

PARTICIONAMENTO DE MACRONUTRIENTES NO MILHO FERTIRRIGADO COM DOSES E FONTES DE 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: A quantificação da distribuição dos nutrientes entre a palhada e os grãos de milho é de grande importância para os estudos da qualidade dos grãos e retorno de nutrientes ao solo e, o manejo nutricional é um dos fatores que influencia neste balanço. 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 particionamento dos macronutrientes na 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 a porcentagem de macronutrientes acumulados na palhada e nos grãos de milho em função do total extraído pela planta. Independente da fonte e dose de potássio utilizada, mais de 50% do nitrogênio, fósforo e magnésio extraído pela planta de milho ficou acumulado nos grãos.

PALAVRAS-CHAVE: Vinhaça, palhada, grãos

MACRONUTRIENT PARTITIONING IN FERTIRRIGATED CORN WITH DOSES AND SOURCES OF POTASSIUM

ABSTRACT: The quantification of the distribution of nutrients between the straw and the corn kernels is of great importance for the studies of the quality of the grains and return of

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.

nutrients to the soil, and the nutritional management is one of the factors that influences this balance. The objective of this work was to evaluate the comparative effect between the mineral potassium fertilization with potassium chloride and the organic one with concentrated sugarcane vinasse in the macronutrient partitioning in 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 percentage of macronutrients accumulated in the straw and in the corn grains was quantified as a function of the total extracted by the plant. Regardless of the source and dose of potassium used, more than 50% of the nitrogen, phosphorus and magnesium extracted by the corn plant was accumulated in the straw.

KEYWORDS: Vinasse, straw, grains

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) assume grande importância social e econômica, principalmente pela geração de empregos e renda na zona rural e urbana, e por fornecer produtos largamente utilizados na alimentação humana, tanto na forma “*in natura*” como processado, e para alimentação animal, pois representa o principal insumo para a confecção de rações. Além disso, o milho e seus derivados constituem-se em matéria-prima para vários segmentos da indústria, como por exemplo, farmacêutica, têxtil, bebidas, cosméticos, papéis, curtumes, colas dentre outras (EMBRAPA 2018).

Segundo Costa et al. (2012) a cultura do milho é considerada de grande poder de extração de nutrientes do solo, em que, considerando o acúmulo total. Sendo assim, a avaliação do estado nutricional informará a quantidade de nutrientes exigidos pela planta durante seu ciclo, tendo-se como base o teor, acúmulo e particionamento dos nutrientes no material vegetal.

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 particionamento dos macronutrientes na 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			pH	
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	
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 particionamento de macronutrientes a planta foi dividida em palhada (folhas, colmo e sabugo) e grãos. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel previamente identificados com os tratamentos e levadas a estufa de ventilação forçada

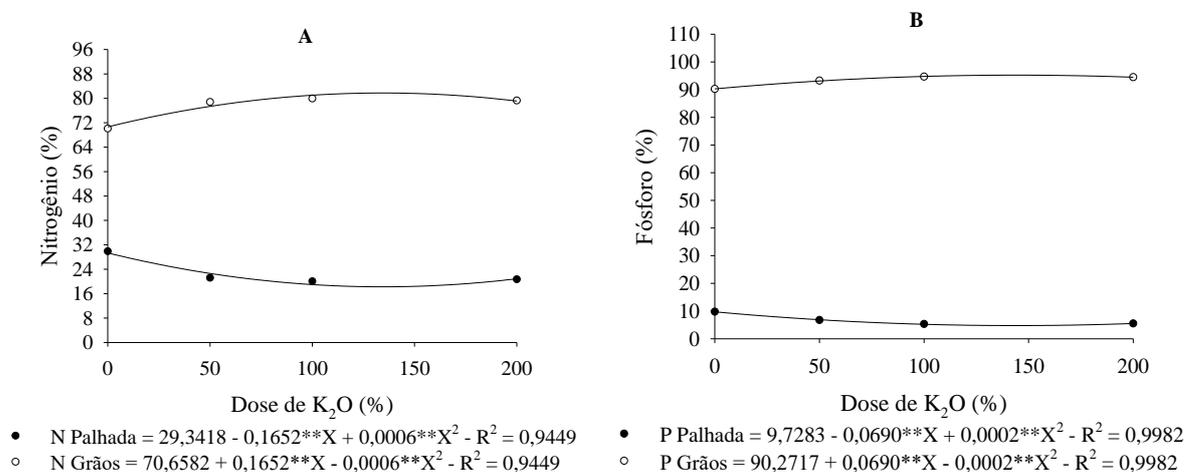
de ar a 65°C por 72 horas, e em seguida, as amostras foram trituradas em moinho tipo Wiley, numa peneira de 10 mesh. Acondicionadas em recipientes heméticos de acrílicos e levadas ao laboratório de análises químicas, para determinação dos teores (g kg⁻¹) dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), 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 na palhada e nos grãos.

