

EXPORTAÇÃO DE MACRONUTRIENTES EM CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A FERTIRRIGAÇÃO COM VINHAÇA

GOMES, Flávio Henrique Ferreira¹; SOARES, Frederico Antonio Loureiro²; DANTAS, Leonardo Rodrigues³; BASTOS, Álefe Viana Souza⁴; SILVA, Edson Cabral da⁵; TEIXEIRA, Marconi Batista⁶; SOUSA, Antonio Evami Cavalcante⁷; VIDAL, Vitor Marques⁸; CABRAL FILHO, Fernando Rodrigues⁹

¹ Doutorando em Ciência Agrárias - Agronomia - Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, flaviohenriquefg@hotmail.com;

² Professor, Dr. - Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, fredalsoares@hotmail.com;

³ Aluno de Agronomia – Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, leonardo_rodrigues_26@hotmail.com;

⁴ Doutorando em Ciência Agrárias - Agronomia Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, alefe_viana@hotmail.com;

⁵ Pesquisador, Dr. – Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, edsoncabralsilva@gmail.com;

⁶ Professor, Dr. – Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde –, marconibt@gmail.com;

⁷ Professor, Dr. - Instituto Federal Goiano – Campus Ceres – GO, evami.sousa@gmail.com;

⁸ Pesquisador, Dr. – Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, vmarquesvidal@gmail.com;

⁹ Doutorando em Ciência Agrárias - Agronomia - Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, fernandorcfilho10@gmail.com

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de diferentes manejos de fertirrigação com vinhaça e dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) exportados no colmo da cana-de-açúcar, nos ciclos de cana-planta e cana de primeira soqueira, cultivada em um Latossolo Vermelho distrófico. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas subdivididas 2 x 6, com três repetições. Os fatores avaliados constituíram de dois manejos de fertirrigação com vinhaça (1x40 mm e 2x20 mm, no ciclo de cana-planta e 1x40 mm e 1x20 mm, no ciclo de primeira soqueira) e seis nutrientes na planta de cana-de-açúcar (N, P, K, Ca, Mg e S). A exportação de cada nutriente foi calculada pelo produto entre a matéria seca do colmo e o teor do nutriente encontrado no colmo. No ciclo de cana-planta, o manejo de fertirrigação de 2x20 mm de vinhaça promoveu uma exportação de 593,39 kg ha⁻¹ de K, valor superior em comparação ao manejo de fertirrigação de 1x40 mm de vinhaça. No ciclo de cana-planta, o manejo de fertirrigação de 1x40 mm de vinhaça promoveu uma exportação de 174,73 kg ha⁻¹ de N, valor superior em comparação ao manejo de fertirrigação de 2x20 mm de vinhaça. No ciclo de primeira soqueira, o manejo de fertirrigação de 1x40 mm de vinhaça promoveu a exportação de 491,57 kg ha⁻¹ de K e 75,65 kg ha⁻¹ de S, valores superiores em comparação com manejo de fertirrigação de 1x20 mm de vinhaça. Os nutrientes mais exportados no colmo da cana-de-açúcar, obedeceu a seguinte ordem decrescente: K>N>Ca>Mg=S=P.

Palavras-chave: *Saccharum* spp, Cana-planta, Cana-soca, nutrientes. Latossolo Vermelho.

INTRODUÇÃO

A reutilização de resíduos é de grande interesse, pois além de dar destino aos mesmos, torna-os úteis, já que sua aplicação no solo interfere nos atributos químicos, aumentando a disponibilidade de nutrientes às plantas (Nobile et al. 2012). Esses resíduos oriundos das

atividades agroindustriais contêm nutrientes, tais como N, P, K, Ca, Mg, S, B e Cu que são elementos fundamentais para o desenvolvimento dos vegetais (Franco et al. 2010).

