

**FONTES DE POTÁSSIO NA ADUBAÇÃO DE COBERTURA DO
ALGODOEIRO – PRODUTIVIDADE, DIAGNOSE FOLIAR,
QUALIDADE DE FIBRAS E ANÁLISE ECONÔMICA**

FÁBIO RAFAEL ECHER

**FONTES DE POTÁSSIO NA ADUBAÇÃO DE COBERTURA DO
ALGODOEIRO – PRODUTIVIDADE, DIAGNOSE FOLIAR,
QUALIDADE DE FIBRAS E ANÁLISE ECONÔMICA**

FÁBIO RAFAEL ECHER

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Agronomia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. José Salvador Simoneti Foloni

361.83 E18f	Echer, Fábio Rafael. Fontes de potássio na adubação de cobertura do algodoeiro – produtividade, diagnose foliar, qualidade de fibras e análise econômica / Fábio Rafael Echer. – Presidente Prudente: [s.n.], 2008. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE: Presidente Prudente – SP, 2008. Bibliografia 1. Algodão, Fontes de potássio. 3. Algodão, qualidade e produtividade. 4. Algodão, custo de produção. I. Título.
----------------	--

FÁBIO RAFAEL ECHER

Fontes de potássio na adubação de cobertura do algodoeiro – produtividade, diagnose foliar, qualidade de fibras e análise econômica

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Presidente Prudente, 28 de outubro de 2008.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Salvador Simoneti Foloni
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente - SP

Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan
Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE
Presidente Prudente - SP

Prof. Dr. Marcos Antônio Camacho da Silva
Universidade do Estado do Mato Grosso do Sul – UEMS
Aquidauana - MS

DEDICATÓRIA

Dedico essa monografia aos que buscam por meio da pesquisa e do trabalho, soluções aplicáveis, de cunho prático, economicamente viáveis e que realmente resolvam os problemas enfrentados pelos agricultores em seu cotidiano, especialmente aos cotonicultores brasileiros.

AGRADECIMENTOS

Ao Grupo Bom Futuro, por acreditar em meu potencial, e pela oportunidade de evolução técnica e pessoal proporcionada.

Aos meus familiares, em especial à Edilse, minha mãe, e aos meus irmãos Maico, Michel e Fausto, que, sempre acreditaram e apoiaram minhas vontades e idéias.

Ao Professor Dr. José Salvador Simoneti Foloni, antes de Mestre um bom amigo, pelos valiosos ensinamentos, pela dedicação e pela orientação.

A Gracielle, que sempre esteve ao meu lado, apoiando minhas decisões e me confortando nos momentos de indecisão e de angústia, e por todo amor e carinho á mim dedicados.

Aos funcionários do Grupo Bom Futuro: Fazenda Santa Luzia; Escritório de Sapezal; Algodoeira Bom Futuro e ao Escritório de Rondonópolis, sem os quais seria impossível concluir esse projeto.

Ao colega e amigo Júlio Dominato que nunca mediu esforços ao trabalho; e com certeza será uma dupla que deixará lembranças.

Aos amigos e colegas de Mestrado Diego, Satto e Luciana pela amizade e pelos bons momentos compartilhados durante esses anos.

Aos amigos Renato Scariot e Wilian Oliveira pela ajuda concedida na colheita do experimento.

Aos Professores Carlos Sérgio Tiritan e José Eduardo Creste por todo apoio fornecido nas diversas atividades desenvolvidas no decorrer do curso e pelos ensinamentos nas áreas de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas.

Ao Dr. Marcos Antonio Camacho da Silva pela participação na banca examinadora.

Aos Professores do Mestrado em Agronomia da Unoeste, Nelson, Ceci, Tadeu, Gustavo, Kronka, pelo conhecimento adquirido em suas respectivas áreas de conhecimento.

A Keid, secretária do Mestrado, excelente profissional, pelo trabalho burocrático desenvolvido.

“É errado supor que o agricultor aduba para aumentar a produtividade das suas terras ou ainda para melhorar o abastecimento do país de alimentos e de matérias-primas vegetais. Fundamentalmente o agricultor aduba para aumentar a sua receita líquida, para melhorar o seu padrão de vida, para ganhar mais dinheiro. O aumento de produtividade proporcionado pelo adubo só será vantajoso para o agricultor e para a nação se tiver sentido econômico”.

Frederico Pimentel Gomes

RESUMO GERAL

Fontes de potássio na adubação de cobertura do algodoeiro – produtividade, diagnose foliar, qualidade de fibras e análise econômica

Conduziu-se um experimento em lavoura comercial de algodão, em Sapezal – MT, no ano agrícola 2007/2008, com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes fontes de potássio na adubação de cobertura, sobre atributos biométricos, componentes de produção, qualidade de fibras, viabilidade econômica e sobre o estado nutricional do algodoeiro. O delineamento utilizado foi o de blocos completos ao acaso, com cinco repetições, cujos tratamentos constaram da aplicação em cobertura de 100 kg ha⁻¹ de K₂O nas fontes KCl, K₂SO₄, KNO₃ e K₂SO₄.2MgSO₄. Avaliaram-se os teores de nutrientes nas folhas de algodão no florescimento, sendo interpretados pelo método do nível crítico e pelo DRIS. 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 foi maior com a utilização do adubo K₂SO₄.2MgSO₄. 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 K₂SO₄.2MgSO₄. A adubação potássica de cobertura com a fonte K₂SO₄.2MgSO₄ proporcionou a maior altura de plantas e a produtividade agrícola mais elevada, porém, estes resultados não se confirmaram em aumentos de qualidade de fibra e rentabilidade econômica do algodão. Em razão do menor custo, o fertilizante KCl é a fonte de K mais viável economicamente para a cobertura na lavoura de algodão.

Palavras chaves: *Gossypium hirsutum*, nível crítico, DRIS, peso do capulho, índice de ágio, receita líquida.

ABSTRACT GERAL

Sources of potassium in cover fertilization for cotton crops - biometric attributes, production components, fiber quality and economic analysis

An experiment was carried out on a commercial cotton crop, in Sapezal – MT, in farm year 2007/2008, with the objective of evaluating the effect of different sources of potassium in cover fertilization, on biometric attributes, production components, quality of fibers, economic viability and the nutritional status of cotton plants. The outline used was complete blocks at random, with five repetitions, whose treatments were comprised of cover application of 100 kg ha⁻¹ of K₂O from sources KCl, K₂SO₄, KNO₃ and K₂SO₄.2MgSO₄. The nutrient content found in the cotton leaves at blooming was evaluated, being interpreted by the critical level method and by the DRIS method. Both critical level method and DRIS were efficient in detecting differences in leaf nutrient contents and, the content of S in cotton leaves was highest for applications of fertilizer with K₂SO₄.2MgSO₄. IBN was coherent between its values and the productivity of the treatments, with the highest productivities being obtained with the lowest IBN in potassium cover fertilization with the source K₂SO₄.2MgSO₄. Potassium based fertilization of the cover with source K₂SO₄.2MgSO₄ afforded highest plant height and higher agricultural productivity, however, these results were not confirmed by increased fiber quality and economic profitability of the cotton crop. Given its lower cost, KCl is the most economically viable source of fertilizer K for cover of cotton crops.

Key words: *Gossypium hirsutum*, critical level, DRIS, boll weight, goodwill rate, net income.

SUMÁRIO

1 ARTIGO I: FONTES DE POTÁSSIO NA ADUBAÇÃO DE COBERTURA DO ALGODOEIRO: ATRIBUTOS BIOMÉTRICOS, COMPONENTES DE PRODUÇÃO, QUALIDADE DE FIBRAS E ANÁLISE ECONÔMICA.....	10
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
1.1 Introdução.....	12
1.2 Material e Método.....	14
1.3 resultados e Discussão.....	18
1.4 Conclusões.....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
2 ARTIGO II: FONTES DE POTÁSSIO NA ADUBAÇÃO DE COBERTURA DO ALGODOEIRO: DIAGNOSE FOLIAR E RELAÇÕES ENTRE NUTRIENTES.....	33
RESUMO.....	33
ABSTRACT.....	34
2.1 Introdução.....	35
2.2 Material e Método.....	38
2.3 resultados e Discussão.....	42
2.4 Conclusões.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

1 ARTIGO II: FONTES DE POTÁSSIO NA ADUBAÇÃO DE COBERTURA DO ALGODOEIRO: ATRIBUTOS BIOMÉTRICOS, COMPONENTES DE PRODUÇÃO, QUALIDADE DE FIBRAS E ANÁLISE ECONÔMICA

RESUMO

Conduziu-se um experimento em lavoura comercial de algodão, em Sapezal – MT, no ano agrícola 2007/2008, com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes fontes de potássio na adubação de cobertura, sobre atributos biométricos, componentes de produção, qualidade de fibras e viabilidade econômica. O delineamento utilizado foi o de blocos completos ao acaso, com cinco repetições, cujos tratamentos constaram da aplicação em cobertura de 100 kg ha⁻¹ de K₂O nas fontes KCl, K₂SO₄, KNO₃ e K₂SO₄.2MgSO₄. A adubação potássica de cobertura com a fonte K₂SO₄.2MgSO₄ proporcionou a maior altura de plantas e a produtividade agrícola mais elevada, porém, estes resultados não se confirmaram em aumentos de qualidade de fibra e rentabilidade econômica do algodão. Em razão do menor custo, o fertilizante KCl é a fonte de K mais viável economicamente para a cobertura na lavoura de algodão.

Palavras chaves: *Gossypium hirsutum*, peso do capulho, índice de ágio, receita líquida.

ABSTRACT

An experiment was carried out on a commercial cotton crop, in Sapezal – MT, in farm year 2007/2008, with the objective of evaluating the effect of different sources of potassium in cover fertilization, on biometric attributes, production components, quality of fibers and economic viability. The outline used was complete blocks at random, with five repetitions, whose treatments were comprised of cover application of 100 kg ha^{-1} of K_2O from sources KCl , K_2SO_4 , KNO_3 and $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$. Potassium based fertilization of the cover with source $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ afforded highest plant height and higher agricultural productivity, however, these results were not confirmed by increased fiber quality and economic profitability of the cotton crop. Given its lower cost, KCl is the most economically viable source of fertilizer K for cover of cotton crops.

