

Concentração de nutrientes em tomate cereja sob manejos de aplicação da solução nutritiva com água salobra¹

Nutrient concentrations in the cherry tomato under application management of the nutrient solution with brackish water

Alexandre Nascimento dos Santos^{2*}, Ênio Farias de França e Silva², Gerônimo Ferreira da Silva², Raphaela Revorêdo Bezerra² e Elvira Maria Regis Pedrosa²

RESUMO - Objetivou-se com este trabalho avaliar a concentração dos nutrientes no tecido foliar das plantas de tomate cereja cv. "Rita", cultivadas em sistema hidropônico utilizando água com crescentes níveis de salinidade no preparo da solução nutritiva, submetendo as plantas a diferentes tempos de exposição à salinidade e turnos de rega. O experimento foi conduzido em casa de vegetação em sistema hidropônico em vasos com substrato. O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial 6 x 2 x 2, sendo seis níveis de salinidade da solução nutritiva (3,01; 4,51; 5,94; 7,34; 8,71 e 10,40 dS m⁻¹), dois tempos de exposição das plantas à salinidade (51 e 6 dias) e dois turnos de rega (uma irrigação por dia e uma irrigação a cada dois dias). Foram avaliadas as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, sódio e cloro no tecido foliar das plantas. O uso de água salobra no preparo da solução nutritiva promoveu efeitos de interações antagônicas entre os nutrientes, afetando as concentrações dos mesmos. O aumento da salinidade provocou aumentos nas concentrações de sódio e cloro e redução nas concentrações de potássio e nitrogênio no tecido foliar. O menor tempo de exposição das plantas à salinidade proporcionou reduções de menores magnitudes nas concentrações de potássio e nitrogênio e diminuiu as concentrações de sódio e cloro. O turno de rega com uma irrigação a cada dois dias afetou as concentrações foliares de nitrogênio, cálcio e magnésio.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum mil.* Semiárido. Nutrição mineral. Hidroponia.

ABSTRACT - The aim of this work was to evaluate nutrient concentration in the leaf tissue of plants of the cherry tomato 'Rita', cultivated in a hydroponic system using water with increasing levels of salinity in the preparation of the nutrient solution, submitting the plants to different periods of exposure to salinity and irrigation frequency. The experiment was conducted in a greenhouse under a hydroponic system in pots containing substrate. The experimental design was of completely randomised blocks in a 6 x 2 x 2 factorial scheme, with six levels of salinity for the nutrient solution (3.01, 4.51, 5.94, 7.34, 8.71 and 10.40 dS m⁻¹), two periods of plant exposure to salinity (51 and 6 days), and two irrigation frequencies (one irrigation per day and one irrigation every two days). The concentrations of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulphur, sodium and chlorine were evaluated in the leaf tissue of the plants. The use of brackish water in the preparation of the nutrient solution promoted the effect of antagonistic interactions between the nutrients, affecting their concentrations. The increase in salinity resulted in increases in the concentration of sodium and chlorine, and a reduction in the concentration of potassium and nitrogen in the leaf tissue. The shorter exposure time of the plants to salinity resulted in smaller reductions in the concentration of potassium and nitrogen, and decreased the concentration of sodium and chlorine. Irrigation every two days affected the concentration of nitrogen, calcium and magnesium in the leaves.

Key words: *Lycopersicon esculentum mil.* Semi-arid. Mineral nutrition. Hydroponics.

DOI: 10.5935/1806-6690.20170067

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 11/02/2015; aprovado em 04/01/2017

¹Parte da Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola do primeiro autor

²Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife-PE, Brasil, 52.171-900, alexandrens14@yahoo.com.br, enio.fsilva@ufrpe.br, geronimo.silva@ufrpe.br, raphaelarevoredodo38@gmail.com, elvira.pedrosa@ufrpe.br

INTRODUÇÃO

A hidroponia é um sistema de cultivo que pode potencializar o uso de água salobra para fins produtivos (SANTOS *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2011; SOARES *et al.*, 2010). Porém, a qualidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva e na manutenção da evapotranspiração das culturas é um fator que merece atenção nesse sistema de produção, principalmente em relação a sua composição química (RODRIGUES, 2002).

Nas regiões semiáridas é comum a ocorrência de água subterrânea com elevada concentração de sais, que são provenientes dos tipos de rochas, as quais a água tem contato, e da facilidade de dissolução dessas rochas, que liberam íons e salinizam a água. Entre esses íons os ânions HCO_3^- , Cl^- e SO_4^{2-} e os cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ são apontados como os principais responsáveis pelo aumento da salinidade dessas reservas hídricas (COSTA; MELO; SILVA, 2006; OLIVEIRA; CAMPOS; MEDEIROS, 2010).

A utilização dessas águas no preparo de solução nutritiva altera o equilíbrio iônico desse meio, podendo promover reações de precipitação de sais, interações antagonicas entre íons no processo de absorção radicular e alterações no pH da solução. Segundo Fageria (2001), a interação entre nutrientes em cultivo de plantas ocorre quando o suprimento de um nutriente afeta a absorção de outro, sendo essa interação mais comum quando a concentração de um íon específico está em excesso no meio de cultivo.

Interações antagonicas foram observadas por Maggio *et al.* (2007) cultivando tomate cereja em hidroponia submetido a níveis crescentes de salinidade, produzidos a partir da aplicação de NaCl e CaCl_2 à água do preparo da solução nutritiva, os autores constataram que tanto em folhas novas como em folhas maduras a concentração de Cl^- e de Na^+ aumentaram com o aumento da salinidade, ao contrário do Ca^{2+} e do K^+ que diminuíram suas concentrações nos tecidos foliares.

