

EXTRAÇÃO TOTAL DE MACRONUTRIENTES PELA CULTURA DO MILHO FERTIRRIGADO COM POTÁSSIO

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 total na planta de milho é de grande importância para análise do estado nutricional, particionamento destes nutrientes na planta e requerimento total. 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 extração total de macronutrientes pela planta 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 quantificado o acúmulo e a extração total de macronutrientes pela cultura do milho no momento da colheita. A dose de 100% (95 kg ha⁻¹ de K₂O) da recomendação de potássio aplicado via cloreto de potássio ou vinhaça concentrada é a que proporciona o melhor balanço nutricional de macronutrientes no milho.

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

TOTAL EXTRACTION OF MACRONUTRIENTS BY CROP OF CORN FERTIRRIGATED WITH POTASSIUM

ABSTRACT: The accumulation of total macronutrients in the corn plant is of great importance for the analysis of the nutritional status, partitioning of these nutrients in the plant and total requirement. The objective of this work was to evaluate the comparative effect

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.

between the mineral potassium fertilization with potassium chloride and the organic one with concentrated sugarcane vinasse in the accumulation and total extraction of macronutrients by the corn plant. 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 total extraction of macronutrients by the corn crop at the time of harvest was quantified. The 100% dose (95 kg ha⁻¹ of K₂O) of the potassium recommendation applied via potassium chloride or concentrated vinasse is the one that provides the best nutritional balance of macronutrients in corn.

KEYWORDS: *Zea mays* L., vinasse, potassium chloride

INTRODUÇÃO

Dentre as vantagens de utilização da vinhaça, destaca-se o fornecimento de potássio, que corresponde cerca de 20% do total de compostos orgânicos e minerais, além de nitrogênio, cálcio, magnésio e fósforo em menores concentrações (SEIXAS et al., 2016), o que contribui para minimizar o uso de água com melhor qualidade na agricultura (irrigação). A deposição de vinhaça sobre o solo pode promover a melhoria de sua fertilidade. Porém, quando usada para este fim, as quantidades não devem ultrapassar sua capacidade de retenção de íons.

Dessa forma, devem-se mensurar as dosagens de acordo com as características intrínsecas de cada solo, uma vez que este possui quantidades desbalanceadas de elementos minerais e orgânicos, podendo ocorrer lixiviação de vários desses íons, principalmente do íon nitrato e íon potássio (SILVA et. al., 2007). Uma das formas de avaliar isto é através do consumo e extração de macronutrientes pela planta, podendo avaliar o balanço nutricional destes na planta e seu consumo total.

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 extração total de macronutrientes pela planta 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) = Melich 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 total de macronutrientes na planta, no momento da colheita (114 DAS), as amostras 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) e magnésio (Mg), segundo metodologia descrita em Malavolta et al. (1997). Com a matéria seca total da planta, foi possível quantificar o acúmulo e extração total 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 total de N na planta de milho, ocorreu efeito isolado significativo das doses, em que os valores se adequaram a equação polinomial de segundo grau. A dose estimada de 106% apresentou o maior valor de N, igual a $3,02 \text{ g planta}^{-1}$, sendo, 23,75, 6,61, 0,07 e 18,82% superior aos estimados nas doses de 0, 50, 100 e 200% (Figura 1), respectivamente. Este valor, corresponde a extração de N pelo milho igual a $226,5 \text{ kg ha}^{-1}$.

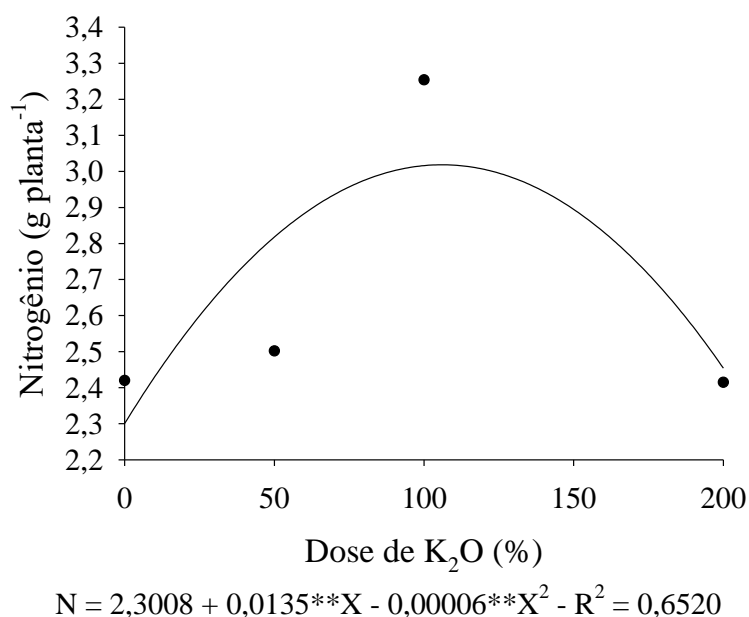


Figura 1. Acúmulo total de nitrogênio (N) na planta de milho em função das doses de potássio, Rio Verde, Goiás, safra 2018/2019.

