

Contribuição do potássio não trocável para a produtividade de soja e milho safrinha

TRIGOLO, A. L. M.¹; QUAREZEMIN, M. A. K.¹; GERMANO, M. G.²; CASTRO, C.³; OLIVEIRA JUNIOR, A.³

¹ Uel, Bolsista Pibic/CNPq, amandamantovanitrigolo@gmail.com; ² Analista A, Embrapa Soja, Laboratório de Análise de Solo e Tecido Vegetal; ³ Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

O potássio (K) é nutriente essencial para as culturas, por estar associado à tolerância a estresses bióticos e abióticos e à qualidade das sementes e grãos, o que o torna determinante à produtividade. Compõe cerca de 2,5 % da crosta terrestre, e nos solos é encontrado principalmente na estrutura cristalina de minerais silicatados (EPSTEIN; BLOOM, 2005).

Nas plantas, este nutriente está relacionado à fotossíntese e à respiração celular, sendo responsável também pela ativação de várias enzimas (NASCIMENTO; LAPIDO-LOUREIRO, 2004). O fornecimento adequado de K para a soja (*Glycine max L.*) é responsável pelo aumento da nodulação, do número de vagens por planta, da

porcentagem de vagens com grãos, do tamanho da semente e do teor de óleo da semente (MALAVOLTA, 1980).

O equilíbrio entre os teores e K trocável (KT) e K não trocável (KNT) no solo é regulado pelo poder tampão do potássio. À medida que as frações trocáveis e não trocáveis de K vão sendo exauridas e não repostas, a produtividade da cultura tende a diminuir, prejudicando o agricultor especialmente em épocas de elevação nos preços dos fertilizantes potássicos (HEJCMAN et al., 2013). A contribuição de frações de K de baixa disponibilidade, que aceleram sua dinâmica de liberação em solos com baixos teores de K trocável, está intimamente relacionada com a mineralogia do solo. Portanto, a quantificação destes teores ao longo do tempo pode melhorar a estimativa da real oferta de potássio que o solo apresenta (EDMEADES et al., 2014).

Na cultura da soja, para cada tonelada de grãos produzida, a demanda por K pela planta é de, aproximadamente, 38 kg de K_2O e, deste total, 20 kg de K_2O são exportados das lavouras via grãos. Dados de Oliveira Jr. et al., (2013) demonstraram uma variação de até 2.200 kg.ha⁻¹ em produtividade para valores de K trocável iguais a 0,1 cmolc.dm⁻³. Com base nos teores médios de K requeridos pelos grãos (16,6 kg de K para cada tonelada de grãos), o aumento da produtividade provavelmente deveu-se a uma fonte alternativa de K, não aferida por meio de extratores convencionais.

Nesse sentido, o presente trabalho teve por objetivo gerar informação para o aprimoramento do manejo de adubação do sistema soja-milho, por meio da análise da contribuição das frações de K não trocável.

Material e métodos

Seleção das amostras

Foram consideradas amostras de solo coletadas na camada de 0 a 20 cm, provenientes de três experimentos de adubação potássica, conduzidos em condições edafoclimáticas distintas. Os experimentos estão localizados em Rio Verde, GO (Latossolo Vermelho Amarelo, com

40 % de argila); Primeiro de Maio-PR (Latossolo Vermelho distroférico, com 80 % de argila) e em Londrina, PR, na Faz. Experimental da Embrapa Soja, (Latossolo Vermelho distroférico, com 78 % de argila). A Tabela 1 resume as características das amostras de solo utilizadas no presente trabalho. Foram selecionadas amostras contrastantes quanto às produtividades das culturas de forma que fosse possível verificar quais frações do K no solo estariam contribuindo para a obtenção dos melhores rendimentos.

Extração das amostras

Para a obtenção de K não trocável foi utilizado o HNO_3 fervente como extrator (HELMKE & SPARKS, 1996). Em *erlenmeyers* de 125 mL foram pesadas 2,5 g de cada amostra de solo, adicionadas de 25 mL de HNO_3 1 mol/L. O conjunto foi colocado em chapa aquecedora (marca Corning, modelo *Hot Plate*) por 15 minutos após o início da fervura. Em seguida, os *erlenmeyers* foram resfriados por aproximadamente 5 minutos. As amostras foram então filtradas em filtros de papel qualitativo nº50, em frascos volumétricos. Na sequência, o solo retido no papel de filtro foi lavado por quatro vezes consecutivas utilizando uma solução de HNO_3 0,1 mol/L, em alíquotas de 15 mL, com total passagem da alíquota entre uma filtragem e a seguinte. Por fim, o volume foi aferido para 100 mL.