Outra interação foi observada por Bosco *et al.* (2009) estudando a cultura da berinjela cultivada em hidroponia sob condição salina. Neste estudo, os autores registraram que a salinidade provocou a redução dos teores de N total, tendo sido essa redução atribuída, provavelmente, ao efeito antagonico do Cl^- sobre a absorção de NO_3^- , e como em solução nutritiva a maior quantidade do N encontra-se na forma nítrica (RODRIGUES, 2002) a diminuição da absorção desse ânion tem forte influência sobre a concentração do N total no tecido foliar.

As concentrações de íons na planta também sofrem variação com o tempo de exposição à salinidade. Amor,

Martinez e Cerdá (2001), cultivando tomate em sistema hidropônico com substrato aplicando solução nutritiva em diferentes níveis de salinidade e em diferentes fases do desenvolvimento da cultura, observaram efeito da salinidade e do tempo de exposição à salinidade sobre as concentrações de nutrientes, sendo a intensidade dos efeitos negativos menores quando a aplicação da solução nutritiva salinizada foi feita mais tardiamente durante o cultivo. Os autores constataram que as concentrações de Na^+ e de Cl^- foram menores quando o tempo de exposição à salinidade foi menor.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar as concentrações dos nutrientes no tecido foliar das plantas de tomate cereja cultivadas em sistema hidropônico utilizando água com crescentes níveis de salinidade no preparo da solução nutritiva, submetendo as plantas a diferentes tempos de exposição à salinidade e turnos de rega.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, no período de 13 de maio a 10 de setembro de 2013, utilizando um sistema hidropônico em vasos com substrato (pó de coco) para o cultivo do tomate cereja.

Cada vaso possuía um volume de 8,0 litros e um sistema de drenagem composto de uma camada de brita nº 19 com 2,0 cm de altura envelopada por uma manta geotêxtil. Sobre o sistema de drenagem foram colocados 2,0 kg de pó de coco. Para essa quantidade de substrato a capacidade máxima de retenção de água foi de 3,02 litros.

Para aplicar a solução nutritiva aos tratamentos foi instalado um sistema de irrigação por gotejamento. Para cada nível de salinidade da solução existiam reservatórios específicos com capacidade para 400 litros com uma bomba elétrica do tipo centrífuga acoplada e equipada com um conjunto de torneiras de passagem conectadas as linhas de derivação utilizadas na distribuição da solução nutritiva.

Cada linha de derivação correspondeu a um tratamento e possuía cinco gotejadores do tipo autocompensante com vazão nominal de $4,0 \text{ L h}^{-1}$ (Netafim - modelo PCJ-CNL), sendo cada gotejador direcionado a uma repetição do tratamento, conectados às respectivas linhas de derivação (tratamento) por um microtubo com 5,0 mm de diâmetro. As irrigações foram feitas para elevar a umidade do substrato à capacidade máxima de retenção de água.

As mudas de tomate cereja cv. "Rita" foram adquiridas de viveirista especializado e transplantadas aos 30 dias após a semeadura, deixando uma planta por vaso. Foi utilizado um espaçamento entre plantas de 0,5 m e entre linhas de 1,0 m. Inicialmente as plantas foram mantidas em regime de aclimação até 15 dias após o transplante. Após esse período iniciaram-se os tratamentos.

A água do abastecimento da UFRPE foi salinizada adicionando-se sais para simular a composição química da água salobra subterrânea da Comunidade Poço do Boi, no Município de Ibimirim, região semiárida do Estado de Pernambuco.

A água possuía condutividade elétrica de 1,7 dS m⁻¹, promovida principalmente pela presença dos seguintes íons: K = 2,7 mg L⁻¹; Ca = 74,2 mg L⁻¹; Mg = 71,9 mg L⁻¹; Na = 179,8 mg L⁻¹; SO₄ = 133,4 mg L⁻¹; Cl = 383,7 mg L⁻¹; CO₃ = 52,9 e HCO₃ = 361,2 mg L⁻¹ (SANTOS *et al.*, 2010).

Baseado nessas concentrações de íons empregou-se cálculos de proporção direta para encontrar as quantidades de sais necessárias para obter as condutividades elétricas de: 1,5; 3,0; 4,5; 6,0 e 7,5 dS m⁻¹. Após a salinização e antes do preparo da solução nutritiva o pH dessas águas foi ajustado para cinco, para evitar prováveis precipitações de sais no momento do preparo da solução.

A formulação da solução nutritiva utilizada nessa pesquisa seguiu as recomendações de Furlani *et al.* (1999) para o cultivo hidropônico do tomateiro nas distintas fases fenológicas, conforme Tabela 1. Todos os tratamentos receberam a mesma formulação de nutrientes aplicadas sempre após o preparo e ajuste de pH das águas.

Foram analisados os efeitos do uso de água salobra no cultivo hidropônico do tomate cereja em substrato, estudando três fontes de variação: a salinidade da solução nutritiva (CESol), tempo de exposição das plantas à salinidade (TES) e turno de rega (TR).

As plantas foram submetidas a seis níveis de salinidade da solução nutritiva, medidos em dS m⁻¹, sendo

os valores médios de condutividade elétrica das águas utilizadas nos tratamentos ao longo do experimento de 0,08; 1,57; 2,96; 4,52; 6,04 e 7,49 dS m⁻¹ e da solução nutritiva de 3,01; 4,51; 5,94; 7,34; 8,71 e 10,40 dS m⁻¹. As soluções salinizadas foram aplicadas em duas épocas distintas no ciclo de cultivo: dos 15 aos 120 DAT e dos 60 aos 120 DAT. As plantas ainda foram submetidas a dois TR: um evento de irrigação por dia (TR1) e um evento de irrigação a cada dois dias (TR2).

