



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

ANA JACQUELINE DE OLIVEIRA TARGINO

ESTRATÉGIA DE FERTIRRIGAÇÃO NO CULTIVO DA ALFACE (*Lactuca sativa* L.)
EM SUBSTRATO

MOSSORÓ – RN
AGOSTO DE 2017

ANA JACQUELINE DE OLIVEIRA TARGINO

ESTRATÉGIA DE FERTIRRIGAÇÃO NO CULTIVO DA ALFACE (*Lactuca sativa* L.)
EM SUBSTRATO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Manejo de Solo e Água”.

MOSSORÓ – RN
AGOSTO DE 2017

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

TTarg 185e Targino, Ana Jacqueline de Oliveira.
Estratégia de fertirrigação no cultivo da
alface (*Lactuca sativa* L.) em substrato / Ana
Jacqueline de Oliveira Targino. - 2017.
105 f. : il.

Orientador: Francisco de Assis de Oliveira.
Coorientadora: Mychelle Karla Teixeira de
Oliveira.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Manejo de Solo e Água, 2017.

1. salinidade. 2. volume de vasos. 3.
frequência de irrigação. I. Oliveira, Francisco de
Assis de, orient. II. Oliveira, Mychelle Karla
Teixeira de, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ANA JACQUELINE DE OLIVEIRA TARGINO

ESTRATÉGIA DE FERTIRRIGAÇÃO NO CULTIVO DA ALFACE (*Lactuca sativa* L.)
EM SUBSTRATO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Manejo de Solo e Água”.

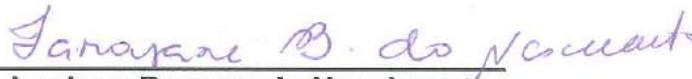
Aprovada em: 30 / 08 / 2017

Banca examinadora


Francisco de Assis de Oliveira
Presidente da Comissão Julgadora


Osvaldo Nogueira de Sousa Neto
Externo ao Programa


Mychelle Karla Teixeira de Oliveira
Externo ao Programa


Larajane Bezerra do Nascimento
Externo a Instituição

Aos meus avôs e minha avó
(*In memoriam*) Jorge Braz,
Raimundo Targino e
Severina do Nascimento.

Ao meu filho
Murillo Oliveira de Sousa

Aos meus pais
Evaneide Maria de Oliveira e Carlos Augusto Targino

Ao meu companheiro
Lennon Sousa

Às minhas irmãs e ao meu sobrinho
Gilvaneide de Medeiros, Janine Oliveira e Pedro Felipe

Aos amigos queridos
Dedico, com amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente á Deus por tudo que proporcionou em minha vida . Pela força concedida para passar pelas dificuldades e para que eu pudesse seguir em busca dos meus sonhos.

À Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA) por me conceder a oportunidade de adquirir novos conhecimentos na graduação e agora na pós-graduação, através do Programa de Manejo de solo e água.

Á Capes, pela concessão da bolsa de estudos, possibilitando o desenvolvimento da pesquisa.

Aos meus pais, Evaneide Maria de Oliveira e Carlos Augusto Targino, minhas irmãs Gilvaneide e Janine, e ao meu sobrinho, Pedro Felipe, que sempre me estimularam a seguir meu caminho de forma coerente, que estiveram presentes em todas as horas e que sempre me apoiaram com seu amor incondicional.

Ao meu filho, Murillo Sousa, que me deu mais forças para correr atrás dos meus objetivos.

A Lennon Sousa por seu amor e compreensão, por seus conselhos, pelo apoio dado ao longo dos anos, por sua presença em todas as horas, pela dedicação e pela paciência.

Ao meu orientador e amigo, professor D. Sc. Francisco de Assis de Oliveira (Thikão), pela disponibilidade, pelo conhecimento compartilhado, pela paciência, dedicação e confiança que teve em minha pessoa.

À banca avaliadora pela presença e contribuição para o trabalho através de sugestões bastante construtivas.

A minha amiga Carla Caroline que desde a graduação está presente com seus conselhos e sua paciência.

Aos colegas de turma que sempre me ajudaram e as amizades adquiridas ao longo desses anos. Em especial a Arthur Allan, Josué Sizenando e Izaura Raquel por estarem sempre presentes não só na vida acadêmica.

Ao grupo de pesquisa IRRIGANUTRI, pela ajuda prestada na condução dos experimentos, em especial: Jamile, Paula Aline, Isabelly, Regina, Sandy, Adênio, Leite Neto, Aline Alves, Helena, Lilia e Dennis.

Ao funcionário e amigo Sérgio Freire Costa, por toda a ajuda e contribuição prestadas em todos os experimentos.

Enfim, a todos que estiveram presente e me ajudaram direta ou indiretamente na realização desse trabalho. Muito obrigada!!

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO	1
1. INTRODUÇÃO GERAL	2
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A CULTURA.....	3
2.2 MANEJO DA IRRIGAÇÃO E USO DE ÁGUA SALINA NA AGRICULTURA	4
2.3 CULTIVO PROTEGIDO E HIDROPÔNICO.....	6
2.4 SALINIDADE: EFEITOS TÓXICOS E EQUILÍBRIO NUTRICIONAL.....	7
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
CAPÍTULO II - VOLUME DE RECIPIENTE E FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DE ALFACE SEMI-HIDROPÔNICO	13
RESUMO.....	14
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4. CONCLUSÕES	24
REFERÊNCIAS.....	25
CAPÍTULO III – CULTIVO DE ALFACE EM DIFERENTES VOLUMES DE VASO E FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO SOB ESTRESSE SALINO	27
RESUMO.....	28
ABSTRACT.....	29
1. INTRODUÇÃO.....	30
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4. CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS.....	44
CAPÍTULO IV – ESTRATÉGIA DE FERTIRRIGAÇÃO NO CULTIVO DE ALFACE SOB ESTRESSE SALINO.....	46
RESUMO.....	47
ABSTRACT.....	48
1. INTRODUÇÃO.....	49
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	50
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	55

4. CONCLUSÕES	67
REFERÊNCIAS.....	68
CAPÍTULO V – SOLUÇÃO NUTRITIVA SALINA ENRIQUECIDA COM POTÁSSIO NO CULTIVO DE ALFACE EM CULTIVO HIDROPÔNICO COM SUBSTRATO...	70
RESUMO.....	71
ABSTRACT.....	72
1. INTRODUÇÃO.....	73
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	74
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
4. CONCLUSÕES	88
REFERÊNCIAS.....	89
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

- Tabela 1** Diâmetro do caule, número de folhas total e número de folhas comerciais de alface cultivada em sistema semi-hidropônico com fibra de coco em função de diferentes volumes de recipientes e frequências de irrigação.....19
- Tabela 1** Massa fresca total, massa fresca comercial e massa seca total de alface cultivada em sistema semi-hidropônico com fibra de coco em função de diferentes volumes de recipientes e frequências de irrigação.....21

CAPÍTULO III

- Tabela 1** Resumo da análise de variância para diâmetro do caule (DC), número de folhas totais (NFT) e número de folhas comerciais (NFC) da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando água salina, diferentes volumes de vaso e frequências de irrigação. Mossoró-RN, 2017.....34
- Tabela 2** Teste de médias para diâmetro do caule, número de folhas totais e número de folhas comerciais da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando água salina, diferentes volumes de vaso e frequências de irrigação. Mossoró-RN, 2017.....35
- Tabela 3** Resumo da análise de variância para massa fresca comercial (MFC), massa fresca total (MFT), massa seca total (MST) e área foliar (AF) da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando água salina, diferentes volumes de vaso e frequências de irrigação. Mossoró-RN, 2017.....37
- Tabela 4** Teste de médias para massa fresca comercial, massa fresca total, massa seca total e área foliar da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando água salina, diferentes volumes de vaso e frequências de irrigação. Mossoró-RN, 2017.....38
- Tabela 5** Resumo da análise de variância para suculência foliar (SF), área foliar específica (AFE) e teor de água (TA) da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando água salina, diferentes volumes de vaso e frequências de irrigação. Mossoró-RN, 2017.....39

Tabela 6.	Teste de médias para suculência foliar, área foliar específica e teor de água da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando água salina, diferentes volumes de vaso e frequências de irrigação. Mossoró-RN, 2017.....	41
Tabela 7.	Teste de médias para massa fresca total (MFT) e área foliar específica (AFE) da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando água salina, diferentes volumes de vaso e frequências de irrigação. Mossoró-RN, 2017.....	41

CAPÍTULO IV

Tabela 1.	Quantidade de sais para preparo de solução nutritiva para as diferentes soluções.....	51
Tabela 2.	Resumo da análise de variância para diâmetro do caule (DC), número de folhas totais (NFT), número de folhas comerciais (NFC) e área foliar (AF) da alface em cultivo semi-hidropônico submetida a diferentes combinações de N/K/Ca, água salina e diferentes volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017.....	51
Tabela 3.	Teste de médias para área foliar e número de folhas comerciais da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando diferentes combinações de N/K/Ca, água salina e diferentes volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017.....	56
Tabela 4.	Resumo da análise de variância para massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca comercial (MFC), massa seca das raízes (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST) da alface em cultivo semi-hidropônico submetida a diferentes combinações de N/K/Ca, água salina e diferentes volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017.....	58
Tabela 5.	Teste de médias para massa fresca comercial e massa fresca da parte aérea da alface em cultivo semi-hidropônico diferentes combinações de N/K/Ca, água salina e diferentes volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017.....	59
Tabela 6.	Teste de médias para massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST) da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando diferentes combinações de N/K/Ca, água salina e diferentes volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017.....	62
Tabela 7.	Resumo da análise de variância para teor de água (TA), suculência foliar (SF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) da alface em cultivo	

	semi-hidropônico submetida a diferentes combinações de N/K/Ca, água salina e diferentes volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017.....	63
Tabela 8.	Teste de médias para teor de água, suculência foliar, razão de área foliar e teor de água da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando diferentes combinações de N/K/Ca, água salina e diferentes volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017.....	64
Tabela 9.	Teste de médias para diâmetro do caule (DC), número de folhas totais (NFT) da alface e área foliar foliar específica (AFE) em cultivo semi-hidropônico utilizando diferentes combinações de N/K/Ca, água salina e diferentes volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017.....	65

CAPÍTULO V

Tabela 1.	Descrição das soluções nutritivas utilizadas no experimento.....	75
Tabela 2.	Quantidade de sais para preparo de solução nutritiva para as diferentes soluções.....	75
Tabela 3.	Resumo da análise de variância para diâmetro do caule (DC), número de folhas totais (NFT), número de folhas comerciais (NFC), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa fresca comercial (MFC) da alface em cultivo semi-hidropônico submetida a diferentes soluções nutritivas e volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017.....	79
Tabela 4.	Teste de médias para massa fresca da parte aérea e massa fresca comercial da alface em cultivo semi-hidropônico submetida a diferentes soluções nutritivas e volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017.....	81
Tabela 5.	Resumo da análise de variância para massa seca das raízes (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das folhas (MSF), massa seca total (MST) e área folia (AF) em cultivo semi-hidropônico submetida a diferentes soluções nutritivas e volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017.....	82
Tabela 6.	Teste de médias para massa seca das folhas, massa seca das raízes, massa seca da parte aérea e massa seca total da alface em cultivo semi-hidropônico submetida a diferentes soluções nutritivas e volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017.....	83

Tabela 7. Resumo da análise de variância para área foliar específica (AFE), suculência foliar (SF) e razão de área foliar (RAF) da alface em cultivo semi-hidropônico submetida a diferentes soluções nutritivas e volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017.....86

Tabela 8. Teste de médias para suculência foliar, razão de área foliar e área foliar específica da alface em cultivo semi-hidropônico submetida a diferentes soluções nutritivas e volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017.....87

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO IV

- Figura 1.** Localização da estufa experimental e casa de vegetação onde foi realizado o experimento, UFERSA-DCAT, Mossoró-RN, 2017.....50
- Figura 2.** Temperatura e umidade relativa média diária do ar no período do experimento dentro da casa de vegetação. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.....50
- Figura 3.** Plantas de alface no dia da colheita para diferentes tratamentos utilizados na água de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ (A) e $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ (B) em vasos de 1,0 L.....66
- Figura 4.** Plantas de alface no dia da colheita para diferentes tratamentos utilizados na água de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ (A) e $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ (B) em vasos de 3,0 L.....66

CAPÍTULO V

- Figura 1.** Localização da estufa experimental e casa de vegetação onde foi realizado o experimento, UFERSA-DCAT, Mossoró-RN, 2017.....74
- Figura 2.** Temperatura e umidade relativa diários no interior da casa de vegetação durante o período da pesquisa.....74
- Figura 3.** Diâmetro do caule (A e B), número de folhas totais (C e D) e número de folhas comerciais (E e F) da alface fertirrigada com diferentes soluções nutritivas (S1 – solução nutritiva padrão; S2 – solução nutritiva padrão – 50% de K; S3 - solução nutritiva padrão + NaCl; S4 - solução nutritiva padrão + NaCl + 50% de K; S5 - solução nutritiva padrão + NaCl + 100% de K) em diferentes volumes de vaso.....80
- Figura 4.** Plantas de alface no dia da colheita para diferentes tratamentos utilizados nos vasos de 1,0 L (A) e 3,0 L (B).....87

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes estratégias de manejo de fertirrigação na alface em substrato, com ênfase ao uso de água salina no preparo da solução nutritiva. A pesquisa foi dividida em quatro experimentos, todos com delineamento em blocos casualizados, com três repetições de quatro plantas. O primeiro experimento avaliou diferentes frequências de irrigação (6, 9 e 12 eventos diários) e volumes de vaso (0,5; 1,0 e 3,0 L), em esquema fatorial 3 x 3. No segundo experimento foi utilizado o esquema fatorial 2 x 3 x 3, sendo dois níveis de salinidade de água (0,5 e 2,0 dS m⁻¹), três frequências de irrigação (6, 9 e 12 eventos diários) e três volumes de vaso (0,5; 1,0 e 3,0 L). No terceiro, avaliou-se o efeito de quatro combinações de N/K/Ca (F1=1:1:1; F2=1,5:1:1; F3= 1:1,5:1; F4=1:1:1,5), com dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,5 e 2,0 dS m⁻¹), e dois volumes de vaso (1,0 e 3,0 L), compondo um esquema fatorial de 4 x 2 x 2. O quarto experimento foi conduzido em esquema fatorial 5 x 2, sendo cinco soluções nutritivas com diferentes níveis de K (S1, S2, S3, S4 e S5) e dois volumes de vasos (1 e 3 L). Ao término de cada experimento, as plantas foram coletadas e avaliadas as seguintes variáveis: diâmetro do caule, número de folhas totais, número de folhas comerciais, área foliar, massa fresca total, massa seca total, suculência foliar, área foliar específica e teor de água. Os dados foram submetidos análises de variância e teste de comparação de médias pelo teste Tukey (5%) realizando-se o desdobramento dos fatores sempre que ocorreu resposta significativa da interação entre os fatores. De forma geral, observou-se que a alface apresenta boa produção em vasos de 1,0 L, independentemente da salinidade da água de irrigação. A frequência de 9 eventos diários se mostrou suficiente na produção da alface. O uso de maiores concentrações de nitrogênio na fertirrigação (F4) proporcionou redução nas taxas dos efeitos deletérios causados pela salinidade da água de irrigação. Assim como, o acréscimo de 50% dos valores de potássio (S4) na fertirrigação padrão é mais favorável a produção de alface irrigação com água de maior nível salino.

Palavras-chave: salinidade; volume de vasos; frequência de irrigação

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate different strategies of fertirrigation management for lettuce in substrate, with emphasis on the use of saline water in the preparation of the nutrient solution. The research was divided in four experiments, all with randomized block design, with three replicates of four plants. The first experiment evaluated different irrigation frequencies (6, 9 and 12 daily events) and pot volumes (0.5, 1.0 and 3.0 L), in a 3 x 3 factorial scheme. In the second experiment, a 2 x 3 x 3 factorial scheme was employed, which evaluated two water salinity levels (0.5 and 2.0 dS m⁻¹), three irrigation frequencies (6, 9 and 12 daily events) and three pot volumes (0.5, 1.0 and 3.0 L). In the third experiment, was evaluated the effect of four combinations of N / K / Ca (F1 = 1: 1: 1, F2 = 1.5: 1: 1, F3 = 1: 1.5: 1, F4 = 1: 1: 1.5), with two irrigation water salinity levels (0.5 and 2.0 dS m⁻¹), and two pot volumes (1.0 and 3.0 L), composing a 4 x 2 x 2 factorial scheme. In the fourth experiment, five nutritive solutions with different levels of K (S1, S2, S3, S4 and S5) and two pot volumes (1 and 3 L) were tested in a 5 x 2 factorial scheme. At the end of each experiment, plants were collected and the following variables were evaluated: stem diameter, total number of leaves, and number of commercial leaves, leaf area, total fresh mass, total dry mass, leaf succulence, specific leaf area and water content of leaves. The data were submitted to analysis of variance, means were compared by the Tukey test (5%), and the factors were split whenever there was a significant response of the interaction between them. In general, it was observed that the lettuce presents good production in pots of 1.0 L, independently of the salinity of irrigation water. The frequency of 9 daily events was sufficient for lettuce production. The use of higher concentrations of nitrogen in the fertigation (F4) provided a reduction in the rates of deleterious effects caused by the salinity of the irrigation water. As well as, the addition of 50% of the potassium values (S4) in standard fertigation is more favorable to lettuce irrigation with water of higher saline level.

Keywords: salinity; pot volume; irrigation frequency

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO

1. INTRODUÇÃO GERAL

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma cultura de grande importância econômica por ser a hortaliça mais consumida no mundo, sendo muito bem aceita em todas as classes sociais (Pereira, 2015). Por ser a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil, a alface se destaca também no cenário dos cultivos hidropônicos, chegando a ser responsável por 80% desse tipo de produção (Alves et al., 2011).

A cultura da alface é classificada como moderadamente sensível à salinidade, tendo a produção decrescida em 13% por aumento unitário de condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) acima de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$ (Ayers & Westcot, 1999).

A água e os nutrientes são os principais fatores que podem limitar o crescimento e o rendimento das culturas, além de serem essenciais para uma exploração comercial agrícola de alta qualidade e produtividade. O manejo da irrigação é de fundamental importância, tendo em vista que a produção é afetada diretamente pela disponibilidade hídrica. No entanto, a disponibilidade de água está correlacionada, além da quantidade, com a qualidade da mesma, principalmente com relação à concentração de sais dissolvidos.

Atualmente, o uso de águas salinas na irrigação é uma realidade e se tornou um dos principais desafios de pesquisadores e produtores rurais, pois seu uso, quando manejada inadequadamente, poderá causar acúmulos de sais no solo. Conseqüentemente, trará prejuízos para as plantas como os efeitos tóxicos, causando distúrbios funcionais e injúrias no metabolismo. Redução da produtividade biológica ou econômica é o principal efeito da salinidade sobre a planta, e é geralmente atribuída a vários processos fisiológicos e bioquímicos na célula ou níveis moleculares (Munns & Tester, 2008). Dias et al. (2003) relatam que dependendo do grau de salinidade, a planta em vez de absorver, poderá até perder a água que se encontra no seu interior. Esta ação é denominada plasmólise, e ocorre quando uma solução é altamente concentrada é posta em contato com a célula vegetal.

A região do Nordeste brasileiro é conhecido por baixa taxa pluviométrica associada à alta taxa de evapotranspiração (ET_o) resultando, assim, na baixa quantidade e qualidade de seus recursos hídricos. Um dos principais fatores que afetam a qualidade da água nessa região é a presença de sais dissolvidos que causam restrição na produção agrícola e pecuária. Tendo em vista isso, o uso de sistemas de cultivo hidropônico tem se mostrado uma alternativa, pois devido ao estado de saturação e a ausência da matriz do solo, o potencial matricial tende a zero, assim, nesse sistema, a energia total com a que a água é retirada tem origem exclusivamente osmótica (Santos Júnior et al., 2011). Entre outras vantagens do uso desse

sistema pode-se citar a economia na utilização de água, melhor aproveitamento de área e elevadas produtividades (Santos, 2009).

Com base no que foi exposto, o trabalho está dividido em quatro etapas, que tiveram os seguintes objetivos: a) avaliar a produção de alface em diferentes volumes de vasos e frequências de irrigação; b) analisar a produção de alface irrigada com água salina e cultivada em diferentes volumes de vaso e sob diferentes frequências de irrigação; c) verificar o efeito de diferentes combinações de N/K/Ca sobre a cultura da alface submetida ao estresse salino nos volumes de vaso que se destacaram na etapa anterior; d) avaliar o comportamento da alface submetida a diferentes soluções nutritivas nos vasos que se destacaram na etapa “b”.

Neste sistema de cultivo, o substrato é acondicionado em recipientes, que podem variar em diversos formatos e volumes, de acordo com a necessidade da cultura. Esse sistema se mostra como uma boa alternativa para produtores que desejam otimizar o espaço de produção. No entanto, deve-se dar importância à escolha do recipiente a ser utilizado, tendo visto que o tamanho do recipiente altera o volume de enraizamento das plantas e, conseqüentemente, seu crescimento (NeSmith & Durval, 1998).

Culturas de pequeno porte, como a alface, são cultivadas em recipientes de pequenos volumes, o que necessita de cuidados especiais no manejo da irrigação e fertirrigação (Marouelli et al., 2005).

Dentro desses cuidados pode-se citar a frequência com que a água é aplicada. É necessário, portanto, um controle adequado para que não ocorra lixiviação dos nutrientes ou acúmulo de sal na região radicular, no caso de irrigação com água salobra. No entanto, os trabalhos envolvendo tal tema são escassos. Assim como as pesquisas sobre volume de vaso na produção agrícola, mostrando a necessidade de buscar novos conhecimentos sobre tais temas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A CULTURA

A alface (*Lactuca sativa L.*) originou-se de espécies silvestres, ainda atualmente encontradas em regiões de clima temperado, no sul da Europa e na Ásia Ocidental. É uma cultura anual de consistência herbácea, pertencente a família das Asteraceae (Compositae). É uma planta delicada, com caule diminuto, ao qual se prendem as folhas. Estas são amplas e crescem em rosetas, em volta do caule, podendo ser lisas ou crespas, formando ou não uma

“cabeça”, com coloração em vários tons de verde, ou roxa, conforme a cultivar (Filgueira, 2008).

O ciclo da planta é dividido em quatro fases, germinação, transplante, fase vegetativa ou formação de cabeça e fase reprodutiva. Comercialmente, a alface é cultivada até a terceira fase do ciclo (Tanamati, 2012).

A planta floresce sob dias longos e temperaturas cálidas. Dias curtos e temperaturas amenas ou baixas favorecem a etapa vegetativa do ciclo (Filgueira, 2008). A faixa de temperatura ótima pra a produção varia de 7 a 24°C, embora algumas cultivares possam resistir a geadas leves e outras a temperaturas mais elevadas. Quando conduzidas em casa de vegetação, a cultura se beneficia do chamado efeito “guarda-chuva”, obtendo-se folhas mais macias e redução substancial do ciclo (Filgueira, 2008).

A alface constitui uma importante fonte de sais minerais, principalmente de cálcio e de vitaminas, especialmente a vitamina A. Também é fonte de vitaminas B1, B2, B5 e C e fibras. Além disso, apresenta efeito calmante, diurético e laxante (Paula Júnior & Venzon, 2007).

Pode-se produzir alface de qualidade durante o todo o ano, utilizando-se cultivares adequadas para cada época, graças aos trabalhos de melhoramento para resistência ao pendoamento precoce, tolerância ao calor e ao mosaico da alface (Filgueira, 2008).

Existem diversos tipos de alface no mercado, sendo elas classificadas como lisas, crespas, americana, mimosa e romana (Filgueira, 2008). Com o decorrer dos anos, houve mudança na preferência do consumidor em relação ao tipo de alface. Anteriormente, o mercado tinha preferência por alfases do grupo lisa, sendo que atualmente o grupo Crespa lidera o mercado, por apresentar folhas flabeladas, bordas onduladas, folhas flexíveis de coloração verde-clara e por apresentar melhor adaptação às condições tropicais, pois não forma o miolo que favorece o acúmulo de água nas folhas internas e, portanto fitopatógenos que dificultam o manejo da lavoura (Silveira, 2016; Sala & Costa, 2012)

A planta é colhida cortando-se o diminuto caule, logo que ela atinja o máximo desenvolvimento, porém apresentando as folhas ainda tenras, com bom sabor e sem nenhum sinal de pendoamento (Filgueira, 2008). As folhas mais velhas, impróprias ao consumo, são retiradas, o que melhora a aparência geral das plantas (Paula Júnior & Venzon, 2007). No campo, o ciclo varia de 65 a 80 dias, da semeadura à colheita. Em estufa, o ciclo é ainda mais reduzido, de 45-50 dias (Filgueira, 2008).

