

Fontes de potássio na adubação de cobertura do algodoeiro I – Produtividade, qualidade de fibras e análise econômica¹

Potassium sources in covering fertilization on cotton I – Yield, fiber quality and economic analysis

Fábio Rafael Echer^{2*}; José Salvador Simoneti Foloni³; José Eduardo Creste⁴

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 os componentes de produção, a produtividade, a qualidade da fibra e os aspectos econômicos do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. cultivar FMT 701). O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco repetições. Os tratamentos constaram da aplicação em cobertura via solo na dose de 100 kg ha⁻¹ de K₂O, parcelada em duas aplicações, nas fontes KCl, K₂SO₄, KNO₃ e K₂SO₄.2MgSO₄. O número de nós, a altura da planta, o número de capulhos no terço superior e o peso do capulho no terço médio foram maiores no tratamento com K₂SO₄.2MgSO₄, em relação ao KNO₃. Os adubos potássicos não influenciaram o rendimento de fibra, mas a adubação potássica de cobertura na fonte K₂SO₄.2MgSO₄ mostrou-se superior em termos de produtividade de algodão em caroço e em pluma, apesar da uniformidade do comprimento da fibra ser menor em relação ao K₂SO₄. O índice de ágio da pluma foi maior na fonte KNO₃. O custo de produção foi mais elevado na fonte K₂SO₄.2MgSO₄ e em função do menor custo de produção, o KCl apresentou receita líquida superior aos demais tratamentos.

Palavras-chaves: *Gossypium hirsutum*, massa do capulho, índice de ágio, receita líquida

Abstract

A field experiment was conducted in Sapezal, Mato Grosso state, Brazil, in 2007/2008, with the purpose of determining the effect of potassium sources on yield components, yield, fiber quality and economical aspects of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). A randomized complete block experimental design was used, with five replications. The treatments consisted of application in covering, via soil, at rate of 100 kg ha⁻¹ of K₂O, in two split applications, of the sources KCl, K₂SO₄, KNO₃ and K₂SO₄.2MgSO₄. The number of nodes, height, number of bolls in the superior third and the weight of boll in the medium third was higher with K₂SO₄.2MgSO₄ than with KNO₃ source. The potassium fertilizers did not influence the fiber revenue, but the fertilizing with K₂SO₄.2MgSO₄ source had higher cotton seed yield and lint yield, although the uniformity ratio of fiber and profitability were smaller in relation to K₂SO₄. The fiber agio index was higher with KNO₃ source. The production cost was higher with K₂SO₄.2MgSO₄ source and in function of the smallest production cost, KCl source presented superior liquid revenue than other treatments.

Key words: *Gossypium hirsutum* L., mass of boll, agio index, profitability

¹ Parte da Dissertação de Mestrado em Agronomia do primeiro autor.

² EngºAgroº, 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

³ EngºAgroº, 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

⁴ Pró-Reitor Acadêmico da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), Campus I, Presidente Prudente, SP. E-mail: jcreste@unoeste.br

* Autor para correspondência.

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, 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, 1993).

O manejo da adubação potássica em relação a doses, modos, épocas e fontes 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 que os solos tropicais apresentam (CARVALHO; BERNARDI, 2005).

Existe uma relação muito íntima entre o alongamento celular e a concentração de K nas folhas, pois os hormônios 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 influenciadas 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, porém, o número de fibras curtas diminui, o que no processo de torção, origina fios mais resistentes (SILVA et al., 1984).

Dentre os fertilizantes minerais potássicos disponíveis no mercado, o cloreto de potássio (KCl) predomina na agricultura brasileira, resultado da maior disponibilidade e da melhor relação custo-benefício. Além do KCl, o K_2SO_4 (sulfato de potássio), o KNO_3 (nitrato de potássio) e o $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ (sulfato de potássio e magnésio) são as fontes de K mais comumente utilizadas em diversos segmentos da agricultura (ERNANI; ALMEIDA; SANTOS, 2007).

A eficiência das fontes de K na produção e na qualidade da fibra do algodoeiro tem sido estudada por alguns autores (PERVEZ; ASHRAF; MAKHDUM, 2004a, 2004b; MAKHDUM et al., 2006), em que o K aplicado na forma de sulfato propiciou maior produção 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 na forma de cloreto e sulfato.