Key words: *Gossypium hirsutum*, boll weight, goodwill rate, net income.

1.1 Introdução

Os solos do cerrado brasileiro são na grande maioria ácidos e pobres em nutrientes, cujas quantidades de potássio (K) são geralmente baixas para suprir a demanda das culturas agrícolas, como por exemplo o algodão, que pode apresentar taxa de extração do nutriente da ordem de $5,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de K no decorrer das fases de florescimento e frutificação (CASSMAN et al., 1993).

O manejo da adubação potássica em relação a doses, modos, épocas e fontes a serem utilizadas, deve ser considerado em função da demanda da cultura, do preço do fertilizante, do efeito salino sobre as plantas na instalação das lavouras e do potencial de perdas (principalmente por lixiviação) que os solos tropicais apresentam (CARVALHO; BERNARDI, 2005).

O crescimento meristemático e a extensão das células vegetais são dependentes do K, pois há relação muito íntima entre o alongamento celular e a concentração de K nas folhas, ou seja, fitorreguladores que estimulam o processo de alongamento celular são altamente dependentes de níveis adequados de K nos tecidos vegetais (CAKMAK, 2005).

As fibras do algodoeiro têm suas características qualitativas afetadas positivamente pelo suprimento adequado de K, pois este nutriente regulariza o ciclo da cultura, mantém a área foliar e proporciona maior deposição de celulose nas paredes internas das fibras, com melhora acentuada no índice micronaire (CARVALHO et al., 2006). No entanto, o comprimento das fibras geralmente não é beneficiado pela adubação potássica, porém, o número de fibras curtas diminui, acarretando no processo de torção, fios mais resistentes (SILVA et al., 1984). Trabalhos de pesquisa têm demonstrado a importância do manejo da adubação potássica na lavoura de algodão, com aumento do peso médio de capulhos e de sementes, uniformidade de fibras, maturidade e incrementos no índice micronaire (NASCIMENTO JÚNIOR et al., 2000; SABINO et al., 1995).

De acordo com a Agência Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), em 2007 as importações representaram cerca de 74% do suprimento de fertilizantes. Em

relação ao potássio, esse número é ainda maior, pois em torno de 3,86 milhões de toneladas (92% do consumo) desse nutriente é importado.

Dentre os fertilizantes minerais potássicos disponíveis no mercado brasileiro, o cloreto de potássio (KCl) predomina, devido a maior oferta e por apresentar melhor relação custo-benefício. Além do KCl, o K_2SO_4 (sulfato de potássio), o KNO_3 (nitrato de potássio) e o $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ (sulfato de potássio e magnésio) são outras fontes de K bastante utilizadas em diversos segmentos da agricultura brasileira (ERNANI et al., 2007). O uso do KNO_3 em algodoeiro está restrito à adubação foliar, devido principalmente ao elevado custo, sendo escassos os trabalhos cuja adubação se deu via solo (ROSOLEM; WITACKER, 2007; FREITAS, et al., 2007).

A eficiência das fontes de K na produção e na qualidade de fibra do algodoeiro tem sido estudada por alguns autores (PERVEZ et al., 2004a; PERVEZ et al., 2004b; MAKHDUM et al., 2006), em que o K aplicado na forma de sulfato propiciou maior produtividade de plumas, aliada à melhor qualidade de fibras. No entanto, Malik et al. (1988) não observaram diferenças na qualidade de fibras do algodão em razão da aplicação de K nas formas de cloreto e sulfato.

Um dos sérios problemas do uso de altas doses de K na forma de KCl é o aumento da salinidade na região da rizosfera, diminuindo o potencial osmótico na solução do solo, o que dificulta a absorção de água pelas raízes, além disso, geralmente há forte acúmulo de Cl nas folhas de plantas adubadas com KCl, o que pode afetar processos fisiológicos importantes (LAZOF; BERNSTEIN, 1999).

A adição de 250 kg ha^{-1} de K_2O na forma de KCl triplicou o teor de Cl no solo, em relação à ausência de KCl, com lixiviações de Cl a profundidades de 30-60 cm no perfil, reduzindo também a taxa de fotossíntese líquida e o uso eficiente da água (MAKHDUM et al., 2006). Outro problema pouco verificado, mas não menos importante, é a utilização de altas doses de KCl em solos ácidos, que pode causar fitotoxidez de Mn, pelo fato do Cl tornar o Mn mais disponível (IPI, 1973). No trabalho de Zehler et al. (1986), comparando-se doses e fontes de K, o fornecimento de 70 kg ha^{-1} de K_2O na fonte $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ proporcionou incrementos de produtividade no algodão superiores às fontes KCl e K_2SO_4 .

O objetivo do trabalho foi de avaliar a produtividade, a qualidade de fibras e a rentabilidade da lavoura de algodão submetida a diferentes fontes de K na adubação de cobertura.

1.2 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, na Fazenda Santa Luzia, pertencente ao Grupo Bom Futuro, distante a aproximadamente 25 km do município de Sapezal - MT, com coordenadas geográficas da área experimental 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, de setembro de 2007 a junho de 2008, está apresentada na Figura 1.

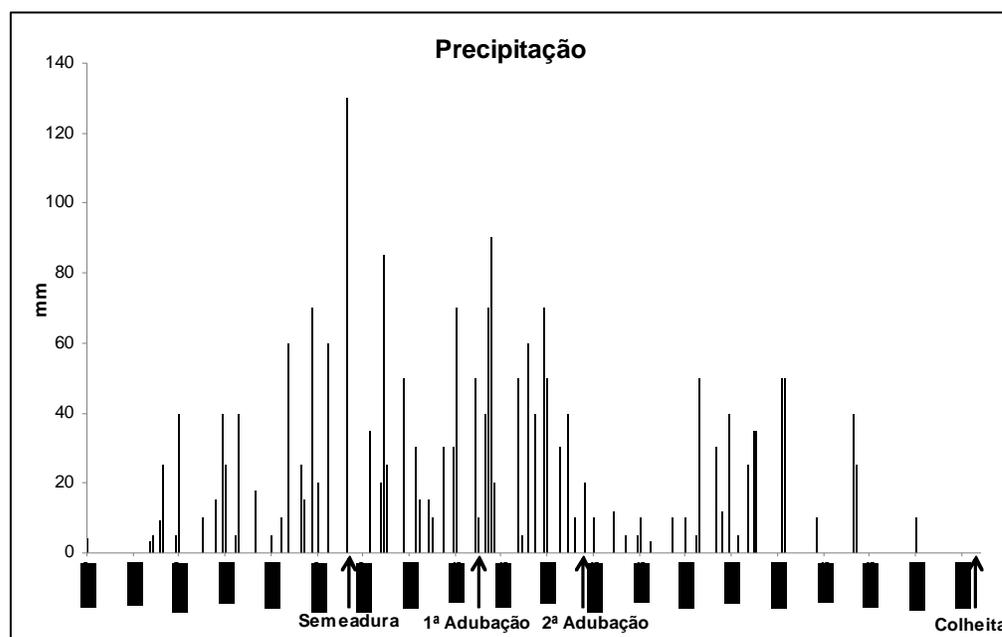


FIGURA 1 - Precipitação pluvial durante a condução do experimento, e datas da semeadura do algodão, primeira e segunda adubação potássica de cobertura, e colheita. (Fonte: Fazenda Santa Luzia, Sapezal-MT, 2008)

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (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⁻¹ de areia, 116 g kg⁻¹ de silte e 808 g kg⁻¹ de argila.

No dia 05/09/2007 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 (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹) 4,7 e 4,4; 40 e 22 g dm⁻³ de MO; 15 e 3 mg dm⁻³ de P_{resina}; 56 e 45 mmol_c dm⁻³ de H+Al; 2 e 1,7 mmol_c dm⁻³ de K; 52 e 15 mmol_c dm⁻³ de Ca; 30 e 10 mmol_c dm⁻³ de Mg; 84 e 27 mmol_c dm⁻³ de SB; 140 e 72 mmol_c dm⁻³ de CTC; saturação por bases (V) de 60% e 37%; 19,7 e 75,7 mg dm⁻³ de S; 1,3 e 0,2 mg dm⁻³ de Mn; 48,5 e 27,6 mg dm⁻³ de Fe; 1,2 e 0,5 mg dm⁻³ de Cu; 0,7 e 0,1 mg dm⁻³ de Zn e 0,13 e 0,13 mg dm⁻³ de B.

A área recebeu calagem superficial a lanço antes da instalação do experimento, em setembro de 2007, com a utilização de 2 t ha⁻¹ 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⁻¹ de superfosfato simples mais micronutrientes (60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 6,6 kg ha⁻¹ de Zn, 6,6 kg ha⁻¹ de Mn, 0,5 kg ha⁻¹ de Cu e 2 kg ha⁻¹ de B).

Em 09/10/2007 foi realizada a semeadura a lanço do milho (*Pennisetum glaucum* L. cv. comum), com 27 kg ha⁻¹ de sementes (70% de VC) e incorporação com grade niveladora, para produção de palhada visando a posterior instalação do algodão no SPD. Aos 50 dias após a emergência do milho, fez-se a dessecação química da área para permitir a semeadura da lavoura comercial.

A semeadura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.), cultivar FMT 701, foi realizada em 13/12/2007, com semeadora-adubadora motomecanizada desenvolvida para o SPD, utilizando-se 131.578 sementes viáveis ha⁻¹, no espaçamento entrelinhas de 0,76 m. A emergência da lavoura ocorreu em 18/12/2007, e por ocasião da colheita determinou-se a densidade final de 107.887 (± 6836) plantas ha⁻¹, de acordo com a média populacional das unidades experimentais.