2.2 MANEJO DA IRRIGAÇÃO E USO DE ÁGUA SALINA NA AGRICULTURA

A água é um dos principais fatores que podem limitar o crescimento e o rendimento das culturas. Com isso, o manejo de irrigação se torna fundamental, tendo em vista que a produção é afetada diretamente pela disponibilidade hídrica. No entanto, a disponibilidade de água está correlacionada, além da quantidade, com a qualidade da mesma, principalmente com relação à concentração de sais dissolvidos. Este fator vem sendo desprezado devido ao fato de que, no passado, em geral as fontes de água, eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização (Ayers & Westcot, 1999).

Na região Nordeste, especificamente no estado do Rio Grande do Norte, a maior parte das águas utilizadas na irrigação contém teores relativamente elevados de sais, sendo frequentemente encontrado valores que variam de 0,1 a 5,0 dS m⁻¹ (Costa et al., 2004).

Para a utilização de águas salinas na agricultura, deve ser feito manejo racional e que este seja economicamente viável, de modo que a cultura atinja a produtividade esperada e, boa qualidade dos seus produtos, sem proporcionar riscos mínimos de salinização para os solos (Medeiros et al., 2007).

Desta forma, a utilização de água salina na irrigação se tornou um dos principais desafios dos pesquisadores, pois seu uso, quando manejada inadequadamente, poderá trazer diversos prejuízos (Munns & Tester, 2008). O efeito da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas é um assunto discutido em vários países, principalmente nos que apresentam regiões áridas e semiáridas (Ribeiro et al., 2009).

Dependendo do grau de salinidade, a planta, em vez de absorver, poderá até perder a água que se encontra no seu interior. Esta ação é denominada plasmólise e ocorre quando uma solução altamente concentrada é posta em contato com a célula vegetal. O fenômeno é devido ao movimento da água, que passa das células para a solução mais concentrada (Dias & Blanco, 2010).

A salinidade afeta vários processos fisiológicos e bioquímicos ao longo do ciclo de vida da planta. A resposta da planta à salinidade é complexa e variável com as condições ambientais e da planta (fase fenológica, estado nutricional, inclusive podendo variar entre cultivares de uma mesma espécie (Maas & Hoffman, 1987)

Os efeitos imediatos da salinidade sobre os vegetais são efeitos osmóticos, provenientes da diminuição do potencial osmótico, desbalanceamento nutricional devido a elevada concentração iônica, especialmente o sódio, inibindo a absorção de outros nutrientes e efeito tóxico de íons, particularmente o cloro e sódio (Dias & Blanco, 2010).

Existem ainda os efeitos tóxicos que ocorrem quando as plantas absorvem os sais, juntamente com a água, permitindo toxidez na planta por excesso de sais absorvidos. Normalmente a toxicidade é provocada pelos íons cloreto, sódio e boro; entretanto, muitos

outros oligoelementos são tóxicos às plantas, mesmo em pequenas concentrações. Já os efeitos indiretos, ocorrem quando as altas concentrações de sódio ou outros cátions interferem na disponibilidade de algum elemento, afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas, indiretamente (Dias & Blanco, 2010).

O potássio, por exemplo, 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, a concentração de potássio no tecido foliar tende a decrescer, influenciando negativamente o crescimento das plantas (Paulus et al., 2012).

A alface é altamente exigente em água, portanto, as irrigações devem ser frequentes e abundantes, devido à ampla área foliar e à evapotranspiração intensiva, bem como ao sistema radicular delicado e superficial e à elevada capacidade de produção (Filgueira, 2008).

Segundo Ayers e Westscot (1999), a alface é uma cultura moderadamente sensível à salinidade, tendo a produção decrescida em 13%, por aumento unitário de condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) acima de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$, em termos de condutividade elétrica da água (CE_a) o limiar seria de $0,9 \text{ dS m}^{-1}$. No entanto, essa classificação refere-se ao cultivo tradicional em solo, sendo escassas informações sobre salinidade limiar para a alface cultivada sistema hidropônico.

Em cultivo hidropônico em sistema NFT, Dias et al. (2011) trabalhando solução nutritiva utilizando rejeito de dessalinizador em duas cultivares de alface, Babá de Verão e Verônica, verificaram resposta diferentes destas cultivares à salinidade, as quais apresentaram salinidade limiar de $0,94$ e $1,30 \text{ dS m}^{-1}$ da solução nutritiva.

2.3 CULTIVO PROTEGIDO E HIDROPÔNICO

O cultivo da alface é realizado, geralmente, nos sistemas convencional, orgânico e hidropônico. Porém, este último possibilita melhor controle de pragas e doenças, facilidade nos tratos culturais, melhor programação e rendimento da produção. Esse controle é uma das principais vantagens conferidas pela hidroponia, dada a rapidez e a facilidade com que isso pode ser feito (Gualberto et al., 1999).

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 agrícolas e de mão-de-obra. No Brasil, a alface é a hortaliça mais importante produzida no sistema hidropônico NFT - Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes (Paulus et al., 2012).

Como alternativa produtiva, para a utilização de águas de baixa qualidade, e possuindo características condizentes com a realidade das regiões do semiárido, o sistema hidropônico se apresenta como uma técnica que possui entre suas vantagens a economia na utilização de água, melhor aproveitamento de área e elevadas produtividades (Santos, 2009).

O cultivo semi-hidropônico é um tipo de sistema de hidroponia que vem se destacando na produção de hortaliças. Nesse sistema, as plantas são cultivadas em vasos e utiliza-se um substrato inerte ou pouco ativo quimicamente como a fibra de coco e a areia lavada. É considerado um sistema de cultivo aberto, isto é, a solução nutritiva não retorna para o depósito (Bezerra Neto, 2016).

Água com alto conteúdo salino, por exemplo, pode ser utilizadas em cultivos hidropônicos, porém as plantas que se desenvolvem nessas águas estão limitadas àquelas denominadas como tolerantes e moderadamente tolerante à salinidade (Paulus et al., 2010).

Visando especificamente uma alternativa para as comunidades isoladas do semiárido, onde a escassez de água doce se torna um problema ainda mais dramático, algumas pesquisas recentes têm sugerido a técnica da hidroponia, pois além de poder permitir melhor eficiência no uso da água, devido à redução das perdas por evaporação, a hidroponia pode amplificar a vantagem da irrigação localizada, no que diz respeito ao menor efeito da salinidade sobre as plantas, reduzindo ainda os riscos ambientais associados ao acúmulo de sais no ambiente (Alves et al., 2011).

Outra vantagem do uso do sistema hidropônico está associada ao fato que a tolerância das plantas à salinidade nesse sistema é maior em relação ao sistema convencional, pois a inexistência ou redução de potencial mátrico sobre o potencial total da água irá reduzir a dificuldade de absorção de água pelas plantas (Soares, 2007). Conseqüentemente, a absorção de água pelas plantas está condicionada apenas ao potencial osmótico, que reduz sua energia livre. Assim, os sistemas hidropônicos permitem o uso de água com maior condutividade elétrica, viabilizando uma atividade produtiva geradora de renda para as comunidades rurais com maior segurança ambiental (Dias et al., 2011).

2.4 SALINIDADE: EFEITOS TÓXICOS E EQUILÍBRIO NUTRICIONAL

Devido ao ciclo curto e a alta produtividade, que são características próprias da alface, é comum o uso intensivo de fertilizantes químicos e orgânicos nos campos de produção, às vezes, em doses excessivas como forma de garantir bons resultados (Silva, 2013).

A salinidade do meio prejudica o desenvolvimento das plantas por diminuição do potencial osmótico da solução, o que se associa ao estresse hídrico pela dificuldade,

decorrente, de absorver água do solo; do acúmulo de íons tóxicos nos tecidos (Cl^+ , Na^+) e do desequilíbrio iônico. Em função desses fatores, o consumo hídrico da cultura pode ser modificado pela salinidade do meio (Rhoades et al., 2000).

Dentre os fertilizantes, o nitrogênio passa a ser o elemento limitante, pois a planta composta basicamente por folhas. A alface é a hortaliça que apresenta teores mais elevados de nitrogênio. Sua deficiência retarda o crescimento, prejudica a formação da cabeça e eleva a clorose das folhas mais velhas. Contudo, alto teor de nitrogênio pode tornar as plantas mais susceptíveis a doenças, pendoamento precoce e, no caso da alface americana, prejudicar a formação da cabeça (Paula Júnior & Venzon, 2007; Santos et al., 2012).

A alface está sujeita ao distúrbio fisiológico, conhecido como *tip burn* ou queima das bordas das folhas, causado pela deficiência localizada de cálcio, que pode ser desencadeada por uma combinação de fatores climáticos (temperatura e umidade relativa do ar elevadas), nutricionais (excesso de nitrogênio amoniacal, elevada condutividade elétrica em solução nutritiva), cultivares sensíveis e pela deficiência de água, mesmo que momentânea (Filgueira, 2008).

O potássio, por exemplo, é o principal nutriente relacionado com funções osmóticas de plantas, podendo atingir concentrações relativamente altas no citoplasma sem afetar as relações metabólicas. Estudos mostram que sua deficiência causa decréscimo no crescimento das plantas (Almeida et al., 2011). Por outro lado, o excesso de potássio pode comprometer a absorção de outros nutrientes como: magnésio, manganês, ferro, zinco e cálcio (Santos et al., 2010).

Outro nutriente de grande importância para a alface é o nitrogênio e seu fornecimento de doses adequadas de N favorece o crescimento vegetativo, expande a área fotossintética e eleva o potencial produtivo da cultura. No entanto, em excesso pode ocasionar queima das folhas, em plantas novas, aumentar a susceptibilidade a doenças, deixar os tecidos mais frágeis e sujeitos a danos mecânicos, dificultar a absorção de outros nutrientes, prolongar o ciclo da cultura e retardar a colheita diminuindo a qualidade do produto (Filgueira, 2008).

Por ser composta basicamente por folhas, a alface apresenta alta resposta a adubação nitrogenada, sendo eficiente para promover o maior efeito na sua produção, aumentando o tamanho e melhorando a aparência das plantas (Mantovani et al., 2002). No entanto, requer um manejo adequado, por ser facilmente lixiviado e pelo fato da cultura absorver a maior quantidade na fase final do ciclo (Pereira, 2015).

A fertirrigação é uma prática de fertilização das culturas através da água de irrigação e surgiu como uma técnica para melhorar a qualidade na fertilização das culturas, pois fornece aplicação do fertilizante no momento exato em que a planta necessita de distribuição mais

uniforme, com isso, uma maior eficiência de utilização dos nutrientes (Souza et al., 2009). Essa prática permite manter a disponibilidade de água e nutrientes próxima dos valores considerados ótimos ao crescimento e à produtividade da cultura (Cardoso & Klar, 2011).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, P. Nutrition of greenhouse vegetable in NFT and hydroponic systems. *Acta Horticulturae*, v.361, p. 254-257, 1994.
- Almeida, T. B. F.; Prado, R. M.; Correia, M. A. R.; Puga, A. P.; Barbosa, J. C. Avaliação nutricional de alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. *Revista Biotemas*, v.24, p.27-36. 2011.
- Alves M. S.; Soares T. M.; Silva L. T.; Fernandes J. P.; Oliveira M. L. A.; Vital P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.491-498, 2011.
- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. A qualidade da água na agricultura. *Estudos FAO: Irrigação e Drenagem*, 29 Revisado 1. 2 ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p
- Bezerra Neto, E. *Cadernos do semiárido: Riquezas & oportunidades – Hidroponia*. 2016 Disponível em: <<http://www.creape.org.br/portal/wp-content/uploads/2016/12/Caderno6hidroponia.pdf>>. Acesso em 03 nov. 2017.
- Cardoso, G. G. G.; Klar, A. E. Fracionamento da fertirrigação e seu efeito na produção da alface sob ambiente protegido. *Irriga*, v.16, p.259-270, 2011.
- Costa, D. M. A.; Holanda, J. S.; Filho, O. A. Caracterização de solos quanto a afetação por sais na Bacia do Rio Cabugi –Afonso Bezerra, RN. *Revista Holos*, v.20, p.112-125, 2004.
- Dias, N. D.; Blanco, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F. *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 129-140, 2010.
- Dias, N. da S.; Gheyi, H. R.; Duarte, S. N. *Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais*. Piracicaba: ESALQ, 2003. 110p. Série Didática
- Dias, N. S.; Jales, A. G. O.; Souza Neto, O. N.; Gonzaga, M. I. S.; Queiroz, I. S. R.; Porto, M. A. F. Uso de rejeito da dessalinização na solução da alface, cultivada em fibra de coco. *Revista Ceres*, v. 58, p. 632-637, 2011.
- Filgueira, F.A.R.. *Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 3.ed. Viçosa: UFV, 2008. 422 p.
- Gualberto R.; Resende F. V.; Braz, L. T. Competição de cultivares de alface sob cultivo hidropônico “NFT” em três diferentes espaçamentos. *Horticultura Brasileira*, v.17, p.155-158. 1999.
- Maas E. V.; Hoffman G. J. Crop salt tolerance - current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Division*. v.103, p.115-134. 1997.

Mantovani, J. R.; Ferreira, M. E.; Cruz, M. C. P da. Acúmulo de nitrato em cultivares de alface. *Horticultura Brasileira*, v. 20, p. 272, 2002.

Marouelli, W. A.; Carrijo, O. A.; Zolnier, S. Variabilidade espacial do sistema radicular do tomateiro e implicações no manejo da irrigação em cultivo sem solo com substratos. *Horticultura Brasileira*, v.23, p.57-60, 2005.

Medeiros, J. F.; Silva, M. C. C.; Sarmiento, D. H. A.; Barros, A. D. Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, p.248-255, 2007.

Munns, R.; Tester, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v. 59, p. 651-81, 2008.

NeSmith, D. S.; Durval, J. R. The effect of container size. *HortTechnology*, v.8, p.495-498. 1998

Paula Júnior, T. J.; Venzon, M. 101 Culturas: Manual tecnologias agrícolas. Belo Horizonte, MG: EPAMIG. p. 53-62, 2007.

Paulus, D.; Dourado Neto, D.; Frizzone, J. A.; Soares, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. *Horticultura Brasileira*, v. 28, p. 29-35, 2010.

Paulus, D.; Dourado Neto, D.; Paulus, E. Análise sensorial, teores de nitrato e de nutrientes de alface cultivada em hidroponia sob águas salinas. *Horticultura Brasileira*, v. 30, p. 18-25, 2012.

Pereira, A. K. S. Época de aplicação e doses de nitrato de cálcio em alface americana. Ipameri: UEG, 2015. 33p. Dissertação Mestrado.

Rhoades J. D.; Kandiah A.; Mashali A. M. Uso de águas salinas para produção agrícola. Tradução de Gheyi H. R.; Sousa J. R.; Queiroz, J. E. Campina Grande, UFPB, 2000. 117p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 48)

Ribeiro, M. R.; Barros, M. F. C.; Freire, M. B. G. S. Química dos solos salinos e sódicos. In: Melo, V. F.; Alleoni, L. R. F. (ed.). *Química e mineralogia do solo. Parte II – Aplicações.* p. 449-484, 2009.

Sala, F. C.; Costa, C. P. Retrospectiva e tendência da alficultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, v.30, p. 187-194, 2012.

Santos Júnior, J. A.; Gheyi, H. R.; Guedes Filho, D. H.; Dias, N. S.; Soares, F. A. L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, p. 842-849, 2011.

- Santos, A. N. Rendimento e avaliação nutricional do cultivo hidropônico de alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema NFT no semi-árido brasileiro utilizando águas salobras. Recife: UFRPE, 2009. 133p. Dissertação de Mestrado.
- Santos, M. H. V. dos; Araújo, A. C.; Santos, D. M. R. dos.; Lima, N. S.; Lima, C. L. C.; Santiago, A. D. Uso da manipueira como fonte de potássio na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em casa de vegetação. *Acta Scientiarum*, v.32, p. 729-733, 2010.
- Santos, R. F.; Borsoi, A.; Tomazzoni, J. L.; Viana, O. H.; Maggi, M. F. Aplicação de nitrogênio na cultura da alface. *Revista Varia Scientia Agrárias*. v.2, p.69-77. 2012.
- Silva, A. S. N. Doses de fósforo e de potássio na produção da alface. Jaboticabal: UNESP, 2013. 50p. Tese doutorado
- Silveira, F. C. G. Desempenho de genótipos de alface-crespa em diferentes ambientes de cultivos, no município de Igarapava-SP. Jaboticabal: UNESP, 2016. 34p. Dissertação Mestrado.
- Soares, T. M. Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao semi-árido brasileiro. Piracicaba: ESALQ, 2007. 267p. Tese Doutorado.
- Souza, A. H. A.; Silva, E. S.; Santi, A. Doses de nitrogênio aplicadas na cultura da alface americana via fertirrigação. In: 2º Jornada Científica, 2009, Barra dos Bugres. *Anais...* Barra dos Bugres: UNEMAT, 2009. p. 1450 -1455.
- Tanamati, F. Y. Fontes e doses de corretivos de acidez do solo na nutrição e produção de alface. Botucatu: UNESP, 2012. 73p. Dissertação Mestrado.

**CAPÍTULO II - VOLUME DE RECIPIENTE E FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO NA
PRODUÇÃO DE ALFACE SEMI-HIDROPÔNICO**

RESUMO

O cultivo semi-hidropônico de alface vem ganhando destaque no mercado. No entanto, é necessária a busca pelo recipiente e frequência adequados para a produção dessa cultura. Tendo em vista isso, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a produção de alface crespa, cv. Vera, em substrato de fibra de coco, acondicionado em vasos de diferentes volumes (0,5; 1,0 e 3,0 L) e submetidas a diferentes frequências de irrigação (F6 - 6, F9 - 9 e F12 - 12 eventos diários), arrançados em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 3, com três repetições. As plantas foram colhidas após 30 dias do transplante e avaliadas as seguintes variáveis: diâmetro do caule, número de folhas (total e comercial), massa fresca (total e comercial) e massa seca total. O uso de vaso com volume de 0,5 L é inviável na produção de alface em sistema semi-hidropônico. O vaso de maior volume (3,0 L) proporcionou maior desenvolvimento das plantas, apesar de não diferir, em algumas frequências de irrigação, do vaso com volume médio (1,0 L). A produção de alface em sistema semi-hidropônico pode ser realizada utilizando vasos com volume de 1,0 L e frequência de irrigação com nove eventos diários.

PALAVRAS-CHAVE: *Lactuca sativa* L., cultivo protegido, cultivo em substrato

ABSTRACT

The semi-hydroponic cultivation of lettuce has been gaining prominence in the market. However, it is necessary to search for the appropriate container and irrigation frequency for the production of that crop. In view of this, the present work was developed with the objective of evaluating the production of crisp lettuce, cv. Vera, in coconut fiber substrate contained in pots of different volumes (0.5, 1.0 and 3.0 L) and submitted to different irrigation frequencies (F6 - 6, F9 - 9 and F12 - 12 daily events), arranged in a completely randomized design in a 3 x 3 factorial scheme, with three replications. The plants were harvested 30 days after transplanting and the following variables were evaluated: stem diameter, number of leaves (total and commercial), fresh mass (total and commercial) and total dry mass. The use of pots with a volume of 0.5 L is not feasible in the production of lettuce in a semi-hydroponic system. The higher volume pot (3.0 L) provided greater plant development, although it did not differ at some frequencies of irrigation from the medium volume pot (1.0 L). Lettuce production in a semi-hydroponic system can be performed using pots with a volume of 1.0 L and irrigation frequency with nine daily events.

Keywords: *Lactuca sativa* L., protected crop, cultivation in substrate

1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.), pertencente à família Asteraceae, é a hortaliça folhosa mais importante no mundo, sendo consumida, principalmente, *in natura* na forma de saladas, com destaque para a alface crespa, que se destaca como a mais produzida e consumida no Brasil (Sala & Costa, 2012).

O cultivo hidropônico de hortaliças vem ganhando espaço no mercado, conquistando a confiança dos consumidores, cada vez mais exigentes com a qualidade dos alimentos. Segundo Alves et al. (2011), a alface se destaca também no cenário nacional dos cultivos hidropônicos, chegando a ser responsável por 80% desse tipo de produção.

Atualmente, vem se expandindo o cultivo em substrato inerte, também denominado de semi-hidropônico, o qual apresenta diversas vantagens em relação ao sistema hidropônico tradicional (NFT), com destaque para simplificação do manejo da fertirrigação e redução no consumo de energia elétrica (Andriolo et al., 2004).

Neste sistema de cultivo, o substrato é acondicionado em recipientes, que podem variar em diversos formatos e volumes, de acordo com a necessidade da cultura. Assim, culturas de pequeno porte, como a alface, são cultivadas em recipientes de pequenos volumes, o que necessita de cuidados especiais no manejo da irrigação e fertirrigação (Marouelli et al., 2005).

Desta forma, a escolha do recipiente, no que tange a capacidade volumétrica, é de grande importância, pois em volumes pequenos, apesar de proporcionar economia de substrato, exige manejo criterioso da irrigação.

Apesar de existirem diversos relatos de pesquisas sobre o efeito do volume de recipiente na produção de hortaliças, a maioria deles foram realizados na fase de produção de mudas, etapa em que as plantas apresentam reduzida exigência nutricional (Leal et al., 2011; Trani et al., 2004; Ferreira et al., 2014). Logo, se tornam escassos os estudos sobre o efeito do volume do recipiente na produção de hortaliças, em especial da alface.

Diante o exposto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito do volume do recipiente e frequência de irrigação na produção de alface em sistema semi-hidropônico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação durante os meses de outubro e novembro de 2015. O mesmo foi montado na área experimental do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas (DCAT) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró, RN (5°11'31" S, 37°20'40" O, altitude média de 18 m).

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizado, com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 3 x 3, sendo três volumes de recipientes (P - 0,5 L; M - 1,0 L e G - 3,0 L) e três frequências de irrigação (F6 - 6, F9 - 9 e F12 - 12 eventos diários), com três repetições, sendo a unidade experimental representada por quatro vasos contendo uma planta cada.

Os recipientes eram do tipo vaso plástico e foram preenchidos com substrato de pó de coco (Golden Mix Granulado[®]) e dispostos sobre bancada de madeira com altura de 0,50 m do solo, utilizando o espaçamento de 0,25 x 0,25 m entre vasos.

As mudas de alface, cv. Vera, foram obtidas no mercado local, sendo produzidas em bandejas de isopor de 128 células contendo vermiculita, em sistema *floating*, com solução nutritiva (Dias et al., 2011a). As mudas foram transplantadas e depois de uma semana foi realizado o desbaste deixando apenas uma planta por vaso.

Para definição das frequências de irrigação foram utilizados temporizadores digitais (Extron), os quais permitiam programação para até 9 eventos. Desta forma, para as frequências de 6 e 9 eventos utilizou-se um aparelho para cada frequência. Para a frequência de 12 eventos foram utilizados dois aparelhos.

O sistema de irrigação era composto por um reservatório de PVC (500 L), linhas laterais de 16 mm e emissores do tipo microtubos com 0,8 mm de diâmetro interno e 40 cm de comprimento, com vazão média de 3,6 L h⁻¹. A injeção da solução nutritiva era realizada utilizando uma eletrobomba de circulação Metalcorte/Eberle, autoventilada, modelo EBD250076 (acionada por motor monofásico, 210 V de tensão, 60 Hz de frequência). De acordo com as frequências de irrigação estudadas, foi utilizada uma bomba para as F6 e F9, e duas bombas para F12.

As irrigações foram realizadas utilizando-se solução nutritiva, de forma que para todo evento de irrigação correspondeu a uma fertirrigação. Adotou-se como base a solução nutritiva recomendada por Castellane & Araújo (1995), contendo as seguintes concentrações de fertilizantes, em gramas para 1.000 L: nitrato de cálcio (950), nitrato de potássio (900), fosfato de potássio (272), sulfato de magnésio (246), sulfato de manganês (1,70), bórax (2,85), sulfato de zinco (1,15) e sulfato de cobre (0,19), molibdato de sódio (0,12). Para o

fornecimento de ferro utilizou-se Fe-EDTA na concentração de 500 mL de solução estoque para 1.000 L. A solução estoque tinha a concentração de 38,5 g de Fe-EDTA para 1,0 L de solução.

Utilizou-se um tempo total de irrigação de 15 minutos por dia, onde na frequência 1 (F3) foram três vezes de cinco minutos, na frequência 2 (F6) foram de 6 seis vezes de dois minutos e trinta segundos, na frequência 3 (F9) foram nove vezes de um minuto e quarenta segundos.

A colheita foi realizada aos 32 dias após o transplante e as plantas foram analisadas quanto às seguintes características:

- Diâmetro do caule - Foi aferido com o auxílio de um paquímetro digital no lado do corte, expressando-se o resultado em milímetro;
- Número de folhas totais e comercial - Foram contabilizadas apenas as folhas verdes e com comprimento de nervura central acima de 4 cm, descartando as folhas que não apresentavam qualidade comercial, expressando-se o resultado em unidades;
- Massas frescas total e comercial - No momento da colheita, descartou-se as folhas que não apresentaram padrão comercial e pesou-se as demais em balança digital de precisão (0,01 g).
- Massa seca da parte aérea - As plantas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C (± 1), até atingirem peso constante e em seguidas pesadas em balança analítica (0,001 g).

Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância pelo teste F, e as médias referentes às cultivares foram comparadas pelo teste de Tukey a 0,05, realizando o desdobramento dos fatores para as variáveis que apresentaram resposta significativa da interação entre os fatores estudados. As análises foram realizadas utilizando-se o software SISVAR (Ferreira, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito significativo da interação entre os fatores, bem como para os fatores isolados para o diâmetro do caule, obtendo-se diâmetro médio de 8,7 mm (Tabela 1). Estes resultados mostram que esta variável é pouco afetada pelo sistema de cultivo, confirmando os relatos de outros autores (Dias et al., 2011a).

Tabela 1. Diâmetro do caule, número de folhas total e número de folhas comerciais de alface cultivada em sistema semi-hidropônico com fibra de coco em função de diferentes volumes de recipientes e frequências de irrigação.

Volume de vaso (L)	Frequências de irrigação			Médias
	6	9	12	
Diâmetro do caule (mm)				
0,5	8,6	9,1	6,8	8,2 a
1,0	8,8	10,0	9,4	9,4 a
3,0	8,3	8,8	8,6	8,6 a
Médias	8,6 A	9,3 A	8,3 A	
CV (%)	14,64			
Número de folhas totais				
0,5	17,2 Ab	15,8 Ab	15,7 Ab	16,2
1,0	16,7 Bb	20,5 Aa	16,8 Bb	18,0
3,0	20,3 Aa	22,2 Aa	20,0 Aa	20,8
Médias	18,1	19,5	17,5	
CV (%)	15,75			
Número de folhas comerciais				
0,5	12,5 Ab	13,0 Ab	11,2 Ab	12,2
1,0	13,5 Aab	15,8 Aab	12,7 Bab	14,0
3,0	16,0 ABa	18,3 Aa	14,8 Ba	16,4
Médias	14,0	15,7	12,9	
CV (%)	10,34			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A interação entre os fatores volume de recipiente e frequência de irrigação afetou significativamente o número de folhas total (NFT) e comercial (NFC). Para o NFT, ao analisar o efeito da frequência de irrigação para cada volume de recipiente, verificou-se não haver diferença significativa nas plantas cultivadas nos recipientes de 0,5 e 3,0 L. No entanto, quando se utilizaram vasos com capacidade para 1,0 L, o maior NFT foi obtido para frequência de 9 irrigações ao dia (Tabela 1).

Ainda sobre o NFT, analisando o efeito do volume de recipiente para cada frequência de irrigação, verifica-se que nas frequências F6, F9 e F12 irrigações por dia, os maiores valores ocorreram no recipiente de maior volume (3,0 L), no entanto, este não diferiu do recipiente de 1,0 L quando se utilizou 9 irrigações diárias (Tabela 1).

Na literatura são escassos estudos sobre os fatores estudados no presente trabalho (volume de vaso e frequência de fertirrigação) na alface cultivada em vasos, entretanto, já foram realizados vários estudos avaliando a frequência de irrigação em sistema hidropônico NFT, e a maioria dos autores verificaram que o aumento no intervalo entre irrigações reduziu o número de folhas por planta (Zanella et al., 2008).

O aumento na frequência de irrigação não afetou o NFC nas plantas cultivadas em recipientes de menor volume, porém, houve redução no NFC quando se utilizou frequência de 12 irrigações por dia para os vasos de volumes 1,0 e 3,0 L (Tabela 1).

Analisando os resultados obtidos para massa fresca total (MFT) e massa fresca comercial (MFC), verifica-se que ao utilizar vasos com menor volume (0,5 L), os maiores valores ocorrem para a frequência de 9 irrigações ao dia. Observando a MFC, constatou-se que no vaso de 1,0 L, a frequência 9 proporcionou maiores valores de MFC, sendo que está não diferiu da F6. Para os demais volumes de recipientes não houve efeito da frequência de irrigação, em ambas as variáveis (Tabela 2).

Analisando o efeito do volume de recipiente para cada frequência de irrigação, também foram observadas respostas semelhantes para massa fresca total (MFT) e massa fresca comercial (MFC), nas quais não ocorreu efeito significativo do tamanho do recipiente na frequência de 9 irrigações diárias. Nas frequências de 6 e 12 irrigações diárias os maiores valores foram obtidos nos recipientes com volume de 1,0 e 3,0 L (Tabela 2).

A MFC é uma característica comercial importante de plantas de alface, tendo em vista que a planta com maior massa fresca apresenta maior valor econômico. Nesta variável, verificou-se que a redução no volume de substrato provocou perdas de massa fresca, principalmente nas frequências 6 e 12. Na frequência F6, ocorreram reduções de 44,9 e 27,2% para os vasos de 0,5 e 1,0 L, respectivamente. Para a frequência F12 ocorrerem perdas de MFC nos vasos 0,5 e 1,0 L, respectivamente, de 49,9 e 43,1%. Por outro lado, na frequência F9 ocorreram perdas de apenas 3,5% no vaso 1,0 L, e de 13,1% no vaso 0,5 L (Tabela 3).

Os menores valores de massa fresca ocorridos na maior frequência de irrigação ocorreram devido à elevada retenção de água do substrato utilizado, de forma que a maior na parte do tempo o substrato apresentou-se encharcado.

Tais resultados estão conforme relatado por Bonachela et al. (2010), os quais relatam que o uso de vasos de pequeno volume aliado a elevada frequência de irrigação pode reduzir a taxa

de difusão e a disponibilidade de oxigênio para as raízes das plantas. Além disso, a absorção de água e nutrientes um processo dependente de energia e são reduzidos quando as raízes são expostas em ambientes saturados (Morard & Silvestre, 1996).

Em estudo realizado para avaliar o efeito encharcamento do solo em duas cultivares de alface Nobre et al. (2009) verificaram que a alface é sensível a anoxia e que o excesso de umidade no solo provoca redução de número de folhas, altura de caule, fitomassa fresca e seca da parte aérea e fitomassa seca de raiz.

Ao comparar os valores de massa fresca comercial nos vasos de 0,5 e de 1,0 L, verifica-se que o vaso P proporcionou massa fresca comercial inferior ao M em aproximadamente 24,3; 9,9 e 12,0 % nas frequências F6, F9 e F12, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Massa fresca total, massa fresca comercial e massa seca total de alface cultivada em sistema semi-hidropônico com fibra de coco em função de diferentes volumes de recipientes e frequências de irrigação.

Volume de vaso (L)	Frequências de irrigação			Médias
	F6	F9	F12	
Massa fresca total (g planta ⁻¹)				
0,5	110,2 Bb	145,2 Ab	95,6 Bc	117,0
1,0	128,7 Ab	152,7 Aab	126,1 Ab	135,8
3,0	185,9 Aa	174,9 Aa	182,5 Aa	181,1
Médias	141,6	157,6	134,7	
CV (%)		8,91		
Massa fresca comercial (g planta ⁻¹)				
0,5	77,6 Bb	111,4 Aa	74,6 Bb	91,9
1,0	102,5 ABb	123,7 Aa	84,8 Bb	99,5
3,0	140,9 Aa	128,2 Aa	149,0 Aa	139,4
Médias	107,0	121,1	102,8	
CV (%)		12,17		
Massa seca total (g planta ⁻¹)				
0,5	5,7 Ab	5,1 Ab	4,3 Ab	5,0
1,0	6,7 Ab	6,1 Aab	5,7 Ab	6,2
3,0	9,0 Aa	8,3 Aa	7,9 Aa	8,4
Médias	7,1	6,5	5,9	
CV (%)		10,34		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Heller et al. (2015) avaliaram o efeito e duas frequências de irrigação em alface cultivadas em vasos com volume de 4 L, com diferentes geometrias e não verificaram efeito significativo dos tratamentos sobre a massa fresca das plantas.

Em estudo realizado por Cardoso et al. (2015) avaliando o efeito de níveis de nitrogênio e três volumes de vasos (0,4 e 1,0 e 2,5 L) utilizando areia lavada como substrato, os autores verificaram maiores diferenças entre os vasos de volumes 2,5 e 0,4 L, ocorrendo redução de 27,6%.

Ainda com relação à massa fresca comercial e, fazendo-se uma comparação com os valores obtidos por outros autores trabalhando com alface em outros sistemas de cultivos, percebe-se que as plantas produzidas no presente trabalho apresentaram desenvolvimento satisfatório com padrão comercial.

Em estudo desenvolvido por Dias et al. (2011a) com duas cultivares de alface (Verônica e Quatro Estações) em cultivo em fibra de coco em calhas, os autores obtiveram massa fresca máxima de aproximadamente 100 g planta⁻¹. Em outro estudo realizado por Dias et al. (2011b) em sistema semi-hidropônico utilizando vasos com volume de 3,0 L de substrato, os autores verificaram massa fresca máxima de 80 e 67 g planta⁻¹, respectivamente. Guimarães et al. (2016) avaliando o desempenho de cultivares de alface no cultivo em solo acondicionado em vasos, os autores verificaram que a cv. Vera apresentou massa fresca de aproximadamente 60 g planta⁻¹, valor inferior aos obtidos no presente trabalho, e demonstra que o cultivo em substrato acondicionado em vasos apresenta potencial para a produção de alface em ambiente protegido.

Os resultados apresentados no presente trabalho demonstram que para se obter produção satisfatória de alface neste sistema de cultivo deve-se adotar uma combinação ideal entre o volume do recipiente e a frequência de fertirrigação, pois o volume de substrato deve permitir o crescimento contínuo das raízes, e, ao mesmo tempo, o fornecimento de nutrientes, água e oxigênio para as plantas, o que, provavelmente, não ocorreu nos vasos pequenos, principalmente quando se utilizou a maior frequência de fertirrigação.

Para a massa seca total, verificaram-se os maiores valores nas plantas cultivadas nos vasos com maior volume de substrato nas três frequências de fertirrigação. Por outro lado, o vaso de menor volume proporcionou menor produção de massa seca, independente da frequência adotada (Tabela 2). Ainda na Tabela 2, percebe-se que não houve efeito da frequência de fertirrigação sobre a massa seca total, independentemente do volume do vaso.

O efeito negativo do uso de vaso com menor volume de substrato sobre a produção de massa seca está de acordo com os resultados obtidos por Cardoso et al. (2015), os quais verificaram menores valores de massa seca de plantas de alface cultivadas em vasos com volume de 0,4 L. Seabra Júnior et al. (2002) trabalhando com hortelã, verificaram que volumes de 0,25 e 0,5 litros apresentaram resultados inferiores a 0,7 e 1,0 L.

De forma geral, os resultados apresentados no presente trabalho demonstram ser inviável a produção de alface em sistema semi-hidropônico utilizando vasos de pequeno volume (0,5 L), entretanto, verificou-se a viabilidade da produção de alface em vasos com volume de 1,0 L, proporcionando economia de substrato sem perdas no desenvolvimento das plantas, em comparação com vasos com volume de 3,0 L.

Para a cultura do morangueiro, Zorzeto et al. (2016) avaliaram o efeito de três volumes de vasos (1,0; 1,5 e 2,0 L) combinados com três frequências de irrigação (2, 3 e 4 irrigações diárias) e verificaram que o uso de vaso de menor volume proporcionou maior produção quando foram irrigados duas vezes ao dia. No entanto, esses autores verificaram que quando se realizaram quatro irrigações diárias, o melhor desempenho ocorreu nos vasos de maior volume.

4. CONCLUSÕES

O vaso de maior volume (3,0 L) proporcionou maior desenvolvimento das plantas, apesar de não diferir, em algumas frequências de irrigação, do vaso com volume médio (1,0 L).

O uso de vaso com volume de 0,5 L é inviável na produção de alface em sistema semi-hidropônico.

A produção de alface em sistema semi-hidropônico pode ser realizada utilizando vasos com volume de 1,0 L e frequência de irrigação com nove eventos diários.

REFERÊNCIAS

- Alves, M. S.; Soares, T. M.; Silva, L. T.; Fernandes, P. F.; Oliveira, M. L. A.; PAZ, V. P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. *Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental*, v.15, p. 491-498, 2011.
- Andriolo, J. L.; Luz, G. L.; Giraldo, C.; Godoi, R. S.; Barros, G. T. Cultivo hidropônico da alface empregando substratos: uma alternativa a NFT? *Horticultura Brasileira*, v.22, p.794-798, 2004.
- Bonachela, S.; Acuña, R. A.; Magan, J. J.; Malfa, O. Oxygen enrichment of nutrient solution of substrate-grown vegetable crops under Mediterranean greenhouse conditions: oxygen content dynamics and crop response. *Spanish Journal of Agricultural Research*, v.8, p. 1231-1241, 2010.
- Cardoso, F. L.; Andriolo, J. L.; Dal Picio, M.; Piccin, M.; Souza, J. M. Nitrogen on growth and yield of lettuce plants grown under root confinement. *Horticultura Brasileira*, v.33, p.422-427, 2015.
- Castellane, P.D.; Araujo, J.A.C. *Cultivo sem solo - Hidroponia*. 4ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43 p.
- Dias, N. S.; Jales, A. G. O.; Sousa Neto, O. N.; Gonzaga, M. I. S.; Queiróz, I. S. R.; Porto, M. A. F. Uso de rejeito da dessalinização na solução nutritiva da alface, cultivada em fibra de coco. *Revista Ceres*, v. 58, p. 632-637, 2011a.
- Dias, N. S.; Sousa Neto, O. N.; Cosme, C. R.; Jales, A. G. O.; Rebouças, J. R. L.; Oliveira, A. M. Resposta de cultivares de alface à salinidade da solução nutritiva com rejeito salino em hidroponia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.991-995, 2011b.
- Ferreira, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, p.1039-1042, 2011.
- Ferreira, L. G.; Przendziuk, G. B.; Mondin, M.; Nessi Junior, P. Bandejas e substratos na produção de mudas de almeirão. *Enciclopédia Biosfera*, v.10, p. 400-406, 2014.
- Guimarães, I. P.; Oliveira, F. A.; Torres, S. B.; Pereira, F. E. C. B.; França, F. D.; Oliveira, M. K. T. Use of fish-farming wastewater in lettuce cultivation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, p.728-733, 2016.
- Heller, H.; Bar-Tal, A.; Assouline, S.; Suryano, S.; La Forge, A.; Barak, M.; Alon, H.; Bruner, M.; Cohen, S.; Tsohar, D. The effects of container geometry on water and heat regimes in soilless culture: lettuce as a case study. *Irrigation Science*. v.33, p.53-65, 2015.

- Leal, P. A. M.; Costa, E.; Schiavo, J. A.; Pegorare, A. B. Seedling formation and field production of beetroot and lettuce in Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Horticultura Brasileira*, v.29, p. 465-471, 2011.
- Marouelli, W. A.; Carrijo, O. A.; Zolnier, S. Variabilidade espacial do sistema radicular do tomateiro e implicações no manejo da irrigação em cultivo sem solo com substratos. *Horticultura Brasileira*, v.23, p.57-60, 2005.
- Morard, P.; Silvestre, J. Plant injury due to oxygen deficiency in the root environment of soilless culture: a review. *Plant and Soil*. v. 184, p. 243-254, 1996.
- Nobre, R. G.; Fernandes, P. D.; Gheyi, H. R.; Brito, M. E. B.; Ilva, L. A. Crescimento da alface sob saturação temporal do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.890-898, 2009.
- Sala, P. C.; Costa, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, v.30, p.187-194. 2012
- Seabra Júnior, S.; Gadum, J.; Silva, M. A. S. Estudo da produção em vaso de hortelã em função do volume de substrato. In: 42º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2002, Uberlândia. Cd-Rom da Revista *Horticultura Brasileira* do 42º Congresso Brasileiro de Olericultura. 2002.
- Trani, P. E.; Novo, M. C. S. S.; Cavallaro Júnior, M. L.; Telles, L. M. G. Produção de mudas de alface em bandejas e substratos comerciais. *Horticultura Brasileira*, v.22, p.290-294, 2004.
- Zanella, F.; Lima, A. L. S.; Silva Júnior, F. F.; Maciel, S. P. A. Crescimento de alface hidropônica sob diferentes intervalos de irrigação. *Ciência & Agrotecnologia*, v.32, p. 366-370, 2008.
- Zorzeto, T. Q.; Dechen, S. C. F.; Abreu, M. F.; Fernandes Júnior, F. Caracterização física de substratos para plantas. *Bragantia*, v.73, p.300-311, 2014.

**CAPÍTULO III – CULTIVO DE ALFACE EM DIFERENTES VOLUMES DE VASO E
FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO SOB ESTRESSE SALINO**

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a produção de alface em diferentes volumes de vasos submetida a diferentes frequências de irrigação e sob estresse salino. A pesquisa foi desenvolvida em ambiente protegido no Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O delineamento utilizado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 3 x 3, com três repetições. Os tratamentos foram compostos por dois níveis de salinidade de água de irrigação (0,5 e 2,0 dS m⁻¹), três frequências de irrigação (6, 9 e 12 eventos diários) e três volumes de vaso (0,5; 1,0 e 3,0 L). Na ocasião da colheita foram analisadas as seguintes variáveis: diâmetro do caule, número de folhas totais e comerciais, massa fresca total, massa seca total, área foliar, área foliar específica e suculência foliar. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas entre si. Foi possível verificar que ao utilizar a água de menor salinidade (0,5 dS m⁻¹) a alface teve sua produção favorecida quando cultivada em vaso de 3,0 L e submetidas a seis eventos diários de irrigação. Ao elevar o nível da salinidade da água de irrigação, constatou-se que melhores resultados foram obtidos com o uso do vaso de 0,5 L e nove eventos diários de irrigação. Quanto a inibição dos efeitos deletérios da salinidade, observou-se que a combinação que melhor favoreceu a produção da alface foi o uso do vaso de 0,5 L e seis ou nove eventos diários de irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: *Lactuca sativa* L.; tamanho de recipiente; salinidade

ABSTRACT

This work was carried out with the objective of evaluating lettuce production in different pot volumes, submitted to different irrigation frequencies and under saline stress. The research was developed in a protected environment in the Department of Environmental and Technological Sciences of the Federal Rural University of the Semi-Arid. The experimental design was a randomized complete block in a 2 x 3 x 3 factorial scheme, with three replications. The treatments consisted of two levels of irrigation water salinity (0.5 and 2.0 dS m⁻¹), three irrigation frequencies (6, 9 and 12 daily events) and three pot volumes (0.5, 1.0 and 3.0 L). At the time of harvest, the following variables were analyzed: stem diameter, number of total and commercial leaves, total fresh mass, total dry mass, leaf area, specific leaf area and leaf succulence. The data were submitted to analysis of variance and the means compared to each other. It was possible to verify that when using the water of lower salinity (0.5 dS m⁻¹) the lettuce had its production favored when cultivated in a pot of 3.0 L and submitted to six daily irrigation events. When the salinity level of the irrigation water was raised, it was verified that better results were obtained with the use of the 0.5 L pot and nine daily irrigation events. Regarding the inhibition of the deleterious effects of salinity, it was observed that the combination that best favored lettuce production was the use of the 0.5 L pot and six or nine daily irrigation events.

KEYWORDS: *Lactuca sativa* L.; container size; salinity

1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.), pertencente à família Asteraceae, é a hortaliça folhosa mais importante no mundo sendo consumida, principalmente, *in natura* na forma de saladas. Dentre os diferentes grupos, a alface crespa se destaca como a mais produzida e consumida no Brasil (Sala & Costa, 2012).

Para se obter uma produção agrícola de alta qualidade, o manejo da irrigação é um dos fatores que apresenta fundamental importância, tendo em vista que a produção é afetada diretamente pela disponibilidade hídrica e pela qualidade da mesma. O uso de águas salinas na irrigação é uma realidade e se tornou um dos principais desafios dos pesquisadores, pois seu uso, quando manejada inadequadamente, poderá provocar efeitos tóxicos nas plantas, causando distúrbios funcionais e injúrias no metabolismo (Munns & Tester, 2008).

O cultivo hidropônico em sistema NFT (Nutriente Film Technique) vem ganhando espaço no mercado, conquistando a confiança dos consumidores, cada vez mais exigentes com a qualidade dos alimentos. Outra vantagem do uso do sistema hidropônico está associada ao fato que a tolerância das plantas à salinidade nesse sistema é maior em relação ao sistema convencional, pois a inexistência de potencial mátrico sobre o potencial total da água irá reduzir a dificuldade de absorção de água pelas plantas (Soares, 2007). Assim, os sistemas hidropônicos permitem o uso de água com maior condutividade elétrica, viabilizando uma atividade produtiva geradora de renda para as comunidades rurais com maior segurança ambiental (Dias et al., 2011).

O cultivo de plantas em substrato acondicionado em recipiente surge como alternativa aos sistemas NFT por apresentar vantagens sobre o mesmo, como menor consumo de energia (Andriolo et al., 2004). No entanto, ainda são necessários estudos sobre esta tecnologia, como por exemplo, o volume do recipiente. Desta forma, a escolha do recipiente, no que tange a capacidade volumétrica, é de grande importância, pois em volumes pequenos, apesar de proporcionar economia de substrato, exige manejo criterioso da irrigação.

Apesar de existirem na literatura diversos relatos de pesquisas sobre o efeito do volume do recipiente na produção de hortaliças, a maioria destas foi realizada na fase de produção de mudas, etapa em que as plantas apresentam reduzida exigência nutricional (Trani et al., 2004; Leal et al., 2011; Ferreira et al., 2014). Logo, se tornam escassos os estudos sobre o efeito do volume do recipiente na produção de hortaliças, em especial da alface.

Diante o exposto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito do volume do recipiente e frequência de irrigação na produção de alface em sistema semi-hidropônico utilizando solução nutritiva salina, submetido ao estresse salino.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em ambiente protegido no Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró, RN, (5° 11' 31"LS; 37° 20' 40" LO, com altitude média de 18 m).

O clima da região, na classificação de Koeppen, é do tipo BSw^h, (quente e seco), com precipitação pluviométrica bastante irregular, média anual de 673,9 mm; temperatura de 27°C e umidade relativa do ar média de 68,9% (Carmo Filho & Oliveira, 1995).

O experimento foi instalado seguindo o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 3 x 3, com três repetições, sendo que a parcela experimental representada por 4 vasos contendo uma planta cada. Os tratamentos foram compostos por dois níveis de salinidade de água de irrigação (0,5 e 2,0 dS m⁻¹), três frequências de irrigação (6, 9 e 12 eventos diários) e três volumes de vaso (0,5; 1,0 e 3,0 L).

Utilizou um tempo total de irrigação de 15 minutos, onde na frequência 1 foram três vezes de cinco minutos, na frequência 2 foram seis vezes de dois minutos e trinta segundos, na frequência 3 foram nove vezes de um minuto e quarenta segundos.

O preparo das soluções nutritivas seguiu a recomendação de Dias et al. (2011), contendo as seguintes quantidades de fertilizantes, em g 310 L⁻¹: nitrato de cálcio, 150; nitrato de potássio, 111; MAP, 42; sulfato de magnésio, 81, Rexolin[®], 9. O fertilizante Rexolin[®] é composto por 11,6% de óxido de potássio (K₂O); 1,28% de enxofre (S); 0,86% de magnésio (Mg); 2,1% de boro (B); 0,36 % de cobre (Cu); 2,66% de ferro (Fe); 0,036% de molibdênio (Mo); 3,48% de manganês (Mn) e 3,38% de zinco (Zn).

Para a menor salinidade (0,5 dS m⁻¹) foi utilizada água proveniente de poço profundo localizado no campus da UFERSA. A água de maior salinidade (2,0 dS m⁻¹) foi preparada pela dissolução de NaCl em água menor salinidade.

Após o preparo das soluções nutritivas, determinou-se suas condutividades elétricas, obtendo-se 1,5 e 3,0 dS m⁻¹.

O plantio foi realizado utilizando mudas de alface, cv. Vera, produzidas em bandejas de poliestireno expandido com capacidade para 200 células, sendo utilizado substrato fibra de coco (Golden Mix Granulado), composto a partir de 100% de fibra de coco, de textura fina, sem adubação de base.

Para cada tipo de água foi utilizado um sistema de irrigação independente, formado por um motobomba e um reservatório (caixa d'água com capacidade para 310 L), mangueiras (16 mm) e microtubos.

Usou-se método de irrigação localizada, composto por emissores do tipo microtubos. Os emissores estavam acoplados às linhas de irrigação (tubos de polietileno de 16 mm), os quais foram previamente avaliados sob condições normais de operação, obtendo-se vazão média de 2,5 L h⁻¹.

As plantas foram coletadas aos 30 dias após o transplante, e foram avaliados o diâmetro do caule. Número de folhas totais e comerciais, massa fresca total, área foliar, área foliar específica e suculência foliar.

