

BALANÇO DE POTÁSSIO EM SOJA CULTIVADA SOBRE PALHADA DO MILHO

Warlles D. Xavier¹

Leandro F. Carreiro²

João Vitor S. Silva³

Deyner Damas A. Silva⁴

Maisa Ribeiro⁵

RESUMO: A utilização do milho, na rotação ou sucessão de culturas pode ser importante para o suprimento de K às espécies subsequentes, principalmente àquelas mais exigentes, como a soja. O objetivo desse estudo é avaliar a restituição potássica da palhada do milho remanescente sob a produtividade da soja em áreas de fertilidade construída. O experimento foi instalado em esquema fatorial 5x3, disposto em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram na combinação de doses (0, 40, 80, 120 e 160 kg K₂O ha⁻¹) e épocas de aplicação com: 100% da dose em pré-plantio, 100% da dose em cobertura e parcelada com 50% da dose em pré-plantio + 50% em cobertura. A soja é pouco responsiva a adubação potássica em solos de fertilidade construída no Cerrado. A liberação de K₂O da palhada do milho remanescente é uma importante fonte de K para a cultura da soja. A aplicação de 80 kg K₂O ha⁻¹ fornece quantidades de potássio suficiente para promover nutrição e desenvolvimento da soja e resguarda o potencial produtivo da área. Em solo cultivado com soja, a ausência da adubação potássica contribui para redução dos teores de potássio no solo.

Palavras-chave: adubação de sistemas. produtividade de grãos. ciclagem de nutrientes. efeito residual.

Introdução

O Brasil é atualmente o segundo maior produtor mundial de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), superado apenas pelos Estados Unidos. Na safra 2013/14, a cultura ocupou uma área de 30,1 milhões de hectares, o que totalizou produção de 86,12 milhões de toneladas. A cadeia produtiva da soja é um dos segmentos econômicos mais importantes do agronegócio brasileiro. Considerando apenas a produção primária, a soja responde por cerca de 44% da produção nacional de grãos (CONAB, 2014).

¹ Instituto Federal Goiano, Mestre em Agronomia (Produção Vegetal), warlles.pesquisa@gmail.com

² Universidade Federal de Lavras, Doutor em Ciência do Solo, leandrocsolos@yahoo.com

³ Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia (Produção Vegetal), joao.vitor@imparag.com.br

⁴ Instituto Federal Goiano, Mestre em Engenharia Agrícola, deyner_damas@agronomo.eng.br

⁵ Universidade Federal de Goiás, Mestra em Ciências da Saúde, maisaribeiro22@outlook.com

No entanto, o cultivo de variedades de soja mais precoces abriu a oportunidade para o cultivo do milho de segunda safra, comum na região do Cerrado. O aumento da produção de soja e milho no estado de Goiás destaca-se em grande parte pelo uso mais intensivo da terra, dos fertilizantes, máquinas agrícolas e de variedades mais adaptadas aos diferentes microclimas. Aplicações sucessivas de potássio acima das quantidades exportadas pelas culturas favorecem, ao longo dos anos, teores acima dos níveis críticos, ou seja, ocorre uma construção/melhoria dos teores de potássio no solo, o que possibilita maior oportunidade de racionalizar o uso de fertilizantes potássicos nos sistemas de produção agrícola (RESENDE et al., 2012).

O manejo da adubação de sistemas em áreas de fertilidade construída deve considerar os teores de nutrientes remanescentes de safras anteriores no solo e nas palhadas, as quais influenciam o teor de nutrientes existente no sistema. Neste contexto, Fancelli & Tsumanuma (2007), mostram altas quantidades de K_2O extraídas pelo milho, média de 20,4 kg para cada tonelada de grãos produzida, contribuindo para significativa redução de K no solo após seu cultivo, entretanto, o K exportado nos grãos corresponde a 19% do total acumulado na parte aérea.

Resende et al. (2012) relataram que é mais seguro trabalhar a reposição de K considerando o estoque e a ciclagem no sistema, suprindo a cultura de inverno e garantindo a base de fertilidade para o estabelecimento da cultura subsequente, além de garantir uma condição de alto desempenho produtivo ao longo do tempo.

No entanto, torna-se necessária a realização de estudos sobre estratégias de manejo da adubação potássica em áreas de fertilidade construída na sucessão soja-milho no Cerrado Brasileiro que possam aumentar a eficiência no uso de fertilizantes. Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar a restituição potássica da palhada do milho remanescente na sucessão soja-milho em áreas de fertilidade construída.

