



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1678-0892

Dezembro, 2004

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 58

Adução Potássica da Rotação Soja, Milheto e Algodão em Sistema Plantio Direto nos Cerrados

Alberto Carlos de Campos Bernardi

Juarez Patrício de Oliveira Júnior

Wilson Mozena Leandro

Tiago Gomes da Silva Mesquita

Maria da Conceição Santana Carvalho

Pedro Luiz de Freitas

Rio de Janeiro, RJ

2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Solos

Rua Jardim Botânico, 1.024 Jardim Botânico. Rio de Janeiro, RJ

Fone:(21) 2274.4999

Fax: (21) 2274.5291

Home page: www.cnps.embrapa.br

E-mail (sac): sac@cnps.embrapa.br

Supervisor editorial: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Normalização bibliográfica: *Cláudia Regina Delaia*

Revisão de Português: *André Luiz da Silva Lopes*

Editoração eletrônica: *Pedro Coelho Mendes Jardim*

1ª edição (2004): 100 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Adubação potássica da rotação soja, milho e algodão em sistema plantio direto nos cerrados / Alberto Carlos de Campos Bernardi ... [et al.]. - Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2004.

32 p. - (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; n. 58).

ISSN 1678-0892

1. Adubação potássica - Soja. 2. Adubação potássica - Milho. 3. Adubação potássica - Algodão. I. Bernardi, Alberto Carlos de Campos. II. Oliveira Júnior, Juarez Patrício de. III. Leandro, Wilson Mozena. IV. Mesquita, Tiago Gomes da Silva. V. Carvalho, Maria da Conceição Santana. VI. Freitas, Pedro Luiz de. VII. Embrapa Solos (Rio de Janeiro, RJ). VIII. Série.

CDD (21. ed.). 631.8

© Embrapa 2004

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Sistema de Plantio Direto	9
Solos Cerrados	10
Potássio no solo e adubação potássica	10
Funções do potássio nas plantas	12
Importância para a soja	13
Importância para o algodão	13
Material e Métodos	15
Resultados e Discussão	18
Cultura da soja	18
Cultura do milho	20
Cultura do algodão	22
Qualidade do algodão	25
Conclusões	27
Agradecimentos	28
Bibliografia	28

Adubação Potássica da Rotação Soja, Milheto e Algodão em Sistema Plantio Direto nos Cerrados

Alberto Carlos de Campos Bernardi¹

Juarez Patrício de Oliveira Júnior²

Wilson Mozena Leandro²

Tiago Gomes da Silva Mesquita²

Maria da Conceição Santana Carvalho³

Pedro Luiz de Freitas⁴

Resumo

Este estudo teve objetivo avaliar a eficiência da adubação potássica com relação às doses, modos de aplicação (sulco, lanço e parcelada) e época (plantio, plantio e cobertura) na rotação soja, milheto e algodoeiro cultivadas em sistema plantio direto em solo da região dos Cerrados. O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados com 4 repetições em esquema fatorial. A fonte utilizada nas adubações foi o KCl. Na soja os tratamentos utilizados foram utilizadas as doses (testemunha, 30, 60 e 180 Kg ha⁻¹ K₂O), modos de aplicação (lanço e sulco) e épocas (pré-plantio, plantio e cobertura). Na cultura do algodoeiro foram utilizadas as doses de: 30, 60, 120 e 240 Kg ha⁻¹ K₂O, aplicados em pré-plantio, no sulco de plantio e, 60 Kg ha⁻¹ K₂O no sulco ou em pré-plantio, e o restante a lanço em 1 ou 2 coberturas. As doses em pré-plantio foram aplicadas na cultura do milheto. Não houve efeito a adubação potássica sobre a produtividade da cultura da soja.

O milheto, como cobertura, aproveitou mais eficientemente a dose de 60 Kg ha⁻¹ K₂O. Os resultados da produtividade do algodoeiro indicam que as melhores foram obtidas com doses de 146 e 240 Kg ha⁻¹ K₂O, aplicados em pré-plantio e no sulco.

¹ Embrapa Pecuária Sudeste. Caixa Postal 339, 13560-970, São Carlos, SP. alberto@cnpse.embrapa.br

² Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás – UFG, Goiânia, GO.

³ Embrapa Algodão, Núcleo de Goiás. Caixa Postal 714, 74001-970 Goiânia, GO.

mcsarva@cnpa.embrapa.br

⁴ Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico, 1024, Rio de Janeiro, RJ. CEP:22460-000.

pfreitas@cnpa.embrapa.br

Os resultados também indicaram que houve efeito positivo da adubação potássica sobre a qualidade da fibra.

Termos de indexação: *Glycine max*, *Pennisetum*, *Gossypium hirsutum*, qualidade da fibra, estado nutricional, análise de solo.

Potassium Fertilization of Soybean, Permillet and Cotoon Crops Rotation in a No-till System in Cerrado Region

Abstract

The main objective of this study was evaluate the efficiency of potassium fertilizer supplying related with levels, methods (row placement, broadcasting, and top-dressing divided) and time (before sowing, sowing and top-dressed) on crop rotation of soybean, permillet and cotton grown in no-till system in a Cerrado soil. The experiemental design was a factorial randomized block, with 4 replications. Potassium source was KCl. Soybean treatments comprised 4 levels applied at row or broadcasted before sowing, at sowing or top-dressed. For cotton crop the suplied levels were: 0, 60, 120 e 240 Kg ha⁻¹ K₂O, applied before sowing and placed at the row. Always 60 Kg ha⁻¹ K₂O was supplied at row or broadcasted before sowing, and the rest splitted into 1 or 2 top dressing. Potassium applied before cotton sowing was supplied to permillet crop. There was no effect of potassium fertilization on soybean crop yield. The cover crop permillet efficient used de 60 Kg ha⁻¹ K₂O. Results showed that the best cotoon crop yield were obtained with 146 e240 Kg ha⁻¹ K₂O, supplied before sowing and at the row. respectively. Results also showed positive effects of potassium fertilization on cotton fiber quality.

Index terms: *Glycine max*, *Pennisetum*, *Gossypium hirsutum*, fiber quality, nutrition status, soil testing.

Introdução

Sistema Plantio Direto

A tecnologia do preparo conservacionista ou plantio direto representa a mais significativa alteração no manejo de solos da história moderna da agricultura e tem se destacado como sendo uma alternativa viável e mais sustentável que o sistema sob aração e gradagens. O cultivo em sistema plantio direto (SPD) permite que se obtenha a produção agrícola com um mínimo risco de erosão. Foi inicialmente introduzido na América do Norte e, atualmente, está sendo largamente utilizado na América do Sul (especialmente na Argentina e Brasil), Austrália e, em menores extensões, na Europa. Aproximadamente 37% das terras agricultáveis nos Estados Unidos estão sendo manejadas com sistemas conservacionistas, que incluem o plantio direto e o cultivo mínimo (Lal *et al.*, 1999). Atualmente o plantio direto abrange uma área de aproximadamente 20 milhões de hectares no Brasil, que representa aproximadamente cerca de 50% da área plantada com lavouras temporárias. Foi estabelecido inicialmente na região Sul do Brasil e na década de 90, verificou-se um incremento de mais de 1,2 milhões de ha na região dos Cerrados (Landers, 2001).