O K disponível (K trocável, KT) foi obtido por extração com a solução Mehlich-1. O extrator Mehlich1, também chamado de solução duplo-ácida ou de Carolina do Norte, é constituída por uma mistura de HCl 0,05 mol/L + H_2SO_4 0,0125 mol/L e baseia-se na solubilização do analito pelo efeito de pH (entre 2 e 3) (SILVA et al., 1998). Foram transferidos 5 cm³ de cada amostra de solo para um copo plástico. Adicionou-se 50 mL da solução extratora Mehlich-1 e, em seguida, agitou-se por 10 minutos a 200 rpm. Após repouso de 16 horas, foi coletada uma alíquota de 8 mL do sobrenadante para leitura direta.

Determinação analítica

Para o K extraído com HNO_3 1 mol/L, foi preparada uma curva analítica com concentrações de 0, 5,0 e 10,0 ppm de K a partir de uma solução

estoque de 1000 ppm, utilizando-se uma matriz de HNO_3 a 0,33M. A quantificação do K foi realizada diretamente em fotômetro de chama (marca Digimed, modelo DM-62). Na fotometria de chama, a amostra contendo cátions metálicos é inserida em uma chama e analisada pela radiação emitida pelas espécies atômicas ou iônicas excitadas, em comprimentos de onda característicos para cada elemento químico (DEAN, 1960). O teor de KNT nas amostras foi obtida pela seguinte fórmula:

$$\text{K mg L}^{-1} \times 0,1\text{L} \times (2,5\text{g solo})^{-1} \times 1000\text{g Kg}^{-1} = \text{KNT mg/kg no}$$

Para o KT (Mehlich-1) a curva analítica foi preparada nas concentrações de 0, 20,0 e 100,0 mg/L de K a partir de uma solução estoque de 1000 mg/L e a leitura foi igualmente realizada em fotômetro de chama.

O KNT foi determinado pela diferença entre o K extraído com HNO_3 1 mol/L e o KT, obtido com o Mehlich-1, ambos expressos em mg kg^{-1} .

Resultados e discussão

No experimento de Rio Verde, GO, não foi verificado contribuição do K não trocável (KNT) para a produtividade da soja (Figura 1), sendo os teores de KNT praticamente desprezíveis quando se considera a nutrição da soja. Portanto, as variações positivas ou negativas na produtividade da soja foram provenientes dos teores trocáveis de K. Esses resultados demonstram a necessidade de se avaliar as características mineralógicas do solo para melhor prever sobre a contribuição do KNT como reserva de fornecimento de K para as plantas.

Em Londrina, foram selecionadas amostras de quatro tratamentos (controle, 40; 80 e 200 kg/ha de K_2O) e que estão a seis safras sob efeito residual (desde 2008). Dessa forma, diferentemente do experimento de Rio Verde, foi possível correlacionar a produtividade da soja e do milho com os teores de KT e KNT no solo (Figura 2). Assim, não verificou-se teores de KNT nos tratamentos sem aplicação ou sob residual da menor dose de K (40 kg/ha K_2O) e, conseqüentemente,

as produtividades das culturas foi menor do que nos tratamentos onde foi possível determinar o KNT. Importante ressaltar que para a mesma faixa de KT (em torno de 45 mg/kg), o tratamento onde se detectou o KNT resultou em produtividades de milho e de soja muito próximas às verificadas na condição em que o KT é adequado para ambas as culturas (dose 200, com 130 e 54 mg/kg de KT e KNT, respectivamente). Isto evidencia a importância da fração não trocável, quando existente, para manutenção temporária do suprimento de K para as plantas em solos que possuem baixos teores trocáveis de potássio.

No experimento de Primeiro de Maio também foi possível determinar os teores de KNT, indicando que essa fração ocorre no solo predominante naquela região (Tabela 1). O experimento foi instalado em abril de 2014 com objetivo de avaliar a resposta à aplicação de doses de K em uma área cuja a disponibilidade de K era muito baixa, tanto que o teor médio nas parcelas sem aplicação de K foi de 44 mg/kg (aproximadamente 0,11 cmol_c/dm³). Os teores de KT não aumentaram de forma linear com as doses de K. Isso pode ser explicado pelo alto acúmulo de K na palhada do milho, fazendo com que os teores no solo permanecem na mesma magnitude das parcelas sem aplicação de K, uma vez que, a amostragem de solo foi realizada imediatamente após a colheita do milho, não havendo tempo hábil para liberação do K proveniente da decomposição da palhada. Apesar de terem sido detectados com a extração com HNO₃ os teores de KNT não se correlacionaram com a produtividade do milho ($r = 0,02$ ns), indicando ainda a necessidade de entender a dinâmica e a contribuição dessa fração para o fornecimento de K. Este fato pode ser melhor visualizado a partir do cálculo da contribuição percentual das frações de K para a produtividade do milho (Figura 3), uma vez que, na grande maioria das condições, o KT foi a forma determinante para a obtenção das produtividades de milho.