Para avaliar a concentração dos nutrientes nas plantas foi coletada uma amostra do tecido foliar de três repetições de cada tratamento, situada entre o terceiro e o quarto cacho no período de florescimento. Considerando o tempo de exposição à salinidade, as plantas foram submetidas a 51 dias de exposição (TES1), para os tratamentos em que a solução nutritiva salinizada foi aplicada desde os 15 DAT, e de seis dias de exposição à salinidade (TES2) para as plantas dos tratamentos que foram submetidas à salinidade somente a partir dos 60 DAT.

Para determinar as concentrações dos nutrientes no tecido foliar o material vegetal foi seco em estufa à 70 °C até atingir massa constante, posteriormente as amostras foram trituradas e em seguida digeridas para obtenção dos extratos específicos para a determinação de N, P, K, Ca, Mg, S, Cl e Na, seguindo a metodologia descrita por Bezerra Neto e Barreto (2011).

Para quantificar a concentração de N total nas folhas das plantas de tomate cereja, utilizou-se a digestão sulfúrica e destilação pelo método Kjeldahl. Para determinar os teores P, K, Ca, Mg, S, e Na foi empregada a digestão nítrica em forno de micro-ondas. O teor de P foi determinado por colorimetria, os teores de K e Na por fotometria de emissão de chama, os teores de Ca e Mg por espectrometria de absorção atômica, o teor de S por turbidimetria do sulfato de bário e o teor de Cl por titulação com nitrato de prata.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 6 x 2 x 2 (CESol x TES x TR) com cinco repetições,

Tabela 1 - Composição da solução nutritiva para a cultura do tomate em diferentes fases vegetativa do ciclo

Fase da planta	Macronutrientes (mg L ⁻¹)						Micronutrientes (mg L ⁻¹)					
	NO ₃	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo
Fase A	135	35	52	314	152	40	70	0,5	0,05	2,4	0,75	0,06
Fase B	150	37	52	326	190	40	70	0,5	0,05	2,4	0,75	0,06
Fase C	164	38	52	409	209	40	70	0,5	0,05	2,4	0,75	0,06

Fase A - da semeadura até 30 dias após o transplante das mudas, Fase B - dos 30 aos 60 dias após o transplante das mudas e Fase C - dos 60 dias após o transplante das mudas até o término da colheita

totalizando 120 parcelas experimentais. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e os efeitos sobre as variáveis causados pela fonte de variação “CEsol”, foi aplicado análise de regressão, ajustando modelos polinomiais, selecionados após análise dos parâmetros da equação pelo teste F a 5% de probabilidade e pelo maior valor do coeficiente de determinação.

Já para os efeitos sobre as variáveis dentro das fontes de variação “TES” e “TR” os dados foram analisados pela comparação de médias, utilizando o teste de Tukey a uma probabilidade de 5% (PIMENTEL-GOMES, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cloro (Cl) e sódio (Na) no tecido foliar das plantas de tomate cereja sofreram os efeitos da salinidade da solução nutritiva (CEsol) (Tabela 2). Por outro lado, a concentração de fósforo (P) não foi afetada por esse fator. De acordo com a Tabela 2 verifica-se que o tempo de exposição à salinidade (TES) também afetou a concentração da maioria dos nutrientes estudados, exceto para as concentrações de N e Ca. Já o turno de rega (TR) produziu efeito apenas sobre a concentração de Ca nas folhas.

À exceção das concentrações de P e S nas folhas, todos os demais nutrientes analisados foram afetados pela interação entre os fatores CEsol e TES (Tabela 2). As concentrações foliares de N, Ca e Mg foram influenciadas

pelo efeito da interação entre os fatores CEsol e TR. Verificou-se também efeito da interação tripla entre os fatores CEsol, TES e TR sobre as concentrações de N e Mg (Tabela 2).

O incremento da CEsol aumentou linearmente a concentração de S nas folhas do tomate cereja (Figura 1). Esse resultado diverge dos encontrados por Freire *et al.* (2010) que não registraram efeito da salinidade sobre a concentração de S nas folhas de tomate cv. Santa Adélia e Meia Estaca.

O TES, tomado isoladamente, também influenciou a concentração de S no tecido foliar do tomate cereja, tendo a maior concentração deste nutriente sido constatada no tratamento onde as plantas foram submetidas ao maior TES (Tabela 3).

Para a concentração foliar de P não houve efeito da CEsol nem das interações. Por outro lado, as plantas submetidas a um TES de 51 dias, apresentaram menores concentrações foliares desse nutriente em comparação às plantas submetidas a um TES de seis dias (Tabela 3).

Esse resultado pode estar relacionado com a característica química da água utilizada no preparo da solução nutritiva que, provavelmente, promoveu indisponibilidade do P por precipitação ou interação antagônica com outros íons, ocorrendo uma menor absorção desse nutriente pelas plantas submetidas ao maior TES. Já as plantas que foram submetidas à salinidade apenas a partir da segunda metade do ciclo de cultivo (menor TES) dispuseram de condições mais favoráveis para a absorção e acúmulo desse nutriente.

