



MACRONUTRIENTES NA RAIZ DO TOMATE IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA

R. T. Manso¹, D. K. M. Alves², F. N. Cunha³, M. B. Teixeira⁴, F. A. L. Soares⁵,
J. K. F. Santos⁶

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi avaliar o teor de potássio e cálcio da raiz do tomate (variedade Santa Clara e Carmen) com água residuária de suinocultura. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, analisado em esquema fatorial (5 x 2), com quatro repetições. Os tratamentos foram: 100% água residuária bruta; 100% água residuária filtrada em filtro de areia; 100% água SODIS (Solar disinfection); 50% da água residuária filtrada e 50% com água SODIS; água de abastecimento (testemunha) e duas variedades de tomate Santa Clara e Carmen. A água residuária utilizada foi coletada na granja de suinocultura do IFGoiano – Campus Rio Verde e devidamente transportada em recipientes de 100 L para o local de execução do experimento. A lâmina aplicada foi determinada de acordo com a parcela de evaporação de água no solo contido nos lisímetros de pesagem, sendo que cada lisímetro foi submetido a 100% da reposição hídrica (RH) quando da capacidade de água disponível no solo (CAD). O teor de potássio presente na raiz do tomate para a variedade Carmen é maior para o tratamento 100% água residuária filtrada com diferença de até 50% quando comparada com a água de abastecimento.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum lycopersicum*, reuso, lisímetros.

MACRONUTRIENTS IN IRRIGATED TOMATO ROOT WITH SUINOCULTURE RESIDUE WATER

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate concentration potassium and calcium in the root of tomato (Santa Clara and Carmen varieties) with swine wastewater. The experimental design was randomized blocks, in a factorial scheme (5 x 2), with five

¹ Graduanda em Engenharia Ambiental - Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Rodovia Sul Goiana, Km 01, CEP: 75.901-170, Rio Verde – GO, e-mail: rannaiany@hotmail.com

² Graduanda em Engenharia Ambiental - IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: daniely_karen@hotmail.com

³ Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: fernandonobrecunha@hotmail.com

⁴ Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: marconibt@gmail.com

⁵ Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: fredalsoares@gmail.com

⁶ Mestranda em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: jeniferagro@gmail.com

replications. The treatments were: 100% raw waste water, 100% filtered waste water, 100% SODIS (Solar disinfection) water, 50% filtered wastewater and 50% SODIS water; water supply (control) and two varieties of tomato Santa Clara and Carmen. The used wastewater was collected at the IFGoiano - Campus Rio Verde and duly transported in 100 L containers to the local of experiment. The applied water was determined according with the evaporation of water in the soil contained in the weighing lysimeters, and each lysimeter was submitted to 100% of the water replacement (RH) when the available water capacity in the soil (AWC). The potassium content present in the tomato root for the Carmen variety is higher for the treatment 100% filtered wastewater with a difference of up to 50% when compared to the water supply.

KEYWORD: *Solanum lycopersicum*, reuse, lysimeter.

INTRODUÇÃO

O tomate é uma hortaliça originária do continente americano, sendo a segunda hortaliça mais produzida e consumida em todo mundo (Cunha et al., 2014). A cultura apresenta grande relevância no Brasil, o nordeste brasileiro apresenta ótimas condições para o cultivo do tomate, sendo responsável por 46% da produção nacional com destaque para os Estados da Bahia, Pernambuco e Ceará, responsáveis, em 2014, por 263.069, 33.264 e 258.644 toneladas, respectivamente, da produção regional, possui 65.178 ha de área colhida, sendo o mais importante cultivo olerícola, com mais de 4,2 milhões de toneladas produzidas e produtividade média de 65, 6 Kg ha⁻¹ no ano de 2014 (Viana, 2015).

Em alguns municípios brasileiros, sobretudo naqueles localizados em regiões com menor disponibilidade hídrica, a utilização de efluentes na agricultura pode ser uma alternativa viável visando minimizar os problemas da escassez hídrica, além de ser fonte de nutrientes e de matéria orgânica (Souza et al., 2010).

As maiores vantagens do aproveitamento da água residuária são conservação da água disponível, sua grande disponibilidade, a concorrência para a preservação do meio ambiente, além da possibilidade do aporte e reciclagem de nutrientes (reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos) (Medeiros, 2008).