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, reduzindo também a taxa de fotossíntese líquida e o uso eficiente da água (MAKHDUM et al., 2006). Outro problema da utilização de altas doses de KCl em solos ácidos, que pode causar fitotoxicidade de Mn, pelo fato do Cl tornar o Mn mais disponível (INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE – IPI, 1973). O fornecimento de 70 kg ha^{-1} de K_2O na fonte $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ proporcionou incrementos de produtividade no algodão superiores às fontes KCl e K_2SO_4 (ZEHLER; KREIPE; GETHING, 1986).

O objetivo do trabalho foi avaliar os componentes de produção, a produtividade, a qualidade de fibras e o rendimento econômico de lavoura de algodão submetida a diferentes fontes de K na adubação de cobertura.

Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido em lavoura comercial de algodão manejada no Sistema Plantio Direto (SPD) por 10 anos consecutivos na rotação algodão/milheto/soja, no município de Sapezal – MT, Centro-Oeste Brasileiro, com coordenadas geográficas da área experimental de $13^{\circ}37'14,2''$ Sul, $58^{\circ}50'47,4''$ Oeste e 581 m de altitude. A precipitação pluvial diária ocorrida no decorrer do experimento, de setembro de 2007 a junho de 2008, está apresentada na Figura 1.

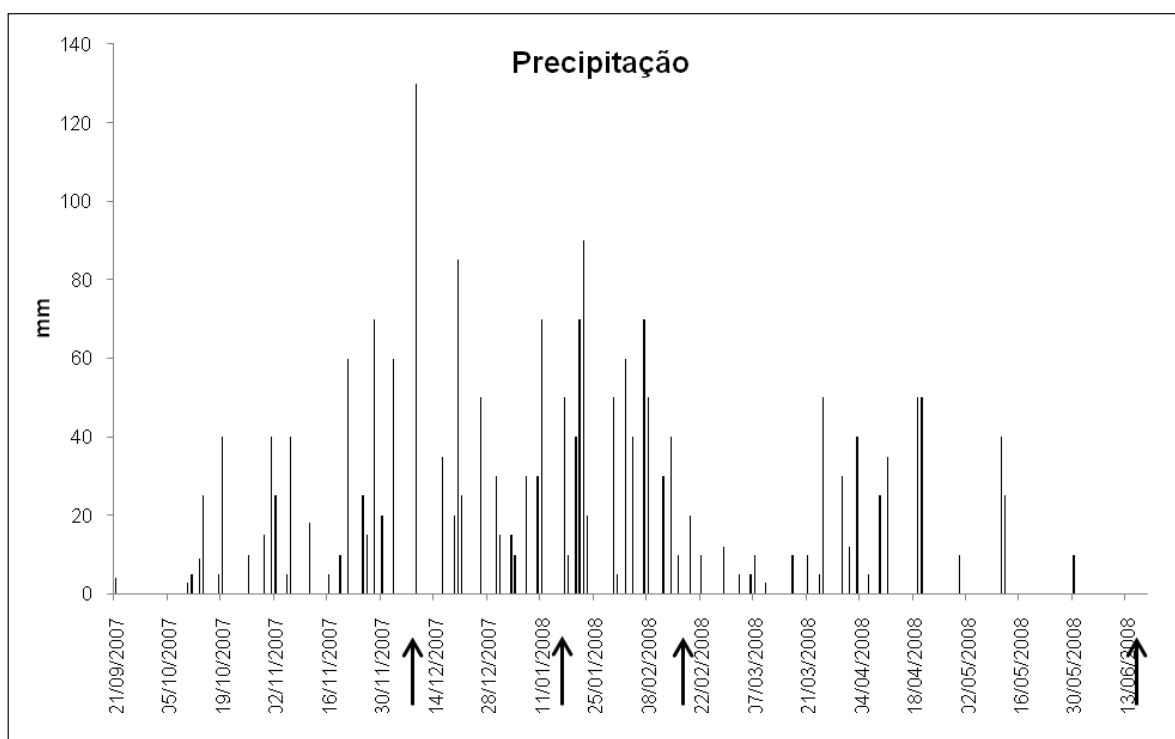


Figura 1. Precipitação pluvial durante a condução do experimento, e datas da semeadura do algodão, primeira e segunda adubação potássica de cobertura, e colheita. (Fonte: Fazenda Santa Luzia, Sapezal-MT, 2008).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 1999), de textura muito argilosa, com relevo plano, boa drenagem e horizontes bem desenvolvidos. A análise granulométrica do solo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – 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 + 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), de acordo com a análise de solo e baseando-se nas recomendações de Sousa e Lobato (2004).

Em 09/10/2007 foi realizada a semeadura a lanço do milheto (*Pennisetum glaucum* L. cv. comum), com 27 kg ha⁻¹ de sementes e incorporação com grade niveladora, para produção de palhada visando a posterior instalação do algodão no SPD. Aos 50 dias após a emergência (DAE) do milheto, fez-

se a dessecação química da área para permitir a semeadura da lavoura comercial.

A semeadura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.), cultivar FMT 701 (ciclo médio/tardio, arquitetura moderna e porte alto), 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.

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⁻¹ de N aos 21 (estádio fenológico V₄) e 48 DAE do algodão (estádio fenológico B₃), e a terceira dose de 30 kg ha⁻¹ de N aos 66 DAE (estádio fenológico F₂), de acordo com Marur e Ruano (2001). Foi realizada uma aplicação foliar de Mn, na dose de 2,0 L ha⁻¹ do produto comercial (10% de Mn), em 17/03/2008.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com cinco repetições, constituindo os seguintes tratamentos: adubação potássica de cobertura com 100 kg ha⁻¹ de K₂O nas fontes cloreto de potássio (KCl – 60% K₂O e 48% Cl, índice salino (IS): 115), sulfato de potássio (K₂SO₄ – 50% K₂O e 17% S, IS: 46), nitrato de potássio (KNO₃ – 44% K₂O e 14% N, IS: 31) e

