

## DOSES E FORMAS DE APLICAÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA ROTAÇÃO SOJA, MILHETO E ALGODÃO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO<sup>1</sup>

Alberto Carlos de Campos Bernardi<sup>2</sup>, Juarez Patrício de Oliveira Júnior<sup>3</sup>, Wilson Mozena Leandro<sup>3</sup>, Tiago Gomes da Silva Mesquita<sup>4</sup>, Pedro Luiz de Freitas<sup>5</sup>, Maria da Conceição Santana Carvalho<sup>6</sup>

### ABSTRACT

POTASSIUM FERTILIZATION OF SOYBEAN, PEARL MILLET, AND COTTON IN A NO-TILL ROTATION SYSTEM IN THE CERRADO REGION

The main objective of this study was to evaluate the efficiency of potassium fertilizer application, as related to rate, placement (in-row, broadcast, and split topdress) and time (before sowing, at sowing, and topdressing), in a soybean, pearl millet, and cotton no-till rotation system, in a typical dystrophic Red Latosol (Hapludox), in Turvelândia, Goiás State, Brazil (17°51'S, 50°18'W). The experimental design was a factorial randomized block, with 4 replications. Potassium source was KCl. Potassium was applied to soybean (0 kg ha<sup>-1</sup>, 30 kg ha<sup>-1</sup>, 60 kg ha<sup>-1</sup>, and 180 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O) in the planting row or broadcasted before sowing, at sowing, or topdressed. For cotton, the K rates were 0 kg ha<sup>-1</sup>, 60 kg ha<sup>-1</sup>, 120 kg ha<sup>-1</sup>, and 240 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O, applied before sowing and placed in the planting row, with none or one topdressing, or split in two applications. The pre-planting cotton K was applied in the pearl millet. There was no effect of potassium fertilization on soybean yield. As a cover crop, pearl millet used, more efficiently, the 60 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O rate. Results showed that the best cotton agronomic efficiency was obtained with 146 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O, supplied before sowing. Results also showed positive effects of potassium fertilization on cotton fiber quality.

KEY-WORDS: *Glycine max*; *Pennisetum*; *Gossypium hirsutum*; fiber quality; agronomic efficiency.

### RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar a eficiência da adubação potássica, com relação às doses, modos (sulco, a lanço e parcelada) e épocas de aplicação (pré-semeadura, semeadura e cobertura), na sucessão de culturas soja-milheto-algodoeiro, cultivadas em sistema plantio direto, em Latossolo Vermelho, no município de Turvelândia, Goiás (17°51'S, 50°18'W). O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial. A fonte de potássio utilizada nas adubações foi o cloreto de potássio. Na soja, os tratamentos utilizados foram doses de K<sub>2</sub>O (0 kg ha<sup>-1</sup>, 30 kg ha<sup>-1</sup>, 60 kg ha<sup>-1</sup> e 180 kg ha<sup>-1</sup>), aplicadas em pré-semeadura (a lanço) e na semeadura (no sulco), com e sem cobertura. Na cultura do algodoeiro, os tratamentos foram doses de K<sub>2</sub>O (0 kg ha<sup>-1</sup>, 60 kg ha<sup>-1</sup>, 120 kg ha<sup>-1</sup> e 240 kg ha<sup>-1</sup>), aplicadas em pré-semeadura (a lanço) e na semeadura (no sulco), com 0, 1 ou 2 coberturas. A adubação em pré-semeadura foi realizada no milho. Não houve efeito da adubação potássica sobre a produtividade da cultura da soja. O milho, como cobertura do solo, aproveitou, mais eficientemente, a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, aplicada na cultura da soja. Para a cultura do algodoeiro, a maior eficiência agrônômica foi obtida com dose de 146 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, em pré-semeadura. Os resultados indicaram, também, que houve efeito positivo da adubação potássica sobre a qualidade da fibra do algodão.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*; *Pennisetum*; *Gossypium hirsutum*; qualidade da fibra; eficiência agrônômica.

### INTRODUÇÃO

O manejo eficiente da fertilidade do solo, envolvendo correção da acidez e adubação, é um fator determinante da produtividade das culturas da soja (Tanaka et al. 1993) e do algodoeiro (Staut & Athayde 1999, Carvalho et al. 2007, Carvalho et al. 2008). Geralmente, os solos da região dos Cerrados são bastante intemperizados e a reserva

de potássio não é suficiente para suprir a quantidade extraída pelas culturas, por longos períodos de tempo, sendo necessária a restituição da quantidade exportada do nutriente, via adubação (Tanaka et al. 1993).

Dessa forma, o manejo da adubação, em relação às doses e aos modos de aplicação (sulcos, a lanço e parcelada), também deve ser considerado, devido ao alto potencial de perdas por lixiviação,

1. Trabalho recebido em set./2007 e aceito para publicação em jun./2009 (n° registro: PAT 3519).
2. Embrapa Pecuária Sudeste, Cx. Postal 339, CEP 13.560-970, São Carlos, São Paulo. E-mail: [alberto@cppse.embrapa.br](mailto:alberto@cppse.embrapa.br).
3. Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Goiânia, Goiás.  
E-mails: [juarez@agro.ufg.br](mailto:juarez@agro.ufg.br), [leandro@agro.ufg.br](mailto:leandro@agro.ufg.br).
4. Procuradoria Geral da República, Ministério Público Federal, Brasília, DF. E-mail: [tiagos@pgr.mpf.gov.br](mailto:tiagos@pgr.mpf.gov.br).
5. Embrapa Solos, R. Jardim Botânico, 1024, CEP 22.460-000, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: [pfreitas@cnps.embrapa.br](mailto:pfreitas@cnps.embrapa.br).
6. Embrapa Algodão, Núcleo de Goiás, Cx. Postal 714, CEP 74.001-970, Goiânia, Goiás. E-mail: [conceicao@cnpa.embrapa.br](mailto:conceicao@cnpa.embrapa.br).

em alguns solos. A adubação da soja e do algodoeiro normalmente é realizada aplicando-se parte dos fertilizantes no sulco de semeadura e parte em cobertura. Porém, em algumas condições, existe a possibilidade de antecipação dessas adubações, aplicando-se, a lanço, antes da semeadura. Por sua vez, a aplicação de altas doses de potássio, no sulco de semeadura, deve ser evitada, devido ao efeito salino e, em algumas situações, devido às perdas por lixiviação, principalmente em solos arenosos, com baixa capacidade de troca de cátions. Por isso, doses elevadas devem ser reduzidas na semeadura, podendo o restante ser aplicado em cobertura, no período de maior exigência da cultura. Outro aspecto que deve ser considerado é que a adubação tardia, em cobertura a lanço, em solos argilosos, pode não ser eficiente (FAO 1998, Isherwood 1998, Johnston 2000).