A adubação de instalação do algodão seguiu os procedimentos da lavoura comercial, em que foram aplicados no sulco de semeadura 27 kg ha⁻¹ de N (uréia), 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Superfosfato triplo) e 2,4 kg ha⁻¹ de B (Borogran), baseado em recomendações de Sousa e 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 K₂O ha⁻¹ na fonte KCl granulado, com equipamento motomecanizado. As adubações supracitadas seguiram os procedimentos adotados na lavoura comercial de algodão em que o experimento foi inserido.

A adubação nitrogenada de cobertura na área experimental foi realizada por meio de aplicações manuais a lanço sobre a palhada, nas entrelinhas da cultura, com a fonte uréia. Foram aplicadas duas doses de 50 kg ha⁻¹ de N, aos 21 DAE (estágio fenológico V4) e 48 DAE do algodão (estágio fenológico B3), nos dias 07/01/2008 e 04/02/2008, respectivamente, e uma terceira dose de 30 kg ha⁻¹ de N aos 66 DAE, no dia 22/02/2008, correspondendo ao estágio fenológico F2, de acordo com descrição fenotípica de Marur e Ruano (2001). Foi realizada uma aplicação foliar com 200 g ha⁻¹ de Mn na fonte Mangan (10% de Mn), em 17/03/2008, aos 91 DAE do algodão.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso, com cinco repetições, constituindo os seguintes tratamentos: adubação potássica de cobertura com 100 kg ha⁻¹ de K₂O nas fontes cloreto de potássio (60% K₂O, 48% Cl e índice salino de 115), sulfato de potássio (50% K₂O, 17% S e índice salino de 46), nitrato de potássio (44% K₂O, 14% N e índice salino de 31) e sulfato de potássio e magnésio (22% K₂O, 11% MgO, 22% S e índice salino de 43). 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 adubos potássicos foram aplicados manualmente a lanço, sobre a palhada nas entrelinhas da cultura, sendo parcelados em duas doses de 50 kg ha⁻¹ de K₂O, aos 33 e 66 DAE (21/01 e 22/02/2008), correspondente aos estágios fenológicos B2 e F2 (MARUR; RUANO, 2001). Dentre os nutrientes acompanhantes que foram adicionados nos tratamentos com diferentes fontes de K, apenas o N foi deduzido da

adubação nitrogenada nas parcelas que receberam KNO_3 . Este procedimento foi adotado, pois, de acordo com as recomendações de Silva e Raij (1996) e Sousa e Lobato (2004), preconizam-se somente aplicações de N e K para as adubações de cobertura do algodão.

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

As avaliações de atributos biométricos, componentes de produção e a colheita dos capulhos foram realizadas aos 185 DAE. Para a determinação da altura de plantas e do número de nós nos caules do algodão, foram escolhidas aleatoriamente 20 plantas na área útil das parcelas experimentais, sendo considerada a medida entre a superfície do solo até a inserção do último nó no ápice dos caules.

O peso médio de capulhos foi determinado a partir de amostragens feitas em 10 plantas por parcela, escolhidas aleatoriamente, sendo colhidos três ramos por planta, um em cada uma das posições denominadas de terços inferior, médio e superior do dossel vegetal. O terço inferior correspondeu aos ramos frutíferos inseridos até o terceiro nó na haste principal a partir do colo das plantas, o terço médio correspondeu aos ramos frutíferos inseridos entre o quarto e o décimo primeiro nó na haste principal, e os ramos frutíferos acima do décimo segundo nó na haste principal foram considerados como sendo do terço superior.

Posteriormente, as plumas em caroço dos capulhos de cada porção do dossel tiveram suas massas determinadas, e consideraram-se essas amostras na quantificação da produtividade dos tratamentos experimentos. Após as avaliações dos atributos biométricos, fez-se a colheita 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 descaroçadas e submetidas as seguintes avaliações de qualidade: rendimento de fibras descaroçadas (RF), comprimento de fibras (UHM), índice micronaire (MIC), uniformidade do comprimento das fibras (UI), resistência de

fibra, alongação de fibras (ELG), índice de fibras curtas (SFC), grau de reflexão (RD), grau de amarelamento (b+) e fiabilidade do algodão (CSP), de acordo com metodologia de Santana et al. (1998).

O estudo econômico constou da determinação do custo de produção, da receita bruta e da receita líquida da lavoura de algodão, seguindo a metodologia de Antunes e Engel (1999). Os valores de insumos e operações agrícolas, que compuseram os custos variáveis, foram fornecidos pela empresa Grupo Bom Futuro, de acordo com o mercado regional de Sapezal - MT na safra 2007/2008, e para os custos fixos utilizou-se os coeficientes indicados por Richetti (2007), para a safra 2007/2008 no município de Sapezal - MT.

Os valores dos fertilizantes potássicos foram calculados considerando-se a dose de 100 kg ha^{-1} de K_2O a ser aplicada na lavoura, com preço de frete estimado em R\$ 100,00 por tonelada de adubo de acordo com os padrões regionais de Sapezal – MT. Os componentes de ágio e deságio para formação do valor comercial do algodão, de acordo com os componentes de qualidade supracitados, seguiram os padrões da Conab (2008) para safra 2007/2008.

Os dados originais foram submetidos à análise de variância, e os resultados que apresentaram diferenças significativas pelo teste F até 5% de significância, tiveram suas médias comparadas pelo teste t a 5% de significância.

1.3 Resultados e Discussão

As diferentes fontes de potássio aplicadas em cobertura apresentaram efeito significativo sobre o número de nós na haste principal e altura de plantas, sendo a adubação com $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ a que proporcionou o maior porte de plantas de algodão (Tabela 1).

TABELA 1 - Componentes de produção do algodoeiro em função da variação da fonte na adubação potássica de cobertura

Adubo	Número de nós	Altura da planta (cm)	Número de capulhos/ramo frutífero			Peso do capulho (g)			Produtividade (kg ha ⁻¹)		Rendimento de Fibra (%)
			1/3 Inferior	1/3 Médio	1/3 Superior	1/3 Inferior	1/3 Médio	1/3 Superior	caroço	pluma	
K ₂ SO ₄	15,88	b 108,12	b 2,00	1,60	1,08	b 5,20	5,76	a 5,51	4995,00	ab 2199,60	ab 44,05
K ₂ SO ₄ .2MgSO ₄	17,26	a 115,97	a 2,36	1,72	1,26	a 5,07	5,65	a 5,53	5710,52	a 2518,20	a 44,06
KNO ₃	15,84	b 107,43	b 2,04	1,64	1,10	b 4,99	5,19	b 5,19	4726,65	b 2092,35	b 44,27
KCl	15,62	b 106,09	b 2,30	1,72	1,22	a 5,06	5,61	a 5,58	5408,77	ab 2379,00	ab 44,03
Análise de Variância	Número de nós	Altura da planta (cm)	Número de capulhos/ramo frutífero			Peso do capulho			Produtividade (@ ha ⁻¹)		Rendimento de Fibra (%)
			1/3 Inferior	1/3 Médio	1/3 Superior	1/3 Inferior	1/3 Médio	1/3 Superior	caroço	pluma	
-----Valores de F calculado-----											
Adubo	2,56*	5,26**	0,81 ^{ns}	0,61 ^{ns}	4,08*	0,205 ^{ns}	3,91*	0,935 ^{ns}	1,31*	1,28*	0,096 ^{ns}
CV (%)	5,5	3,97	14,44	14,37	8,4	8,38	5,06	7,51	13,2	13,00	1,84
DMS	1,23	5,98	0,65	0,64	0,1	0,58	0,38	0,56	922	407,47	1,11

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. ns: não significativo. CV: coeficiente de variação. DMS: Diferença mínima significativa.

O número de capulhos por ramo frutífero no 1/3 superior do dossel do algodão também foi significativamente maior nas parcelas adubadas com $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ e KCl, em comparação às adubações com KNO_3 e K_2O (Tabela 1).

De acordo com Nunes e Pitombeira (1994), a altura das plantas de algodão tem correlação positiva e altamente significativa com a produtividade de plumas, o mesmo ocorre com o número de ramos frutíferos/planta, e, ou o de capulhos/ramo quando correlacionados com a produtividade da cultura. No trabalho de FOLONI et al. (2004), fizeram-se avaliações de rendimento de pluma em diferentes ramos de plantas de algodão, e constatou-se que os capulhos foram distribuídos, em média, em 19,50%, 63,00% e 17,50%, respectivamente, nos terços superior, médio e inferior do dossel, evidenciando que incrementos no terço superior do dossel vegetal são importantes.

Rosolem (2001) cita que quanto mais alta for a posição do capulho na planta, e quanto mais afastado estiver em relação à haste principal, menores serão sua massa e seu rendimento de beneficiamento. FOLONI et al. (2004) avaliaram diferentes estratégias de aplicação de K na lavoura de algodão, e não observaram diferenças significativas no número de capulhos contidos nos terços inferior, médio e superior do dossel de plantas.

Houve diferença significativa para a massa de capulhos somente no terço médio do dossel das plantas de algodão, sendo a adubação com KNO_3 a que acarretou no menor peso da estrutura reprodutiva (Tabela 1). A importância da parte mediana do dossel das plantas de algodão na composição da produtividade foi demonstrada por Rosolem (2001) e FOLONI et al. (2004), com participações acima de 60% no rendimento total da lavoura.

Não houve efeito das fontes de K sobre o rendimento de beneficiamento do algodão, com média geral da ordem de 44,10% para todos os tratamentos (Tabela 1). No trabalho de Rosolem e Witacker (2007), não foram observadas diferenças no rendimento de beneficiamento de fibras do algodão em razão da adubação potássica via foliar com nitrato de potássio. Staut e Athayde (1999) também não constataram alterações no rendimento de beneficiamento do algodão submetido a diferentes doses de P e K no manejo da adubação.

No entanto, Carvalho et al. (2001) observaram que o rendimento de fibras foi afetado pela aplicação foliar de KCl. Em outro estudo, Carvalho e Bernardi (2005) concluíram que as doses de K_2O aplicadas ao solo afetaram o rendimento de fibras, sendo o máximo de rendimento econômico de 39,3%, alcançado com a dose de 143 kg ha^{-1} de K_2O .