sulfato de potássio e magnésio (K₂SO₄.2MgSO₄ – 22% K₂O, 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⁻¹ de K₂O aos 33 e 66 DAE (estádios fenológicos 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 KNO₃, na época subsequente à 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 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 em 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 o número de nós nos caules das plantas de algodão, foram escolhidas aleatoriamente 20 plantas na área útil das parcelas experimentais, sendo considerada a medida entre a superfície do solo até o ápice dos caules.

A massa média de capulhos foi determinada 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 frutífero a partir da base da planta. O terço médio correspondeu aos ramos frutíferos inseridos entre

o quarto e o décimo primeiro nó frutífero na haste principal da planta. Já os ramos frutíferos acima do décimo segundo nó frutífero na haste principal foram considerados como 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. 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 para avaliação das seguintes características 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, Wanderley e Beltrão (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 dados referentes aos custos variáveis de insumos agrícolas 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 e seus respectivos valores de frete foram calculados considerando-se a dose de 100 kg ha⁻¹ de K₂O aplicada em cobertura com preço do frete estipulado em R\$ 100,00 t⁻¹, considerando-se a distância do Porto de Santos até a fazenda onde foi realizado

o trabalho, de acordo com os padrões regionais de Sapezal – MT. Os valores de ágio e deságio para composição do preço do algodão, de acordo com os componentes de qualidade supracitados, seguiram os padrões da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2008) para safra 2007/2008.

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

Resultados e discussão

As diferentes fontes de potássio aplicadas em cobertura apresentaram efeito significativo sobre o número de nós e sobre a altura das plantas de algodão (Tabela 1). Assim, pode-se observar que a fonte K₂SO₄.2MgSO₄ apresentou maior número de nós que as demais, as quais não diferiram entre si.

O número de capulhos por ramo frutífero no 1/3 inferior e 1/3 médio não foi influenciado pela aplicação de diferentes fontes de potássio na adubação de cobertura do algodão (Tabela 1). No entanto o número de capulhos do ramo frutífero no 1/3 superior foi maior nos tratamentos com K₂SO₄.2MgSO₄ e KCl.