- Diâmetro do caule – Medido com o auxílio de um paquímetro digital no lado do corte, expressando-se o resultado em milímetro;
- Número de folhas totais e comerciais – Foram contabilizadas apenas as folhas verdes e com comprimento de nervura central acima de 4 cm, descartando as folhas que não apresentavam qualidade comercial, expressando-se o resultado em unidades;
- Massa fresca total – No momento da colheita as plantas foram pesadas em balança digital de precisão (0,01g);
- Massa seca total – as plantas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C (±1), até atingirem peso constante e em seguida pesadas em balança analítica (0,001g);
- Área foliar – Utilizou-se o método dos discos foliares, que consiste no uso de um vazador com área conhecida. Em cada planta foram retirados 10 discos do tecido foliar, sendo a área estimada através da fórmula proposta por Souza et al. (2012):

$$AF = \frac{[(MSF + MSD) \cdot AD \cdot N]}{MSD}$$

Em que:

AF – área foliar estimada (cm²);

MSF – massa seca das folhas sem os discos (g);

MSD – massa seca dos discos (g);

AD – área conhecida do disco que será retirado da folha (cm²);

N – número de discos retirados.

- Área foliar específica – Determinada através da razão entre área foliar e massa seca de folhas:

$$AFE = \frac{AF}{MSF}$$

Em que:

AFE – Área foliar específica ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1} \text{MSF}$);

AF – área folia (cm^2);

MSF – massa seca de folhas (g).

- Suculência foliar – Foi determinada a partir da razão entre da quantidade de água na folha e área foliar:

$$SF = \frac{(MFF - MSF)}{AF}$$

Em que:

SF – suculência foliar ($\text{g H}_2\text{O cm}^{-2}$);

MFF – massa fresca de folhas (g);

MSF – massa seca de folhas (g);

AF – área foliar (cm^2).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste Tukey (0,05), realizando-se o desdobramento para as variáveis que apresentaram resposta significativa à interação entre os fatores estudados. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os fatores salinidade e frequência de irrigação afetou significativamente ao número de folhas comerciais ($p < 0,01$) e o diâmetro do caule ($p < 0,05$). Já a interação entre a salinidade e o volume de vaso afetou o número de folhas totais ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para diâmetro do caule (DC), número de folhas totais (NFT) e número de folhas comerciais (NFC) da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando água salina, diferentes volumes de vaso e frequências de irrigação. Mossoró-RN, 2017

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		DC	NFT	NFC
Salinidade (S)	1	326,41 ^{**}	726,00 ^{**}	711,41 ^{**}
Vasos (V)	2	29,14 ^{**}	166,98 ^{**}	147,91 ^{**}
Frequência (F)	2	0,87 ^{ns}	4,46 ^{ns}	3,85 ^{ns}
(S) x (V)	2	2,14 ^{ns}	13,54 [*]	3,57 ^{ns}
(S) x (F)	2	10,24 [*]	7,06 ^{ns}	15,63 ^{**}
(V) x (F)	4	3,64 ^{ns}	2,76 ^{ns}	4,69 ^{ns}
(S) x (V) x (F)	4	1,03 ^{ns}	3,72 ^{ns}	2,09 ^{ns}
Resíduo	36	2,19	2,71	2,54
CV (%)		15,45	10,03	12,74

^{**}, ^{*}, ^{ns} – significativo aos níveis de 1%, 5% e não significativo, pelo teste F

Observando o efeito das frequências de irrigação sobre o diâmetro do caule (Tabela 2), foi possível perceber que apenas as frequências F6 e F12 se destacaram quando se utilizou o vaso de maior volume (3,0 L) e a água de baixa salinidade (0,5 dS m⁻¹). Não houve diferença significativa das frequências de irrigação sobre o DC para a água de maior salinidade (2,0 dS m⁻¹).

Avaliando o efeito dos vasos sobre o DC, constatou-se que ao utilizar a água de menor salinidade apenas a frequência F9 apresentou diferença significativa, na qual o vaso de 1,0 L se destacou, mas não diferiu do vaso de maior volume (3,0 L). Já para as plantas submetidas à irrigação com água de maior nível salino, verificou-se que o vaso de maior volume se destacou tanto na frequência F6 como na F12, sendo que as plantas cultivadas no vaso de 3,0 L não diferiram das plantas cultivadas nos vasos de 1,0 L em ambas as frequências (Tabela 2).

A salinidade afetou de forma negativa as plantas submetidas a F6 e F9 associadas ao vaso de 1,0 e a F12 independentemente do volume de vaso utilizado. Na F12 foi aplicado menor quantidade de água por evento quando comparado com as demais frequências,

proporcionando menor lixiviação e, provavelmente, maior concentração de sais na zona radicular.

Analisando na Tabela 2, foi mostrado o efeito da frequência sobre o número de folhas comerciais (NFC), em que verificou-se que não houve diferença significativa para o vaso de 0,5 L, assim como para o vaso de 1,0 L em ambos os níveis de salinidade. Porém, para o vaso de maior volume (3,0 L), a F6 se destacou, sendo que esta não diferiu da F9 quando se utilizou a água de abastecimento. Já para a água de 2,0 dS m⁻¹, as plantas cultivadas no vaso de 3,0 L apresentaram maior NFC quando submetidas a 9 eventos diários de irrigação, sendo que a F9 não diferiu da F6. Provavelmente, os menores números de eventos proporcionaram uma maior lavagem dos sais no substrato, já que as menores frequências disponibilizavam maior volume de água por evento.

Tabela 2. Teste de médias para diâmetro do caule, número de folhas totais e número de folhas comerciais da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando água salina, diferentes volumes de vaso e frequências de irrigação. Mossoró-RN, 2017

CEa	Tamanho de vaso	Frequência		
		F6	F9	F12
Diâmetro do caule (mm)				
0,5 dS m ⁻¹	0,5 L	11,81 AaA	9,76 AbA	11,23 AaA
	1,0 L	12,63 AaA	12,78 AaA	11,83 AaA
	3,0 L	14,38 AaA	10,48 BabA	13,51 AaA
2,0 dS m ⁻¹	0,5 L	5,02 AbA	6,21 AaA	5,21 AbB
	1,0 L	6,43 AabB	8,18 AaB	7,15 AabB
	3,0 L	8,43 AaA	8,67 AaA	8,84 AaB
Número de folhas totais				
0,5 dS m ⁻¹	0,5 L	16,17 AbA	17,17 AbA	19,00 AaA
	1,0 L	20,67 AaA	20,00 AabA	19,33 AaA
	3,0 L	23,83 AaA	22,67 AaA	22,00 AaA
2,0 dS m ⁻¹	0,5 L	10,50 AbB	11,50 AbB	10,00 AbB
	1,0 L	9,17 BbB	12,50 AbB	10,50 ABbB
	3,0 L	16,67 AaB	18,17 AaB	15,83 AaB
Número de folhas comerciais				
0,5 dS m ⁻¹	0,5 L	14,00 AbA	13,00 AbA	15,17 AaA
	1,0 L	15,50 AbA	15,17 AabA	15,67 AaA
	3,0 L	21,17 AaA	18,17 ABaA	17,50 BaA
2,0 dS m ⁻¹	0,5 L	6,00 AbA	7,83 AbB	6,33 AbB
	1,0 L	7,17 AbB	8,33 AbB	6,50 AbB
	3,0 L	12,17 ABaB	14,83 AaB	10,83 BaB

*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúscula nas linhas (referente a frequência dentro da combinação salinidade e volume dos vasos) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%); Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas (referente a volume dos vasos dentro da combinação salinidade e frequência) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%); Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas e negrito nas colunas (referente as salinidades dentro da combinação frequência e volume dos vasos) não difere estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

Com relação ao volume de vasos, constou-se que, na água de menor salinidade o vaso de 3,0 L se mostrou superior na frequência F6. O mesmo ocorreu na F9, sendo que os valores de NFC no vaso de 3,0 L não diferiram dos obtidos no vaso de 1,0 L. Já para a maior frequência de irrigação (F12), não houve diferença significativa entre os tamanhos de vasos utilizados neste experimento. Para a água de maior nível salino ($2,0 \text{ dS m}^{-1}$), verificou-se que em todas as frequências o vaso de 3,0 L se destacou dos demais (Tabela 2).

Analisando o efeito da salinidade sobre a NFC, verifica-se que o uso de água com salinidade de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ provocou redução nesta variável nas plantas cultivadas nos vasos de 0,5 L e irrigadas com 9 e 12 eventos diários. O mesmo ocorreu com todas as frequências de irrigação quando se utilizou o vaso de 1,0 e 3,0 L (Tabela 2). Constatou-se ainda, que o uso do vaso de menor volume (0,5 L) associado a menor frequência de irrigação (F6) inibiu os efeitos danosos da salinidade sobre a NFC, evidenciando que a combinação de baixo volume de substrato com maior quantidade de água aplicada por evento de irrigação são favoráveis para a alface submetida a irrigação salina.

Para a variável NFT, a frequência de irrigação não diferiu em nenhum volume de vaso quando se utilizou a água de abastecimento. Porém, a F9 se mostrou superior às demais frequências quando as plantas foram cultivadas em vasos de 1,0 L e irrigadas com água de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Tabela 2).

Ainda nesta variável, observando as plantas submetidas a água de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, verificou-se que os vasos de 1,0 e 3,0 L se destacaram na F6, assim como o de 3,0 L se destacou na F12 e na F9, sendo que, neste último caso não houve diferença significativa entre os vasos de 1,0 e 3,0 L. Ao utilizar água de maior nível salino ($2,0 \text{ dS m}^{-1}$), constatou-se que o vaso de maior volume (3,0 L) se destacou em todas as frequências, sendo que ele não diferiu do vaso de 1,0 L na F12.

Independentemente do volume de vaso e da frequência de irrigação que foi utilizado, a salinidade reduziu os valores de NFT. Outros trabalhos analisando diferentes salinidades m alface também encontraram redução do número de folhas em resposta ao estresse salino (Araújo et al., 2011; Oliveira et al., 2011; Moraes et al., 2014).

A interação entre os fatores salinidade, frequência de irrigação e volume de vasos afetou significativamente a área foliar e a massa seca total ao nível de 5% de probabilidade. A massa fresca comercial foi afetada ao nível de 5% de probabilidade pela interação entre a salinidade e a frequência de irrigação (Tabela 3). A variável MFT só apresentou efeito significativo de forma isolada para salinidade ($p < 0,01$) e volume de vasos ($p < 0,05$).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para massa fresca comercial (MFC), massa fresca total (MFT), massa seca total (MST) e área foliar (AF) da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando água salina, diferentes volumes de vaso e frequências de irrigação. Mossoró-RN, 2017

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		MFC	MFT	MST	AF
Salinidade (S)	1	124836,05 ^{**}	139426,90 ^{**}	199,48 ^{**}	27025269,16 ^{**}
Vasos (V)	2	22350,21 ^{**}	23685,18 ^{**}	84,48 ^{**}	14748105,78 ^{**}
Frequência (F)	2	419,14 ^{ns}	45,90 ^{ns}	0,009 ^{ns}	100965,98 ^{ns}
S x V	2	718,89 ^{ns}	754,48 ^{ns}	1,50 ^{ns}	338651,58 ^{ns}
S x F	2	832,93 [*]	685,22 ^{ns}	2,69 [*]	680750,19 [*]
V x F	4	630,73 ^{ns}	410,20 ^{ns}	2,80 [*]	403821,10 ^{ns}
S x V x F	4	238,19 ^{ns}	423,61 ^{ns}	4,34 [*]	534553,45 [*]
Resíduo	36	240,28	436,00 ^{ns}	0,79	162013,78
CV (%)		17,46	21,36	16,18	17,91

^{**}, ^{*}, ^{ns} – significativo aos níveis de 1%, 5% e não significativo, pelo teste F.

As frequências de irrigação não afetaram a AF em nenhum volume de vaso quando se utilizou água de baixo nível salino. Porém, quando a salinidade da água de irrigação foi elevada, constatou-se que a F12 se destacou das demais frequências ao cultivar as planta em vaso de 1,0 L (Tabela 4).

Observando o efeito do volume de vasos, verificou-se que o vaso de maior volume proporcionou maiores valores de AF nas frequências F6 e F9 em ambos os níveis salinos da água de irrigação. Analisando a F12 na água de maior nível salino, constatou-se que os vasos de 1,0 e 3,0 L apresentaram maiores valores de AF (Tabela 4).

A salinidade afetou negativamente a AF em todas as plantas submetidas a F6 e F9 em todos os volumes de vaso estando de acordo, com os estudos realizados por Moraes et al. (2014) os quais observaram que a área foliar da alface reduzida linearmente com o aumento da salinidade. No entanto, seus efeitos foram inibidos quando se associou a F12 com o vaso de 1,0 L. Isso pode ser explicado ao fato de um maior número de eventos de irrigação manter o solo umedecido por mais tempo. Junto a isso, pode-se inferir que o vaso de 1,0 L proporcionou menor perda de água por lixiviação em comparação ao de menor volume (0,5 L), ou por transpiração (vaso de 3,0 L). Dessa forma, a AF pode ter sido menos afetada nessa combinação de vaso e frequência devido a maior disponibilização de água para a planta (Tabela 4).

Não houve diferença significativa para as frequências de irrigação sobre MFT quando as plantas foram submetidas a irrigação de baixo nível salino (0,5 dS m⁻¹). No entanto, quando se observou as plantas submetidas à irrigação salobra, constatou-se que a F9 se destacou das

demais quando as plantas foram cultivadas em vasos de 3,0 L, mesmo esta não diferindo da F6 (Tabela 4).

O efeito do volume de vaso sobre a MFT nas plantas cultivadas na água de 0,5 dS m⁻¹ foi favorecido com o uso do vaso de 3,0 L nas F6 e F12, e do vaso de 0,5 L quando utilizou-se 9 eventos diários de irrigação (F9). Já quando se utilizou a água de salinidade igual a 2,0 dS m⁻¹, verificou-se que o vaso de maior volume se destacou dos demais, independentemente da frequência de irrigação utilizada (Tabela 4).

O aumento do nível salino na água de irrigação afetou negativamente a MFT independentemente do volume de vaso e da frequência de irrigação (Tabela 4). Redução na MFC da alface sob condições salinas está de acordo com os obtidos por outros autores que utilizaram irrigação com água salina (Souza et al., 2009; Oliveira et al., 2011; Silva, 2013).

Tabela 4. Teste de médias para massa fresca comercial, massa fresca total, massa seca total e área foliar da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando água salina, diferentes volumes de vaso e frequências de irrigação. Mossoró-RN, 2017

CEa	Tamanho de vaso	Frequência		
		F6	F9	F12
Área foliar (cm ²)				
0,5 dS m ⁻¹	0,5 L	2331,97 AcA	1860,13 AcA	2526,54 AaA
	1,0 L	3195,91 AbA	2693,06 AbA	2627,81 AaA
	3,0 L	4101,74 AaA	3950,55 AaA	3301,53 AaA
2,0 dS m ⁻¹	0,5 L	475,20 AbB	849,54 AbB	707,97 AbB
	1,0 L	735,32 BbB	1053,74 BbB	1974,81 AaA
	3,0 L	2910,37 AaB	2556,14 AaB	2582,19 AaB
Massa fresca total (g planta ⁻¹)				
0,5 dS m ⁻¹	0,5 L	101,42 AbA	86,64 AaA	115,87 AbA
	1,0 L	121,10 AbA	143,47 AbA	133,32 AbA
	3,0 L	186,06 AaA	175,35 AcA	168,49 AaA
2,0 dS m ⁻¹	0,5 L	18,05 AbB	24,65 AbB	12,20 AbB
	1,0 L	21,59 AbB	32,27 AbB	19,38 AbB
	3,0 L	82,03 ABaB	100,06 AaB	56,03 BaB
Massa seca total (g planta ⁻¹)				
0,5 dS m ⁻¹	0,5 L	5,39 AcA	5,06 AcA	6,40 AbA
	1,0 L	7,74 AbA	7,57 AbA	6,23 AbA
	3,0 L	9,93 ABaA	10,90 AaA	8,38 BaA
2,0 dS m ⁻¹	0,5 L	1,53 AbB	1,81 AbB	1,70 AbB
	1,0 L	1,41 BbB	2,23 BbB	4,79 AaA
	3,0 L	6,90 AaB	6,30 AaB	5,63 AaB

*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúscula nas linhas (referente a frequência dentro da combinação salinidade e volume dos vasos) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%); Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas (referente a volume dos vasos dentro da combinação salinidade e frequência) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%); Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas e negrito nas colunas (referente as salinidades dentro da combinação frequência e volume dos vasos) não difere estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

Analisando a variável MST, verifica-se que a frequência de irrigação F9 mostrou valores superiores quando utilizado água de baixo nível salina e vasos de 3,0 L. No entanto, ao elevar a salinidade da água de irrigação, constatou-se que a F12 foi superior no vaso de 1,0 L (Tabela 4).

O efeito do volume de vasos sobre a MST mostrou que ao utilizar a água de baixa salinidade o vaso de 3,0 L superou os demais independentemente da frequência de irrigação usada neste estudo. Ainda na Tabela 4, verificou-se que o aumento do nível salino apresentou efeito negativo para a F6 e F9 independentemente do volume de vaso utilizado. No entanto, não houve diferença significativa para o vaso de 3,0 L, mostrando que os efeitos deletérios da salinidade foram inibidos. Já na F12, constatou-se que a salinidade afetou negativamente os valores de MST das plantas cultivadas nos vasos de 0,5 e 3,0 L.

As plantas cultivadas em vasos de 1,0 L não apresentaram diferença estatística, fazendo com que os efeitos danosos da salinidade sejam inibidos. Este fato pode ter ocorrido devido a lixiviação no vaso de vaso de 0,5 L, levando além do sal os nutrientes necessários ao desenvolvimento da planta, e a maior evaporação no vaso de maior volume, tendo em vista que a alta frequência proporcionava menores volumes por eventos e o vaso de 3,0 L apresenta maior superfície exposta, o que facilita maior taxa de evaporação (Tabela 4).

A suculência foliar foi afetada significativamente pela interação entre os fatores volume de vaso e frequência de irrigação, bem como para a interação entre salinidade e frequência de irrigação para o teor de água, ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para suculência foliar (SF), área foliar específica (AFE) e teor de água (TA) da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando água salina, diferentes volumes de vaso e frequências de irrigação. Mossoró-RN, 2017

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		SF	AFE	TA
Salinidade (S)	1	0,00294 ^{**}	19571,98 [*]	106,68 ^{**}
Vasos (V)	2	0,00003 ^{ns}	4072,84 ^{ns}	0,64 ^{ns}
Frequência (F)	2	0,00026 ^{ns}	516,22 ^{ns}	15,78 [*]
S x V	2	0,00007 ^{ns}	4839,43 ^{ns}	0,58 ^{ns}
S x F	2	0,00094 ^{**}	6809,89 ^{ns}	30,56 ^{**}
V x F	4	0,00052 ^{**}	4350,14 ^{ns}	2,48 ^{ns}
S x V x F	4	0,00024 ^{ns}	9550,30 ^{ns}	2,43 ^{ns}
Resíduo	36	0,00011	2934,27	3,78
CV (%)		18,56	12,97	12,08

^{**}, ^{*}, ^{ns} – significativ aos níveis 1%, 5% e não significativo, pelo teste F.

Não houve diferença significativa das frequências de irrigação sobre a suculência foliar no uso da água de baixo nível salino independentemente do volume de vaso utilizado. No

entanto, com o uso da água com salinidade $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, verificou-se que só houve diferença significativa no vaso de menor volume (0,5 L), onde a F6 se destacou das demais frequências.

Quanto ao efeito do volume de vaso sobre a suculência foliar, só houve diferença significativa para a frequência F6, na qual o vaso de menor volume apresentou valores superiores de SF quando as plantas foram submetidas a irrigação salobra. Foi observado efeito positivo da salinidade sobre as plantas que foram submetidas a 6 eventos de irrigação (F6) e cultivadas no vaso de 0,5 L.

Apenas as plantas cultivadas em vasos de 0,5 L com 6 eventos diários de irrigação (F6) foram as que apresentaram elevação nos valores de SF quando submetidas a irrigação com água salobra. As plantas que foram submetidas a F12, independentemente do volume de vaso utilizado, apresentaram redução nos valores de SF. As demais combinações de frequência e volume de vaso causaram inibição dos efeitos danosos da salinidade.

Analisando a variável teor de água (TA), verificou-se que não houve diferença significativa para o efeito das frequências quando as plantas foram irrigadas com água de menor salinidade ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$), assim como para volume de vaso em ambos os níveis de salinidade utilizados neste experimento. Porém, na água com salinidade de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, foi possível constatar que a F6 e F9 proporcionaram maiores valores de TA quando as plantas foram cultivadas em vasos de 0,5 L e 1,0 L (Tabela 6).

A salinidade afetou de forma negativa o TA apenas as plantas submetidas a 12 eventos diários de irrigação (F12) independentemente do volume de vaso utilizado. As demais combinações de frequências e volume de vaso não apresentaram diferença significativa com o aumento da salinidade, mostrando assim, que essas combinações se mostraram favoráveis a inibição dos efeitos negativos da salinidade sobre TA (Tabela 6).

A suculência foliar está associada à quantidade de água presente na folha. Logo, as plantas submetidas a 12 eventos de irrigação tiveram redução na absorção de água quando foram submetidas ao estresse salino. O maior número de eventos na F12 proporciona menor quantidade de água aplicada em cada um deles quando comparado com os demais eventos (F6 e F9), isso pode ter empatado a lavagem dos sais e causado, provavelmente, um aumento da quantidade de sais na zona radicular e reduzido o potencial osmótico, causando a redução na absorção de água (Tabela 6).

Tabela 6. Teste de médias para suculência foliar, área foliar específica e teor de água da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando água salina, diferentes volumes de vaso e frequências de irrigação. Mossoró-RN, 2017

CEa	Tamanho de vaso	Frequência		
		F6	F9	F12
Suculência foliar (g H ₂ O cm ⁻²)				
0,5 dS m ⁻¹	0,5 L	0,045 Aa B	0,039 AaA	0,044 AaA
	1,0 L	0,039 AaA	0,039 AaA	0,052 AaA
	3,0 L	0,045 AaA	0,045 AaA	0,055 AaA
2,0 dS m ⁻¹	0,5 L	0,063 AaA	0,022 BaA	0,010 BaB
	1,0 L	0,031 AbA	0,034 AaA	0,022 AaB
	3,0 L	0,029 AbA	0,031 AaA	0,028 AaB
Teor de água (%)				
0,5 dS m ⁻¹	0,5 L	95,10 AaA	94,56 AaA	94,86 AaA
	1,0 L	94,12 AaA	95,06 AaA	95,63 AaA
	3,0 L	94,90 AaA	94,42 AaA	95,51 AaA
2,0 dS m ⁻¹	0,5 L	93,17 AaA	93,99 AaA	88,89 Ba B
	1,0 L	94,20 AaA	94,34 AaA	88,95 Ba B
	3,0 L	92,12 AaA	92,49 AaA	90,73 Aa B

*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúscula nas linhas (referente a frequência dentro da combinação salinidade e volume dos vasos) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%); Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas (referente a volume dos vasos dentro da combinação salinidade e frequência) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%); Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas e negrito nas colunas (referente as salinidades dentro da combinação frequência e volume dos vasos) não difere estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

A massa fresca total (MFT) foi afetada de forma isolada pela salinidade e pelo volume de vaso. Com relação à salinidade, a variável MFT foi superior quando as plantas foram submetidas a irrigação com água de menor salinidade, assim como foi cultivada em vasos de maior volume (Tabela 7).

Tabela 7. Teste de médias para massa fresca total (MFT) e área foliar específica (AFE) da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando água salina, diferentes volumes de vaso e frequências de irrigação. Mossoró-RN, 2017

Fontes de variação		Médias	
		MFT	AFE
Salinidade	0,5 dS m ⁻¹	148,55 a	398,73 b
	2,0 dS m ⁻¹	46,92 b	436,80 a
Vasos	0,5 L	65,89 c	405,12 a
	1,0 L	90,09 b	434,40 a
	3,0 L	137,22 a	413,78 a
Frequência	6 eventos	95,91 a	421,13 a
	9 eventos	98,42 a	411,59 a
	12 eventos	98,88 a	420,58 a

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A área foliar específica (AFE) apresentou resposta significativa de forma isolada apenas ao fator salinidade ($p < 0,01$). Constatou-se, ainda, que seus maiores valores foram obtidos com a água de maior nível salino ($2,0 \text{ dS m}^{-1}$). Nos demais fatores não houve diferença significativa (Tabela 7).

Como a AFE é inversamente proporcional a espessura das folhas, pode-se afirmar que as plantas irrigadas com água de menor salinidade ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$) foram as que apresentaram as folhas mais espessas. Estes resultados divergem dos resultados obtidos por Medeiros et al. (2012) que, estudando o efeito da irrigação salina sobre o desenvolvimento da bucha vegetal, constatou maior AFE foi ocorreu na salinidade de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$.

