

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**CLORETO DE POTÁSSIO CONVENCIONAL E
CAPEADO E SEUS EFEITOS NO CRESCIMENTO E
ABSORÇÃO PELA SOJA**

FERNANDO DUTRA

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2011**

CLORETO DE POTÁSSIO CONVENCIONAL E CAPEADO E SEUS EFEITOS NO CRESCIMENTO E ABSORÇÃO PELA SOJA

FERNANDO DUTRA
Engenheiro Agrônomo

ORIENTADORA: PROF^a. Dr^a. MARLENE ESTEVÃO MARCHETTI

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2011

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central - UFGD

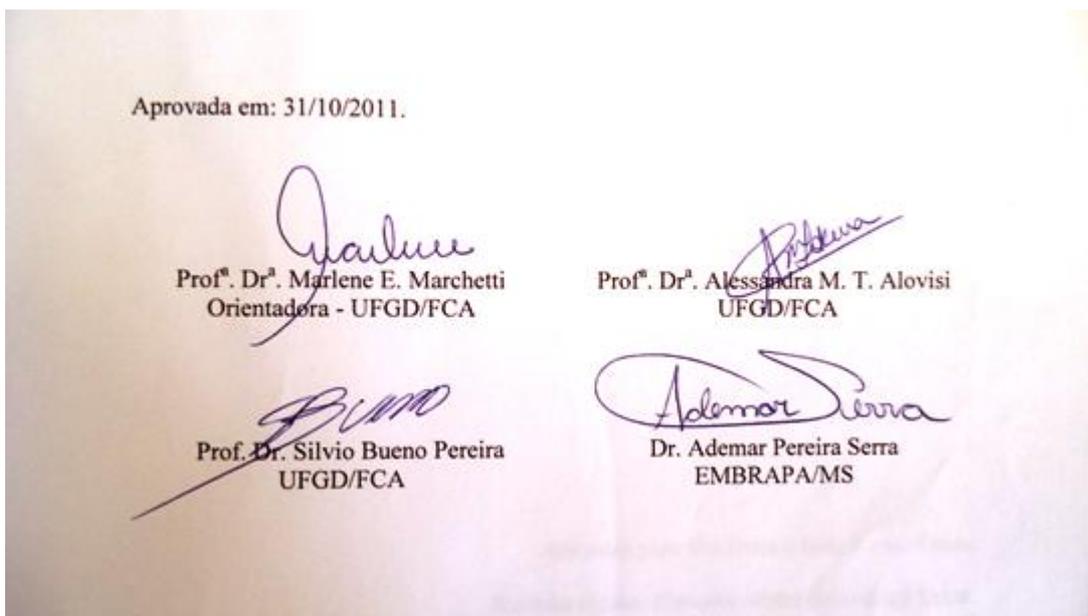
633.34 D978c	Dutra, Fernando. Cloreto de potássio convencional e capeado e seus efeitos no crescimento e absorção pela soja / Fernando Dutra. – Dourados, MS : UFGD, 2011. 38f. Orientador: Profa. Dra. Marlene Estevão Marchetti. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados. 1. Soja – Cultivo. 2. Fertilizantes potássicos. I. Título.
-----------------	---

CLORETO DE POTÁSSIO CONVENCIONAL E CAPEADO E SEUS EFEITOS NO CRESCIMENTO E ABSORÇÃO PELA SOJA

por

Fernando Dutra

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM AGRONOMIA



Aos meus pais: Rui Dutra e Ivete Leonir Dutra;
À minha esposa: Fernanda Abreu Holzschuch Dutra.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida, oportunidades e proteção.

À Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), por acreditar no projeto proposto e por me oportunizar a realização do Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida, a qual tornou possível a realização do Mestrado.

Ao Prof. Dr. José Oscar Novelino, aposentado na UFGD, pela confiança, ensinamentos, co-orientação e amizade.

À Prof^a. Dr^a. Marlene Estevão Marchetti, por assumir, mesmo a distância, um trabalho quase finalizado e incentivar melhorias que contribuíram não só para esse estudo, mas sim para minha vida profissional.

A todos os professores da FCA/UFGD, exemplos de dedicação ao ensino, que contribuíram para minha formação profissional.

À minha tia e madrinha, Jucéria Eriete Zibell, por todos os ensinamentos, experiências, incentivos, livros, conselhos, bons exemplos e amor, que me foram dados.

SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 A importância das formas de potássio no solo para a nutrição das plantas..	3
2.2 A importância da cultura da soja no Brasil e no mundo.....	6
2.3 Perdas de potássio dos solos e a recomendação de uso.....	8
2.4 A importância do potássio para a cultura da soja.....	8
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	10
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4.1 Características avaliadas no crescimento da soja.....	13
4.1.1 Altura de plantas e diâmetro de caule.....	13
4.1.2 Produção de matéria seca da parte aérea.....	14
4.1.3 Concentração de nutrientes na parte aérea.....	16
4.1.4 Acúmulo de nutrientes na massa seca da parte aérea.....	17
4.2 Teor de potássio extraído pelo extrator Mehlich1.....	20
5 CONCLUSÕES.....	22
6 REFERÊNCIAS	23

LISTA DE TABELAS

	PÁGINA
TABELA 1. Resumo das análises de variância para altura de plantas e diâmetro de caule em função dos dias após a emergência (DAE) da soja e dos tratamentos (TRAT). Dourados - MS, 2010.....	13
TABELA 2. Altura de plantas e diâmetro de caule, avaliados em função dos dias após a emergência (DAE) da soja e dos tratamentos (TRAT). Dourados - MS, 2010.....	13
TABELA 3. Resumo das análises de variância para produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) em função dos dias após a emergência (DAE) da soja e dos tratamentos (TRAT). Dourados - MS, 2010.....	14
TABELA 4. Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) nos dez tratamentos (TRAT) em função dos dias após a emergência (DAE) da soja. Dourados - MS, 2010.....	15
TABELA 5. Resumo das análises de variância para concentrações de nutrientes na matéria seca da parte aérea (MSPA) em função dos dias após a emergência (DAE) da soja e dos tratamentos (TRAT). Dourados - MS, 2010.....	16
TABELA 6. Resumo das análises de variância para acúmulo de potássio (ACK), de cálcio (ACCa) e de magnésio (ACMG) na matéria seca da parte aérea (MSPA) em função dos dias após a emergência (DAE) da soja e dos tratamentos (TRAT). Dourados - MS, 2010.....	18
TABELA 7. Resumo das análises de variância para teor residual de potássio no solo, extraído pelo extrator Mehlich-1, em função dos dias após a emergência (DAE) da soja e dos tratamentos (TRAT). Dourados - MS, 2010.....	20
TABELA 8. Teor de potássio residual no solo, extraído pelo extrator Mehlich-1 (KME1), nos dez tratamentos (TRAT), avaliado após a colheita das plantas de soja. Dourados - MS, 2010.....	21

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 1. Concentração de potássio na parte aérea (CONK) em função dos dias após a emergência (DAE) da soja e dos tratamentos (TRAT). Dourados - MS, 2010.....	17
FIGURA 2. Acúmulo de potássio (ACK) na planta, em função dos dias após a emergência (DAE) da soja e dos tratamentos (TRAT). Dourados - MS, 2010.....	18
FIGURA 3. Acúmulo de cálcio (ACCA) na planta, em função dos dias após a emergência (DAE) da soja e dos tratamentos (TRAT). Dourados - MS, 2010.....	19
FIGURA 4. Acúmulo de magnésio (ACMG) na planta, em função dos dias após a emergência (DAE) da soja e dos tratamentos (TRAT). Dourados - MS, 2010.....	19

RESUMO

DUTRA, Fernando. Universidade Federal da Grande Dourados, outubro de 2011. **Cloreto de potássio convencional e capeado e seus efeitos no crescimento e absorção pela soja.** Orientadora: Marlene Estevão Marchetti. Co-orientador: José Oscar Novelino.