Para Nunes e Pitombeira (1994) a altura da planta tem correlação positiva e altamente significativa com a produção de algodão em caroço, o mesmo ocorre entre o número de ramos frutíferos e ou capulhos/ramo com a produção. No trabalho de Foloni et al. (2004), o número de capulhos no 1/3 médio do dossel vegetal atingiu 63% do total de capulhos das plantas, no 1/3 inferior 17,50% e no 1/3 superior 19,43%, e o peso de capulhos foi similar entre 1/3 superior e 1/3 inferior, assim, o 1/3 superior representa uma importante porção do potencial produtivo, devido ao aumento do número de capulhos. Rosolem (2001) cita que quanto mais alta a posição do capulho na planta e mais afastado da haste principal ele estiver, menor o peso médio e menor o rendimento no beneficiamento.

Tabela 1. Componentes de produção, produtividade e rendimento de fibra do algodoeiro em função de diferentes fontes de adubo potássico em cobertura.

| Adubo | Número de nós | Altura da planta (cm) | Número de capulhos/ramo frutífero | | | Massa 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 na coluna 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.

Não houve diferença significativa da massa de capulhos no terço inferior e no terço superior das plantas, com média geral de 5,08 e 5,45 g, respectivamente (Tabela 1). No entanto, observa-se que a massa média de capulhos no 1/3 médio foi significativamente menor no tratamento com KNO₃ em relação aos demais, que não diferiram entre si.

A importância da parte mediana da planta na composição da produtividade total da planta do algodoeiro foi demonstrada por Rosolem (2001), com participação de 88% na produtividade total, sendo considerado como posição mediana os capulhos do 7º ao 15º nó.

Não houve efeito das fontes de K aplicadas em cobertura sobre o rendimento de fibras, com média de 44,10% (Tabela 1), porém, o resultado foi superior ao indicado pela Fundação MT, que é de 42,55%, para o cultivar FMT 701, utilizado no presente experimento.

No trabalho de Rosolem e Witacker (2007), não houve diferença no rendimento de fibra do cultivar Delta Opal em razão da adubação potássica via foliar com nitrato de K. O mesmo foi observado por Staut e Athayde (1999) na cultivar IAC 20 submetido à aplicação de diferentes doses de P e K.

No entanto, Carvalho et al. (2001) observaram que o rendimento de fibra foi afetado pela aplicação foliar de KCl. Em outro estudo, Carvalho e Bernardi (2005) concluíram que as doses de K₂O aplicadas ao solo afetaram o rendimento de fibra, sendo o

máximo de 39,3%, alcançado com dose de 143 kg ha⁻¹ de K₂O, em termos de eficiência econômica.

As produtividades no presente estudo, tanto em caroço quanto em pluma foram superiores em cerca de 26% no tratamento com K₂SO₄.2MgSO₄ em comparação ao KNO₃ (Tabela 1). Para Mengel e Kirkby (2001) existe um indício de que a adubação com fertilizantes à base de nitrato pode competir com a redução do CO₂, pois o algodoeiro apresenta metabolismo fotossintético C3, de baixa eficiência e elevada taxa de fotorrespiração, e qualquer fator que exerça competição pode afetar a produção de assimilados e o rendimento da cultura (BELTRÃO; AZEVEDO, 1993).

De acordo com Carvalho et al. (2006), a adubação com altas doses de K tende a diminuir a absorção de nutrientes catiônicos, especialmente de Mg, e pode ocorrer deficiência deste nutriente, sobretudo na fase de formação das maçãs, ainda mais se os teores de Mg no solo não forem adequados.