4. CONCLUSÕES

A alface produziu melhor nos vasos de 3,0 L submetidos a seis eventos diários e submetidas a água de menor nível salino.

Os efeitos danosos causados pela salinidade são inibidos quando as alfaces são cultivadas em vasos de 0,5 L e submetidas a seis ou nove eventos diários de irrigação.

REFERÊNCIAS

- Andriolo, J. L.; Luz, G. L.; Giraldi, C.; Godoi, R. S.; Barros, G. T. Cultivo hidropônico da alface empregando substratos: uma alternativa a NFT? *Horticultura Brasileira*, v.22, p.794-798, 2004.
- Araújo, W. F.; Sousa, K. T. S.; Viana, T. V. A.; Azevedo, B. M.; Barros, M. M.; Marcolino, E. Resposta da alface a adubação nitrogenada. *Revista Agro@ambiente On-line*. V.5, p.12-17, 2011.
- Carmo Filho, F.; Oliveira, O. F. Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, 1995. 62p. (Coleção Mossoroense, série B).
- Dias, N. S.; Jales, A. G. O.; Souza Neto, O. N.; Gonzaga, M. I. S.; Queiroz, I. S. R.; Porto, M. A. F. Uso de rejeito da dessalinização na solução da alface, cultivada em fibra de coco. *Revista Ceres*, v. 58, p. 632-637, 2011.
- Ferreira, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, p.1039-1042, 2011.
- Ferreira, L. G.; Przendziuk, G. B.; Mondin, M.; Nessi Junior, P. Bandejas e substratos na produção de mudas de almeirão. *Enciclopédia Biosfera*, v.10, p. 400-406, 2014.
- Leal, P. A. M.; Costa, E.; Schiavo, J. A.; Pegorare, A. B. Seedling formation and field production of beetroot and lettuce in Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Horticultura Brasileira*, v.29, p. 465-471, 2011.
- Medeiros, A. M. A.; Oliveira, F. A.; Medeiros, J. F.; Lima, L. A.; Bezerra, F. M. S.; Cavalcante, A. L. G. Efeito da salinidade da água de irrigação no desenvolvimento inicial da bucha vegetal. In: *Workshop internacional de inovações tecnológicas na irrigação*, 2012, Fortaleza-CE. *IV Workshop de inovações tecnológicas na irrigação - WINOTEC*, 2012.
- Moraes, D. P.; Fernandes, A. L. M.; Dias, N. S.; Cosme, C. R.; Souza Neto, O. N. Rejeito salino e solução nutritiva em alface cultivada em sistema hidropônico. *Magistra*, v.26, p.353-360, 2014.
- Munns, R.; Tester, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, Palo Alto, v. 59, p. 651-81, 2008.
- Oliveira, F. A.; Carrilho, M. J. S. O.; Medeiros, J. F.; Maracaja, P. B.; Oliveira, M. K. T. Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade de água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.771-777, 2011.

- Oliveira, F. A.; Souza Neta, M. L.; Silva, R. T.; Souza, A. A. T.; Oliveira, M. K. T.; Medeiros, J. F. Desempenho de cultivares de rúcula sob soluções nutritivas com diferentes salinidades. *Revista Agroambiente On-line*, v.7, p. 170-178, 2013.
- Sala, F. C.; Costa, C. P. Retrospectiva e tendência da alficultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, v.30, p. 187-194, 2012.
- Silva, A. S. N. Doses de fósforo e de potássio na produção da alface. Jaboticabal: UNESP, 2013. 50p. Tese doutorado
- Soares, T. M. Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao semi-árido brasileiro. Piracicaba: ESALQ, 2007. 267p. Tese Doutorado.
- Souza, A. H. A.; Silva, E. S.; Santi, A. Doses de nitrogênio aplicadas na cultura da alface americana via fertirrigação. In: 2º Jornada Científica, 2009, Barra dos Bugres. *Anais...* Barra dos Bugres: UNEMAT, 2009. p. 1450-1455.
- Trani, P. E.; Novo, M. C. S. S.; Cavallaro Júnior, M. L.; Telles, L. M. G. Produção de mudas de alface em bandejas e substratos comerciais. *Horticultura Brasileira*, v.22, p.290-294, 2004.

**CAPÍTULO IV – ESTRATÉGIA DE FERTIRRIGAÇÃO NO CULTIVO DE ALFACE
SOB ESTRESSE SALINO**

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes combinações de N/K/Ca e diferentes volumes de vasos no cultivo da alface submetida ao estresse salino. O experimento foi realizado em ambiente protegido na UFERSA, em Mossoró, RN. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 2 x 2, com três repetições, sendo a parcela experimental formada por quatro vasos contendo 3,0 L de fibra de coco. Os tratamentos foram formados pela combinação de N/K/Ca (F1=1:1:1; F2=1,5:1:1; F3= 1:1,5:1; F4=1:1:1,5), com dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,5 e 2,5 dS m⁻¹) e dois volumes de vaso (1 e 3 L). As plantas foram coletadas aos 28 dias após o transplântio e foram avaliadas as seguintes variáveis: número de folhas, área foliar, massa fresca e seca da parte aérea, massa fresca comercial e massa seca total. Houve efeito da salinidade e da solução nutritiva sobre o crescimento das plantas para todas as combinações, entretanto, a intensidade do estresse salino variou de acordo com a relação N/K/Ca utilizada. A produção da alface foi favorecida com o uso de vasos de 3,0 L associada à fertirrigação padrão (F1) em ambos os níveis salinos. Porém, os efeitos deletérios foram inibidos pela combinação do vaso de 1,0 L com a fertirrigação de maiores níveis de cálcio (F4) e pelo vaso de 3,0 L com a fertirrigação contendo acréscimo de nitrogênio.

PALAVRAS-CHAVE: *Lactuca sativa* L., solução nutritiva, salinidade

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of different combinations of N / K / Ca and different pot volumes on lettuce cultivation submitted to saline stress. The experiment was carried out in a protected environment at UFERSA, Mossoró, RN. The experimental design was a randomized blocks in a 4 x 2 x 3 factorial scheme, with three replications. Each experimental unit consisted of four pots containing 3.0 L of coconut fiber. The treatments were formed by the combination of N / K / Ca (F1 = 1: 1: 1, F2 = 1.5: 1: 1, F3 = 1: 1.5: 1, F4 = 1: 1: 1.5) with two irrigation water salinity levels (0.5 and 2.5 dS m⁻¹) and two pot volumes (1 and 3 L). The plants were collected at 28 days after transplanting and the following variables were evaluated: leaf number, leaf area, fresh and dry shoot mass, commercial fresh mass and total dry mass. There was effect of salinity and of nutrient solution on plant growth for all combinations, however, the intensity of saline stress varied according to the N / K / Ca ratio used. Lettuce production was favored with the use of 3.0 L pots associated with standard fertirrigation (F1) at both saline levels. However, the deleterious effects were inhibited by the combination of the 1.0 L pot with the fertirrigation of higher calcium levels (F4) and the 3.0 L pot with the fertirrigation containing nitrogen addition.

KEYWORDS: *Lactuca sativa* L., nutritive solution, salinity

1. INTRODUÇÃO

O uso de águas salinas na irrigação é uma realidade e se tornou um dos principais desafios dos pesquisadores, pois seu uso, quando manejado inadequadamente, poderá causar acúmulo de sais no solo. As altas concentrações de sais na zona radicular, além de reduzir o potencial hídrico do solo, podem provocar efeitos tóxicos nas plantas, causando distúrbios funcionais, injúrias no metabolismo e, conseqüentemente, redução na produtividade biológica e econômica (Munns & Tester, 2008).

Dependendo da quantidade de íons na solução, a salinidade ocasiona diminuição do consumo hídrico nas plantas, inibição do crescimento e alteração na absorção de nutrientes minerais como o nitrogênio, o potássio e o cálcio (Cortés & Real, 2007; Dias & Blanco, 2010; Paulus et al. 2012).

A alface (*Lactuca sativa* L.) se destaca por ser a hortaliça mais consumida no mundo e por ser a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil. Além de se destacar no cultivo hidropônico chegando a ser responsável por 80% desse tipo de produção (Alves et al., 2011; Pereira, 2015).

É considerada uma cultura moderadamente sensível à salinidade, porém diversos trabalhos destacam o fato de a salinidade afetar negativamente a produção da alface e de outras folhosas, sendo que a intensidade dos efeitos deletérios varia dependendo da cultivar, do estágio fenológico, do tipo de sais, da intensidade e duração do estresse salino (Taiz & Zeiger, 2009; Freire et al., 2009; Alves et al., 2011; Rodrigues et al., 2015).

Com o intuito de minimizar o efeito da salinidade, alguns trabalhos foram realizados com base na teoria de que aumentar a concentração desses nutrientes (K, N e Ca) na zona radicular poderiam reduzir as relações Na/N, Na/Ca e Na/K nas folhas e, conseqüentemente, um equilíbrio nutricional mais próximo das plantas cultivadas em ambientes não salinos (Cortés & Real, 2007; Blanco et al, 2008; Rubio et al., 2009).

Considerando a necessidade de se obter mais informações técnicas, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito do incremento de nitrogênio, potássio e cálcio na fertirrigação da cultura da alface, em fibra de coco, submetida a irrigação salina.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em ambiente protegido no Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas (DCAT) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró, Estado do Rio Grande do Norte, localizada nas coordenadas geográficas de 5° 11' 31" de latitude sul e 37° 20' 40" de longitude oeste de Greenwich, com altitude média de 18 m (Figura 1).



Figura 1. Localização da estufa experimental (A) e casa de vegetação (B) onde foi realizado o experimento, UFERSA-DCAT, Mossoró-RN, 2017

O clima da região, na classificação de Koeppen, é do tipo BSw^h, (quente e seco), com precipitação pluviométrica bastante irregular, média anual de 673,9 mm; temperatura de 27°C e umidade relativa do ar média de 68,9% (Carmo Filho & Oliveira, 1995). Os dados de umidade relativa e de temperatura média no período do experimento estão expressos na Figura 2.

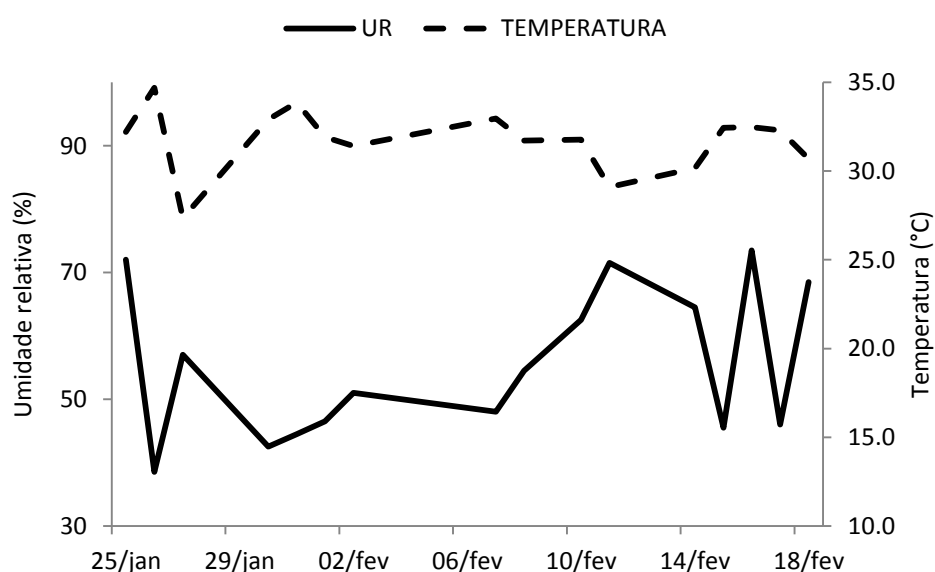


Figura 2. Temperatura e umidade relativa média diária do ar no período do experimento dentro da casa de vegetação. Mossoró-RN, UFERSA, 2017

Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 2 x 2, com três repetições, sendo que a parcela experimental foi representada por 4 vasos contendo uma planta em cada. Os tratamentos foram compostos por quatro combinações de N/K/Ca (F1=1:1:1; F2=1,5:1:1; F3= 1:1,5:1; F4=1:1:1,5), com dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,5 e 2,0 dS m⁻¹), e dois volumes de vaso (1,0 e 3,0 L).

Para a menor salinidade (0,5 dS m⁻¹) foi utilizada água proveniente de sistema de abastecimento hídrico do campus da UFERSA. A água de maior nível salino (2,0 dS m⁻¹), havia foi preparada pela dissolução de NaCl em água amostra de água utilizada para a menor salinidade.

A solução padrão utilizada seguirá a recomendação de Dias et al. (2011a), para a produção de folhosas em sistema hidropônico (Tabela 1). Para que fossem obtidas as proporções desejadas das soluções, foi necessário adicionar cloreto de potássio (KCl) e uréia para balancear as concentrações dos nutrientes nas soluções.

Tabela 1. Quantidade de sais para preparo de solução nutritiva para as diferentes soluções

Fertilizantes	S1*	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
----- g 310 Litros-----								
CaNO ₃	150	150	150	225	150	150	150	225
KNO ₃	111	111	111	24,5	111	111	111	24,5
MAP	42	42	42	42	42	42	42	42
MgSO ₄	81	81	81	81	81	81	81	81
KCl	-	-	40,7	-	-	-	40,7	-
Uréia	-	46	-	63,5	-	46	-	63,5
NaCl	-	-	-	-	300	300	300	300
Rexolin [®]	9	9	9	9	9	9	9	9

*(Dias et al, 2011a)

O fertilizante Rexolin[®] é composto por 11,6% de óxido de potássio (K₂O); 1,28% de enxofre (S); 0,86% de magnésio (Mg); 2,1% de boro (B); 0,36 % de cobre (Cu); 2,66% de ferro (Fe); 0,036% de molibdênio (Mo); 3,48% de manganês (Mn) e 3,38% de zinco (Zn).

O plantio foi realizado a partir de mudas de alface, cv. Vera, produzidas em bandejas de poliestireno expandido com capacidade para 200 células, sendo utilizado substrato fibra de coco (Golden Mix Granulado), composto a partir de 100% de fibra de coco, de textura fina, sem adubação de base.

Para cada tipo de água foi utilizado um sistema de irrigação independente, formado por um motobomba e um reservatório (caixa d'água com capacidade para 310 L), mangueiras (16 mm) e microtubos de polietileno, do tipo espaguete.

O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento, composto por emissores do tipo microtubos, os quais foram previamente avaliados sob condições normais de operação. Os emissores estavam acoplados às linhas de irrigação (tubos de polietileno de 16 mm), os quais foram previamente avaliados sob condições normais de operação, obtendo-se vazão média de 2,5 L h⁻¹.

O tempo de irrigação foi alterado semanalmente, utilizando durante todo o ciclo 9 eventos diários de irrigação. Inicialmente, as plantas foram submetidas a irrigações com 30 segundos cada, totalizando um volume médio de 0,19 L dia⁻¹ planta⁻¹. Na segunda semana o tempo de irrigação foi dobrado, passando a se utilizar 1 minuto, que totalizou um volume médio de 0,38 L dia⁻¹ planta⁻¹. Nas duas últimas semanas, o volume médio de água aplicada foi de 0,75 L dia⁻¹ planta⁻¹.

As características avaliadas ao término do experimento foram diâmetro do caule, número de folhas totais e comerciais, massa fresca da parte aérea e das folhas comerciais, massa seca total, da parte aérea e das raízes, área foliar, área foliar específica, suculência foliar, teor de água e razão de área foliar.

- Diâmetro do caule – foi aferido com o auxílio de um paquímetro digital no lado do corte, expressando-se o resultado em milímetro;
- Número de folhas totais e comerciais – foram contabilizadas apenas as folhas verdes e com comprimento de nervura central acima de 4 cm, descartando as folhas que não apresentavam qualidade comercial, expressando-se o resultado em unidades;
- Massa fresca da parte aérea e das folhas comerciais – no momento da colheita as folhas que não apresentaram padrão comercial foram destacadas e as demais foram pesadas em balança digital de precisão (0,01g);
- Massa seca total, da parte aérea e das raízes – as plantas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C (±1), até atingirem peso constante e em seguida pesadas em balança analítica (0,001g);
- Área foliar – utilizou-se o método dos discos foliares, que consiste no uso de um vazador com área conhecida. Em cada planta foi retirado uma quantidade conhecida de discos nas folhas frescas (10 discos), sendo a área estimada através da fórmula proposta por Souza et al. (2012):

$$AF = \frac{[(MSF + MSD) \cdot AD \cdot N]}{MSD}$$

em que:

AF – área foliar estimada (cm²);

MSF – massa seca das folhas sem os discos (g);

MSD – massa seca dos discos (g);

AD – área conhecida do disco que será retirado da folha (cm²);

N – número de discos retirados.

- Área foliar específica (AFE) – determinada através da razão entre área foliar e massa seca de folhas:

$$AFE = \frac{AF}{MSF}$$

Em que:

AFE – Área foliar específica (cm² g⁻¹ MSF);

AF – área folia (cm²);

MSF – massa seca de folhas(g).

- Suculência foliar – Foi determinada a partir da razão entre a quantidade de água na folha e área foliar:

$$SF = \frac{(MFF - MSF)}{AF}$$

Em que:

SF – suculência foliar (g H₂O cm⁻²);

MFF – massa fresca de folhas (g);

MSF – massa seca de folhas (g);

AF – área foliar (cm²).

- Teor de água – obtida pela razão entre a quantidade de água total e a massa fresca total:

$$TA = \frac{(MFT - MST)}{MFT} \times 100$$

Em que:

TA – teor de água (%);

MFT – massa fresca total (g);

MST – massa seca total (g).

- Razão de área foliar – determinado através da razão entre os valores de área foliar e massa seca total:

$$RAF = \frac{AF}{MST}$$

Em que:

RAF – razão de área foliar ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$);

AF – área foliar (cm^2);

MST – massa seca total (g).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste Tukey (0,05), realizando-se o desdobramento para as variáveis que apresentaram resposta significativa à interação entre os fatores estudados. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os fatores de salinidade, fertirrigação e volume de vaso afetou significativamente a área foliar (AF) ao nível de 1% de probabilidade. Além disso, ocorreu efeito significativo da interação entre os fatores salinidade e fertirrigação, bem como da interação entre os fatores fertirrigação e volume de vaso para o variável número de folhas comerciais (NFC) ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 2). Para o número de folhas total (NFT) ocorreu apenas resposta significativa ao fator fertirrigação de forma isolada, enquanto para o diâmetro do caule foi observado efeito isolado dos fatores fertirrigação ($p < 0,05$) e volume de vaso ($p < 0,01$).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para diâmetro do caule (DC), número de folhas totais (NFT), número de folhas comerciais (NFC) e área foliar (AF) da alface em cultivo semi-hidropônico submetida a diferentes combinações de N/K/Ca, água salina e diferentes volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		DC	NFT	NFC	AF
Salinidades (S)	1	4,04 ^{ns}	5,06 ^{ns}	0,61 ^{ns}	2764598,40 ^{**}
Fertirrigação (F)	3	10,49 [*]	15,76 [*]	25,89 ^{**}	2896561,72 ^{**}
Vasos (V)	1	20,71 ^{**}	4,12 ^{ns}	0,32 ^{ns}	2267751,66 ^{**}
S x F	3	0,39 ^{ns}	2,13 ^{ns}	7,41 [*]	507203,69 ^{**}
S x V	1	0,10 ^{ns}	8,28 ^{ns}	0,02 ^{ns}	104799,10 ^{ns}
F x V	3	1,53 ^{ns}	7,07 ^{ns}	9,61 ^{**}	738866,04 ^{**}
S x F x V	3	1,80 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1030885,70 ^{**}
Resíduo	32	2,37	3,72	2,06	52228,13
CV (%)		14,69	14,48	13,34	11,95

** , * , ns – significativ aos níveis 1%, 5% e não significativo, pelo teste F.

Para o número de folhas comerciais, constatou-se que as fertirrigações F1, F3 e F4 se mostraram superiores quando as plantas foram cultivadas no vaso de menor volume (1,0 L) e irrigadas com água de menor salinidade (0,5 dS m⁻¹). Já no vaso de maior volume, as fertirrigações F1 e F4 se destacaram das demais, no entanto, a F4 não diferiu estatisticamente da F3. Ao analisar a irrigação com água salina, percebe-se que não houve diferenciação entre as fertirrigações quando se utilizou o vaso de menor volume. Para o vaso de 3,0 L, o maior NFC ocorreu nas plantas submetidas às fertirrigações F1, F2 e F4 (Tabela 3).

Analisando o efeito do volume de vasos, verifica-se que quando se utilizou água de baixa salinidade (0,5 dS m⁻¹) houve diferença significativa apenas em F1, obtendo-se o maior NFC no vaso de maior volume (3,0 L). Quando a irrigação havia sido realizada com água de maior

salinidade não foi observada diferença significativa entre os vasos, independentemente da fertirrigação utilizada (Tabela 3).

Quanto ao efeito da salinidade, constatou-se que não houve resposta significativa para as plantas foram cultivadas em vaso de 1 L. Porém, a salinidade associada ao uso da F2, onde tinha maiores proporções de N, provou o aumento do NFC quando as plantas foram cultivadas em vasos de 3 L (Tabela 3).

Araújo et al. (2011) estudando a resposta da alface submetidas a diferentes doses de nitrogênio constataram que o número de folhas apresentou resposta linear decrescente com o aumento das doses deste nutriente. Divergindo, portanto, dos resultados encontrados nesta pesquisa.

De modo geral, constatou-se que as todas as combinações entre vasos e fertirrigações estudadas no presente trabalho, se mostram satisfatórias para a inibição dos efeitos danosos da salinidade sobre o NFC.

Tabela 3. Teste de médias para área folia e número de folhas comerciais da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando diferentes combinações de N/K/Ca, água salina e diferentes volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017

CEa	Tamanho de vaso	Fertirrigações (N:K:Ca)			
		F1 (1:1:1)	F2 (1,5:1:1)	F3 (1:1,5:1)	F4 (1:1:1,5)
Número de folhas comerciais					
0,5 dS m ⁻¹	1,0 L	11,17 ABbA	8,17 BaA	12,28 AaA	11,72 AaA
	3,0 L	13,75 AaA	7,67 CaB	10,33 BCaA	12,06 ABaA
2,0 dS m ⁻¹	1,0 L	11,00 AaA	9,50 AaA	10,64 AaA	11,11 AaA
	3,0 L	12,89 AaA	10,22 ABaA	8,33 BaA	11,64 AaA
Área foliar (cm ²)					
0,5 dS m ⁻¹	1,0 L	2940,12 AaA	1914,03 BaA	2139,75 BaB	2224,76 BbA
	3,0 L	2927,19 AaA	758,63 CbB	1619,64 BbA	2696,88 AaA
2,0 dS m ⁻¹	1,0 L	1853,99 AaB	1332,44 BaB	2353,32 AaA	2281,55 AaA
	3,0 L	2087,69 AaB	1322,15 BaA	781,18 CbB	1368,85 BbB

*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúscula nas linhas (referente a fertirrigação dentro da combinação salinidade e volume dos vasos) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%); Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas (referente a volume dos vasos dentro da combinação salinidade e fertirrigação) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%); Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas e negrito nas colunas (referente as salinidades dentro da combinação fertirrigação e volume dos vasos) não difere estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

Houve efeito significativo das fertirrigações sobre a AF independentemente do volume do vaso e da salinidade da água de irrigação. Considerando as plantas irrigadas com água de salinidade 0,5 dS m⁻¹, verificaram-se os maiores valores nas fertirrigações F1 e F3 para o vaso de volume 1,0 L, indicando que além da fertirrigação padrão, a fertirrigação com maiores valores de potássio contribuíram para o crescimento das plantas em vasos de menor volume. Enquanto que no o vaso de maior volume (3,0 L), as fertirrigações F1 e F4, que apresentava

maiores quantidade de Ca, foram superiores as demais. Para as plantas submetidas à irrigação com água de maior salinidade ($3,5 \text{ dS m}^{-1}$), verifica-se que apenas as fertirrigações F3 e F4 proporcionaram maior AF, apesar de não diferir da F1, quando utilizou-se o vaso de menor volume. Ao avaliar a área foliar nas plantas cultivadas nos vasos de 3,0 L, os maiores valores ocorreram quando utilizou-se a fertirrigação F1 (Tabela 3).

Analisando o efeito do volume de vasos sobre a área foliar com o uso de água não salina, verificou-se que o vaso de menor volume proporcionou maior AF nas fertirrigações F2 e F3, enquanto em F4 a maior AF ocorreu no vaso de maior volume. Para a água de maior salinidade ocorreram diferenças significativas entre os vasos apenas nas plantas submetidas as fertirrigações F3 e F4, nas quais os vasos de menor volume proporcionaram maior área foliar.

