

EXPORTAÇÃO DE MACRONUTRIENTES PELA CULTURA DO MILHO FERTIRRIGADO COM VINHAÇA

Leonardo Rodrigues Dantas¹, Fernando Rodrigues Cabral Filho², Daniely Karen Matias Alves³, Frederico Antonio Loureiro Soares⁴, Edson Cabral da Silva⁵, Wendson Soares da Silva Cavalcante⁶

RESUMO: O acúmulo de macronutrientes nos grãos de milho é de grande importância para análise do estado nutricional desta cultura, bem como, para garantir a qualidade deste grão no momento da sua utilização na indústria. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito comparativo entre a adubação potássica mineral com cloreto de potássio e a orgânica com vinhaça concentrada de cana-de-açúcar no acúmulo e exportação de macronutrientes nos grãos de milho. O experimento foi conduzido na estação experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 x 4, com três blocos. Os tratamentos consistiram em duas fontes de potássio (vinhaça concentrada e cloreto de potássio) e quatro doses de potássio referentes a 0, 50, 100 e 200% da recomendação para a cultura do milho. Foi avaliado o acúmulo e a exportação de macronutrientes pelos grãos de milho no momento da colheita. Não há efeito da fonte de potássio utilizada na fertirrigação do milho, vinhaça ou cloreto de potássio, na exportação de macronutrientes para os grãos, exceto para o potássio.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L., análise nutricional, cloreto de potássio

EXPORT OF MACRONUTRIENTS BY CULTURE OF FERTIRRIGATED CORN WITH VINASSE

ABSTRACT: The accumulation of macronutrients in maize grains is of great importance for analyzing the nutritional status of this crop, as well as to guarantee the quality of this grain at the time of its use in the industry. The objective of this work was to evaluate the comparative

¹ Estudante de Agronomia, IF Goiano – Campus Rio Verde, CEP 75901-970, Rio Verde, GO. Fone (64) 36205600. e-mail: carloshenriquefreitas1307@gmail.com.

² Estudante de Doutorado em Ciências Agrárias – Agronomia, IF Goiano, Rio Verde, GO.

³ Estudante de Doutorado em Ciências Agrárias – Agronomia, IF Goiano, Rio Verde, GO.

⁴ Prof. Doutor, Depto de Hidráulica e Irrigação, IF Goiano, Rio Verde, GO.

⁵ Pesquisador (Pós-doutorado), IF Goiano, Rio Verde, GO.

⁶ Estudante de Agronomia, UniBRAS, Rio Verde, GO.

effect between the mineral potassium fertilization with potassium chloride and the organic one with concentrated sugarcane vinasse in the accumulation and export of macronutrients in the corn grains. The experiment was carried out at the experimental station of the Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. The experimental design used was in randomized blocks, analyzed in a 2 x 4 factorial scheme, with three blocks. The treatments consisted of two potassium sources (concentrated vinasse and potassium chloride) and four potassium doses referring to 0, 50, 100 and 200% of the recommendation for the cultivation of corn. The accumulation and exportation of macronutrients by corn kernels at harvest was evaluated. There is no effect of the potassium source used in the fertigation of corn, vinasse or potassium chloride, in the export of macronutrients to the grains, except for potassium.

KEYWORDS: *Zea mays L.*, nutritional analysis, potassium chloride

INTRODUÇÃO

Dentre os coprodutos oriundos do processamento da cana-de-açúcar, a vinhaça merece destaque, sendo que para cada litro produzido são gerados 10 a 15 litros de vinhaça (CABRAL FILHO et al., 2018). Atualmente, a vinhaça é utilizada em larga escala na fertirrigação das lavouras de cana-de-açúcar, tendo-se como benefícios sua composição química de nutrientes e matéria orgânica, principalmente o potássio que corresponde cerca de 20% do total de compostos orgânicos e minerais (MARQUES, 2006).