No estudo de Silva et al. (1985) as produtividades dos algodoeiros adubados com KCl e K₂SO₄ foram semelhantes, com pequena vantagem para o KCl. Por outro lado, Pervez, Ashraf e Makhdam (2004a) avaliaram o efeito das fontes KCl e K₂SO₄, das doses e das cultivares, e verificaram que a maior produtividade em caroço (3060 kg ha⁻¹) foi obtida com a cultivar CIM 448, na dose de 250 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de K₂SO₄. Para a média geral das doses e dos cultivares, o K₂SO₄ mostrou-se superior em

5% ao KCl, sendo esse 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, a eficiência da frutificação em plantas de algodão submetidas a diferentes fontes e doses de K foi maior na fonte K_2SO_4 que aumentou o tempo de frutificação, a retenção de maçãs e a produtividade de capulhos (MAKHDUM et al., 2006; PERVEZ; ASHRAF; MAKHDUM, 2005). Makhdum et al. (2006) avaliaram o efeito das fontes de K no desenvolvimento do algodoeiro, e verificaram que a adição de 250 kg ha^{-1} de K_2O na forma de KCl diminuiu a 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 .

Em outras culturas mais sensíveis ao Cl⁻, a utilização do fertilizante potássico na forma de sulfato tem apresentado bons resultados (PAULETTI;

MENARIM, 2004, em batata; SILVA et al., 1999; SILVA; NOGUEIRA; GUIMARÃES, 2002, em café). Campos (1985) observou que a aplicação de $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ como fonte de S aumentou em 17% a produtividade de grãos de soja e em 9% a produção de óleo dos grãos.

Não houve influência dos tratamentos sobre as características tecnológicas da fibra, à exceção da UI (Tabela 2). A UI foi maior em 3,3% no tratamento com K_2SO_4 em relação ao tratamento onde utilizou-se o $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$. No trabalho de Pervez, Ashraf e Makhdum (2004a), o K na forma de K_2SO_4 proporcionou maior uniformidade de comprimento, do que na forma KCl $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$. 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. Para o algodão “upland”, a referência de qualidade da UI é de, no mínimo, 83%. Assim, verifica-se que apenas o tratamento $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ apresentou UI abaixo do valor tido como referência.

Tabela 2. Características tecnológicas da fibra do algodoeiro em função de diferentes fontes de adubo potássico em cobertura.

| Adubo | UHM | MIC | UI | STR | ELG | b+ | RD | SFC | CSP | |
|--|--------------------------|--------------------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--|
| K_2SO_4 | 28,8 | 4,7 | 85,5 a | 30,6 | 6,6 | 6,6 | 78,0 | 5,6 | 2.272 | |
| $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ | 29,5 | 4,5 | 82,9 b | 30,9 | 6,5 | 7,0 | 77,7 | 6,3 | 2.276 | |
| KNO_3 | 29,5 | 4,7 | 85,2 ab | 31,0 | 6,2 | 6,8 | 77,7 | 5,5 | 2.281 | |
| KCl | 29,8 | 4,8 | 84,8 ab | 31,6 | 6,3 | 6,9 | 77,2 | 5,3 | 2.254 | |
| 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 ^{ns} | 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.

Pervez, Ashraf e Makhdum (2004a) observaram que o K na forma de K_2SO_4 apresentou incrementos de 1,1% no comprimento da fibra, de 2,5% no índice micronaire, de 2,2% no alongamento da fibra, 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 índice de ágio foi maior no tratamento com KNO_3 , com índice de R\$3,03 kg^{-1} de pluma, sobre os demais tratamentos (Tabela 3). A ordem do índice de ágio foi a ordem inversa da produtividade, ou seja, quanto maior foi a produtividade, menor foi índice de ágio, sendo esta $\text{KNO}_3 > \text{K}_2\text{SO}_4 > \text{KCl} > \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$, pois a composição do ágio é função direta da qualidade da fibra obtida, pois segundo a CONAB (2008), os

parâmetros considerados são o tipo (cor), o grau de folha, o índice micronaire, o comprimento e a resistência, e o índice de fiabilidade (equação que engloba vários caracteres de qualidade de fibra) apresenta correlação negativa com a produtividade de fibra (HOOGERHEIDE et al., 2007), ou seja, quanto maior a produtividade, pior será a qualidade da fibra produzida e vice e versa.

