foliar do algodão em função de diferentes fontes na adubação potássica de cobertura.

Adubo	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Fe	Zn	
	-----g kg <sup>-1</sup> -----						-----mg kg <sup>-1</sup> -----					
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	49,84	4,04	10,0	14,56	2,96	4,22	ab*	18,54	5,00	24,4	84,60	28,20
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .2MgSO <sub>4</sub>	52,24	4,24	9,98	15,70	3,64	5,92	a	21,00	5,00	33,4	101,6	33,80
KNO <sub>3</sub>	52,94	4,26	8,68	16,50	3,48	3,94	ab	18,30	5,80	33,6	114,2	30,80
KCl	53,64	4,32	10,3	17,24	3,48	3,26	b	21,90	5,60	32,8	95,40	30,80
Média	52,16	4,21	9,76	16,00	3,39	4,33		19,93	5,35	31,0	98,95	30,90
Anal. Variância	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Fe	Zn	
	------(F calculado)-----											
Adubo	1,34 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	1,60 <sup>ns</sup>	5,01*	2,13 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	2,76 <sup>ns</sup>	1,51 <sup>ns</sup>	1,80 <sup>ns</sup>	
CV (%)	6,10	15,08	24,35	17,60	15,4	26,05	13,74	18,06	19,26	22,66	12,32	
DMS (g kg <sup>-1</sup> )	5,97	1,19	4,46	5,28	0,98	2,12	5,14	1,81	11,23	42,11	7,15	

\*Médias seguidas pelas mesmas letras são iguais estatisticamente pelo teste t a 5% de significância. \* significativo a 5% de probabilidade. ns: não significativo. DMS: diferença mínima significativa. CV: coeficiente de variação

Os índices DRIS dos nutrientes e o IBN dos tratamentos encontram-se na (Tabela 2). Assim como o teor crítico de S, também o Índice S (IS) foi o único índice de nutriente que apresentou diferença significativa. O IS no tratamento com

K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.2MgSO<sub>4</sub> foi superior ao KNO<sub>3</sub> e ao KCl, mas não diferiu do K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. O IS mais elevado no K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.2MgSO<sub>4</sub> é resultado do fornecimento de 100 kg ha<sup>-1</sup> de S nesse tratamento, enquanto que o K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> forneceu apenas 34 kg ha<sup>-1</sup> de S.

**Tabela 2.** Índices DRIS dos nutrientes e IBN (Índice Balanço Nutricional) em razão da fonte de adubo potássico de cobertura.

Adubo	IN	IP	IK	ICa	IMg	IS	IB	ICu	IFe	IMn	IZn	IBN	
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,30	0,30	0,09	-0,21	-0,24	0,06	ab	-0,27	0,46	0,06	-0,45	-0,10	5,90
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .2MgSO <sub>4</sub>	-0,14	-0,03	-0,35	-0,41	0,11	0,67	a	-0,37	-0,16	0,32	0,25	0,10	4,88
KNO <sub>3</sub>	0,06	0,06	-0,65	-0,06	0,00	-0,57	bc	-0,54	0,52	0,94	0,37	-0,12	6,68
KCl	0,13	0,20	-0,06	0,14	-0,02	-1,09	c	-0,17	0,42	0,18	0,38	-0,11	5,00
Análise de Variância	IN	IP	IK	ICa	IMg	IS	IB	ICu	IFe	IMn	IZn	IBN	
	-----Valores de F calculado-----												
Adubo	0,34 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	1,59 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	10,16**	0,45 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>	1,75 <sup>ns</sup>	1,56 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	-	
DMS	0,91	0,63	0,78	0,93	0,74	0,71	0,7	0,89	0,88	0,95	0,59	-	

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste t. \*\* significativo a 1%. ns: não significativo. DMS: Diferença mínima significativa.

Como parâmetro de interpretação, de acordo com Walworth e Sumner (1987), quanto mais negativo for o valor de um índice, maior será a deficiência deste nutriente, relativamente a outros nutrientes e um índice com valor elevado e positivo indica que o correspondente nutriente está presente em quantidades relativamente excessivas. Assim, uma planta em equilíbrio nutricional todos os

índices seriam iguais a zero. No entanto, Beaufls (1973) adverte ao fato de que baixas produções frequentemente podem ser obtidas quando um índice X estiver próximo de zero, porque algum outro fator pode estar limitando a produção.

No presente trabalho, o KCl apresentou o IS mais negativo (-1,09), portanto em maior deficiência relativa aos demais nutrientes. Por outro lado, têm-

se que o  $K_2SO_4$  apresentou-se em maior equilíbrio nutricional com o S (índice 0,06) e o  $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$  apresentou-se mais excessivo (0,67).

