



EFEITO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA NA CONCENTRAÇÃO DE FERRO E MANGANÊS NA RAIZ DO TOMATE

D. K. M. Alves¹, R. T. Manso², F. N. Cunha³, M. B. Teixeira⁴, F. A. L. Soares⁵, G. S. Moraes⁶

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi avaliar o teor de ferro e manganês 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 ferro presente na raiz do tomate para a variedade Carmen é maior para o tratamento 100% água SODIS (Solar disinfection) com diferença de até 32% quando comparado com água de abastecimento.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum lycopersicum*, lisímetros, irrigação

EFFECT OF RESIDUE WATER OF SUINOCULTURA AT THE CONCENTRATION OF IRON AND MANGANESE ON TOMATO ROOT

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate concentration iron and manganese 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 replications. The treatments were: 100% raw waste water, 100% filtered waste water, 100% SODIS (Solar

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: daniely_karen@hotmail.com

² Graduanda em Engenharia Ambiental, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: rannaiany@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 Mestrando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: giovanisantosrv@gmail.com

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 iron content present in the tomato root for the Carmen variety is higher for the 100% SODIS (Solar disinfection) water treatment with a difference of up to 32% when compared to water supply.

KEYWORD: *Solanum lycopersicum*, lysimeter, irrigation

INTRODUÇÃO

Os micronutrientes, apesar de requeridos em doses baixas, são muito importantes (Lanna, 2008) para as plantas. De acordo com Benett et al. (2011), o Mn é o segundo micronutriente mais extraído do solo pela cultura e a sua falta pode ocasionar problemas, principalmente relacionados à baixa produtividade

Outro micronutriente muito importante para as plantas é o ferro, segundo Alexandre et al. (2012), o ferro tem relação com diversas atividades metabólicas da planta, participando da formação de algumas enzimas, além de ser indispensável nos processos de respiração e fotossíntese. O ferro é um micronutriente essencial para a manutenção da vida, porém está pouco disponível na maioria dos solos (Marschner et al., 2011).

Segundo Cabral et al. (2010) a água residuária de suinocultura contém macro e micronutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, zinco e cobre, podendo ser utilizada como biofertilizante para as culturas.

As hortaliças pertencem ao grupo das culturas que mais respondem à adubação orgânica, tanto na produtividade quanto na qualidade do produto colhido (Pinto et al., 2012). A cultura do tomate é uma das mais exigentes em tecnologia, a produção é feita a custos elevados devido à necessidade de altas dosagens de adubos (Souza, 2010). Dessa forma a água residuária de suinocultura se apresenta como uma alternativa promissora como fertilizante por proporcionar a reciclagem de nutrientes essenciais para as plantas, conforme aponta Batista et al. (2013).

Assim objetivou-se com este estudo avaliar o teor de ferro e manganês 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 tomates (grupo Santa Clara e Carmen).

As duas variedades 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 (TDA) para as variáveis ferro e manganês na raiz do tomate. O coeficiente de variação das variáveis foi no máximo de 2,19% (Tabela 2). Romeiro (2012) também constatou diferença significativa entre seus tratamentos verificando um aumento linear de micronutrientes em função da aplicação de adubação orgânica.

Para irrigação com água residuária bruta (ARB) e água residuária filtrada (ARF), o teor de ferro presente na raiz do tomateiro observado nas variedades Carmen e Santa Clara não apresentaram diferença significativa (Tabela 3). Costa et al. (2012) trabalhando com a aplicação de efluentes, notaram que os teores de ferro de modo geral, foram maiores quando houve associação da cultura com água residuária.

Verificou-se que a concentração de ferro presente na raiz do tomateiro da variedade Santa Clara foi 3,70% maior do que a concentração de ferro observado na variedade Carmen para a

irrigação utilizando água residuária SODIS (ARS). Para água residuária 50% filtrada e 50% SODIS (ARFS) o teor de ferro identificado na raiz do tomateiro da variedade Santa Clara obteve um acréscimo de 3,58% se comparado com a variedade Carmen. Para a irrigação do tomateiro utilizando água de abastecimento (AA) constatou-se que não houve diferença significativa para o teor de ferro presente na raiz das variedades em estudo (Carmen e Santa Clara) (Tabela 3). Chueiri et al. (2007), assim como neste experimento, constataram aumento no teor de ferro ao aplicar resíduos de efluente na adubação de plantas.