Na soja, o período de maior exigência do K se dá no estágio de crescimento vegetativo, cuja velocidade máxima de absorção deste nutriente ocorre aos trinta dias que antecedem ao florescimento (Tanaka et al. 1993). Mascarenhas et al. (1981) demonstraram que, para uma produção média de 18 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca da parte aérea, a cultura da soja extraiu 343 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, sendo que 58 kg ha<sup>-1</sup> foram exportados pelos grãos. Em tese, isto implicaria na necessidade de se usar doses mais elevadas do que aquelas atualmente recomendadas nas diversas regiões produtoras do Brasil, onde são obtidas altas produtividades, devido ao uso de cultivares com maior potencial genético.

Entretanto, na maioria dos experimentos com adubação potássica, inclusive em solos com baixos teores trocáveis desse nutriente, não se tem encontrado resposta, ou ela tem sido relativamente pequena (Mascarenhas et al. 1981, Palhano et al. 1983, Borkert et al. 1997a, Borkert et al. 1997b). Nesse sentido, Rosolem et al. (1988) concluíram que, além do potássio trocável, existem outras formas do nutriente no solo, que podem ser liberadas durante o ciclo da cultura. Na cultura do algodoeiro, a marcha de absorção de K segue o padrão de crescimento, aumentando, significativamente, a partir dos 30 dias do plantio, coincidindo com a emissão dos primeiros botões florais e alcançando absorção máxima diária no pico do florescimento (Carvalho et al. 2008). No final do ciclo, a absorção do K é reduzida e aumenta-se a translocação do mesmo para as sementes (Staut & Kurihara 1998). O uso de doses adequadas de

potássio, na adubação da cultura, aumenta o diâmetro das maçãs, o peso dos capulhos, o peso de 100 sementes e a produção de plumas, além de reduzir o número de maçãs atacadas por pragas e doenças (Cassman et al. 1990, Sabino et al. 1995, Bauer et al. 1998, Sabino et al. 1999, Staut & Athayde 1999). Sabe-se, também, que cultivares de ciclo precoce apresentam grande demanda por potássio disponível, especialmente durante a fase de maturação do fruto (Matocha et al. 1994).

Em relação à qualidade da fibra, geralmente há uma melhora, com o fornecimento de potássio. Isso ocorre porque este nutriente proporciona a manutenção da folhagem e regulariza o ciclo do algodoeiro, proporcionando maior deposição de celulose nas paredes internas da fibra, melhorando, assim, o índice micronaire (finura e maturidade), como foi mostrado por Cassman et al. (1990), Sabino et al. (1995), Sabino et al. (1999) e Nascimento Júnior et al. (2000). Já o comprimento médio de fibras é influenciado, de forma menos intensa, pela disponibilidade de K (Bauer et al. 1998). Por outro lado, o número de fibras mais curtas (uniformidade de comprimento) diminui, formando fibras de melhor qualidade e dando origem a fios mais resistentes (Silva et al. 1984, Nascimento Júnior et al. 2000).

De acordo com Mielniczuk (2005), a maior parte das pesquisas de fertilidade de solo no Brasil foi desenvolvida com preparo convencional do solo (aração e gradagem), sendo necessário rever muitos conceitos, em virtude da rápida evolução do sistema plantio direto. Em função da melhoria das condições físicas, químicas e biológicas e da introdução das culturas de cobertura, nesse sistema conservacionista (Castro 1993), existe possibilidade de adubação de todo o sistema de cultivo, com a antecipação da adubação, ao invés da adubação de base realizada, simultaneamente, à semeadura. Essa técnica consiste na antecipação da aplicação, total ou parcial, da dose recomendada de fertilizante, para a cultura de verão, no momento da adubação da cultura antecessora, na forma de adubação a lanço ou incorporada (Francisco et al. 2007). Dessa forma, com a dessecação da cultura de cobertura, os nutrientes fornecidos antecipadamente retornarão para o sistema e estarão disponíveis à cultura principal. As vantagens da prática são a otimização de operações, redução dos custos, diminuição da quantidade de adubos no sulco de semeadura, redução das perdas por lixiviação e

possibilidade de maior desenvolvimento vegetativo da cultura de cobertura (Silva & Rosolem 2001, Matos et al. 2006, Francisco et al. 2007, Foloni & Rosolem 2008).

Este estudo teve como objetivo avaliar a eficiência da adubação potássica, com relação às doses, modos (sulco, a lanço e parcelada) e épocas de aplicação (pré-semeadura, plantio e cobertura), na produção das culturas da soja, milho e algodoeiro e sobre a qualidade da fibra do algodão, cultivados em sistema plantio direto, em solo da região dos Cerrados.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no município de Turvelândia, região sudoeste do Estado de Goiás (17°51'S e 50°18'W). O clima da região é Cwa (classificação de Köppen) mesotérmico quente e subúmido. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho, apresentando textura argilosa. Os resultados da caracterização física e química da área estão descritos na Tabela 1.

