

Análise sensorial, teores de nitrato e de nutrientes de alface cultivada em hidroponia sob águas salinas

Dalva Paulus^{1*}; Durval Dourado Neto²; Eloi Paulus³

¹UTFPR, C. Postal 157, 85660-000 Dois Vizinhos-PR; dalvapaulus@utfpr.edu.br (*autor para correspondência); ²USP-ESALQ, Depto. Prod. Vegetal, 13418-900 Piracicaba-SP; dourado@esalq.usp.br; ³UFSM-CCR, Prédio 42 Faixa de Camobi, km 09, Campus Universitário, 97105-900 Santa Maria-RS, epaulus2000@yahoo.com.br;

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivos determinar os teores de nutrientes e de nitrato e realizar análise sensorial de alface cultivada em sistema hidropônico sob água salina. O experimento foi conduzido em ambiente protegido no período de dezembro de 2007 a janeiro de 2008, em Piracicaba (SP). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, sendo estudados cinco níveis de salinidade da água de irrigação, utilizando-se NaCl (Condutividade elétrica da água (CEa): 0,42, 1,53, 3,52, 5,55 e 7,43 dS m⁻¹) em duas cultivares de alface (Verônica e Pira Roxa), em esquema fatorial. Foram avaliados a análise sensorial aplicando escala hedônica e através dessa, o que os provadores mais apreciaram e o que menos gostaram de cada amostra, intenção de compra e consumo, teor de nitrato, absorção de nutrientes pela folhas e determinação dos nutrientes presentes na solução nutritiva. Para o atributo sabor a cultivar Verônica recebeu as melhores notas no nível de salinidade 1,53 e 5,55 dS m⁻¹. Para a cultivar Pira Roxa a melhor nota foi atribuída para a alface produzida na água não salina. Para os demais atributos não houve diferença significativa nos diferentes níveis de salinidade. Com relação à intenção de compra, constatou-se que as alfaces cv. Verônica e Pira Roxa apresentaram boa aceitação de mercado. Os menores níveis de nitrato (1960 mg kg⁻¹ e 2620 mg kg⁻¹ de massa de matéria fresca), da Verônica e Pira Roxa, respectivamente, foram relacionados à condutividade elétrica de 0,42 dS m⁻¹, aumentando a salinidade da água para 7,43 dS m⁻¹, o teor foliar de nitrato aumentou para 2500 mg kg⁻¹ e 3420 mg kg⁻¹ para as cultivares Verônica e Pira Roxa. Como o tempo de exposição da alface à salinidade em sistema hidropônico foi curto, em torno de 25 dias, não se verificou sintomas de deficiência nutricional e toda alface foi classificada como apropriada para consumo humano.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*, salinidade, nutrição, preferência.

ABSTRACT

Sensory analysis, nitrate and nutrient concentration of lettuce grown in hydroponics under saline water

This study aimed to evaluate the content of nutrients and nitrate and perform sensory analysis of lettuce in hydroponic system under saline water. The experiment was carried out in a greenhouse from December, 2007 to January, 2008, in Piracicaba. The experimental design was randomized blocks and factorial scheme (five salinity levels obtained with the addition of NaCl that resulted in different electrical conductivities of the water (dS m⁻¹): 0.42, 1.53, 3.52, 5.55, 7.43 and two cultivars of lettuce (Veronica and Pira Roxa). The evaluations were: sensory analysis applying hedonic scale and through this, which sample presented the best and the least taste, the purchase intent and consumption, nitrate, absorption of nutrients by leaves and determination of nutrients in the nutrient solution. For the attribute of cultivars, Veronica received the highest marks in salt level 1.53 and 5.55 dS m⁻¹. For cultivar Pira Roxa was awarded the best grade for lettuce grown in non-saline water. For other attributes there was no significant difference in levels of salinity. To purchase intention, it was found that cv. Verônica and Pira Roxa had good market acceptance. The lowest levels of nitrate (1960 mg kg⁻¹ and 2620 mg kg⁻¹ fresh weight) of Verônica and Pira Roxa, respectively, were related to the electrical conductivity of 0.42 dS m⁻¹, increasing water salinity to 7.43 dS m⁻¹, the leaf content of nitrate increased to 2500 mg kg⁻¹ and 3420 mg kg⁻¹ for the cultivars Verônica and Pira Roxa. As the time of exposure to salt in a hydroponic system was short, around 25 days, there were no symptoms of nutrient deficiency and whole lettuce was classified as suitable for human consumption.

Keywords: *Lactuca sativa*, salinity, nutrition, preference.

(Recebido para publicação em 29 de junho de 2010; aceito em 26 de dezembro de 2011)

(Received on June 29, 2010; accepted on December 26, 2011)

A escassez de água no mundo é um problema diagnosticado, especialmente, em países com grandes regiões semi-áridas como o Brasil. Diante do quadro de baixa oferta de água potável, a geração de tecnologias e pesquisas que permitam o uso de águas salinas na produção de alimentos tornam-se importantes para o cenário agrícola.

A tendência da olericultura no Brasil nos últimos anos tem sido a redução da dimensão das áreas cultivadas e o aumento da eficiência das técnicas de

cultivo visando maiores produtividades. Além disso, o mercado consumidor está cada vez mais exigente, buscando produtos de alta qualidade e produzidos de forma a atender a área social e ambiental (Paulus *et al.*, 2010).

O cultivo hidropônico representa uma alternativa ao cultivo convencional, com vantagens para o consumidor, produtor e para o ambiente, como obtenção de produtos de alta qualidade, ciclo curto, com maior produtividade, menor gasto de água, de insumos agrí-

colas e de mão-de-obra. No Brasil, a alface (*Lactuca sativa*) é a hortaliça mais importante produzida no sistema hidropônico NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes).