Para a vinhaça concentrada (VC) estimou aumentos de 0,05 g planta⁻¹ no P para cada aumento de 50% na dose, em que o maior valor foi constatado na dose de 200%, igual a 0,71 g planta⁻¹ (53,25 kg ha⁻¹). Para a fonte cloreto de potássio (KCl) a dose 95% apresentou o maior acúmulo total de P, estimado em 0,95 g planta⁻¹ (71,25 kg ha⁻¹). Ocorreu diferença entre as fontes apenas na dose de 100% (Figura 2B), sendo a fonte KCl apresentando acúmulo de P 43% maior que a fonte VC.

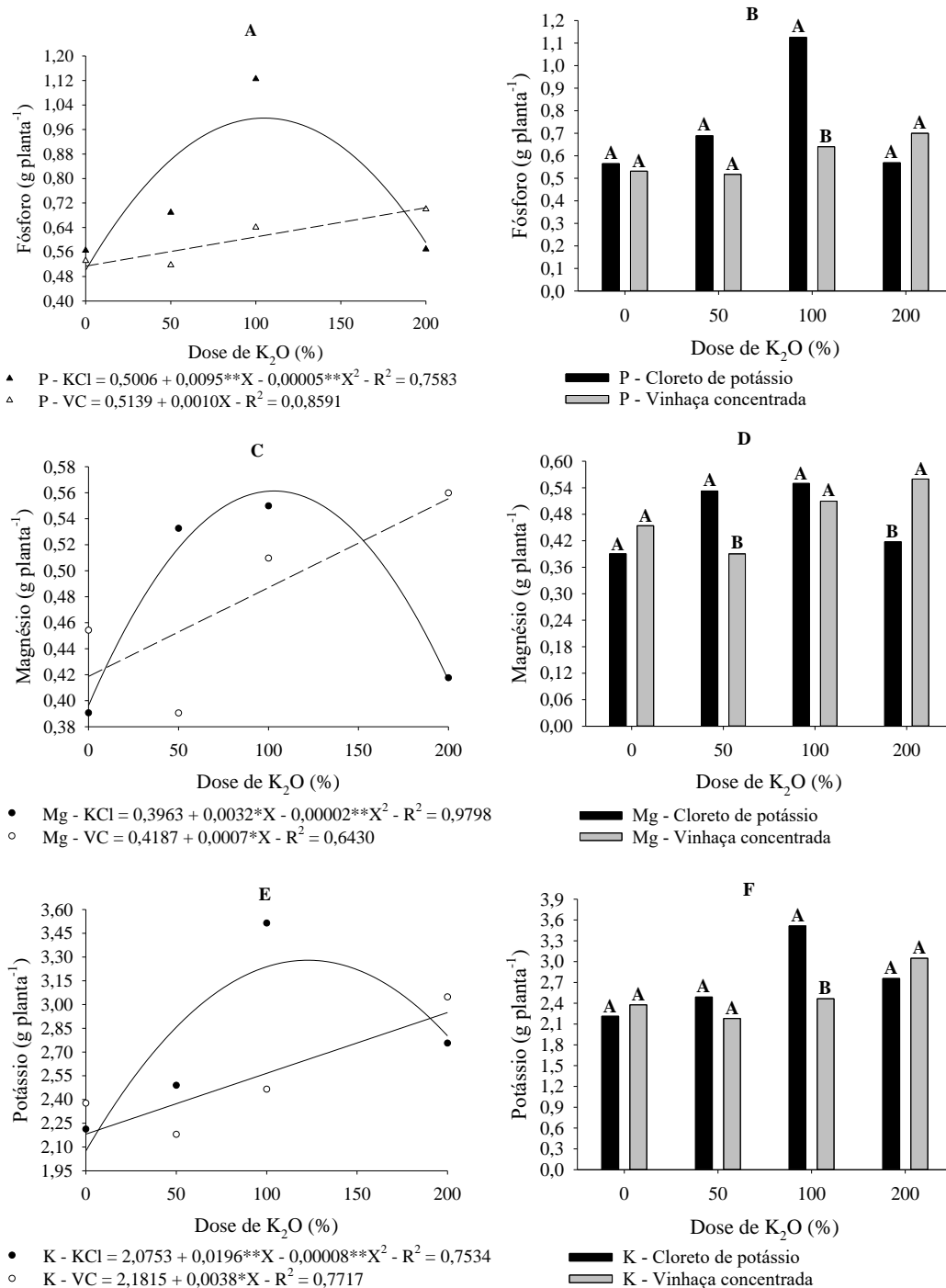


Figura 2. Desdobramento da interação doses x fontes de potássio (cloreto de potássio – KCl e vinhaça concentrada – VC) para o acúmulo total de fósforo (P) (A e B), magnésio (Mg) (C e D) e potássio (K) (E e F) na planta de milho, Rio Verde, Goiás, safra 2018/2019.