Analisando o efeito da salinidade sobre a AF, verifica-se que o uso de água com salinidade $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ provocou redução nesta variável nas plantas cultivadas nos vasos de menor volume quando aplicou-se as fertirrigações F1 e F2. Resultados semelhantes foram apresentados por outros autores (Oliveira et al., 2011; Garrido et al., 2013), que também tiveram sua área foliar reduzida com a elevação da salinidade. Por outro lado, o uso de água salina aumentou a AF para a fertirrigação F3. Considerando o vaso de maior volume, pode-se observar na Tabela 4 que o uso de água salina provocou redução nas fertirrigações F1, F3 e F4, porém aumentou a AF em F2. Estes dados não estão de acordo com o experimento de Tzortzakis (2010), onde os valores de área foliar apresentaram decréscimo quando houve enriquecimento de Ca e K.

De forma geral, verifica-se que o uso das fertirrigações F3 e F4 inibiram o efeito deletério da salinidade sobre a AF no vaso menor, enquanto que no vaso de maior volume, a fertirrigação F2 inibiu o efeito da salinidade, por outro lado a F4 potencializou esse efeito do estresse salino (Tabela 3).

A interação entre os fatores de salinidade, fertirrigação e volume de vaso afetou a massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca comercial (MFC), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST) ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para massa fresca da parta aérea (MFPA), massa fresca comercial (MFC), massa seca das raízes (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST) da alface em cultivo semi-hidropônico submetida a diferentes combinações de N/K/Ca, água salina e diferentes volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		MFPA	MFC	MSR	MSPA	MST
Salinidades (S)	1	3260,73**	1341,54**	0,11ns	16,80**	14,21**
Fertirrigação (F)	3	5283,13**	5238,95**	5,22**	16,71**	64,93**
Vasos (V)	1	388,63ns	524,17**	38,92**	7,27**	79,88**
S x F	3	584,14ns	1345,37**	4,48**	3,23**	28,76**
S x V	1	519,69ns	293,44**	1,21ns	0,26ns	2,59*
F x V	3	2076,27**	3384,16**	3,69**	4,86**	43,25**
S x F x V	3	2479,34**	815,91**	8,19**	2,86**	59,03**
Resíduo	32	287,87	36,29	0,34	0,21	13,28
CV (%)		21,56	9,41	39,47	10,19	10,79

**, *, ns – significativ aos níveis 1%, 5% e não significativo, pelo teste F.

Analisando o efeito das fertirrigações sobre a massa fresca total da parte aérea (MFPA) na combinação entre os fatores salinidade e volume do vaso (Tabela 6), constatou-se que quando aplicada a irrigação com água de menor salinidade ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$), não houve diferença significativa para o vaso de menor volume. Já para o vaso de maior volume, verificou-se que as fertirrigações F1 e F4 se sobressaíram às demais. Para as plantas submetidas a irrigação salina ($3,5 \text{ dS m}^{-1}$) constatou-se que as fertirrigações F1, F3 e F4 se destacaram quando usou-se o vaso de 1,0 L, enquanto que no vaso de 3,0 L os maiores valores foram encontrados nas fertirrigações F1, F2 e F4, sendo que a F2 não deferiu da F3.

Ao observar o efeito dos vasos sobre a MFPA, verifica-se que ao utilizar água de menor salinidade, o vaso de menor volume proporcionou maiores valores nas fertirrigações F2 e F3, enquanto que o vaso de maior volume foi superior na F1. Quando se utilizou água de salinidade $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, o vaso de 1,0 L apresentou maiores valores de MFPA na fertirrigação F3, enquanto que o vaso de 3,0 L obteve maiores valores na F2, não diferindo nas demais fertirrigações (Tabela 5).

Analisando o efeito da salinidade na Tabela 5, verifica-se que o uso de água salina reduziu os valores de MFPA na fertirrigação F2 para o vaso de 1,0 L, no entanto, efeito contrário foi observado ao analisar os valores do vaso de 3,0 L na mesma fertirrigação, não ocorrendo efeito da salinidade nas demais fertirrigações.

Segundo Santos et al. (2012), altas doses de nitrogênio podem provocar um excesso na liberação de amônio durante o processo de hidrólise da uréia. A elevação das quantidades de amônio no meio pode causar fitotoxicidade na planta e afetar sua produção. Com base nisso,

pode-se supor que, provavelmente, a quantidade de nitrogênio foi elevada para a produção de alface em vasos de 1,0 L.

De modo geral, as fertirrigações F1, F3 e F4 inibiram os efeitos danosos da salinidade quando se usou o vaso de 1,0 L. Para o vaso de maior volume constatou-se que todas as fertirrigações inibiram os efeitos negativos da salinidade (Tabela 5).

Muitos estudos comprovam a redução da MFPA com o uso de água salina (Araújo et al., 2011; Oliveira et al., 2011; Alves et al., 2011; Dias et al., 2011b). No entanto, os resultados deste trabalho se mostram satisfatórios tendo em vista que o uso das fertirrigações proporcionou aumento ou estabilização dos valores de MFPA mesmo quando as plantas foram submetidas ao estresse salino (Tabela 5).

Ao analisar o efeito das fertirrigações para a variável massa fresca comercial (MFC), constatou-se que as fertirrigações F3 e F4 proporcionaram maiores valores quando se utilizou água não salina e vaso de menor volume. Ainda utilizando água não salina, foi observado para o vaso de 3,0 L que as fertirrigações F1 e F4 se destacaram das demais. Porém, quando as plantas foram submetidas a irrigação com água salina, as fertirrigações F1, F3 e F4 apresentaram maiores valores no vaso de 1,0 L, enquanto no vaso de 3,0 L, os maiores valores foram encontrados em F1 (Tabela 5).

Souza et al. (2009) estudando doses de nitrogênio na alface constataram que a MFC apresentou resposta crescente com o aumento das doses de N. De certa forma, estes resultados são divergentes dos dados apresentados neste trabalho, onde a fertirrigação com enriquecimento de N (F2) não se destacou quanto a variável MFC

Analisando o efeito dos vasos sobre a MFC, verifica-se que as plantas cultivadas nos vasos de 1,0 L com água não salina e submetidas as fertirrigações F2 e F3 apresentaram maiores valores (Tabela 5). Contudo, as plantas cultivadas no vaso de 3,0 L se sobressaíram as cultivadas no vaso de menor volume nas fertirrigações F1 e F4. Quando se analisou o efeito dos vasos com o uso da água salina, observa-se que as fertirrigações F1, F2 e F3 apresentaram valores superiores aos obtidos no vaso de maior volume.

Com relação ao efeito da salinidade sobre a MFC, ocorreu resposta significativo do uso de água salina apenas nas plantas submetidas a F3. O aumento dos níveis de sal na água de irrigação reduziram os valores de MFC quando as plantas foram submetidas as fertirrigações F1, F3 e F4 no vaso de 3,0 L e na fertirrigação F3 para o vaso de 1,0 L. No entanto, o inverso ocorreu quando utilizou-se a F2 e o vaso de 3,0 L.

Verifica-se ainda que o efeito da salinidade foi inibido pelas fertirrigações F1, F2 e F4 quando se usou o vaso de 1,0 L, e na fertirrigação F2 para o vaso de 3,0 L.

Tabela 5. Teste de médias para massa fresca comercial e massa fresca da parte aérea da alface em cultivo semi-hidropônico diferentes combinações de N/K/Ca, água salina e diferentes volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017

CEa	Tamanho de vaso	Fertirrigações (N:K:Ca)			
		F1 (1:1:1)	F2 (1,5:1:1)	F3 (1:1,5:1)	F4 (1:1:1,5)
Massa fresca da parte aérea (g planta ⁻¹)					
0,5 dS m ⁻¹	1,0 L	89,63 AbA	88,22 AaA	89,23 AaA	105,15 AaA
	3,0 L	121,37 AaA	24,81 BbB	57,70 BbA	119,26 AaA
2,0 dS m ⁻¹	1,0 L	84,57 AaA	37,32 BbB	80,92 AaA	77,17 AaA
	3,0 L	97,43 AaA	73,25 ABaA	35,76 BbA	77,09 AaA

*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúscula nas linhas (referente a fertirrigação dentro da combinação salinidade e volume dos vasos) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%); Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas (referente a volume dos vasos dentro da combinação salinidade e fertirrigação) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%); Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas e negrito nas colunas (referente as salinidades dentro da combinação fertirrigação e volume dos vasos) não difere estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

Para a variável massa seca de raiz (MSR), a fertirrigação F3 proporcionou maiores valores quando as plantas foram irrigadas com água de menor salinidade e cultivadas em vasos de 1,0 L. Por outro lado, não houve diferença significativa entre as fertirrigações para as plantas cultivadas em vaso de 3 L. Ao analisar a MSR nas plantas submetidas a irrigação com água de salinidade 3,5 dS m⁻¹, verificou-se resposta significativa apenas nas plantas cultivadas no vaso de menor volume (1,0 L), em que as fertirrigações F3 e F4 proporcionaram maior MSR (Tabela 6).

Ao analisar os valores de MSR quanto o efeito do volume dos vasos, com uso de água de menos salinidade, verificou-se que o vaso de 1,0 L apresentou maiores valores do que o vaso de 3,0 L quando se utilizou as fertirrigações F1, F2 e F3. Porém, ao analisar os mesmo fatores para a irrigação com água de maior salinidade, observa-se que o vaso de menor volume proporcionou maior MSR nas fertirrigações F3 e F4, não ocorrendo diferença significativa entre os vasos nas demais fertirrigações (Tabela 6).

A salinidade da água causou um decréscimo nos valores de MSR nas plantas cultivadas nos vasos de menor volume (1,0 L) quando se aplicou as fertirrigações F1, F2 e F4. Observando-se o resultado para o vaso de 3,0 L, verifica-se que o uso de água salobra diminuiu os valores de MSR apenas nas plantas submetidas a fertirrigação F1. Observou-se ainda que o uso das fertirrigações F3 e F4 inibiram os danos causados pela salinidade sobre a MSR no vaso de menor volume, enquanto que as fertirrigações F2, F3 e F4 mostraram a mesma eficiência no vaso de 3,0 L (Tabela 6).

Rodrigues et al. (2015) também verificaram redução dos valores de MSR com o aumento da salinidade da água de irrigação na cultura da alface.

Para massa seca da parte aérea (MSPA), as fertirrigações F1 e F3 apresentaram valores superiores às demais quando associadas ao uso do vaso de 1,0 L e irrigação com água de menor salinidade. Já para o vaso de 3,0 L, as fertirrigações F1 e F4 proporcionaram maior MSPA. Ao analisar a MSPA nas plantas irrigadas com água de salinidade $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, verifica-se que as fertirrigações F1, F3 e F4 apresentaram valores superiores quando as plantas foram cultivadas no vaso de 1,0 L, enquanto no vaso de 3,0 L as fertirrigações F1 e F4 proporcionaram maior MSPA (Tabela 6).

Esses resultados estão de acordo com Silva (2013) que teve aumento nos valores de MSPA com a elevação das doses de K. No entanto, Araújo et al. (2011) obtiveram resultados diferentes, mostrando que a MSPA reduziu com o aumento das doses de N.

Quanto ao efeito do volume de vaso sobre a MSPA, verifica-se que com o uso de água não salina, o vaso de menor volume foi superior nas fertirrigações F2 e F3. Entretanto, o vaso de maior volume foi superior na fertirrigação F4. Quando se avalia com o uso de água de maior salinidade, observa-se que houve diferença significativa apenas nas fertirrigações F3 e F4, nas quais as plantas cultivadas no vaso de 1,0 L apresentaram maiores valores de MSPA.

Com relação ao efeito da salinidade, foi observado que a elevação da condutividade elétrica da água de irrigação reduziu a MSPA das fertirrigações F1 e F3 em ambos os volumes de vaso. O mesmo ocorreu na F2 com o vaso de 1,0 L e em F4 com o vaso de 3,0 L. Mostrando concordância com outros trabalhos (Paulus et al., 2010; Dias et al., 2011 a e b; Rodrigues et al., 2015). Contudo, verificou-se que na F2 o uso de água salina favoreceu a produção de MSPA quando as plantas foram cultivadas em vasos de 3L. Logo, pode-se, de modo geral, afirmar que a F2 no vaso de 3,0 L e a F4 no vaso de 1,0 L inibiram os efeitos danosos da salinidade.

Analisando a massa seca total (MST), verifica-se que as plantas cultivadas nos vasos de 1,0 L e irrigadas com água de menor salinidade apresentaram os maiores valores de MST quando foram fertirrigadas com F3. Já as do vaso 3,0 L, os maiores valores foram proporcionados pela fertirrigações F1 e F4. Ao analisar as plantas submetidas ao estresse salino, se observa que a fertirrigação F4 obteve destaque no vaso de 1,0 L, enquanto que as fertirrigações F1, F2 e F4 mostraram os maiores valores no vaso de 3,0 L (Tabela 6).

Tabela 6. Teste de médias para massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST) da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando diferentes combinações de N/K/Ca, água salina e diferentes volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017

CEa	Tamanho de vaso	Fertirrigações (N:K:Ca)			
		F1 (1:1:1)	F2 (1,5:1:1)	F3 (1:1,5:1)	F4 (1:1:1,5)
Massa seca da raiz (g planta ⁻¹)					
0,5 dS m ⁻¹	1,0 L	2,06 BaA	4,29 BaA	0,55 AaA	3,67 CaA
	3,0 L	1,99 AbA	0,35 AbA	1,20 AbA	1,20 AaA
2,0 dS m ⁻¹	1,0 L	0,27 BaB	1,26 BaB	0,93 AaA	0,19 AaB
	3,0 L	0,19 AaB	1,01 AaA	0,51 AbA	0,51 AbA
Massa seca da parte aérea (g planta ⁻¹)					
0,5 dS m ⁻¹	1,0 L	6,89 AaA	3,72 CaA	6,12 AaA	4,88 BbA
	3,0 L	6,40 AaA	2,19 CbB	3,77 BbA	6,72 AaA
2,0 dS m ⁻¹	1,0 L	4,39 AaB	2,91 BaB	4,81 AaB	5,35 AaA
	3,0 L	4,18 ABaB	3,23 BaA	2,01 CbB	4,34 AbB
Massa seca total (g planta ⁻¹)					
0,5 dS m ⁻¹	1,0 L	8,94 BaA	5,71 CaA	10,41 AaA	5,23 CbB
	3,0 L	6,70 AbA	2,38 CbB	5,03 BbA	7,73 AaA
2,0 dS m ⁻¹	1,0 L	4,95 CaB	4,12 CaB	8,48 BaB	10,26 AaA
	3,0 L	5,11 AaB	3,74 AaA	2,20 BbB	4,57 AbB

*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúscula nas linhas (referente a fertirrigação dentro da combinação salinidade e volume dos vasos) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%); Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas (referente a volume dos vasos dentro da combinação salinidade e fertirrigação) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%); Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas e negrito nas colunas (referente as salinidades dentro da combinação fertirrigação e volume dos vasos) não difere estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

Quanto ao efeito do volume dos vasos sobre a MST, verifica-se que o vaso de menor volume foi superior nas fertirrigações F1, F2 e F3 quando se utilizou água de menor salinidade (0,5 dS m⁻¹), enquanto que na F4 o vaso de maior volume proporcionou maior MST. Já para as plantas submetidas ao estresse salino, houve diferença significativa entre os vasos apenas nas fertirrigações F3 e F4, com maiores valores observados no vaso de menor volume.

Com relação ao efeito da salinidade sobre a MST, foi constatado que a irrigação salina causou redução na MST nas fertirrigações F1 e F3 para ambos os volumes de vaso. Na fertirrigação F2 houve redução na MST apenas para o vaso 1,0 L, bem como na fertirrigação F4 para o vaso de 3,0 L. Contudo, as plantas cultivadas nos vasos de 3,0 L e fertirrigadas com F2, assim como as plantas cultivadas no vaso de 1,0 L e fertirrigadas com a F4, favoreceram a MST. Resumidamente, a fertirrigação F2 inibiu os efeitos negativos da salinidade no vaso de 3,0 L, bem como o uso da F4 no vaso de 1,0 L (Tabela 6).

As variáveis teor de água e suculência foliar (SF) mostraram resultados significativos a interação entre salinidade, fertirrigação e volume de vaso ($p < 0,05$), enquanto razão de área (RAF) foi afetada pela interação salinidade e fertirrigação (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância para teor de água (TA), suculência foliar (SF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) da alface em cultivo semi-hidropônico submetida a diferentes combinações de N/K/Ca, água salina e diferentes volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		TA	SF	AFE	RAF
Salinidades (S)	1	0,000075 ^{ns}	0,00005 ^{ns}	1578,27 ^{ns}	2304,09 ^{ns}
Fertirrigação (F)	3	0,000469 ^{ns}	0,00012 ^{ns}	15036,33 ^{ns}	19372,95 ^{**}
Vasos (V)	1	0,000008 ^{ns}	0,00060 [*]	7528,02 ^{ns}	20492,24 [*]
S x F	3	0,000514 ^{ns}	0,00014 ^{ns}	8947,63 ^{ns}	17821,73 ^{**}
S x V	1	0,000675 ^{ns}	0,00110 ^{**}	6163,52 ^{ns}	1559,52 ^{ns}
F x V	3	0,000347 ^{ns}	0,00002 ^{ns}	21985,99 ^{ns}	7773,23 ^{ns}
S x F x V	3	0,001281 [*]	0,00051 [*]	8303,88 ^{ns}	7766,26 ^{ns}
Resíduo	32	0,000375	0,00011	14937,18	3069,79
CV (%)		2,06	26,97	26,11	16,49

^{**}, ^{*}, ^{ns} significativo ao 1%, 5% não significativo, respectivamente pelo teste F.

Não houve efeito significativo das fertirrigações sobre o teor de água independentemente do volume de vaso e da salinidade da água de irrigação. Quanto ao efeito do volume dos vasos, foi observado que quanto se utilizou água de menor salinidade houve diferença significativa entre os vasos apenas a fertirrigação F2, na qual os maiores valores ocorreram no vaso de 1,0 L. Entretanto, não houve diferença estatística entre os vasos quanto as plantas foram irrigadas com água de maior salinidade (Tabela 8).

Analisando o efeito da salinidade sobre o teor de água das plantas, verificou-se que o uso de água com maior salinidade provocou redução no teor de água nas plantas cultivadas no vaso de 1,0 L quando as mesmas foram submetidas a fertirrigação F2. Garrido et al. (2013) também detectaram redução dos valores de TA com a elevação da salinidade.

No entanto, quando se analisa o teor de água nas plantas cultivadas nos vasos de 3,0 L, constata-se que o uso da água salina elevou os valores de TA quando se utilizou a F2. De forma geral, apenas a combinação entre a F2 e o vaso de 1,0 L não apresentou efeitos positivos quanto à inibição dos danos causados pela salinidade.

A suculência do tecido foliar (SF) não foi afetada pelas fertirrigações estudadas, independentemente do volume do vaso e da salinidade da água de irrigação. Também não houve efeito do volume dos vasos quando se utilizou água de menor salinidade. Porém, ao analisar o efeito do volume de vasos sobre a SF nas plantas irrigadas com água de maior salinidade, verificou-se o vaso de maior volume proporcionou maior SF quando adotou-se as fertirrigações F2 e F4 (Tabela 8).

Tabela 8. Teste de médias para teor de água, suculência foliar, razão de área foliar e teor de água da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando diferentes combinações de N/K/Ca, água salina e diferentes volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017

CEa	Tamanho de vaso	Fertirrigações (N:K:Ca)			
		F1 (1:1:1)	F2 (1,5:1:1)	F3 (1:1,5:1)	F4 (1:1:1,5)
Teor de água (%)					
0,5 dS m ⁻¹	1,0 L	0,92 AaA	0,96 AaA	0,93 AaA	0,95 AaA
	3,0 L	0,94 AaA	0,91 AbB	0,93 AaA	0,94 AaA
2,0 dS m ⁻¹	1,0 L	0,95 AaA	0,92 AaB	0,94 AaA	0,93 AaA
	3,0 L	0,96 AaA	0,95 AaA	0,92 AaA	0,94 AaA
Suculência foliar (g H ₂ O cm ⁻²)					
0,5 dS m ⁻¹	1,0 L	0,027 AaA	0,043 AaA	0,040 AaA	0,047 AaA
	3,0 L	0,040 AaA	0,030 AaA	0,033 AaA	0,043 AaA
2,0 dS m ⁻¹	1,0 L	0,043 AaA	0,023 AbB	0,030 AaA	0,030 AbA
	3,0 L	0,047 AaA	0,047 AaA	0,047 AaA	0,053 AaA
Razão de área foliar (cm ² g ⁻¹)					
0,5 dS m ⁻¹	1,0 L	331,67 AbA	345,22 AaA	207,58 BbA	427,28 AaA
	3,0 L	437,81 AaA	318,81 AaA	326,17 AaA	349,00 AaA
2,0 dS m ⁻¹	1,0 L	374,81 AaA	332,27 ABaA	280,24 ABaA	223,41 BaB
	3,0 L	412,51 AaA	351,81 AaA	355,76 AaA	301,54 AaA

*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúscula nas linhas (referente a fertirrigação dentro da combinação salinidade e volume dos vasos) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%); Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas (referente a volume dos vasos dentro da combinação salinidade e fertirrigação) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%); Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas e negrito nas colunas (referente as salinidades dentro da combinação fertirrigação e volume dos vasos) não difere estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

Analisando o efeito da salinidade sobre a SF, verifica-se que o uso de água salina na irrigação reduziu essa variável apenas das plantas cultivadas em vaso de 1,0 L e fertirrigadas com a F2. Constatou-se ainda que o uso das demais fertirrigações, independentemente do volume do vaso, inibiram os efeitos deletérios da salinidade (Tabela 7).

A razão de área foliar (RAF) foi afetada pelas fertirrigações quando as plantas foram irrigadas com água de menor salinidade, em que os maiores valores de RAF foram encontrados nas fertirrigações F1, F2 e F4 para o vaso de menor volume (1,0 L). Para as plantas submetidas à irrigação com água de maior salinidade, verifica-se que as fertirrigações F1, F2 e F3 proporcionaram maior RAF, sendo que a F2 e F3 não diferem estatisticamente da F4. Para o vaso de maior volume não houve efeito significativo das fertirrigações sobre esta, independentemente da salinidade da água de irrigação (Tabela 7).

Quanto ao efeito do volume de vaso sobre a RAF, verifica-se nas plantas irrigadas com água de menor salinidade que houve diferença significativa apenas nas fertirrigações F2 e F4, com maiores valores sendo obtidos nos vasos de maior volume (3,0 L). No entanto, quando foi aplicada água com maior nível de salinidade, não houve efeito significativo do volume de vaso para nenhum das fertirrigações utilizadas.

O uso de água de maior salinidade (2,0 dS m⁻¹) na irrigação reduziu os valores de RAF quando se aplicou a fertirrigação F4 no vaso de menor volume. As demais fertirrigações não deferiram estatisticamente independentemente da do volume do vaso utilizado. Logo, pode-se inferir que a combinação da fertirrigação F4 com o vaso de 1,0 L foi a única que não inibiu os efeitos danosos da salinidade para a variável RAF (Tabela 7).

Tabela 9. Teste de médias para diâmetro do caule (DC), número de folhas totais (NFT) e área foliar foliar específica (AFE) da alface em cultivo semi-hidropônico utilizando diferentes combinações de N/K/Ca, água salina e diferentes volumes de vaso . Mossoró-RN, 2017

Fontes de variação		Variáveis		
		DC	NFT	AFE
Salinidade	0,5 dS m ⁻¹	10,21 a	13,66 a	462,27 a
	2,0 dS m ⁻¹	10,79 a	13,01 a	473,74 a
Fertirrigação	F1 (1:1:1)	11,76 a	14,67 a	503,35 a
	F2 (1,5:1:1)	9,30 b	12,04 b	486,38 a
	F3 (1:1,5:1)	10,22 ab	12,82 ab	460,27 a
	F4 (1:1:1,5)	11,32 a	13,81 a	422,04 a
Vasos	1,0 L	11,15 a	13,63 a	480,53 a
	3,0 L	9,86 b	13,04 a	455,49 a

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observando os valores de DC (Tabela 9), verifica-se que as fertirrigações F1, F3 e F4 se mostraram superiores as demais, sendo que a F3 não difere de F2. Ainda nessa variável, também foi possível constatar que o vaso de 1,0 L se sobressaiu ao vaso de maior volume.

Não houve efeito da salinidade nem do volume dos vasos sobre o NFT. Quanto à fertirrigações, verificou-se que a F1, F3 e a F4 apresentaram os maiores valores de NFT, sendo que F3 não diferenciou da F2 (Tabela 9).

Assim como no trabalho de Turhan et al. (2013), o enriquecimento de cálcio na fertirrigação, de forma geral, proporcionou maior inibição dos efeitos prejudiciais da salinidade.

Não houve efeito significativo de nenhum dos fatores estudados sobre a AFE, obtendo-se uma média de 468,01 cm² g⁻¹ MSF (Tabela 9).

Nas Figuras 3 e 4 são apresentadas as imagens das plantas no dia da colheita em que percebe-se visualmente grande diferença entre as mesmas de acordo com os tratamento.