Soluções nutritivas preparadas com águas salinas ou o reuso de soluções nutritivas tem sido considerada uma possibilidade para essa cultura (Soares, 2007). Em trabalhos realizados com alface em hidroponia com utilização de água salina, o autor concluiu que em hidroponia NFT a tolerância à salinidade

foi maior que em solo.

Os efeitos imediatos da salinidade sobre os vegetais são efeito osmótico, proveniente da diminuição do potencial osmótico, desbalanceamento nutricional devido à elevada concentração iônica, especialmente o sódio, inibindo a absorção de outros nutrientes e efeito tóxico de íons, particularmente o cloro e sódio. Entretanto, o grau com que cada um desses componentes de estresse salino influencia o crescimento, é dependente de muitos fatores, ou seja, da espécie vegetal, da cultivar, do tipo de salinidade, da intensidade e da duração do estresse salino, da luminosidade e do estágio de desenvolvimento da planta (Santana *et al.*, 2003).

A composição mineral nos tecidos foliares varia conforme a espécie, cultivar, tipo de folha e idade da planta (Malavolta *et al.*, 1997), e a absorção de nutrientes em hortaliças segue um padrão de crescimento ou acúmulo de massa seca, sendo o potássio normalmente o mais absorvido (Ferreira *et al.*, 1990). O potássio é o principal nutriente relacionado com funções osmóticas de plantas, podendo atingir concentrações relativamente altas no citoplasma sem afetar as relações metabólicas. Sob condições de estresse com NaCl, sua concentração decresce, influenciando negativamente o crescimento das plantas. Segundo Lacerda *et al.* (2003), algumas vezes, o melhor desempenho de certo genótipo, sob condições de estresse com NaCl, parece estar relacionado com sua melhor nutrição potássica.

As hortaliças juntamente com a água potável, representam as principais fontes alimentares fornecedoras de nitrato ao homem. Com uma suplementação abundante de nitrogênio, a absorção de nitrato pela planta pode exceder a redução e assimilação deste, levando à sua acumulação. Efeitos perigosos à saúde humana podem ocorrer quando vegetais ricos em nitrato são consumidos. Por essa razão têm-se estabelecido limites para o teor de nitrato em vegetais (Santos, 2000). Os produtores de hortaliças buscam encontrar práticas culturais para prevenir ou reduzir o acúmulo de nitrato em vegetais, que pode ser alto em cultivos em ambiente protegido, dependendo da época do ano.

De acordo com Andriolo (1999), a capacidade de acúmulo de nitrato no vacúolo celular é de caráter genético, porém, grandemente influenciada por outros fatores, tais como disponibilidade do íon na solução nutritiva, intensidade luminosa, disponibilidade de molibdênio, temperatura, umidade relativa do ar, sistema de cultivo, época de cultivo e hora de colheita, sendo os dois primeiros os mais importantes.

A análise sensorial é utilizada para medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e como elas são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gustação, tato e audição. Os métodos sensoriais podem ser classificados em analíticos e afetivos. O analítico necessita de equipe treinada para realizar avaliação objetiva. Já no afetivo os avaliadores não precisam de treinamento e podem expressar suas opiniões pessoais ou preferências (Ferreira, 1999).

Os testes afetivos têm como objetivo medir atitudes subjetivas como aceitação ou preferência dos produtos, de forma individual ou em relação a outros. No entanto, nem sempre um produto que é preferido em relação a outro é o mais consumido, já que a aceitação é dependente de fatores tais como preço, qualidade nutricional, disponibilidade e propaganda, dentre outros (Chaves, 2001).

A nível nacional são escassos os estudos na literatura sobre teores de nutrientes e de nitrato e análise sensorial de alface produzida em hidroponia com água salina. O presente trabalho teve como objetivos avaliar os teores de nutrientes e de nitrato e a preferência e intenção de compra de alface produzida em sistema hidropônico sob água salina pelos provadores.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de dezembro de 2007 a janeiro de 2008 em ambiente protegido do tipo arco simples, localizado no Departamento de Engenharia Rural da ESALQ, em Piracicaba (SP).

Foram utilizadas as cultivares Verônica de coloração verde e a Pira Roxa

de coloração roxa, ambas do tipo crespa. As mudas foram produzidas em espuma fenólica e transplantadas para o berçário com sete dias, irrigadas com solução nutritiva (Furlani, 1998) diluída a 50% e aos sete dias após transplante com solução nutritiva a 100%, visando sua adaptação às condições experimentais, ou seja, ao cultivo com águas salinas (Soares, 2007). Empregou-se o sistema NFT, onde a solução nutritiva foi distribuída nos canais de cultivo numa vazão de 1,6 L por minuto com frequência de irrigação programada com o auxílio de temporizador para acionar a moto-bomba durante 15 min e desligada por 15 min no período diurno (07:00 - 20:00 h) e 15 min ligada a cada intervalo de 2 h no período noturno (20:00 - 07:00h).

A solução nutritiva foi baseada em Furlani (1998) com condutividade elétrica próxima a 2,00 dS m⁻¹ quando composta a partir de água com baixa salinidade (0,20 dS m⁻¹). Como o experimento foi conduzido no período de verão, optou-se em utilizar a concentração da solução nutritiva a 75%. Não foram realizadas correções de pH, pois os valores mantiveram-se próximos a 6,0 durante todo cultivo.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, sendo estudados os efeitos de cinco níveis de salinidade da água de irrigação, (Condutividade elétrica da água – CEa: 0,42, 1,53, 3,52, 5,55 e 7,43 dS m⁻¹) utilizando-se NaCl e duas cultivares de alface (Verônica e Pira Roxa), em esquema fatorial 5x2, com seis repetições. As quantidades de NaCl utilizadas nos tratamentos foram (g L⁻¹ de NaCl): Testemunha = 0; T1 = 0,585; T2 = 1,755; T3 = 2,925; T4 = 4,095.