O IBN, resultado do somatório dos valores absolutos dos índices dos nutrientes em estudo, apresentou valor de 4,88 no tratamento com  $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ , seguido pelo KCl com 5,00, pelo  $K_2SO_4$  com 5,90 e pelo  $KNO_3$  com IBN de 6,68.

Segundo a definição de Beaufils (1973), quanto maior for o valor do IBN, maior a intensidade de desequilíbrios entre os nutrientes. Assim, no presente trabalho os valores do IBN apresentaram coerência com as produtividades dos tratamentos, onde o menor IBN foi responsável pela maior produtividade (Tabela 3). Guindani (2007) encontrou resultados similares, na cultura do arroz irrigado, onde o menor IBN proporcionou as maiores produtividades.

**Tabela 3.** Produtividade de algodão em caroço e em pluma em função da variação na fonte na adubação potássica de cobertura.

Adubo	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )			
	caroço		pluma	
$K_2SO_4$	4995,00	ab	2199,60	ab
$K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$	5710,52	a	2518,20	a
$KNO_3$	4726,65	b	2092,35	b
KCl	5408,77	ab	2379,00	ab

Análise de Variância	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )			
	caroço		pluma	
	-----Valores de F calculado-----			
Adubo	1,31*		1,28*	
CV (%)	13,2		13,00	
DMS	922		407,47	

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. DMS: Diferença mínima significativa.

Nem sempre uma lavoura com IBN adequado ou menor que o das lavouras de alta produtividade têm boa produtividade, pois esse fato indica que a principal limitação na produtividade dessa lavoura não está relacionada à nutrição da cultura, pois nem sempre uma planta em equilíbrio nutricional terá alta produtividade, sendo apenas o inverso verdadeiro, ou seja, alta produtividade só é alcançada quando as plantas estiverem em equilíbrio nutricional, conforme Snoeck (1984).

No estudo de Svenson e Kimberley (1988) os autores verificaram que a soma dos índices absolutos

do DRIS (IBN) menores que 5 indicavam uma nutrição próxima do valor considerado ótimo; índices de 5 a 10 indicavam algum grau de desequilíbrio e somas maiores que 10 eram freqüentemente associados com nutrição desequilibrada.

A (Tabela 4) apresenta as relações binárias entre nutrientes que apresentaram-se significativas, o S esteve em praticamente todas, com exceção para a relação Ca/Mn. Dentre essas, a relação N/S é uma das mais importantes e que, freqüentemente se observam maiores observações na literatura.

**Tabela 4.** Relações nutricionais observadas em folhas de algodoeiro em função de diferentes fontes de adubo potássico em cobertura.

Adubo	N/S	K/S	Ca/S	Ca/Mn	S/P	S/Mg	S/B	S/Fe	S/Mn	S/Zn	Cu/S
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	12,71 ab	2,41 b	3,49 ab	0,61 a	1,07 b	1,42 bc	0,22 ab	0,05 a	0,18 a	0,15 ab	1,22 b
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .2MgSO <sub>4</sub>	9,00 b	1,67 c	2,68 a	0,47 b	1,41 a	1,62 c	0,28 a	0,05 a	0,18 a	0,17 a	0,85 c
KNO <sub>3</sub>	14,71 a	2,30 b	4,53 bc	0,48 b	0,91 b	1,12 ab	0,22 ab	0,03 b	0,12 b	0,12 bc	1,52 ab
KCl	16,68 a	3,16 a	5,30 c	0,53 b	0,75 b	0,96 a	0,15 b	0,03 b	0,10 b	0,10 c	1,74 a
Média	13,28	2,39	4,00	0,52	1,04	1,28	0,22	0,04	0,15	0,14	1,33
Silva (2006)	9,16	4,12	6,36	0,54	1,25	0,93	0,08	0,02	0,09	0,12	2,04
	N/S	K/S	Ca/S	Ca/Mn	S/P	S/Mg	S/B	S/Fe	S/Mn	S/Zn	Cu/S
Anal. Variância	------(F calculado)-----'										
Adubo	4,61**	9,67*	5,83*	6,89*	6,18*	6,33*	3,35**	5,71*	3,93**	5,32**	14,55*
CV (%)	25,7	18,32	26,69	10,44	24,26	20,43	30,19	24,74	33,11	20,78	17,08
DMS	4,57	0,58	1,43	0,07	0,33	0,35	0,08	0,01	0,06	0,039	0,3

Médias seguidas pelas mesmas letras são iguais estatisticamente pelo teste t a 5% de significância. \* significativo a 5% de probabilidade. ns: não significativo. DMS: diferença mínima significativa. CV: coeficiente de variação

A relação N/S foi menor no K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.2MgSO<sub>4</sub> (9,00) em relação ao KCl (16,68), não havendo diferença significativa entre os demais tratamentos. A relação N/S é um fator importante nos programas de adubação das culturas, pois o uso de fórmulas sem S, com altas concentrações de N ou P, pode levar a reduções no metabolismo do N, em função de desbalanços na síntese de aminoácidos sulfurados (ALVAREZ et al., 2007).