Tabela 2 - Análise de variância aplicada as concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cloro (Cl) e sódio (Na) nas folhas do tomate cereja cv. “Rita” em função da salinidade da solução nutritiva (CEsol), do tempo de exposição à salinidade (TES) e do turno de rega (TR)

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio							
		N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cl
BLOCO	2	2,157 ^{ns}	1,332 ^{ns}	1,524 ^{ns}	0,463 ^{ns}	0,084 ^{ns}	7,106 ^{ns}	1,080*	14,456 ^{ns}
CEsol (A)	5	9,317**	1,173 ^{ns}	23,222**	4,989**	3,995**	33,951**	22,546**	363,709**
TES (B)	1	2,108 ^{ns}	14,365**	152,368**	0,585 ^{ns}	6,213**	52,275**	186,921**	1474,15**
TR (C)	1	1,115 ^{ns}	0,166 ^{ns}	0,001 ^{ns}	6,283*	0,443 ^{ns}	3,704 ^{ns}	0,340 ^{ns}	8,235 ^{ns}
A*B	5	5,802*	0,734 ^{ns}	10,521**	2,632*	0,841**	5,824 ^{ns}	10,837**	105,407**
A*C	5	5,450*	1,133 ^{ns}	2,207 ^{ns}	5,676**	0,356*	3,769 ^{ns}	0,480 ^{ns}	1,959 ^{ns}
B*C	1	0,503 ^{ns}	0,700 ^{ns}	0,551 ^{ns}	0,204 ^{ns}	0,083 ^{ns}	5,878 ^{ns}	0,482 ^{ns}	3,472 ^{ns}
A*B*C	5	4,326*	0,249 ^{ns}	2,943 ^{ns}	1,802 ^{ns}	0,368*	0,866 ^{ns}	0,509 ^{ns}	2,893 ^{ns}
Erro	46	1,739	0,708	1,577	0,911	0,118	5,585	0,314	5,935
CV (%)	4,38	11,87	3,77	6,43	4,03	20,08	12,02	8,84	

* e ** significativo a 1 e 5% probabilidade pelo teste F, respectivamente; ^{ns} não significativo pelo teste F

Figura 1 - Concentração de enxofre (S) no tecido foliar do tomate cereja cv. "Rita" em função da salinidade da solução nutritiva (CEsol)

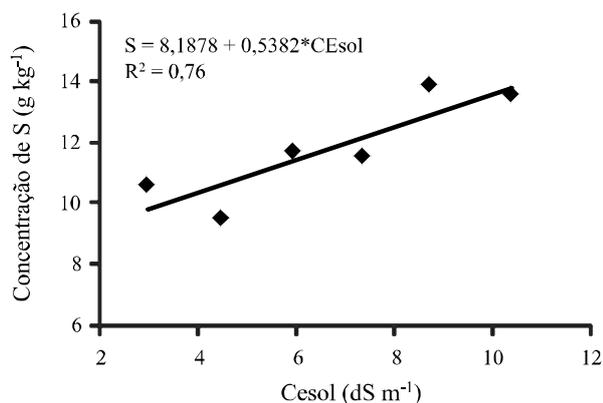


Tabela 3 - Comparação entre as médias de concentração de fósforo (P) e enxofre (S) no tecido foliar do tomate cereja cv. "Rita" em função do tempo de exposição à salinidade da solução nutritiva (TES)

TES	P e S (g kg ⁻¹)	
	P	S
51 dias	6,64 b	12,62 a
6 dias	7,53 a	10,92 b
DMS	0,41	1,10

Médias acompanhadas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Analisando o desdobramento das interações, verificou-se que houve redução linear da concentração de K no tecido foliar das plantas em função do aumento da CEsol, sendo essa redução mais acentuada quando as plantas foram submetidas a um maior TES (51 dias) com redução relativa de 2,15% por dS m⁻¹. Por outro lado, analisando as plantas expostas à salinidade por um menor tempo (6 dias), observou-se que a concentração do K não foi afetada (Figura 2A).

Para o K o tempo no qual as plantas foram expostas à salinidade influenciou sua concentração nas folhas dentro da maioria dos níveis de salinidade, exceto para os níveis 3,01 dS m⁻¹, que refere-se à solução nutritiva padrão preparada com água doce, e a CEsol de 5,94 dS m⁻¹. O menor TES promoveu melhor condição para absorção do K (Tabela 4). Esse resultado difere dos observados por Amor, Martinez e Cerdá (2001), que não registraram efeito do TES sobre a concentração de K na folha de tomate.

A redução da concentração do K no tecido foliar de plantas cultivadas em condições de salinidade é relatada por vários autores (HAJIAGHAEI-KAMRANI; HOSSEINNIYA, 2013; KAHLAOUI *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2011; SHABANI SANGTARASHANI; TABATABAEI; BOLANDNAZAR, 2013). Esses autores relacionam essa redução com o aumento da concentração de Na no meio de cultivo em condições salinas. Em condições com elevada concentração de Na a absorção de K é reduzida, isso devido à interação antagônica existente entre eles. Esses íons competem pelos mesmos sítios de absorção na membrana plasmática das células radiculares (TAIZ; ZEIGER, 2009).