Aos 23 dias após o transplantio foram colhidas quatro plantas centrais do perfil de cultivo e encaminhadas para análise sensorial ao Depto. de Agroindústria Alimentos e Nutrição onde participaram dezoito provadores do sexo feminino e sete provadores do sexo masculino, totalizando 25 pessoas. Os provadores constaram de estudantes e funcionários do Departamento de Agroindústria, voluntários para a análise sensorial considerando-se a sua disponibilidade, o seu interesse e o seu poder discriminativo para avaliar a diferença sensorial de alface cv. Verônica e Pira

Roxa cultivada em cinco diferentes níveis de salinidade.

O preparo das amostras para análise sensorial consistiu de recepção dessas em sala com ar condicionado ligado para evitar que as folhas murchassem rapidamente. Em seqüência as amostras foram separadas de acordo com os cinco tratamentos e cultivares utilizadas no teste de preferência. Posteriormente, foram retiradas as folhas mais tenras de cada unidade, lavadas com água corrente e acondicionadas em bacias.

Para os testes sensoriais, uma folha de cada amostra foi servida, em pratos plásticos brancos. Os recipientes foram codificados com números de três dígitos e as amostras foram casualizadas. Cada provador recebeu cinco amostras codificadas e foi orientado a prová-las da esquerda para a direita, tomar um pouco de água no início e entre uma amostra e outra, e a representar na escala hedônica estruturada mista de sete pontos (7= gostei muito; 6= gostei moderadamente; 5= gostei ligeiramente; 4= nem gostei, nem desgostei; 3= desgostei ligeiramente; 2= desgostei moderadamente; 1= desgostei muito) o quanto gostou ou desgostou cada amostra para as variáveis Sabor, Textura (crocância), Aparência e Impressão Global.

Também foi realizada na mesma ficha de avaliação, uma pesquisa para averiguar o que os provadores mais apreciaram e o que menos gostaram de cada amostra, intenção de compra e consumo.

A metodologia utilizada para avaliar o teor de nitrato na seiva da alface consistiu na coleta da folha mais jovem completamente expandida de cada parcela. Com auxílio de uma tesoura, a nervura central dessa folha foi separada do limbo e cortada em pedaços, os quais foram prensados em uma prensa manual (esmagador de alho). O extrato foi avaliado em sensor eletrônico ('Horiba') específico para testes rápidos de nitrato.

Aos 23 dias após o transplântio foram colhidas quatro plantas centrais do perfil de cultivo, separadas em parte aérea e raízes e pesadas para obtenção da massa fresca. A parte aérea e as raízes foram submetidas à pré-secagem e, posteriormente, levadas à estufa com circulação de ar à temperatura de 65°C para

obtenção das respectivas massas secas. Após secagem das folhas procedeu-se à moagem e determinação dos teores de nutrientes conforme metodologia proposta por Malavolta *et al.* (1997).

A determinação dos nutrientes presentes na solução nutritiva consistiu na coleta de amostras de água armazenada em frascos limpos de 1 L dos diferentes níveis de salinidade aos 7, 14 e 21 dias após o transplântio e posteriormente encaminhadas para o Laboratório de Ecologia Aplicada da ESALQ, que determinou os elementos cloreto, sulfato, P, N-NH₃, Na, Ca e Mg presentes na água através de metodologia proposta por Franson (1995).

Os resultados foram processados no programa "SAS" (SAS Institute, 1999) para análise de variância, análise de regressão polinomial e teste de comparação de médias (Tukey a 5% de probabilidade).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre cultivares e níveis de salinidade para os atributos sabor, textura (crocância), aparência e impressão global (Tabela 1). Pode-se observar que para os atributos sabor, a cultivar Verônica recebeu as melhores notas no nível de salinidade 1,53 e 5,55 dS m⁻¹. Analisando os resultados da cultivar Pira Roxa, a melhor nota foi atribuída para a alface produzida na água não salina. Para os demais atributos não houve diferença significativa nos diferentes níveis de salinidade.

Nas condições que o presente estudo foi realizado, a cultivar Verônica recebeu melhores notas para o atributo sabor e textura em relação à cultivar Pira Roxa. O que pode ter contribuído para a preferência da alface Verônica são as características de coloração. Tradicionalmente o consumidor prefere alface de coloração verde pois, muitos ainda não são adeptos da alface de coloração roxa, apesar de a mesma conter três vezes mais antocianina que as alfaves comuns e um teor maior de antioxidantes, que ajudam no combate ao envelhecimento (Sala & Costa, 2005).

Com relação à intenção de compra, constatou-se que a alface cv. Verônica e Pira Roxa apresentaram boa aceitação

de mercado (Tabela 2). Para a cultivar Verônica, nos níveis de salinidade 3,52 e 7,43 dS m⁻¹, certamente os provadores as adquiririam. Com relação às amostras avaliadas nos níveis de salinidade 0,42, 1,53 e 5,55 dS m⁻¹ observou-se que os provadores talvez as comprariam. Para cultivar Pira Roxa observou-se que nos níveis de salinidade mais baixos (0,42 e 1,53 dS m⁻¹) certamente os provadores as adquiririam e nos demais níveis de salinidade talvez as comprariam.

Quanto à qualidade comercial das cultivares Pira Roxa e Verônica, verificou-se que não apresentaram injúrias severas que pudessem afetar o preço de venda, portanto, toda a massa fresca foi considerada como produtividade comercial. Para fins comerciais as cultivares Pira Roxa e Verônica apresentaram produção de massa fresca (125 e 220 g planta⁻¹), respectivamente.

Através do teste de preferência, considerado uma das mais importantes etapas da análise sensorial (Dutcosky, 1996), verificou-se que este representou o somatório das percepções sensoriais avaliadas e expressou o julgamento, por parte do consumidor, sobre a qualidade da alface produzida em hidroponia com águas salinas.