A absorção de nutrientes pelas plantas depende do crescimento e eficiência das raízes e da disponibilidade de nutrientes no solo (Silva et al., 2002). Campo et al. (2000) afirma que o potássio (K) por exemplo, é absorvido em maior quantidade pelas raízes. Essa absorção pelo plasmalema das células das raízes é um processo altamente eficiente e não é considerada etapa

limitante da aquisição do nutriente em solo com teores adequados do nutriente (Römheld & Kirkby, 2010). Já o cálcio (Ca), segundo Malavolta (2006) é um nutriente essencial na preservação da capacidade de absorção das raízes mediante a manutenção da integridade da membrana plasmática, bem como na prevenção da perda de solutos para a solução externa, aumentando o acúmulo de nutrientes pela planta.

Com isso, objetivou-se com este estudo avaliar o teor de potássio e cálcio da raiz do tomate (variedade Santa Clara e Carmen) irrigados com água residuária de suinocultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em uma casa de vegetação instalada no IFGoiano – Campus Rio Verde. A casa de vegetação possui o sistema de climatização (temperatura e umidade) por circulação e refrigeração de água, aeração controlada por exaustores, sistema de irrigação por aspersores e cortina de sombreamento, todos esses dispositivos são automatizados e são controlados por regulagem no painel de controle principal. As coordenadas geográficas do local de instalação do experimento são 17° 48' 23" S e 50° 54' 11" O, com altitude média de 744 m.

O clima da região é classificado, conforme Köppen (2013), como Aw (tropical), com chuva nos meses de outubro a maio e seca nos meses de junho a setembro, ou seja, com chuva no verão e seca no inverno. A temperatura média anual varia de 20 a 35°C, as precipitações variam de 1.500 a 1.800 mm anuais e o relevo é suave ondulado (5% de declividade).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), de textura média (Embrapa, 2013). As características químicas do solo estão apresentadas na Tabela 1.

A água residuária utilizada foi coletada na granja de suinocultura do próprio Instituto e devidamente transportada em recipientes de 100 L para o local de execução do experimento, onde foi submetida ao processo de filtragem, através de um filtro constituído com várias camadas de areia e brita e também ao processo de desinfecção solar (SODIS: solar disinfection).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial (5 x 2), com quatro repetições totalizando quarenta unidades experimentais. Os tratamentos foram: 100% água residuária bruta (ARB); 100% água residuária filtrada em filtro de areia (ARF); 100% água SODIS (Solar disinfection) (ARS); 50% da água residuária filtrada e 50% com água SODIS (ARFS); água de abastecimento (testemunha) (AA) e duas variedades de tomate (Santa Clara e Carmen).

As mudas de tomate foram transplantadas para vasos de 20 L aos 25 dias após o plantio (DAP), quando houve a formação de cinco folhas definitivas da muda de tomateiro.

Para esse estudo foram usados 4 lisímetros de pesagem com célula de carga construídos de chapa metálica galvanizada com espessura de 2 mm com dreno constituído de tubo PVC de 3/4" e válvula de abertura na parte inferior. Os lisímetros foram dispostos em paralelo entre si, sendo que as unidades da extremidade possuem dimensões de 0,80 m de diâmetro por 0,75 m de altura e os 2 centrais 0,70 m de diâmetro e mesma altura dos demais, cujas áreas correspondem a 0,503 e 0,385 m² respectivamente.

Cada lisímetro de pesagem mecânica é composto de 3 células de carga, dispostas em forma triangular, modelos L-500 (externos) e GL-200 (internos) de capacidades iguais a 500,0 e 200,0 Kg respectivamente, caixa de junção modelo 4134 e módulo indicador de pesagem modelo 3101-CP.

O sistema de armazenamento de dados é composto de um "data logger" modelo CR1000 da fabricante Campbell Scientific conectado ao módulo indicador de pesagem de cada lisímetro. O CR1000 foi conectado a uma bateria auxiliar e esta, por sua vez, a um carregador de bateria ligado a corrente contínua, todos acondicionados em abrigo próprio.

A lâmina aplicada foi determinada de acordo com a parcela de evaporação de água no solo contido nos lisímetros de pesagem, sendo que cada lisímetro foi submetido a 100% da reposição hídrica (RH) quando da capacidade de água disponível no solo (CAD).