Figura 3. Plantas de alface no dia da colheita para diferentes tratamentos utilizados na água de 0,5 dS m⁻¹ (A) e 2,0 dS m⁻¹ (B) em vasos de 1,0 L



Figura 4. Plantas de alface no dia da colheita para diferentes tratamentos utilizados na água de 0,5 dS m⁻¹ (A) e 2,0 dS m⁻¹ (B) em vasos de 3,0 L

4. CONCLUSÕES

A utilização de vasos de 3,0 L associada à fertirrigação padrão foi a que melhor influenciou a produção da alface em ambos os níveis salinos.

Os efeitos deletérios da salinidade foram inibidos pelas combinações do vaso de 1,0 L com a fertirrigação com incremento de cálcio (F4) e pelo vaso de 3,0 L com a fertirrigação contendo enriquecida com nitrogênio (F2).

REFERÊNCIAS

- Alves M. S.; Soares T. M.; Silva L. T.; Fernandes J. P.; Oliveira M. L. A.; Vital P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.491-498, 2011.
- Araújo, W. F.; Sousa, K. T. S.; Viana, T. V. A.; Azevedo, B. M.; Barros, M. M.; Marcolino, E. Resposta da alface a adubação nitrogenada. *Revista Agro@mbiente On-line*, v.5, p.12-17, 2011.
- Blanco, F. F.; Folegatti, M. V.; Henriques Neto, D. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: I. Concentração de nutrientes no solo e na planta. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, p.26-33, 2008.
- Carmo Filho, F.; Oliveira, O. F. Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, 1995. 62p. (Coleção Mossoroense, série B).
- Cortés, V. G.; Real, G. S. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *Idesia*, v.25, p.47-58, 2007.
- Dias, N. D.; Blanco, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. INCTSal. 2010. p. 129-140.
- Dias, N. S.; Jales, A. G. O.; Souza Neto, O. N.; Gonzaga, M. I. S.; Queiroz, I. S. R.; Porto, M. A. F. Uso de rejeito da dessalinização na solução da alface, cultivada em fibra de coco. *Revista Ceres*, v. 58, p. 632-637, 2011a.
- Dias, N. S.; Sousa Neto, O. N.; Cosme, C. R.; Jales, A. G. O.; Rebouças, J. R. L.; Oliveira, A. M. Resposta de cultivares de alface à salinidade da solução nutritiva com rejeito salino em hidroponia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.991-995, 2011 b.
- Ferreira, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, p.1039-1042, 2011.
- Freire, A. G.; Oliveira, F. A.; Carrilho, M. J. S. O.; Oliveira, M. K. T.; Freitas, D. C. Qualidade de cultivares de alface produzida em condições salinas. *Revista Caatinga*, v. 22, p. 81-88, 2009
- Garrido, Y.; Tudela, J. A.; Marín, A.; Mestre, T.; Martínez, V.; Gil, M. Physiological, phytochemical and structural changes of multi-leaf lettuce caused by salt stress. *Research Article*. v.94, p.1592-1599, 2013.
- Munns, R.; Tester, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v. 59, p. 651-81, 2008.

Oliveira, F. A.; Carrilho, M. J. S. O.; Medeiros, J. F.; Maracaja, P. B.; Oliveira, M. K. T. Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade de água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.771-777, 2011.

Paulus, D.; Dourado Neto, D.; Frizzone, J. A.; Soares, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. *Horticultura Brasileira*, v.28, p.29-35, 2010.

Paulus, D.; Dourado Neto, D.; Paulus, E. Análise sensorial, teores de nitrato e de nutrientes de alface cultivada em hidroponia sob águas salinas. *Horticultura Brasileira*, v.30, p.18-25, 2012.

Pereira, A. K. S. Época de aplicação e doses de nitrato de cálcio em alface americana. Ipameri. UEG, 2015. 33p. Dissertação Mestrado.

Rodrigues, R. R.; Bertossi, A. P. A.; Garcia, G. O.; Almeida, J. R.; Silva, E. A. Salinidade no desenvolvimento de cultivares de alface. *Agrarian academy*, v.2, p.70-81, 2015.

Rubio, J. S.; Garcia Sánchez, F.; Rubio, F.; Martínez, V. Yield, blossom-end rot incidence, and fruit quality in pepper plants under moderate salinity are affected by K^+ and Ca^{2+} fertilization. *Scientia Horticulturae*, v.119, p.79-97, 2009.

Santos, R. F.; Borsoi, A.; Tomazzoni, J. L.; Viana, O. H.; Maggi, M. F. Aplicação de nitrogênio na cultura da alface. *Revista Varia Scientia Agrárias*. v.2, p.60-77. 2012.

Silva, A. S. N. Doses de fósforo e de potássio na produção da alface. Jaboticabal: UNESP, 2013. 50p. Tese doutorado

Souza, A. H. A.; Silva, E. S.; Santi, A. Doses de nitrogênio aplicadas na cultura da alface americana na fertirrigação. 2º Jornada científica da Unemat. Barra do Bugres, 2009.

Souza, M. S. Nitrogênio e fósforo aplicados via fertirrigação em melancia híbridos olímpia e leopard. Mossoró: UFRSA, 2012. 282p. Tese de Doutorado.

Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

Turhan, A.; Kuscu, H.; Ozmen, N. Asik, B. B.; Serbeci, M. S.; Seniz, V. Alleviation of deleterious effects of salt stress by application of supplementary potassium-calcium on spinach. v.63, p.184-192, 2013.

Tzortzakis, N. G.; Potassium and calcium enrichment alleviate salinity-induced stress in hydroponically grown indives. *Horticulture Science*. v.37, p.155-167, 2010.

**CAPÍTULO V – SOLUÇÃO NUTRITIVA SALINA ENRIQUECIDA COM POTÁSSIO
NO CULTIVO DE ALFACE EM CULTIVO HIDROPÔNICO COM SUBSTRATO**

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes soluções nutritivas sobre a produção da alface crespa, cv. Elba, em dois volumes diferentes de vaso. O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido no setor experimental do Departamento de Ciências Ambientas e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 2, com três repetições e quatro vasos por unidade experimental. Os tratamentos foram compostos pela combinação de quatro soluções nutritivas (S1 - solução nutritiva padrão; S2 - solução nutritiva salinizada menos 50% de K; S3 - solução nutritiva salinizada; S4 - solução nutritiva salinizada mais 50% de K; S5 - solução nutritiva salinizada mais 100% de K), com dois volumes de vaso (1 e 3 L). As plantas foram cultivadas em substrato a base de fibra de coco e distribuídas em dois volumes de vaso (1 e 3 L). Passados 35 dias após o transplante, as plantas foram submetidas à avaliação de diâmetro do caule, número de folhas totais e comerciais, massa fresca da parte aérea e das folhas comerciais, massa seca total, da parte aérea e das raízes, área foliar, área foliar específica, suculência foliar, teor de água e razão de área foliar. O uso de água salina no preparo da solução nutritiva para o cultivo da alface em substrato deve ser utilizado vasos de 1,0 L. A solução S4 se mostrou eficiente na produção de alface em água salina. No entanto, a solução nutritiva com concentração de K reduzida em 50% (S2) é mais prejudicial ao desenvolvimento da alface do que o uso de água salina.

PALAVRAS-CHAVE: *Lactuca sativa* L., potassium fertilization, hydroponics

ABSTRACT

The present work was developed with the objective of evaluating the effect of different nutrient solutions on the production of crisp lettuce, cv. Elba, in two different pot volumes. The experiment was carried out in a protected environment in the experimental sector of the Department of Environmental and Technological Sciences of the Federal Rural Semi-Arid University (UFERSA). A randomized complete block design was used in a 5 x 2 factorial scheme, with three replicates and four pots per experimental unit. The treatments were composed of a combination of four nutrient solutions (S1 - standard nutrient solution, S2 - salinized nutrient solution minus 50% K, S3 salinized nutrient solution, S4 salinized nutrient solution plus 50% K, S5 salinized nutrient solution plus 100% K), with two pot volumes (1 and 3 L). The plants were grown on coconut fiber-based substrate and distributed in two pot volumes (1 and 3 L). After 35 days of transplanting, the plants were submitted to the evaluation of stem diameter, number of total and commercial leaves, fresh mass of shoot and of commercial leaves, total dry mass of shoot and roots, leaf area, specific leaf area, leaf succulence, water content of leaves and leaf area ratio. For the use of saline water in the preparation of the nutrient solution for the lettuce cultivation in substrate should be used 1.0 L pots. Solution S4 was efficient in lettuce production in saline water. However, the nutrient solution with a K concentration reduced by 50% (S2) is more harmful to the development of lettuce than the use of saline water.

keywords: *Lactuca sativa* L., potassium fertilization, hydroponics

1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é de grande importância econômica por ser a hortaliça mais consumida no mundo, sendo muito bem aceita em todas as classes sociais (Pereira, 2015). Por ser a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil, a alface se destaca também no cenário dos cultivos hidropônicos, chegando a ser responsável por 80% desse tipo de produção (Alves et al., 2011).

O cultivo em substrato inerte vem se expandindo, também denominado de semi-hidropônico, o qual apresenta diversas vantagens em relação ao sistema hidropônico tradicional (NFT), com destaque para simplificação do manejo da fertirrigação e redução no consumo de energia elétrica (Andriolo et al., 2004)

A escolha do recipiente é de grande importância, pois em volumes pequenos, apesar de proporcionar economia de substrato, exige manejo criterioso da irrigação. Mostra-se associado ao substrato e ao volume de recipiente adequado, o uso da fertirrigação mais eficiente no fornecimento de nutrientes para o desenvolvimento de diversas plantas (Alvarenga, 2003).

Segundo Gondim et al. (2010) dentre os macronutrientes, o potássio é o nutriente mais absorvido pela alface. Em estudo realizado por Pertazzini et al. (2014) avaliando a omissão de nutrientes na alface, os autores constataram que o potássio foi o nutriente que mais restringiu a produção de massa fresca, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz da alface.

A ausência do potássio na solução nutritiva diminui significativamente o crescimento e produção de massa seca da parte aérea, raiz e planta inteira (Almeida et al, 2011). Por outro lado, o excesso de potássio pode inibir a absorção de Ca e Mg, podendo, muitas vezes, causar a deficiência desses dois nutrientes, com a queda de produção (Prado, 2008).

O uso de água salina, principalmente rica em sódio, acarreta redução na absorção de potássio em decorrência do aumento do teor de sódio no tecido foliar, conforme observado por Soares et al. (2016) e Paulus et al. (2012) em estudos realizado com alface.

O aumento na concentração de cloreto de sódio (NaCl) na solução nutritiva provoca aumento na absorção de Na e redução na absorção de K, resultando em aumento na razão de Na/K (Fernández et al., 2016).

Com base no que foi exposto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes soluções nutritivas sobre a produção da alface em dois volumes diferentes de vaso.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 24 de abril a 23 de maio de 2017 em ambiente protegido, no setor de pesquisas do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas (DCAT) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró, RN, localizada nas coordenadas geográficas de 5° 11' 31" de latitude sul e 37° 20' 40" de longitude oeste de Greenwich, com altitude média de 18 m (Figura 1).



Figura 1. Localização da estufa experimental e casa de vegetação onde foi realizado o experimento, UFERSA-DCAT, Mossoró-RN, 2017

O clima da região, na classificação de Koeppen, é do tipo BSw^h, (quente e seco), com precipitação pluviométrica irregular com média anual de 673,9 mm; temperatura de 27 °C e umidade relativa do ar média de 68,9% (Carmo Filho & Oliveira, 1995). Os dados climáticos diários obtidos no interior da casa de vegetação durante o período do experimento estão expressos na Figura 2.

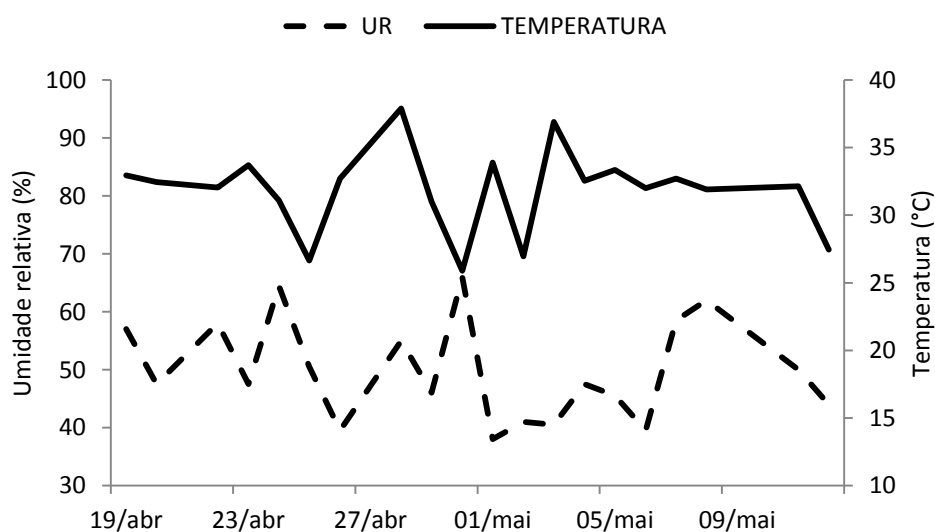


Figura 2. Temperatura e umidade relativa diárias no interior da casa de vegetação durante o período da pesquisa.

O experimento foi instalado seguindo o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 2, com três repetições, sendo que a parcela experimental foi representada por 4 vasos contendo uma planta cada. Os tratamentos foram compostos pela combinação de quatro soluções nutritivas (S1, S2, S3, S4 e S5), com dois volumes de vaso (1 e 3 L).

As soluções eram compostas pela combinação entre água salina (3,5 dS m⁻¹) e diferentes proporções de potássio, com exceção da S1 que era composta por água de abastecimento e solução padrão, conforme recomendação de Dias et al. (2011a) para a produção de folhosas em sistema hidropônico. As proporções de potássio e a quantidade de sais utilizados em cada solução estão especificadas na Tabela 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Descrição das soluções nutritivas utilizadas no experimento.

Soluções nutritivas	
S1	Solução nutritiva padrão
S2	Solução nutritiva padrão – 50% de K
S3	Solução nutritiva padrão + NaCl
S4	Solução nutritiva padrão + NaCl + 50% de K
S5	Solução nutritiva padrão + NaCl + 100% de K

Tabela 2. Quantidade de sais para preparo de solução nutritiva para as diferentes soluções

Fertilizantes	S1*	S2	S3	S4	S5
(gramas para 310 Litros)					
CaNO ₃	150	150	150	150	150
KNO ₃	111	55,5	111	111	111
MAP	42	42	42	42	42
MgSO ₄	81	81	81	81	81
KCl	-	-	-	40,7	81,4
Uréia	-	16,03	-	-	-
NaCl	-	556,3	556,3	556,3	556,3
Rexolin®	9	9	9	9	9

*(Dias et al., 2011a)

O fertilizante Rexolin® é composto por 11,6% de óxido de potássio (K₂O); 1,28% de enxofre (S); 0,86% de magnésio (Mg); 2,1% de boro (B); 0,36 % de cobre (Cu); 2,66% de ferro (Fe); 0,036% de molibdênio (Mo); 3,48% de manganês (Mn) e 3,38% de zinco (Zn).

O cultivo ocorreu com substrato de fibra de coco (Golden Mix Granulado), composto a partir de 100% de fibra de coco, de textura fina, sem adubação de base. Substrato este escolhido por ser amplamente utilizado entre vários pesquisadores para estudos com hortaliças folhosas neste sistema de cultivo (Dias et al., 2011a, b; Rebouças et al., 2013; Santos et al., 2012; Sarmiento et al., 2014).

O plantio foi realizado a partir de mudas de alface, cv. Elba, produzidas em bandejas de poliestireno expandido com capacidade para 200 células, sendo utilizado substrato fibra de coco (Golden Mix Granulado), composto a partir de 100% de fibra de coco, de textura fina, sem adubação de base.

Para cada tipo de água foi utilizado um sistema de irrigação independente, formado por um motobomba e um reservatório (caixa d'água com capacidade para 310 L), mangueiras (16 mm) e microtubos de polietileno, do tipo espaguete.

O sistema de irrigação por gotejamento era composto por emissores do tipo microtubos, os quais foram previamente avaliados sob condições normais de operação. Os emissores estavam acoplados às linhas de irrigação (tubos de polietileno).

A irrigação era composta por 9 eventos diários. Na primeira semana o tempo de irrigação foi de 20 segundo, totalizando um volume médio de $0,15 \text{ L dia}^{-1} \text{ planta}^{-1}$. Na segunda e terceira semana o tempo de irrigação por evento foi de 40 segundos e, portanto eram aplicados, em média, $0,3 \text{ L dia}^{-1} \text{ planta}^{-1}$. Na última semana o tempo de irrigação passou para 1 minuto e 20 segundo e a quantidade de água aplicada ficou em torno de $0,6 \text{ L dia}^{-1} \text{ planta}^{-1}$.

Ao final do experimento as plantas foram coletadas e avaliadas as seguintes variáveis: diâmetro do caule, o número de folhas totais e comerciais, a massa fresca da parte aérea e das folhas comerciais, a massa seca total, da parte aérea e das raízes, área foliar, área foliar específica, suculência foliar, teor de água e razão de área foliar.

- Diâmetro do caule – aferido com o auxílio de um paquímetro digital no lado do corte, expressando-se o resultado em milímetro;
- Número de folhas totais e comerciais – contabilizadas apenas as folhas verdes e com comprimento de nervura central acima de 4 cm, descartando as folhas que não apresentavam qualidade comercial, expressando-se o resultado em unidades;
- Massa fresca da parte aérea e das folhas comerciais – no momento da colheita as folhas que não apresentaram padrão comercial foram destacadas e as demais foram pesadas em balança digital de precisão (0,01g);
- Massa seca total, da parte aérea e das raízes – as plantas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa com circulação forçada de ar, a $65 \text{ }^\circ\text{C} (\pm 1)$, até atingirem peso constante e em seguida pesadas em balança analítica (0,001g);

- Área foliar – utilizou-se o método dos discos foliares, que consiste no uso de um vazador com área conhecida. Em cada planta foi retirado um quantidade conhecida de discos nas folhas frescas (10 discos), sendo a área estimada através da fórmula proposta por Souza et al. (2012):

$$AF = \frac{[(MSF + MSD) \cdot AD \cdot N]}{MSD}$$

Em que:

AF – área foliar estimada (cm²);

MSF – massa seca das folhas sem os discos (g);

MSD – massa seca dos discos (g);

AD – área conhecida do disco que será retirado da folha (cm²);

N – número de discos retirados.

- Área foliar específica (AFE) – Determinada através da razão entre área foliar e massa seca de folhas:

$$AFE = \frac{AF}{MSF}$$

Em que:

AFE – Área foliar específica (cm² g⁻¹ MSF);

AF – área foliar (cm²);

MSF – massa seca de folhas (g).

- Suculência foliar – determinada a partir da razão entre a quantidade de água na folha e área foliar:

$$SF = \frac{(MFF - MSF)}{AF}$$

Em que:

SF – suculência foliar (g H₂O cm⁻²);

MFF – massa fresca de folhas (g);

MSF – massa seca de folhas (g);

AF – área foliar (cm²).

- Teor de água – obtida pela razão entre a quantidade de água total e a massa fresca total:

$$TA = \frac{(MFT - MST)}{MFT}$$

Em que:

TA – teor de água (%);

MFT – massa fresca total (g);

MST – massa seca total (g).

- Razão de área foliar – determinado através da razão entre os valores de área foliar e massa seca total:

$$RAF = \frac{AF}{MST}$$

Em que:

RAF – razão de área foliar (cm² g⁻¹);

AF – área foliar (cm²);

MST – massa seca total (g).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste Tukey (0,05), realizando-se o desdobramento para as variáveis que apresentaram resposta significativa à interação entre os fatores estudados. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os fatores volume de vasos e soluções nutritivas afetou significativamente a massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa fresca comercial (MFC) ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 3). Para o diâmetro do caule (DC), o número de folhas totais (NFT) e o número de folhas comerciais (NFC) ocorreu apenas resposta significativa ao fator solução de forma isolada ($p < 0,01$).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para diâmetro do caule (DC), número de folhas totais (NFT), número de folhas comerciais (NFC), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa fresca comercial (MFC) da alface em cultivo semi-hidropônico submetida a diferentes soluções nutritivas e volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		DC	NFT	NFC	MFPA	MFC
Volume de vaso (V)	1	3,75 ^{ns}	23,42 ^{ns}	23,41 ^{ns}	9788,16 ^{**}	8572,86 ^{**}
Soluções nutritivas (SN)	4	29,93 ^{**}	103,72 ^{**}	98,45 ^{**}	6330,07 ^{**}	5278,20 ^{**}
V x S	4	7,96 ^{ns}	14,30 ^{ns}	16,43 ^{ns}	2044,07 ^{**}	1589,99 ^{**}
Resíduo	20	3,71	9,23	10,94	239,24	284,21
CV (%)		19,15	15,54	21,32	19,34	24,47

** , * , ns – significativo aos níveis 1%, 5% e não significativo, pelo teste F.

Os volumes de vasos não afetaram as variáveis diâmetro de caule (DC), número de folhas totais (NFT) e número de folhas comerciais (NFC), obtendo-se valores médios de 10,06 mm, 19,65 e 15,51 folhas por planta, respectivamente (Figuras 3B, 3D e 3F).

Observando o efeito das soluções sobre o DC, constatou-se que as soluções S3, S4 e S5 se mostraram superiores as demais, sendo que as mesmas não diferiram de S1. Com isso, verifica-se a salinidade não afetou esta variável, a qual foi afetada apenas pela redução da concentração de K na solução nutritiva (Figura 3A).

Resultados semelhantes ao observado para o DC ocorreram para NFT (Figura 3C) e NFC (Figura 3E), nas quais não houve efeito do uso de solução salina (S3) em comparação com os valores obtidos na solução padrão (S1). No entanto, verifica-se que a aplicação de solução nutritiva salina com redução na concentração de potássio (S2) reduziu ambas as variáveis. Além disso, pode-se observar que o enriquecimento da solução nutritiva salina com K (S4 e S5) favoreceu o aumento tanto do NFT quanto do NFC.

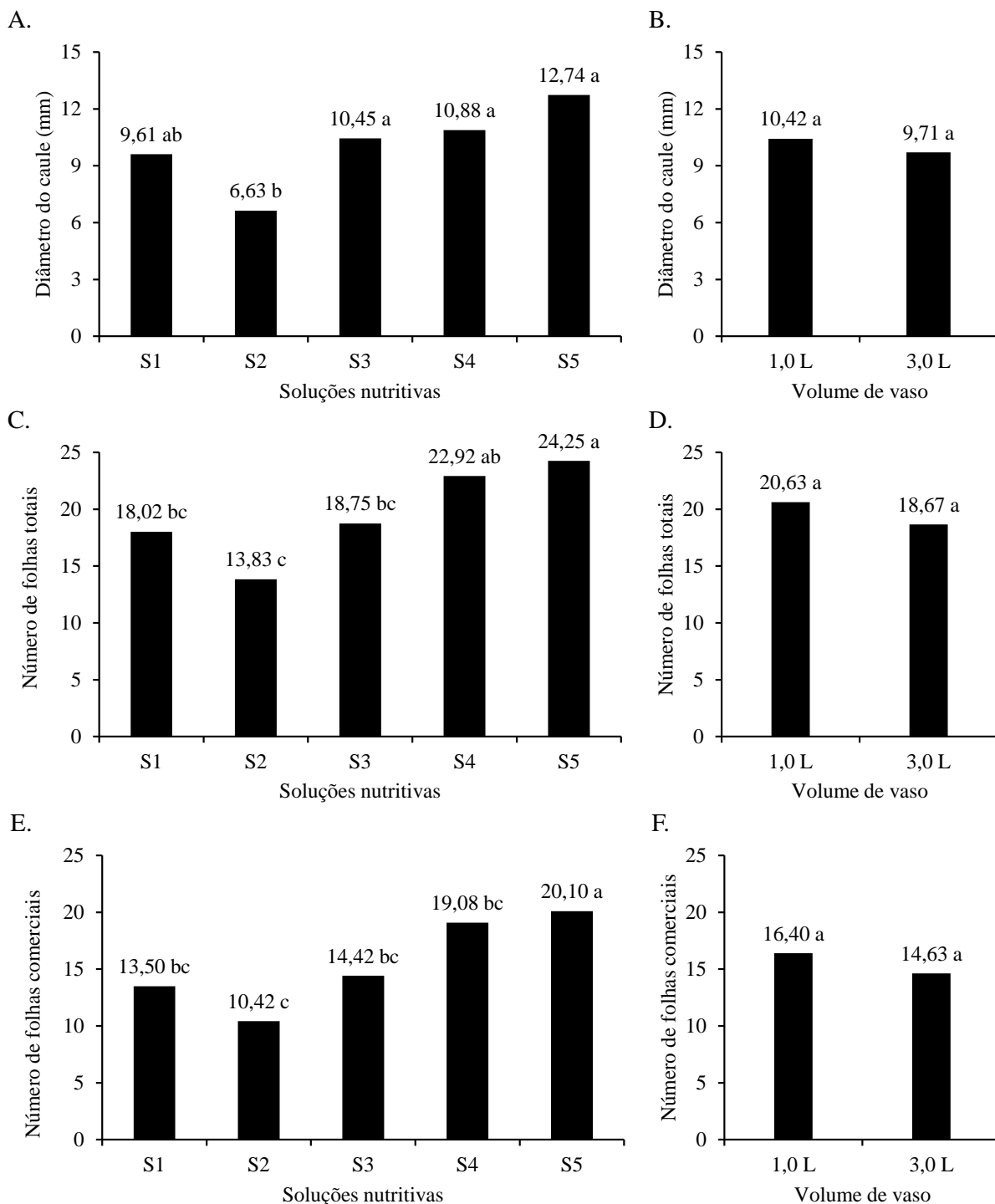


Figura 3. Diâmetro do caule (A e B), número de folhas totais (C e D) e número de folhas comerciais (E e F) da alface fertirrigada com diferentes soluções nutritivas (S1 – solução nutritiva padrão; S2 – solução nutritiva padrão – 50% de K; S3 - solução nutritiva padrão + NaCl; S4 - solução nutritiva padrão + NaCl + 50% de K; S5 - solução nutritiva padrão + NaCl + 100% de K) em diferentes volumes de vaso

Apesar do número de folhas ser uma variável bastante afetada pela salinidade em diferentes culturas, vários estudos avaliando a tolerância de cultivares de à salinidade têm

encontrados resultados divergentes, ocorrendo respostas diferentes, como redução, aumento ou até mesmo ausência de efeito significativo, de acordo com o sistema de cultivo, nível e fonte salino e material genético utilizado (Dias et al., 2011a, b; Santos et al., 2010; Oliveira et al., 2011; Guimarães et al., 2016).