Conclusão

A contribuição do KNT na nutrição das culturas da soja e do milho varia com o tipo de solo. Quando detectado, o KNT pode manter a

obtenção de produtividades superiores à média nacional de soja e milho safrinha, mesmo em condições restritas de disponibilidade de KT. Contudo, como essa fração atua como uma “reserva” de K no solo, a sua utilização não deveria ser realizada, uma vez que, as maiores produtividades só ocorrem quando se tem um adequado suprimento de KT.

Referências

DEAN, J. A. **Flame photometry**. New York: McGraw-Hill, 1960. 354p.

EDMEADES, D. C.; MORTON, J. D.; WALLER, J. E.; METHERELL, A. K.; ROBERTS, A. H. C.; CAREY, P. The diagnosis and correction of potassium deficiency in New Zealand pastoral soils: a review. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 53, p. 151-173, 2014.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2. ed. Sunderland: Sinauer, 2005. 400p.

HEJCMAN, M.; BERKOVÁ, M.; KUNZOVÁ, E. Effect of long-term fertilizer application on yield and concentrations of elements (N, P, K, Ca, Mg, As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) in grain of spring barley. **Plant, Soil and Environment**, v. 59, p. 329-334, 2013.

HELMKE, P. A.; SPARKS, D. L. Lithium, sodium, potassium, cesium, and rubidium. In: SPARKS, D. L.; PAGE, A. L.; HELMKE, P. A.; LOEPPERT, R. H.; SOLTANPOUR, P. N.; TABATABAI, M. A.; JOHNSTON, C. T.; SUMNER, M. E. (Ed.). **Methods of soil analysis: part 3: chemical methods and processes**. Madison: Soil Science Society of America: American Society of Agronomy, 1996. 1390 p. p. 551-574. (Soil Science Society of America Book Series, 5).

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

NASCIMENTO, M.; LAPIDO-LOUREIRO, F. E. **Fertilizantes e sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira, fontes e rotas alternativas.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004. 66p. (Série Estudos e Documentos, 61). Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/publicacao/series_sed/sed-61.pdf>. Acesso em 10 jun. 2015.

OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de; JORDÃO, L. T. Adubação potássica da soja: cuidados no balanço de nutrientes. **Informações Agrônomicas**, n. 143, p. 1, 3-10, set. 2013.

SILVA, F. C. da; EIRA, P. A. da; BARRETO, W. de O.; PEREZ, D. V.; SILVA, C. A. **Manual de métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo.** Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1998. 56 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 3).

Tabela 1. Dados referentes às amostras de solo utilizadas no presente trabalho

Experimento	Local	Safra	Nº Amostras	Cultura
Calcáreo vs Potássio	Rio Verde-GO	2012/2013	12	Soja
Doses de Potássio	1º de maio-PR	2013/2014	14	Soja/Milho
KCl	Londrina-PR	2013/2014	8	Milho

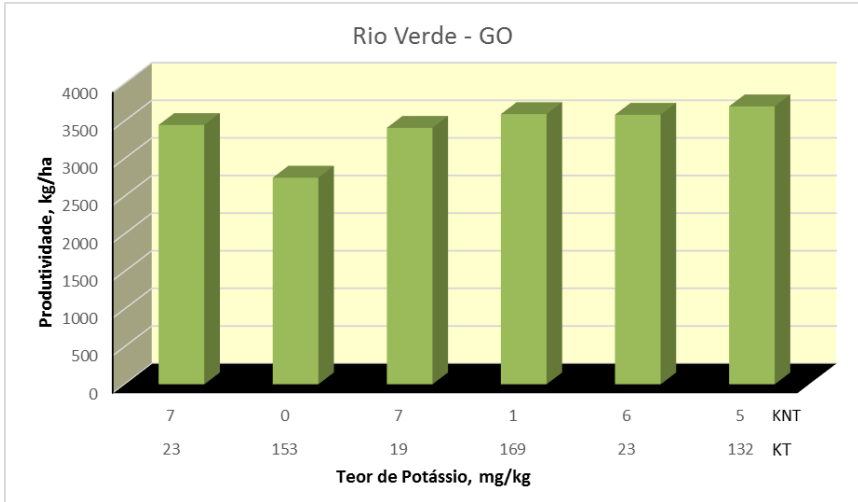


Figura 1. Produtividade de soja em função dos respectivos teores de potássio trocável (KT) e não-trocável (KNT). Rio Verde, GO. Safra 2012/2013