A vinhaça é um resíduo líquido proveniente da destilação da solução obtida do processo de fermentação da cana-de-açúcar. De modo geral, quando a vinhaça é aplicada no solo ocorre uma melhoria em sua fertilidade, porém, as quantidades não devem ultrapassar sua capacidade de retenção de íons. Em abril de 2005, a CETESB publicou a portaria nº 01/05, reeditada em dezembro de 2006, através da Norma Técnica P4.231, definindo critérios e procedimentos para o armazenamento, transporte e aplicação de vinhaça no solo. Esta regulamentação determina que a dosagem para a aplicação de vinhaça para enriquecimento do solo agrícola deve ser calculada considerando-se a fertilidade do solo, a concentração de K₂O na vinhaça e a extração média desse elemento pela cultura, de acordo com a Cetesb (2015), a extração média da cultura da cana-de-açúcar é de 185 kg ha⁻¹ de K₂O.

Visando o desenvolvimento de manejos adequados da fertirrigação com vinhaça que visem ao melhor aproveitamento dos nutrientes pela cultura da cana-de-açúcar, esse estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes manejos de fertirrigação com vinhaça e dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) do colmo da cana-de-açúcar, na exportação, nos ciclos de cana-planta e cana de primeira soqueira, cultivada em um Latossolo Vermelho distrófico.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido por dois ciclos de cultivo da cana-de-açúcar, ciclo de cana-planta e ciclo de primeira soqueira, ano safra 2017/2018 e 2018/2019, em condições de campo, em área da Fazenda Boa Sorte, pertencente à Usina CRV do grupo Japungu, no município de Carmo do Rio Verde, GO. De acordo com dados do sistema brasileiro de classificação do solo, o solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho (Santos et al. 2018), com textura franco argiloso arenoso. As características químicas e físicas do solo, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da análise química e física do solo, na profundidade de 0-25cm, da Fazenda Boa Sorte, CRV, município de Carmo do Rio Verde, GO, 2017.

M.O g dm ⁻³	Ca	Mg	Al	H+Al	P	K	S	V	CTC
	----- cmolc dm ⁻³ -----				----- mg dm ⁻³ -----			%	cmolc dm ⁻³
40,0	1,8	1,3	0,0	3,2	104,7	326,5	34,0	54,0	7,2
Ca+Mg cmolc dm ⁻³	Ca/Mg ----- % -----	m	SB cmolc dm ⁻³	pH CaCl ₂	Cu	Zn	B	Fe	Mn
	----- mg dm ⁻³ -----								
3,75	1,4	0,0	3,9	5,0	0,99	0,87	0,2	20,0	6,51
	Argila			Areia			Silte		
				g kg ⁻¹					
	575,0			325,0			100,0		

Analisadas de acordo com Teixeira et al. (2017).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas subdivididas 2 x 6, com três repetições. Os fatores avaliados constituíram de dois manejos de fertirrigação com vinhaça (1x40 mm e 2x20 mm, no ciclo de cana-planta e 1x40 mm e 1x20 mm, no ciclo de primeira soqueira) e seis nutrientes na planta de cana-de-açúcar (N, P, K, Ca, Mg e S).

A área experimental foi fertirrigada com vinhaça, de modo que as características químicas da vinhaça estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química da vinhaça do tanque inicial da fazenda 1001 – Boa Sorte, CRV, município de Carmo do Rio Verde, GO, 2018/2019.

Ano	N	P	K ₂ O	K ₂ O	Ca	Mg	SO ₄	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----g L ⁻¹ -----		kg m ⁻³		-----g L ⁻¹ -----			-----mg L ⁻¹ -----			
2018	0,28	0,11	1976,0	1,98	0,53	0,29	1,28	0,20	170	3,4	0,53
2018	0,46	0,06	1686,0	1,69	0,49	0,43	1,82	0,31	83	2,8	1,00
2019	0,53	0,01	1301,0	1,30	0,69	0,42	7,38	6,88	43	2,4	1,21

No ciclo de cana-planta, os manejos de aplicação da vinhaça ocorreram da seguinte maneira: manejo 1 (M1), uma aplicação de 40 mm de vinhaça e o manejo 2 (M2) duas aplicações, separadamente, de 20 mm de vinhaça, onde a primeira etapa da aplicação do M1 e da metade do M2 ocorreu aos 169 dias após o plantio (DAP, enquanto a segunda aplicação do M2 ocorreu aos 203 DAP. No ciclo de primeira soqueira, os manejos foram: manejo 1 (M1), uma aplicação de 40 mm de vinhaça e o manejo 2 (M2) uma aplicação de 20 mm de vinhaça, ambas aplicadas aos 290 DAC. Para a realização da fertirrigação, adotou-se o método de irrigação por aspersão, em sistema de irrigação mecanizado autopropelido.