Estudos com o K têm despertado interesses, visto que 95% desse elemento consumido no Brasil são importados. O cloreto de potássio (KCl) tem se destacado como principal produto de importação no Brasil, a única fonte produtora de fertilizantes potássicos está sendo explorado pela Companhia Vale do Rio Doce, localizada em Sergipe (CARDOSO, 2016). O potássio é o segundo nutriente requerido em maiores quantidades pela cultura do milho, sendo que 30% são exportados nos grãos. O nutriente influencia no aumento da massa individual de grãos e no número de grãos por espiga (VALDERRAMA et al., 2011).

Com base exposto acima, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito comparativo entre a adubação potássica mineral com cloreto de potássio e a orgânica com vinhaça concentrada de cana-de-açúcar no acúmulo e exportação de macronutrientes nos grãos de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos plásticos, dispostos a céu aberto, no período de novembro de 2018 a fevereiro de 2019 (Milho safra), na estação experimental do Instituto Federal Goiano – *Campus* Rio Verde – GO. As coordenadas geográficas do local de instalação são 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen & Geiger (1928), como Aw (tropical), com chuva nos meses de outubro a maio, e com seca nos meses de junho a setembro. A temperatura média anual varia de 20 a 35°C e as precipitações variam de 1.500 a 1.800 mm anuais e o relevo é suave ondulado (6% de declividade).

Os vasos foram preenchidos com um solo coletado numa camada de 0,0-0,30 m de profundidade em uma área de Cerrado nativo pertencente ao IF Goiano – *Campus* Rio Verde, classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), fase Cerrado, de textura argilosa (SANTOS et al., 2018), cujas características físico-químicas desse solo se encontram na Tabela 1, analisadas conforme metodologias descritas por Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Características físico-químicas do Latossolo Vermelho distroférico utilizado para o preenchimento dos vasos, na camada de 0,00–0,30 m de profundidade.

Prof. (m)	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	H+Al	K	K	S	P	CaCl ₂
	cmol _c dm ⁻³					mg dm ⁻³				
0,0-0,3	4,3	1,2	5,5	0,00	2,5	0,17	67	9,9	55,3	5,6
Prof. (m)	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B	CTC ^a	SB ^b	V% ^c	m% ^d
	Micronutrientes (mg dm ⁻³)						cmol _c dm ⁻³		Sat. Bases	Sat. Al
0,0-0,3	0,0	19,9	9,3	2,95	1,65	0,06	8,2	5,7	69,1	0,00
Prof. (m)	Textura (g kg ⁻¹)			M.O. ^e	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC
	Argila	Silte	Areia	g dm ⁻³	Relação entre bases					
0,0-0,3	502	49	449	27,6	3,6	25,3	7,1	0,5	0,2	0,02

P (Fósforo) = Mehlich 1, K (Potássio), Na (Sódio), Cu (Cobre), Fe (Ferro), Mn (Manganês) e Zn (Zinco) = Mehlich 1; Ca (Cálcio), Mg (magnésio), e Al (Alumínio) = KCl 1 mol.L⁻¹; S (Enxofre) = Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol.L⁻¹; M.O. = Método colorimétrico; B (Boro) = água quente.

^aCapacidade de troca catiônica; ^bsoma de bases; ^csaturação de bases; ^dsaturação de alumínio; ^eMatéria orgânica.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 x 4, com três blocos. Os tratamentos consistiram em duas fontes de potássio (vinhaça concentrada e cloreto de potássio) e quatro doses de potássio referentes a 0, 50, 100 e 200% da recomendação para a cultura do milho (expectativa de rendimento de 12 t ha⁻¹) na região de Cerrado (SOUSA & LOBATO, 2004), totalizando 24 parcelas experimentais, sendo que, cada parcela foi constituída por cinco vasos com duas plantas, totalizando 120 unidades experimentais. O critério para o cálculo da dose por vaso foi o de número de plantas, em que, considerou-se a população de 75.000 plantas por hectare.