Não foi observado pelos provadores sabor levemente salgado nos níveis mais elevados de salinidade, diferentemente dos resultados obtidos por Soares (2007) que obteve sabor levemente salgado em alface Verônica utilizando água salina no preparo da solução nutritiva. Os resultados obtidos no experimento estão de acordo com os obtidos por Mizrahi & Pasternak (1985) que não encontraram diferenças significativas no sabor de alface desenvolvida sob condições salinas, em comparação à água não salina. As plantas submetidas a níveis crescentes de salinidade foram menos tenras, exibindo folhas mais coriáceas, características também observadas por Soares (2007).

Quanto ao teor de nitrato, não houve interação significativa entre cultivares e níveis de salinidade. O teor de nitrato nas cultivares em função da salinidade da água apresentou ajuste quadrático (Figura 1). Os menores níveis de nitrato (1960 mg kg⁻¹ e 2620 mg kg⁻¹ de massa de matéria fresca) da Verônica e Pira

Tabela 1. Resultados do teste de preferência para os atributos sabor, textura (crocância), aparência e impressão global aplicando escala hedônica para as amostras de alface cultivares Verônica (V) e Pira Roxa (PR) cultivadas em sistema hidropônico em função da salinidade da água (results of preference test for flavor, texture (crispness), appearance and overall impression applying hedonic scale for samples of lettuce cultivars Verônica (V) and Pira Roxa (PR) grown hydroponically according to the salinity of the water). Piracicaba, ESALQ, 2009.

CEa (dS m ⁻¹)	Sabor		Textura		Aparência		Impressão global	
	V	PR	V	PR	V	PR	V	PR
0,42	6,4b*A	6,0aA	7,2aA	6,2aB	6,6aA	6,5aA	5,5aA	6,0aA
1,53	7,3aA	5,4bB	6,9aA	5,8aB	6,8aA	6,2aA	5,8aA	5,8aA
3,52	6,5bA	5,2bB	6,7aA	5,5aB	7,0aA	6,4aA	6,0aA	5,6aA
5,55	7,0aA	5,0bB	6,5aA	5,3aB	6,5aA	5,7aA	5,7aA	5,4aA
7,43	6,0bA	4,8bB	6,4aA	5,2aB	6,3aA	5,5aA	5,9aA	5,3aA
CV (%)	10		12		9		7	

*Médias seguidas das mesmas letras, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, em cada variável, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, p<0,05 (means followed by the same lowercase letter within a column and uppercase letters within a row are not significantly different, Tukey, 5%).

Tabela 2. Intenção de compra pelos provadores de alface cv. Verônica (V) e Pira Roxa (PR) cultivadas em sistema hidropônico em função da salinidade da água (purchase intent by the judges of cv. Verônica (V) and Pira Roxa (PR) grown hydroponically according to the salinity of the water). Piracicaba, ESALQ, 2009.

Notas	CEa (dS m ⁻¹)									
	0,42		1,53		3,52		5,55		7,43	
	V	PR	V	PR	V	PR	V	PR	V	PR
	Intenção de compra									
1*	16,7	9,0	16,7	17,0	8,3	14,0	16,7	20,0	16,7	25,0
2	29,2	19,0	20,8	23,0	16,7	27,0	20,8	25,0	12,5	18,0
3	54,2	72,0	62,5	60,0	75,0	59,0	62,5	55,0	66,7	57,0
Total	100		100		100		100		100	

* Nota 1 = Não; Nota 2 = Talvez; Nota 3 = Sim (grade 1= no; grade 2= perhaps; grade 3= yes).

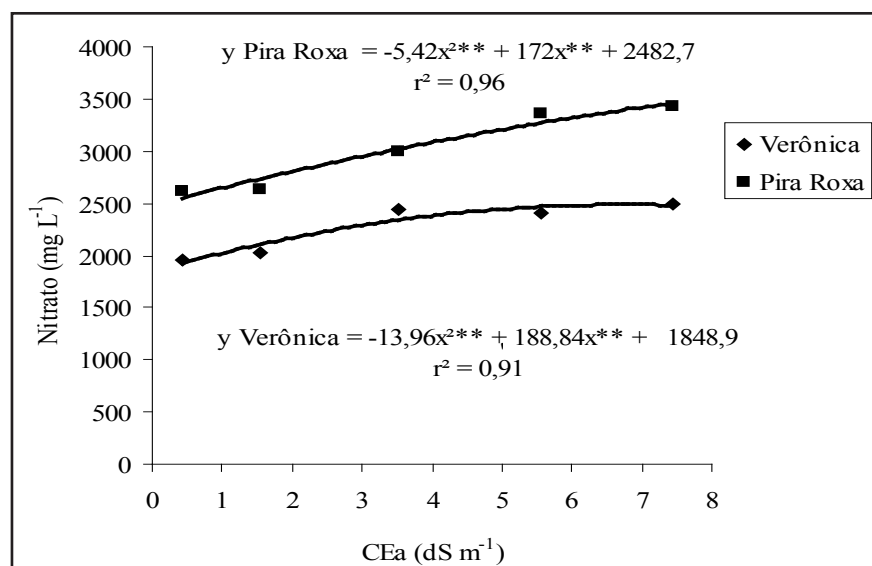


Figura 1. Teor de nitrato de alface cultivar Verônica e Pira Roxa em função da salinidade da água. (nitrate contents of lettuce cultivar Verônica and Pira Roxa under saline water). Piracicaba, ESALQ, 2009.

significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (significant at 1% probability through the F test).

Roxa, respectivamente, foram relacionados à condutividade elétrica de 0,43 dS m⁻¹. Aumentando a salinidade da água para 7,43 dS m⁻¹, o teor foliar de nitrato aumentou para 2500 mg kg⁻¹ e 3420 mg kg⁻¹ para as cultivares Verônica e Pira Roxa (Figura 1).

