

Diferentes condutividades elétrica em soluções nutritivas para alface crespa em sistema hidropônico

Leanderson Antonio Elsing¹; Alexandre Tiago Acco Pauletto¹; Anderson Henrique de Sousa Paiter¹; João Paulo Brazão Gianini^{1*}; Marcelo José de Oliveira Martins¹; Tatiane Barbosa dos Santos¹; Idiana Marina Dalastra²

¹Academicos em Agronomia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Toledo, PR.

²Docente no curso de Agronomia, Escola de Ciências da Vida, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Toledo, PR.

*joao_gianini@hotmail.com

Resumo: O cultivo alternativo tem ganhado espaço na agricultura brasileira, dentre as alternativas em relação ao cultivo convencional, o sistema hidropônico tem se destacado, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes valores de Condutividade Elétrica em solução nutritiva para alface crespa. O trabalho foi conduzido na comunidade de Bom Princípio, localizado na cidade de Toledo – PR, em estufas com bancadas para alocação das mudas. O delineamento foi inteiramente casualizado, em 5 tratamentos e 4 repetições com 25 plantas por parcela. Sendo que os tratamentos para as diferentes condutividades elétrica foram entre 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 dS m⁻¹. As avaliações das variáveis foram feitas no laboratório de citologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná- Campus Toledo. Avaliou-se variáveis Massa Fresca Total, Folhas Descarte, Folhas uteis, Comprimento de raiz, Comprimento do caule, Massa fresca da raiz + caule e Massa Seca total. As variáveis foram submetidas a análise de variância em função do nível de 5% de significância pelo Teste F, e as médias comparadas por análise de regressão. Para os parâmetros avaliados os valores não foram significativos estatisticamente, não havendo interações entre os tratamentos, não houve incrementos a produtividade para as variáveis avaliadas.

Palavras-chave: Hidropônia; *Lactuca sativa*; salinidade.

Different electrical conductivities in nutritive solutions for curly lettuce in hydroponic system

Abstract: The alternative cultivation has gained space in Brazilian agriculture, among the alternatives in relation to conventional cultivation, the hydroponic system has been highlighted, the present work was conducted with the aim of evaluating the effects of different values of Electric Conductivity in nutritive solution for curly lettuce. The work was conducted in the community of Bom Princípio, located in the city of Toledo - PR, in greenhouses with benches for the allocation of seedlings. The design was completely randomized in 5 treatments and 4 replicates with 25 plants per plot. The treatments for the different electrical conductivities were between 1.0; 1.5; 2.0; 2.5 and 3.0 dS m⁻¹. The evaluations of the variables were done in the cytology laboratory of the Pontifical Catholic University of Paraná - Campus Toledo. Total Fresh Mass, Discard Leaves, Useful Leaves, Root length, stem length, fresh root + stem mass and total dry mass were evaluated. The variables were submitted to analysis of variance according to the level of 5% of significance by Test F, and the means compared by regression analysis. For the parameters evaluated, the values were not statistically significant, and there were no interactions among the treatments, there were no increases in productivity for the variables evaluated.

Keywords: Hydroponics; *Lactuca sativa*; Salinity.

Introdução

O cultivo alternativo tem ganhado espaço na agricultura brasileira, dentre as alternativas em relação ao cultivo convencional, o sistema hidropônico NFT (Fluxo laminar de nutrientes) tem se destacado, apresentando vantagens para o consumidor, produtor e para o ambiente, com a obtenção de produtos de alta qualidade, ciclo curto, maior produtividade, menor gasto de água, de insumos agrícolas e de mão de obra. A hidropônia é uma excelente forma de produzir

alimentos de alta qualidade, com altas produtividades e melhores aproveitamentos de recursos naturais, com menores desperdícios de água e nutrientes (MENEGAES *et al.*, 2015).