As raízes depois de coletadas e lavadas, foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingirem peso constante; depois de serem secas, foram trituradas em moinho do tipo Wiley, passadas em peneiras de malha de 1,0 mm, armazenadas e posteriormente analisadas, para determinação dos teores conforme Malavolta et al. (1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e em caso de significância as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, usando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No resumo da análise de variância, observa-se que houve interação significativa ao nível de 1% de probabilidade entre os fatores variedades (VAR) e tipos de águas (TAG) para as variáveis potássio e cálcio da raiz do tomate. O coeficiente de variação das variáveis foi no máximo de 3,85% (Tabela 2). Rosolem et al., (2003) verificou que não houve efeito ($P < 0,05$) dos teores de água do solo nas quantidades de K que entraram em contato com as raízes.

O teor de potássio presente na raiz do tomateiro verificado na variedade Carmen foi 29,4% maior do que o teor de potássio observado na variedade Santa Clara para água residuária bruta (ARB). Para água residuária filtrada (ARF) o teor de potássio presente na raiz do tomateiro observado na variedade Carmen foi 27,8% maior do que o teor de potássio observado na variedade Santa Clara (Tabela 3). Sanes et al. (2013) constatou o maior crescimento da parte aérea e a maior superfície radicular resultaram em maior absorção de K.

O teor de potássio presente na raiz do tomateiro verificado na variedade Carmen foi 15,4% maior do que o teor de potássio observado na variedade Santa Clara para a água residuária SODIS (ARS). Para água residuária 50% filtrada e 50% SODIS (ARFS) o teor de potássio presente na raiz do tomateiro observado na variedade Carmen foi 21,4% maior do que o teor de potássio observado na variedade Santa Clara. O teor de potássio presente na raiz observado na variedade Carmen foi 33,3% maior do que o teor de potássio observado na variedade Santa Clara para a água de abastecimento (AA) (Tabela 3).

O teor de potássio presente na raiz do tomateiro verificado no tipo de água residuária filtrada (ARF) foi 5,5; 22,2; 27,8 e 50% maior do que teor de potássio observado no tipo de água residuária bruta (ARB), água residuária 50% filtrada e 50% SODIS (ARFS), água residuária SODIS (ARS) e água residuária filtrada (ARF) para a variedade Carmen, respectivamente. Para a variedade Santa Clara o teor de potássio presente na raiz do tomateiro observado no tipo de água residuária filtrada (ARF) foi 7,7; 15,4 e 53,8% maior do que o teor de potássio observado no tipo de água residuária bruta (ARB), água residuária SODIS (ARS) e água de abastecimento (AA), respectivamente (Tabela 4). Oliveira et al. (2004) verificou que a menor dose de K aplicada no solo proporcionou acúmulo de K na raiz com a redução na disponibilidade de água, evidenciando, provavelmente, um efeito importante em situação de alta disponibilidade do nutriente.

O teor de cálcio presente na raiz do tomateiro verificado na variedade Carmen foi 31,9% maior do que o teor de cálcio observado na variedade Santa Clara para água residuária bruta (ARB). Para água residuária filtrada (ARF) o teor de cálcio presente na raiz do tomateiro observado na variedade Carmen foi 33,3% maior do que o teor de cálcio observado na variedade Santa Clara (Tabela 5). Avalhães et al. (2008) verificou que a omissão de cálcio contribuiu para uma redução significativa no desenvolvimento das plantas.

O teor de cálcio presente na raiz do tomateiro verificado na variedade Carmen foi 18,9% maior do que o teor de cálcio observado na variedade Santa Clara para a água residuária SODIS (ARS). Para água residuária 50% filtrada e 50% SODIS o teor de cálcio presente na raiz do tomateiro observado na variedade Carmen foi 7% maior do que o teor de cálcio observado na

variedade Santa Clara. O teor de cálcio presente na raiz do tomateiro observado na variedade Carmen foi 38,5% maior do que o teor de cálcio observado na variedade Santa Clara para a água de abastecimento (AA) (Tabela 5). Laperuta Neto (2006) em um experimento utilizando três tipos de lodo de esgoto e duas qualidades de água para irrigação, verificou valores altos de Ca.