Apesar do Brasil ocupar lugar de destaque na produção de soja, essa muitas vezes é limitada pelo alto custo de produção, sendo o custo dos fertilizantes o mais oneroso. Levando em consideração que o cultivo de soja exporta, via grão, para fora das propriedades, grandes quantidades de potássio (K), buscou-se desenvolver uma metodologia para tornar o cloreto de potássio (KCl), fonte de K mais usada no mundo, uma fonte de liberação mais lenta, o que permitiria o uso de doses mais elevadas desse nutriente no sulco de plantio sem elevar sua concentração na solução do solo e assim, não ofereceria risco de ocorrência de efeito salino ou de ocorrerem perdas acentuadas por lixiviação, aumentando o residual de K no solo após a colheita da safra, tornando mais racional o uso desse fertilizante, utilizado em larga escala na agricultura brasileira, mas que têm a necessidade de importação de 90% da demanda nacional. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em um esquema fatorial com 10 tratamentos x 4 repetições. Os tratamentos utilizados foram: 1) Testemunha - sem K; 2) 100% KCl convencional; 3) 100% KCl capeado 1; 4) 100% KCl capeado 2; 5) 25% KCl convencional + 75% KCl capeado 1; 6) 25% KCl convencional + 75% KCl capeado 2; 7) 50% KCl convencional + 50% KCl capeado 1; 8) 50% KCl convencional + 50% KCl capeado 2; 9) 75% KCl convencional + 25% KCl capeado 1 e 10) 75% KCl convencional + 25% KCl capeado 2. As variáveis analisadas aos 20, 40 e 60 dias após a emergência (DAE), foram: altura de plantas (AP) e diâmetro do caule (DC). Para as variáveis: produção de matéria seca da parte aérea (MSPA); concentração de potássio (CONK), cálcio (CONCA) e magnésio (CONMG) na MSPA; acúmulo de potássio (ACK), cálcio (ACCA) e magnésio (ACMG) na MSPA; e, teor de potássio no solo (KME1), foram avaliadas aos 20, 40, 60 e 80 DAE. Os tratamentos não influenciaram na altura das plantas e no diâmetro de caule da soja, bem como na concentração e acúmulo de K, Ca e Mg na produção de matéria seca da parte aérea das plantas de soja.

Palavras-chave: *Glycine max.* L.; Fertilizante potássico; Liberação Lenta.

ABSTRACT

DUTRA, Fernando. Universidade Federal da Grande Dourados, outubro de 2011. **Potassium chloride and conventional capped and their effects on growth and uptake by soybean.** Orientadora: Marlene Estevão Marchetti. Co-orientador: José Oscar Novelino.

Although Brazil occupy a prominent place in soybean production, this is often limited by the high cost of production and the cost of the most expensive fertilizer. Taking into consideration that the cultivation of soybeans exports via grain out of properties, large amounts of potassium (K), we sought to develop a methodology to make potassium chloride (KCl), K source most used in the world, a source of slow release, which would allow the use of higher doses of this nutrient in the furrow without increasing its concentration in the soil solution and thus offer no risk of salt effect or significant losses occur by leaching, increasing the residual K in the soil after harvest of the crop, making more rational use this fertilizer, used extensively in Brazilian agriculture, but have the need to import 90% of the national demand. The experimental design was completely randomized design (CRD) in factorial arrangement with 10 treatments x 4 replicates. The treatments were: 1) control - no K, 2) 100% conventional KCl, 3) 100% KCl capped 1, 4) 100% KCl capped 2, 5) 25% KCl + 75% KCl conventional capped 1, 6) 25% KCl + 75% KCl conventional capped 2, 7) 50% KCl + 50% KCl conventional capped 1, 8) 50% KCl + 50% KCl conventional capped 2, 9) 75% KCl + 25% KCl conventional capped 1 and 10) 75% KCl + 25% KCl conventional capped 2. The variables analyzed at 20, 40 and 60 days after emergence (DAE), were: plant height (PH), stem diameter (DC). For variables: production of dry matter (SDM); potassium concentration (conk), calcium (CONCA) and magnesium (CONMG) in ADM; accumulation of potassium (ACK), calcium (ACCA) and magnesium (ACMG) the MSPA, and potassium content in the soil (KME1) were evaluated at 20, 40, 60 and 80 DAE. Treatments did not affect plant height and stem diameter of soybean, as well as the concentration and accumulation of K, Ca and Mg in the dry matter production of shoots of soybean plants.

Keywords: *Glycine max.* L., Fertilizer potash; Slow Release.

1 INTRODUÇÃO

O cloreto de potássio (KCl) é a principal fonte comercial de potássio (K) para uso agrícola em todo o mundo, os principais produtores - Canadá e Rússia - são também os detentores das maiores reservas de minérios potássicos no mundo e os principais fornecedores para o Brasil; o KCl viaja grandes distâncias, o que somado ao custo do produto na origem, torna esse insumo dispendioso aos produtores brasileiros. Qualquer inovação tecnológica que possibilite a redução do consumo de KCl, sem perdas na produtividade das culturas, ou a destinação de recursos para investimentos que resultem no aumento da produção nacional de KCl tem grande importância para a nação.

Em 2010 o Brasil importou 6,45 milhões de toneladas do cloreto de potássio (KCl) que consumiu, representando 89,75% da demanda do país. O KCl representou 42,2% de todo o volume de fertilizantes importados, número que quantifica nossa grande dependência externa por esse produto (ANDA, 2011; DNPM, 2011).

Na maioria dos solos brasileiros, a disponibilidade de potássio (K) é classificada como média a baixa (ZANCANARO et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2004), necessitando que façamos grandes adições desse nutriente ao solo. A dosagem a ser utilizada deve considerar a fertilidade natural ou atual do solo, o tipo do solo e as possíveis perdas do nutriente durante o ciclo da cultura – são fatores que definem a eficiência da fonte usada; ainda, a reposição dos teores do nutriente que foram exportados para fora da propriedade pelas culturas, na forma de grãos, frutas, forragens, etc.

Para a aplicação dos fertilizantes potássicos nas culturas anuais, a prática mais comum no Brasil é a aplicação única no sulco de plantio, por meio de fórmulas comerciais concentradas que usam o KCl como fonte de K (ANDA, 2008).

Essa prática nem sempre é a ideal, pois quando são necessárias doses maiores de 60 kg ha^{-1} de K_2O , para solos argilosos e, maiores de 50 kg ha^{-1} de K_2O , para solos arenosos, recomenda-se o parcelamento da aplicação, visando evitar e ou reduzir as perdas por lixiviação e também, evitar que a salinidade dificulte a absorção da água e ou facilite a entrada de íons em quantidade tóxica, durante a fase de embebição das sementes, prejudicando a germinação, reduzindo assim o estande de plantas e quase

sempre a produção, caracterizando o que se denomina, estresse salino (BORKERT et al., 2005).

Nesse cenário de: dependência nacional às importações de KCl; ocorrência de perdas do K por lixiviação; ocorrência de *estresse salino* nas culturas e do arriscado, mas, predominante e preferencial uso de fórmulas concentradas em K – aplicadas nas culturas anuais, no sulco de plantio, em uma única vez e em doses maiores que 50 kg ha⁻¹ de K₂O (solos arenosos) e 60 kg ha⁻¹ de K₂O (solos argilosos); o capeamento do KCl pode se tornar uma tecnologia importante para melhorar esse cenário.

O capeamento tem a finalidade de aperfeiçoar o uso do KCl, através do aumento de sua *eficiência de uso* como fonte de K. Isso ocorreria através da liberação mais lenta do K, a qual tornaria sua disponibilidade às plantas mais distribuída ao longo do ciclo da(s) cultura(s), sem que haja períodos de excessiva concentração de K, o que conseqüentemente reduziria as perdas por lixiviação e a ocorrência do *efeito salino* - mesmo em condição de aplicação de maiores doses no sulco de plantio – gerando uma recomendação técnica de não parcelamento da dose de K, reduzindo o custo de uma operação agrícola. Havendo maior eficiência de uso do K através do KCl Capeado, comparado ao KCl convencional, a oferta comercial dessa fonte poderia significar menor demanda de adubação potássica, reduzindo o volume de KCl a ser importado e mesmo assim, possibilitando maiores produtividades às culturas.

A cultura da soja, na safra 2010/2011, ocupou no mundo 103,5 milhões de hectares, chegando a 263,7 milhões de toneladas produzidas, sendo uma das principais culturas produtoras de alimentos. (EMBRAPA, 2011).

Em 2010 o Brasil entregou 24,5 milhões de toneladas de fertilizantes, sendo a cultura da soja a maior consumidora, responsável por 34,7% dessa demanda. O país cultivou 24,2 milhões de hectares de soja ou 23,4% da área plantada no mundo, colhendo 28,4% da produção mundial. (EMBRAPA, 2011; ANDA, 2011).

Na realização desse trabalho, objetivou-se avaliar os efeitos no crescimento e na absorção e acúmulo de potássio pela cultura da soja, em função do uso de cloreto de potássio capeado, comparado ao cloreto de potássio granulado tradicional e a misturas dessas fontes, em um Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), bem como avaliar a oscilação nos teores de potássio no solo, durante o crescimento das plantas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A importância das formas de potássio no solo para a nutrição das plantas

A maneira com que o K se liga aos componentes sólidos do solo, assim como a energia dessas ligações, dá origem às várias formas deste elemento no solo: K na solução do solo; K trocável; K não-trocável e K total (SPARKS, 2000).