Tabela 3. Índice de ágio e componentes de custo e rentabilidade do algodoeiro em função da variação de diferentes fontes de adubo potássico em cobertura.

| Adubo | Custo da Dose | Custo do adubo + frete | Ágio | RB | CT | RL |
|--|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------------|----------|----------|
| | ----- (R\$ ha^{-1}) ----- | | (R\$ kg^{-1})* | ----- (R\$ ha^{-1}) ----- | | |
| K_2SO_4 | 280,00 | 300,00 | 2,99 | 6.579,70 | 3.599,07 | 2.980,62 |
| $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ | 590,90 | 636,35 | 2,96 | 7.465,61 | 3.935,43 | 3.530,18 |
| KNO_3 | 374,99 | 397,72 | 3,03 | 6.667,58 | 3.609,53 | 3.058,05 |
| KCl | 207,49 | 224,16 | 2,98 | 7.096,29 | 3.523,24 | 3.573,05 |

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

O custo total de produção na fonte $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ foi de R\$ 3.935,43 ha^{-1} , seguido pelo KNO_3 com R\$ 3.609,53 ha^{-1} , pelo K_2SO_4 com R\$ 3.599,07 ha^{-1} e pelo KCl, que apresentou o menor custo total de produção com R\$ 3.523,24 ha^{-1} . O maior custo na fonte $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ é atribuído ao maior custo do produto e do frete, pois devido a menor concentração de K nesse adubo em relação ao demais, o custo com transporte foi mais elevado.

Para a receita bruta, resultado do produto da produtividade em pluma pelo índice de ágio, observou-se que o tratamento com $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ apresentou maior receita bruta, de R\$ 7.465,61 ha^{-1} , seguido pelo KCl com R\$ 7.096,29 ha^{-1} , pelo KNO_3 com R\$ 6.667,58 ha^{-1} e pelo K_2SO_4 com R\$ 6.579,70 ha^{-1} . Nos tratamentos $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ e KCl, a maior receita bruta deveu-se às maiores produtividades obtidas nesses tratamentos (2.518 e 2.379 kg ha^{-1} de algodão em fibra, respectivamente), já que os índices de ágio foram os menores nesses tratamentos (R\$ 2,96 e 2,98 por kg^{-1} de pluma, respectivamente). No entanto, no KNO_3 , a receita bruta foi menor que os

outros tratamentos devido à menor produtividade apresentada, que foi de 2092 kg ha^{-1} de algodão em fibra, apesar do índice de ágio ter sido maior nessa fonte (R\$ 3,03 kg^{-1} de pluma).

Para a receita líquida obtida, observa-se na tabela 3, que a fonte KCl proporcionou maior rentabilidade que os demais tratamentos, com total de R\$ 3.573,00 ha^{-1} , em função do menor custo do fertilizante, apesar do tratamento $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ ter proporcionado maior receita bruta.

No trabalho de Hussain, Abbas e Ali (2000), avaliou-se o sistema de produção que envolveu trigo e arroz, e o KCl mostrou-se economicamente mais eficiente que o K_2SO_4 . No entanto, na análise econômica de Pervez, Ashraf e Makhdum (2004b), a fonte K_2SO_4 mostrou-se ligeiramente superior ao KCl em termos de rendimento econômico.

A adubação potássica de cobertura na fonte $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ proporcionou maior número de nós, maior altura de plantas e maior produtividade de algodão em caroço e em pluma. O rendimento

de fibra não foi afetado, porém a uniformidade do comprimento da fibra foi maior na fonte K_2SO_4 em relação ao $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$. O índice de ágio da pluma foi maior na fonte KNO_3 . O custo de produção foi mais elevado na fonte $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ e em função do menor custo de produção, o KCl apresentou receita líquida superior aos demais tratamentos.

Agradecimentos

Ao Grupo Bom Futuro pelo financiamento da pesquisa.