O experimento ocorreu ao longo de duas safras agrícolas, tendo sido adotada a seguinte ordem de cultivos: *i*) soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. BRS 218), no verão de 2001/2002 (semeada sobre a palhada de milho); *ii*) milho (*Pennisetum glaucum*), na primavera de 2002; e *iii*) algodão (*Gossypium hirsutum* L. cultivar BRS Aroeira), no verão de 2002/2003,

Tabela 1. Resultados das análises química e física do solo, na área experimental, antes da instalação do experimento. Turvelândia, Goiás, ano agrícola 2001/2002.

Análise	Unidade	Profundidade (cm)		
		0-10	10-20	20-40
Argila	g kg <sup>-1</sup>	560	560	560
Silte		237	237	237
Areia		203	203	203
MO*		40	40	40
pH CaCl <sub>2</sub>		5,4	5,4	5,3
K		0,22	0,23	0,26
Ca		4,0	3,7	3,3
Mg	cmol <sub>c</sub>	0,9	1,1	1,0
Al		0,0	0,0	0,0
H+Al	dm <sup>-3</sup>	3,1	2,9	3,2
CTC		8,3	8,0	7,8
V		%	61,9	63,5
P**		8,7	5,4	4,6
Cu**		2,9	3,1	2,7
Fe**	mg dm <sup>-3</sup>	171,6	212,2	222,0
Mn**		34,6	51,1	53,9
Zn**		0,4	0,9	0,7

\* Matéria Orgânica; \*\* Mehlich.

sobre a palhada deste milho. O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados, com 4 repetições, nos esquemas fatoriais (3x4) + 1 (soja) e (3x6) + 1 (algodão). As parcelas experimentais foram compostas por área total de 40 m<sup>2</sup> (10x4 m). A fonte utilizada na adubação potássica foi sempre o cloreto de potássio (KCl).

Para a cultura da soja, foram utilizadas quatro doses de K<sub>2</sub>O: 0 kg ha<sup>-1</sup>, 30 kg ha<sup>-1</sup>, 60 kg ha<sup>-1</sup> e 180 kg ha<sup>-1</sup>, que, por sua vez, foram aplicadas de 4 formas: *i*) totalidade das doses em pré-semeadura; *ii*) totalidade das doses no sulco de semeadura; *iii*) 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de semeadura e o restante a lanço, em cobertura, aos 35 dias após a emergência (DAE); e *iv*) 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em pré-semeadura e o restante a lanço, em cobertura, aos 35 DAE. As quantidades de fertilizantes foram calculadas com base nas análises de solo e nas recomendações para o Estado de Goiás (Comissão... 1998). As sementes de soja foram previamente inoculadas com inoculante turfoso, com *Bradyrhizobium japonicum*. Na semeadura, foi fornecido superfosfato simples, na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup>.

Na sequência, o experimento com a cultura de cobertura do milho foi conduzido de duas formas: efeito residual das doses de K<sub>2</sub>O de 0 kg ha<sup>-1</sup>, 30 kg ha<sup>-1</sup>, 60 kg ha<sup>-1</sup> e 180 kg ha<sup>-1</sup>, aplicadas na soja; e doses de K<sub>2</sub>O de 0 kg ha<sup>-1</sup>, 60 kg ha<sup>-1</sup>, 120 kg ha<sup>-1</sup> e 240 kg ha<sup>-1</sup>, aplicadas a lanço (45 dias após semeadura). Estas doses aplicadas a lanço visavam a fornecer potássio à cultura seguinte: o algodão.

A cultura do algodoeiro recebeu as doses de K<sub>2</sub>O de 0 kg ha<sup>-1</sup>, 60 kg ha<sup>-1</sup>, 120 kg ha<sup>-1</sup> e 240 kg ha<sup>-1</sup>, aplicadas de 6 formas: *i*) totalidade das doses aplicadas em pré-semeadura (fornecidas ao milho); *ii*) totalidade das doses aplicadas no sulco de semeadura; *iii*) 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em pré-semeadura e o restante a lanço, em uma cobertura, aos 35 DAE; *iv*) 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de semeadura e o restante a lanço, em uma cobertura, aos 35 DAE; *v*) 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em pré-semeadura e o restante a lanço, em duas coberturas: aos 35 e 55 DAE; e *vi*) 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de semeadura e o restante a lanço, em duas coberturas: aos 35 e 55 DAE.

A adubação de pré-semeadura foi feita na cobertura de milho, conforme exposto anteriormente. As doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e micronutrientes foram utilizadas com base nas análises de solo

e nas recomendações para o Estado de Goiás (Comissão... 1998). Na semeadura do algodão, sucedendo o milho, foram fornecidos 20 kg ha<sup>-1</sup> de N e 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, utilizando-se o MAP. Os micronutrientes Zn e B foram fornecidos nas dosagens de 3 kg ha<sup>-1</sup> e 1 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, como sulfato de zinco e ácido bórico. Na cobertura, aos 35 DAE, foram aplicados 45 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de sulfato de amônio, e, aos 55 DAE, houve uma segunda aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia.

Foram realizadas avaliações da produção de grãos da soja, matéria seca e extração de K<sub>2</sub>O pelo milho e produção e qualidade da fibra do algodoeiro. Para este cálculo da extração de K<sub>2</sub>O, foi determinado o teor de K (Carmo et al. 2000), na parte aérea do milho. Para tanto, alíquotas do material vegetal seco (estufa de circulação forçada a 65°C, por 72 horas) e triturado (moinho tipo "Willey", com peneira 20 "mesh") foram digeridas, em solução nitro-perclórica, e determinadas, no extrato resultante, por fotometria de chama.

Na cultura do algodão, além da produtividade de algodão em caroço, foram avaliados, também, a porcentagem de fibras, por meio do descaroçamento de uma amostra de 20 capulhos e pesagem da pluma e do caroço; peso médio de um capulho, por meio da pesagem de 20 capulhos, coletados no terço médio de vinte plantas por parcela; e análise da qualidade de fibra. A qualidade de fibra do algodão foi avaliada por meio do equipamento HVI (*High Volume Instruments*), no qual foram realizadas as análises de impurezas, comprimento da fibra, uniformidade de comprimento, índice de fibras curtas, micronaire, resistência, alongamento, grau de cor e tipo de algodão. A partir da produção do algodoeiro, calculou-se a eficiência agrônoma, através da fórmula

$$\text{Eficiência agrônoma} = (\text{Produção}_{\text{KCl}} - \text{Produção}_{\text{test}}) (\text{Dose}_{\text{KCl}})^{-1}$$

onde Produção<sub>KCl</sub> = produção de algodão em caroço (kg ha<sup>-1</sup>), com adubação potássica; Produção<sub>test</sub> = produção de algodão em caroço (kg ha<sup>-1</sup>), sem adubação potássica; Dose<sub>KCl</sub> = dose de adubação potássica.