A distribuição das formas de K difere entre os solos em função do material de origem e dos respectivos minerais predominantes. Sob o ponto de vista de nutrição da planta, o equilíbrio mais importante é entre o K trocável e o K na solução, cujo somatório é considerado como K disponível, estando essas formas em equilíbrio com o K não-trocável e com o K estrutural dos minerais. A capacidade de troca catiônica (CTC) dos solos, que varia em função do teor de matéria orgânica, do tipo e quantidade de argila e do pH do solo, é o principal componente que determina a relação K trocável/K da solução do solo. De maneira geral, todas as formas estão ligadas, em equilíbrio e, todas podem ser liberadas para a solução, sendo que a velocidade de liberação varia em função do tipo de reação envolvida (MIELNICZUK, 1982; NACHTIGALL e RAIJ, 2005; ERNANI et al., 2007a).

Em algumas situações, constata-se que a quantidade de K extraída pelas plantas, é superior às formas trocáveis, de modo que as formas de K não-trocável contribuem para o total de K absorvido pelas plantas de várias espécies vegetais, em diversos tipos de solos brasileiros, fato que tem tornado crescente o interesse sobre a identificação das fontes de K não-trocável nos solos, objetivando a busca de avaliação mais adequada do suprimento deste nutriente para as culturas, sendo necessário dedicar maior atenção ao assunto (MELO et al., 1995; SILVA, 1996; SILVA et al., 2000; CASTILHOS e MEURER, 2002; MELO et al., 2003; NACHTIGALL e RAIJ, 2005).

Apesar de Raij et al. (1996) admitirem que o K não-trocável do solo e o K dos restos vegetais podem contribuir consideravelmente para a nutrição das plantas cultivadas, nos manuais de adubação a recomendação de dose de adubo potássico para as culturas é fundamentada, principalmente, nos teores de K trocável do solo, da camada arável - até 0,2m de profundidade.

A absorção de potássio pelas plantas desencadeia um processo contínuo de depleção de formas não-trocáveis ocorrentes no solo, especialmente quando os teores de potássio disponíveis são mais baixos (KAMINSKI, et al., 2007; WIELHOLTER, 2007).

Os teores de K não-trocável do horizonte B em alguns solos são maiores do que os da camada arável. Então, a capacidade das plantas de cobertura do solo ou cultivadas, em reciclar e aproveitar nutrientes das camadas abaixo dos 0,2m tem considerável importância, principalmente devido ao fato de que todo o K contido na biomassa das plantas pode ser totalmente liberado, rapidamente, mesmo sem haver decomposição do tecido vegetal, ainda durante a fase inicial da cultura subsequente, pois o K se apresenta no interior do tecido vegetal na forma iônica sem estar associada a nenhum componente estrutural das plantas, a quantidade liberada depende fundamentalmente da quantidade de chuva ocorrida após a morte do tecido, a qual lixivia o K da palha para o solo. Mesmo na ausência de lixiviação de K por chuva, quantidade significativa de potássio retorna ao solo por exsudação radicular, após a dessecação química da cultura (RAIJ e QUAGGIO, 1984; MARSCHNER, 1995; CALEGARI, 2001; GIACOMINI et al., 2003; ROSOLEM et al., 2003; CALONEGO et al., 2005).

Usando a cultura do milho como planta de cobertura, Torres e Pereira (2008) mensuraram a produção de 10.300 kg ha⁻¹ de biomassa, com absorção de 218,9 kg ha⁻¹ de K, exemplo que engrandece a importância da cobertura de solo na ciclagem de nutrientes para fertilização de solos utilizados para cultivos anuais; assunto esse de crescente interesse por parte de produtores de grãos de regiões tropicais (GARCIA et al., 2008).

2.2 A importância da cultura da soja no Brasil e no mundo

A cultura da soja, na safra 2010/2011, ocupou no mundo, 103,5 milhões de hectares, chegando a 263,7 milhões de toneladas produzidas, sendo uma das principais culturas produtoras de alimentos. (EMBRAPA, 2011).

No Brasil, safra de soja 2010/2011, foram cultivados 24,2 milhões de hectares, 23,38% da área plantada no mundo, produzindo 75 milhões de toneladas, que representam 28,44% da produção mundial. Esses números mantêm o país como segundo maior produtor mundial de soja (EMBRAPA, 2011).

As exportações do complexo-soja, em 2010 (grão, farelo e óleo), totalizaram mais de 17 bilhões de dólares, dos quais a exportação de soja-grão participou com 64,33% (EMBRAPA, 2011).

O estado do Mato Grosso do Sul, localizado no bioma Cerrado, é o quinto maior produtor nacional de soja com 6,9% da área de plantio, atrás dos estados de Goiás (10,9%), Rio Grande do Sul (15,4%), Paraná (20,5%) e Mato Grosso (27,1%) (CONAB, 2011).

Em 2010, o Brasil importou 15.282.499 toneladas de fertilizantes para uso agrícola e produziu mais 9.339.867 toneladas, entregando ao consumidor final 24.516.186 toneladas. Em relação ao adubo potássico, o Brasil importa mais de 90% da demanda nacional (ANDA, 2011).

O cultivo de soja exporta, via produção, para fora das propriedades, grandes quantidades de potássio, onde a relação absorção/exportação corresponde a aproximadamente 50% (CARVALHO et al., 2008). Na safra 2008/2009, a produção média nacional foi de 2.629 kg ha⁻¹ de soja, a qual exportou 54 kg ha⁻¹ de K₂O, demonstrando que a restituição do K ao solo é essencial e deve ser feita por meio de adubações (CONAB, 2009).

Os diferentes solos do Cerrado, de maneira geral, apresentam baixos teores de K, pois são bastante intemperizados e, portanto, de mineralogia oxídica, predominando óxidos de ferro e de alumínio, com acidez elevada, além de CTC reduzida, de forma que as reservas deste nutriente, nesses solos, não sustentam cultivos sucessivos sem adubações (WATANABE et al., 2005). A energia de retenção dos cátions trocáveis Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ nos colóides do solo segue uma série denominada liotrófica, o que, somado à CTC reduzida, resulta na maior lixiviação de K, principalmente em solos bem drenados, característica de grande parte da região de Cerrado do Brasil (RAIJ, 1991). Outra possibilidade de perda de K se dá por meio de erosão, onde a água de escoamento superficial exporta grandes quantidades de K dissolvido (BERTOL, 2004).

Para a correção ou adubação potássica, o cloreto de potássio (KCl) é a principal fonte utilizada nas culturas produtoras de grãos no Brasil e no mundo (LOPES, 2005). Esse sal é altamente solúvel em água, tornando-o passível de ser perdido por lixiviação, dessa forma, preventivamente, quando forem necessárias doses maiores de 60 kg ha⁻¹ de K₂O, para solos argilosos e, maiores de 50 kg ha⁻¹ de K₂O, para solos arenosos, recomenda-se o parcelamento da aplicação. O parcelamento também evita que a salinidade do K dificulte a absorção da água e ou facilite a entrada de íons, normalmente em quantidade tóxica, durante a fase de embebição das sementes,

prejudicando a germinação, reduzindo assim o estande de plantas e quase sempre a produção, caracterizando o que se denomina, estresse salino (BORKERT et al., 2005).

Para a aplicação dos fertilizantes potássicos, a prática mais comum adotada atualmente no Brasil é a aplicação de KCl incorporado no sulco de plantio, por meio de fórmulas comerciais ricas em potássio (ANDA, 2008).

Nos últimos anos, os agricultores da região Centro-Oeste têm aplicado um mínimo de 120 kg ha⁻¹ de K₂O e, em média, de 140 kg ha⁻¹ a 150 kg ha⁻¹ de K₂O, dose essa que repõe a quantidade de K exportada pelos grãos de soja colhidos e mantém níveis médios do nutriente no solo, visto que, no Brasil, tanto em solos de textura média a argilosa, quanto em solos arenosos, desde o início dos cultivos, a disponibilidade de K foi classificada como média a baixa (ZANCANARO et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2004).

O parcelamento da dose de K é quase sempre recomendado pelos técnicos aos produtores rurais, porém, grande parte ainda utiliza fórmulas concentradas que fornecem doses superiores a 60 kg ha⁻¹ de K₂O no sulco de plantio, alegando dispor de poucas máquinas, pessoal e de haver acréscimo no custo de produção quando realizado o parcelamento. É notável, ainda, que o fator cultural, herança de tecnologia de pai para filho, dificulta ainda mais o avanço das aplicações parceladas. Porém, em algumas regiões, nos últimos anos, devido à falta de regularidade de chuvas, vem ocorrendo o *estresse salino*, o que tem favorecido a adoção do parcelamento de K.

Nesse cenário de dependência nacional das importações de KCl, da possibilidade de ocorrerem perdas do K dessa fonte por lixiviação ou de ocorrer estresse salino na soja, considerando ainda o fato da predominância de uso de uma única aplicação de K no sulco de plantio, essa em doses maiores do que as recomendadas, o capeamento do KCl pode se tornar uma tecnologia importante para reduzir os problemas causados por uma única aplicação. O capeamento tem a finalidade de tornar a liberação de K mais lenta e possibilitar o uso de doses maiores no sulco de plantio, reduzindo as possíveis perdas e ou danos às culturas.