Material e métodos

O estudo foi realizado em uma propriedade rural no município de Jataí, região sudoeste do estado de Goiás, no bioma Cerrado (Latitude -17,8396759; Longitude -51.6349678 e 670 m de altitude). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é predominantemente tropical, com dois períodos bem definidos, de chuva, que vão de novembro a março, com maior índice pluviométrico nos meses de

dezembro e janeiro, e o da seca, que se estende de abril a outubro, com temperatura média anual de 22 °C e precipitação média anual variando de 1.650 a 1.800 mm. Trata-se de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico argiloso (SANTOS et al., 2013).

Devido às práticas de calagem e adubações sucessivas que vêm recebendo ao longo do tempo, a área selecionada para estudo apresenta-se atualmente com a fertilidade construída na zona de exploração radicular (0-20 cm de profundidade). Segundo Sousa e Lobato (2004a), os dados de análise de solo dessa área têm indicado disponibilidade de potássio interpretada como adequada, para as condições da região do Cerrado (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química e física do solo realizadas em 06/09/2013, antes da implantação do experimento.

Perfil do solo	pH	P*	K*	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	MO	Areia	Silt e	Argila
cm	CaCl ₂	-mg dm ⁻³ -		----- cmol _c dm ⁻³ -----					g kg ⁻¹	-----g dm ⁻³ -----		
				--					1	--		
0-20	5,3	12,4	71	3,4	0,5	0,1	5,8	8,8	31,7	230	150	620
20-40	4,9	2,4	45	1,2	0,2	0,2	5,6	7,1	-	255	100	645

Esta fazenda é considerada referência regional na produção de grãos, em virtude das altas produtividades obtidas nos últimos cinco anos no cultivo em sucessão soja-milho, com médias de 3,3 Mg ha⁻¹, para a soja e 7,9 Mg ha⁻¹, para o milho em sistema de semeadura direta.

A precipitação pluviométrica na área experimental, durante o período de condução do experimento está apresentada na Figura 1 (INMET, 2014).



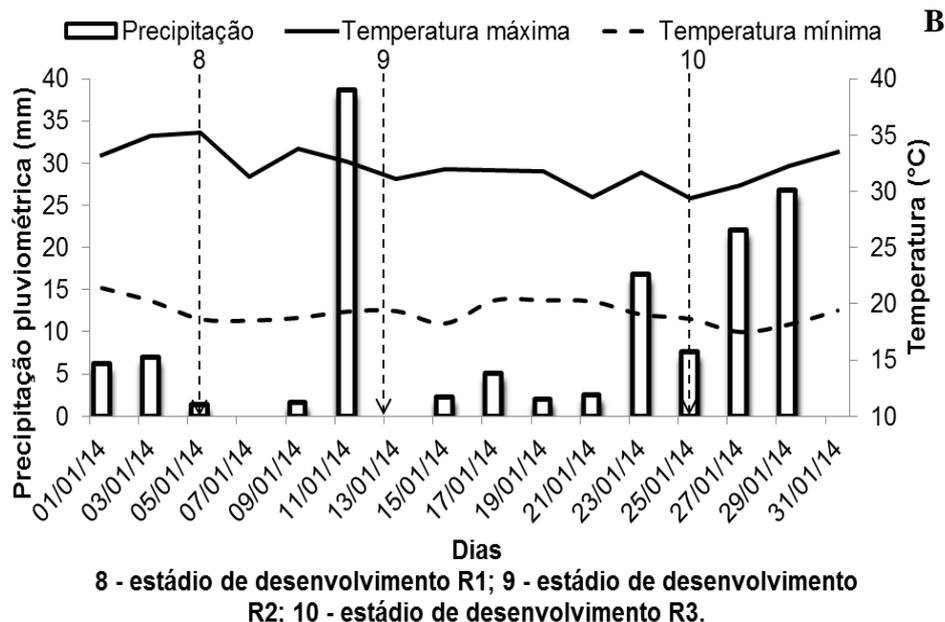
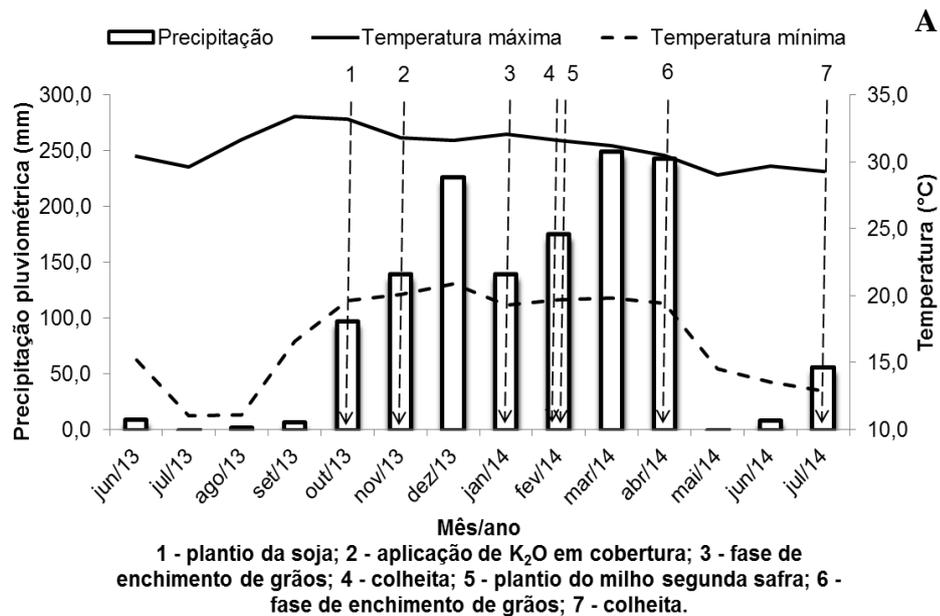