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e foram ajustadas equações de regressão para as variáveis estudadas, em função das doses, modos e épocas de aplicação do fertilizante potássico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Soja

Os valores médios da produtividade da soja, em função dos tratamentos com doses e época de aplicação de fertilizantes potássicos, indicam que não houve efeito significativo (Figura 1). Os teores de K originais no solo, apresentados na Tabela 1, estão acima de 80 mg dm<sup>-3</sup>, os quais, de acordo com a Comissão de Corretivos e Fertilizantes do Estado de Goiás (1998), enquadram-se na classe alta. Dessa forma, o K trocável existente, originalmente, no solo, provavelmente foi suficiente para suprir as exigências nutricionais da cultura.

Estes resultados confirmam os resultados de trabalhos anteriores, nos quais não foram observados aumentos de produção, mesmo naqueles solos que tiveram o teor de K trocável reduzido, ao longo de cultivos sucessivos (Mascarenhas et al. 1981, Palhano et al. 1983, Rosolem et al. 1984, Borkert et al. 1997a, Borkert et al. 1997b).

### Milho

Os efeitos residuais da adubação potássica da soja, sobre a produção e extração de K<sub>2</sub>O pela cultura do milho, podem ser observados na Figura 2. A produção máxima de matéria seca (1.717 kg ha<sup>-1</sup>) foi obtida com 124 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A cultura não conseguiu aproveitar, eficientemente, as adubações realizadas apenas no sulco, pois a aplicação localizada do adubo, em um espaçamento maior, diminuiu a possibilidade de contato e aproveitamento do nutriente pela cultura.

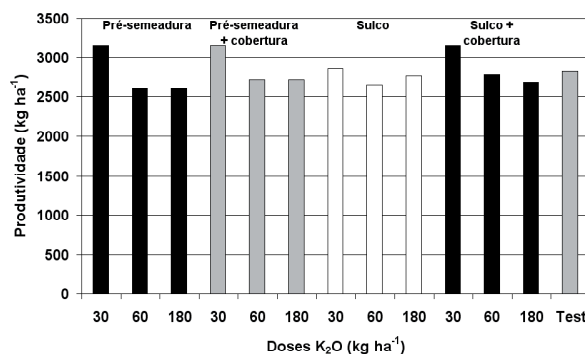


Figura 1. Produtividade da soja cultivada em sistema de plantio direto, em função de doses e formas de aplicação de potássio, em Turvelândia, Goiás.

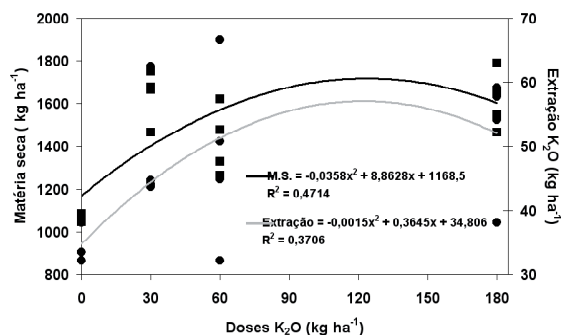


Figura 2. Efeito residual da adubação potássica da cultura da soja sobre a produção de matéria seca e extração de  $K_2O$  pelo milho, cultivado em sistema de plantio direto, em Turvelândia, Goiás.

Os resultados da extração de  $K_2O$  seguiram a mesma tendência da observada na produção de matéria seca, sendo que a maior extração ( $57 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ ) foi obtida com a dose de  $122 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ .

Já a produção máxima de milho, que recebeu a adubação destinada ao algodão ( $1.521 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS), foi obtida com a dose de  $135 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  (Figura 3). Esta dose proporcionaria uma extração de cerca de  $45 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ , de acordo com a equação de extração representada na Figura 2. Observa-se que, com o aumento das doses de potássio, há uma gradual diminuição da eficiência de absorção do milho, pois, na dose de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ , a cultura extraiu  $39 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ . Já na dose de  $240 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ , a extração foi de  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ .

O período para o crescimento do milho foi curto, devido à restrição hídrica no solo, refletindo nas produtividades relativamente baixas de matéria

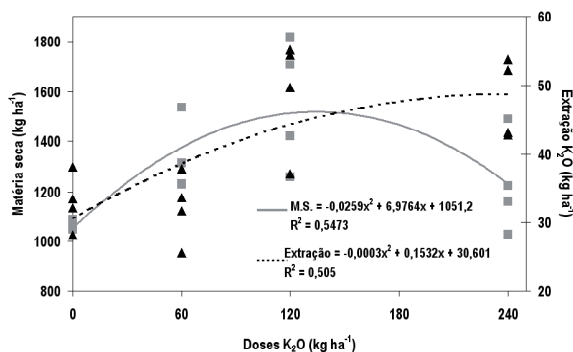


Figura 3. Efeito da adubação potássica antecipada sobre a produção de matéria seca e extração de  $K_2O$  pelo milho, cultivado em sistema de plantio direto, em Turvelândia, Goiás.

seca (entre  $1 \text{ t ha}^{-1}$  e  $1,7 \text{ t ha}^{-1}$ ). Os valores obtidos no trabalho estão abaixo do valor considerado ideal ( $6 \text{ t ha}^{-1}$ ) para se obter uma adequada cobertura do solo, para o sistema plantio direto na palha (Castro 1993).