Os níveis mais elevados de salinidade causaram aumento de nitrato foliar (Figura 1). Esses resultados podem ser explicados pela alta taxa de produção de matéria nos tratamentos submetidos às menores CE, uma vez que, de acordo com Krohn *et al.* (2003), as folhas mais jovens acumulam mais nitrato que as maduras. Essa tendência está de acordo com o ajuste osmótico necessário à absorção de água sob condições de baixo potencial total da água (Chung *et al.*, 2005).

Por outro lado, Miceli *et al.* (2003) avaliando as cultivares de alface Balerina e Severus em sistema hidropônico, constataram que, aumentando a salinidade da solução nutritiva de 1,6 para 4,6 dS m⁻¹ com adição de NaCl, o teor de nitrato das folhas diminuiu de 2218 mg kg⁻¹ para 1634 mg kg⁻¹ de massa da matéria fresca. Pardossi *et al.* (1999) observaram baixo acúmulo de nitrato em trabalhos com plantas de salsão (*Apium graveolens*) submetidas a diferentes níveis de salinidade (2,0 dS m⁻¹, 6,0 dS m⁻¹ e 10 dS m⁻¹) mediante adição de NaCl. Segundo os autores, a redução da absorção de nitrato foi devida ao antagonismo do nitrato com o cloreto presente na solução nutritiva, pois este

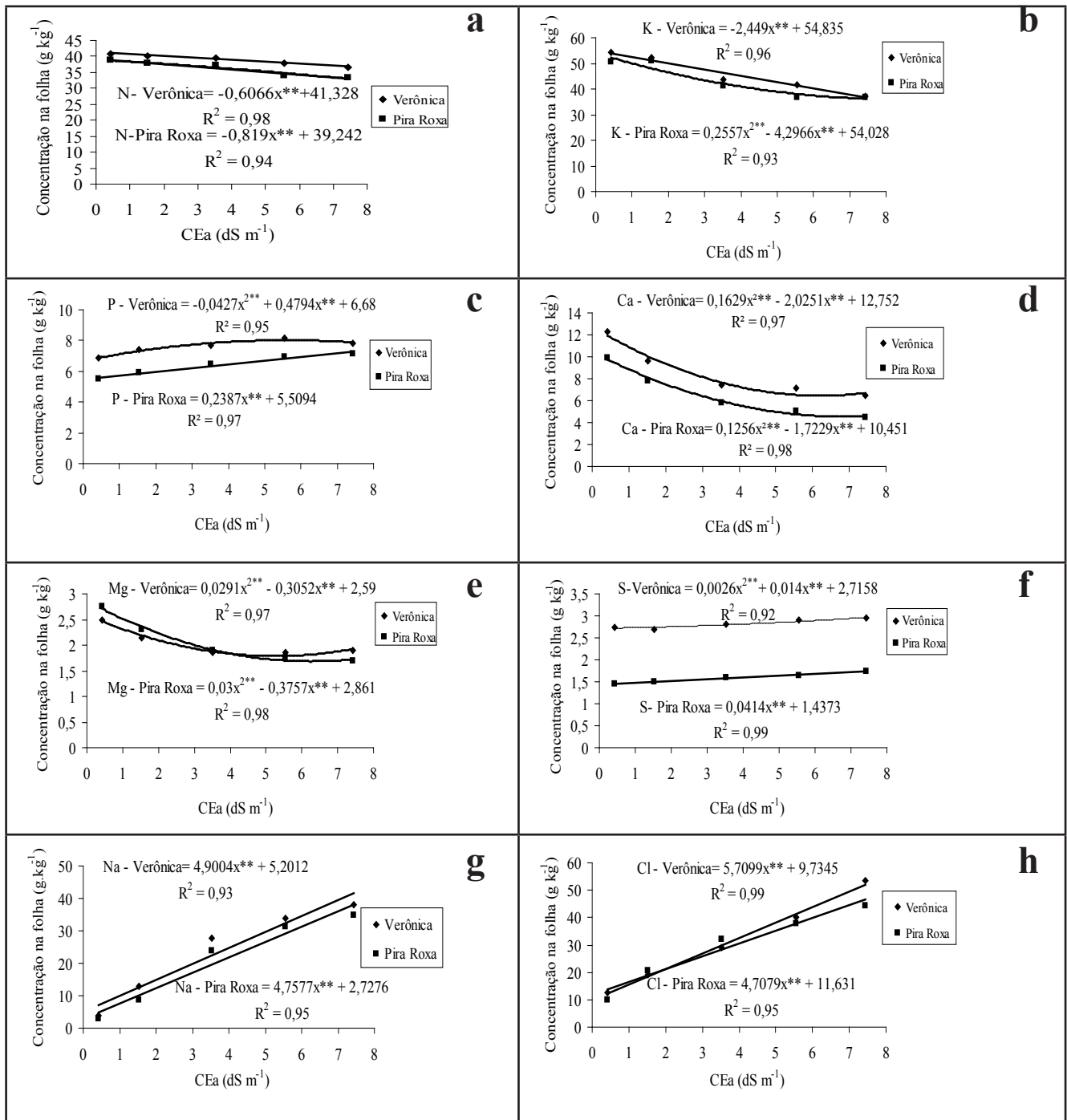


Figura 2. Concentração de nutrientes (g kg^{-1}): N (a), K (b), P (c), Ca (d) Mg (e), S (f), Na (g) e Cl (h) das folhas de alface cultivares Verônica e Pira Roxa em função da salinidade da água (concentration of nutrients (g kg^{-1}): (a) N, (b) K, (c) P, (d) Ca, (e) Mg, (f) S, (g) Na and (h) Cl of lettuce leaves cv. Verônica and Pira Roxa under saline water). Piracicaba, ESALQ, 2009.

significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (significant at 1% probability through the F test).