Referências

- ANDREI, E. *Compêndio de defensivos agrícolas*. 7. ed. São Paulo: Andrei, 2005. 1142 p.
- ANTUNES, L. M.; ENGEL, A. *Manual de administração rural*: Custos de produção. Guaíba: Agropecuária, 1999. 196 p.
- 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-CNPq, 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: Potafos, 2005. 841 p.
- CAMPOS, R. *Efeitos das fontes e doses de enxofre na cultura da soja (Glycine max L. Merrill)*. 1985. TCC (Trabalho de Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Jaboticabal: UNESP, 1985.
- CARVALHO, M. C. S.; BARBOSA, K. A.; FERREIRA, A. C. B.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JUNIOR, J. P. *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, T.; L. *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba: Potafos, 2005. 841 p.
- CARVALHO, M. A.; PAULINO, H. B.; FURLANI, J. R. E.; BUZZETTI, S.; SÁ, M. E.; ATHADE, M. L. F. 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. Cap. 10, p. 111-119.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. *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 jul. 2008.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa-SPI; Embrapa-CNPq, 1999. 412 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Manual de métodos de análises de solo*. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq, 1997. 212 p.
- ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, 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.
- FOLONI, J. M.; TZIBOY, E. A. T.; PEREIRA, L. C.; AGUILLERA, L. A.; BOTTAN, A. J. *Avaliação de formas de aplicação de potássio na cultura do algodoeiro no município de Campo Verde-MT*. 2004. Disponível em: <http://www.facual.org.br/pesquisa/arquivos/Relatorio_Final_1110220283.pdf>. Acesso em: 29 de jul. 2008.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; PEREIRA, R. *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.
- HOOGERHEIDE, E. S. S.; VENCOSKY, R.; FARIAS, F. J. C.; FREIRE, E. C.; ARANTES, E. M. Correlações e análise de trilha de caracteres tecnológicos e a produtividade de fibra de algodão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 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*, Islamabad, v. 16, n. 1 p. 17-19. 2000.
- INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE – IPI. *Potassium in tropical crops and soils*. 10th ed. Bern: Proc. Coll. Abidjan, 1973.
- 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.; ASHRAF, M.; PERVEZ, H.; GILL, 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. *Proceedings...* Philadelphia, 2006.
- MALIK, M. N. A.; MAKHDUM, M. I.; MALIK, U. F.; CHAUDHRY, F. I. Effects of muriate and sulphate of potash on cotton yield and quality. *Sarhad Journal of Agriculture, Peshawar* v. 4, n. 5, p. 565-569, 1988.
- 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, n. 2, p. 313-317. 2001.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. *Principles of plant nutrition*. 5th ed. Dordrech: Kluwer Academic Publ., 2001. 849 p.
- NUNES, R. P.; PITOMBEIRA, J. B. Herança de alguns caracteres vegetativos do algodão herbáceo correlacionados com a produção. *Ciência Agrônômica*., Fortaleza, v. 25, n. 1/2, p. 32-37, 1994.
- PAULETTI, V.; MENARIM, E. Época de aplicação, fontes e doses de potássio na cultura da batata. *Scientia Agraria*, Curitiba, 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*, New York, v. 28, n. 6, 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*, New York, v. 27, n. 12, p. 2235–2257, 2004a.
- 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*, New York, v. 27, n. 7, p. 1295–1317, 2004b.
- RAIJ, B. VAN.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônomo, 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 Versão On-line, n. 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*. Potafós: Informações agrônômicas, 2001.
- SANTANA, J. F. C.; WANDERLEY, M. J. R.; BELTRÃO, N. E. M. *Tecnologia da fibra e do fio do algodão, análises e interpretações dos resultados*. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. Algodão: informações técnicas*. Dourados: EMBRAPACPAO; Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1998. p. 232-254. (Circular Técnica, 7).
- SILVA, E. B.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G. Qualidade de grãos de café beneficiados em resposta à adubação potássica. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 173-179, 2002.
- SILVA, E. B.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G.; CHAGAS, S. J. R.; COSTA, L. 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.; FUZATTO, M. G.; CHIAVEGATO, E. J.; FERRAZ, C. A. M.; HIROCE, R. Adubação potássica do algodoeiro: época, modo de aplicação e tipo de fertilizante. *Bragantia*, Campinas, v. 44, n. 1, p. 263-274. 1985.
- SILVA, N. M.; CARVALHO, L. H.; CIA, E.; CHIAVEGATO, E. J.; SABINO, N. P. Estudo do parcelamento da adubação potássica do algodoeiro. *Bragantia*, Campinas, v. 43, n. 1, p. 111-124, 1984.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Brasília: 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. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 10, p. 1839-1843, 1999.
- 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.