Foram colhidas amostras do colmo da cana-de-açúcar, submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C até massa constante, e determinada a massa de matéria seca. Logo após, as amostras foram moídas e analisadas quanto aos teores de N, P, K, S, Ca e Mg conforme metodologias descritas em Malavolta et al. (1997).

A exportação de cada nutriente foi calculada pelo produto entre a matéria seca do colmo e o teor do nutriente encontrado no colmo.

Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F ao nível de 5 % de probabilidade e em caso de significância as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ciclo de cana-planta, foi verificada uma exportação de 174,73 kg ha⁻¹ de N e 562,78,78 kg ha⁻¹ de K no manejo de 1x40 mm de vinhaça, superior 13,95 % e inferior 5,15 % comparado, respectivamente, aos 150,34 kg ha⁻¹ de N e 593,39 kg ha⁻¹ de K exportados pelo manejo de 2x20 mm de vinhaça. No ciclo de primeira soqueira, uma exportação de 491,57 kg ha⁻¹ de K e 75,65 kg ha⁻¹ de S foi obtida para o manejo de 1x40 mm de vinhaça, superior, respectivamente, 16,43 % e 47,83 % comparado aos 410,78 kg ha⁻¹ de K e aos 39,46 kg ha⁻¹ de S exportados pelo manejo de 1x20 mm de vinhaça (Tabela 4).

No ciclo de cana-planta, existem duas hipóteses para a maior exportação de N no manejo de 1x40 mm: a primeira é que, o N por ser um nutriente altamente móvel dentro da planta pode ser redistribuído para outros órgãos (Epstein e Bloom, 2006; Leite, 2011); a segunda é que ocorreu um incremento no acúmulo de N devido ao aumento da matéria seca do colmo. A maior exportação de K promovida pelo manejo de 2x20 mm de vinhaça está relacionado ao maior acúmulo K na planta, comparado ao acúmulo promovido pelo manejo de 1x40 mm de vinhaça.

No ciclo de primeira soqueira, as plantas que receberam o manejo de 1x40 mm de vinhaça exportaram mais K e S, comparado ao manejo de 1x20 mm de vinhaça.

Provavelmente, a maior exportação de K e S está relacionada ao maior acúmulo desses nutrientes na planta. Oliveira et al. (2010) obtiveram em seus resultados de pesquisa uma exportação de 160 kg ha⁻¹ de K para a cana-de-açúcar, var. RB86-7515, no ciclo de cana-planta. Salviano et al. (2017), observaram uma exportação de 332,13 kg ha⁻¹ de K e 25,85 kg ha⁻¹ de S em cana-de-açúcar cultivada em um Vertissolo Háplico.

Tabela 4. Exportação de macronutrientes na cultura da cana-de-açúcar (var. RB86-7515), no ciclo de cana-planta e ciclo de primeira soqueira, submetida a diferentes manejos de fertirrigação com vinhaça, CRV, município de Carmo do Rio Verde, GO, safra 2017/2018 e safra 2018/2019.

Manejos (mm)	Ciclo de cultivo	Exportação de nutrientes (kg ha ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
1x40	Cana-planta	174,73aB	7,55aE	562,78bA	107,77aC	45,15aD	45,43aD
2x20		150,34bB	9,48aD	593,39aA	88,67aC	34,85aD	33,24aD
1x40	Primeira	106,38aB	23,01aD	491,57aA	55,19aCD	55,19aCD	75,65aBC
1x20	soqueira	120,19aB	20,54aD	410,78bA	62,15aC	54,47aCD	39,46bCD

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna e mesmas letras maiúsculas na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Para o manejo de 1x40 mm de vinhaça, a exportação de nutrientes no colmo da cana-de-açúcar, seguiu a seguinte ordem decrescente K>N>Ca>Mg=S>P. Já no manejo de 2x20 mm de vinhaça, a exportação de nutrientes seguiu a seguinte ordem decrescente K>N>Ca>Mg=S>P. No ciclo de primeira soqueira, a exportação de nutrientes no manejo de 1x40 mm de vinhaça, seguiu a seguinte ordem decrescente K>N>S≥Ca=Mg>P, já no manejo de 1x20 mm de vinhaça, a exportação de nutrientes seguiu a seguinte ordem decrescente K>N>Ca≥Mg=S≥P (Tabela 4).