2.3 Perdas de potássio dos solos e a recomendação de uso

As principais perdas de K são: exportação via grãos, lixiviação e escoamento superficial.

A cultura da soja absorve potássio na ordem de 31,4 kg t⁻¹ produzida, sendo que desse total exporta 53% para os grãos, ou seja, 16,64 kg de K são exportados para cada tonelada de soja produzida (EMBRAPA, 2008).

A erosão também representa perda significativa de K, essa ocorrendo via água de escoamento superficial, também, nos sedimentos perdidos, esses pertencentes à camada superficial do solo, de onde se perde quantidade significativa de K nas formas não-trocáveis e estruturais (BERTOL et al., 2004).

Para evitar essas perdas, deve-se evitar deixar o solo descoberto, assim o sistema de plantio direto (SPD) - no qual se evita o revolvimento do solo, faz a rotação de culturas e a produção e a manutenção da palhada e realiza-se o plantio sobre essa - torna-se de fundamental importância para conservar a fertilidade, promover a infiltração da água, evitar o escoamento superficial e a erosão, mantendo, assim, dentro da área de cultivo, os nutrientes solúveis em água, disponíveis às plantas e, portanto, de impacto econômico.

O potássio que pode ser perdido por lixiviação, se encontra na forma solúvel, ou seja, faz parte da solução do solo, sendo que, quanto maior a concentração na solução, maior será o percentual de perda (ISHIGURO et al., 1992).

Estando em solução, a mobilidade vertical do K no solo depende de fatores físicos e químicos, relacionados à capacidade de cada solo em interagir com o nutriente da água percolada. Entre os fatores estão: a condutividade hídrica do solo e a distribuição relativa do tamanho dos poros (DIEROLF et al., 1997); o pH (ERNANI et al., 2002), que por sua vez está associado à CTC (SANZONOWICZ e MIELNICZUK, 1985) e, à concentração e espécie de ânions acompanhantes, relacionados à força iônica e à formação de pares iônicos (FIGUEIREDO, 2006).

O movimento radial do potássio no solo ocorre preferencialmente por difusão e em menor proporção por fluxo de massa (OLIVEIRA et al., 2004). O movimento vertical ocorre fundamentalmente por fluxo de massa (ERNANI et al., 2007a).

O processo de lixiviação é caracterizado em solos onde há predomínio do fluxo hídrico por macroporos em relação aos microporos (SANZONOWICZ; MIELNICZUK, 1985).

Em solos onde foi realizado a adição de KCl, Ernani et al. (2007a) relataram perdas de 3,6 kg ha⁻¹ a 18 kg ha⁻¹, representando de 1 a 4% do potássio aplicado.

Trabalhos de longa duração em solos argilosos, com teor de argila superior a 60% e com disponibilidade de K entre 0,20 a 0,30 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no Paraná, comprovam que a aplicação de potássio a lanço é tão eficiente quanto à aplicação deste no sulco de semeadura, não ocorrendo diferenças na produção de grãos em relação a forma de aplicação (BORKERT et al., 2005). Porém, não é aconselhável aplicar doses acima de 60 kg de $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$ em solos argilosos e acima de 50 kg de $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$ em solos arenosos no sulco de semeadura, sob riscos de perdas de K por lixiviação e danos à germinação por estresse salino, com conseqüente diminuição do estande de plantas e possível redução de produção. O efeito salino é mais provável em regiões sujeitas à ocorrência de déficit hídrico por aumentar a concentração de K na solução do solo (CHUEIRI et al., 2004; BERNARDI et al., 2009).

Quando doses maiores forem necessárias para solos com teores inferiores a 20% de argila ou que possuir CTC menor que 4,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (VILELA et al., 2004), recomenda-se o parcelamento da dose do potássio, de forma a aplicar, 33% no sulco de semeadura e 67% em cobertura, 30 a 40 dias após a germinação, respectivamente para cultivares de soja de ciclo mais precoce ou mais tardio (OLIVEIRA et al., 2008; ZANCANARO et al., 2009). Em situação de solos arenosos, com baixa disponibilidade de K-trocável, a aplicação no sulco de semeadura é mais eficiente, incrementando a produção da soja, porém pode resultar em maior lixiviação de K em relação à aplicação superficial (VILELA et al., 2004; ERNANI et al., 2007b) e apresentar efeito salino, principalmente quando ocorrer deficiência hídrica.

Para uma mesma quantidade de K total do solo, haverá menos K na solução em solos com alta CTC, o que refletirá em menores perdas de K por lixiviação, menor retirada desnecessária de K pelas plantas e maior capacidade de armazenamento de K no solo (MIELNICZUK, 2005).

Rosolem (1997) argumentou que, o manejo adequado da adubação potássica, no que diz respeito às quantidades de adubo a serem ministradas, pode reduzir perdas, o que é importante do ponto de vista econômico e ambiental, porém, se a aplicação de K for subestimada, pode haver esgotamento das reservas de K do solo.

2.4 A importância do potássio para a cultura da soja

Ao lado do nitrogênio, o potássio (K) é um dos macronutrientes mais absorvido e exportado pela cultura da soja, apresenta elevada mobilidade na planta com

acúmulo e redistribuição via xilema e floema. No citoplasma e nos cloroplastos é o cátion em maior abundância, sendo essencial em quase todos os processos necessários para sustentar a vida da planta, pois desempenha papel vital na fotossíntese, na translocação de fotoassimilados, na abertura e fechamento de estômatos e na ativação de enzimas (TAIZ e ZEIGER, 2002). Ainda, auxilia na formação dos nódulos, no aumento do teor de óleo nas sementes e beneficia também sua germinação, vigor e qualidade (MASCARENHAS et al., 1998).

A baixa disponibilidade de K no solo pode causar a gradativa diminuição da produção de soja, safra após safra, mesmo sem mostrar os sintomas típicos de deficiência, chamada “fome oculta”, havendo queda da taxa de crescimento da planta e redução de produção da soja (BORKERT et al., 1994). Quando a deficiência é maior, a sintomatologia evolui de um “mosqueado” amarelo nas bordas dos folíolos das folhas do terço inferior da planta, para manchas cloróticas, no centro dos folíolos, iniciando a partir dessa fase a necrose das áreas amareladas das bordas dos folíolos e o aumento progressivo dos sintomas. Com o passar dos dias, a necrose avança para o centro dos folíolos e essas áreas necrosadas ficam quebradiças, ficando os folíolos com aspecto esfarrapado (SFREDO e BORKERT, 2004).

A deficiência severa de K compromete a planta, resulta na produção de grãos pequenos, enrugados e ou deformados. Pode, ainda, alterar o ciclo da cultura da soja, quando ocorre atraso na maturidade, permanecendo, assim, mais tempo no campo, ficando sujeito à ocorrência de maior ataque de pragas e doenças fúngicas de final de ciclo (BORKERT et al., 1989; BORKERT et al., 1994).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados - MS, em condição de casa de vegetação, cujas coordenadas geográficas são: 22°11'45" S e 54°55'18" W e altitude de 446 m, no período de dezembro de 2009 a fevereiro de 2010, ano agrícola 2009/2010. O clima da região é do tipo Cwa mesotérmico úmido, segundo a

classificação de Köppen (1948), com temperaturas e precipitações médias anuais variando de 20°C a 24°C e 1.250 mm a 1.500 mm (FIETZ e FISCH, 2006).

O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho Distroférrico (LVdf) coletado na profundidade de 0 a 0,2m seco ao ar, passado em peneira com abertura de malhas de 2mm, caracterizado química e fisicamente, cujos resultados foram os seguintes: $\text{pH}_{(\text{em água})} = 5,6$; $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)} = 4,3$; $\text{P}_{(\text{Mehlich 1})} = 1,0 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K}^+_{(\text{Mehlich-1})} = 0,12 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Al}^{3+} = 3,19 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Ca}^{2+} = 0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg}^{2+} = 0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{H+Al} = 8,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{SB} = 0,52 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{T} = 8,52 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{V\%} = 6,1$. Através do método da pipeta (Claessen, 1997), verificou-se ser um solo se textura muito argilosa (654 g kg^{-1} de argila; 175 g kg^{-1} de silte e 171 g kg^{-1} de areia).

A correção da acidez do solo foi realizada com calcário dolomítico, finamente moído, com PRNT de 108%, 28,25% de CaO e 22,84% de MgO, percentuais obtidos através de análise pelo método quelatométrico do EDTA (LANARV, 1988). Em cada vaso, foi aplicado 1,24 g dm^{-3} , quantidade necessária para elevar a saturação por bases para 60%. Por meio da determinação da densidade aparente e de partículas do solo obtivemos a porosidade total do solo. Este foi incubado durante três semanas, em sacos plásticos, com água, ocupando 60% do volume total de poros (VTP) (Claessen, 1997). Após esse período o solo foi novamente seco ao ar, destorroado e homogeneizado.