Neste sistema, as características físicas, químicas e biológicas do solo são afetadas diferencialmente em relação ao plantio convencional, tais como retenção de umidade, oscilação térmica, distribuição do fósforo e matéria orgânica, teor de nitrogênio e distribuição de alguns organismos do solo (Muzzilli, 1983; Wiethölter, 2000; Machado & Silva, 2001). Há ainda evidências indicando que esta prática pode conduzir à melhor utilização de nutrientes, pois em solo sob plantio direto o maior acúmulo de matéria orgânica nos primeiros 10 cm de solo, em relação ao solo sob aração ou gradagens freqüentes, permite que haja menor fixação de fósforo nos minerais do solo devido às frações orgânicas, como os ácidos húmicos, bloquearem os sítios de adsorção no mineral. Em SPD, a inclusão da rotação de culturas com leguminosas resulta em economia no uso de adubo mineral nitrogenado na cultura subsequente, além destas culturas promoverem na eficiente ciclagem de nutrientes. De acordo com Rhoton (2000), em 4 anos, o SPD resultou diferenças significativas estatisticamente comparados com o convencional, com aumento, nos primeiros 2,5 cm dos teores de matéria orgânica, Ca trocável, P disponível, Mn, e Zn. O SPD resultou também em maior estabilidade de agregados, e quantidade de argila dispersa.

Solos dos Cerrados

Em termos gerais, pode-se considerar que os solos dos Cerrados são ácidos, com baixa capacidade de troca de cátions e retenção de umidade, apresentando deficiência generalizada de nutrientes, particularmente de fósforo. No entanto, os aspectos positivos são a facilidade de mecanização, correção e construção da fertilidade, possibilidade de irrigação, elevada profundidade, friabilidade, porosidade e boa drenagem interna dos solos. Estes fatores concorrem para que a região dos Cerrados seja considerada dentre aquelas de maior potencial agrícola do país (Ker, *et al.*, 1992).

Dentre as classes de solos mais representativas dos Cerrados, destacam-se os Latossolos que se distribuem nos amplos chapadões, em áreas de relevo plano ou suavemente ondulado. Profundos, bem drenados, sem impedimento à mecanização agrícola e de baixa fertilidade natural, que pode ser facilmente corrigida, os Latossolos ocupam aproximadamente 46% da região (Bernardi, *et al.*, 2003). Devido à sua extensão geográfica e às características próprias, são os solos mais utilizados dos Cerrados, consistindo, atualmente, nas áreas mais exploradas com culturas anuais da região. Outras classes de solos são também expressivas em área como Neossolos Quartzarênicos (17,7%), Plintossolos (12,2%) e Argissolos (11%), que além da baixa fertilidade natural, apresentam, em geral, outros problemas de natureza física à exploração agrícola.

Os solos desta região apresentam pequena reserva de potássio a qual não é suficiente para suprir a quantidade extraída pela cultura por longos períodos de tempo. Portanto, é imprescindível que o seu suprimento às plantas seja feito através da adubação potássica.

Outro fator a ser considerado é que o potássio é o segundo nutriente mais absorvido e exportado pela cultura do algodão. Portanto, a sua restituição às plantas deve ser feita através da adubação potássica.

Potássio no solo e adubação potássica

O suprimento de potássio às plantas varia em função da forma em que se encontra no solo, da sua quantidade e do seu grau de disponibilidade nas diferentes formas, além dos fatores que interferem no deslocamento do nutriente na solução do solo até as raízes. O manejo da adubação, com relação às doses e modos de aplicação (sulcos, a lanço e parcelada) deve ser considerado, devido ao alto potencial de perdas por lixiviação que alguns solos podem apresentar. A adubação de plantio normalmente é recomendada para ser realizada no sulco, porém também possa ser

feita a lanço, antes do plantio. Em solos com baixa fertilidade a aplicação no sulco pode ser mais viável economicamente. No entanto, a aplicação de altas doses de potássio no sulco de plantio deve ser evitada devido ao efeito salino pelo aumento do potencial osmótico e, em alguns casos, devido às perdas por lixiviação, principalmente nos solos arenosos, com baixa capacidade de troca. Por isso, as doses elevadas devem ser reduzidas no plantio, e o restante da aplicação pode ser feita em cobertura e a lanço, no período de maior exigência da cultura. Outro aspecto que deve ser considerado é o de que a adubação tardia em cobertura a lanço em solos argilosos pode não ser eficiente (FAO, 1998. Isherwood 1998. Johnston, 2000).

De acordo com Bernardi *et al.* (2003), o SPD promove alterações no comportamento do solo, por eliminar as ações mecânicas que promovem a homogeneização do solo. Com a distribuição predominantemente na superfície, e a ação das plantas acumulando nutrientes na biomassa aérea, ocorre uma acumulação de nutrientes, especialmente P e K, na camada superficial grumosa, nos primeiros 10 cm. Este efeito foi também observado na produção contínua de algodão em sistema plantio direto nos E.U.A. (Howard, *et al.*, 1999).

Com o tempo, há uma tendência de aumento da eficiência dos adubos aplicados, e da disponibilidade de nutrientes, pela ação de microorganismos (N), diminuição da fixação de nutrientes pela argila do solo (P), e movimentação de cátions (Ca, Mg) no perfil do solo (Bernardi, *et al.*, 2003). A fertilidade do solo deve também considerar os aspectos físicos e biológicos, tais como a porosidade (distribuição de tamanho de poros, volume total e continuidade), susceptibilidade à compactação, friabilidade em diferentes umidades, teor e qualidade da matéria orgânica e atividade biológica (Freitas, 1994).

Como no SPD é imprescindível a rotação de culturas em que a cultura de cobertura antecede a principal de verão, tem-se a possibilidade de adubar o sistema e não somente a cultura principal. Assim, uma parte do fertilizante é aplicado em pré-plantio na cultura de cobertura, que será dessecada e, conseqüentemente estes nutrientes retornarão para a cultura principal. As vantagens deste procedimento são: Diminuição da quantidade de adubos no sulco; Menores perdas por lixiviação e; Maior desenvolvimento vegetativo das plantas de cobertura. A cobertura verde também proporciona uma maior eficiência na ciclagem de nutrientes, aproveitando aqueles nutrientes que foram aplicados na cultura anterior.

Funções do potássio nas plantas

O potássio atua na regulação do potencial osmótico celular, sendo muito importante no balanço das cargas negativas dos ácidos orgânicos dentro das células e dos ânions absorvidos pelas raízes. É também ativador de várias enzimas e, portanto requerido em numerosos processos metabólicos. Sua deficiência pode acarretar no acúmulo de compostos nitrogenados livres ou solúveis, que podem ser aminoácidos, amidas e amônia, além de aminas, que são produtos da descarboxilação de aminoácidos, como é o caso da putrescina (Mengel & Kirkby, 1982. Marschner, 1995).

Resultados da literatura mostram ainda que há reduções na fotossíntese líquida e aumento na respiração na deficiência de potássio. Este macronutriente também regula a abertura dos estômatos e interfere nas taxas de transferência do CO₂ nas folhas. Na sua deficiência ocorre diminuição da fosforilação, e inibição do transporte de fotossintetados, ocorrendo uma interrupção na conversão dos produtos intermediários em sacarose e um conseqüente acúmulo de carboidratos solúveis, inclusive açúcares redutores. Conteúdo adequado desse nutriente reduz o potencial osmótico, levando à uma redução na taxa de transpiração (Barker, 1979, Natr, 1972; Huber, 1985). Plantas de algodoeiro deficientes em potássio apresentaram menores índice de área foliar, reduzindo a capacidade fotossintética (Pettigrew & Meredith Jr., 1997), além de não conseguirem utilizar eficientemente a água e outros nutrientes, tornando-se menos tolerantes a estresses ambientais (Staut & Kuhlara, 1998).

O acúmulo elevado de carboidratos em tecidos como as folhas, aparentemente é uma parte de todo o efeito que a deficiência de potássio provoca na planta, reduzindo a quantidade de fotossintetados disponíveis para os órgãos reprodutivos e levando a alterações na produção de pluma e na qualidade da fibra do algodoeiro. Pettigrew (1999) observou que a deficiência de potássio aumentou a concentração nas folhas de glicose e nas raízes, de amido (82%), glicose (14%), e frutose (27%). Entretanto o potencial de água nas folhas e o potencial osmótico não foram afetados pela variação dos níveis de adubação potássica, já o turgor da folha aumentou 17% nas plantas deficientes no nutriente.