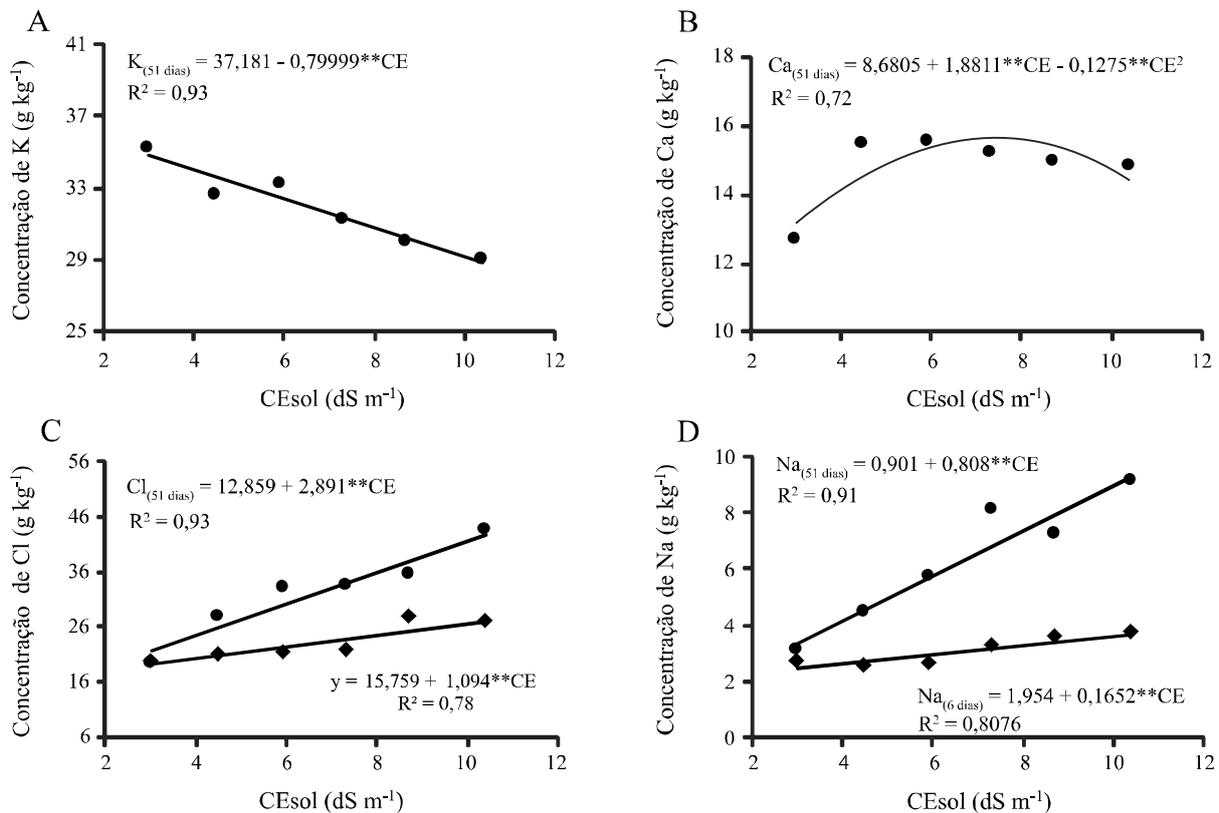
A concentração de Ca no tecido foliar apresentou comportamento quadrático em função do aumento da salinidade da solução nutritiva, diferenciando-se dentro do fator TES, sendo que para as plantas que foram submetidas a um menor TES não foram registrados efeitos da salinidade. Já para a concentração desse nutriente nas plantas submetidas a um maior TES o modelo resultante apresentou tendência crescente até um máximo de concentração, quando a salinidade da solução nutritiva alcançava o valor de 7,40 dS m⁻¹. Após esse ponto a concentração decrescia com o aumento da salinidade (Figura 2B). Por outro lado, não houve diferença nas concentrações de Ca em função do TES dentro dos níveis de salinidade (Tabela 4).

Freire *et al.* (2010), trabalhando com o cultivo do tomate em solo, irrigando esse com água salobra, também observaram comportamento quadrático para a concentração de Ca nas folhas do tomateiro cv. Meia Estaca e constataram que a concentração máxima foi obtida com a salinidade de 3,0 dS m⁻¹ da água de irrigação e que a partir desse ponto ocorria uma redução na concentração de Ca nas folhas. Os autores relacionaram a redução na concentração de Ca no tecido foliar a uma possível substituição do Ca pelo K, Na ou H (hidrogênio).

A concentração de Ca também foi afetada pelo TR dentro da maioria das CEsol, exceto para as CEsol de 4,51 e 8,71 dS m⁻¹ (Tabela 5), e os maiores valores no tecido foliar foram registrados para as plantas irrigadas uma vez por dia, exceto dentro da CEsol de 10,40 dS m⁻¹, que obteve maior média desse nutriente quando a irrigação foi feita uma vez a cada dois dias.

Collier e Huntington (1983), explicam que o Ca tem pouca ou nenhuma mobilidade no floema e aproveita do fluxo transpiratório para o seu deslocamento, sendo levado às diversas partes da planta acompanhando o movimento ascendente da água. Por essa razão, as relações hídricas e os diversos fatores que as afetam, como a salinidade, estão altamente relacionados com a ocorrência de distúrbios fisiológicos ligados ao Ca (MARTINEZ; BRACCINI; BRACCINI, 1997).

Figura 2 - Efeito da salinidade da solução nutritiva (CESol) dentro do tempo de exposição à salinidade (TES) sobre as concentrações de potássio (K), cálcio (Ca), cloro (Cl) e sódio (Na) no tecido foliar do tomate cereja cv. "Rita"



Para as concentrações de Na e Cl nas folhas, observou-se aumento linear em função do incremento da CESol, aumentando as concentrações em termos relativos em 89,68 e 22,59% por dS m⁻¹ para o Na e o Cl, respectivamente, isso quando as plantas foram submetidas a um maior TES. Já quando as plantas foram expostas à salinidade por um menor tempo (6 dias) o aumento relativa na concentração foliar do Na e do Cl foi de 8,44 e 6,94% por dS m⁻¹, respectivamente (Figura 2C e Figura 2D).