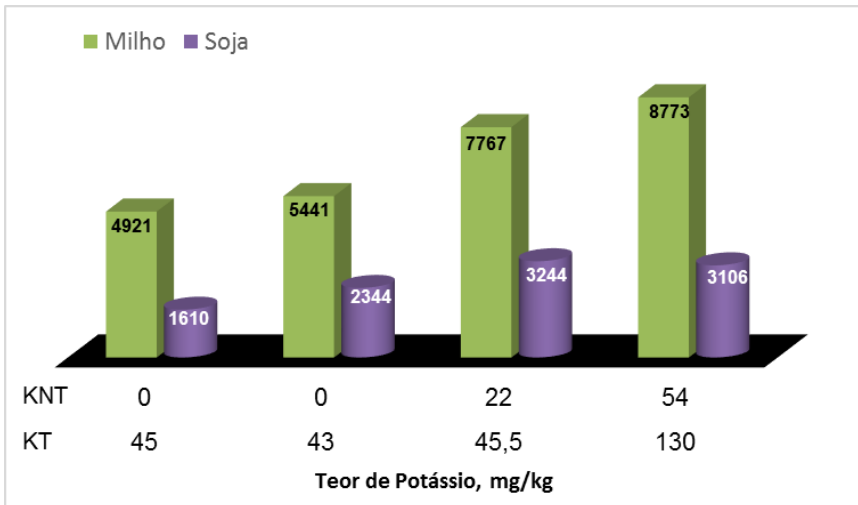


Figura 2. Produtividade de milho e de soja em função dos respectivos teores de potássio trocável (KT) e não-trocável (KNT). Londrina, PR. Safra 2012/2013.

Tabela 1. Teores de potássio trocável (KT) e não-trocável (KNT) nas amostras de solo coletadas no experimento com doses de K em Primeiro de Maio e os respectivos valores de produtividade de milho

Dose de K aplicada kg/ha K ₂ O	Teor de Potássio		Produtividade de Milho kg/ha
	Trocável (KT)	Não-trocável (KNT)	
	----- mgkg ⁻¹ -----		
0	35	27	4303
0	15	50	4795
0	77	84	5477
0	56	29	5702
0	36	61	6247
50	49	24	3764
50	54	38	8276
100	19	63	3604
200	58	33	5859
200	56	43	6009
200	37	29	6127
200	48	70	6578
200	98	43	6607
200	49	43	7656

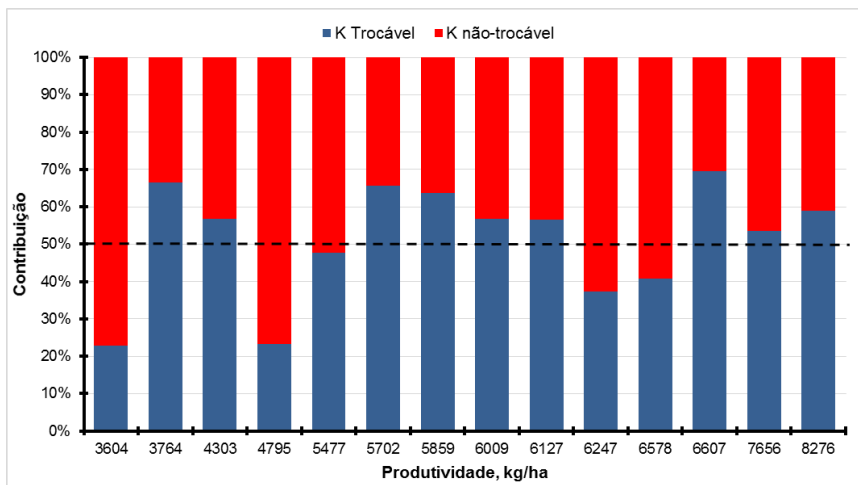


Figura 3. Contribuição percentual dos teores de potássio trocável (KT) e não-trocável (KNT) na produtividade de milho. Primeiro de Maio, PR. Safra 2012/2013