Além destas, outras funções fisiológicas do potássio na planta são controle e regulação da absorção e atividade de outros nutrientes, promoção do crescimento de tecidos meristemáticos, redução da susceptibilidade ao ataque de pragas e doenças e

aumento da resistente à seca (Malavolta, 1980). Pettigrew & Meredith Jr. (1997) mostraram que a aplicação de potássio aumentou a eficiência do uso de nitrogênio.

As funções que os nutrientes exercem no metabolismo vegetal determinam sua mobilidade ou sua redistribuição dentro da planta após haverem sido absorvidos e incorporados. O macronutriente K tem alta mobilidade e redistribuem-se facilmente dentro da planta, por isso os sintomas de deficiência foliares surgirão inicialmente nas folhas mais velhas.

Importância para a soja

Mascarenhas *et al.* (1987) demonstraram que para uma produção média de 18t de matéria seca da parte aérea/ha, a cultura extraiu 343 kg de potássio por ha e exportou 58 kg por ha pelos grãos. Isto implica a necessidade de se usar doses mais elevadas do que aquelas recomendadas nas diversas regiões produtoras do Brasil, onde são obtidas altas produtividades, através de novas cultivares de maior potencial genético. Essa observação é procedente quando se sabe que o potássio aplicado ou nativo, além de exportado pelos grãos, é perdido por lixiviação e erosão (Tanaka, *et al.*, 1993).

Entretanto, na maioria dos experimentos com adubação potássica, mesmo em solos com baixos teores trocáveis desse nutriente, não se tem encontrado resposta, ou ela tem sido relativamente pequena (Palhano, *et al.*, 1983). Com isso, Rosolem (1980) concluiu que além do potássio trocável, existem outras formas do nutriente no solo que podem ser liberadas durante o ciclo da cultura.

De maneira geral, os solos da região dos Cerrados são bastante intemperizados, e a reserva de potássio nesses solos não é suficiente para suprir a quantidade extraída pela cultura da soja por longos períodos de tempo. Portanto, o seu suprimento às plantas deve ser feito através da adubação potássica (Tanaka, *et al.*, 1993).

Importância para o algodão

O potássio é requerido em maiores proporções em dois períodos do ciclo do algodoeiro: o primeiro entre os 30 e 50 dias após a emergência e o segundo por volta dos 90 dias, no final do ciclo, a absorção é reduzida e aumenta-se a translocação do mesmo para as sementes (Staut & Kuhlara, 1998). O uso de doses adequadas de potássio na adubação do algodoeiro aumenta o número de maçãs com maior diâmetro, peso de capulhos e o peso de 100 sementes e reduz o número de maçãs atacadas por pragas e doenças (Staut & Athayde, 1999).

Pettigrew & Meredith Jr. (1997) comprovaram que o fornecimento de potássio, resultou, no final do ciclo do algodoeiro, em mais ramos (21%), capulhos (13%), sementes (19%) e peso de pluma (20%), porém sem alterar o índice de colheita.

As cultivares de maturação rápida, ciclo curto apresentam uma forte demanda por potássio disponível, especialmente durante a maturação do fruto (Matocha *et al.*, 1994).

Com relação à qualidade da fibra, no geral há uma melhora com o fornecimento de potássio. O nutriente proporciona manutenção da folhagem e regulariza o ciclo do algodoeiro, proporcionando maior deposição de celulose nas paredes internas da fibra, melhora acentuada no índice micronaire (finura e maturidade). O comprimento médio de fibras é, no geral, menos beneficiado. No entanto, o número de fibras mais curtas (uniformidade de comprimento) diminuiu, formando fibras de melhor qualidade, dando origem a fios mais resistentes (Silva *et al.*, 1984). A aplicação de potássio resultou em aumento do peso do capulho e de 100 sementes, uniformidade da fibra, maturidade e índice micronaire (Sabino *et al.*, 1995; Sabino *et al.*, 1999). E mais recentemente Nascimento Júnior *et al.* (2000) concluíram que a aplicação de potássio melhorou o índice micronaire e a uniformidade da fibra.

Os resultados de Cassman *et al.* (1990) confirmaram estas observações, e obtiveram respostas significativas para produção de sementes de algodão em função da aplicação de K. A produção de pluma aumentou relativamente mais que a produção de sementes, resultando em maior proporção de pluma com os aumentos das taxas de adubação com K. A maior porcentagem de pluma refletiu no aumento no comprimento da fibra e da espessura da parede secundária (medida pelo índice micronaire) obtido nas plantas que receberam K. Bauer *et al.* (1998) observaram em 3 anos seguidos que a adubação potássica não afetou a produção de flores tanto na data recomendada para o plantio como no plantio com atraso de 2 meses. No entanto, a deficiência de potássio reduziu a produção de pluma e o comprimento da fibra.

Este estudo teve como objetivo avaliar a eficiência da adubação potássica com relação às doses, modos de aplicação (sulco, lanço e parcelada) e época (pré-plantio, plantio e cobertura) na produção das culturas da soja, milheto 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 experimento foi conduzido na região Sudoeste do Estado de Goiás em Turvelândia, GO, em uma propriedade particular, a fazenda Santa Maria do Mirante.

Adotou-se um esquema de rotação de culturas no experimento com o cultivo de soja no verão de 2001/2, semeada sobre a palhada de milheto; cultivo de milheto na primavera de 2002 e algodão no verão de 2002/3 sobre a palhada deste milheto. O aspecto da sucessão de culturas utilizadas estão representadas na Figura 1.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da análise química do solo antes da instalação do experimento. O solo é um Latossolo Vermelho.

Tabela 1. Teores médios das análises de solo na gleba antes da instalação do experimento. Turvelândia, GO ano agrícola 2001/2002.

Prof	Arg	Sil	Are	M.O.	pH	P _{Mehlich}	K	Ca	Mg	Al	H ⁺ A ⁻	CTC	V	Cu	Fe	Mn	Zn
Cm	g kg ⁻¹				CaCl ₂	mg _{dm⁻³}			cmol _c dm ⁻³			%	(Mehl) mg dm ⁻³				
0-10	560	237	203	40	5,4	8,7	0,22	4,0	0,9	0,0	3,1	8,3	61,9	2,9	171,6	34,6	0,4
10-20	570	237	193	41	5,4	5,4	0,23	3,7	1,1	0,0	2,9	8,0	63,5	3,1	212,2	51,1	0,9
20-40	570	237	193	41	5,3	4,6	0,26	3,3	1,0	0,0	3,2	7,8	58,5	2,7	222,0	53,9	0,7

As parcelas experimentais foram compostas por área total de 40 m² (10 X 4 m). O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com 4 repetições em esquema fatorial. A fonte utilizada na adubação potássica foi sempre o cloreto de potássio (KCl).

A cultura da soja recebeu as doses 0, 30, 60 e 180 kg ha⁻¹ K₂O, aplicados de 2 formas: tudo no sulco de plantio e; no sulco (30 kg ha⁻¹ de K₂O) mais o restante a lanço em cobertura aos 35 dias após a emergência. A cultura do milheto, na seqüência, recebeu as doses de 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de K₂O aplicadas a lanço (quando? 45 dias após semeadura?), visando fornecer potássio à cultura seguinte, no caso, o algodão. As quantidades de fertilizantes contendo N, P₂O₅ e micronutrientes foram utilizadas com base nas análises de solo e nas recomendações para o Estado de Goiás (Comissão..., 1998). No plantio da soja, que antecedeu o milheto, foi fornecido superfosfato simples na dose de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

A cultura do algodoeiro recebeu as doses 0, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ K₂O, aplicados em pré-plantio, no sulco de plantio e, 60 kg ha⁻¹ de K₂O no sulco ou em pré-plantio,

e o restante a lançar em 1 ou 2 coberturas. A adubação de pré plantio foi feita na cobertura de milheto conforme exposto anteriormente. As quantidades de fertilizantes contendo N, P_2O_5 e micronutrientes foram utilizadas com base nas análises de solo e nas recomendações para o Estado de Goiás (Comissão..., 1998). No plantio do algodão, sucedendo o milheto, foram fornecidos 20 kg ha^{-1} de N e 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 , na forma de MAP. Os micronutrientes Zn e B foram fornecidos nas dosagens de 3 e 1 kg ha^{-1} , respectivamente. Na cobertura, aos 35 dias após a emergência, foram fornecidos 45 kg ha^{-1} de N na forma de sulfato de amônio e, aos 55 dias, 60 kg ha^{-1} de N na forma de uréia.