CONCLUSÃO

No ciclo de cana-planta, o manejo de fertirrigação de 2x20 mm de vinhaça promoveu uma exportação de 593,39 kg ha⁻¹ de K, valor superior em comparação ao manejo de fertirrigação de 1x40 mm de vinhaça.

No ciclo de cana-planta, o manejo de fertirrigação de 1x40 mm de vinhaça promoveu uma exportação de 174,73 kg ha⁻¹ de N, valor superior em comparação ao manejo de fertirrigação de 2x20 mm de vinhaça.

No ciclo de primeira soqueira, o manejo de fertirrigação de 1x40 mm de vinhaça promoveu a exportação de 491,57 kg ha⁻¹ de K e 75,65 kg ha⁻¹ de S, valores superiores em comparação com manejo de fertirrigação de 1x20 mm de vinhaça.

Os nutrientes mais exportados no colmo da cana-de-açúcar, obedeceu a seguinte ordem decrescente: K>N>Ca>Mg=S>P.

AGRADECIMENTOS

Ao 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) ao departamento de agricultura irrigada em áreas de Cerrado (AGRICE), ao Instituto Federal Goiano (IF Goiano), à Pró-reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (Proppi) pelo auxílio financeiro ao presente projeto de pesquisa e a Usina CRV do grupo Japungu pelos tratos culturais realizados durante a condução do experimento.

REFERÊNCIAS

Cetesb (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). 2015. Vinhaça – Critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola. *Norma Técnica P4.231* 3(2):1-15. <http://www.cetesb.sp.gov.br>

Epstein, E., Bloom, A.J. 2006. *Manual de nutrição de planta: princípios e perspectivas*. Londrina: Editora Planta, 403 p.

Franco, H.C.J., Trivelini, P.C.O., Faroni, C.E., Vitti, A.C., Otto, R. 2010. Stalk yield and technological attributes of planted cane as related to nitrogen fertilization. *Scientia Agricola* 67(5):579-590. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162010000500012>.

Leite, Marcos José. 2011. *Acúmulo de fitomassa e de macronutrientes da cana-de-açúcar relacionadas a o uso de fontes de nitrogênio*. 90 p. (Master Thesis). Universidade de São Paulo – Escola de Agricultura “Luiz Queiroz”, Piracicaba, São Paulo.

Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A. 1997. *Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações*. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS, 319p.

Nobile, F.O., Galbiatti, J. A., Muraiishi, R. I. 2012. Fertilizantes orgânicos e resíduo de bauxita na disponibilidade de nutrientes e nutrição da cana-de-açúcar irrigada com água potável e residuária. *Comunicata Scientiae* 3(2):115-122. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v3i2.75>.

Oliveira, E.C.A., Freire, F.J., Oliveira, R.I., Freire, M.B.G.S., Simões Neto, D.E., Silva, S.A.M. 2010. Extração e exportação de nutrientes por variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(4):1343-1352. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000400031>.

Salviano, A.M., Moura, M.S.B., Silva, T.G.F., Carmo, J.F.A., Brandão, E.O. 2017. Acúmulo e exportação de macronutrientes pela cana de açúcar irrigada no semiárido brasileiro. *Revista Científica Intelletto* 2(2):16-27. DOI: 10.17648/intelletto-2525-9075-v2-n2-03.

Santos, H.G., Jacomine, P.K.T., Anjos, L.H.C., Oliveira, V.A., Lumbreras, J.F., Coelho, M.R., Almeida, J.A., Cunha, T.J.F., Oliveira, J.B. 2018. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 5 ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 588 p.