Tendência semelhante para as concentrações de Na e Cl foi observada por vários autores (FAN *et al.*, 2011; FREIRE *et al.*, 2010; HAJIAGHAEI-KAMRANI; HOSSEINNIYA, 2013; MAGGIO *et al.*, 2007) e para vários genótipos (DASGAN *et al.*, 2002; RAJA *et al.*, 2012) da cultura do tomate cultivada em condições de estresse salino.

As concentrações de Cl e Na no tecido foliar do tomate cereja foram as mais influenciadas pelo TES dentro das CESol. As diferenciações entre os valores médio de concentrações desses íons nas folhas ocorreram na maioria dos níveis de salinidade da solução, exceto apenas para a CESol de 3,01 dS m⁻¹ (Tabela 4).

As maiores concentrações desses íons foram obtidas quando o TES foi maior, evidenciando que essas plantas não foram eficientes em evitar a absorção e translocação desses elementos para suas folhas. A absorção do Na em meio salino pode não ser inibida, e sua alta concentração no meio pode afetar o transporte de Ca para as raízes, alterando a estabilidade e a seletividade das membranas na absorção de íons (TUNA *et al.*, 2007).

O desdobramento da interação revelou que a concentração de N reduziu com o aumento da CESol dentro dos diferentes TES. Essa redução da concentração de N nas folhas do tomate cereja pode ter ocorrido devido ao aumento da absorção e acúmulo de Cl nos tecidos das plantas. Esse comportamento possivelmente está relacionado com o processo de absorção dos nutrientes e a interação antagonônica existente entre o NO₃⁻ e o Cl⁻. Segundo Fageria (2001) a absorção e transporte do NO₃⁻ são limitados em condições de salinidade devido ao efeito antagonico com o Cl⁻.

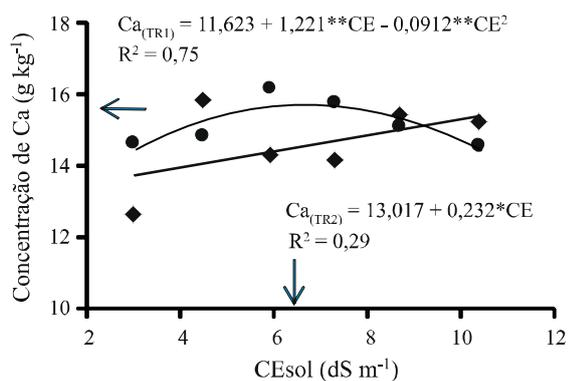
Esse antagonismo também foi observado por Blanco e Folegatti (2008) estudando os efeitos de doses

Tabela 4 - Comparação de médias para o desdobramento do efeito do tempo de exposição à salinidade (TES) dentro da salinidade da solução nutritiva (CEsol) para as concentrações de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na) e cloro (Cl) no tecido foliar do tomate cereja cv. “Rita”

CEsol (dS m ⁻¹)	TES (dias)	N	K	Ca	Mg	Na	Cl
		----- (g kg ⁻¹) -----					
3,01	51 dias	31,73 a	35,17 a	12,67 a	8,25 a	3,07 a	19,27 a
	6 dias	30,89 a	35,55 a	14,50 a	8,48 a	2,73 a	19,79 a
DMS		2,43	1,66	2,77	0,47	0,94	3,24
4,51	51 dias	30,63 a	32,63 b	15,44 a	8,67 a	4,41 a	27,62 a
	6 dias	30,29 a	35,67 a	15,20 a	8,31 b	2,53 b	20,98 b
DMS		2,81	2,06	1,60	0,16	0,59	3,35
5,94	51 dias	29,67 b	33,14 a	15,52 a	8,40 a	5,72 a	32,91 a
	6 dias	31,50 a	34,45 a	14,83 a	7,30 b	2,60 b	21,12 b
DMS		1,45	2,01	1,79	0,32	1,09	4,05
7,34	51 dias	28,62 b	31,27 b	15,20 a	8,25 a	8,12 a	33,49 a
	6 dias	30,45 a	34,05 a	14,65 a	7,95 a	3,23 b	21,76 b
DMS		1,50	1,54	1,36	0,79	0,97	2,37
8,71	51 dias	30,57 a	29,95 b	14,94 a	9,33 a	7,19 a	35,52 a
	6 dias	29,18 a	34,94 a	15,53 a	8,40 a	3,53 b	27,78 b
DMS		1,49	1,80	1,08	0,63	0,48	3,01
10,40	51 dias	28,33 a	29,00 b	14,80 a	10,00 a	9,14 a	43,72 a
	6 dias	29,28 a	33,95 a	14,95 a	8,93 b	3,69 b	26,81 b
DMS		1,36	1,31	0,77	0,71	0,66	3,01

Médias acompanhadas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 3 - Efeito da salinidade da solução nutritiva (CEsol) dentro do turno de rega (TR) sobre a concentração de cálcio (Ca) no tecido foliar do tomate cereja cv. “Rita”



de N aplicadas no tomateiro via fertirrigação com água salina e por Bosco *et al.* (2009), trabalhando com a cultura da berinjela em condições de estresse salino.