é um substituto osmótico daquele em meio salino.

No Brasil não existe legislação específica que regulamente os teores de nitrato máximos permitidos em vegetais. Os teores de nitrato obtidos neste trabalho encontram-se abaixo do limite máximo permitido pela Comu-

nidade Européia que estabeleceu como limite máximo permitido para alface produzida em casa-de-vegetação teores de nitrato na massa fresca de 3.500 mg kg^{-1} para o período de verão, 4.500 mg kg^{-1} para o período de inverno e 2.500 mg kg^{-1} o limite máximo permitido para alface produzida em campo (Mccall &

Willumsen, 1998).

Quanto á avaliação nutricional, durante o período de cultivo não foram observados sintomas visuais de desequilíbrios. Como se trabalhou com doses de NaCl, os sintomas de toxidez por sódio foram verificados na CEa de 5,55 e 7,43 dS m^{-1} , sendo evidenciados pelo nanis-

Tabela 3. Concentração de nutrientes da solução nutritiva (mg L⁻¹) utilizada durante o cultivo de alface Verônica e Pira Roxa nos diferentes níveis de salinidade da água. (concentration of nutrients from the nutrient solution (mg L⁻¹) used for growing lettuce at different levels of salinity). Piracicaba, ESALQ, 2009.

DAT*	CEa (dS m ⁻¹)	Cl	SO ₄	P	N-NH ₃	Na	K	Ca	Mg
7	0,42	57,7	198,7	23,4	10,10	80,0	120,0	112,2	31,3
7	1,53	486,7	208,7	23,9	8,00	279,0	116,0	110,2	31,1
7	3,52	1261,8	198,7	25,8	7,60	510,0	114,0	107,6	27,4
7	5,55	2162,3	188,8	24,6	9,20	672,0	126,0	117,6	29,8
7	7,43	4631,2	198,7	23,8	8,20	728,0	128,0	121,4	30,7
14	0,42	56,8	242,2	14,2	0,06	100,0	63,0	102,1	26,0
14	1,53	634,7	210,6	22,4	0,06	450,0	56,0	104,1	27,2
14	3,52	1761,1	231,7	18,8	0,06	1020,0	92,0	108,6	27,5
14	5,55	2663,5	231,7	18,8	0,06	1525,0	99,0	112,8	28,2
14	7,43	3748,3	221,1	18,2	0,06	2150,0	111,0	112,6	28,2
21	0,42	56,8	244,7	13,4	0,06	100,0	19,0	129,2	26,8
21	1,53	611,5	222,4	14,8	0,06	445,0	40,0	118,8	27,0
21	3,52	1663,4	244,7	18,6	0,06	1200,0	65,0	131,4	28,9
21	5,55	2696,6	255,8	21,4	0,06	1800,0	82,0	139,2	29,7
21	7,43	3459,8	244,7	23,0	0,06	2250,0	100,0	135,0	31,0

*Dias após o transplantio (*days after transplanting).

mo nas plantas e as folhas coriáceas com coloração verde e roxa mais intensa nas variedades cultivadas de alface.

Através da concentração de nutrientes nas folhas, verificou-se que o aumento da salinidade da água resultou na redução dos teores foliares de nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio para as cultivares avaliadas, sendo o comportamento linear e quadrático (Figura 2a, 2b, 2d e 2e). Os teores de fósforo e enxofre apresentaram comportamento quadrático e linear crescente para as cultivares Verônica e Pira Roxa, respectivamente (Figura 2c e 2f).

Os teores de Cl e Na apresentaram comportamento linear crescente (Figura 2g, 2h). Os teores de cloro foram superiores aos de sódio com o aumento da salinidade, devido a sua mobilidade e transporte elevado, também por ocorrer como anion livre na planta (Marschner, 1995).

Apesar dos teores de sódio e cloreto terem sido superiores na cultivar Verônica (23,28 g kg⁻¹ e 30,80 g kg⁻¹, respectivamente) em relação à Pira Roxa (20,28 g kg⁻¹ e 29,0 g kg⁻¹), a produção de massa fresca da Verônica (220,5 g planta⁻¹) foi superior em 43% em relação à Pira Roxa (125 g planta⁻¹).

A análise das concentrações foliares

de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre da alface demonstram que todos os nutrientes estavam dentro das faixas de concentração adequadas de macronutrientes para a cultura da alface, estabelecidos por Koefender (1996) em trabalhos com avaliação do desenvolvimento das plantas de alface Verônica, em diferentes manejos da solução nutritiva.

Os teores de nitrogênio apresentaram redução nos níveis de salinidade mais elevados, podendo-se inferir que o efeito da salinidade está relacionado com o teor de sais presentes na água, do período em que a planta é submetida ao estresse salino e, principalmente, dependente dos diferentes graus de tolerância de cada espécie (Al-Harbi, 1995), no caso da alface, classificada por Rodrigues (2002) como tolerante à salinidade. Em trabalhos realizados por Al-Harbi (1995) com plântulas de tomate e pepino em diferentes níveis de salinidade, o autor constatou que os teores de N na parte aérea não foram afetados. Por outro lado, Hu & Schmidhalter (1997) em trabalhos com trigo constataram redução dos teores de N com o estresse salino.

Os resultados obtidos com o fósforo e enxofre podem ser explicados pela maior quantidade que foi exigida pela planta para a realização de suas funções

metabólicas. Algumas pesquisas têm demonstrado que o estresse salino pode aumentar a necessidade de P de algumas culturas. Tal fato pode estar relacionado ao seu desempenho no armazenamento de energia e no transporte e particionamento de carboidratos (Gibson, 1988).