Observou-se que o teor de ferro presente na raiz do tomateiro irrigado com água residuária SODIS (ARS) foi 7,09; 4,44 e 10,16% maior do que teor de ferro observado para a irrigação com água residuária bruta (ARB), água residuária filtrada (ARF) e água de abastecimento (AA) para a variedade Carmen, respectivamente. Para a variedade Santa Clara, a concentração de ferro na raiz do tomateiro submetido à irrigação com água residuária 50% filtrada 50% SODIS (ARFS) foi 3,89 e 9,44% maior do que o teor de ferro observado na raiz das plantas irrigadas com água residuária filtrada (ARF) e água de abastecimento (AA), respectivamente (Tabela 4). Chiba (2005) descreve, em seu trabalho sobre a aplicação de adubação orgânica, incremento nos teores de ferro para a cultura estudada quando comparadas ao tratamento testemunha, indicando o potencial de fornecimento de micronutrientes com reuso de água residuária.

Em relação à concentração de manganês na raiz do tomateiro, observou-se que para a variedade Santa Clara houve um acréscimo de 10,40% desse micronutriente no sistema radicular para esta variedade quando comparado com o teor observado nas plantas da variedade Carmen submetidas à irrigação com água residuária bruta (ARB). Também constatou-se maior teor de manganês nas raízes do tomate da variedade Santa Clara em relação à variedade Carmen quando as mesmas foram submetidas à irrigação com água residuária filtrada (ARF), sendo que esse incremento observado foi de 11,33% (Tabela 5). Pigozzo et al. (2004) aplicando reuso de efluente, também notaram aumentos nos teores de micronutrientes como o manganês.

Para aplicação de água residuária SODIS (ARS) não se verificou diferença significativa para o teor de manganês presente na raiz do tomateiro para as variedades em estudo (Carmen e Santa Clara). Observou-se que o teor de manganês presente na raiz do tomateiro da variedade Santa Clara foi 7,69% maior do que o teor de manganês observado na variedade Carmen quando as mesmas foram submetidas à irrigação com água residuária 50% filtrada e 50% SODIS (ARFS). Para a aplicação de água de abastecimento (AA) o teor de manganês presente na raiz do tomateiro observado na variedade Santa Clara apresentou um incremento de 13,45% em relação à variedade Carmen (Tabela 5). Alves (2006) utilizando fertirrigação com água

residuária constatou um alto teor de manganês na cultura estudada, entretanto, esse teor se manteve dentro da faixa adequada.

Verificou-se que a utilização de água residuária SODIS (ARS) para a irrigação de tomateiro da variedade Carmen proporcionou um acréscimo no teor de manganês no sistema radicular da planta de 11,48 e 16,87% se comparado com a irrigação utilizando água residuária bruta (ARB) e água de abastecimento (AA), respectivamente. Para a variedade Santa Clara o teor de manganês presente na raiz do tomateiro observado no tipo de água residuária 50% filtrada e 50% SODIS (ARFS) foi 7,69 e 13,41% maior do que o teor de manganês observado no tipo de água residuária SODIS (ARS) e água de abastecimento (AA), respectivamente (Tabela 6). Corroborando com estes resultados, Romeiro (2012) constatou um incremento de manganês de até sete vezes comparando-se as culturas que receberam adubação orgânica com as testemunhas.

CONCLUSÕES

O teor de ferro presente na raiz mostra-se maior na variedade Santa Clara quando utilizado água residuária SODIS (ARS) e água residuária 50% filtrada e 50% SODIS (ARFS) para a irrigação. Para o teor de manganês, os maiores teores foram observados na variedade Santa Clara quando houve irrigação com água residuária bruta (ARB), água residuária filtrada (ARF), água residuária 50% filtrada e 50% SODIS (ARFS) e água de abastecimento (AA).

A água residuária SODIS (ARS) para a variedade Carmen proporciona maior teor de ferro e manganês na raiz do tomate enquanto água residuária 50% filtrada e 50% SODIS (ARFS), para a variedade Santa Clara, proporciona maior teor de ferro e manganês no sistema radicular 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

ALEXANDRE, J. R; OLIVEIRA, M. L; SANTOS, T. C; CANTON, G. C; CONCEIÇÃO, J. M; EUTRÓPIO, F. J; RAMOS, A. C. Zinco e ferro: de micronutrientes a contaminantes do solo. *Natureza on line*, v. 10, n. 1, p. 23-28, 2012.

ALVES, W. W. A. Fertirrigação com água residuária na cultura do algodão de fibra marrom. Tese (Recursos Naturais) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais -Universidade Federal de Campina Grande. 191p. 2006.

BATISTA, R. O; MARTINEZ, M. A; DE PAIVA, H. N; BATISTA, R. O; CECON, P. R. O efeito da água residuária da suinocultura no desenvolvimento e qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla*. *Ciência Florestal*, v. 24, n. 1, p. 127-135, 2014.

BENETT, C. G. S; BUZETTI, S; SILVA, K. S; TEIXEIRA FILHO, M. C. M; GARCIA, C. M. D. P; MAESTRELO, P. R. Produtividade e desenvolvimento da cana-planta e soca em função de doses e fontes de manganês. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, p. 1661-1667, 2011.