Os resultados indicaram que o milho, como cobertura do solo, aproveitou melhor a adubação residual da soja, quando esta foi feita a lanço com cobertura, e aproveitou, mais eficientemente, a dose em torno de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ .

### Algodão

Os resultados para a produtividade do algodoeiro, em função das doses e modos de aplicação de potássio (Figura 4), indicam que as maiores produtividades de algodão em caroço ( $4.182 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $4.172 \text{ kg ha}^{-1}$ ) foram obtidas com as doses de  $146 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $240 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ , aplicadas em pré-semeadura e no sulco, respectivamente. Com relação aos parcelamentos, os melhores resultados foram obtidos para as adubações feitas com uma cobertura, depois da adubação inicial em pré-semeadura ( $4.117 \text{ kg ha}^{-1}$ ), conforme está representado na Figura 4A.

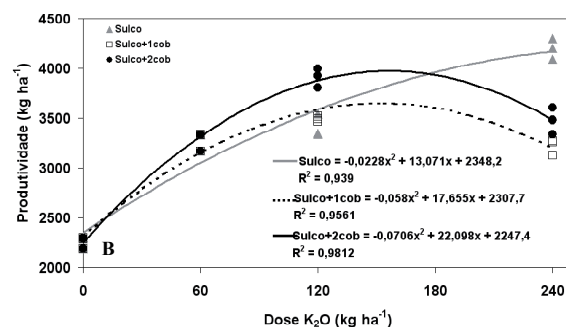
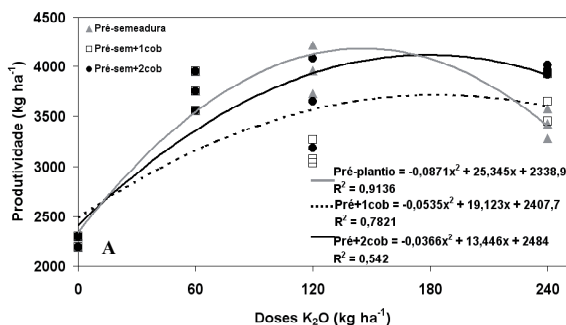


Figura 4. Produtividade de algodão em caroço, em função das doses de  $K_2O$  aplicadas em pré-semeadura (A) ou no sulco de plantio (B), de uma vez e parceladas, em uma ou duas coberturas, em Turvelândia, Goiás.

Estes resultados mostram que o milho é uma planta eficiente na reciclagem, como havia sido demonstrado por Pereira-Filho et al. (2005), Matos et al. (2006), Francisco et al. (2007) e Foloni & Rosolem (2008). Os resultados também confirmaram as observações de Silva & Rosolem (2001), de que a adubação antecipada na cultura antecessora, para a formação de palhada visando à semeadura direta, favorece a cultura principal, pela reciclagem de nutrientes, entre outros fatores.

No modo de aplicação sulco + cobertura, a realização de duas coberturas foi mais eficiente que uma única aplicação de cobertura (Figura 4B). As menores produtividades obtidas na aplicação parcelada, em relação à aplicação em pré-semeadura, podem ser explicadas, considerando-se a textura argilosa deste solo (570 g kg<sup>-1</sup> de argila), fator que reduz a eficiência da adubação potássica feita em cobertura (FAO 1998, Isherwood 1998, Johnston 2000).

Os resultados confirmam as observações de Silva et al. (1984), em experimentos conduzidos em São Paulo, onde, em solos com teores mais baixos de K, as melhores respostas foram obtidas com o parcelamento, aplicando-se 1/3 ou 1/2 no plantio e o restante em cobertura, junto com a adubação nitrogenada. Já segundo Vilela et al. (2002), não há diferença entre aplicação de potássio a lanço ou parcelado (sulco de semeadura + cobertura) e recomenda-se aplicação a lanço, principalmente em solos arenosos de baixa CTC.

A eficiência agrônômica é uma relação da produtividade obtida com uma determinada dose do nutriente, no caso o K, descontando-se o que foi fornecido pelo solo. Com relação à época de aplicação, a eficiência foi maior para as aplicações totais em pré-semeadura, ou seja, aplicações a lanço na planta de cobertura, no caso milho, 45 dias após semeadura do milho (Figura 5A). No caso da adubação feita no sulco, a melhor eficiência foi obtida quando a quantidade restante foi aplicada parcelada, em duas coberturas (Figura 5B). Os resultados de experimento realizado em solo arenoso de São Desidério, oeste da Bahia, indicaram que a aplicação de parte da adubação potássica em cobertura aumentou a eficiência de extração pela planta do algodoeiro (Ferreira & Carvalho 2005). De acordo com esses autores, o uso de doses elevadas tende a reduzir a eficiência de extração e aumentar as perdas, pois pouco acúmulo no solo foi medido após a colheita.

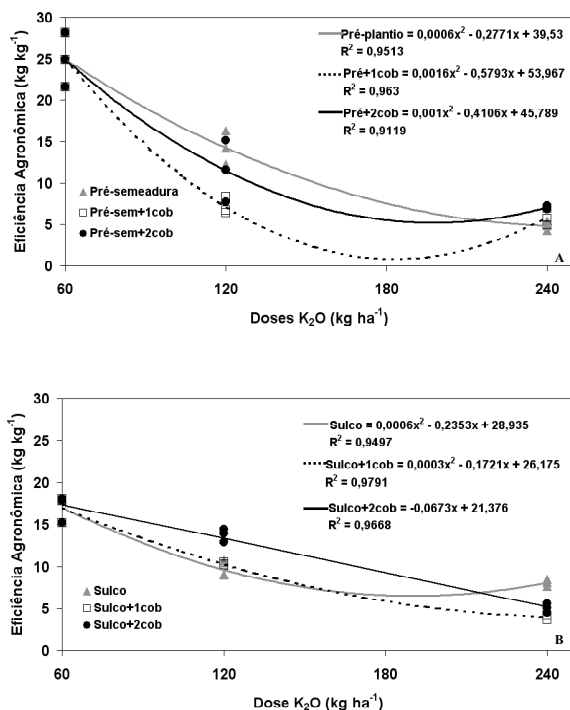


Figura 5. Eficiência agrônômica da aplicação de K na cultura do algodoeiro, em pré-semeadura (A) ou no sulco de plantio (B), em Turvelândia, Goiás.