Nas condições que o presente estudo foi realizado constatou-se que as concentrações de Na⁺ inibiram a absorção de K⁺ e Ca⁺⁺, por meio de competição pelos sítios de absorção em nível de membrana (Epstein & Bloom, 2006). Lazof & Lauchli (1991) mostraram que a salinidade por NaCl resultou no acréscimo de Cl e Na e decréscimo da concentração de Ca, K e P em plantas de alface. Dentro deste contexto, pode-se inferir que o Ca tem um importante papel na resposta das plantas em condições salinas, já que o mesmo é essencial para manter a seletividade e a integridade das membranas, o que pode ser justificado pelos resultados de pesquisa indicando que a suplementação de Ca, em tais condições, melhora o crescimento de várias espécies cultivadas (Cachorro *et al.*, 1994).

Fernandes *et al.* (2002), estudando o acúmulo de macronutrientes e Na⁺ em pupunheira, constataram redução na absorção de K⁺ quando se adicionou Na⁺ na solução nutritiva, atribuindo esse

efeito ao antagonismo existente entre esses cátions, o que justifica a redução na absorção de K^+ no presente estudo.

De acordo com Cramer *et al.* (1994) a salinidade acarretou reduções nos teores de cálcio em plantas de milho submetidas a diferentes níveis de salinidade. Segundo o autor, a elevação na concentração de sódio na solução nutritiva ocasionou queda nos teores de cálcio. Dessa forma, é provável que a redução nos teores desse nutriente tenha sido um dos fatores que afetaram o metabolismo e consequentemente reduziram a absorção desse elemento nos níveis mais elevados de salinidade.

O comportamento dos teores de magnésio das cultivares avaliadas foi bastante semelhante aos teores de cálcio, quando foram submetidos a aumentos sucessivos das concentrações de cloreto de sódio na solução nutritiva. Trabalhos com plântulas de milho têm reportado que as concentrações de magnésio podem permanecer constantes ou diminuir na parte aérea com o incremento do estresse salino (Azevedo Neto & Tabosa, 2000). O decréscimo do teor de Mg pode estar relacionado a uma competição iônica com o Na (Hu & Schmidhalter, 1997). Esta variabilidade de resultados realça a importância de maiores estudos sobre a influência da salinidade sobre os teores deste macronutriente nos diferentes tecidos vegetais.

De acordo com os resultados da análise foliar, o consumidor que adquirir alface do nível mais alto de salinidade 7,43 dS m^{-1} , levando em consideração a massa obtida de 17 e 9 g de massa de matéria seca ou 220,5 g e 125 g de massa de matéria fresca da cv. Verônica e Pira Roxa, respectivamente, ele estará ingerindo de Na (g) 0,65 e 0,31 e de Cl (g) 0,93 e 0,40 para a cv. Verônica e Pira Roxa, respectivamente. Com relação ao limite recomendável de 6 g de NaCl por dia, de acordo com Kaplan (2000), as quantidades de sal acumuladas nas cultivares de alface, nas condições em que o experimento foi desenvolvido, não apresentam restrições à saúde dos consumidores com relação ao aspecto de concentração de sal.

Os resultados de análise foliar e exportação de sais pelas folhas estão de acordo com os resultados obtidos por

Soares (2007). Segundo o autor, a alface não exporta em teores significativos a quantidade de sais incorporados com o uso de águas salinas. Se for o caso de cultivos sucessivos, pensando em reaproveitar os nutrientes, os íons tóxicos acumulados na solução nutritiva se tornam um complicador. Nesse sentido, com a finalidade de reaproveitamento dos nutrientes do efluente de produção da alface com águas salinas, sugere-se buscar irrigar outras culturas.

De acordo com a análise da solução nutritiva utilizada no cultivo das variedades de alface, pode-se observar que, nos níveis de salinidade mais elevados os nutrientes potássio, fósforo, cálcio e magnésio foram absorvidos em menor quantidade em relação à água não salina, onde os nutrientes foram diminuindo, de forma gradativa, conforme a absorção da alface durante o cultivo (Tabela 3). O teor desses nutrientes na folha de alface diminuiu com o aumento da salinidade, enquanto na solução nutritiva o teor de alguns nutrientes (potássio e cálcio) aumentou. Já o magnésio permaneceu constante. Possivelmente as concentrações de Na^+ inibiram a absorção de K^+ e Ca^{++} , por meio de competição pelos sítios de absorção em nível de membrana (Epstein & Bloom, 2006), sendo assim, a planta absorveu em menor quantidade esses elementos, o que justifica os resultados de maior concentração na solução nutritiva nos níveis mais altos de salinidade.

O teor de cloreto aumentou até os 14 DAT nas plantas de alface cultivadas com águas salinas e, na fase final do ciclo, essa concentração diminuiu (Tabela 3). Para o sódio, a concentração aumentou nos níveis de salinidade de água. A redução da absorção de cloreto pelas plantas de alface pode significar um mecanismo de defesa da planta ao estresse salino. Segundo Taiz & Zeiger (2004) a absorção de sais pelas plantas depende em parte da capacidade das raízes de impedir que íons potencialmente prejudiciais alcancem as partes aéreas. Os íons de sódio penetram nas raízes passivamente de modo que as células das raízes devem usar energia para expelir Na^+ ativamente de volta para a solução externa. Em contraste, Cl^- é expelido pelo potencial elétrico

negativo através da membrana celular e baixa permeabilidade das membranas plasmáticas da raiz para este íon.