As produtividades de algodão em caroço e pluma foram significativamente superiores para a adubação de cobertura com $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$. A menor produtividade no adubo KNO_3 está associada ao menor peso das estruturas reprodutivas no terço médio da planta (Tabela 1), pois a produtividade é função da quantidade e do peso das estruturas reprodutivas (NUNES; PITOMBEIRA, 1994).

De acordo com Mengel e Kirkby (2001), existe um indicativo de que a adubação com fertilizantes à base de nitrato pode competir com a redução do CO_2 , ou seja, no caso do algodoeiro que apresenta metabolismo fotossintético via C3, de eficiência relativamente baixa, e qualquer fator que exerça competição pode afetar a produção de foto-assimilados e o rendimento da cultura (BELTRÃO; AZEVEDO, 1993).

De acordo Carvalho et al. (2006), a adubação com altas doses de K tende a diminuir a absorção de nutrientes catiônicos, especialmente de Mg, e pode ter ocorrido deficiência deste nutriente no presente experimento, sobretudo na fase de formação das maçãs.

A adubação no tratamento com $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$, além do K adicionado, forneceu o equivalente a 100 kg ha^{-1} de S e a 50 kg ha^{-1} de MgO, e esse aporte de íons acompanhantes pode ter sido responsável por um melhor desenvolvimento das estruturas reprodutivas e culminou em maior produtividade, já no tratamento com K_2SO_4 , além do K, adicionou-se 34 kg ha^{-1} de S. Para o KCl, a quantidade de Cl adicionada em cobertura foi de $79,68 \text{ kg ha}^{-1}$, além dos 64 kg ha^{-1} de Cl adicionados na semeadura, comum para todos os tratamentos. No caso do KNO_3 , a quantidade de N adicionada como íon acompanhante ao K foi de $31,81 \text{ kg ha}^{-1}$, porém, essa quantidade foi deduzida da adubação nitrogenada de cobertura nessa fonte.

Uma das funções Cl^- no metabolismo vegetal é como íon acompanhante, pois mantém o balanço de cargas elétricas nas membranas celulares (MALAVOLTA et

al., 1997), no entanto, a absorção de Cl^- é inibida competitivamente pela presença de NO_3^- e SO_4^{2-} na solução do solo, e vice-versa.

No estudo de Silva et al. (1985), as produtividades dos algodoeiros adubados com KCl e K_2SO_4 foram semelhantes, com pequena vantagem para o KCl. Por outro lado, Pervez et al. (2004) avaliaram interações das fontes KCl e K_2SO_4 , de doses e cultivares, e verificaram que a maior produtividade de algodão em caroço (204 @ ha^{-1}) foi obtida com o cultivar CIM 448, na dose de 250 kg ha^{-1} de K_2O na forma de K_2SO_4 . Para a média geral das doses e dos cultivares estudados, os autores supracitados constataram que o K_2SO_4 foi estatisticamente superior ao KCl em cerca de 5%, sendo este efeito atribuído ao nutriente acompanhante SO_4^{2-} , o que refletiu em aumento no número de capulhos por planta, com incrementos expressivos no rendimento da lavoura.

Nesse sentido, Makhdum et al. (2006) e Pervez et al. (2005) argumentam que a eficiência da frutificação em plantas de algodão submetidas a diferentes fontes e doses de K foi maior na fonte K_2SO_4 , que proporcionou maior tempo de frutificação, maior retenção de maçãs e incremento de produtividade de capulhos. Também no trabalho de MAKHDUM et al. (2006) constatou-se que a adubação com 250 kg ha^{-1} de K_2O na forma de KCl causou efeitos negativos como a diminuição da taxa de fotossíntese líquida, a transpiração, o uso eficiente da água, o potencial osmótico e o potencial de turgor, comparado ao K fornecido via K_2SO_4 .

Giroto (1985), concluiu que a aplicação de 20 kg ha^{-1} de S na lavoura de algodão na forma de $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ proporcionou aumento de produtividade da ordem de 8% em relação à testemunha com ausência de S, evidenciando a importância do S na adubação de cobertura do algodoeiro.

Em outras culturas mais sensíveis ao Cl, a utilização de fertilizante potássico na forma de sulfato apresentou melhores resultados, como foi para a batata no trabalho de Pauletti e Menarim (2004), e para o café nos experimentos de Silva et al. (1999) e Silva et al. (2002). Campos (1985) observou que a adubação da soja com a fonte $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$, principalmente devido à adição de S e Mg, proporcionou incrementos da ordem de 17% na produtividade de grãos e de 9% no teor de óleo dos grãos.

De maneira geral, não houve influência das diferentes fontes de K sobre as características tecnológicas do algodão, com exceção para a uniformidade do comprimento de fibras (UI), que foi significativamente superior com a fonte K_2SO_4 (Tabela 2).

TABELA 2 - Características tecnológicas da fibra do algodoeiro em função da variação na fonte na adubação potássica de cobertura

Adubo	UHM	MIC	UI	STR	ELG	b+	RD	SFC	CSP
K_2SO_4	28,8	4,70	85,5 a	30,6	6,6	6,6	78,0	5,6	2272
$K_2SO_4.2MgSO_4$	29,5	4,52	82,9 b	30,9	6,5	7,0	77,7	6,3	2276
KNO_3	29,5	4,74	85,2 ab	31,0	6,2	6,8	77,7	5,5	2281
KCl	29,8	4,86	84,8 ab	31,6	6,3	6,9	77,2	5,3	2254
Média	29,40	4,70	84,85	31,03	6,44	6,87	77,68	5,68	2271
FMT 701	29,34	4,56	83,12	29,51	5,85	8,10	87,16	8,56	-
Anal. Variância	------(F calculado)-----								
	-								
Adubo	0,503 ⁿ _s	1,14 ^{ns}	1,99*	0,77 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,22 ^{ns}
CV (%)	4,28	6,26	1,30	3,39	7,57	5,08	1,61	25,76	2,49
DMS	1,73	0,40	1,52	1,44	0,67	0,48	1,72	2,01	77,86

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. UHM: Comprimento (mm); MIC: Índice micronaire; UI: Uniformidade; SFC: Índice de fibras curtas; STR: Resistência (g/tex); ELG: Alongamento à ruptura (%); RD: Reflectância (%); +b: grau de amarelo, sem umidade; CSP: Índice de fiabilidade.

No trabalho de Pervez et al. (2004), o K na forma de K_2SO_4 proporcionou maior uniformidade de comprimento de fibras em relação às adubações com KCl e $K_2SO_4.2MgSO_4$. Malik et al. (1988) não observaram diferenças significativas nos parâmetros qualitativos da fibra de algodão submetido a aplicação de K nas formas de K_2SO_4 e KCl.

No trabalho de Pervez et al. (2004) observou-se que o K na forma de K_2SO_4 apresentou incrementos de 1,1% no comprimento de fibras, de 2,5% no índice

micronaire, de 2,2% no alongamento de fibras, na reflectância (RD) e na resistência. No entanto, os autores não observaram diferença no grau de amarelo (b+), corroborando com os resultados do presente trabalho, onde não evidenciou-se diferenças significativas sobre esse parâmetro qualitativo.

O valor do ágio foi maior para o algodão adubado com KNO_3 , com índice de R\$ 3,03 kg^{-1} de pluma (Tabela 3).

TABELA 3 - Índices de ágio e componentes de custo e rentabilidade do algodoeiro em função da variação na fonte na adubação potássica de cobertura

Adubo	Custo da Dose ----- (R\$ ha^{-1})-----	Custo do adubo + frete ----- (R\$ ha^{-1})-----	Ágio (R\$ kg^{-1})*	RB ----- (R\$ ha^{-1})-----	CT ----- (R\$ ha^{-1})-----	RL
K_2SO_4	280,00	300,00	2,99	6579,70	3599,07	2980,62
$\text{K}_2\text{SO}_4.2\text{MgSO}_4$	590,90	636,35	2,96	7465,61	3935,43	3530,18
KNO_3	374,99	397,72	3,03	6667,58	3609,53	3058,05
KCl	207,49	224,16	2,98	7096,29	3523,24	3573,05

*Algodão em pluma. RB: Receita Bruta; CT: Custo Total; RL: Receita líquida.

Porém, quanto maior foi o ágio por qualidade de fibra menor foi a produtividade do algodão. Resultado corroborado por Hoogerheide et al. (2007), que constataram que o incremento de produtividade na lavoura de algodão é inversamente proporcional à qualidade da fibra produzida e vice e versa.

O maior custo de produção foi para a lavoura de algodão adubada com $\text{K}_2\text{SO}_4.2\text{MgSO}_4$, com um valor total da ordem de R\$ 3935,43 ha^{-1} , seguido pela adubação com KNO_3 com R\$ 3609,53 ha^{-1} , K_2SO_4 com R\$ 3599,07 ha^{-1} e KCl, com R\$ 3523,24 ha^{-1} (Tabela 3). O maior custo para a fonte $\text{K}_2\text{SO}_4.2\text{MgSO}_4$ é atribuído ao maior custo do produto e do frete (menor concentração de K),.

Para a receita bruta, resultado do produto da produtividade em pluma pelo índice de ágio, observou-se que a adubação com $\text{K}_2\text{SO}_4.2\text{MgSO}_4$ apresentou maior

receita bruta, de R\$ 7465,61 ha⁻¹, seguida pelo KCl com R\$ 7096,29 ha⁻¹, KNO₃ com R\$ 6667,58 ha⁻¹ e K₂SO₄ com R\$ 6579,70 ha⁻¹. Nos tratamentos com K₂SO₄.2MgSO₄ e KCl, as maiores receitas brutas ocorreram devido às produtividades obtidas, de 2518 e 2379 kg ha⁻¹ de algodão em fibra, respectivamente, já que os índices de ágio foram os menores (Tabela 3).