Para a adubação fosfatada, usou-se 336 mg dm^{-3} de P, baseando-se no fósforo remanescente (ALVAREZ et al., 1999; ALVAREZ et al., 2000). A fonte utilizada foi o superfosfato triplo (TSP), finamente moído (partículas menores que 0,84 mm), para obter uma mistura mais homogênea à unidade amostral.

A adubação de K foi realizada na dose de 150 mg dm^{-3} de K, para todos os tratamentos, seguindo a recomendação de Novais et al. (1991).

Após as misturas do P e das combinações de fontes de K ao solo, realizou-se a transferência para os vasos de plástico, com capacidade para 1,6 dm^3 .

A semeadura foi efetuada no dia oito de dezembro do ano de dois mil e nove, utilizando-se seis sementes da cultivar de soja BMX Potência RR - Brasmax[®] por vaso, essas previamente inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*. Nesse momento, aplicou-se uma solução nutritiva contendo: S (40 mg dm^{-3}), N (50 mg dm^{-3}), B (0,81 mg dm^{-3}), Cu (1,33 mg dm^{-3}), Fe (1,55 mg dm^{-3}), Mn (2,44 mg dm^{-3}), Mo (0,15 mg dm^{-3}) e Zn (4 mg dm^{-3}), recomendada para experimentos em vasos (Novais et al., 1991). Os vasos foram irrigados com água destilada, preenchendo 60% do VTP do solo.

Por meio de pesagem diária dos vasos, essa umidade do solo foi mantida até o final do estudo, via reposição com água destilada, oferecendo assim, condições ideais ao desenvolvimento das plantas. Aos cinco DAE, realizou-se o desbaste deixando-se três plantas por vaso.

A cada tempo de avaliação, foi realizada a mensuração da altura das plantas (AP), com auxílio da régua graduada, medindo-as da superfície do solo ao ápice, e do diâmetro do caule (DC), com auxílio de paquímetro digital, aferindo-se a ± 1 cm do solo. Em seguida, as plantas foram coletadas, através do corte a ± 1 cm do solo, lavadas e a parte aérea foi acondicionada em sacos de papel. Para determinação da massa seca, as amostras foram levadas para uma estufa de circulação forçada de ar a $60^\circ \pm 5^\circ\text{C}$, até massa constante, e, posteriormente, pesando-as em balança digital com resolução de 0,001 g. Após a obtenção da massa seca da parte aérea (MSPA), as amostras foram trituradas em moinho tipo Willey, homogeneizadas e determinadas as concentrações de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} nos extratos da digestão nítrico-perclórica (MALAVOLTA et al., 1997). A partir dessas concentrações, foram calculados os acúmulos dos nutrientes na parte aérea (mg planta^{-1}), como produto da multiplicação da concentração (g kg^{-1}) pela massa seca da parte aérea (g planta^{-1}). O solo de cada vaso, após a colheita da parte aérea foi coletado e seco ao ar, passado em peneira com abertura de malhas de 2 mm, homogeneizado e submetido à análise do teor de K disponível pelo extrator Mehlich 1, seguindo metodologia descrita por Claessen (1997).

Um método de capeamento de potássio foi desenvolvido e, a partir dele, foram produzidas duas novas fontes de K, denominadas “KCl capeado 1 e 2”. Na fabricação do KCl capeado, utilizou-se forno elétrico, balança de precisão, pipeta, micro pulverizador e ventilador. No método fabril criado, o KCl foi aquecido até atingir 50°C em forno elétrico e, durante esse aquecimento, foi realizado a mistura do gesso com a água dentro do micro pulverizador, formando a calda de gesso. Aquecido, o KCl foi transferido para um vidro de formato cilíndrico, o qual passou a sofrer movimentos circulares até o fim da micro pulverização da calda de gesso. O KCl, já capeado, foi despejado em uma bandeja de alumínio e colocado sob circulação de ar, essa realizada por um ventilador. Após resfriado, já em temperatura ambiente, o material foi passado em peneira com abertura de malhas de 4 mm, separando assim os grânulos maiores do que 4,0mm para uso na pesquisa.

Na produção do KCl capeado1, usou-se uma relação percentual de KCl convencional, gesso ($\text{CaSO}_4 + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) e água de 83;14,2;2,8, respectivamente. Para o

KCl capeado 2, essa relação foi de 74:23,5:2,5. O KCl quando capeado não apresentou alteração na qualidade física e a “capa” aderiu bem ao KCl. Dessa forma, dificilmente o produto deverá perder a capa, o que geraria pó, esse indesejável durante o manuseio do fertilizante. Concluída a produção, foram analisadas quimicamente as novas fontes; o KCl capeado1, apresentou: 50% de K_2O + 3,2% de Ca + 2,6%S; o KCl capeado 2, apresentou: 48% de K_2O + 4,5% de Ca + 3,65%S. Utilizou-se ainda o KCl convencional, com 60% de K_2O , completando as três fontes de K.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em um esquema fatorial com 10 tratamentos x 4 repetições. Os tratamentos utilizados foram: 1) Testemunha - sem K; 2) 100% KCl convencional; 3) 100% KCl capeado 1; 4) 100% KCl capeado 2; 5) 25% KCl convencional + 75% KCl capeado 1; 6) 25% KCl convencional + 75% KCl capeado 2; 7) 50% KCl convencional + 50% KCl capeado 1; 8) 50% KCl convencional + 50% KCl capeado 2; 9) 75% KCl convencional + 25% KCl capeado 1 e 10) 75% KCl convencional + 25% KCl capeado 2.

As variáveis analisadas aos 20, 40 e 60 dias após a emergência (DAE), foram: altura de plantas (AP) e diâmetro do caule (DC). Para as variáveis: produção de matéria seca da parte aérea (MSPA); concentração de potássio (CONK), cálcio (CONCA) e magnésio (CONMG) na MSPA; acúmulo de potássio (ACK), cálcio (ACCA) e magnésio (ACMG) na MSPA; e, teor de potássio no solo (KME1), foram avaliadas aos 20, 40, 60 e 80 DAE.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F. Para as características com significância estatística foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o aplicativo computacional SISVAR[®] (FERREIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características avaliadas no crescimento da soja

4.1.1 Altura de plantas e diâmetro de caule

A partir da análise de variância para altura de plantas e diâmetro de caule observou-se significância estatística ($p < 0,05$) apenas para DAE (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo das análises de variância para altura de plantas e diâmetro de caule em função dos dias após a emergência (DAE) da soja e dos tratamentos (TRAT). Dourados - MS, 2010.

Fontes de Variação	Quadrados Médios	
	Altura de plantas	Diâmetro de caule
TRAT	6,5225 ^{ns}	0,1687 ^{ns}
DAE	1.308,7490 ^{**}	20,9588 ^{**}
TRAT x DAE	12,6811 ^{ns}	0,0960 ^{ns}
Resíduo	15,2911	0,1142
Coeficiente de variação (%)	21,5	9,9

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F; ^{ns} Não significativo.

A altura de plantas e o diâmetro de caule não foram influenciados pelos diferentes TRAT e pela interação DAE x TRAT.

A altura de plantas variou entre as avaliações ao longo do tempo. A maior altura mensurada foi de 24,4 cm para a terceira avaliação aos 60 dias após a emergência (Tabela 2).

Tabela 2. Altura de plantas e diâmetro de caule, avaliados em função dos dias após a emergência (DAE) da soja e dos tratamentos (TRAT). Dourados - MS, 2010.

Características avaliadas	Dias após a emergência (DAE)		
	20	40	60
Altura de plantas (cm)	12,5 c	18,1 b	24,4 a
Diâmetro de caule (mm)	2,6 b	3,8 a	3,9 a

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao diâmetro de caule houve maior aumento no período de 20 a 40 DAE, não ocorrendo diferença estatística entre 40 e 60 DAE.

Os resultados encontrados para altura das plantas e diâmetro de caule, provavelmente seriam maiores se em condições de campo. No vaso, pode ter havido concorrência das plantas por água, luz e nutrientes.

O K na planta, ao atuar na ativação de enzimas, síntese de proteínas e fotossíntese, dentre outras funções, beneficia o crescimento vegetal, representado também, pelos ganhos em altura e em diâmetro de caule, ao longo do tempo de crescimento (MARSCHNER, 1995).

4.1.2 Produção de matéria seca da parte aérea

Em relação à produção de matéria seca da parte aérea, verificou-se diferença estatística ($p < 0,05$) para DAE e para a interação TRAT x DAE. Os TRAT não influenciaram na produção de MSPA (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo das análises de variância para produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) em função dos dias após a emergência (DAE) da soja e dos tratamentos (TRAT). Dourados - MS, 2010.