Os resultados obtidos em sistema de cultivo hidropônico indicam que a alface produzida com águas salinas apresenta aceitação de mercado no teste de preferência. O teor de nitrato foi abaixo do limite máximo permitido pela Comunidade Européia e as plantas de alface não apresentaram sintomas de deficiência nutricional. Nas condições que o presente estudo foi desenvolvido é possível utilizar água salina para a produção da alface em cultivo hidropônico, especialmente em regiões semi-áridas, como alternativa para produção de hortaliças por produtores que tenham disponibilidade de água salina e restrita disponibilidade de água doce, o que pode contribuir para o reaproveitamento de água e também geração de renda para as regiões com escassez de água doce.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO NETO AD; TABOSA JN. 2000. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II. Dissertação dos micronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 4: 126-171.
- ANDRIOLO JL. 1999. *Fisiologia das culturas protegidas*. Santa Maria: UFSM. 142p.
- AL-HARBI AR. 1995. Growth and nutrient composition of tomato and cucumber seedlings as affected by sodium chloride salinity and supplemental calcium. *Journal of Plant Nutrition* 18: 1403-1416.
- CACHORRO P; OTIZ A; CERDÁ A. 1994. Implications of calcium nutrition on the response of *Phaseolus vulgaris* L. to salinity. *Plant and Soil* 159: 205-212.
- CHAVES JBP. 2001. *Análise sensorial – histórico e desenvolvimento*. Caderno didático, Viçosa: UFV. 81p.
- CHUNG JB; JIN SJ; CHO HJ. 2005. Low water potential in saline soils enhances nitrate accumulation of lettuce. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 36: 1773-1785.
- CRAMER GR; ALBERICO GJ; SCHMIDT C. 1994. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. *Australian Journal of Plant Physiology* 21: 675-692.
- DUTCOSKY SD. 1996. *Análise sensorial de alimentos*. Curitiba: Editora Champagnat, 123 p.
- EPSTEIN E; BLOOM A. 2006. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. Tradução de NUNES MET. 2. ed. Londrina: Editora Planta. 403 p.

- FERNANDES AR; CARVALHO JG; CURI N; PINTO JEBP; GUIMARÃES PTG. 2002. Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. *Pesquisa Agropecuária brasileira* 37: 1613-1619.
- FERREIRA ME; CASTELLANE PD; CRUZ MCP. 1990. *Nutrição e adubação de hortaliças*. Simpósio sobre nutrição e adubação de hortaliças, Jaboticabal-SP: Potafós. 480p.
- FERREIRA VLP. 1999. *Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos*. São Paulo: Campinas, 109 p.
- FRANSON MAH. 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. *American Public Health Association*, Washington, 19ª ed.
- FURLANI PR. 1998. *Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica hidroponia NFT*. Campinas: Instituto Agrônomo. 30 p. (Boletim técnico 168).
- GIBSON TS. 1988. Carbohydrate metabolism and phosphorus/salinity interactions in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant and Soil* 111: 25-35.
- HU Y; SCHMIDHALTER U. 1997. Interactive effects of salinity and macronutrient level on wheat - part II: composition. *Journal of Plant Nutrition* 20: 1169-1182.
- LACERDA CF; CAMBRAIA J; CANO MAO; RUIZ HA; PRISCO JT. 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. *Environmental and Experimental Botany* 47: 107-120.
- LAZOF D; LAUCHLI A. 1991. The nutritional status of the apical meristem of *Lactuca sativa* as affected by NaCl salinization: an electrode-probe microanalytic study. *Planta* 184: 334 -342.
- KAPLAN NM. 2000. The dietary guideline for sodium: should we shake it up? No. *The American Journal of Clinical Nutrition* 71: 1020-1026.
- KOEFENDER VN. 1996. *Crescimento e absorção de nutrientes pela alface cultivada em fluxo laminar de solução*. Piracicaba: USP-ESALQ. 1996. 85p. (Tese mestrado).
- KROHN NG; MISSIO RF; ORTOLAN ML; BURIN A; STEINMACHER DA; LOPES MC. 2003. Teores de nitrato em folhas de alface em função do horário de coleta e do tipo de folha amostrada. *Horticultura Brasileira* 21: 216-219.
- MALAVOLTA EA; VITT GC; OLIVEIRA AS. 1997. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafós. 201p.
- MARSCHNER H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2ª ed. London: Academic Press. 889p.
- McCALL D.; WILLUMSEN F. 1998. Effects of nitrate, ammonium and chloride application on the yield and nitrate content of soil-grown lettuce. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 73: 698-703.
- MICELI A; MONCADA A; D'ANNA F. 2003. Effect of salt stress in lettuce cultivation. *Acta Horticulturae* 609: 371-375.
- MIZRAHI Y; PASTERNAK D. 1985. Effect of salinity on quality of various agricultural crops. *Plant and Soil*, 89: 301-307.
- PAULUS D; DOURADO NETO D; FRIZZONE JA; SOARES TM. 2010. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. *Horticultura Brasileira* 28: 29-35.
- PARDOSSI A; BAGNOLI G; MALORGIO F; CAMPIOTTI CA; TOGNONI F. 1999. NaCl effects on celery (*Apium graveolens* L.) grown in NFT. *Scientia Horticulturae* 81: 229-242.
- RODRIGUES LRF. 2002. *Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido*. Jaboticabal: FUNEP. 762 p.
- SALA FC; COSTA CP. 2005. "PIRAROXÁ": cultivar de alface crespa de cor vermelha intensa. *Horticultura Brasileira* 23: 158- 159.
- SANTANA MJ; CARVALHO JA; SILVA ÊL; MIGUEL DS. 2003 Efeito da salinidade da água de irrigação na produção da alface americana. *Ciência agrotecnologia* 27: 433-450.
- SANTOS OS. 2000. *Hidroponia da alface*. Santa Maria: Imprensa Universitária, 160p.
- SOARES TM. 2007. *Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT com alternativa agrícola condizente ao semi-árido brasileiro*. Piracicaba: USP-ESALQ. 267 p. (Tese doutorado).
- TAIZ L; ZEIGER E. 2004. *Fisiologia vegetal*. Tradução de SANTARÉM ER. et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed. 719 p.