Em relação a N/S, o ideal em tecidos foliares varia de 8 a 12 (CANTARELLA, 2007). Para Zehler, Kreipe e Gething (1986), a resposta do algodoeiro à adubação com S só acontece quando a relação N/S for superior a 15. Silva (2006) observou média da relação N/S da população de alta produtividade de 9,16, dados similares aos obtidos no presente experimento no tratamento com K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.2MgSO<sub>4</sub>. Os adubos aplicados que tinham S em sua composição foram os que apresentaram relações N/S foliares mais equilibradas. Assim, apenas o K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.2MgSO<sub>4</sub> proporcionou relação N/S nas folhas do algodoeiro dentro da faixa adequada (CANTARELLA, 2007).

A relação K/S foi maior no tratamento com cloreto de K sobre os demais tratamentos, e o sulfato de K e Mg apresentou a menor relação, seguido do K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, devido ao maior teor de S nas folhas. Ainda assim, todos os tratamentos apresentaram

valores inferiores às normas DRIS indicadas por Silva (2006), segundo o mesmo autor, na população de alta produtividade a relação K/S foi de 4,12, no entanto, um dos nutrientes mais deficientes em talhões comerciais de algodão foi o S, e essa deficiência contribuiu para elevar a relação citada.

A relação Ca/S foi maior no KCl em relação ao K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e ao K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.2MgSO<sub>4</sub>, no entanto não diferiu do KNO<sub>3</sub>. O valor para Ca/S no DRIS é de 6,36, evidenciando assim que todos os adubos em cobertura testados apresentaram valores inferiores ao informado pelo referido autor.

Para a relação Ca/Mn, observou-se que o fertilizante K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> apresentou índice superior que os demais tratamentos, que não diferiram entre si, com média de 0,52, próximo da relação Ca/Mn encontrada por Silva (2006), na população de alta produtividade, que foi de 0,54.

A relação S/P foi maior no tratamento com K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.2MgSO<sub>4</sub> em relação aos demais adubos, que não diferiram entre si (Tabela 3). A menor relação S/P no KCl pode estar relacionada à ausência de S e/ou a alta concentração de Cl neste fertilizante, pois os íons Cl e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> apresentam inibição competitiva entre si pelos mesmos sítios de absorção nas raízes (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). A relação S/P da população de alta produtividade



foi de 1,25 (SILVA, 2006), sendo que no presente trabalho a adubação potássica de cobertura que mais se aproximou deste valor foi com  $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ , com índice de 1,41.

O  $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$  apresentou relação S/Mg maior que o  $KNO_3$  e KCl, mas não diferiu do  $K_2SO_4$ , e este não diferiu do  $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$  e do  $KNO_3$ . Observando-se as normas DRIS propostas por Silva (2006) tem-se que a relação S/Mg da população de alta produtividade foi de 0,93, assim, há uma discrepância entre os resultados observados no presente trabalho, onde a maior produtividade foi observada no tratamento com sulfato de K e Mg, que apresentou a maior relação S/Mg de 1,42 (Tabela 3).

O  $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$  apresentou maior relação S/B diferindo do KCl, e os demais tratamentos não diferiram entre si (Tabela 3). A média geral da relação S/B nos tratamentos estudados foi 0,22, superior aos valores indicados por Silva (2006), de 0,08.

Observou-se que a relação S/Fe no algodão adubado com as fontes que continham S em sua formulação, foi maior que nos demais. No entanto, todos os tratamentos apresentaram valores superiores aos preconizados por Silva (2006) para a cultura do algodoeiro, que foi de 0,02. O mesmo ocorreu para a relação S/Mn, cuja média da relação S/Mn da população de alta produtividade foi de 0,09 (SILVA, 2006), assim, o tratamento que mais se aproximou desse índice foi o KCl, com 0,10 (Tabela 3).

A relação S/Zn foi maior no  $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$  sobre os tratamentos com  $KNO_3$  e KCl, mas não diferiu do  $K_2SO_4$ . Para Silva (2006), a relação S/Zn na população de alta produtividade foi de 0,12, sendo que o tratamento com  $KNO_3$  apresentou valor semelhante a esse.

De acordo com a (Tabela 3), observa-se que a relação Cu/S no tratamento com KCl foi superior às adubações com  $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$  e  $K_2SO_4$ , mas igual ao  $KNO_3$ . Dos adubos estudados, o KCl foi o que mais se aproximou dos valores apresentados por Silva (2006), que foi de 2,04.