Fontes de Variação	Quadrados Médios
TRAT	0,1709 ^{ns}
DAE	49,6040 ^{**}
TRAT x DAE	0,2476 [*]
Resíduo	0,1440
<hr/>	
Coefficiente de variação (%)	15,7

** e * Significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste de F e ns = não significativo.

Os valores médios de produção de MSPA não foram significativamente influenciados apenas pelos TRAT (Tabela 4).

Tabela 4. Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) nos dez tratamentos (TRAT) em função dos dias após a emergência (DAE) da soja. Dourados - MS, 2010.

Tratamentos	Matéria seca da parte aérea (g planta ⁻¹)			
	20 DAE	40 DAE	60 DAE	80 DAE
1-Testemunha – sem aplicação de KCl	1,29 aC	1,43 aC	2,71 abB	3,77 abA
2-100% de KCl convencional	1,28 aC	1,78 aC	2,88 abB	3,90 abA
3-100% de KCl capeado I	1,28 aB	1,64 aB	3,17 abA	3,34 bA
4-100% de KCl capeado II	1,27 aB	1,81 aB	3,44 aA	4,02 abA
5-25% KCl conven. + 75% KCl capeado I	1,29 aB	1,77 aB	3,19 abA	3,38 abA
6-25% KCl conven. + 75% KCl capeado II	1,25 aC	1,51 aC	2,84 abB	4,23 aA
7-50% KCl conven. + 50% KCl capeado I	1,27 aC	1,76 aC	2,69 abB	3,40 abA
8-50% KCl conven. + 50% KCl capeado II	1,25 aC	2,21 aB	2,38 bB	3,65 abA
9-75% KCl conven. + 25% KCl capeado I	1,26 aB	1,54 aB	3,00 abA	3,65 abA

10-75% KCl conven. + 25% KCl capeado II	1,24 aC	1,91 aC	2,90 abB	3,84 abA
Coeficiente de variação (%)		15,7		

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Constata-se que os valores de produção para T4 e T8 aos 60 DAE, bem como os valores de T3 e T6, nos 80 DAE, foram significativamente diferentes.

A resposta encontrada para MSPA em função dos TRAT pode ter sido mascarada, devido a fertilidade de potássio no solo ser 47 mg dm⁻³ de K, esse estando próximo ao limite superior do teor considerado médio (26 a 50 mg dm⁻³), conforme critério de interpretação da análise de solo sob Cerrado apresentado em Sousa e Lobato (2002).

Analisando a produção de MSPA em função de cada período tempo avaliado (DAE), constata-se que, em termos médios, os TRAT, supriram ganhos de biomassa no período de 20 dias (aproximadamente 1g/planta) aos 80 dias (aproximadamente 4 g/planta). Aos 20 DAE, o valor observado praticamente coincide com aqueles apresentados em Bataglia e Mascarenhas (1976), mas aos 80 DAE, o ganho foi bem inferior, provavelmente em decorrência da forte concorrência das plantas por água, luz e nutrientes no vaso, comparativamente às condições do ambiente a campo.

Dessa forma, estatisticamente, T4 aos 60 DAE e T6 aos 80 DAE, apresentaram os melhores resultados, quando comparados a T8 e T3, respectivamente, o que deve ser considerado para novos estudos, preferencialmente, em solos com baixo teor de K disponível e em condições de campo.

Aos 60 DAE, os TRAT envolvendo KCl convencional associado ao KCl capeado 1 (T5, T7 e T9), tenderam a maiores produções de MSPA, quando comparados aos TRAT de mesmo percentual de mistura que envolvem KCl convencional associado ao KCl capeado 2 (T6, T8 e T10). Essa tendência encontrada aos 60 DAE se inverte aos 80 DAE a favor dos TRAT envolvendo KCl convencional associado ao KCl capeado 2 (T6, T8 e T10). Ainda, analisando as produções encontradas para os tratamentos, dois (T2), três (T3) e quatro (T4), os quais contemplam o uso das três fontes de forma isolada, T4 foi o que apresentou maior produção a partir dos 40 DAE (Tabela 4).

4.1.3 Concentração de nutrientes na parte aérea

A partir da análise de variância para concentrações de nutrientes na parte aérea foi observada significância estatística ($p < 0,05$) apenas em relação ao tempo de avaliação (DAE) (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo das análises de variância para concentrações de nutrientes na matéria seca da parte aérea (MSPA) em função dos dias após a emergência (DAE) da soja e dos tratamentos (TRAT). Dourados - MS, 2010.

Fontes de Variação	Quadrados Médios		
	K	Ca	Mg
TRAT	53,9347 ^{ns}	1,8993 ^{ns}	0,3161 ^{ns}
DAE	533,1003**	24,6582**	2,0241**
TRAT x DAE	33,0338 ^{ns}	4,3006 ^{ns}	0,4840 ^{ns}
Resíduo	41,3648	4,1817	0,4443
Coefficiente de variação (%)	28,1	15,7	13,8

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F e ns = não significativo.

Dentre os diversos modelos pesquisados nenhum deles se ajustou aos dados de concentração de cálcio e de magnésio em função de tempo de crescimento da soja (DAE), no conjunto das combinações de KCl (TRAT). Ao contrário, o modelo linear se ajustou aos dados de concentração de potássio em função de tempo de crescimento da soja (Figura 1).

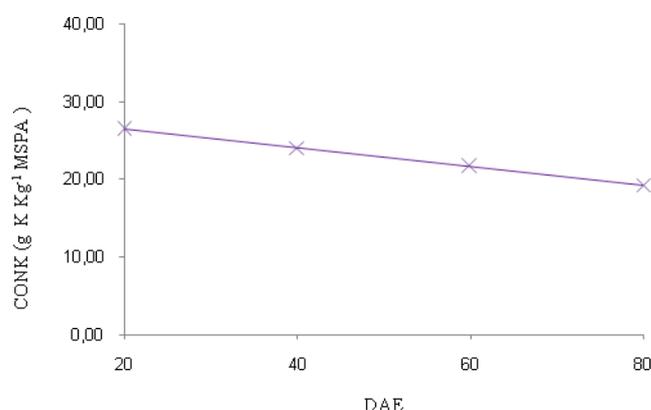


Figura 1. Concentração de potássio na matéria seca da parte aérea (CONK) em função dos dias após a emergência (DAE) da soja e dos tratamentos (TRAT). Dourados - MS, 2010.

Nota-se, na Figura 1, que aos 20 DAE e aos 80 DAE, os valores de CONK na MSPA, são de 26,5 e 19,3 g kg⁻¹, respectivamente. A queda de 27,2% na concentração deste nutriente é justificada pelo efeito de diluição na biomassa, a qual aumentou neste intervalo de tempo de crescimento da cultura, sem, contudo, estar fora da faixa de suficiência (>17 a 25 g kg⁻¹ de K), apresentada em Malavolta (2006) para o K na soja. Bataglia e Mascarenhas (1976) em experimento a campo, com avaliações nos estágios de crescimento e de desenvolvimento, no período de 30 a 150 dias após a semeadura da cultura, já haviam constatado que dos 30 aos 70 dias após a semeadura a concentração de K na parte aérea caiu de 25 para 18 g kg⁻¹, valores muito próximos aos observados no presente estudo.

4.1.4 Acúmulo de nutrientes na massa seca da parte aérea

Pode-se observar na análise de variância para acúmulo de nutrientes na parte aérea a ocorrência de significância estatística ($p < 0,05$) apenas para o tempo de crescimento da soja (DAE) (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo das análises de variância para acúmulo de potássio (ACK), de cálcio (ACCa) e de magnésio (ACMG) na matéria seca da parte aérea (MSPA) em função dos dias após a emergência (DAE) da soja e dos tratamentos (TRAT). Dourados - MS, 2010.

Fontes de Variação	Quadrados Médios		
	ACK	ACCa	ACMG
TRAT	390,4351 ^{ns}	32,0388 ^{ns}	4,8298 ^{ns}
DAE	15188,79**	10044,42**	1231,838**
TRAT x DAE	213,0592 ^{ns}	56,2228 ^{ns}	10,9131 ^{ns}
Resíduo	298,8755	52,7017	7,6621
Coeficiente de variação (%)	33,0	22,8	23,8

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F e ns = não significativo.

O acúmulo de K na planta, no intervalo entre 20 DAE e 80 DAE, aumentou na ordem de 140% (Figura 2).