Com relação ao acúmulo total de Mg, quando utilizada a fonte VC, estimou-se aumentos de $0,035 \text{ g planta}^{-1}$ no Mg total para cada aumento de 50% na dose, em que o maior valor foi constatado na dose de 200%, igual a $0,56 \text{ g planta}^{-1}$ (42 kg ha^{-1}), sendo, 25,06% superior ao estimado na dose de 0%. Para a fonte KCl, a dose 100,03% apresentou o maior Mg total, estimado em $0,56 \text{ g planta}^{-1}$ (42 kg ha^{-1}) (Figura 2C). Ocorreu diferença entre as fontes apenas nas doses de 50 e 200% (Figura 2D), sendo, a fonte KCl apresentou Mg total 27% maior que a fonte VC na dose de 50% e, a fonte VC apresentou Mg total na dose de 200%, 25% superior quando se utilizado o KCl.

Prado et al. (2004), afirmam que as maiores doses de potássio aplicadas implicaram no decréscimo de Ca e Mg acumulados na planta, como foi observado neste estudo. O inverso desta relação é mostrado por Medeiros et al. (2008), em que revela que o aumento de Ca e Mg no solo implica na diminuição de absorção do potássio. Segundo Silva et al. (2016) este fato acontece pela presença da série liotrópica, em que, o Mg é mais retido que o K nos colóides do solo, tornando-o menos disponível as plantas.

O acúmulo total de K na planta de milho em função das doses para cada fonte utilizada encontra-se na Figura 2. Para a VC estimou aumentos de $0,19 \text{ g planta}^{-1}$ no K total para cada aumento de 50% na dose, em que o maior valor foi constatado na dose de 200%, igual a $2,94 \text{ g planta}^{-1}$ ($220,5 \text{ kg ha}^{-1}$), sendo, 25,83, 19,37 e 12,92% superior ao estimado nas doses de 0, 50 e 100%, respectivamente. Para a fonte KCl a dose 122,5% apresentou o maior K total, estimado em $3,28 \text{ g planta}^{-1}$ (246 kg ha^{-1}) (Figura 2E).

Ocorreu diferença entre as fontes apenas na dose de 100% (Figura 2F), sendo, a fonte KCl apresentou K total 29,85% maior que a fonte VC, com valores iguais a $3,51 \text{ g planta}^{-1}$ ($263,25 \text{ kg ha}^{-1}$) e $2,46 \text{ g planta}^{-1}$ ($184,5 \text{ kg ha}^{-1}$), respectivamente. Menezes et al. (2018) observaram extrações de N, P e K no milho, com e sem aplicação de dejetos suíno, na ordem de 117, 56 e 257 kg ha^{-1} , respectivamente. Corroborando com os resultados encontrados neste estudo. Doses acima de 125% para a fonte KCl, reduziram o acúmulo total de P, Mg e K.

CONCLUSÕES

Não há influência das doses e fontes de potássio utilizadas neste estudo com relação ao acúmulo total de cálcio no tecido vegetal do milho. A dose de 100% (95 kg ha^{-1} de K_2O) da recomendação de potássio aplicado via cloreto de potássio ou vinhaça concentrada é a que proporciona o melhor balanço nutricional de macronutrientes no milho. A escala de absorção

e acúmulo de macronutrientes pelo milho seguiu a seguinte ordem decrescente: N>K>Ca>P>Mg>S.

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

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MEDEIROS, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; ROSA, J. D.; GATIBONI, L. C. Relação cálcio:magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Áplico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 04, p. 799-806, 2008.
- MENEZES, J. F. S.; BERTI, M. P. S.; VIEIRA JÚNIOR, V. D.; RIBEIRO, R. L.; BERTI, C. L. F. Extração e exportação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo milho adubado com dejetos de suínos. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 3, p.55-59, 2018.
- PRADO, R. de M.; BRAGHIROLI, L. F.; NATALE, W.; CORRÊA, M. C. de M.; ALMEIDA, E. V. de Aplicação de potássio no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 02, p. 295-299, 2004.
- 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.

SEIXAS, F. L.; GIMENES, M. L.; FERNANDES-MACHADO, N. R. C. Tratamento da vinhaça por adsorção em carvão de bagaço de cana-de-açúcar. **Química Nova**, v. 39, n. 2, p. 172-179, 2016.

SILVA, A. D.; MENEZES, C. C. E.; MENEZES, J. F. S.; NASCIMENTO, W. P. Fontes e doses de magnésio na cultura do milho. **Gl. Sci Technol**, v. 9, n. 3, p. 20-30, 2016.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 108-114, 2007.

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.