Pettigrew & Meredith Jr. (1997) comprovaram que o fornecimento de potássio resultou em mais ramos (21%), capulhos (13%), sementes (19%) e peso de pluma (20%), porém sem alterar o índice de colheita.

Os resultados indicam que os maiores valores de peso médio de um capulho e porcentagem de fibra foram obtidos nas doses de 150 kg ha<sup>-1</sup> e 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, aplicadas em pré-semeadura e no sulco (Figura 6). Estes resultados confirmam os obtidos por Cassman et al. (1990), Sabino et al. (1995 e 1999) e Staut & Athayde (1999).

Não houve diferenças entre os modos de aplicação no peso da pluma, os quais decresceram, com o aumento das doses de K<sub>2</sub>O, até 150 kg ha<sup>-1</sup>. No entanto, Cassman et al. (1990) e Bauer et al. (1998) haviam observado aumentos nos valores desta característica, com a adubação potássica.

Quanto às características tecnológicas da fibra (Figura 7), o índice de fibras curtas foi maior na maior dose de potássio (240 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), aplicada no sulco, e na dose de 170 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, aplicada em pré-semeadura (Figura 6). Os resultados

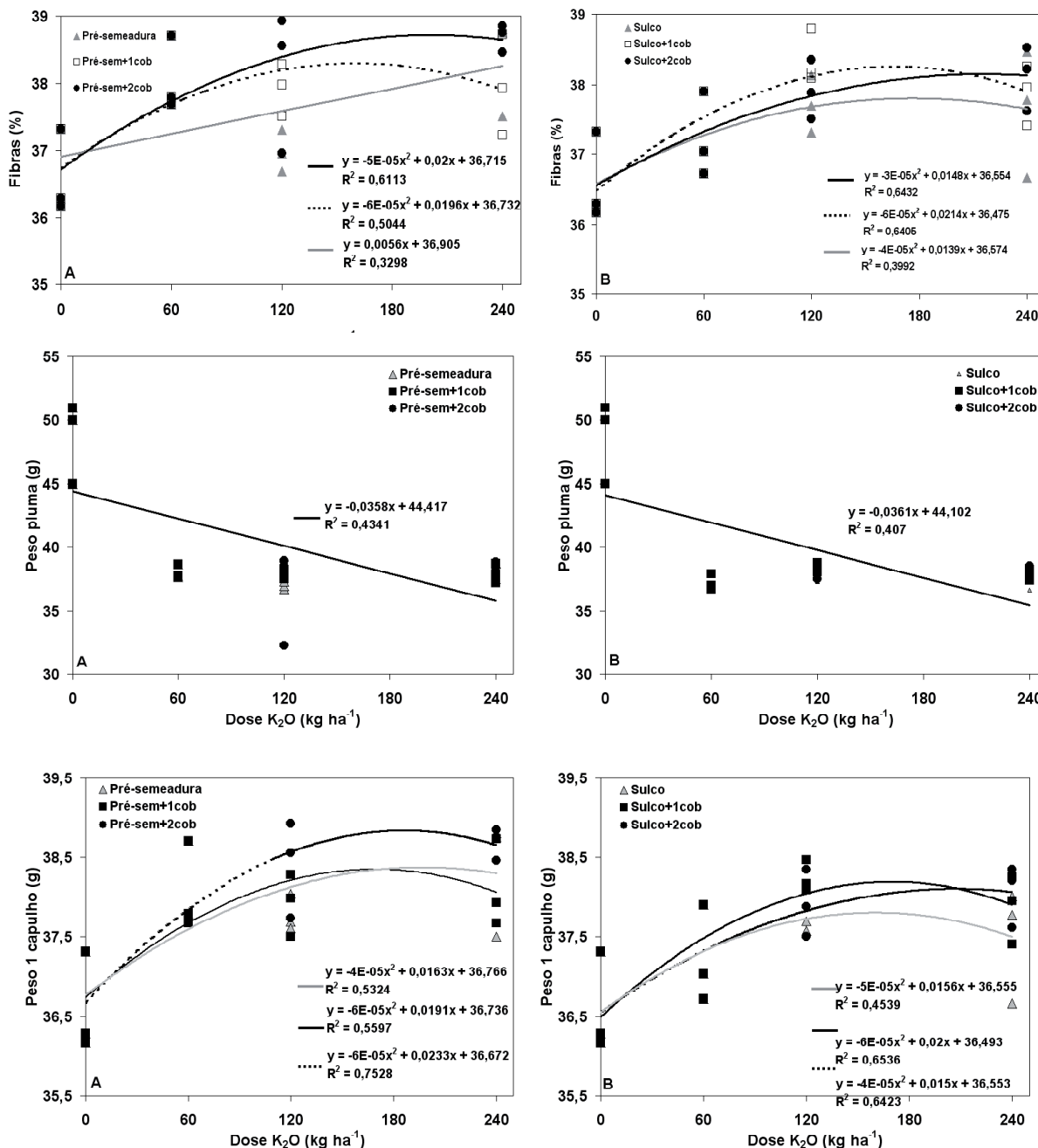


Figura 6. Percentagem de fibras, peso da pluma e do capulho do algodoeiro, em função da aplicação de K, em pré-semeadura (A) ou no sulco de plantio (B), em Turvelândia, Goiás.

indicam que, nas menores doses, o número de fibras mais curtas foi menor, melhorando a resistência da fibra, o que está de acordo com o observado por Silva et al. (1984).

O micronaire é uma medida da finura e maturidade da fibra, ou seja, do teor de celulose depositada na parede das células. Com relação a esta medida, os resultados obtidos não se ajustaram bem ao modelo

quadrático indicado pelos baixos coeficientes de determinação, sugerindo que a adubação potássica pouco influenciou esta característica (Figura 7), contrariando, dessa forma, os resultados de Cassman et al. (1990), Sabino et al. (1995 e 1999) e Nascimento Júnior et al. (2000).