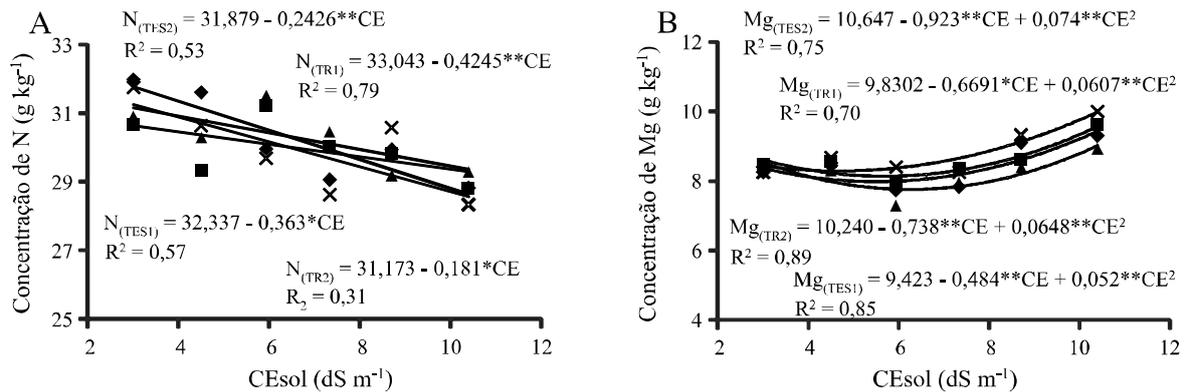
Já com relação ao efeito do TES dentro dos níveis de CEsol sobre a concentração do N nas folhas

das plantas, observou-se que houve diferenças apenas nas CEsol de 5,94 e 7,34 dS m⁻¹ e que a maior média ocorreu quando as plantas foram submetidas ao menor TES (Tabela 4).

Tendência semelhante ocorreu para o efeito das CEsol sobre a concentração de N dentro dos TR, no qual observou-se que o aumento nos níveis de salinidade promoveu uma redução linear nas concentrações de N nas folhas das plantas, sendo essa redução mais acentuada dentro do TR no qual as plantas recebiam irrigação uma vez por dia (Figura 4A).

O efeito do TR dentro das CEsol sobre a concentração do N nas folhas das plantas, diferenciou-se apenas na CEsol de 4,51 dS m⁻¹ e apresentou maior média quando as plantas foram irrigadas uma vez por dia (Tabela 5).

A concentração de Mg nas folhas apresentou tendência quadrática, decrescente até uma concentração mínima, quando a salinidade da solução foi de 4,65 dS m⁻¹, isso para as plantas submetidas a um maior TES e de 6,24 dS m⁻¹, quando as plantas foram expostas à salinidade por

Figura 4 - Efeito da salinidade da solução nutritiva (CEsol) dentro do tempo de exposição à salinidade (TES) e do turno de rega (TR) sobre as concentrações de nitrogênio (N) e magnésio (Mg) no tecido foliar do tomate cereja cv. "Rita"**Tabela 5** - Efeito do turno de rega (TR) dentro da salinidade da solução nutritiva (CEsol) para as concentrações de nitrogênio (N), Cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no tecido foliar do tomate cereja cv. "Rita"

CEsol (dS m ⁻¹)	TR	N			Ca			Mg		
		----- (g kg ⁻¹) -----			----- (g kg ⁻¹) -----			----- (g kg ⁻¹) -----		
3,01	TR1	31,97	a		14,59	a		8,25	a	
	TR2	30,66	a		12,58	b		8,48	a	
DMS		2,29			0,97			0,47		
4,51	TR1	31,59	a		14,84	a		8,43	a	
	TR2	29,32	b		15,80	a		8,54	a	
DMS		2,13			1,41			0,32		
5,94	TR1	29,95	a		16,12	a		7,75	a	
	TR2	31,22	a		14,24	b		7,95	a	
DMS		1,80			1,08			0,94		
7,34	TR1	29,05	a		15,72	a		7,83	b	
	TR2	30,02	a		14,13	b		8,38	a	
DMS		1,96			0,63			0,48		
8,71	TR1	29,94	a		15,07	a		9,10	a	
	TR2	29,81	a		15,40	a		8,63	b	
DMS		1,87			1,15			0,36		
10,40	TR1	28,82	a		14,56	b		9,30	a	
	TR2	28,79	a		15,19	a		9,63	a	
DMS		1,56			0,59			1,09		

Médias acompanhadas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

um menor tempo. A partir desses pontos a concentração de Mg nas folhas aumentou com a salinidade (Figura 4B).

Tendência semelhante do efeito da salinidade ocorreu dentro do fator TR com decréscimos, até uma

concentração mínima de Mg, quando a salinidade da solução foi de 5,48 dS m⁻¹, isso para as plantas submetidas a um evento de irrigação por dia (TR1), e de 5,68 dS m⁻¹, quando as plantas foram irrigadas uma vez a cada dois dias (TR2).

O comportamento da concentração foliar do Mg em função do aumento da salinidade pode ser atribuído à interação antagonista desse nutriente com o Ca. Nesse trabalho pode-se observar que à medida que a concentração de Ca aumentou a de Mg reduziu e o inverso ocorria quando a concentração de Ca reduziu e a de Mg aumentou. Segundo Fageria (2001) a concentração do Mg é reduzida em meio com alta concentração de Ca.