Na adubação com KNO₃, a receita bruta foi menor devido à menor produtividade apresentada, que foi de 2092 kg ha⁻¹ de algodão em fibra, apesar do índice de ágio ter sido relativamente maior.

Para a receita líquida obtida, observa-se que a fonte KCl proporcionou a maior rentabilidade, com total de R\$ 3573,00 ha⁻¹ (Tabela 3), em função do menor custo do fertilizante, e da alta concentração de K₂O, que reduz o valor do frete.

No trabalho de Hussain et al. (2000) avaliou-se um sistema de produção que envolveu trigo e arroz, e concluiu-se que não houve diferenças significativas na produtividade e o KCl mostrou-se economicamente mais eficiente que o K₂SO₄ em termos de rentabilidade. No entanto, na análise econômica de Pervez et al. (2004), a fonte K₂SO₄ mostrou-se ligeiramente superior ao KCl em termos de rentabilidade.

Bakhsh et al. (1986) estudaram o efeito da aplicação de doses de K₂SO₄ e KCl no trigo submetido a diferentes rotações de culturas, e concluiu-se que o K₂SO₄ apresentou maior viabilidade econômica, apesar da produtividade agrícola ter sido semelhante para ambas as fontes de K. No estudo de KUMAR et al. (2007) a aplicação de KCl gerou maior receita líquida e maior relação benefício:custo que o K₂SO₄ e o KNO₃ na cultura da batata inglesa.

1.4 Conclusões

1. A adubação potássica de cobertura com a fonte K₂SO₄.2MgSO₄ proporcionou o maior porte de plantas e a produtividade agrícola mais elevada, porém, estes resultados não se confirmaram em aumentos de qualidade de fibra e rentabilidade econômica do algodão.

2. Em razão do menor custo, o fertilizante KCl é a fonte de K mais viável economicamente para a cobertura na lavoura de algodão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas**. 7.ed. São Paulo: Livroceres, 2005. 1142 p.

ANTUNES, L. M.; ENGEL, A. **Manual de administração rural**: Custos de produção. Guaíba: Agropecuária, 1999. 196p.

BAKHSH, A.; KHATTAK, J. K.; BHATTI, A. M. Comparative effect of potassium chloride and potassium sulfate on the yield and protein content of wheat in three different rotations. **Plant and Soil**. v. 96, n. 2. p. 273-277. 1986.

BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. **Defasagem entre as produtividades real e potencial do algodoeiro herbáceo**: limitações morfológicas, fisiológicas e ambientais. Campina Grande. EMBRAPA-CNPA, 1993. 108 p. (Documentos, 39).

CAKMAK, I. Protection of plants from detrimental effects of environmental stress factors. In: YAMADA, T., ROBERTS, T. L. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. 841 p.

CAMPOS, R. **Efeitos das fontes e doses de enxofre na cultura da soja (Glycine max L. Merrill)**. 87 p. 1985. TCC (Graduação em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal/UNESP. Jaboticabal.

CARVALHO, M. C. S. et al. **Sugestão de Adubação Potássica do Algodoeiro para o Estado de Goiás** – com Base em Resultados de Pesquisa. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 4 p. (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 269).

CARVALHO, M. C. S.; BERNARDI, A. C. C. Resposta do algodoeiro à adubação potássica. In: YAMADA T; ROBERTS TL. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. 841 p.

CARVALHO, M. A. et al. Uso da adubação nitrogenada e potássica no algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 239-244, 2001.

CASSMAN, K. G. Cotton. In: BENNETT, W. F. (Ed). **Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants**. Saint Paul: APS Press, 1993.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Normas específicas de algodão – safras 2007/2008 e 2008**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/moc/titulos/T41s2007-2008e2008.pdf>>. Acesso em 18 de julho de 2008.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI, Embrapa-CNPS, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS/UFV, 2007. p. 551-594.

FOLONI, J. M. et al. **Avaliação de formas de aplicação de potássio na cultura do algodoeiro no município de Campo Verde-MT**. FACUAL. 2004. Disponível em: http://www.facual.org.br/pesquisa/arquivos/Relatorio_Final__1110220283.pdf. Acesso em: 29 de Julho de 2008.

FREITAS, R. J. et al. Efeito da adubação potássica via solo e foliar sobre a produção e a qualidade da fibra em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). **Pesq Agropec Trop.**, v. 37, n. 2, p. 106-112, 2007.

FUNDAÇÃO MT. **Boletim de pesquisa do algodão**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. 238 p. (Boletim 4).

FUNDAÇÃO MT. **O algodão no caminho do sucesso**. Rondonópolis: Fundação MT/EMBRAPA, 1997. 107 p.

GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GIROTTI, C. R. Efeitos das fontes e doses de enxofre na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) cultivar IAC 17. 47 p. 1985. TCC. (Graduação em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal/UNESP. Jaboticabal.

HOOGERHEIDE, E. S. S. et al. Correlações e análise de trilha de caracteres tecnológicos e a produtividade de fibra de algodão. **Pesq. agropec. bras.**, v. 42, n. 10, p. 1401-1405, 2007.

HUSSAIN, T.; ABBAS, M. A.; ALI, T. I. Comparative effectiveness of two potassium sources in rice wheat cropping system. **Pakistan Journal of Agricultural Research**, v. 16, n. 1 p. 17-19, 2000.

IPI. International Potash Institute. **Potassium in tropical crops and soils**. Bern: Proc. Abidjan, 1973.

KUMAR, P. et al. Influence of source and time of potassium application on potato growth, yield, economics and crisp quality. **Potato Research**. v. 50. p. 1–13, 2007.

LAZOF, D. B.; BERNSTEIN, N. Effects of salinization on nutrient transport to lettuce leaves: consideration of leaf developmental stage. **The New Phytologist**, v. 144, p. 85-94, 1999.

LORENZI, H. **Manual de identificação e de controle de plantas daninhas**: plantio direto e convencional. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 379 p.

MAKHDUM, M. I. Effects of Long-term Application of Potassium Chloride Fertilizer on the Accumulation of Chloride in the Soil Profile, Water Relations, Fibre Quality and Yield of Cotton in an Arid Environment. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 18., 2006, Philadelphia. **Anais...** Philadelphia, PA. 2006.

MALAVOLTA, E. A.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201 p.

MALIK, M. N. A. et al. Effects of muriate and sulphate of potash on cotton yield and quality. **Sarhad J. Agric.**, v. 4, p. 565–569, 1988.

MARTIN-PREVEL, P. J. **Physiological processes related to handling and storage quality of crops**. In: Methods Of Potassium Research In Plants. Colloquium Of The Internacional Potash Institute Held At Louvain-La-Neuve, 21. Proceedings. Bern: IPI, p. 219-248. 1989.

MARUR, C. J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 5, p. 313-317, 2001.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5ed. Dordrech: Kluwer Academic Publ., 2001. 849 p.

NASCIMENTO JÚNIOR, A.; ATHAYDE, M. L. F.; SOUZA, E. C. A. Efeitos da calagem e da adulação potássica nas propriedades tecnológicas das fibras do algodoeiro. **Revista Científica Rural**, v. 5, p. 126-133, 2000.

NUNES, R. P.; PITOMBEIRA, J. B. Herança de alguns caracteres vegetativos do algodão herbáceo correlacionados com a produção. **Ciên. Agron.**, Fortaleza, v. 25, p. 32-37, 1994.

PAULETTI, V.; MENARIM, E. Época de aplicação, fontes e doses de potássio na cultura da batata. **Scientia Agraria**, v. 5, n. 1-2, p. 15-20, 2004.

PERVEZ, H.; ASHRAF, M.; MAKHDUM, M. I. Response of Cotton to Potassium Fertilizer on Effectiveness of Fruiting Sites in Aridisols. **Journal of Plant Nutrition**, v. 28, p. 1023–1039, 2005.

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**, 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**, v. 27, n. 7, p. 1295–1317, 2004.

RAIJ, B. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

RICHETTI, A. **Estimativa do Custo de Produção de Algodão, Safra 2007/08, para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso**. Dourados: EMBRAPA / CPAO, 2007. 14 p. (Comunicado Técnico, 136).

ROSOLEM, C. A.; WITACKER, J. T. P. Adubação foliar com nitrato de potássio em algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 147-155, 2007.

ROSOLEM, C. A. **Ecofisiologia e manejo da cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafós, 2001. (Informações agrônômicas n. 95).

SABINO, N. P. et al. Efeitos da calagem e da adulação potássica sobre características agrônômicas e propriedades tecnológicas da fibra do algodoeiro. **Bragantia**, v. 54, n. 2, p. 385-392, 1995.

SANTANA, J. F. C. de; WANDERLEY, M. J. R.; BELTRÃO, N. E. de M. **Tecnologia da fibra e do fio do algodão, análises e interpretações dos resultados**. Dourados: EMBRAPA / CPAO; Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1998. p. 232-254. (Circular Técnica, 7).

SILVA, M. A. C. **Métodos de avaliação do estado nutricional do algodoeiro no centro-oeste do Brasil**. 2006. p. 87. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista.

SILVA, E. B.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G. Qualidade de grãos de café beneficiados em resposta à adubação potássica. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 1, p. 173-179, 2002

SILVA, E. B. et al. Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do grão de café beneficiado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 335-345, 1999.

SILVA, N. M.; RAIJ, B. V. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico /Fundação IAC, 1996. p. 107-111. (IAC. Boletim Técnico, 100).

SILVA, N. M. et al. Adubação potássica do algodoeiro: época, modo de aplicação e tipo de fertilizante. **Bragantia**, v. 44, n. 1, p. 263-274, 1985.

SILVA, N. M. da. Estudo do parcelamento da adubação potássica do algodoeiro. **Bragantia**, v. 43, p. 111-124, 1984.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 416 p.

STAUT, L. A.; ATHAYDE, M. L. F. Efeitos do fósforo e potássio no rendimento e em outras características agronômicas do algodoeiro herbáceo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 34, n. 10, p. 1839-1843, out. 1999.