A determinação da resistência intrínseca da fibra é influenciada pela maturidade da fibra,

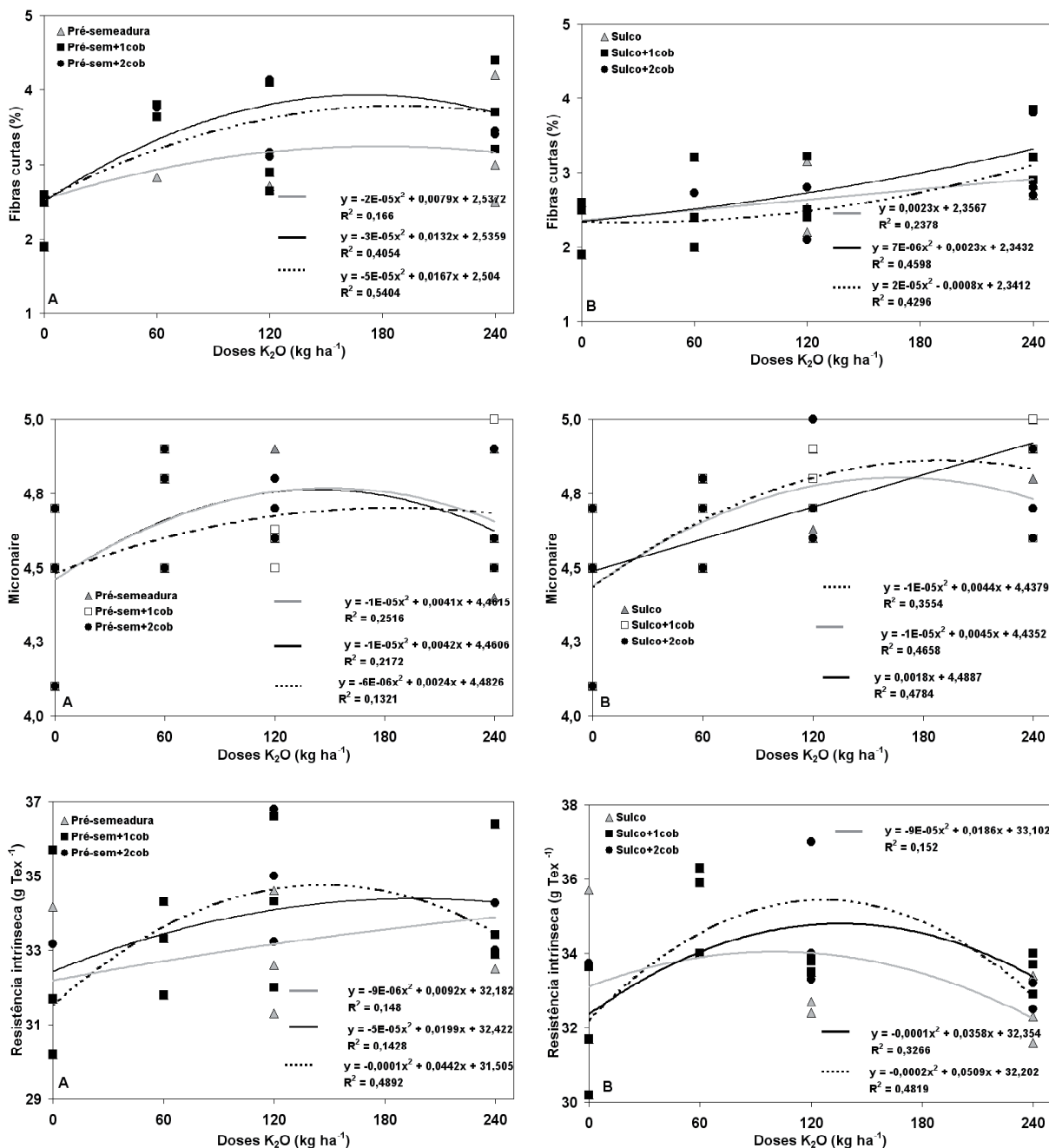


Figura 7. Percentagem de fibras curtas, índice micronaire e resistência intrínseca (g Tex<sup>-1</sup>) do algodoeiro, em função da aplicação de K em pré-semeadura (A) ou no sulco de plantio (B), em Turvelândia, Goiás.

pois esta medida se baseia na força necessária para a ruptura de uma mecha de fibras, corrigida para um peso padrão da mecha. Com relação a esta característica, os melhores resultados foram obtidos com a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, tanto para a aplicação em pré-semeadura, como para a aplicação em sulco (Figura 7).

## CONCLUSÕES

1. Nas condições do estudo, não foram observadas diferenças entre quantidades e modos de adubação potássica, para produtividade da soja.
2. O milho, como planta de cobertura, aproveitou, mais eficientemente, a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.



3. A maior eficiência agrônômica foi obtida com dose de 146 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, aplicada em pré-semeadura.
4. Houve efeito positivo da adubação potássica sobre a qualidade da fibra do algodão.

## AGRADECIMENTOS

Ao International Potash Institute (IPI), pelo apoio financeiro ao projeto, e, em especial, ao Dr. Alexey Naumov. Ao Sr. Haroldo Rodrigues da Cunha, proprietário da Fazenda Santa Maria do Mirante, em Turvelândia, Goiás, pela cessão da área e apoio na realização deste estudo.