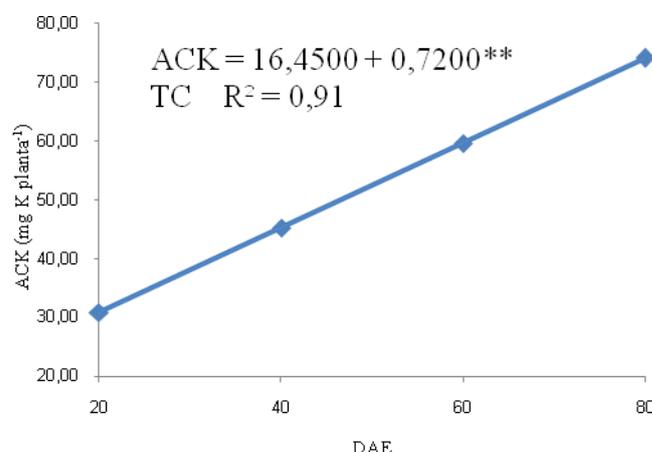


Figura 2. Acúmulo de potássio (ACK) na planta, em função dos dias após a emergência (DAE) da soja e dos tratamentos (TRAT). Dourados - MS, 2010.

No caso do Ca, no intervalo de crescimento da soja entre 20 e 80 DAE, o acúmulo na planta, aumentou na ordem de 270% (Figura 3).

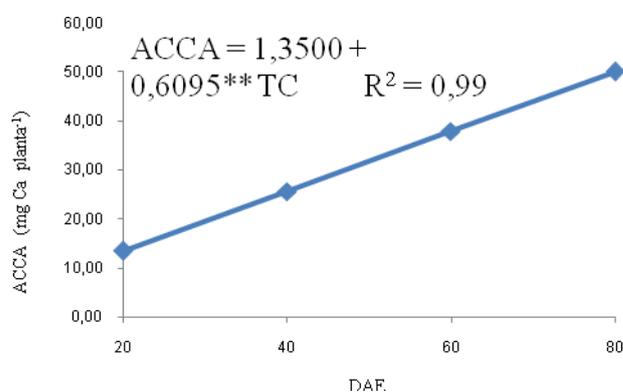


Figura 3. Acúmulo de cálcio (ACCA) na planta, em função dos dias após a emergência (DAE) da soja e dos tratamentos (TRAT). Dourados - MS, 2010.

O acúmulo de Mg, por sua vez, no intervalo de crescimento da soja dos 20 aos 80 dias, cresceu na ordem de 235% (Figura 4).

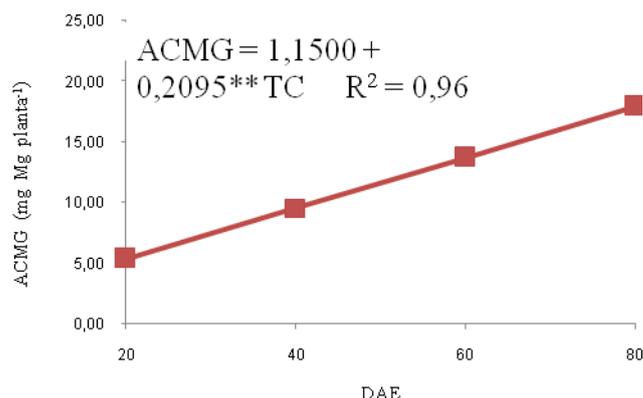


Figura 4. Acúmulo de magnésio (ACMG) na planta, em função dos dias após a emergência (DAE) da soja e dos tratamentos (TRAT). Dourados - MS, 2010.

O alto valor da intercessão (16,45) para o modelo ajustado de ACK em função dos DAE (Figura 2), comparativamente a aqueles verificados para o Ca e Mg acumulados (Figuras 3 e 4) confirmam os argumentos de Raij (1991) de que as quantidades de K acumuladas nas plantas só é inferior, em geral, às de nitrogênio. O mesmo autor argumenta que a maior parte do K é absorvida pelas plantas durante a fase de crescimento vegetativo, cujo tempo de crescimento (20 a 80 DAE), no presente estudo, está dentro da fase mencionada.

Dessa forma, os acúmulos ocorridos para K, Ca e Mg, dos 20 aos 80 DAE, aumentaram na ordem de 140, 270 e 235%, respectivamente. Estes maiores aumentos observados para Ca e Mg, em relação a K pode estar relacionado à elevação das concentrações destes dois primeiros cátions na solução do solo, em consequência dos incrementos na solubilização do calcário dolomítico utilizado na correção da acidez das amostras do solo em estudo.

4.2 Teor de potássio extraído pelo extrator Mehlich-1

A partir da análise de variância para teores de potássio no solo, extraídos pelo extrator Mehlich-1, foi observada significância estatística ($p < 0,05$) para todas as fontes de variação estudadas (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo das análises de variância para teor residual de potássio no solo, extraído pelo extrator Mehlich-1, em função dos dias após a emergência (DAE) da soja e dos tratamentos (TRAT). Dourados - MS, 2010.

Fontes de Variação	Quadrados Médios
TRAT	9,4048**
DAE	36,0308**
TRAT x DAE	1,1520**
Resíduo	0,5517
<hr/>	
Coefficiente de variação (%)	17,8

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F e ns = não significativo

A significância encontrada pelo teste de F a 1% de probabilidade, para o teor de K no solo, na interação dos tratamentos com o tempo de crescimento “TRAT x DAE”, possibilitaram realizar o teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 8).

Tabela 8. Teor de potássio residual no solo, extraído pelo extrator Mehlich-1 (KME1), nos dez tratamentos (TRAT), avaliado após a colheita das plantas de soja. Dourados - MS, 2010.

Tratamentos	KME1 (mmol _c dm ⁻³)			
	20 DAE	40 DAE	60 DAE	80 DAE
1-Testemunha – sem aplicação de KCl	2,35 bA	2,10 bA	1,80 bA	1,95 bA
2-100% de KCl convencional	6,18 aA	4,50 aB	2,93 abC	3,33 abBC
3-100% de KCl capeado I	5,45 aA	4,75 aAB	3,33 abC	3,80 aBC
4-100% de KCl capeado II	5,13 aA	5,00 aAB	3,68 aB	3,68 aB
5-25% KCl conven. + 75% KCl capeado I	5,38 aA	4,45 aAB	3,48 abB	4,08 aAB
6-25% KCl conven. + 75% KCl capeado II	6,20 aA	4,93 aAB	3,63 aBC	3,50 abC
7-50% KCl conven. + 50% KCl capeado I	5,98 aA	4,40 aB	3,95 aB	4,20 aB
8-50% KCl conven. + 50% KCl capeado II	5,83 aA	4,08 aB	4,33 aB	3,43 abB
9-75% KCl conven. + 25% KCl capeado I	6,00 aA	4,68 aAB	3,70 aB	4,33 aB
10-75% KCl conven. + 25% KCl capeado II	5,98 aA	4,38 aB	3,93 aB	1,90 bC
<hr/>		Coefficiente de variação (%)		15,7

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

5 CONCLUSÕES

Nas condições do presente trabalho:

Os tratamentos não influenciaram na altura das plantas e no diâmetro de caule da soja, bem como na concentração e acúmulo de K, Ca e Mg na produção de matéria seca da parte aérea das plantas de soja.

O KCl capeado não apresentou diferenças nos teores de K no solo, dessa forma não houve comprovação de liberação lenta ou diferenciada entre KCl convencional ou KCl capeado 1 e 2.

6 REFERÊNCIAS

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B. & LOPES, A.S. **Interpretação dos resultados das análises de solo**. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a Aproximação**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, p. 21-25, 1999.

ALVAREZ, V. H.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. de. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p. 27-32, 2000.

ANDA - ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes**. São Paulo, SP, 2008.

ANDA - ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Mercado de fertilizantes – Brasil**. Disponível em: www.agricultura.gov.br. Acesso em: 24 de agosto de 2011.

BATAGLIA, O. C.; MASCARENHAS, H. A. A.; Acúmulo de matéria seca e nutrientes, em soja cultivar Santa Rosa. **Bragantia**, Campinas, v. 35, n. 21, p.237-247, 1976.

BERNARDI, A. C. C. de et al. Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milho e algodão em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 158-167, 2009.

BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J.; BARBOSA, F. T. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um Inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. 485-494, 2004.

BORKERT, C. M.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA JUNIOR, A. O potássio na cultura da soja. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira de Pesquisa de Potassa e do Fosfato, p. 671 – 722, 2005.

BORKERT, C. M.; FRANÇA NETO, J. de B.; HENNING, A. A. Potassium fertilization reduces seed infection by *Phomopsis* sp. And improves seed quality. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 4., Buenos Aires, 1989. **Proceedings...** Buenos Aires: Asociación Argentina de la Soja, p. 2265-2275, 1989.

BORKERT, C. M.; YORINORI, J. T.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ALMEIRA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; SFREDO, G. J. Seja doutor da sua soja. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, SP, n. 66, 16 p., jun. 1994. (Arquivo do Agrônomo, 5).