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

Houve efeito significativo isolado do fator doses de potássio (D), para o particionamento de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg); efeito isolado das fontes (F) também para o potássio (K).

O particionamento de N, P e Mg em função das doses foram semelhantes, em que, a maior quantidade destes nutrientes foram acumuladas nos grãos (Figura 1A, 1B e 1D). Para o N a dose estimada de 137,67% foi a que proporcionou a menor quantidade de N na palhada, igual a 17,97% e a maior nos grãos, 82,03%, do total de nitrogênio acumulado na planta. Para o P, a D estimada que proporcionou este mesmo comportamento que do N foi a de 172,5%, obtendo-se 3,77% do P na parte aérea e 96,23% do P acumulado nos grãos.



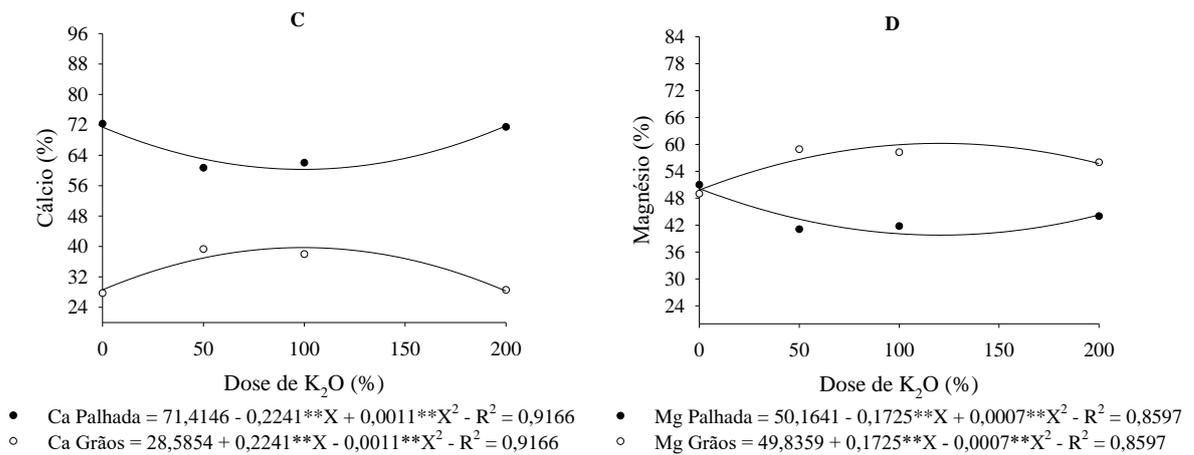


Figura 1. Particionamento do acúmulo de nitrogênio (N) (A), fósforo (P) (B), cálcio (Ca) (C) e magnésio (Mg) (D) na planta de milho em função das doses de potássio, Rio Verde, Goiás, safra 2018/2019.

Silva (2016) relatou que cerca de 50% do N total acumulado foi exportado para os grãos, valor este abaixo dos relatados em diversas literaturas (VASCONCELLOS et al., 1998) e do observado neste estudo. Os mesmos estudos indicam translocações para os grãos de cerca de 80 a 90% do P total absorvido pela planta, o que neste estudo foi superior a 90%. Para o Mg, sua divisão entre grãos e palhada foi menor, como observado na Figura 1D, na D de 0%, 50,16% foi alocado na palhada e 49,84% nos grãos.

A dose estimada que proporcionou o maior acúmulo nos grãos e o menor na palhada foi a de 123,2%, em que, 39,53% do total de Mg acumulado na planta foi alocado na palhada e 60,47% nos grãos. 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.

O Ca, teve comportamento inverso ao observado para o N, P e Mg, em que, a maior parte do nutriente, independente da dose utilizada, foi alocado na palhada do milho. Como pode ser observado na Figura 1C, a dose estimada que proporcionou o maior acúmulo na palhada e o menor nos grãos foi a de 101,9%, em que, 60% do total de Ca acumulado na planta foi alocado na palhada e 40% nos grãos.