CABRAL, J. R; FREITAS, P. D; REZENDE, R; MUNIZ, A. S; BERTONHA, A. Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 8, p. 823-831, 2011.

CHIBA, M. K. Uso de lodo de esgoto na cana-de-açúcar como fonte de nitrogênio e fósforo: Parâmetros de fertilidade do solo, nutrição da planta e rendimentos da cultura. 2005. 142 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CHUEIRI, W. A; SERRAT, B. M; BIELE, J; FAVARETTO, N. Lodo de esgoto e fertilizante mineral sobre parâmetros do solo e de plantas de trigo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 502-508, 2007

COSTA, M. S; DA COSTA, Z. V. B; ALVES, S. M. C; NETO, M. F; MARINHO, M. J. C. Avaliação nutricional do milho cultivado com diferentes doses de efluente doméstico tratado. *Irriga*, v. 1, n. 01, p. 12, 2012.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Universidade Federal de Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

LANA, R. M. Q; PEREIRA, R. P; LANA, A. M. Q; DE FARIA, M. V. Utilização de micronutrientes na cultura do feijoeiro cultivado no sistema plantio direto. *Bioscience Journal*, v. 24, n. 4, 2008.

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

MARSCHNER. P, CROWLEY. D, RENGEL.Z. Rhizosphere interactions between microorganisms and plants govern iron and phosphorus acquisition along the root axis - model and research methods. Soil Biology and Biochemistry, p. 883-894, 2011.

PIGOZZO, A. T. J; GOBBI, M. A; SCAPIM, C. A; LENZI, E; DE LUCAS JUNIOR, J; BREDA, C. C. Disponibilidade de metais de transição no solo tratado com lodo de esgoto. Acta Scientiarum Agronomy, Maringá, v. 26, n. 4, p. 443-451, 2004.

PINTO, C. M. F. P. M; PINTO, F. A; OLIVEIRA, R. A; BATISTA, R. O; Silva, K. B. Efeito da fertirrigação com água residuária de suinocultura na produção de pimenta malagueta. Agropecuária científica no semiárido, v. 8, n. 3, p. 112-117, 2012.

ROMEIRO, J. C. T. Atributos químicos do solo e crescimento de laranjeiras ‘pera’ irrigadas com efluente de esgoto tratado e fertilizadas com lodo de esgoto compostado. 2012. 142p. Tese (Agronomia / Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu.

SOUZA, J. A. R; MOREIRA, D. A. Efeitos do uso da água residuária da suinocultura na condutividade elétrica e hidráulica do solo. Engenharia Ambiental, v. 7, p. 134-143, 2010.

Tabela 1. Características químicas do solo.

Características químicas ¹									
Prof.	N	P	K	Ca	Mg	S	Al	H+Al	pH
m	%	mg dm ⁻³		cmolc dm ⁻³		mg dm ⁻³		cmolc 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 ferro (Fe) e manganês (Mn).

FV	GL	QM ¹	
		Fe	Mn
VAR	1	932,19 ^{ns}	14776,33 ^{**}
TDA	4	151350,43 ^{**}	6881,17 ^{**}
VAR*TDA	4	21269,01 ^{**}	592,16 ^{**}
Bloco	3	15182,28 ^{**}	191,53 ^{ms}
Resíduo	27	2314,84	80,67
CV (%)		1,28	2,19

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

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

Variedades	Médias ¹				
	Fe				
	ARB	ARF	ARS	ARFS	AA
Carmen	3682,20 a	3787,20 a	3816,30 b	3821,30 b	3560,30 a
Santa Clara	3685,37 a	3808,80 a	3963,20 a	3963,20 a	3588,80 a

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 ferro (Fe), 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	
	Fe	
	Carmen	Santa Clara
ARB	3682,20 c	3685,37 c
ARF	3787,20 b	3808,80 b
ARS	3963,20 a	3816,30 b
ARFS	3821,30 b	3963,20 a
AA	3560,30 d	3588,80 c

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 manganês (Mn), para as variedades Carmen e Santa Clara.

Variedades	Médias ¹				
	Mn				
	ARB	ARF	ARS	ARFS	AA
Carmen	375,50 b	371,60 b	424,20 a	434,30 b	352,60 b
Santa Clara	419,10 a	419,10 a	434,30 a	470,50 a	407,40 a

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 manganês (Mn), 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	
	Mn	
	Carmen	Santa Clara
ARB	375,5 b	419,10 bc
ARF	371,70 b	419,10 bc
ARS	424,20 a	434,30 b
ARFS	434,30 a	470,50 a
AA	352,60 c	407,40 c

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