CALEGARI, A. **O uso de plantas de cobertura e a rotação de culturas visando alto rendimento**. In: IV CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE DE SOLO EM PLANTIO DIRETO, 4., 2001, Ijuí. Resumos de palestras... Passo Fundo: Aldeia Norte, p. 5-20, 2001.

CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S.; ROSOLEN, C. A. Lixiviação de potássio da palha de plantas de cobertura em diferentes estádios de senescência após a dessecação química. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 99-108, 2005.

CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, O. S.; SILVA, O. R. R. F.; MEDEIROS, J. C. Nutrição, calagem e adubação. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Org). **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2. Ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, v. 2, p. 679-789, 2008.

CASTILHOS, R. M. V.; MEURER, E. J.; KAMPK, N.; PINTO, L. F. S. Mineralogia e fontes de potássio em solos do Rio do Rio Grande do Sul cultivados com arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 579-587, 2002.

CLAESSEN, M.E.C. (Org.) **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa - CNPS, 2ª.ed., 212p., 1997.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Central de informações agropecuárias**. Brasília, DF, 2009.

Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 07 de dezembro de 2010.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Indicadores da agropecuária**. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 24 de agosto de 2011.

CHUEIRI, A. W.; CARDOSO JÚNIOR, O.; REIS JÚNIOR, R. A.; **Técnicas de adubação**: manejo do potássio na adubação de semeadura. Set/Out/Nov 2004. Disponível em: www.manah.com.br/informativos Acesso em: 2 de novembro 2011.

DIEROLF, T. S.; ARYA, L. M.; YOST, R. S. Water and cation movement in an Indonesian Ultisol. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, n. 4, p. 572-579, 1997.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral / Ministério das Minas e Energia**. Brasília, DF: Departamento Nacional de Produção Mineral, Thiers Muniz Lima, Carlos Augusto Ramos Neves (coordenadores); 2011.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil 2009 e 2010. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 13).

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA Soja. **Soja em números (safra 2010/2011)**. Disponível em: http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?cod_pai=2&op_page=294 Acesso em: 02 de novembro de 2011.

ERNANI, P.R.; SANGOI, L.; RAMPAZZO, C. Lixiviação e imobilização de nitrogênio num Nitossolo como variáveis da forma de aplicação da uréia e da palha de aveia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.26, n.4, p.993-1000, 2002.

ERNANI, P.R.; BAYER, C.; ALMEIDA, J.A.; CASSOL, P. C. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.31, n.2, p.393-402, 2007a.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 551-594 p.2007b.

FERREIRA, D.F. **Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4.0**. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., São Carlos, 2000. Programa e resumos... São Carlos, SP. Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, p. 255-258, 2000.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F. **O clima da região de Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. (Documentos, 85).

FIGUEIREDO, G. C. **Movimentação do cálcio de diferentes fontes adicionadas a colunas de dois Latossolos**. 2006. 72 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

GARCIA, R. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; CALONEGO, J. C.; ROSOLEN, C. A. Potassium cycling in a corn-in-brachiaria cropping system. **European Journal of Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 579-585, 2008.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; HUBNER, A. P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.; AMARAL, E. B. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n.9, p. 1097-1104, 2003.

ISHIGURO, M.; SONG, K. C.; YUITA, K. Ion transport in an Allophanic Andisol under the influence of variable charge. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, n. 6, p. 1789-1793, 1992.

KAMINSKI, J.; BRUNETTO, G.; MOTERLE, D. F.; RHEINHEIMER, D. S. Depleção de formas de potássio do solo afetada por cultivo sucessivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 1003-1010, 2007.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: com un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 479 p.

LANARV - LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA VEGETAL. **Análise de Corretivos, Fertilizantes e Inoculantes**. Métodos Oficiais. Ministério da Agricultura, 1988. 104p.

LOPES, A.S. **Reserva de minerais potássicos e produção de fertilizantes potássicos no Brasil**. In: YAMADA, T. e ROBERTS, T.L., eds. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, Potafos, p. 21-32, 2005.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. Ed. Piracicaba: POTAFÓS (Associação Brasileira para a pesquisa da avaliação da Potassa e do Fosfato), 319p., 1997.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 631 p., 2006.

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

MASCARENHAS, H. A. A.; BULISANI, E. A., et al. Deficiência do potássio em soja no Estado de São Paulo: melhor entendimento do problema e possíveis soluções. **O Agrônomo**, Campinas, v.40, n.1, p. 34-43, 1998.

MELO, V. F.; BARROS, N. F.; COSTA, L. M.; NOVAIS, L. M. Formas de potássio e

de magnésio em solos do Rio Grande do Sul e sua relação com o conteúdo na planta e com a produção em plantios de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 165-171, 1995.

MELO, V. F.; CORRÊA, G. F.; MASCHIO, P. A.; RIBEIRO, A. N.; LIMA, V. C. Importância das espécies minerais no potássio total da fração argila de solos do Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 807-819, 2003.

MIELNICZUK, J. O potássio no solo. 4. ed. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 80 p., 1982. (Boletim técnico, 2).

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, p. 165-178, 2005.

NACHTIGALL, G. R.; RAIJ, B. van. Análise e interpretação do potássio no solo. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 93-118, 2005.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J.; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D.; LOURENÇO, S. **Método de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa-SEA, p. 189-253, 1991.

OLIVEIRA, R. H.; ROSOLEM, C. A.; TRIGUEIRO, R. M.; Importância do fluxo de massa e difusão no suprimento de potássio ao algodoeiro como variável de água e potássio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG: v. 28, n. 3, p. 439-445, 2004.

OLIVEIRA, F. A.; CASTRO, C.; SFREDO, G. J.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA JR., A. **Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral da Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 62).

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 343 p., 1991.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Boletim Técnico, 100. 2ª. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, Fundação IAC, 285 p., 1996.

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J. A. Disponibilidade de potássio para capim braquiária cultivado em solos. **Bragantia**, Campinas, v. 43, n. 2, p. 531-539, 1984.

ROSOLEM, C. A. **Adubação potássica em semeadura direta**. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO. 1., 1997, Dourados. Resumos e Palestras... Dourados: EMBRAPA, 12 p., 1997.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 355-362, 2003.

SANZONOWICZ, C.; MIELNICZUK, J. Distribuição do potássio no perfil de um solo, influenciado pela planta, fontes e métodos de aplicação de adubo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 9, n. 1, p. 45-50, 1985.

SFREDO, G.J.; BORKERT, C. M. **Deficiências e Toxicidades de nutrientes em plantas de soja**: descrição dos sintomas e ilustração com fotos. Londrina: Embrapa Soja, 44 p., 2004. (Embrapa Soja. Documentos 231).

SILVA, I. R. Eficiência nutricional para potássio em espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 257-264, 1996.

SILVA, I. R. da; FURTINI NETO, A. E.; FERNANDES, L. A.; CURI, N.; VALE, F. R. do. Formas, relação quantidade/intensidade e biodisponibilidade de potássio em diferentes Latossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 10, p. 2065-2073, 2000.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002.

SPARKS, D.L. Bioavailability of soil potassium. In: SUMNER, M.E. (ed.). **Handbook of soil science**. Boca Raton: CRC Press, Section D. p.D38-D53, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Artmed, 719p., 2002.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M.G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 4, p. 1609-1618, 2008.

VILELA, L.; SOUZA, D. M. G.; SILVA, J. E. Adubação potássica. In: SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrados**: correção do solo e adubação. 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 169-184.

WATANABE, R. T.; FIORETTO, R. A.; FONSECA, I. B.; SEIFERT, A. L.; SANTIAGO, D. C.; CRESTE, J. E.; HARADA, A.; CUCOLOTTO, M. Produtividade da cultura de soja em função da densidade populacional e da porcentagem de cátions (Ca, Mg e K) no complexo sortivo do solo. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 26, n. 4, p. 477-484, 2005.

WERLE, R.; GARCIA, A. G.; ROSOLEM C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2297-2305, 2008.

WIETHOLTER, S. Bases teóricas e experimentais de fatores relacionados com a disponibilidade de potássio do solo às plantas usando trigo como referência. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 1011-1021, 2007. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**: nutrientes; v. 2, p. 137-190, Anais... Piracicaba, SP, 2010.

ZANCANARO, L.; TESSARO, L.C.; HILLESHEIM, J. Adubação fosfatada e potássica da soja no cerrado. Piracicaba, POTAFOS, **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 98, p. 1-5, junho 2002.

ZANCANARO, L.; HILLESHEIM, J.; HOOGERHIDE, H.; VERONESE, M.; VILELA, L.; FRANCISCO, E. A. B. Manejo do solo, adubação e nutrição da cultura da soja. In: HIROMOTO, D. M.; CAJU, J.; CAMACHO, S. A. (Ed.). **Boletim de Pesquisa de Soja 2009**: Fundação MT. N. 13 2009. Rondonópolis, MT: Fundação MT, 2009. 346 p: 270-285.