TESSARO, L. C.; ZANCANARO, L.; HILLESHEIM, J. **Manejo da adubação com enxofre na cultura do algodão**. 2006. (Relatório Técnico FACUAL).

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, 111 p.

2 ARTIGO II - FONTES DE POTÁSSIO NA ADUBAÇÃO DE COBERTURA DO ALGODOEIRO: DIAGNOSE FOLIAR E RELAÇÕES ENTRE NUTRIENTES

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^{-1} de K_2O , parcelada em duas aplicações, nas fontes KCl , K_2SO_4 , KNO_3 e $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$. Avaliou-se os teores de nutrientes nas folhas de algodão no florescimento, sendo interpretados pelo método do nível crítico e pelo DRIS. 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 foi maior com a utilização do adubo $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$. 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 $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$.

Palavras chaves: *Gossypium hirsutum*, nível crítico, DRIS.

ABSTRACT

An experiment was carried out on a commercial cotton crop, in Sapezal – MT, in farm year 2007/2008, with the objective of evaluating the effect of different sources of potassium the nutritional status of cotton plants. Treatments were comprised of cover application through the soil at a dose of 100 kg ha^{-1} of K_2O , split into two applications, from sources KCl , K_2SO_4 , KNO_3 and $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$. The nutrient content found in the cotton leaves at blooming was evaluated, being interpreted using the critical level method and by DRIS. Both critical level method and DRIS were efficient in detecting differences in leaf nutrient contents and, the content of S in cotton leaves was highest for applications of fertilizer with $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$. IBN was coherent between its values and the productivity of the treatments, with the highest productivities being obtained with the lowest IBN in potassium cover fertilization with source $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$.

Key words: *Gossypium hirsutum*, critical level, DRIS.

2.1 Introdução

A nutrição mineral do algodoeiro está relacionada às condições climáticas e à fisiologia da planta e compreende todos os nutrientes (N, P, K, S, Ca, Mg, B, Zn, Mn, Fe, Cu, Mo e Co), cujas fontes são a reserva mineral dos colóides do solo e o aporte oriundo dos fertilizantes aplicados (GRESPLAN; ZANCANARO, 1999).

A deficiência de N causa má formação dos frutos do algodoeiro, especialmente os do terço superior da planta, causando o aparecimento de neps e o aumento da imaturidade das fibras (FORTUNA et al., 2001). De acordo com Rosolem (2001), a intensidade de absorção de N pelo algodoeiro é máxima aos 75-80 dias após a emergência da cultura.

No algodoeiro, o K atua no metabolismo de carboidratos, influenciando a produtividade, pelo aumento do diâmetro das "maçãs", do peso dos capulhos, além de aumentar a sanidade da planta (STAUT; ATHAYDE, 1999). Os primeiros sintomas da deficiência começam nas partes baixas do dossel, e podem ocorrer em duas fases distintas, antes do florescimento e no final do crescimento, após o pico de florescimento (SNYDER et al., 2005), e a maior intensidade de absorção de K ocorre aos 75-90 dias após a emergência (ROSOLEM, 2001).

O Enxofre (S) atua na síntese de compostos orgânicos e sua deficiência reduz o crescimento vegetal, provocando clorose em folhas jovens da planta. Deficiências de S são comuns com o uso de fertilizantes contendo baixos teores deste nutriente, especialmente os fosfatados. Em solos com teor de $S-SO_4^{2-}$ menor que 10 mg dm^{-3} , há grande possibilidade de resposta do algodoeiro à adubação com esse nutriente; no entanto, o sulfato tende a se acumular nas camadas mais profundas do solo, assim um diagnóstico mais preciso deve incluir a análise de solo abaixo da camada 0-20 cm (CARVALHO; FERREIRA, 2006).

O Magnésio (Mg) compõe a clorofila, sendo essencial ao funcionamento dos ribossomos (MALAVOLTA et al., 1997). O excesso de Mg provoca interferências na absorção de Ca e K e a sua deficiência resulta em cloroses intervenais, podendo aparecer folhas roxo-avermelhadas. A fonte de Mg mais utilizada é o calcário

dolomítico, quando o pH do solo é baixo, existem ainda fertilizantes mais solúveis, tais como o sulfato de potássio e magnésio, que são úteis na correção de deficiências tardias de Mg (SNYDER et al., 2005).

Quanto á interação do K com o N, a presença do N eleva a absorção de K, resultando no aumento do teor de proteínas e de aminoácidos solúveis. Com o K^+ como íon acompanhante, o transporte de K^+ e NO_3^- das raízes para a parte aérea é rápida, sendo a redução do nitrato nas raízes mais baixa (MALAVOLTA et. Al., 1997).

Por outro lado, têm-se que a elevação do K na adubação diminui o teor de Mg na planta, bem como o aumento da adubação com Mg diminui o teor de K na planta, ocorrendo inibição competitiva. Ainda, a adubação com K promove um melhor aproveitamento do SO_4^{2-} , com melhoria na qualidade da produção, ao contrário do Cl, que com o aumento da adubação potássica via KCl e conseqüente aumento de Cl na solução do solo, diminui a absorção de SO_4^{2-} , bem como o aumento do fornecimento de SO_4^{2-} diminui a absorção de Cl pela planta (ALVAREZ V., et al., 2007; MALAVOLTA et. Al., 1997) .

De acordo com Malavolta et al., (1997), os métodos mais utilizados para avaliação do estado nutricional de plantas cultivadas são a avaliação visual, a diagnose foliar e testes bioquímicos, entre outros. Dentre esses, a diagnose foliar se destaca porque permite comparar resultados e estabelecer padrões de deficiência, suficiência e excesso de nutrientes.

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 et al., 1997). O DRIS foi originalmente proposto por Beaufils (1973), e incorpora o conceito de balanço entre os nutrientes contidos no tecido vegetal, baseado em relações binárias como modelo para identificação de fatores limitantes da produtividade.

Modelos estatísticos têm sido ajustados para descrever relações entre índices DRIS e teores de nutrientes do tecido vegetal de várias culturas (REIS JÚNIOR; MONNERAT, 2003; KURIHARA, 2004; SILVA, 2006; GUINDANI, 2007), com a finalidade de aprimorar a diagnose foliar.

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 Centro-Oeste brasileiro são em extensas regiões naturalmente pobres em nutrientes, cujas quantidades de K são baixas e não suprem a demanda das culturas. Nesse sentido, a adubação potássica em relação a doses, modos, épocas e fontes deve ser considerada em função da necessidade da cultura, da rentabilidade econômica, de problemas fitotóxicos e do potencial de perdas nos solos tropicais (CARVALHO; BERNARDI, 2005).

Dentre os fertilizantes minerais potássicos disponíveis no mercado, o cloreto de potássio (KCl) predomina na agricultura brasileira, devido a maior disponibilidade no mercado e da alta concentração de K, o que reduz custos 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 disponíveis no mercado e com utilização expressiva na agricultura brasileira e mundial (ERNANI et al., 2007).

A utilização de fontes alternativas de K é útil em culturas que não tolerem o aumento da salinidade provocada pelos adubos. No algodoeiro, preconiza-se a adubação de cobertura com N e K, assim, o excesso de K pode acarretar em deficiência de Mg, justificando a utilização da do $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$. O uso de KNO_3 no algodoeiro está restrito á adubação foliar (ROSOLEM; WITACKER, 2007; FREITAS, et al., 2007), devido principalmente a granulometria e ao custo do adubo, sendo escassos os trabalhos cuja adubação se deu via solo.

A eficiência de fontes de K na cultura do algodão foi avaliada por Pervez et al. (2004a), Pervez et al. (2004b) e Makhdum et al. (2006), em que o K aplicado na forma de sulfato, de maneira geral, proporcionou maior produtividade da lavoura aliada à melhor qualidade de fibra.

O objetivo do trabalho foi de realizar a diagnose foliar do algodão e estabelecer parâmetros de nutrição mineral de plantas pelos métodos do nível crítico e pelo DRIS, em razão de diferentes fontes de K aplicadas na adubação de cobertura da lavoura.

2.2 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, na Fazenda Santa Luzia, pertencente ao Grupo Bom Futuro, distante a aproximadamente 25 km do município de Sapezal - MT, com coordenadas geográficas da área experimental 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, de setembro de 2007 a junho de 2008, está apresentada na Figura 1.