Referente a nutrição, para o consumo humano de alimentos, as hortaliças desempenham papel importante na alimentação. Hortícolas são indispensáveis em dietas saudáveis ao organismo humano, servindo como fonte de nutrientes, fibras, vitaminas, carboidratos e sais minerais (FILHO e BRASIL, 2016); e também servem como acompanhamento dos mais diversos pratos na alimentação humana por todo o mundo.

Entre as hortaliças, uma que merece destaque é a produção de alface (*Lactuca sativa* L), uma planta anual da família da *Asteraceae*, com respostas produtivas em climas amenos e é uma das hortaliças mais produzida e tem maior preferência pelos consumidores em todo o mundo (COUTO, MORREIRA e JUNIOR, 2015), sendo que, a alface tem ampla adaptabilidade em diferentes sistemas de cultivo, destacando-se como a mais importante hortaliça produzida em sistema hidropônico (PAULUS *et al.*, 2015).

A hidropônia além de otimizar o consumo de fertilizantes para a produção de alimentos, serve como forma sustentável de aproveitamento dos recursos hídricos. O uso eficiente da água na agricultura tem despertado um interesse constante na busca de novas tecnologias, dessa forma, a hidropônia surge como uma alternativa para o aproveitamento de águas, pois no sistema de cultivo hidropônico a resposta das plantas à salinidade principalmente, tem apresentado melhores resultados do que os cultivos em solo (SILVA *et al.*, 2017).

Para o uso da hidropônia como técnica sustentável, a prática do cultivo hidropônico deve permitir ao produtor rural uma perspectiva de rentabilidade econômica agrícola, com mínimo de impacto ambiental e produtivo, assim, garantindo produtos de qualidade a mesa do consumidor (COUTO, MORREIRA e JUNIOR, 2015). O cultivo hidropônico na sua totalidade caracteriza-se em sistemas protegidos em estufas, com níveis de tecnificações variadas e com produções de mudas próprias, desenvolvendo seus próprios balanceamento da solução nutritiva com objetivo de atender as exigências nutricionais da cultura a ser implantada.

Uma solução nutritiva hidropônica, compõe-se de um sistema homogêneo de solução com nutrientes necessários à planta, geralmente na forma iônica e em proporções adequadas. A concentração total dos nutrientes na solução pode ser estimada medindo-se a condutividade elétrica da solução. Devido à taxa diferencial de absorção dos nutrientes, a Condutividade Elétrica da solução indica, na maior parte, o Ca, Mg e S remanescentes, enquanto os micronutrientes contribuem com menos de 0,1 % para a CE da solução (COMETTI *et al.*, 2006).

A Condutividade Elétrica indica a salinidade presente na solução, para a escolha de sais no fornecimento de macronutrientes, é preferível utilizar sais que não contenham sódio (Na) e cloro (Cl^-), que podem acumular-se na solução, aumentando a salinidade (Condutividade Elétrica) e reduzindo a absorção de alguns nutrientes. O Cl^- pode reduzir a absorção de NO_3^- (Nitrato), e o Na em solução interfere na absorção de Ca (Cálcio) e K (Potássio), causando desequilíbrio nutricional a cultura (MARSCHNER, 1995; COMETTI *et al.*, 2006).

A salinidade (Condutividade Elétrica) é variável de cultura a cultura. A maioria das espécies cultivadas é de tolerância sensível ou moderadamente sensível a salinidade, sendo que não se tolera condições permanentes de salinidade (TAIZ e ZEIGER, 2006). Todas as culturas possuem um nível de tolerância à salinidade, o aumento dessa salinidade provoca estresse salino na planta e, conseqüentemente, percas na produtividade, devido ao gasto de energia para adaptar-se ao meio salino (SANTOS *et al.*, 2018).