Foram realizadas avaliações da produção de matéria seca do milheto, teores de K nos tecidos, extração de K_2O e produção do algodoeiro. A partir da produção, calculou-se a eficiência agrônômica, através da fórmula:

$$(\text{produção}_{\text{dose KCl}} - \text{produção}_{\text{testemunha}}) (\text{doses KCl})^{-1}$$

A avaliação da qualidade do algodoeiro foi realizada através percentagem de fibras, peso médio do capulho e da pluma. Utilizando-se sistema HVI (High Volume Instruments), 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.



Fig. 1. Sucessão de cultivos na área de estudo: cobertura de milheto (A e B), soja (C e D), milheto (E e F) e algodão (G e H). Turvelândia, Go.

Resultados e Discussão

Cultura da soja

A Figura 1 apresenta os valores médios da produtividade da soja em função dos tratamentos com doses e época de aplicação de fertilizantes potássicos. Observa-se que houve pequenas variações dos tratamentos sobre a produtividade independentemente da forma de aplicação (pré-plantio, pré-plantio + cobertura, sulco e sulco + cobertura) ou da dose utilizada.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da análise de tecidos foliares da soja dos teores dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S, e dos micros, Cu, Fe, Mn e Zn.

Tabela 2. Resultados das análises de folhas de soja cultivada em sistema de plantio direto no Cerrado.

Dose K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Modo de aplicação	N	P	K g kg ⁻¹	Ca	Mg	S	Cu	Fe mg kg	Mn	Zn
0	Testemunha	48,4	2,45	16,9	12,6	4,25	1,83	11	237	126	38
30	Pré-plantio	47,1	2,75	14,9	12,3	3,80	1,78	11	238	169	36
60	Pré-plantio	49,4	2,73	23,4	11,6	4,13	2,05	17	245	162	44
180	Pré-plantio	47,7	2,63	23,0	10,6	4,10	1,70	16	224	170	44
30	Pré-plantio + cobertura	46,6	2,73	14,9	12,1	3,68	1,78	11	232	171	35
60	Pré-plantio + cobertura	44,2	2,23	19,6	12,1	3,93	1,48	10	226	180	40
180	Pré-plantio + cobertura	43,4	2,53	23,7	11,6	4,20	1,63	13	204	164	39
30	Sulco	49,9	2,95	20,3	11,7	4,00	2,08	12	207	149	39
60	Sulco	47,6	2,45	17,9	11,9	4,15	1,78	10	237	130	43
180	Sulco	48,2	2,95	22,0	11,0	4,30	2,00	12	227	164	39
30	Sulco + cobertura	49,9	2,95	20,3	11,7	4,00	2,08	12	207	149	39
60	Sulco + cobertura	45,5	2,50	25,3	11,3	3,93	1,70	13	212	159	40
180	Sulco + cobertura	51,1	2,75	16,1	11,2	4,00	2,00	12	231	180	45

O princípio da diagnose foliar é comparar a concentração de nutrientes nas folhas com valores padrões, correspondentes às variedades ou espécies de alta produtividade e com desenvolvimento vegetativo adequado (Dechen *et al.*, 1995). Desse modo, Boaretto *et al.* (1999) apresentam como valores de referência de concentração de macronutrientes em tecido foliar da soja: 40 a 54, 2,5 a 5, 17 a 25, 4 a 20, 3 a 10, e 2,1 a 4 g kg⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. Com base nestas faixas de interpretação, os teores de N, P, Ca e Mg observados neste experimento podem ser classificados como adequados na maioria dos tratamentos. Os teores de S ficaram abaixo da faixa adequada. A maioria dos teores de K foram classificados como adequados, com exceção dos valores observados para a testemunha e nas mais baixas doses de fertilizante aplicadas a lanço em pré-plantio.

Já os valores de referência de micronutrientes nas folhas da soja são: 10 a 30, 50 a 350, 20 a 100, 20 a 50 mg kg⁻¹ de Cu, Fe, Mn, e Zn, respectivamente (Boaretto *et al.*, 1999). Desse modo os teores de Cu, Fe e Zn foram considerados adequados, enquanto que os teores de Mn podem ser considerados excessivos.

Os teores de K originais no solo apresentados na Tabela 1 estão acima de 80 mg dm⁻³, os quais, pela CCFG (1998), enquadram-se na classe alta. Na Tabela 3 podem ser avaliados os efeitos residuais da adubação potássica de soja sobre os teores de K, Ca e Mg trocáveis em 3 profundidades. Observa-se o efeito dos tratamentos nos teores de K trocável nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm. As doses de 180 kg ha⁻¹ K₂O propiciaram teores acima de 200 mg dm³ na camada 0 a 10 cm independentemente da forma de aplicação. Os mesmos valores foram observados para a profundidade de 10 a 20 cm nas aplicações em pré-plantio e sulco + cobertura. As doses de 30 kg ha⁻¹ K₂O, independentemente da forma de aplicação apresentaram teores de K próximos à testemunha.

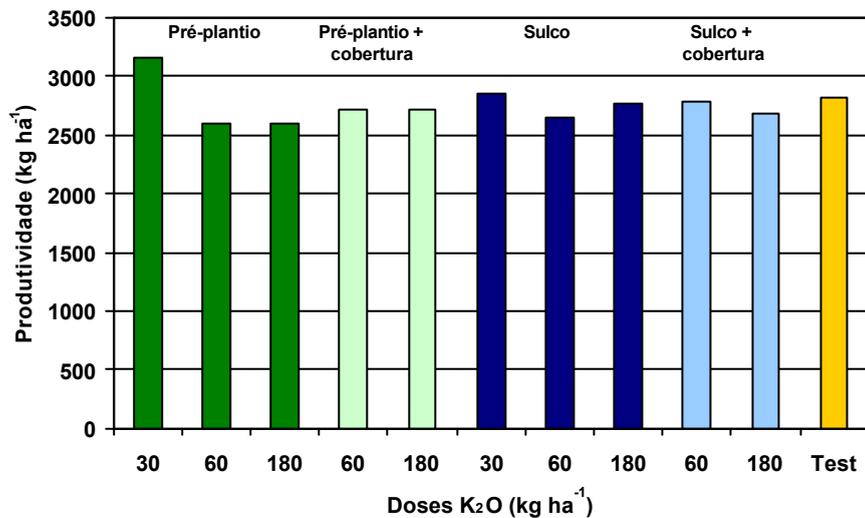


Fig. 2. Produtividade da soja cultivada em sistema de plantio-direto (Turvelândia – GO).

Tabela 3. Teores no solo de potássio, cálcio e magnésio em função das doses e modos de aplicação da adubação potássica na cultura da soja. Turvelândia, GO.