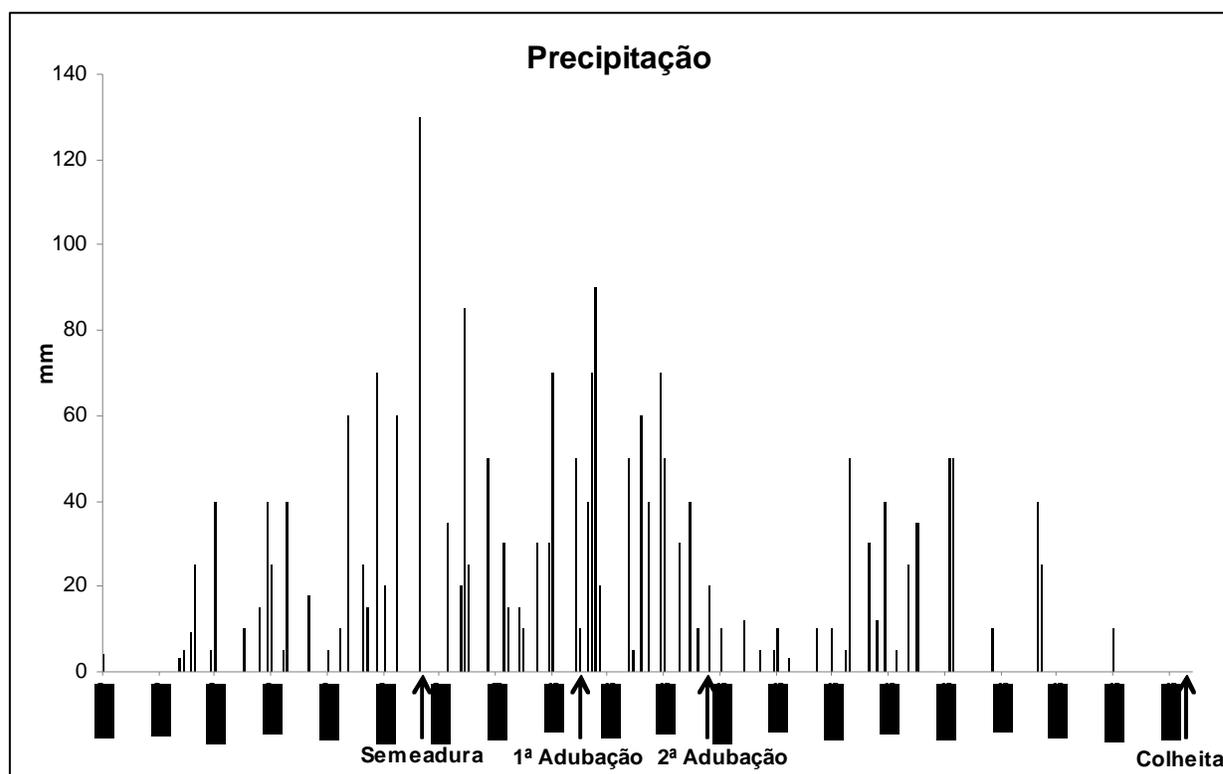


FIGURA 1 - Precipitação pluvial durante a condução do experimento, e datas da semeadura do algodão, primeira e segunda adubação potássica de cobertura, e colheita. (Fonte: Fazenda Santa Luzia, Sapezal-MT, 2008)

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (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⁻¹ de areia, 116 g kg⁻¹ de silte e 808 g kg⁻¹ de argila.

No dia 05/09/2007 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 (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹) 4,7 e 4,4; 40 e 22 g dm⁻³ de MO; 15 e 3 mg dm⁻³ de P_{resina}; 56 e 45 mmol_c dm⁻³ de H+Al; 2 e 1,7 mmol_c dm⁻³ de K; 52 e 15 mmol_c dm⁻³ de Ca; 30 e 10 mmol_c dm⁻³ de Mg; 84 e 27 mmol_c dm⁻³ de SB; 140 e 72 mmol_c dm⁻³ de CTC; saturação por bases (V) de 60% e 37%; 19,7 e 75,7 mg dm⁻³ de S; 1,3 e 0,2 mg dm⁻³ de Mn; 48,5 e 27,6 mg dm⁻³ de Fe; 1,2 e 0,5 mg dm⁻³ de Cu; 0,7 e 0,1 mg dm⁻³ de Zn e 0,13 e 0,13 mg dm⁻³ de B.

A área recebeu calagem superficial a lanço antes da instalação do experimento, em setembro de 2007, com a utilização de 2 t ha⁻¹ 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⁻¹ de superfosfato simples mais micronutrientes (60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 6,6 kg ha⁻¹ de Zn, 6,6 kg ha⁻¹ de Mn, 0,5 kg ha⁻¹ de Cu e 2 kg ha⁻¹ de B).

Em 09/10/2007 foi realizada a semeadura a lanço do milho (*Pennisetum glaucum* L. cv. comum), com 27 kg ha⁻¹ de sementes (70% de VC) e incorporação com grade niveladora, para produção de palhada visando a posterior instalação do algodão no SPD. Aos 50 dias após a emergência do milho, fez-se a dessecação química da área para permitir a semeadura da lavoura comercial.

A semeadura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.), cultivar FMT 701, foi realizada em 13/12/2007, com semeadora-adubadora motomecanizada desenvolvida para o SPD, utilizando-se 131.578 sementes viáveis ha⁻¹, no espaçamento entrelinhas de 0,76 m. A emergência da lavoura ocorreu em 18/12/2007, e por ocasião da colheita determinou-se a densidade final de 107.887 (± 6836) plantas ha⁻¹, de acordo com a média populacional das unidades experimentais.

A adubação de instalação do algodão seguiu os procedimentos da lavoura comercial, em que foram aplicados no sulco de semeadura 27 kg ha⁻¹ de N (uréia), 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Superfosfato triplo) e 2,4 kg ha⁻¹ de B (Borogran), baseado em recomendações de Sousa e 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 K₂O ha⁻¹ na fonte KCl granulado, com equipamento motomecanizado. As adubações supracitadas seguiram os procedimentos adotados na lavoura comercial de algodão em que o experimento foi inserido.

A adubação nitrogenada de cobertura na área experimental foi realizada por meio de aplicações manuais a lanço sobre a palhada, nas entrelinhas da cultura, com a fonte uréia. Foram aplicadas duas doses de 50 kg ha⁻¹ de N, aos 21 DAE (estágio fenológico V4) e 48 DAE do algodão (estágio fenológico B3), nos dias 07/01/2008 e 04/02/2008, respectivamente, e uma terceira dose de 30 kg ha⁻¹ de N aos 66 DAE, no dia 22/02/2008, correspondendo ao estágio fenológico F2, de acordo com descrição fenotípica de Marur e Ruano (2001). Foi realizada uma aplicação foliar com 200 g ha⁻¹ de Mn na fonte Mangan (10% de Mn), em 17/03/2008, aos 91 DAE do algodão.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso, com cinco repetições, constituindo os seguintes tratamentos: adubação potássica de cobertura com 100 kg ha⁻¹ de K₂O nas fontes cloreto de potássio (60% K₂O, 48% Cl e índice salino de 115), sulfato de potássio (50% K₂O, 17% S e índice salino de 46), nitrato de potássio (44% K₂O, 14% N e índice salino de 31) e sulfato de potássio e magnésio (22% K₂O, 11% MgO, 22% S e índice salino de 43). 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 adubos potássicos foram aplicados manualmente a lanço, sobre a palhada nas entrelinhas da cultura, sendo parcelados em duas doses de 50 kg ha⁻¹ de K₂O, aos 33 e 66 DAE (21/01 e 22/02/2008), correspondente aos estágios fenológicos B2 e F2 (MARUR e RUANO, 2001). Dentre os nutrientes acompanhantes que foram adicionados nos tratamentos com diferentes fontes de K, apenas o N foi deduzido da

adubação nitrogenada nas parcelas que receberam KNO_3 . Este procedimento foi adotado, pois, de acordo com as recomendações de Silva e Raij (1996) e Sousa e Lobato (2004), preconizam-se somente aplicações de N e K para as adubações de cobertura do algodão.

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

A coleta de folhas do algodoeiro para diagnose foliar foi realizada aos 86 DAE, seguindo metodologia de Silva e Raij (1996), em que foi amostrado o limbo foliar da 5ª folha da haste principal a partir do ápice, no estágio fenológico F3 (MARUR; RUANO, 2001), e foram posteriormente submetidas à análise química (MALAVOLTA et al., 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 descaroçadas, 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^{-1} , 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 produtividade (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^{-1} de algodão em caroço e a sub-população B àquelas que obtiveram produtividades inferiores a 4800 kg ha^{-1} 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 aquelas 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: $f(A/B) = [(A/B) - (a/b) / s].K$, 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):

$$IBN = [índice A] + [índice B] + \dots + [índice N].$$

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

2.3 Resultados e Discussão

O enxofre (S) foi o único nutriente que apresentou diferença significativa na diagnose foliar (Tabela 1). Os teores de S nas folhas do algodão foram maiores com a adubação de cobertura com $K_2SO_4.2MgSO_4$, e os menores teores ocorreram com a fonte KCl. Além disso, somente os fertilizantes K_2SO_4 e $K_2SO_4.2MgSO_4$ proporcionaram

teores de S foliares dentro da faixa de suficiência indicada por Silva e Raij (1996), isso por que esses adubos forneceram o equivalente á 34 e 100 kg ha⁻¹ de S, respectivamente.

O teor de K nas folhas do algodoeiro, segundo a Fundação MT (2001), fica abaixo do indicado para todos os tratamentos. Considerando-se os macronutrientes, o K é o que apresentou maiores divergências quanto à faixa de suficiência apresentada por diversos autores, variando de 11 a 25 g kg⁻¹ (SILVA; RAIJ, 1996; SILVA, 2006). Contudo, no presente trabalho, apesar de apresentar teores de K abaixo dos valores indicados nas classes de suficiência dos autores supracitados, não foi observada deficiência visual nas plantas de algodão em nenhuma situação estudada.

Carvalho e Bernardi (2005) citam que o estado nutricional do algodoeiro no que diz respeito ao K pode influenciar o grau de severidade de doenças, pois as plantas com suprimento adequado deste nutriente apresentam maior tolerância a patógenos, pois ocorreram reduções nas infestações de mancha de alternária e mancha de ramulária quando houve aumentos nos teores de K das folhas, e também observaram maior severidade de doenças quando a relação N/K das folhas do algodão foi aumentada.

Os teores de micronutrientes na diagnose foliar do algodão não foram afetados em razão da variação nas fontes de K da adubação de cobertura (Tabela 1).

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 ⁻¹ -----						-----mg kg ⁻¹ -----					
K ₂ SO ₄	49,84	4,04	10,0	14,56	2,96	4,22	ab	18,54	5,00	24,4	84,60	28,20
K ₂ SO ₄ .2MgSO ₄	52,24	4,24	9,98	15,70	3,64	5,92	a	21,00	5,00	33,4	101,6	33,80
KNO ₃	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 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,83 ^{ns}	1,60 ^{ns}	5,01*		2,13 _{ns}	0,91 _{ns}	2,76 _{ns}	1,51 _{ns}	1,80 _{ns}
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 ⁻¹)	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

De acordo com os padrões nutricionais adotados Silva e Raij (1996), os teores de cobre (Cu), ferro (Fe) e zinco (Zn) foram adequados, no entanto, para o boro (B), todos os tratamentos apresentaram teores abaixo da faixa de suficiência. Para o manganês (Mn), apenas a adubação com sulfato de potássio acarretou em teor inferior à faixa considerada de suficiência por Silva e Raij (1996).

Os índices DRIS dos nutrientes e o IBN dos tratamentos encontram-se na Tabela 2.