Ainda existe muita controvérsia em relação ao valor de Condutividade Elétrica a ser utilizado para o cultivo da alface em sistema hidropônico, os valores são proporcionais à concentração dos vários íons em solução, do potencial osmótico da solução, e, da escolha dos sais para o preparo da solução. Costa *et al.* (2001), observaram as produtividades superiores em soluções com $2,46 \pm 0,24 \text{ dS m}^{-1}$, no cultivo de alface americana de cabeça crespa. Helbel Junior *et al.* (2008), utilizando a cultivar “Vera” de alface crespa, observaram valores superiores de produtividade com a CE de $1,2 \text{ dS/m}^{-1}$. Para Cometti *et al.* (2006), a utilização de CE para alface em sistema hidropônico é em torno de $1,0$ a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, sendo que apresenta como CE desejada de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$. Devido ao autoconsumo da alface e a importância da cultura na cadeia produtiva de hortaliças, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes valores de Condutividades Elétricas (CE) em cultivo hidropônico na cultura da alface crespa.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido em cultivo hidropônico de alface de ciclo completo, em um propriedade particular na comunidade de Bom Princípio (-24.767631,-53.642969), localizado na cidade de Toledo – PR. As avaliações das variáveis foram feitas no laboratório de citologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná- Campus Toledo, localizado na cidade de Toledo – PR.

O delineamento foi inteiramente casualizado, em 5 tratamento e 4 repetições com 25 plantas por parcela da cultivar “vera” de alface do grupo crespa, em ciclo completo, desde a maternidade, berçário e fase final; sendo que os tratamentos (T) para condutividade elétrica

(CE) foram o seguinte: T 1: CE 1,0 dS m⁻¹; T2: CE 1,5 dS m⁻¹; T3: CE 2,0 dS m⁻¹; T4: CE 2,5 dS m⁻¹; T5: CE 3,0 dS m⁻¹. O período de maternidade (semeadura) foi de 10 dias em espuma fenólica, cobertos com substrato comercial, a fase de berçário foram de 15 dias, após transferiu-se para a fase final (25 dias) com início dos tratamentos em CE nas soluções nutritivas.

Para a adubação nutritiva da solução e ajuste da CE (Tabela 1), seguiu-se recomendações de Cometti *et al.* (2006), sendo a seguinte: para se obter o ajuste da CE da solução nutritiva desejada (SND), deve-se multiplicar os valores de concentração de sais da solução Básica (Tabela 1), pelo fator de correção ($f_{ce} = \text{SND}_{CE} / 0,64$), obtendo as concentrações finais dos sais.

Tabela 1 - Solução nutritiva básica para a cultura da alface, corrigida para a condutividade elétrica (CE) desejada.

Fonte de sal	Solução básica ¹	Solução desejada ²				
		g m ⁻³				
Nitrato de cálcio	163,2	261,1	375,4	505,9	636,5	767,0
Nitrato de potássio	278,0	444,8	639,4	861,8	1084,2	1306,6
MAP	23,0	36,8	52,9	71,3	89,7	108,1
Sulfato de magnésio	80,0	128,0	184,0	248,0	312,0	376,0
CE (dS m ⁻¹)	0,64	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
f_{ce} ³	-	1,6	2,3	3,1	3,9	4,7

¹Conforme Cometti *et al.* (2006); ²Solução desejada para os tratamentos; ³ $f_{ce} = \text{SND}_{CE} / 0,64$

Após o preparo das soluções, utilizou-se um condutivímetro (modelo AK50) para aferir a CE, permitindo uma variação de até $\pm 0,10$ dS m⁻¹, para as soluções desejadas. Para manter a CE desejada nos tratamentos durante o período de experimento, foi adicionada solução básica aferindo com o condutivímetro duas vezes ao dia (as 8:00 horas e as 17:00 horas).

Para as avaliações das variáveis utilizou-se balança de precisão para verificar o peso, as folhas comerciais e descartes (entre aceitas comercialmente e não aceitas) foram separadas visualmente e pesadas (g), após pesadas as folhas totais; para medir o comprimento (cm) de raiz e do caule utilizou-se uma régua graduada (cm); para avaliação da massa seca (g) as plantas foram submetidas a câmara de circulação de ar forçada num período de 72 horas e uma temperatura de 55°C, em embalagens de papeis permeáveis, após secas foram pesadas (g) (descontou-se as taras das embalagens). O transporte do material para análise até o laboratório foram em horários frescos (períodos noturnos) diminuindo respiração e desidratação das plantas avaliadas.