Dose K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Tratamentos	K			Ca			Mg		
		0-10	10-20 mg dm ⁻³	20-40	Profundidade (cm)			0-10	10-20	
0	Testemunha	121	92	64	3,40	4,08	1,9	1,58	1,13	0,6
30	Pré-plantio	126	82	72	3,60	3,63	2,2	1,40	1,48	0,8
60	Pré-plantio	163	124	57	3,55	3,38	3,1	1,33	1,48	0,9
180	Pré-plantio	258	221	128	3,23	2,98	2,6	1,23	1,10	0,9
30	Pré-plantio + cobertura	126	82	72	3,60	3,63	2,2	1,40	1,48	0,8
60	Pré-plantio + cobertura	143	121	63	3,00	3,13	1,9	1,16	1,09	0,8
180	Pré-plantio + cobertura	239	162	47	3,44	3,07	2,6	1,42	1,41	0,9
30	Sulco	115	82	36	3,38	3,88	1,8	1,33	1,25	0,8
60	Sulco	150	90	32	3,30	2,65	1,4	1,15	1,08	0,6
180	Sulco	241	163	78	3,15	2,78	3,1	1,30	1,10	0,9
30	Sulco + cobertura	115	82	36	3,38	3,88	1,8	1,33	1,25	0,8
60	Sulco + cobertura	157	118	52	3,85	3,58	2,5	1,24	1,59	0,8
180	Sulco + cobertura	237	188	108	3,51	3,17	2,6	1,23	1,44	0,9

Cultura do milheto

Os efeitos residuais da adubação potássica sobre a produção, teores nos tecidos e extração de K₂O pela cultura do milheto podem ser observados na Figura 3.

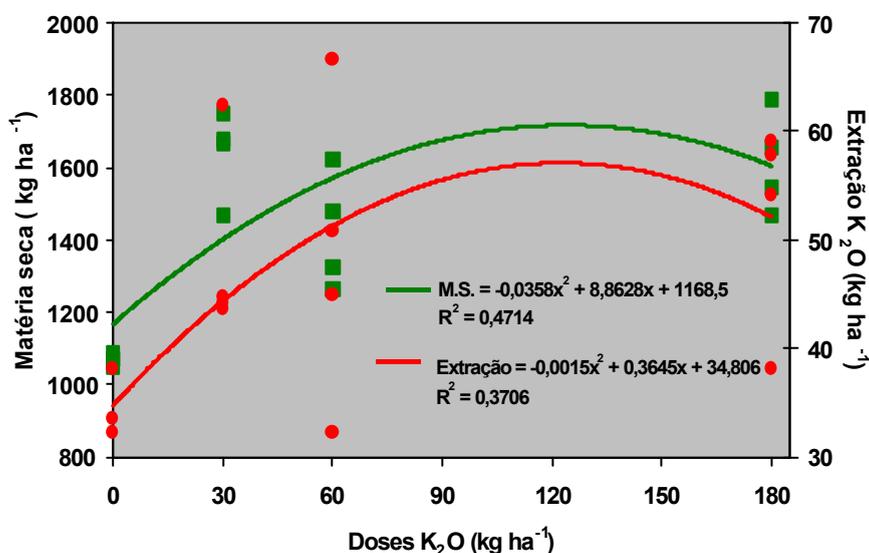


Fig. 3. Efeito residual da adubação da cultura da soja sobre a produção de matéria seca (A), teores nos tecidos foliares (B) e extração de K₂O do milheto cultivado na seqüência em sistema de plantio-direto (Turvelândia – GO).

A cultura do milheto não conseguiu aproveitar eficientemente as adubações realizadas apenas no sulco, pois o adubo aplicado foi aplicado de forma localizada em um

espaçamento maior, diminuindo, provavelmente, a possibilidade de contato e aproveitamento pela cultura. Os resultados dos teores foliares do milheto foram pouco influenciados pelo efeito residual da adubação da cultura anterior.

Na Figura 4 estão os resultados de produção de matéria seca e extração de K_2O pela cobertura de milheto, semeado antes da cultura do algodão, em função da adubação potássica. A produção máxima de milheto adubado (1521 kg ha^{-1} de MS) foi obtida com a dose de 135 kg ha^{-1} de K_2O . Esta dose proporcionaria uma extração de cerca de 45 kg ha^{-1} de K_2O , de acordo com a equação de extração representada na Figura 4.

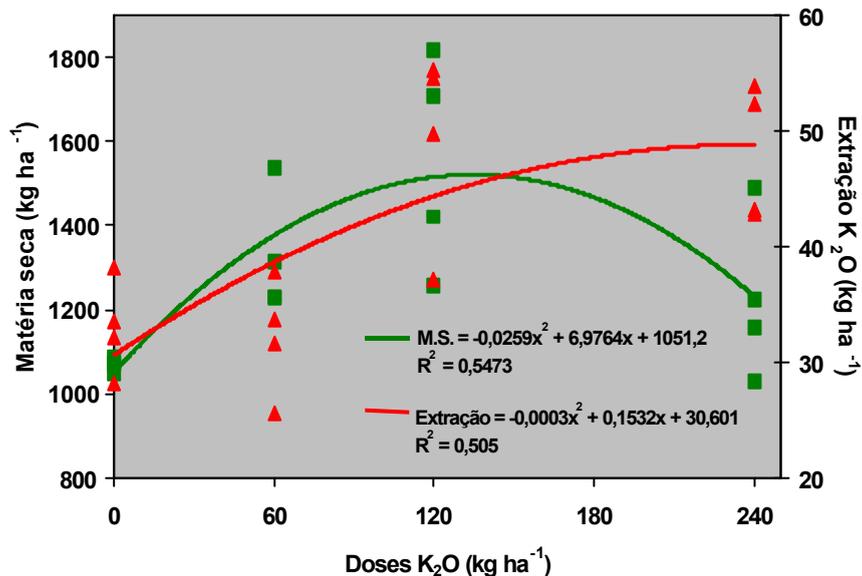


Fig. 4. Efeito da adubação potássica no milheto cultivado em sistema de plantio-direto, sobre a produção de matéria seca (A), teores nos tecidos foliares e extração de K_2O (B) do milheto cultivado após soja (Turvelândia – GO).

O período para o crescimento do milheto foi curto, houve pouca quantidade de

água disponível isso se refletiu nas produtividades relativamente baixas de matéria seca obtidas (entre 1 e 1,5 t ha⁻¹). Valores abaixo do valor considerado adequado (6 t ha⁻¹) para se obter uma adequada cobertura do solo (Castro, 1993).

Observa-se que com o aumento das doses de potássio, há uma gradual diminuição da eficiência de absorção do milheto, pois na dose de 60 kg ha⁻¹ K₂O, a cultura extraiu 39 kg ha⁻¹ K₂O, já na dose de 240 kg ha⁻¹ K₂O, a extração foi de 50 kg ha⁻¹ K₂O. A eficiência foi reduzida de 64 para 21%, respectivamente naquelas doses, enquanto que na dose de máxima produção (135 kg ha⁻¹ de K₂O), a eficiência calculada se situou em torno de 34%. Os teores de K na planta foram influenciados pela adubação potássica, no entanto variaram de 24,7 a 29,7 g kg⁻¹. Os resultados indicaram que o milheto, como cobertura, 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 kg ha⁻¹ de K₂O.

Cultura do algodão

A Figura 5 ilustra os resultados obtidos para a produtividade do algodoeiro em função das doses e modos de aplicação de K. Os resultados indicam que as melhores produções (4182 e 4172 kg ha⁻¹) foram obtidas com as doses de 146 e 240 kg ha⁻¹ de K₂O, aplicados em pré-plantio e no sulco. Com relação aos parcelamentos, os melhores resultados foram obtidos para as adubações feitas com 1 cobertura depois da adubação inicial em pré-plantio (4117 kg ha⁻¹), Figura 5A.

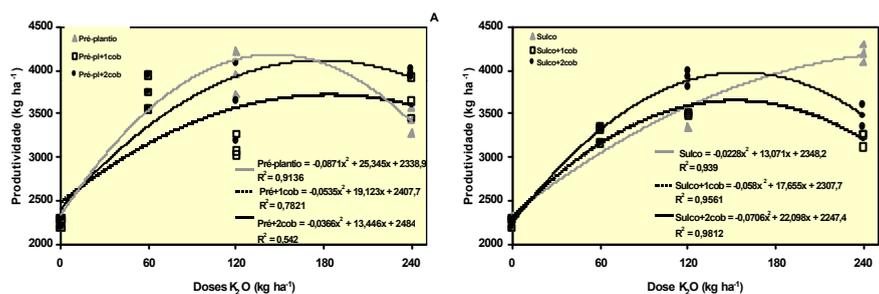


Fig. 5. Produtividade do algodoeiro em função das doses de K aplicadas em pré-plantio (A) ou no sulco de plantio (B), de uma vez e com 1 ou 2 coberturas (Turvelândia, GO).