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 ₂ SO ₄	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 ₂ SO ₄ .2MgSO ₄	-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 ₃	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 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,59 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,36 ^{ns}	10,16 ^{**}	0,45 ^{ns}	1,14 ^{ns}	1,75 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,28 ^{ns}	-	
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.

Assim, como ocorrido para o teor de S na diagnose foliar, o Índice S (IS) também foi o único que apresentou diferença estatisticamente significativa.

O tratamento que apresentou-se nutricionalmente mais equilibrado em relação ao S foi o K₂SO₄, com índice de 0,06. O IS mais elevado no K₂SO₄.2MgSO₄ é resultado do fornecimento de 100 kg ha⁻¹ de S nesse tratamento, enquanto que o K₂SO₄ forneceu apenas 34 kg ha⁻¹ de S. Já para o KNO₃ e para o KCl, observou-se ambos obtiveram IS negativos, o que pode ser explicado pela ausência do fornecimento de S nesses adubos ou pela inibição da absorção de S do solo pelo excesso de Cl (MALAVOLTA, et al., 1997), especialmente onde foi aplicado KCl.

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. Por outro lado, 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, Beaufils (1973) adverte para o fato de que baixas produções freqüentemente podem ser obtidas quando um determinado índice X estiver próximo de zero, porque algum outro fator pode estar limitando a produção.

O IBN, resultado do somatório dos valores absolutos dos índices dos nutrientes em estudo, apresentou valor de 4,88 no tratamento com K₂SO₄.2MgSO₄, seguido pelo KCl com 5,00, pelo K₂SO₄ com 5,90 e pelo KNO₃ com 6,68. Segundo a definição de Beaufils (1973), quanto maior for o valor do IBN, maior será 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 4).

Em outras culturas, foram encontrados resultados similares, como os obtidos por Terra et al. (2003) em lavouras de uva, e por Guindani (2007) na cultura do arroz irrigado, onde o menor IBN proporcionou as maiores produtividades.

Nem sempre uma lavoura com IBN adequado ou menor que o das lavouras de alta produtividade tem 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, altas produtividades somente serão alcançadas quando as plantas estiverem em equilíbrio nutricional (SNOECK,1984).

No estudo de Svenson e Kimberley (1988) os autores verificaram que a soma dos índices absolutos do DRIS (IBN) menores que 5 indicaram uma qualidade nutricional próxima do valor considerado ótimo; índices de 5 a 10 indicaram algum grau de desequilíbrio e somas maiores que 10 eram freqüentemente associadas com nutrição desequilibrada.

Na tabela 3 estão apresentadas as relações binárias entre nutrientes significativas pelo teste F, e o S esteve em praticamente todas, com exceção para a relação Ca/Mn. Dentre essas, a relação N/S é uma das mais importantes, pois freqüentemente se observam maiores valores na literatura (ALVAREZ et al., 2007; CANTARELLA, 2007; ZEHLER et al., 1986)

TABELA 3 - 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 ₂ SO ₄	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 ₂ SO ₄ .2MgSO ₄	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 ₃	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

A relação N/S foi menor na adubação com K₂SO₄.2MgSO₄, e expressivamente maior para os tratamentos com KCl e KNO₃ (Tabela 4).

TABELA 4 - Produtividade de algodão em caroço e em pluma em função da variação na fonte na adubação potássica de cobertura

Adubo	Produtividade (kg ha ⁻¹)	
	caroço	pluma
K ₂ SO ₄	4995,00 ab	2199,60 ab
K ₂ SO ₄ .2MgSO ₄	5710,52 a	2518,20 a
KNO ₃	4726,65 b	2092,35 b
KCl	5408,77 ab	2379,00 ab
	Produtividade (@ ha ⁻¹)	
Análise de Variância	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 não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. * significativo a 1%. CV: coeficiente de variação. DMS: Diferença mínima significativa.

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 possíveis desequilíbrios nutricionais comprometendo a síntese de aminoácidos sulfurados (ALVAREZ V. et al., 2007).

Neste sentido, a relação N/S ideal em tecidos foliares varia de 8 a 12/1 (CANTARELLA, 2007), isso porque o teor de S nas proteínas é de 1 g kg⁻¹ e o de N é cerca de 15 g kg⁻¹ (MALAVOLTA et al., 1997). Para Zehler et al. (1986), a resposta do algodoeiro à adubação com S só acontece quando a relação N/S for superior a 15. De acordo com as normas DRIS do algodoeiro estabelecidas por Silva (2006), a média da relação N/S da população de alta produtividade foi de 9,16.

Os adubos utilizados no presente estudo que continham S foram os que apresentaram as relações N/S foliares mais equilibradas, porém, apenas o K₂SO₄.2MgSO₄ proporcionou relação N/S nas folhas do algodoeiro dentro da faixa adequada (CANTARELLA, 2007). Girotto (1985) avaliou o fornecimento de diferentes formas de S na lavoura de algodão, e concluiu que a dose de 20 kg ha⁻¹ de S na forma de K₂SO₄.2MgSO₄ proporcionou a menor relação N/S na diagnose foliar, e também concluiu que a menor relação N/S apresentou alta correlação com o incremento de produtividade.

2.4 Conclusões

1. 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 foi maior com a utilização do adubo K₂SO₄.2MgSO₄.

2. O Índice S apresentou-se nutricionalmente mais equilibrado nos adubos K₂SO₄ e K₂SO₄.2MgSO₄. 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 K₂SO₄.2MgSO₄.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, V. H. V. et al. Enxofre. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS/UFV, 2007. p. 595-644.

ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas**. 7.ed. Livroceres, 2005. 1142 p.

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**, v. 1, p. 1-132, 1973.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. **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: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fosfato, 2005. 841 p.

CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, G. B. **Calagem e adubação do algodoeiro no cerrado**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 16 p. (Circular Técnica, 92)

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI, Embrapa-CNPS, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS/UFV, 2007. p. 551-594.

FORTUNA, P. A.; RAIMUNDO, J.; BALADA, W. R. Produtividade e qualidade de fibra do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) em função de doses de N e K na Fazenda Sucuri – Grupo Sachetti – safra 00/01. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., 2001, Campo Grande.. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/ Embrapa Algodão/ UFMS, 2001. v. 2. p. 1064-1066.

FREITAS, R. J. et al. Efeito da adubação potássica via solo e foliar sobre a produção e a qualidade da fibra em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). **Pesq Agropec Trop.**, v. 37, n. 2, p. 106-112, 2007.

FUNDAÇÃO MT. **Boletim de pesquisa do algodão**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. 238 p. (Boletim 4).

GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GIROTTI, C. R. Efeitos das fontes e doses de enxofre na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) cultivar IAC 17. 47 p. 1985. TCC. (Graduação em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal/UNESP. Jaboticabal.

GRESPLAN, S. L.; ZANCANARO, L. Nutrição e adubação do algodoeiro no Mato Grosso. In: FUNDAÇÃO MT. **Mato Grosso: liderança e competitividade**. Rondonópolis: Fundação MT; Campina Grande: EMBRAPA – CNPA, 1999. 182 p. (Fundação MT. Boletim, 3).

GUINDANI, R. H. P. **Dris para avaliação do estado nutricional do arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. 2007. p. 92. (*Dissertação de Mestrado*) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

JONES, C. A. Proposed modifications for DRIS for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 12, p. 785-794, 1981.

KURIHARA, C. H. **Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional**. 2004. 101 p. Tese (Doutorado). 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. 379 p.

MAKHDUM, M. I. Effects of Long-term Application of Potassium Chloride Fertilizer on the Accumulation of Chloride in the Soil Profile, Water Relations, Fibre Quality and Yield of Cotton in an Arid Environment. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 18., 2006, Philadelphia. **Anais...** Philadelphia, PA. 2006.

MALAVOLTA, E. A.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201 p.

MARUR, C. J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 5, p. 313-317, 2001.

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**, v. 27, n. 7, p. 1295–1317, 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**, v. 27, n. 7, p. 1295–1317, 2004.

RAIJ, B. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

REIS Jr., R. A.; MONNERAT, P. H. DRIS norms validation for sugarcane crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 379-385, 2003.

RICHETTI, A. **Estimativa do Custo de Produção de Algodão, Safra 2007/08, para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso**. Dourados: EMBRAPA / CPAO, 2007. 14 p. (Comunicado Técnico, 136).

ROSOLEM, C. A. **Ecofisiologia e manejo da cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafós, 2001. (Informações agrônômicas n. 95).

ROSOLEM, C. A.; WITACKER, J. T. P. Adubação foliar com nitrato de potássio em algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 147-155, 2007.

SABINO, N. P. et al. Efeitos da calagem e da adulação potássica sobre características agrônômicas e propriedades tecnológicas da fibra do algodoeiro. **Bragantia**, v. 54, n. 2, p. 385-392, 1995.

SILVA, M. A. C. **Métodos de avaliação do estado nutricional do algodoeiro no centro-oeste do Brasil**. 2006. p. 87. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista.

SILVA, N. M.; RAIJ, B. V. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico /Fundação IAC, 1996. p. 107-111. (IAC. Boletim Técnico, 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.

SNYDER, C. S.; STEWART, W. M.; MIKKELSEN, R. L. **Be your own cotton doctor**. Potash & Phosphate Institute (PPI), 655, 2005. p. 8.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 416 p.

STAUT, L. A.; ATHAYDE, M. L. F. Efeitos do fósforo e potássio no rendimento e em outras características agrônômicas do algodoeiro herbáceo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 34, n. 10, p. 1839-1843, out. 1999.

SUMNER, M. E. Application of Beaufils' diagnostic indices to corn data published in literature irrespective of age and conditions. **Plant and Soil**, 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.**, v. 18, n. 1, p. 33-42, 1988.

TERRA, M. M. et al. Avaliação do estado nutricional da videira 'itália' na região de Jales, SP, usando o sistema integrado de diagnose e recomendação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 309-314, 2003.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). **Adv. Soil Sci.**, 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, 111 p.