As variáveis avaliadas de Massa Fresca Total (MFT), Folhas Descarte (FD), Folhas comerciais (FC), Comprimento de raiz (CR), Comprimento do caule (CC), Massa fresca da raiz

+ caule (MFRC) e Massa Seca total (MT) foram tabuladas e submetidas a análise de variância (ANOVA) em função do nível de 5% de significância pelo Teste F, e as médias qualitativas comparadas por análise de regressão. As análises foram realizadas utilizando o programa estatístico SISVAR 5.6 - Sistema para análise de variância (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

As diferentes Condutividades Elétricas (CE) avaliadas não foram influenciadas pelos tratamentos submetidos (Tabela 2), não havendo efeito significativo entre os tratamentos para as variáveis avaliadas. Para todos os parâmetros avaliados sendo: massa fresca total, folhas descarte, folhas comerciais, comprimento de raiz, comprimento de caule, massa seca total e massa fresca da raiz e caule os valores não foram significativos ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, não ocorrendo interferência no índice de CE, na produção de alface Crespa em sistema hidropônico.

Tabela 2- Resultado da análise de Regressão aplicada as variáveis avaliadas em função de diferentes Condutividade Elétrica (CE). Massa Fresca Total (MFT), Folhas Descarte (FD), Folhas uteis (FU), Folhas Totais (FT), Comprimento de raiz (CR), Comprimento do caule (CC), Massa fresca da raiz + caule (MFRC) e Massa Seca total (MST), para o cultivo de alface em sistema hidropônico. Toledo – PR. 2018.

Variável	Equação	R ²	Pr>F	CV (%)
MFT	$y = -55,663CE^2 + 231,55CE + 30,964$	0,54	0,4788 ^{ns}	1,78
FD	$y = 0,9429CE^2 - 3,6714CE + 8,94$	0,98	0,7891 ^{ns}	8,92
FU	$y = -1,3714CE^2 + 5,5257CE + 12,6$	0,48	0,3156 ^{ns}	3,85
FT	$y = -0,4286CE^2 + 1,8543CE + 21,54$	0,97	0,5449 ^{ns}	2,28
CR	$y = -7,4857CE^2 + 28,383CE + 3,98$	0,83	0,4637 ^{ns}	3,04
CC	$y = -2,3429CE^2 + 8,8514CE + 8,6$	0,97	0,0548 ^{ns}	4,50
MFR	$y = -11,94CE^2 + 48,49CE + 11,05$	0,35	0,2537 ^{ns}	4,54
MST	$y = -5,9029CE^2 + 23,515CE - 7,086$	0,95	0,0816 ^{ns}	1,81

^{ns}, Não significativo para a variável avaliada.

Em contrapartida, esses resultados de massa fresca total (Tabela 2) contrapõe aos resultados observados por Helbel Junior *et al.* (2008), onde observaram respostas significativas para a variável de biomassa fresca, entre os tratamentos submetidos a diferentes CE, obtendo melhores resultados para CE de 1,2 dS m⁻¹, relacionando a CE elétricas maiores efeito negativos ocasionados pela pressão osmótica e maiores concentrações de sais na solução dificultando a absorção de água para repor a perda por transpiração; em CE inferiores a 1,2 dS m⁻¹, os autores mencionam que os resultados podem ter sido afetados devido a carência de nutrientes na solução e que a disponibilidade dos elementos minerais na rizosfera, não foi suficiente para um crescimento satisfatório.

Em trabalho com alface de cabeça, Costa *et al.*, (2001), encontraram melhores resultados com CE igual $2,46 \text{ dS m}^{-1}$, afirmando que soluções que apresentam baixas CE, as plantas apresentam deficiência de nitrogênio, potássio e cálcio. Em soluções com condutividades maiores suprimem a necessidade absorção de planta. O mesmo pode não ter ocorrido para esse trabalho, não alterando significativamente as variáveis avaliadas com o aumento da CE suprimindo as necessidades nutricionais da planta mesmo em baixas CE, como nitrogênio, potássio e cálcio, nas condutividades elétricas testadas, em baixas CE este trabalho não apresentou diferenças para as maiores submetidas.