Figura 1. Precipitação pluviométrica e temperatura mensal observada na área experimental (A) e detalhe das condições ambientais durante a fase de enchimento de grãos da cultura da soja (B) em Jataí, GO, 2015.

Para estimativa da massa seca e acúmulo de K_2O na palhada do milho remanescente, antes da instalação do experimento, foram coletadas na área adjacente ao experimento, quatro amostras por data amostral, sendo coletado um m^2 de palhada por ponto. As amostras foram coletadas de acordo com suas respectivas



datas descritas a seguir: a primeira coleta foi realizada no dia 06/09/2013, a segunda coleta foi realizada no dia 02/10/2013, terceira coleta foi realizada no dia 18/11/2013 e a quarta coleta foi realizada no dia 14/12/2013. Posteriormente as amostras foram secas em estufa de circulação forçada a 65°C por 48 horas, até atingir massa constante e pesadas em balança digital.

Para avaliação do acúmulo de K₂O na palhada do milho as amostras foram moídas em moinho Willey com peneira de 20 mesh, digeridas em ácido perclórico e analisadas de acordo com Malavolta et al. (1997). Posteriormente, avaliou-se a massa seca (kg ha⁻¹), a taxa de decomposição (%), acúmulo de K₂O (kg ha⁻¹) e a liberação de K₂O (%) da palhada do milho remanescente da safrinha anterior, ano 2012.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de um fatorial 5 x 3, sendo as cinco doses de potássio: 0, 40, 80, 120 e 160 kg de K₂O ha⁻¹ aplicadas em três épocas: I. 100% um dia antes da semeadura (DAS); II. 50% um DAS e 50% aos 30 dias depois da semeadura (DDS); III. 100% aos 30 DDS, utilizando como fonte, o cloreto de potássio (KCl). Para a soja, as parcelas corresponderam a cinco linhas com 10 m de comprimento, espaçadas 0,5 m entre si (25 m²), considerando uma área útil de 5 x 1,5 m (7,5 m²). Para a aplicação dos tratamentos foram realizadas distribuições manuais a lança sem incorporação, na cultura da soja.

A cultivar de soja utilizada foi a Anta 82RR, tipo de crescimento indeterminado, a qual foi semeada em 20/10/2013, utilizando-se semeadora de tração mecanizada. As sementes de soja foram inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, conforme procedimento atual da fazenda. Na implantação e condução da cultura da soja, foram aplicados em superfície sem incorporação 150 kg ha⁻¹ de MAP em pré-plantio. Os tratos fitossanitários (aplicação de herbicidas, inseticidas e fungicidas) foram realizados quando necessário, conforme o protocolo da fazenda (época, quantidade e tipo de produto a ser aplicado).