Para o particionamento de K, observa-se na Figura 2A que há mudança na predominância de acúmulo entre grãos e palhada do milho em função das doses. Nas D de 0 e 200% ocorre maior porcentagem de particionamento na palhada, iguais a 53,87 e 59,17%, respectivamente.

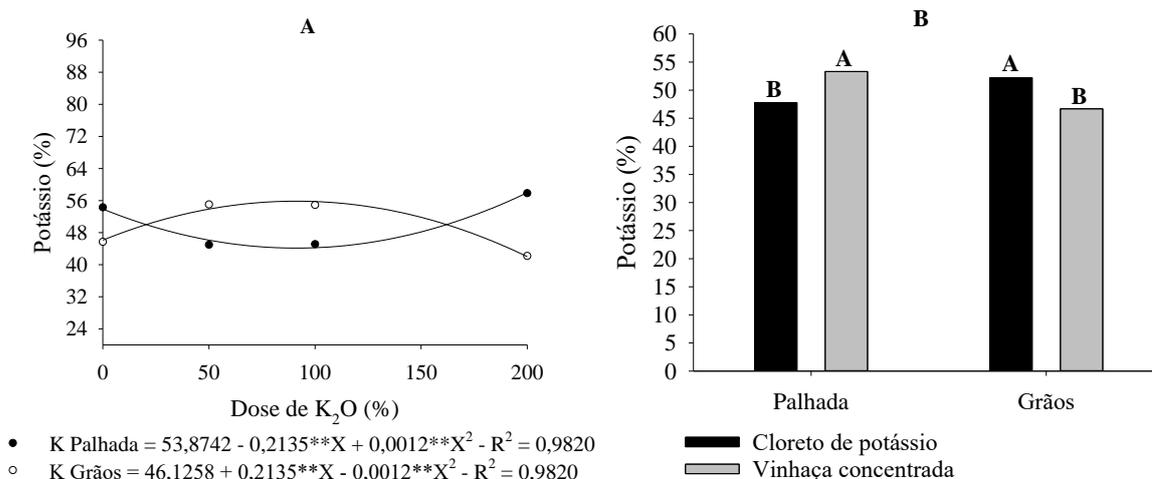


Figura 2. Particionamento do acúmulo de potássio (K) na planta de milho em função das doses (A) e das fontes (B) de potássio, Rio Verde, Goiás, safra 2018/2019.

A dose estimada que proporcionou o maior acúmulo nos grãos e o menor na palhada foi a de 88,96%, em que, 44% do total de K acumulado na planta foi alocado na palhada e 66% nos grãos. Há também, uma inversão de comportamento no particionamento do K dentro de cada fonte (Figura 2B). Para a palhada, a fonte KCl proporcionou menor alocação de K quando em comparação a fonte VC, com valores iguais a 47,79% e 53,31%, respectivamente. Nos grãos, ocorreu o inverso, na fonte KCl 52,21% do K foi alocado nos grãos e quando se utilizada a VC, esse valor foi igual a 46,69% nos grãos. Estes resultados de particionamento do K nos grãos, encontram-se superiores aos observados por Coelho & França (1995) e Rossato (2004), 18 a 25% e, por Silva (2016), 18 e 35%.

CONCLUSÕES

Independente da fonte e dose de potássio utilizada, mais de 50% do nitrogênio, fósforo e magnésio extraído pela planta de milho ficou acumulado nos grãos. Quando utilizada a fonte cloreto de potássio, mais de 50% do potássio fica acumulado nos grãos.

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.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. D. **Seja o Doutor do seu Milho**. Arquivo do agrônomo n°2 Potafos, 1995.

COSTA, M. S.; COSTA, Z. V. B.; ALVES, S. M. C.; FERREIRA NETO, M.; MARINHO, M. J. C. Avaliação nutricional do milho cultivado com diferentes doses de efluente doméstico tratado. **Irriga**, Edição Especial, p. 12-26, 2012.

EMBRAPA, **Sistemas diferenciais de cultivo**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fnj02wx5ok0pvo4k3nojsxnsf.html#>>. Acesso em 23-05-2018.

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

ROSSATO, R. R. **Potencial de ciclagem de nitrogênio e potássio pelo nabo forrageiro intercalar ao cultivo do milho e trigo sob plantio direto**. 2004. 130p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS.

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.

VASCONCELLOS, C. A.; VIANA, M. C. M.; FERREIRA, J. J. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período inverno-primavera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 11, p. 1835-1845, 1998.