Comportamentos diferentes desse trabalho, também foram observados por Santos *et al.* (2010), para as variáveis folhas descartes, folhas úteis e massa seca total (Tabela 2), em estudos realizados com água de rejeitos de dessalinizadores em cultivo de sistema Hidropônico NFT, com a cv. Vera do grupo solta crespa e CE entre $1,4$ e $5,5 \text{ dS m}^{-1}$, obtiveram redução linear para produção de alface em sistema hidropônico, com redução de $94,83\%$ do peso de massa fresca em relação a menores CE; os resultados também interferiram no tamanho da folha, reduzindo área foliar na medida em que aumentava a CE; e, reduziu o peso de massa seca com maiores CE; esses resultados inferiores em maiores CE foram relacionados ao estresse hídrico causado pela pressão osmótica devido a salinidade na solução nutritiva utilizada. Tais resultados não foram observados no presente estudo devido possivelmente a época de cultivo serem diferenciadas o que leva uma maior necessidade da planta em água.

A elevação da CE nas soluções nutritivas em sistema hidropônico de cultivo, é provocada pelo aumento da salinidade na solução, interferindo no potencial osmótico da solução, diminuindo a disponibilidade hídrica para a planta. A salinidade na solução ocorre devido concentração de íons (Na^+ , K^+ , Cl^- e SO_4^{2-}), aumentando o potencial osmótico da solução e diminuindo o potencial osmótico e hídrico celular, inibindo a absorção da água pelas raízes (CORRÊA *et al.*, 2010).

A interferência sobre caule, raiz e relação parte aérea e sistema radicular no cultivo de alface em sistema hidropônico, foi observado por Gondin *et al.*, (2010), ocorrendo decréscimo dos resultados em relação a maiores CE (4 dS m^{-1}), reduzindo a relação parte aérea e raiz em 47% , porém obteve produtividade máxima com CE de $2,6 \text{ dS m}^{-1}$, mesmo afetando o crescimento radicular. Os autores justificam os decréscimos ao ajuste osmótico que causaram efeito negativo no crescimento e recomendam CE para cultivo de alface em sistema hidropônico NFT entre $1,5$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$. Tendo em vista que as CE utilizadas pelos autores supracitados

foram superiores às do presente trabalho, não houve então neste estudo interferência negativa para a massa de caule e raiz, indicando que a CE estava adequada para o cultivo da espécie.

O aumento da salinidade na solução nutritiva no decorrer do manejo, está relacionado aos íons não absorvidos pelas plantas, esse desequilíbrio iônico provoca alteração no consumo hídrico da planta (PAULUS *et al.*, 2015), alterando negativamente a produtividade. O estresse hídrico causado pela pressão osmótica da solução com alta concentração de sais, é denominado seca fisiológica (SOARES, 2007). Esse processo faz com que a planta procure uma adaptação ao meio como medida de sobrevivência ao estresse hídrico e salino, para isso reduz a transpiração e consequentemente absorção de água, interferindo negativamente no tamanho de planta e número de folhas (TAIZ e ZAIGER, 2009).

Entre os ajustes necessários que a planta precisa para se adaptar a condições de adversidade, como submetidas nesse trabalho, a planta precisa ajustar o balanço nutricional e fisiológico, fator que vai influenciar na translocação de nutrientes conforme necessidade fisiológica, ocorrendo ajuste osmótico na célula, fechamento estomático nas folhas, influenciando na fotossíntese, transpiração e consequentemente translocação de nutrientes para as funções vitais e manutenção de vida na planta (CORRÊA *et al.*, 2010). Esses fatores possivelmente ocorreram para esse trabalho, não apresentando acréscimos ou reduzindo resultados das variáveis avaliadas. Esses ajustes são necessários pela planta para induzir resistência a essa adversidade de salinidade, garantindo sobrevivência para a planta em CE mais elevadas através das alterações morfofisiológicas da planta.