A colheita da soja foi realizada no dia 02/02/2014, manualmente na área útil das parcelas, após a trilhagem das plantas foi determinada a produtividade de grãos com a umidade corrigida a 13% (BRASIL, 2009).

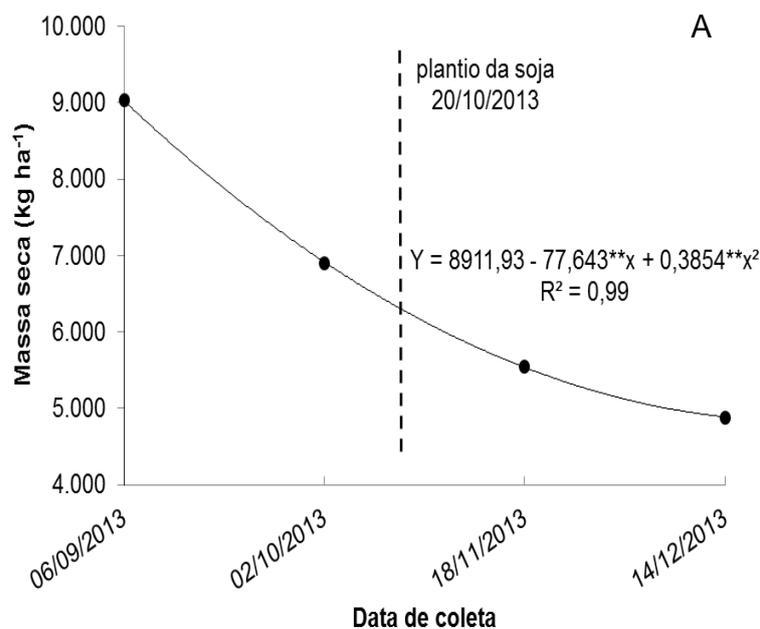
Após a colheita da soja, foi realizada a amostragem de solo afim de determinar os teores de K de 0-20 e 20-40 cm de profundidade. Coletando-se uma amostra composta de duas subamostras, sendo uma na linha de semeadura e outra na

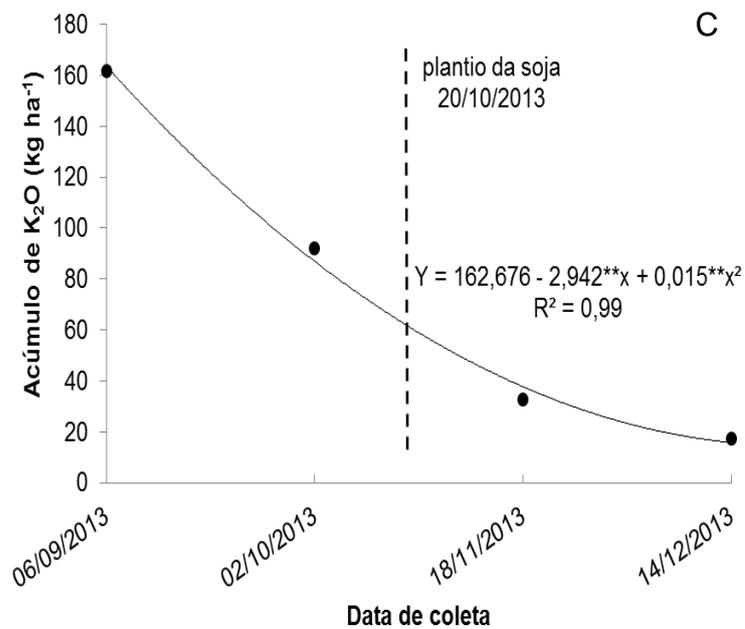
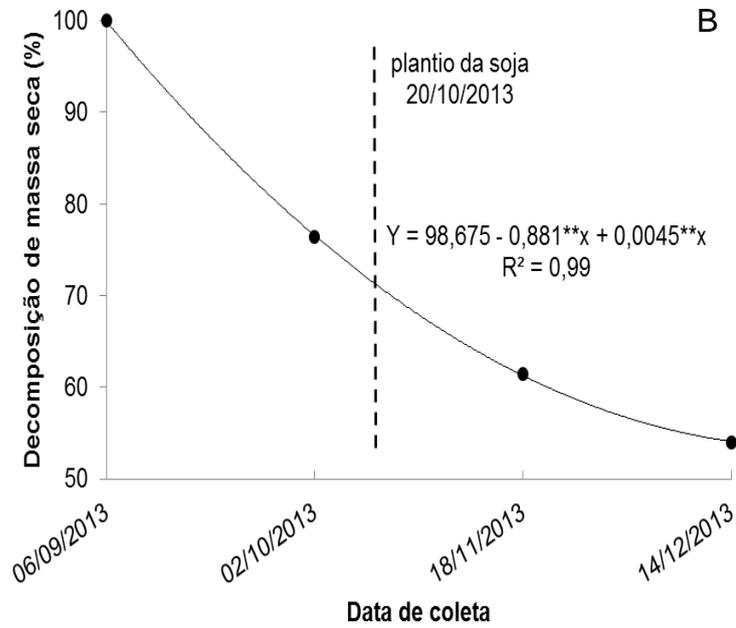
entrelinha da área útil central das parcelas. Para a análise química dos teores K disponíveis no solo, foi utilizado o extrator Mehlich 1 (SILVA, 2009).