## REFERÊNCIAS

- BAUER, P. J.; MAY, O. L.; CAMBERATO, J. J. Planting date and potassium fertility effects on cotton yield and fiber properties. *Journal of Production Agriculture*, Madison, v. 11, n. 4, p. 415-420, 1998.
- BORKERT, C. M. et al. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em latossolo roxo álico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 32, n. 11, p. 1119-1129, nov. 1997a.
- BORKERT, C. M. et al. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em latossolo roxo distrófico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 32, n. 12, p. 1235-1249, dez. 1997b.
- CARMO, C. A. F. S. et al. *Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. (Circular técnica, 6).
- CARVALHO, M. C. S. et al. Nutrição, calagem e adubação. In: BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de (Orgs.). *O Agronegócio do algodão no Brasil*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 679-789.
- CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, G. B.; STAUT, L. A. Nutrição, calagem e adubação do algodoeiro. In: FREIRE, E. C. (Org.). *Algodão no Cerrado do Brasil*. 1. ed. Brasília, DF: Abrapa, 2007. p. 581-647.
- CASSMAN, K. G. et al. Potassium nutrition effects on lint yield and fiber quality of Acala cotton. *Crop Science*, Madison, v. 30, n. 3, p. 672-677, 1990.
- CASTRO, O. M. Sistemas conservacionistas no Brasil: a experiência de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. *Resumos...* Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. p. 77-78.
- COMISSÃO DE CORRETIVOS E FERTILIZANTES DO ESTADO DE GOIÁS. *Recomendação de corretivos e fertilizantes para o Estado de Goiás*. Goiânia: UFG, 1988.
- FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S. *Adubação do algodoeiro no Cerrado: resultados de pesquisa em Goiás e Bahia*. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. (Documentos, 138).
- FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Produtividade e acúmulo de potássio na soja em função da antecipação da adubação potássica no sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1549-1561, 2008.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). *Guide to efficient plant nutrition management*. Rome: FAO, 1998.
- FRANCISCO, E. A. B.; CÂMARA, G. M. S.; SEGATELLI, C. R. Estado nutricional e produção do capim-pé-de-galinha e da soja cultivada em sucessão em sistema antecipado de adubação. *Bragantia*, Campinas, v. 66, n. 2, p. 259-266, 2007.
- ISHERWOOD, K. F. *Fertilizer use and the environment*. Paris: IFA/UNEP, 1998.
- JOHNSTON, A. E. *The efficient use of plant nutrients in agriculture*. Paris: IFA, 2000.
- MASCARENHAS, H. A. A. et al. Adubação potássica na produção de soja, nos teores de potássio nas folhas e na disponibilidade de potássio em latossolo roxo distrófico de Cerrado. *Bragantia*, Campinas, v. 40, n. 1, p. 125-134, ago. 1981.
- MATOCHA, J. E.; COKER, D. L.; HOPPER, F. L. Potassium fertilization effects on cotton yields and fiber properties. In: BELTWISE COTTON CONFERENCES, 1., 1994, San Diego. *Proceedings...* Memphis: National Cotton Council, 1994. p. 1597-1600.
- MATOS, M. A.; SALVI, J. V.; MILAN, M. Pontualidade na operação de semeadura e a antecipação da adubação e suas influências na receita líquida da cultura da soja. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 493-501, 2006.
- MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds.). *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba: Potafos, 2005. p. 165-176.
- NASCIMENTO JÚNIOR, A.; ATHAYDE, M. L. F.; SOUZA, E. C. A. Efeitos da calagem e da adubação potássica nas propriedades tecnológicas das fibras do algodoeiro. *Revista Científica Rural*, Bagé, v. 5, n. 2, p. 126-133, 2000.

- PALHANO, J. P. et al. Adubação fosfatada e potássica em cultura de soja no Estado do Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 18, n. 4, p. 357-362, 1983.
- PEREIRA-FILHO, I. A. et al. Manejo da cultura do milho. In: NETTO, D. A. M.; DURÕES, F. O. M. (Eds.). *Milho: tecnologias de produção e agronegócio*. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2005. p. 59-87.
- PETTIGREW, W. T.; MEREDITH JR., W. R. Dry matter production, nutrient uptake, and growth of cotton as affected by potassium fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 20, n. 4-5, p. 531-548, 1997.
- ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R.; RIBEIRO, D. B. O. Formas de potássio no solo e nutrição potássica da soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 12, n. 1, p. 121-125, 1988.
- SABINO, N. P. et al. Efeitos da calagem e da adubação potássica sobre características agronômicas e propriedades tecnológicas da fibra do algodoeiro. *Bragantia*, Campinas, v. 54, n. 2, p. 385-392, 1995.
- SABINO, N. P. et al. Componentes da produção e qualidade da fibra do algodoeiro em função do potássio e gesso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2., 1999, Ribeirão Preto. *Anais...* Campina Grande: Embrapa CNPA, 1999. p. 703-706.
- SILVA, N. M. da.; DUARTE, A. P.; VAN RAIJ, B. Efeitos da potassagem e gessagem no algodoeiro. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 8., 1995, Londrina. *Resumos...* Londrina: IAPAR, 1995. p. 116.
- SILVA, N. M. et al. Estudo do parcelamento da adubação potássica do algodoeiro. *Bragantia*, Campinas, v. 43, n. 1, p. 111-124, 1984.
- SILVA, N. M.; KOONDO, J. I.; SABINO, N. P. Importância da adubação na qualidade do algodão e outras plantas fibrosas. In: EUSTÁQUIO, M. S.; BUZZETI, S. (Eds.). *Importância da adubação na qualidade de produtos agrícolas*. São Paulo: Ícone, 1994. p. 189-215.
- SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Influência da cultura anterior e da compactação do solo na absorção de macronutrientes em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 36, n. 10, p. 1269-1275, 2001.
- STAUT, L. A.; ATHAYDE, M. L. F. Efeitos do fósforo e potássio no rendimento e em outras características agronômicas do algodoeiro herbáceo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 34, n. 10, p. 1839-1843, 1999.
- STAUT, L. A.; KURIHARA, C. H. Calagem, nutrição e adubação. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. *Algodão: informações técnicas*. Dourados: Embrapa, 1998. p. 51-70.
- TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; BORKERT, C. M. Nutrição mineral da soja. In: CULTURA DA SOJA NOS CERRADOS. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 105-135.
- VILELA, L.; SOUSA, D. M. G.; SILVA, J. E. Adubação potássica. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. *Cerrado: correção do solo e adubação*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. p. 169-183.