Para a determinação do acúmulo de macronutrientes nos grãos, no momento da colheita (114 DAS), as amostras com grãos foram acondicionadas em sacos de papel previamente identificados com os tratamentos e levadas a estufa de ventilação forçada de ar a 65°C por 72

horas, e em seguida, as amostras foram trituradas em moinho tipo Wiley, numa peneira de 10 mesh. Acondicionadas em recipientes heméticos de acrílicos e levadas ao laboratório de análises químicas, para determinação dos teores (g kg^{-1}) dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), segundo metodologia descrita em Malavolta et al. (1997). Com a massa de grãos, foi possível quantificar o acúmulo e exportação dos macronutrientes.

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade e, em casos de significância, foi realizada a análise de regressão polinomial linear e quadrática para os níveis doses (D). Para o fator fontes (F), as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o acúmulo dos macronutrientes nos grãos de milho, ocorreu efeito significativo isolado das doses, para o acúmulo de N, fósforo (P), Ca e S, em que, todos se adequaram a equações polinomiais de segundo grau crescentes (Figura 1). As doses estimadas de 107,85, 132,5, 106,25 e 112,5% obtiveram os maiores valores estimados de N, P, Ca e S, iguais a 2,42, 0,81, 0,28 e 0,15 g planta^{-1} , sendo, 34, 44, 32 e 34% superiores aos estimados no tratamento sem aplicação (0%), respectivamente (Figura 1).

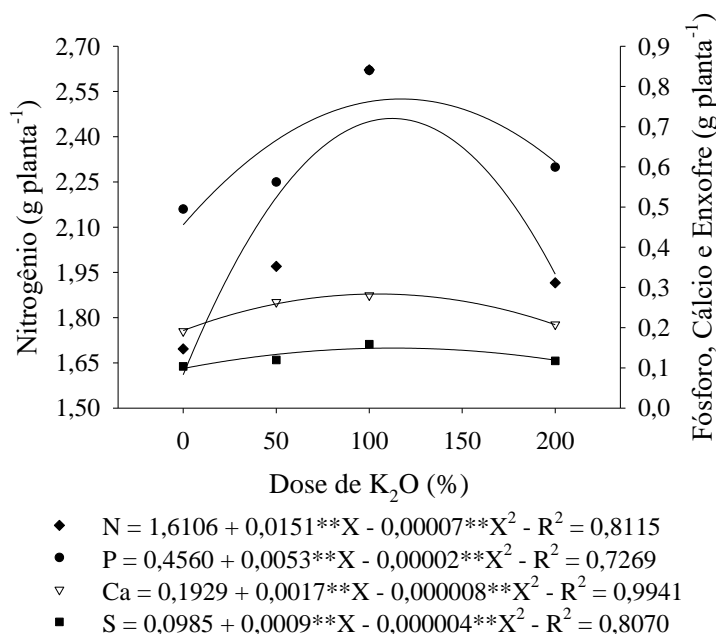


Figura 1. Acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca) e enxofre (S) nos grãos de milho em função das doses de potássio, Rio Verde, Goiás, safra 2018/2019.

Estes acúmulos correspondem a exportações pelos grãos de milho de: 181,5 kg ha⁻¹ de N; 60,75 kg ha⁻¹ de P; 21 kg ha⁻¹ de Ca e 11,25 kg ha⁻¹ de S. Na Figura 2A observa-se o acúmulo K nos grãos em função das doses para cada fonte utilizada. Para a vinhaça concentrada (VC) estimou aumentos de 0,055 g planta⁻¹ no acúmulo de K para cada aumento de 50% na dose, em que o maior valor foi constatado na dose de 200%, igual a 1,28 g planta⁻¹ (96 kg ha⁻¹). Para a fonte cloreto de potássio (KCl) a dose 106% apresentou o maior acúmulo, estimado em 2,01 g planta⁻¹ (150,75 kg ha⁻¹). Ocorreu diferença entre as fontes apenas nas doses de 50% e 100% (Figura 2B), sendo a fonte KCl apresentando acúmulo 25 e 45% maior que a fonte VC.