O teor de cálcio presente na raiz do tomateiro verificado no tipo de água residuária 50% filtrada e 50% SODIS (ARFS) foi 10,5% maior do que teor de cálcio observado no tipo de água de abastecimento (AA) para a variedade Carmen. Para a variedade Santa Clara o teor de cálcio presente na raiz do tomateiro observado no tipo de água residuária 50% filtrada e 50% SODIS (ARFS) foi 17,2; 31,2 e 40,9% maior do que o teor de cálcio observado no tipo de água residuária SODIS (ARS), água residuária bruta (ARB) e água de abastecimento (AA), respectivamente (Tabela 6). Ferraz (2009) observou aumento dos teores de Ca de até vinte e cinco vezes entre o tratamento que utilizava lodo de esgoto quando comparado ao tratamento que utilizava apenas fertilizantes minerais.

CONCLUSÕES

O teor de potássio presente na raiz é maior na variedade Carmen quando aplicado 100% água residuária bruta, 100% água residuária SODIS, 50% água residuária filtrada e 50% água residuária SODIS e água de abastecimento.

O teor de cálcio presente na raiz apresenta maior incremento na variedade Carmen na aplicação de 100% Água residuária bruta, 100% água residuária filtrada, 100% água residuária SODIS, 50% água residuária filtrada e 50% água residuária SODIS e água de abastecimento.

A utilização de 100% água residuária filtrada para a variedade Carmen e Santa Clara proporciona maior teor de potássio na raiz do tomate. Já 50% água residuária filtrada e 50% água residuária SODIS para a variedade Carmen e Santa Clara proporciona maior teor de cálcio na raiz do tomate.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, pelo apoio financeiro e estrutural.

REFERÊNCIAS

- AVALHÃES, C.C.; PRADO, R.M.; CORREIA, M.A.R.; ROZANE, D.E.; ROMULADO, L.M. Avaliação do estado nutricional de plantas de couve-flor cultivadas em solução nutritiva suprimidas de macronutrientes. *Nucleus*, v.6, n.1, p.250-261, 2008.
- CAMPO, J.; MAASS, M.J.; JARAMILLO, V.J.; YRÍZAR, A.M. Calcium, potassium, and magnesium cycling in a Mexican tropical dry forest ecosystem. *Biogeochemistry*, v.49, p.21-36, 2000.
- CUNHA, J.P.B.; MACHADO, T.D.A.; SANTOS F.L.; COELHO L.M. Losses in industrial tomato harvesting according to harvester setting. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.44, n.4, p.363-369, 2014.
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. 3.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013. 353p.
- FERRAZ, A.V. Ciclagem de nutrientes e metais pesados em plantios de *Eucalyptus grandis* adubados com lodos de esgoto produzidos em diferentes estações de tratamento da região metropolitana de São Paulo, 2009. 120 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Unversidade Federal de Lavras, v.35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- KÖPPEN, W. **Köppen climate classification**. Geography about. (2013). Disponível em: <<http://geography.about.com/library/weekly/aa011700b.htm> >. Acessado em: 2 Novembro. 2016.
- LAPERUTA NETO, J. Estudo do uso de lodo de estações de tratamento de água e de esgoto urbano nas propriedades químicas do solo, 2006. 96 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agrônômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; LIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1997. 319p.

MEDEIROS, S.S.; SOARES, A.A.; FERREIRA, P.A.; NEVES, J.C.L.; SOUZA, J.A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, n.2, p.109-115, 2008.

OLIVEIRA, R.H.; ROSOLEM, C.A.; TRIGUEIRO, R.M. Importância do fluxo de massa e difusão no suprimento de potássio ao algodoeiro como variável de água e potássio no solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, n.03, p. 439-445, 2004.

RÖMHELD, V.; KIRKBY, E.A. Research on potassium in agriculture: Needs and prospects. Plant Soil, v.335, p.155-180, 2010.

ROSOLEM, C.A.; MATEUS G.P.; GODOY, L.J.G.; FELTRAN, J.C.; BRANCALIANO, S.R. Morfologia radicular e suprimento de potássio às raízes de milho de acordo com a disponibilidade de água e potássio. Revista brasileira de ciência do solo, v.27, n.5, p.875-884, 2003.

SANES, F.S.M.; CASTILHOS, R.M.V.; SCIVITTARO, W.B.; VAHL, L.C.; DE MORAIS, J.R. Morfologia de raízes e cinética de absorção de potássio em genótipos de arroz irrigado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.37, n.3, p.688-697, 2013.