Os dados foram submetidos à análise de variância por meio do sistema computacional Sisvar (FERREIRA, 2011) e, quando encontradas diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste F a 0,05 de probabilidade, os mesmos foram comparados pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade e geradas equações de regressão em função das doses do fertilizante aplicado. E os gráficos gerados através do programa SIGMAPLOT 10.

Resultados e discussão

Para as avaliações realizadas antes do plantio da soja, a palhada do milho remanescente produziu aproximadamente 9 Mg ha⁻¹ de matéria seca, sendo que, 26% da palhada foi decomposta nos primeiros 45 dias após a primeira coleta, período que coincide com a data do plantio da soja (Figura 2A, B).





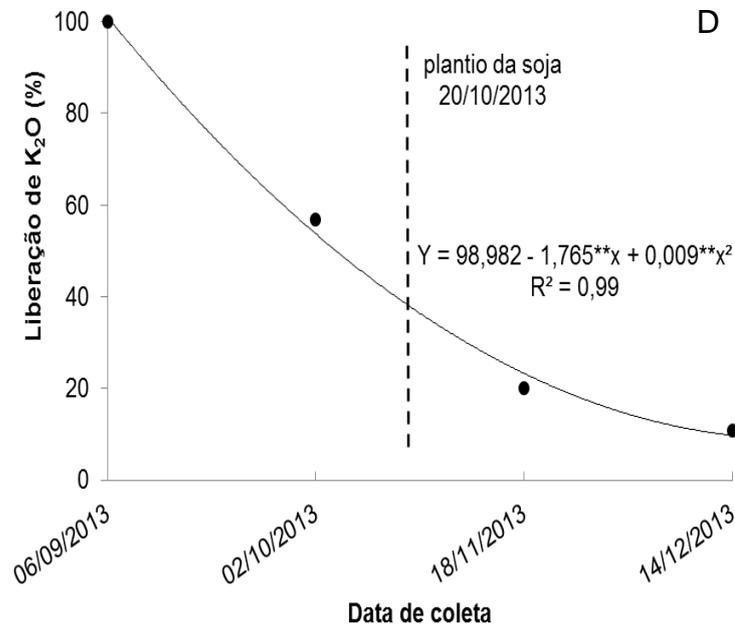


Figura 2. Matéria seca (A) (kg ha^{-1}); taxa de decomposição da palhada (B) (%); acúmulo de K_2O (C) (kg ha^{-1}) e liberação de K_2O (D) (%) do milho remanescente.

No entanto, este estudo demonstrou que a palhada do milho remanescente se decompõe mais lentamente e de forma mais contínua e uniforme ao longo do tempo de avaliação. Ao final dos 99 dias de avaliação, observou-se redução de 45% do volume total de matéria seca. Estudando a decomposição da palhada de Bertol et al. (2004) verificaram redução, em cinco meses, de 53% na quantidade do resíduo de milho depositado sobre o solo.

Fica evidente que no manejo da adubação de sistemas, deve ser levado em consideração o aporte de potássio pela palhada de culturas antecessoras (RESENDE et al., 2012), o qual pode ser observado neste trabalho, em torno de 100 kg ha^{-1} de K_2O via palhada do milho do ano anterior até a data de plantio da soja (Figura 3C). Concomitantemente, de acordo com os principais boletins de recomendação da adubação potássica para a região do Cerrado, a restituição potássica feita através da ciclagem de nutrientes da palhada da cultura remanescente, representa a base de fertilidade para o estabelecimento da cultura da soja.