Para o desdobramento do TES dentro dos níveis de CEsol, observou-se que a concentração de Mg, diferiu-se dentro das CEsol de 4,51; 5,95 e 10,40 dS m⁻¹, com maior concentração desse nutriente quando as plantas foram submetidas a um maior TES. Já para o desdobramento do TR dentro da CEsol, a concentração de Mg, diferiu apenas dentro das CEsol de 7,34 e 8,71 dS m⁻¹, sendo que dentro da CEsol de 7,34 dS m⁻¹ a maior concentração ocorreu nas plantas irrigadas uma vez a cada dois dias e na CEsol de 8,71 dS m⁻¹ a maior concentração ocorreu quando as plantas foram irrigadas uma vez por dia (Tabela 5).

Dentre os fatores estudados, os TR foram o fator que menos afetou as concentrações dos nutrientes no tecido foliar. O uso de um maior intervalo entre as irrigações (TR2 - uma irrigação a cada dois dias) promoveu um período maior em que as plantas ficavam sujeitas a uma menor disponibilidade de água. De forma absoluta, isso pode ter gerado um menor consumo de água pelas plantas submetidas a esse tratamento. Esse fato pode ser relacionado com a capacidade de aclimação das plantas em condições de estresse. Uma das principais estratégias adaptativas das plantas frente ao estresse hídrico e salino é o fechamento dos estômatos para diminuir a demanda por água (TAIZ; ZEIGER, 2009). O cálcio é um elemento pouco móvel na planta e se aproveita do fluxo transpiratório para se distribuir dentro dela (COLLIER; HUNTINGTON, 1983); a redução do fluxo transpiratório pode ter influenciado a distribuição desse nutriente para as folhas das plantas do tomate cereja.

CONCLUSÕES

1. O aumento da salinidade da solução nutritiva preparada com água salobra provocou aumentos nas concentrações de sódio e cloro e redução nas concentrações de potássio e nitrogênio no tecido foliar do tomate cereja;
2. O menor tempo de exposição das plantas à salinidade da solução nutritiva proporcionou reduções de menores magnitudes nas concentrações de potássio e nitrogênio e diminuiu as concentrações de sódio e cloro;
3. O turno de rega com uma irrigação a cada dois dias afetou as concentrações foliares de nitrogênio, cálcio e magnésio.

REFERÊNCIAS

- AMOR, F. M.; MARTINEZ, V.; CERDÁ, A. Salt tolerance of tomato plants as affected by stage of plant development. **HortScience**, v. 36, n. 7, p. 1260-1263, 2001.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Análises químicas e bioquímicas em plantas**. Recife: UFRPE, 2011. 267 p.
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: III. Produção e qualidade de frutos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 122-127, 2008.
- BOSCO, A. R. O. *et al.* Influência do estresse salino na composição mineral da berinjela. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 2, p.157-164, 2009.
- COLLIER, G. F.; HUNTINGTON, V. C. The relationship between leaf growth, calcium accumulation and distribution, and tipburn development in field-grown butterhead lettuce. **Scientia Horticulturae**, v. 21, n. 2, p. 123-128, 1983.
- COSTA, A. M. B.; MELO, J. G.; SILVA, F. M. Aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**, v. 20, n. 1, p. 67-82, 2006.
- DASGAN, H. Y. *et al.* Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotype responses. **Plant Science**, v. 163, n. 4, p. 695-703, 2002.
- FAGERIA, V. D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, n. 8, p. 1269-1290, 2001.
- FAN, M. *et al.* Salinity stress in tomatoes can be alleviated by grafting and potassium depending on the rootstock and K-concentration employed. **Scientia Horticulturae**, v. 130, n. 3, p. 615-623, 2011.
- FREIRE, A. L. O. *et al.* Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, p. 1133-1144, 2010. Suplemento 1.
- FURLANI, P. R. *et al.* **Cultivo hidropônico de plantas**. 1. ed. Campinas: IAC, 1999. 52 p. (Boletim técnico, 180).
- HAIJAGHAEI-KAMRANI, M.; HOSSEINNIYA, H. Effect of salinity on nutrient uptake in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in hydroponic system. **International Journal of Agronomy and Plant Production**, v. 4, n. 10, p. 2729-2733, 2013.
- KAHLAOU, B. *et al.* Effects of saline water on tomato under subsurface drip irrigation: nutritional and foliar aspects. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 11, n. 1, p. 69-86, 2011.
- MAGGIO, A. *et al.* Salt stress response in tomato beyond the salinity tolerance threshold. **Environmental and Experimental Botany**, v. 59, n. 3, p. 276-282, 2007.
- MARTINEZ, H. E. P.; BRACCINI, M. C. L.; BRACCINI, A. L. Cultivo hidropônico do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Revista UNIMAR**, v. 19, n. 3, p. 721-740, 1997.

- OLIVEIRA, C. N.; CAMPOS, V. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do Rio Salitre. **Química Nova**, v. 33, n. 5, p. 1059-1066, 2010.
- OLIVEIRA, F. A. *et al.* Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela em função da salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 37-45, 2011.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Degaspari, 2000. 477 p.
- RAJA, S. *et al.* Screening of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes at different salinity levels. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v. 4, n. 6, p. 94-100, 2012.
- RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 762 p.
- SANTOS, A. N. *et al.* Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 961-969, 2010.
- SANTOS, A. N. *et al.* Produção de alface em NFT e floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 2, p. 319-326, 2011.
- SHABANI SANGTARASHANI, E.; TABATABAEI, S. J.; BOLANDNAZAR, S. Yield, Photosynthetic efficiency and Quality parameters of Cherry tomato as affected by Ca²⁺ and K⁺ under NaCl salinity. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 5, n. 12, p. 1280-1288, 2013.
- SOARES, T. M. *et al.* Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 705-714, 2010.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.
- TUNA, A. L. *et al.* The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 59, n. 2, p. 173-178, 2007.