No entanto, observando a Figura 5B, quando se fez a adubação no sulco associada às coberturas, as 2 coberturas foram mais eficientes (3977 kg ha⁻¹) que apenas 1 cobertura (3651 kg ha⁻¹), Figura 5B. As menores produtividades obtidas nos

parcelamentos podem ser explicados considerando-se a granulometria deste solo, que apresenta 570 g kg^{-1} de argila, fator que reduz a eficiência da adubação potássica feita em cobertura.

Silva *et al.* (1984) observaram, em experimentos conduzidos em São Paulo, que na ausência de deficiência de potássio, não houve efeito do modo de aplicação. Porém, em solos com teores mais baixos, 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.

De acordo com Silva *et al.* (1995), quando a quantidade de potássio requerida for alta, a aplicação de potássio a lanço (potassagem), antes da semeadura, pode elevar o teor de potássio no solo e a produtividade do algodoeiro. Segundo Vilela *et al.* (2002), não há diferença entre aplicação de K a lanço ou parcelado e recomendam 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 a o que foi fornecido pelo solo. Os resultados da Figura 6 demonstram que a eficiência agrônômica da adubação potássica com o aumento das doses fornecidas. Com relação à época de aplicação, a eficiência foi bem maior para as aplicações totais em pré-plantio, ou seja, aplicações a lanço na planta de cobertura, no caso milho, 45 dias após semeadura do milho (Figura 6A). No caso da adubação feita no sulco, a melhor eficiência foi obtida quando se realizou 2 coberturas (Figura 6B).

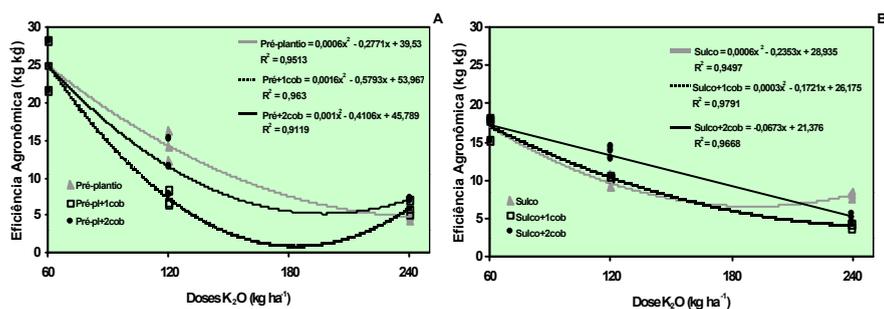


Fig. 6. Eficiência agrônômica da aplicação de K na cultura do algodoeiro em pré-plantio (A) ou no sulco de plantio (B), em Turvelândia, GO.

De acordo com Boaretto *et al.* (1999), os teores adequados de macronutrientes (g kg^{-1}) nas folhas do algodoeiro são: N, 33 a 43; P, 2,5 a 4; K, 15 a 25; Ca, 20 a 35; Mg, 3 a 8; e S, 4 a 8. E de micronutrientes (g kg^{-1}) são: Cu, 5 a 25; F, 40 a 250; Mn, 25 a 300; e Zn, 25 a 200. Com base nestas faixas de interpretação, e nos resultados apresentados na Tabela 4, os teores de N, Mg, S, Cu e Mn podem ser classificados como adequados. Os teores de P, Ca e Zn estão em níveis abaixo do adequado e os de Fe estão acima dessas faixas, sendo classificados, portanto como excessivos. Os teores de K nas folhas foram considerados abaixo do adequado nas menores doses de fertilizantes potássicos especialmente quando estes foram aplicados em pré-plantio.

Tabela 4. Teores foliares de potássio, cálcio e magnésio do algodoeiro em função das doses e modos de aplicação da adubação potássica.

Dose K_2O (kg ha^{-1})	Modo de aplicação	N	P	K g kg^{-1}	Ca	Mg	S	Cu	Fe mg kg^{-1}	Mn	Zn
0	Testemunha	38,5	2,71	19,90	21,75	7,25	5,8	12,3	401	96	19,1
30	Pré-plantio	33,6	1,88	10,85	18,25	5,50	4,5	11,0	958	116	18,4
60	Pré-plantio	37,1	1,86	14,90	17,25	4,25	4,4	12,0	499	105	20,2
180	Pré-plantio	41,0	2,53	20,45	21,25	6,75	6,2	11,3	439	119	21,4
30	Pré-plantio + cobertura	33,6	1,88	10,85	18,25	5,50	4,5	11,0	958	116	18,4
60	Pré-plantio + cobertura	38,4	2,31	19,80	19,75	6,50	6,0	11,3	680	123	19,5
180	Pré-plantio + cobertura	35,4	1,88	19,10	17,00	5,00	4,5	11,0	958	116	18,4
30	Pré-plantio + 2 cob.	33,6	1,80	10,85	18,25	5,50	4,5	12,0	456	124	19,6
60	Pré-plantio + 2 cob.	38,2	2,66	17,50	21,25	5,75	5,8	11,0	363	121	18,2
180	Pré-plantio + 2 cob.	38,0	2,30	20,05	22,75	6,75	6,0	11,8	494	105	19,5
30	Sulco	38,4	1,89	17,13	20,00	7,33	4,4	12,0	417	106	20,5
60	Sulco	36,0	1,78	14,00	23,00	5,67	4,7	10,3	544	135	20,9
180	Sulco	38,0	2,37	22,50	23,00	6,75	5,9	11,3	691	122	18,9
30	Sulco + cobertura	38,4	1,89	17,13	20,00	7,33	4,4	12,0	417	106	20,5
60	Sulco + cobertura	40,2	2,51	26,50	23,50	6,75	6,2	12,3	476	99	21,2
180	Sulco + cobertura	35,5	1,89	25,20	18,75	4,75	4,4	12,0	417	106	20,5
30	Sulco + 2 coberturas	38,4	1,90	17,13	20,00	7,33	4,4	13,3	411	121	19,6
60	Sulco + 2 coberturas	37,3	2,51	23,30	22,50	6,75	6,2	11,0	431	96	20,2
180	Sulco + 2 coberturas	38,2	2,55	27,70	21,25	6,00	6,0	12,3	640	136	19,5

Na Tabela 5 estão os resultados de análise de solo para os teores de K, Ca e Mg em 3 profundidades amostradas (0 a 10, 10 a 20, e 20 a 40 cm). Os resultados indicam uma tendência de aumento dos teores de K, especialmente nas camadas superficiais amostradas e nas maiores doses de fertilizante potássico utilizada. Nas camadas abaixo de 20 cm, aparentemente, houve pouca influência deste insumo sobre os teores observados.

Tabela 5. Teores no solo de potássio, cálcio e magnésio em função das doses e modos de aplicação da adubação potássica na cultura do algodoeiro em rotação com o milheto.