Segundo Bataglia & Mascarenhas (1977), o período de maior absorção de K pela soja ocorre aos 60 dias após a emergência, em que a cultura necessita de aproximadamente $1,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Com base no trabalho dos autores citados e nos dados obtidos nesse trabalho pode-se considerar que a palhada de milho é uma importante fonte de K para a soja, pois aos 73 dias chegou um valor médio de $1,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, suprimindo a necessidade de K para a soja.

A adubação potássica que se deve aplicar nestes sistemas em sucessão depende dos créditos de nutrientes remanescentes de safras anteriores no solo e nas palhadas que certamente irá influenciar o saldo de nutrientes no sistema após a colheita da cultura de inverno/segunda safra.

Em termos de produtividade da soja, observa-se portanto, que o fator disponibilidade de água pode ter influenciado baixa consistências dos resultados obtidos. Nota-se que as quantidades e distribuição das chuvas, nos períodos de condução do experimento, foram abaixo das médias históricas para a região (Figura 1A,B), provavelmente contribuindo para nivelar as respostas da soja a níveis inferiores aos esperados com a aplicação dos tratamentos.

Como a maior parte do K é transportada até à raiz por difusão, processo altamente dependente da água do solo, sua baixa disponibilidade minimiza o teor do nutriente que pode ser absorvido pela planta, justificando, possivelmente, a falta de respostas aos investimentos de doses de K_2O aplicados no solo.

Entre as doses e épocas de aplicação avaliadas, a aplicação parcelada, o melhor resultado foi obtido na dose de 80 kg ha^{-1} de K_2O , com produção de 70 sc ha^{-1} (Figura 3A).

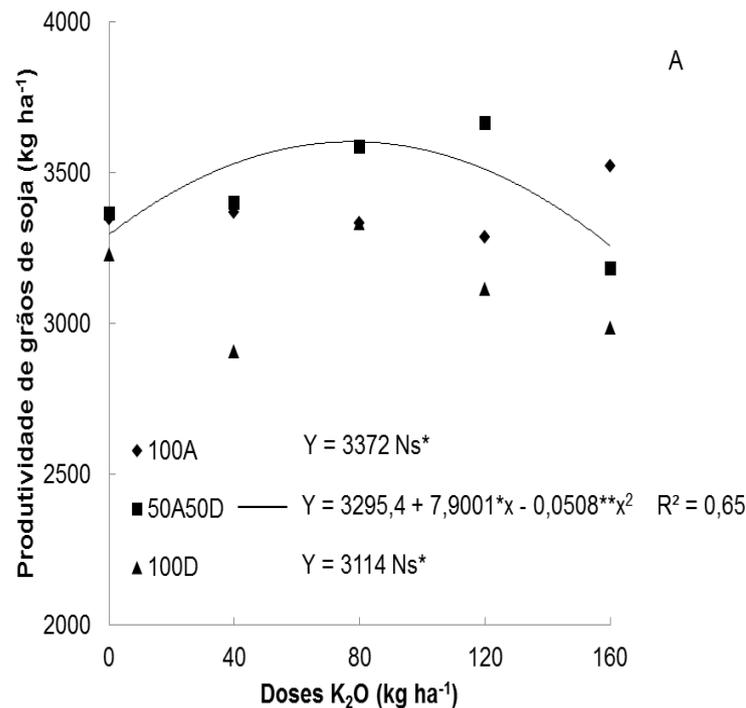


Figura 3. Produtividade de grãos de soja (kg ha⁻¹) em função das épocas de aplicação e doses de K₂O em Latossolo com fertilidade construída em Jataí, GO.

A falta de resposta consistente aos diferentes tratamentos pode, também, estar atribuída à existência de elevada reserva de potássio no solo (Tabela 1). Brevilieri (2012), também, não encontrou respostas da soja ao aumento nas doses de fertilizantes potássicos aplicados em Latossolo argiloso cultivado no sistema plantio direto por 16 anos, em Dourados – MS. Esse fato foi atribuído à boa fertilidade já existente na área, uma vez que o teor de K no solo era de 75 mg dm⁻³.