SILVA, S.R.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; PEREIRA, P.R.G. Eficiência nutricional de potássio e crescimento de eucalipto influenciados pela compactação do solo. Revista brasileira de ciência do solo, v.26, n.4, p.1001-1010, 2002.

SOUZA, J.A.R.; MOREIRA, D.A.; FERREIRA, P.A. Parâmetros de crescimento de tomates produzidos com água residuária de suinocultura. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v.7, p.97-109, 2010.

VIANA, D.M.P. Efeito do silício e irrigação na produtividade do tomate de mesa no sudeste goiano. Goiânia, 2015. 64p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás - UFG.

Tabela 1. Características químicas do solo.

Características químicas ¹									
Prof.	N	P	K	Ca	Mg	S	Al	H+Al	pH
m	%	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³		mg dm ⁻³		CaCl ₂
0,00-0,20	0,10	0,19	42,0	2,82	0,97	4,55	0,00	1,78	6,0
Prof.	Na	Zn	B	Cu	Fe	Mn	M.O	CTC	V
m	mg dm ⁻³						g dm ⁻³	%	
0,00-0,20	0,00	1,23	0,07	1,97	37,54	40,65	24,9	5,68	68,7

¹Profundidade (Prof); Matéria orgânica (M.O); Capacidade de troca de cátions (CTC); Saturação por bases. (V).

Tabela 2. Resumo da análise de variância teor de potássio (K) e cálcio (Ca).

FV	GL	QM ¹	
		K	Ca
VAR	1	1,30**	57,12**
TAG	4	0,76**	7,58**
VAR*TAG	4	0,04**	2,54**
Bloco	3	0,001 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Resíduo	27	0,002	0,09
CV (%)		3,85	3,72

¹Variedades do tomate (VAR), tipos de água (TAG), CV (Coeficiente de variância). ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, ^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Médias do teor de potássio (K), para as variedades Carmen e Santa Clara.

Variedades	Médias ¹				
	K				
	ARB	ARF	ARS	ARFS	AA
Carmen	1,7 a	1,8 a	1,3 a	1,4 a	0,9 a
Santa Clara	1,2 b	1,3 a	1,1 b	1,1 b	0,6 b

¹ 100% Água residuária bruta (ARB), 100% água residuária filtrada (ARF), 100% água residuária SODIS (ARS), 50% água residuária filtrada e 50% água residuária SODIS (ARFS) e água de abastecimento (AA). Média com a mesma letra minúscula na coluna não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Médias do teor de potássio (K), para 100% água residuária bruta (ARB), 100% água residuária filtrada (ARF), 100% água SODIS (ARS), 50% da água residuária filtrada e 50% com água SODIS (ARFS) e água de abastecimento (AA).

Tipos de água	Média ¹	
	K	
	Carmen	Santa Clara
ARB	1,7 b	1,2 b
ARF	1,8 a	1,3 a
ARS	1,3 d	1,1 c
ARFS	1,4 c	1,1 c
AA	0,9 e	0,6 d

¹ Média com a mesma letra minúscula na coluna não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Médias do teor de cálcio (Ca), para as variedades Carmen e Santa Clara.

Variedades	Médias ¹				
	Ca				
	ARB	ARF	ARS	ARFS	AA
Carmen	9,4 a	9,0 a	9,5 a	10 a	8,95 a
Santa Clara	6,4 b	6,0 b	7,7 b	9,3 b	5,5 b

¹ 100% Água residuária bruta (ARB), 100% água residuária filtrada (ARF), 100% água residuária SODIS (ARS), 50% água residuária filtrada e 50% água residuária SODIS (ARFS) e água de abastecimento (AA). Média com a mesma letra minúscula na coluna não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 6. Médias do teor de cálcio (Ca), para 100% água residuária bruta (ARB), 100% água residuária filtrada (ARF), 100% água SODIS (ARS), 50% da água residuária filtrada e 50% com água SODIS (ARFS) e água de abastecimento (AA).

Tipos de água	Média ¹	
	Ca	
	Carmen	Santa Clara
ARB	9,4 ab	6,4 c
ARF	9,0 b	6,0 cd
ARS	9,5 ab	7,7 b
ARFS	10,0 a	9,3 a
AA	8,95 b	5,5 d

¹ Média com a mesma letra minúscula na coluna não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.