Dose K ₂ O _i (kg ha ⁻¹)	Tratamentos	K			Ca			Mg		
		0-10	10-20 ₃	20-40	Profundidade (cm)			0-10	10-20	20-40
		mg dm ⁻³			cmol ⁺ dm ⁻¹					
0	Testemunha	106,5	73,0	45,0	4,95	6,38	2,40	1,75	2,18	1,10
60	Pré-plantio	127,3	92,8	44,0	5,45	6,38	2,20	1,83	2,00	1,00
120	Pré-plantio	140,5	125,8	55,0	4,90	5,60	3,10	1,73	2,10	1,40
240	Pré-plantio	175,8	112,8	35,0	3,23	4,53	2,20	1,20	1,73	1,00
60	Pré-plantio + 1 cob	127,3	92,8	44,0	5,45	6,38	2,20	1,83	2,00	1,00
120	Pré-plantio + 1 cob	237,0	128,0	75,0	3,33	4,18	2,00	1,30	1,60	1,00
240	Pré-plantio + 1 cob	257,0	177,8	49,0	4,05	4,93	1,70	1,45	1,58	0,90
60	Pré-plantio + 2 cob	127,3	92,8	44,0	5,45	6,38	2,20	1,83	2,00	1,00
120	Pré-plantio + 2 cob	142,5	111,0	59,0	4,25	6,15	2,80	1,53	2,03	1,10
240	Pré-plantio + 2 cob	240,3	182,3	89,0	3,65	4,45	2,20	1,30	1,83	1,10
60	Sulco	140,0	86,8	60,0	5,15	5,85	3,40	1,90	1,90	1,50
120	Sulco	128,3	80,5	46,0	4,05	3,85	2,60	1,70	1,50	0,80
240	Sulco	159,5	109,3	52,0	4,95	6,05	2,90	1,55	2,25	1,30
60	Sulco + 1 cobertura	140,0	86,8	60,0	5,15	5,85	3,40	1,90	1,90	1,50
120	Sulco + 1 cobertura	139,5	91,5	40,0	3,58	4,35	3,10	1,33	1,55	1,40
240	Sulco + 1 cobertura	191,7	182,0	57,0	4,53	4,48	2,00	1,40	1,58	1,00
60	Sulco + 2 coberturas	140,0	86,8	60,0	5,15	5,85	3,40	1,90	1,90	1,50
120	Sulco + 2 coberturas	177,0	101,3	52,0	4,93	5,83	3,50	1,73	2,18	1,50
240	Sulco + 2 coberturas	228,3	169,3	122,0	3,85	4,28	2,20	1,28	1,58	1,00

Qualidade do algodão

As Figuras 7 e 8 ilustram os resultados obtidos para a qualidade do algodoeiro em função das doses e modos de aplicação de K. Os resultados na Figura 7 indicam que os maiores valores do peso dos capulhos e % de fibras foram obtidos nas doses de 150 e 180 kg ha⁻¹ de K₂O, aplicados em pré-plantio e no sulco. Não houve diferenças entre os modos de aplicação no peso da pluma, os quais decresceram com o aumento das doses de K₂O até 150 kg ha⁻¹.

Na Figura 8 os resultados apresentados mostram que a porcentagem de fibras curtas foi maior na maior dose (240 kg ha⁻¹) de K₂O aplicada no sulco e na dose de 170 kg ha⁻¹ de K₂O em pré-plantio. Com relação ao micronaire, os resultados obtidos não se ajustaram bem ao modelo quadrático, indicado pelos baixos coeficientes de determinação. Com relação à resistência intrínseca da fibra, os melhores resultados foram obtidos com a dose de 120 kg ha⁻¹ de K₂O, tanto para a aplicação em pré-plantio, como para a aplicação em sulco.

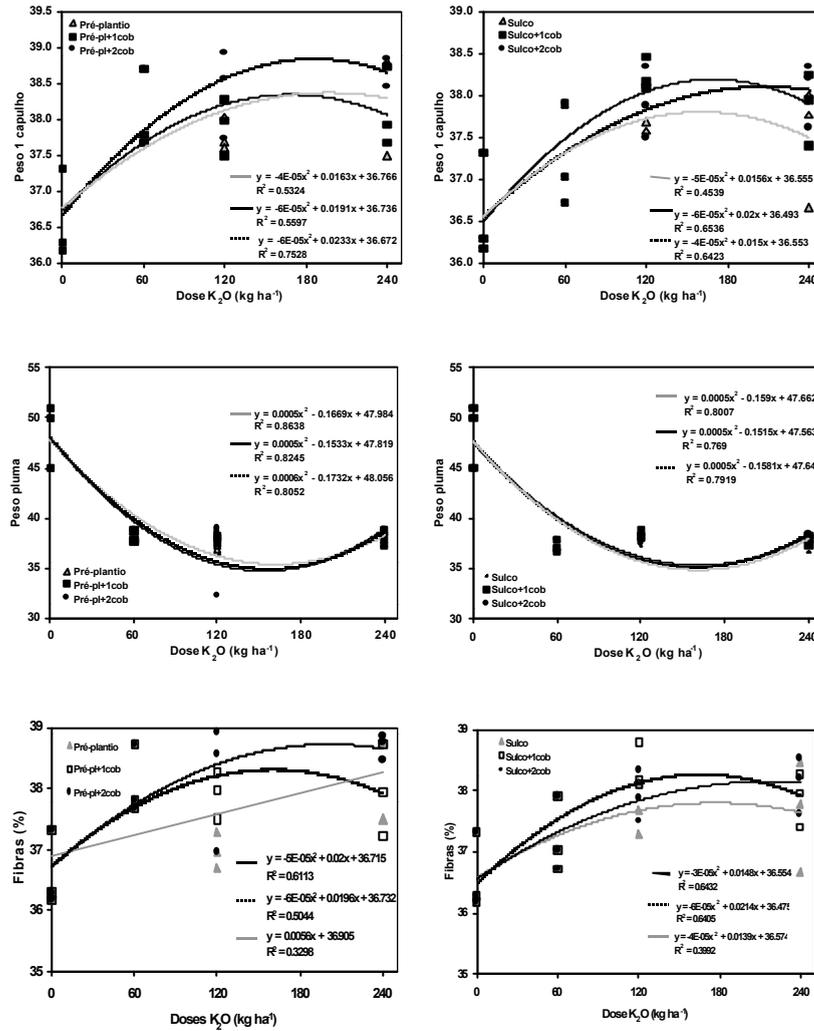


Fig. 7. Qualidade da fibra do algodão em função da aplicação de K na cultura do algodoeiro em pré-plantio (A) ou no sulco de plantio (B), em Turvelândia, GO.

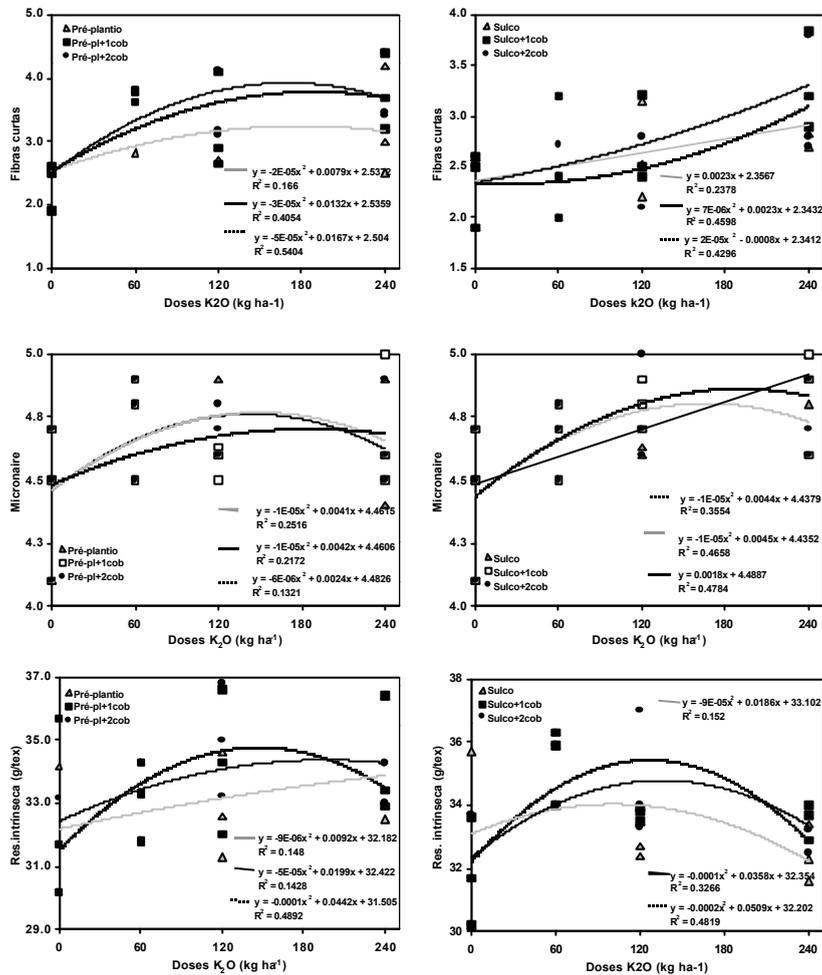


Fig. 8. Qualidade da fibra do algodão em função da aplicação de K na cultura do algodoeiro em pré-plantio (A) ou no sulco de plantio (B), em Turvelândia, GO.