Os dados relacionados com a produtividade da soja levam a evidências de que, na atual condição de fertilidade do solo na área estudada, seria possível aprimorar o manejo da adubação potássica, de forma a conciliar maior lucratividade e o uso mais eficiente de fertilizantes, uma vez que, não se observa significativas diferenças entre o tratamento que não recebeu K dos demais que receberam adubação potássica. Entretanto, a possibilidade de diminuir as doses ou até mesmo não aplicar K, deve estar atrelada ao monitoramento periódico com análises de solo, de modo a não haver comprometimento dos estoques disponíveis no sistema.

Outra constatação importante baseado em dados da Embrapa Tecnologias de produção de soja (2011), a demanda de K_2O é de aproximadamente 38 kg para cada tonelada de grãos produzidos. Considerando a produtividade média obtida nos tratamentos sem adição de K_2O de 3.313 kg ha^{-1} , a taxa de extração da cultura, atingiria $125 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$, deste, aproximadamente $70 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ seriam exportados das lavouras pelos grãos. A partir desses valores e não considerando perdas de nutrientes por condições adversas da área e clima, a liberação de K_2O da palhada do milho remanescente seria capaz de repor a quantidade de K_2O exportada pelos grãos de soja.

Esta constatação implica em maior oportunidade para o uso mais racional de fertilizantes potássicos em áreas sob cultivo em rotação ou sucessão, ou seja, o saldo de K_2O oriundo da palhada é preponderante para a tomada de decisão no manejo da adubação e redução dos custos de produção, além de minimizar os riscos ambientais com adubações superdimensionadas.

Contudo, apesar do solo apresentar adequada condição de fertilidade inicial e estoques favoráveis de K_2O na palhada do milho remanescente, verificou-se o saldo negativo de potássio no solo nas doses mais baixas (Figura 4). Ou seja, a saída de K do sistema foi superior à entrada através do fertilizante, principalmente para o tratamento sem adubação e para a dose de $40 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$. Portanto fica evidente que, apesar do tratamento sem adubação obter boas produtividades, os teores de K no solo decresceram em média 37,8% e 7,2% em apenas uma safra, para as respectivas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, permanecendo abaixo do nível crítico para a cultura da soja (SOUSA & LOBATO, 2004a).

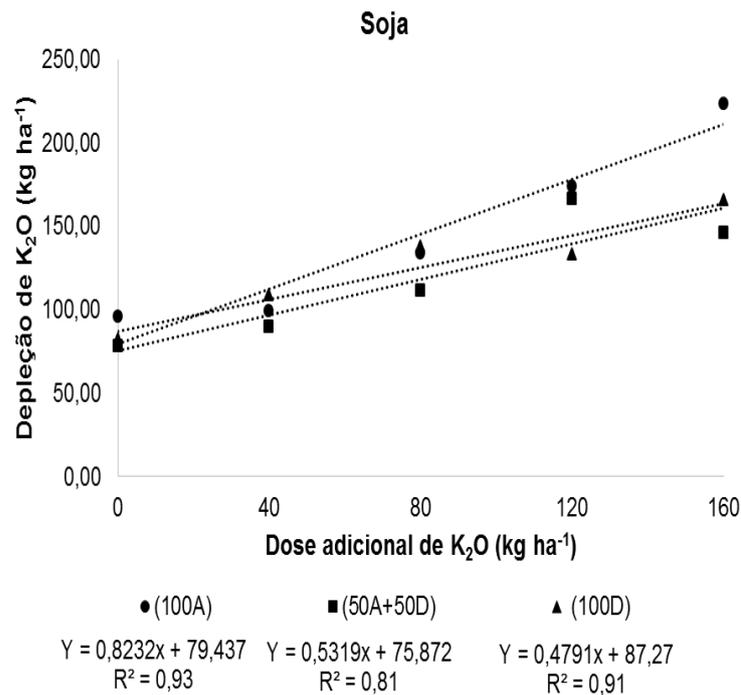


Figura 4. Valores médio de depleção de K₂O (kg ha⁻¹) após a colheita da soja em função das épocas de aplicação e doses de K₂O em Latossolo com fertilidade construída em Jataí, GO.