Conclusões

Não houve interferência do acréscimo da CE nos parâmetros produtivos avaliados para alface crespa cv Vera. É necessário a realização de mais experimentos nesse sentido para estudar a resistência da cultura a salinidade e condutividades elétricas elevadas na solução.

Referências

COMETTI, N. N.; FURLANI, P. R.; RUIZ, H. A.; FERNADES FILHO, E. I. **IV-Soluções Nutritivas: Formulação E Aplicações**. 2006.

CORRÊA C. V; JOCA T. A. C; ALVES M. S; SIFUENTES M. V. B; RODRIGUES A. L; BROETTO F. **Mecanismos morfológicos e metabólicos em vegetais para adaptação ao estresse salino**, 2010. Capítulo 4, 64p.

COSTA, P. C.; DIDONE, E. B.; SESSO, T. M.; CAÑIZARES, K. A. L.; GOTO, R. Condutividade elétrica da solução nutritiva e produção de alface em hidroponia. **Scientia Agricola**, p. 595-597, 2001.

COUTO, A. L.; MORREIRA, D. A.; JUNIOR, P. V A. Produção de mudas de cultivares de alface utilizando duas espumas fenólicas em Altamira. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 10(1), 201-207, 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FILHO, J. C. R.; BRASIL, J. B. Diagnóstico do consumo de hortaliças em uma instituição de ensino no nordeste brasileiro. **Ensino & Pesquisa**, 14(01), 2016.

GONDIM, A. R. O.; PEREIRA-FLORES, M. E.; MARTINEZ, H. E. P.; FONTES, P. C. R.; PERREIRA, P. R. G. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico NFT. **Bioscience Journal**, 26(6), 2010.

HELBEL JUNIOR, C.; REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L. D.; GONÇALVES, A. C. A.; FRIZONE, J. A. Influência da condutividade elétrica, concentração iônica e vazão de soluções nutritivas na produção de alface hidropônica. **Ciência e Agrotecnologia**, 32(4), 1142-1147, 2008.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. New York, Academic Press, 1995. 889p.

MENEGAES, J. F.; FILIPETTO, J. E.; RODRIGUES, A. M.; SANTOS, O. S. Produção sustentável de alimentos em cultivo hidropônico. **Revista Monografias Ambientais**, 14(3), 102-108, 2015.

PAULUS, D.; PAULUS, E.; NAVA, G. A.; MOURA, C. A. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidropônia com águas salinas. **Ceres**, 59(1), 2015.

SANTOS, R. S.; DANTAS, D. C.; NOGUEIRA, F. P.; DIAS, N. S.; NETO, M. F.; GURGEL, M. T. Utilização de águas salobras no cultivo hidropônico da alface. **Irriga**, 15(1), 111, 2018.

SANTOS, R. S.; DIAS, N. S.; NETO, O. N. S.; GURGEL, M. T. Uso do rejeito da dessalinização de água salobra no cultivo da alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema hidropônico NFT. **Ciência e Agrotecnologia**, 34(4), p.983-989, 2010.

SILVA, M. D.; SOARES, T. M.; GHEVI, H. R.; OLIVEIRA, I. D. S.; FREITAS, F. D.; RAFAEL, M. R. S. **Consumo hídrico do coentro em hidroponia NFT com o uso de águas salobras para reposição do consumo evapotranspirado**. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 4, Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 26, e Simpósio Brasileiro de Salinidade, Foz de Iguaçu, 3, 2017.

SILVEIRA, J. A.; SILVA, S. L.; SILVA, E. N.; VIÉGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**, 1, 161-18. 2010.

SOARES, T.M. **Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao semi - árido brasileiro.** 2007. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. São Paulo, 268 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 719 p.