## Conclusões

Tanto o método do nível crítico quanto o DRIS foram eficientes na detecção de diferenças nos teores foliares de nutrientes e o teor de S nas folhas de algodão, assim como o Índice S foram maiores com a utilização do adubo  $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ .

O IBN apresentou coerência entre os seus valores e as produtividades dos tratamentos, sendo as maiores produtividades obtidas com o menor IBN na adubação potássica de cobertura na fonte  $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ .

## Agradecimentos

Ao Grupo Bom Futuro pelo financiamento da pesquisa.

## Referências

- ALVAREZ, V. H. V.; ROSCOE, R.; KURIHARA, C. H.; PEREIRA, N. F. Enxofre. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS/UFV, 2007. p. 595-644.
- ANDREI, E. *Compêndio de defensivos agrícolas*. 7 ed. São Paulo: Livrocercos. 2005. 1142p.
- BEAUFILS, E. R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS); a general scheme for experimentation and calibration based on principles develop from research in plant nutrition. *Soil Sci. Bulletin*, Natal, Pietermaritzburg South, v. 1, p. 1-130, 1973.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS/UFV, 2007. p. 376-470.
- CARVALHO, M. C. S., BERNARDI, A. C. C. Resposta do algodoeiro à adubação potássica. In: YAMADA, T., ROBERTS, T. L. *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba: POTAFOS, 2005. 841p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. *Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, setembro 2009*. Brasília : Conab, 2009. 39p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos Rio de Janeiro. *Sistema brasileiro de*

- classificação de solos*. Brasília: Embrapa-SPI, Embrapa-CNPS, 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Manual de métodos de análises de solo*. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p.
- ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS/UFV, 2007. p. 551-594.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; PEREIRA, R. *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.
- GOMES, F. P. *Curso de estatística experimental*. 9. ed. Piracicaba: NOBEL, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP. 1981. 430p.
- GUINDANI, R. H. P. *Dris para avaliação do estado nutricional do arroz irrigado no Rio Grande do Sul*. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul.
- JONES, C. A. Proposed modifications for DRIS for interpreting plant analyses. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Philadelphia, v. 12, n. 8, p. 785-794. 1981.
- KURIHARA, C. H. *Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional*. 2004. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Departamento de Solos – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- LORENZI, H. *Manual de identificação e de controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional*. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 379p.
- MALAVOLTA, E. A.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: POTAFOS. 1997, 201p.
- MARUR, C. J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. *Rev. Ol. Fibrós.*, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 313-317, 2001.
- PERVEZ, H.; ASHRAF, M.; MAKHDUM, M. I. Effects of potassium rates and sources on fiber quality parameters in four cultivars of cotton grown in aridisols. *Journal of Plant Nutrition.*, Philadelphia, v. 27, n. 12, p. 2235-2257, 2004.
- PERVEZ, H.; ASHRAF, M.; MAKHDUM, M. I. Influence of potassium rates and sources on seed cotton yield and yield components of some elite cotton cultivars. *Journal of Plant Nutrition.*, Philadelphia, v. 27, n. 7, p. 1295-1317, 2004.
- RAIJ, B. VAN.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônômico. 2001. 285p.
- REIS JUNIOR, R. A.; MONNERAT, P. H. DRIS norms validation for sugarcane crop. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 38, n. 3, p. 379-385, 2003.
- SILVA, M. A. C. *Métodos de avaliação do estado nutricional do algodoeiro no centro-oeste do Brasil*. 2006. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Departamento de Produção Vegetal. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, São Paulo.
- SILVA, N. M., RAIJ, B. V. Fibrósas. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). *Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agrônômico, Fundação IAC, 1996. p. 107-111. (Boletim Técnico, n. 100).
- SNOECK, J. *Caféier*. In: MARTIN-PRÉVEL, P.; GAGNARD, J.; GAUTIER, P. *L'Analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes*. Paris: Technique et Documentatin-Lavousier, 1984. p. 473-495.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.
- SUMNER, M. E. Application of beaufils diagnostic indices to corn data published in literature irrespective of age and conditions. *Plant and Soil*, New York, v. 46, p. 359-363. 1977.
- SVENSON, G. A., KIMBERLEY, M.O. Can DRIS improve diagnosis of nutrient deficiency in *Pinus raticulata*? *N. Z. J. For. Sci.*, Madison, v. 18, n. 1, p. 33-42, 1988.
- WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Adv. Soil Sci.*, Georgetown, v. 6, p. 149-88. 1987.
- ZEHLER, E. KREIPE, H.; GETHING, P. A. *Sulfato de potássio e cloreto de potássio: sua influência na produção e na qualidade das plantas cultivadas*. Campinas: Fundação Cargil, 1986, 111p.