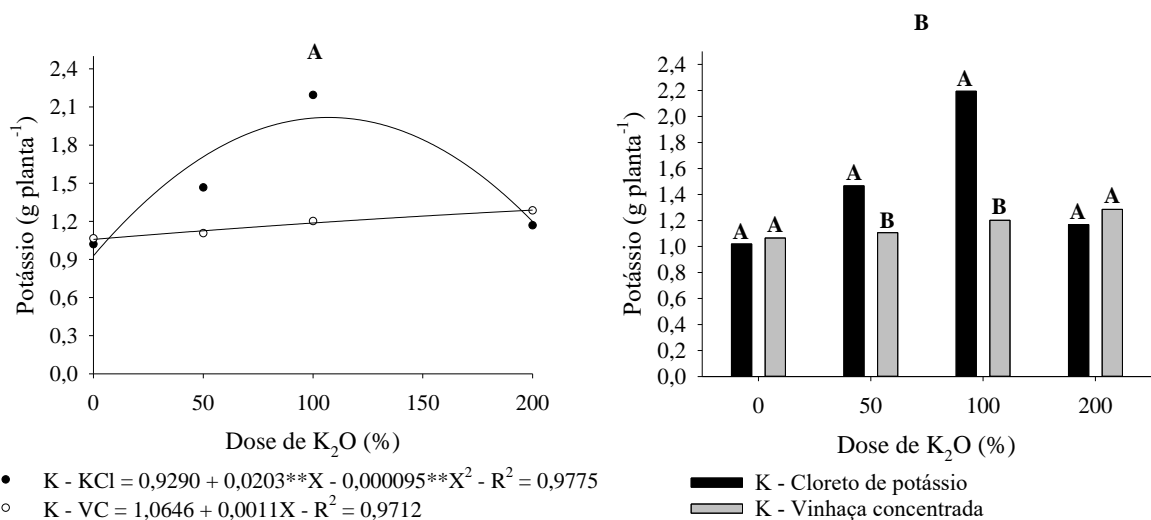


Figura 2. Desdobramento da interação doses x fontes de potássio (cloreto de potássio – KCl e vinhaça concentrada – VC) para o acúmulo de potássio (K) nos grãos de milho, Rio Verde, Goiás, safra 2018/2019.

Silva (2016) relatou que cerca de 50% do N total acumulado foi exportado para os grãos, valor este abaixo dos relatados em diversas literaturas. Segundo Bull (1993) o magnésio é o quarto nutriente mais absorvido pela planta de milho e sua exportação (parcela do extraído pela planta que é acumulado nos grãos) é inferior ao fósforo e nitrogênio, corroborando com os resultados encontrados neste estudo.

CONCLUSÕES

Não há efeito da fonte de potássio utilizada na fertirrigação do milho, vinhaça ou cloreto de potássio, na exportação de macronutrientes para os grãos, exceto para o potássio. Doses de potássio entre 100 e 130% da recomendação são as que promove maior acúmulo e exportação de macronutrientes nos grãos de milho, independente da fonte utilizada, cloreto de potássio ou vinhaça concentrada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e ao Instituto Federal Goiano (IF Goiano) pelo auxílio financeiro ao presente projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFÓS, 1993.

CABRAL FILHO, F. R.; VIEIRA, G. da S.; SILVA, N. F. da; CUNHA, E. S.; SANTOS, L. N. S. dos; RODRIGUES, C. R.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L. Sugarcane Vinasse Cations Dynamics in Cerrado Soils, Brazil. **Sugar Tech**, v. 21, p. 38-46, 2018.

CARDOSO, S. S. **Crescimentos sucessivos de capim-marandu em diferentes solos submetidos à fertilização potássica**. 2016. 46 f. Tese (doutorado) apresentada a Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. UNESP, Campus de Jaboticabal. Jaboticabal, 2016.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARQUES, M. O. Aspectos técnicos e legais da produção, transporte e aplicação de vinhaça. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Editorial 2006. p.369-375.

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; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 5 ed. ver. amp., 2018.

SILVA, C. G. M. **Absorção e exportação de macronutrientes em milho transgênico sob dois níveis de investimento em adubação.** Dissertação de mestrado: Mestrado em Ciências Agrárias, Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas. 52p., 2016.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo.** 3ª edição revista e ampliada. Embrapa, Brasília, DF, 574 p., 2017.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S; BENET, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.