Conclusões

1. A maior eficiência agrônômica da adubação potássica para a cultura do algodoeiro foi obtida para as adubações totais em pré-plantio;
2. Nas condições do estudo, não foram observadas diferenças entre quantidades e modos de adubação potássica para produtividade da soja pelo fato do solo apresentar teores adequados de K disponível para a leguminosa.

Agradecimentos

Ao International Potash Institute - IPI pelo apoio financeiro ao projeto. Ao Sr. Haroldo Rodrigues da Cunha, proprietário da Fazenda Santa Maria do Mirante, em Turvelândia, GO, pela cessão da área e o apoio para realização deste estudo.

Referências Bibliográficas

BARKER, A.V. Nutritional factors in photosynthesis of higher plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.1, n.3, p.309-342, 1979.

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*, v.11, n.4, p.415-420, 1998.

BERNARDI, A.C.C.; MACHADO, P.L.O.A.; FREITAS, P.L.; COELHO, M.R.; LEANDRO, W.M.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.P.; OLIVEIRA, R.P.; SANTOS, H.G.; MADARI, B.E.; CARVALHO, M.C.S. **Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto nos Cerrados**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2003. 22p. (Embrapa Solos, Documentos, 46).

BOARETTO, A. E.; CHITOLINA, J. C.; RIAJ, B.; SILVA, F. C.; TEDESCO, M. J.; CARMO, C. A. F. S. Amostragem, acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química. In: SILVA, F. C. (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p. 49-73.

CASSMAN, K.G.; KERBY, T.A.; ROBERTS, B.A.; BRYANT, D.C.; HIGASHI, S.L. Potassium nutrition effects on lint yield and fiber quality of Acala cotton. **Crop Science**, 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, **Resumos**. Goiânia, 1993. V.1. Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.77-78.

COMISSÃO DE CORRETIVOS E FERTILIZANTES DO ESTADO DE GOIÁS – CCFG. **Recomendação de corretivos e fertilizantes para o Estado de Goiás**. Goiânia: UFG, 1988, 51p.

DECHEN, A. R.; BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. Conceitos fundamentais da interpretação da análise de plantas. Fertilizantes: insumo básico para a agricultura e combate à fome. In REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. **Anais...** Petrolina : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p. 87-113.

FAO. **Guide to efficient plant nutrition management**. Rome: FAO. 1998. 19p.

FREITAS, P. L. Aspectos físicos e biológicos do solo. In: LANDERS, J. N. (Ed.). **Fascículo de experiências de Plantio Direto no Cerrado**. Goiânia: APDC, 1994. p. 199-213.

HOWARD, D.D.; ESSINGTON, M.E.; TYLER, D.D. Vertical phosphorus and potassium stratification in no-till cotton soils. **Agronomy Journal**, v.91, n.2, p.266-269, 1999.

HUBER, S.C. Role of potassium in photosynthesis and respiration. In: MUNSON, R.D. ed. **Potassium in agriculture**. Madison, Soil Science Society of America. 1985. p.369-396.

ISHERWOOD, K. F. **Fertilizer use and the environment**. Paris: IFA:UNEP. 1998. 51p.

JOHNSTON, A. E. **The efficient use of plant nutrients in agriculture**. Paris, IFA, 2000. 14p.

KER, J. C.; PEREIRA, N. R.; CARVALHO, J. R.; CARVALHO JÚNIOR, W.; CARVALHO FILHO, A. Cerrado: solos, aptidão e potencialidade agrícola. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, Goiânia, 1990. **Anais...** São Paulo: Fundação Cargill, 1992. p. 1-31.

LAL, R.; FOLLET, R. F.; KIMBLE, J. M.; COLE, V. R. Managing U.S. cropland to sequester carbon in soil. **Journal of Soil Water Conservation**, Ankeny, v. 54, n. 1, p. 374-381, 1999.

LANDERS, J. N. **Zero tillage development in tropical Brazil - the story of a successful NGO activity**. Rome: FAO, 2001. 69 p. (FAO. Agricultural Services Bulletin, 147).

MACHADO, P. L. O. A.; SILVA, C. A. Soil management under no tillage systems in the tropics with special reference to Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v.61, n.1-2, p.119-130, 2001.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres. 1980. 251p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press, 1995. 889p.

MASCARENHAS, H.A.A.; VALADARES, J.M.A.S.; ROTTA, C.L.; BULISANI, E.A. 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, p.125-134, 1981.

MATOCHA, J.E.; COKER, D.L.; HOPPER, F.L. Potassium fertilization effects on cotton yields and fiber properties. In: BELTWISE COTTON CONFERENCES, 1994. **Proceedings...** January 5-8, San Diego, California, USA. Memphis, USA, National Cotton Council. 1994, p.1597-1600.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 3th ed. Bern: International Potash Institute, 1982. 655p.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, p.95-102, 1983.

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, RS, v.5, n.2, p.126-133, 2000.

NATR, L. Influence of mineral nutrients on photosynthesis of higher plants. **Photosynthetica**, Prague, CS, v.6, p.80-99, 1972.

PALHANO, J.P.; MUZILLI, O.; IGUE, K.; GARCIA, A. & SFREDO, G. J. 1983. Adubação fosfatada e potássica em cultura de soja no estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 18, n. 4, p. 357-362, 1983.

PETTIGREW, W.T. Potassium deficiency increases specific leaf weights and leaf glucose levels in field-grown cotton. **Agronomy Journal**, Madison, v.91, n.6, p.962-968, 1999.

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.

RHOTON, F.E. Influence of time on soil response to no-till practices. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.64, n.2, p.700-709, 2000.

ROSOLEM, C. A. **Nutrição mineral e adubação da soja**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1980. 80 p. (Instituto da Potassa & Fosfato. Boletim Técnico, 6)

SABINO, N. P.; KONDO, J. I.; SILVA, N. M.; SABINO, J. C.; IGUE, T.; SILVA, N. M. Efeitos da calagem e da adulação potássica sobre características agrônômicas e propriedades tecnológicas da fibra do algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 2, p. 385-392, 1995.

SABINO, N. P.; SILVA, N. M.; KONDO, J. I.; SILVA, N. M. Componentes da produção e qualidade da fibra do algodoeiro em função da potássio e gesso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2., 5 –10 set. 1999, Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA CNPA, 1999. p.703-706.

SILVA, N. M. da.; DUARTE, A. P.; RAIJ, B. van. Efeitos da potassagem e gessagem no algodoeiro. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 8. Londrina, 1995. **Resumos**. Londrina: IAPAR, 1995. p. 116.

SILVA, N. M. da; CARVALHO, L. H.; CIA, E.; CHIAVEGATO, E. J.; SABINO, N. P. Estudo do parcelamento da adubação potássica do algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.43, 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. (Ed.). **Importância da adubação na qualidade de produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 189-215.

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, 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, 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.

WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: experiência nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000. Santa Maria, RS. **Fertbio 2000: biodinâmica do solo**. Santa Maria, RS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 2000. 35 p.; 1 cd rom.