Analisando o comportamento da reta em detrimento aos tratamentos aplicados, nota-se que doses mais elevadas de fertilizantes implicaram em maiores taxas de depleção de potássio no solo e, conseqüentemente, menor eficiência de uso de nutrientes pela planta. É possível detectar que a adubação realizada na fazenda de 72 kg K₂O ha⁻¹, aplicados antes do plantio da soja, tendeu a fornecer potássio em dosagem abaixo do que é necessário para atender a demanda na safra avaliada. A quantidade mínima exigida pelo genótipo de soja cultivado é de 79,43; 75,87 e 87,27 kg K₂O ha⁻¹, para aplicação 100% antes do plantio, parcelada com metade da dose antes do plantio e a outra metade em cobertura e 100% da dose depois do plantio respectivamente (Figura 4).

Porém, é interessante ressaltar que os resultados permitem inferir que o uso de fertilizantes potássicos com o objetivo de aumentar a reserva do K no solo, independentemente da forma com que possa acumular, não se justifica plenamente, pois também há esgotamento dessas formas pela absorção de luxo pelas plantas, bem como elevadas perdas por lixiviação (ROSOLEM et al., 2006a; WERLE et al., 2008).

Fica evidente, então, que uma estratégia importante no dimensionamento da adubação potássica, é compreender que se está lidando com a adubação de um sistema de culturas e não de uma estação de cultivo de forma isolada. Em ambientes de produção considerados de alta fertilidade, a definição dos níveis críticos é dificultada pela falta de resposta, ou pela resposta de pouca intensidade das culturas à aplicação de fertilizantes. Outro fator complicador para o estabelecimento do nível crítico do nutriente nesses sistemas é o caráter oxidico dos Latossolos argilosos estudados, pois em função do elevado poder tampão de K, o fator capacidade de K é capaz de manter constante o teor de K disponível por certo período de tempo. Desse modo, há pouca variação dos teores de K disponíveis em curto prazo, quando se aduba ou não, em uma ou duas safras, como verificado no presente trabalho.

Conclusão

A soja é pouco responsiva a adubação potássica em solos de fertilidade construída no Cerrado. A palhada do milho remanescente restituiu ao sistema 100 kg ha⁻¹ de K₂O, até a data de plantio da soja. A ausência da adubação potássica em áreas de fertilidade construída sob sistema de rotação soja-milho contribuiu para redução dos teores de potássio no solo de aproximadamente 37,8% e 7,2%, respectivamente nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, permanecendo abaixo do nível crítico para a cultura da soja.

Referências

BATAGLIA, O. C.; MASCARENHAS, H. A. A. **Absorção de nutrientes pela soja**. Campinas, Instituto Agrônomo, 36 p, 1977. (Boletim Técnico,41).

BERTOL, I.; LEITE, D.; ZOLDAN JR, W. A.; Decomposição do resíduo de milho e variáveis relacionadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, 369-375 p, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 395 p, 2009.

BREVILIERI, R. C. **Adubação fosfatada na cultura da soja em Latossolo vermelho cultivado há 16 anos sob diferentes sistemas de manejo**. 43 p, 2012. Dissertação

(Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2012.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2013/14. **Companhia Nacional de Abastecimento**, Brasília, v. 1, n. 10, 1-85 p, 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_07_09_09_36_57_10_levantamento_de_graos_julho_2014.pdf>. Acesso em: 21 janeiro. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: Região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja - Sistemas de Produção, n.15, 261 p, 2011.

FANCELLI, A. L.; TSUMANUMA, G. M. **Nitrogênio e enxofre nas culturas de milho e feijão**. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Ed.). Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007. p. 445- 486. Trabalho apresentado no Simpósio sobre Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira, Piracicaba, 2006.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, 1039-1042 p, 2011.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados históricos da Estação JATAÍ - GO (OMM: 86752)**. 2014. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 26 outubro. 2014.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 319 p, 1997

RESENDE, A. V. de; COELHO, A. M.; SANTOS, F. C. dos; LACERDA, J. J. de J. **Fertilidade do solo e manejo da adubação NPK para alta produtividade de milho no Brasil Central**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2012. (Circular Técnica, 181).

ROSOLEM, C. A.; GARCIA, R. A.; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. Lixiviação de potássio no solo de acordo com suas doses aplicadas sobre palha de milheto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, 813-819 p, 2006a.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 353 p, 2013.

SILVA, C. S. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 627 p, 2009.

SOUSA, D. M. G. LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 283-315 p, 2004.

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