De forma geral, verifica-se que estas variáveis (DC, NFT e NFC) a redução na disponibilidade de K foi prejudicial ao desenvolvimento das plantas. Este resultado pode ser atribuído ao aumento da relação Na^+/K^+ no tecido foliar (Fernández et al., 2016).

Analisando o efeito das soluções sobre a MFPA, constatou-se que as soluções S4 e S5 se destacaram das demais quando se utilizou o vaso de 1,0 L. Já para o vaso de maior volume (3,0 L), apenas a solução S2 diferiu das demais, apresentando menor MFPA. Ou seja, apenas onde houve redução da quantidade de K foi que se constataram baixos valores de MFPA (Tabela 4). Esses resultados estão de acordo com Silva (2013) que também constatou aumento dos valores de MFPA com o incremento de K.

Observando o fator volume de vasos sobre a MFPA, verifica-se que não houve diferenças entre vasos quando as plantas foram fertirrigada com solução nutritiva padrão. No entanto, plantas submetidas às soluções S2, S4 e S5 e cultivadas em vasos de menor volume (1,0 L) se mostraram superiores às que foram cultivadas nos vasos de 3,0 L (Tabela 4).

Este resultado pode ser atribuído ao maior acúmulo de sais no substrato nos vasos de maior volume, pois a elevada frequência de irrigação adotada proporcionou menor volume de solução aplicada em cada evento de irrigação, ocasionando menor taxa de lixiviação e, conseqüentemente, retirada de sais da zona radicular em comparação aos vasos de menor volume.

Tabela 4. Teste de médias para massa fresca da parte aérea e massa fresca comercial da alface em cultivo semi-hidropônico submetida a diferentes soluções nutritivas e volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017

Volume de vaso	Soluções				
	S1	S2	S3	S4	S5
Massa fresca da parte aérea (g planta ⁻¹)					
1,0 L	50,58 Ca	55,38 BCa	88,66 Ba	154,86 Aa	140,62 Aa
3,0 L	68,07 Aa	24,78 Bb	63,14 Aa	83,98 Ab	69,50 Ab
Massa fresca comercial (g)					
1,0 L	40,65 Ba	49,86 Ba	79,38 Ba	135,49 Aa	123,55 Aa
3,0 L	56,83 ABa	16,18 Bb	53,24 ABa	75,30 Ab	58,34 Ab

*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúscula nas linhas (referente a soluções) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%); Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas (referente a volume dos vasos) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%). Onde, S1 – solução nutritiva padrão; S2 – solução nutritiva padrão – 50% de K; S3 - solução nutritiva padrão + NaCl; S4 - solução nutritiva padrão + NaCl + 50% de K; S5 - solução nutritiva padrão + NaCl + 100% de K.

Para a variável MFC, verificou-se que o uso das soluções S4 e S5 associado ao cultivo em vasos de 1,0 L proporcionaram maiores valores de MFC quando comparado com as demais soluções. Já para o vaso de 3,0 L, constatou-se que os maiores valores de MFC foram obtidos usando as soluções F1, F4 e F5, sendo que estas não diferem da F4 (Tabela 4).

Desta forma, verifica-se que, considerando as soluções contendo a concentração padrão de K, não houve efeito negativo da salinidade sobre a MFPA. Estes resultados divergem de outros trabalhos desenvolvidos com a cultura da alface, em que a produção comercial foi reduzida significativamente com o uso de água salina (Dias et al., 2011b; Oliveira et al., 2011; Guimarães et al., 2016). Tal diferença de comportamento pode ser atribuída ao sistema de cultivo e sistema de irrigação utilizado, pois a elevada frequência de irrigação proporciona a manutenção da adequada umidade do substrato na zona radicular.

Além disso, percebe-se que o enriquecimento da solução nutritiva com K resulta em efeito benéfico no crescimento das plantas, mesmo sob condições de salinidade (Rezende et al., 2017).

Analisando o efeito do volume de vasos, é possível verificar que as plantas cultivadas em vaso de 1,0 L foram superiores quando fertirrigadas com a S2, S3 e S5. Nas demais soluções não houve diferença significativa quanto ao volume de vasos (Tabela 4).

As variáveis massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das folhas (MSF), massa seca total (MST) e área foliar (AF) apresentaram resposta significativa à interação entre os fatores volume de vaso e soluções nutritivas em nível de 1% de probabilidade, resultado semelhante ao observado para o efeito isolados dos fatores (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para massa seca das raízes (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das folhas (MSF), massa seca total (MST) e área foliar (AF) em cultivo semi-hidropônico submetida a diferentes soluções nutritivas e volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		MSR	MSPA	MSF	MST	AF
Volume de vasos (V)	1	0,0187**	25,65**	20,11**	22,20**	6982946,56**
Soluções nutritivas (SN)	4	0,0363**	35,40**	26,53**	35,07**	4819752,86**
V x SN	4	0,0154**	8,71**	5,57**	5,61**	1274515,47**
Resíduo	20	0,0069	0,54	0,81	0,27	56215,47
CV (%)		9,22	13,87	18,95	9,25	12,22

** , * , ns – significativ aos níveis 1%, 5% e não significativo, pelo teste F.

Observando o efeito das soluções nutritivas sobre a variável MSF quando as plantas foram cultivadas em vaso de menor volume (1,0 L), constatou-se que as soluções S43 e S5

proporcionaram valores superiores de MSF. Porém, quando observou-se as plantas cultivadas em vasos de 3,0 L, verificou-se que apenas as soluções S2 diferiu das demais, apresentando menor MSF (Tabela 6).

Tabela 6. Teste de médias para massa seca das folhas, massa seca das raízes, massa seca da parte aérea e massa seca total da alface em cultivo semi-hidropônico submetida a diferentes soluções nutritivas e volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017

Volume de vaso	Soluções				
	S1	S2	S3	S4	S5
Massa seca das folhas (g planta ⁻¹)					
1,0 L	3,54 BCa	2,30 Ca	5,17 Ba	7,61 Aa	9,12 Aa
3,0 L	4,23 Aa	1,27 Ba	3,75 Aa	5,82 Ab	4,48 Ab
Massa seca das raízes (g planta ⁻¹)					
1,0 L	0,26 Bb	0,15 Ca	0,26 Bb	0,24 Bb	0,39 Aa
3,0 L	0,32 Ba	0,16 Ca	0,32 Ba	0,44 Aa	0,31 Bb
Massa seca da parte aérea (g planta ⁻¹)					
1,0 L	3,81 Da	2,55 Da	5,67 Ca	8,49 Ba	10,65 Aa
3,0 L	4,95 ABa	1,53 Ca	3,72 Bb	6,61 Ab	5,11 ABb
Massa seca total (g planta ⁻¹)					
1,0 L	4,30 Da	2,80 Ea	6,19 Ca	8,90 Ba	10,49 Aa
3,0 L	5,01 Ba	1,81 Ca	4,63 Bb	6,72 Ab	5,90 ABb
Área folia (cm ²)					
1,0 L	1771,97 Ba	1057,03 Ca	1741,47 Ba	3653,02 Aa	3892,54 Aa
3,0 L	1303,25 Ba	659,69 Cb	1242,48 Bb	2434,67 Ab	1651,37 Bb

*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúscula nas linhas (referente a soluções) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%); Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas (referente a volume dos vasos) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

Comparando o efeito do volume dos vasos sobre a MSF, verifica-se que o vaso de menor volume se mostrou superior ao utilizar as soluções S4 e S5. Nas demais soluções não houve diferenciação entre o volume de vaso para esta variável (Tabela 6).

A massa seca de raiz diferiu entre as soluções nutritivas quando cultivada em vasos de 1,0 L, apresentou valores superiores quando submetidas a solução S5, enquanto a S2 proporcionou menores valores. Para as plantas cultivadas em vasos de 3,0 L, os maiores valores de MSR foram obtidos com a solução S4 (Tabela 6). Isso mostra que o potássio favoreceu o desenvolvimento radicular mesmo diante do estresse salino, e que quando seu fornecimento é realizado de forma deficitária ocorre redução expressiva.

Quanto ao efeito do volume dos vasos sobre a MSR, verifica-se que o vaso de menor volume (1,0 L) se mostrou superior quando as plantas foram submetidas a solução S5. No entanto, quando se utilizou as soluções S1, S3 e S4, constatou-se que o vaso de 3,0 L proporcionou maiores valores de MSR (Tabela 6).

Observando o efeito das soluções nutritivas sobre a MSPA, constatou-se que a solução S5 apresentou maiores valores quando as plantas foram cultivadas em vasos de 1,0 L. Já quando as plantas foram cultivadas nos vasos de 3,0 L, verificou-se que a solução S43 apresentou os maiores valores de MSPA, sendo que esta não difere das soluções S1 e S5. Além disso, verifica-se que os menores valores ocorreram nas plantas submetidas à solução nutritiva salina e adicionada apenas 50% do K em relação à solução padrão. Esses resultados corroboram com os de Silva (2013) que também teve aumento da MSPA com o aumento das doses de K.

Analisando o efeito do volume de vasos, verifica-se que o vaso de menor volume (1,0 L) foi superior ao vaso de 3,0 L quando se utilizou as soluções S3, S4 e S5. Nas demais soluções não houve diferenciação para o volume de vasos (Tabela 7).

Para a variável massa seca total, a solução F5 se mostrou superior às demais quando as plantas foram cultivadas em vasos de 1,0 L. Porém, quando se utilizou o vaso de maior volume (3,0 L), destacaram-se as soluções nutritivas S4 e S5, não diferindo entre si estatisticamente. Destaca-se ainda a solução S2, que proporcionou menor acúmulo de MST, para ambos os volumes de vasos (Tabela 6). Estes resultados demonstram a necessidade da adequada nutrição potássica para o desenvolvimento da alface, especialmente em condições salinas.

Com relação ao efeito do volume de vasos sobre a MST, constatou-se que os maiores valores ocorreram nos vasos de menor volume (1,0 L) quando as plantas foram submetidas às soluções F3, F4 e F5. Nas demais soluções não houve diferenciação significativa para o volume de vasos sobre esta variável.

Houve efeito significativo das soluções nutritivas sobre a AF, independentemente da solução e do volume de vasos. Observando as plantas cultivadas em vaso de menor volume (1,0 L), verifica-se que os maiores valores foram obtidos quando foram utilizadas as soluções S4 e F5. Para o vaso de 3,0 L, constatou-se que apenas a solução S4 se mostrou superior às demais. Verifica-se ainda que, assim como observado para a maioria das variáveis apresentadas, a solução S2 proporcionou menor desenvolvimento foliar das plantas, evidenciando mais uma vez a importância do potássio para a cultura da alface (Tabela 6).

Com relação ao efeito do volume de vasos sobre a variável AF, verifica-se que as plantas cultivadas no vaso de 1,0 L foram superiores às cultivadas no vaso de maior volume (3,0 L) quando foram submetidas às soluções S2, S3, S4 e S5. Não houve diferença significativa quanto ao volume de vaso para as plantas submetidas à solução S1 (Tabela 6).

Para as variáveis suculência foliar (SF) e razão de área foliar (RAF) ocorreu efeito significativo da interação entre os fatores volumes de vasos e soluções nutritivas ao nível de

1% de probabilidade, e para área foliar específica (AFE) ao nível de 5% de probabilidade. Além destes, verificou-se resposta significativa ao nível e 1% de probabilidade para o efeito isolado de ambos os fatores para estas variáveis (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância para área foliar específica (AFE), suculência foliar (SF) e razão de área foliar (RAF) da alface em cultivo semi-hidropônico submetida a diferentes soluções nutritivas e volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		AFE	SF	RAF
Volume de vasos (V)	1	44261,84 ^{**}	0,00013 ^{**}	73492,15 ^{**}
Soluções nutritivas (SN)	4	32433,37 ^{**}	0,00012 ^{**}	33544,56 ^{**}
V x S	4	14347,62 [*]	0,00042 ^{**}	34745,17 ^{**}
Resíduo	20	4589,41	0,00002	758,03
CV (%)		17,04	10,64	8,06

^{**}, ^{*}, ns – significativ aos níveis 1%, 5% e não significativo, pelo teste F.

Os valores de SF, quando as plantas foram cultivadas em vaso de 1,0 L, foram superiores nas soluções S3 e S4, enquanto o menor valor foi observado na solução S2. Para o vaso de 3,0 L, os maiores valores foram obtidos nas soluções S1 e S3, apesar de solução S3 não diferir das demais (Tabela 7).

Analisando o efeito do volume de vasos sobre a SF, verifica-se o vaso de menor (1,0 L) proporcionou valor superior ao obtido no vaso de 3,0 L quando as plantas foram fertirrigadas com a solução nutritiva S3, por outro lado, foi inferior quando se utilizou a solução S2 (Tabela 7).

Observando o efeito das soluções sobre a RAF, verificou-se que a solução S2 se destacou das demais quando as plantas foram cultivadas em vasos de menor volume (1,0 L). Já quando as plantas foram cultivadas em vasos de 3,0 L, constatou-se que a S4 se mostrou superior as demais soluções, sendo que ela não diferiu das soluções nutritivas S1 e S5 (Tabela 7).

O vaso de menor volume apresentou valores superiores de RAF quando as plantas haviam sido submetidas as soluções S2, S3 e S5. Nas demais soluções não houve diferença significativa com relação ao volume de vasos usados (Tabela 7).

Para a variável AFE, usando o vaso de menor volume (1,0 L), constatou-se que os maiores valores foram obtidos quando as plantas foram fertirrigadas com a S2. Ao utilizar o vaso de maior volume (3,0 L), não foi observado diferença entre as soluções nutritivas (Tabela 7).

Tabela 8. Teste de médias para suculência foliar, razão de área foliar e área foliar específica da alface em cultivo semi-hidropônico submetida a diferentes soluções nutritivas e volumes de vaso. Mossoró-RN, 2017

Volume de vaso	Soluções				
	S1	S2	S3	S4	S5
Suculência foliar (g H ₂ O cm ⁻²)					
1,0 L	0,035 Ba	0,016 Cb	0,049 Aa	0,041 ABa	0,039 Ba
3,0 L	0,049 Aa	0,037 Ba	0,041 ABb	0,037 Ba	0,038 Ba
Razão de área foliar (cm ² g ⁻¹)					
1,0 L	284,50 CDa	636,97 Aa	274,80 Da	409,71 Ba	348,66 BCa
3,0 L	283,54 ABa	270,53 Bb	266,50 Ba	340,34 Ab	298,78 ABb
Área foliar específica (cm ² g ⁻¹ MSF)					
1,0 L	338,64 Ba	616,27 Aa	329,53 Ba	478,90 ABa	416,39 Ba
3,0 L	312,29 Aa	370,00 Ab	331,30 Aa	420,32 Aa	361,74 Aa

*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúscula nas linhas (referente a soluções) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%); Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas (referente a volume dos vasos) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%). Onde, S1 – solução nutritiva padrão; S2 – solução nutritiva padrão – 50% de K; S3 - solução nutritiva padrão + NaCl; S4 - solução nutritiva padrão + NaCl + 50% de K; S5 - solução nutritiva padrão + NaCl + 100% de K.

Analisando o efeito do volume do vaso sobre a variável AFE, verificou-se que o vaso de menor volume se mostrou superior ao de 3,0 L quando utilizou-se a solução S2, não ocorrendo diferença significativa entre o volume de vasos nas demais soluções (Tabela 7).

De modo geral, as soluções S4 e S5 tiveram comportamento semelhante na produção de alface. Tendo em vista o fato de a adubação ser um fator que pode elevar significativamente os gastos de uma produção, recomenda-se o uso da S4, já que apresentou estatisticamente o mesmo efeito da S5 e possui menor quantidade de K.

Na Figura 4 é apresentada a imagem das plantas no dia da colheita em que percebe-se visualmente grande diferença entre as mesmas de acordo com os tratamento.



Figura 4. Plantas de alface no dia da colheita para diferentes tratamentos utilizados nos vasos de 1,0 L (A) e 3,0 L (B).

4. CONCLUSÕES

O uso de água salina no preparo da solução nutritiva para o cultivo da alface em substrato deve ser utilizado vasos de 1,0 L.

O enriquecimento da solução nutritiva com potássio utilizando concentração extra de 50% (S4) permite o uso de água salobra na produção de alface em sistema semi-hidropônica.

Solução nutritiva com concentração de K reduzida em 50% afetou negativamente o desenvolvimento da alface do que o uso de água salina.

REFERÊNCIAS

- Almeida, T. B. F.; Prado, R. M.; Correia, M. A. R.; Puga, A. P.; Barbosa, J. C. Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. *Revista Biotemas*, v.24, p. 27-36, 2011.
- Alvarenga, M. A. R.; Silva, E. C.; Souza, R. J.; Carvalho, J. G. Teores e acúmulos de macronutrientes em alface americana, em função da aplicação de nitrogênio no solo e de cálcio via foliar. *Ciência e Agrotecnologia*, v.24, p.1569-1575, 2003.
- Alves M. S.; Soares T. M.; Silva L. T.; Fernandes J. P.; Oliveira M. L. A.; VITAL P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.491-498, 2011.
- Andriolo, J. L.; Luz, G. L.; Giraldo, C.; Godoi, R. S.; Barros, G. T. Cultivo hidropônico da alface empregando substrato: uma alternativa a NFT? *Horticultura Brasileira*, v.22, p.794-798, 2004.
- Carmo Filho, F.; Oliveira, O. F. Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, 1995. 62p. (Coleção Mossoroense, série B).
- Dias, N. S.; Jales, A. G. O.; Souza Neto, O. N.; Gonzaga, M. I. S.; Queiroz, I. S. R.; Porto, M. A. F. Uso de rejeito da dessalinização na solução da alface, cultivada em fibra de coco. *Revista Ceres*, v.58, p.632-637, 2011a.
- Dias, N. S.; Sousa Neto, O. N.; Cosme, C. R.; Jales, A. G. O.; Rebouças, J. R. L.; Oliveira, A. M. Resposta de cultivares de alface à salinidade da solução nutritiva com rejeito salino em hidroponia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.991-995, 2011 b.
- Fernández, J. A.; Niñirola, D.; Orsini, F.; Pennisi, G.; Gianquinto, G.; Egea-Gilabert, C. Root adaptation and ion selectivity affects the nutritional value of salt-stressed hydroponically grown baby-leaf *Nasturtium officinale* and *Lactuca sativa*. *Agricultural and Food Science*, v. 25, p. 230-239, 2016.
- Ferreira, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, p.1039-1042, 2011.
- Gondim, A. R. O.; Flores, M. E. P.; Martinez, H. E. P.; Fontes, P. C. R.; Pereira, P. R. G. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico NFT. *Bioscience Journal*, v.26, p.894-904, 2010.
- Guimarães, I. P.; Oliveira, F. A.; Torres, S. B.; Pereira, F. E. C. B.; França, F. D.; Oliveira, M. K. T. Use of fish-farming wastewater in lettuce cultivation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, p.728-733, 2016.

Oliveira, F. A.; Carrilho, M. J. S. O.; Medeiros, J. F.; Maracaja, P. B.; Oliveira, M. K. T. Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade de água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.771-777, 2011.

Paulus, D.; Dourado Neto, D.; Paulus, E. Análise sensorial, teores de nitrato e de nutrientes de alface cultivada em hidroponias ob águas salinas. *Horticultura Brasileira*, v.30, p.18-25, 2012.

Pereira, A. K. S. Época de aplicação e doses de nitrato de cálcio em alface americana. Ipameri: UEG, 2015. 33p. Dissertação Mestrado.

Petrazzini, L. L.; Souza, G. A.; Rodas, C. L.; Emrich, E. B.; Carvalho, J. G.; Souza, R. J. Nutritional deficiency in crisphead lettuce grown in hydroponics. *Horticultura Brasileira*, v.32, p.310-313, 2014.

Prado, R. M. Nutrição de plantas. São Paulo: Editora UNESP. 2008. 408 p.

Rebouças, J. R. L.; Ferreira Neto, M.; Dias, N. S.; Souza Neto, O. N.; Diniz, A. A.; Lira, R. B. Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. *Irriga*, v.18, p.624-634, 2013.

Rezende, R.; Souza, R. S.; Maller, A.; Freitas, P. S. L.; Gonçalves, A. C. A.; Rezende, G. S. Produção e qualidade comercial de alface fertirrigada com nitrogênio e potássio em ambiente protegido. *Revista ceres*, v.64, p.205-211, 2017.

Santos, R. S. S.; Dantas, D. C.; Nogueira, F. P.; Dias, N. S.; Ferreira Neto, M. Gurgel, M. T. Utilização de águas salobras no cultivo hidropônico da alface. *Irriga*, v.15, p.111-118, 2010.

Santos, R. S. S.; Dias, N. S.; Duarte, S. N.; Lima, C. J. G. S. Uso de águas salobras na produção de rúcula cultivada em substrato de fibra de coco. *Revista Caatinga*, v.25, p.113-118, 2012.

Sarmiento, J. D. A.; Morais, P. L. D.; Almeida, M. L. B.; Sousa Neto, O. N.; Dias, N. S. Qualidade e conservação da alface cultivada com rejeito da dessalinização. *Revista Caatinga*, v.27, p.90-97, 2014.

Silva, A. S. N. Doses de fósforo e de potássio na produção da alface. Jaboticabal: UNESP, 2013. 50p. Tese Doutorado

Soares, H. R.; Silva, E. F. F.; Silva, G. F.; Lira, R. M.; Bezerra, R. R. Mineral nutrition of crisphead lettuce grown in a hydroponic system with brackish water. *Revista Caatinga*, Mossoró, v.29, n.3, p. 656-664, 2016.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda são escassos os estudos envolvendo o uso de sistema semi-hidropônico e, portanto, necessário a busca por maiores conhecimentos que tragam ao produtor soluções que associem boa produção com redução de gastos, principalmente com relação à alface que é umas das hortaliças mais consumidas no mundo.

Os resultados desta pesquisa poderão ajudar produtores e/ou pesquisadores que queiram trabalhar com o sistema semi-hidropônico, tendo em vista que os mesmo mostrarão volume de substrato, frequência diária de irrigação e qual nutriente é mais influente na produção da alface quando esta for irrigada com água salobra.

De acordo com os resultados obtidos observou-se que a alface apresenta boa produção em vasos de 1,0 L, independentemente da salinidade da água de irrigação. No entanto, constatou-se que é necessária uma maior frequência de irrigação, principalmente quando se utiliza água com maior nível salino. Os estudos mostraram que 9 eventos diários se mostraram suficientes na produção da alface.

Os estudos mostraram que o uso de maiores concentrações de nitrogênio na fertirrigação proporcionou redução nas taxas dos efeitos deletérios causados pela salinidade da água de irrigação. Assim como, o acréscimo de 50% dos valores de potássio na fertirrigação padrão é mais favorável a produção de alface irrigação com água de maior nível salino.

Mesmo com a obtenção dessas informações, recomenda-se a realização de mais pesquisas envolvendo o aumento da concentração de outro nutriente ou mesmo de diferentes combinações de concentrações de dois ou mais nutrientes, por exemplo.